



122



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

JUL 2014

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

| | |
|--------------------------------------|--|
| R E C I B I D O | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO |
| | VICE-RECTORADO DE INVESTIGACIÓN |
| | 216 30 MAY 2014 |
| | HORA: 15:30 |
| | FIRMA:  |



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“FACTORES QUE INFLUYEN EN LA
CALIDAD DE PRECISIÒN EN LA
MEDIDA DE ENERGÍA EN
CONTADORES
ELECTROMECAÑICOS”**



AUTOR: MSC. ING. LUIS FERNANDO JIMÉNEZ ORMEÑO

PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 1º de Junio 2013 al 31 de Mayo 2014

Resolución Rectoral N° 618-2013-R

CALLAO – 2014

I. ÍNDICE

| | Pág. |
|---|------|
| I. ÍNDICE | 1 |
| II. RESUMEN | 2 |
| III. INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| IV. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 4.1. Hipótesis de partida | 7 |
| 4.2. Objetivos | 8 |
| Ecuaciones fundamentales | 13 |
| 4.3. Estado Actual del Tema (Antecedentes Investigativos) | 22 |
| 4.4. Fundamentación Teórica | 27 |
| 4.5. Definición de Términos | 28 |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS | 37 |
| 5.1. Variable Dependiente | 37 |
| 5.2. Variable Independiente | 37 |
| 5.3. Relación Entre Las Variables De La Investigación | 37 |
| 5.4. Procedimiento | 38 |
| 5.5. Clasificación de los Medidores de Energía Eléctrica..... | 41 |
| 5.6. Características Principales en los Medidores de Energía Eléctrica | 43 |
| 5.7. La corrupción y la tecnología | 44 |
| 5.8. Normas de Seguridad..... | 49 |
| 5.9. Ensayo de los Medidores.- Tipos de Ensayos..... | 50 |
| 5.10.Métodos De Ensayo | 51 |
| 5.11.Norma Metrológica Peruana. Generalidades..... | 54 |
| 5.12.Los Sgtes. Ensayos Se Realizaron En La Universidad Nacional Del Callao | 57 |
| VI. RESULTADOS | 118 |
| VII. DISCUSIÓN | 120 |
| VIII.REFERENCIALES..... | 122 |
| VIII.APÉNDICES..... | 123 |
| IX. ANEXOS..... | 126 |



II. RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata sobre el nivel de pérdidas que se da en los contadores electromecánicos, nivel de pérdidas que debe ser evaluado periódicamente, esto se da por múltiples razones, las principales son el envejecimiento de las partes principalmente de los puntos de apoyo del disco, el medio ambiente (polvo, exposición al sol, cambios de temperatura). Otra de las razones es la mala manipulación, golpes, tentativa de robos, conexiones fraudulentas que realizan algunos usuarios.

Esto da como consecuencia una falta de eficacia y eficiencia, en conclusión pérdidas que generalmente son asumidas por los usuarios que se ven perjudicados al tener el valor de la tarifa por encima del valor real de la tasa.

Para lograr una óptima operación de los contadores de energía es necesario periódicamente realizar pruebas de acuerdo a normas que garanticen que el porcentaje de error no sea superior al 5% de la energía consumida según norma nacional INDECOPI NMP-006-1997.

Con la realización y el análisis del presente trabajo, se responderá la pregunta de cuáles son los principales motivos de error en los contadores de energía, esto se logrará a través de la verificación de los resultados se tenga una mejor apreciación de la necesidad constante de control sobre los contadores de energía, de forma tal que los errores sean inferiores a lo especificado por norma y se eviten los hurtos de energía.

Palabras clave:

Pérdidas de energía, manipulación, utilización, ensayos, calidad, error.

ABSTRACT

The present research work deals with the level of losses that occur in the electromechanical meters, level of losses that should be evaluated periodically, this occurs for many reasons, the main ones are mainly aging parts of the support points disk, the environment (dust, sun exposure, temperature changes). Another reason is the poor handling, shock, attempted theft, fraudulent connections made by some users.

This gives rise to a lack of effectiveness and efficiency in completion losses that are generally assumed by users who are hurt by having the value of the rate above the actual value of the rate.

For optimum operation of the energy meters is necessary to periodically perform tests according to rules which ensure that the error rate does not exceed 5% of the energy consumed as national standard INDECOPI NMP -006- 1997.

With the completion and analysis of this study, the question of what are the main sources of error in the energy meters will be answered, this will be achieved through the verification of the results a better appreciation of the constant need for control is exercised on energy meters, so that the errors are less than specified by the standard and avoid power theft.

Keywords:

Energy losses, handling, use, testing, quality, mistake.



III. INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación el nivel de pérdidas que se da en los contadores electromecánicos en nuestra capital debe ser evaluado, existen dos problemas importantes que solucionar, el primero es consecuencia de la observación del poco control de principios básicos de mantenimiento como son el contraste periódico de los medidores de energía puesto que con el tiempo han perdido su nivel de exactitud y precisión, ya sea por mala manipulación, golpes, tentativa de robos, etc., el segundo problema es debido a conexiones fraudulentas que realizan algunos usuarios.

Esta situación da como consecuencia una falta de eficacia y eficiencia, finalmente pérdidas perjudicando a los usuarios y la compañía unos y otros, unos que se ven perjudicados al tener el valor de la tarifa por encima del valor real de consumo.

Las nuevas tecnologías permitirían mitigar estos problemas ya sea utilizando instrumentos electrónicos de mejor característica en exactitud y precisión y realizando un permanente contraste de los instrumentos.

Considero que es de suma importancia la característica de error producido como consecuencia de la descalibración como resultado del paso del tiempo, el medio ambiente la lluvia, la temperatura, el sol, estos factores son la causa principal de que los medidores sufran deterioro, (oxidación en los puntos de contacto, entrada de polvo, envejecimiento de los sistemas móviles, etc.) es por ello necesario realizar un programa de mantenimiento que permita monitorear el comportamiento de la exactitud y precisión de estos instrumentos, esta carencia da como efecto el desconocimiento de la magnitud de estos errores.

Otro punto importante en nuestro trabajo es comprobar las conexiones fraudulentas más comunes que realizan algunos malos usuarios y el

porcentaje de error que da esta intervención humana comparándola con la lectura que debería hacer el medidor.

Con la realización y el análisis del presente trabajo, se aspira que las empresas y los usuarios tengan un mayor y mejor control haciendo más eficiente el sistema disminuyendo de una parte los errores y evitando los hurtos de energía.

Es importante toma de medidas correctivas, evitando los inconvenientes de reclamos y pérdidas económicas resultando una empresa poco competitiva y desacreditada con pérdidas económicas, con abonados descontentos, como propuesta se plantea un control mayor en la calidad de los medidores, un contraste permanente de los mismos identificando los fenómenos que conllevan una disminución en su exactitud como son el tiempo, las características del medio ambiente, la posibilidad de maniobras internas en el instrumento (robo de energía) e incluso pérdidas económicas por falta de reconexión inmediata del servicio, esa es la propuesta, utilizando para esto todos los pasos que nos da en la actualidad la tecnología, reduciendo para la empresa y para el usuario costos mayores en el servicio.



IV. MARCO TEÓRICO

Como consecuencia de las características de los materiales del que son contruidos los instrumentos, debe considerarse el deterioro gradual de tales sistemas de medición por la acción del medio ambiente en el que se encuentran.

Las empresas concesionarias de distribución en el Perú están obligadas, en virtud al artículo 163º del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (RLCE) aprobado mediante Decreto Supremo N° 009-93-EM, a efectuar el mantenimiento de los contadores de energía, así como la reposición de los mismos en un plazo de treinta (30) años.

Las preguntas directrices son:

¿De qué manera incide los errores del instrumento de medida y el hurto de energía; en los costos por domicilio?

¿En qué condiciones se encuentran actualmente los contadores de energía?

¿Cuáles son los principales motivos de error de los contadores de energía?

¿Qué partes del contador manipulan las personas que hurtan la energía?

¿Qué recomendaciones y cambios deben realizarse para que en los contadores de energía los errores y el hurto mejoren el proceso de la venta y el cobro de energía?

Como consecuencia de ello todo instrumento nos presenta un error, y que para conocer la bondad del instrumento está definido en sus límites de clase especificado en las normas nacionales. Es precisamente este punto que se investigará si debido al tiempo, y condiciones ambientales, los errores se encuentran dentro de lo especificado, el estudio se desarrollará en la Universidad Nacional del Callao, específicamente en sus laboratorios de electricidad, en un tiempo de nueve meses; asimismo, se procederá a realizar el estudio de las principales conexiones que realizan

algunos malos usuarios, para disminuir la exactitud de los instrumentos con la finalidad de hurtar la energía.

Los contadores de energía deben darnos un error de 5%, de acuerdo a la norma Nacional INDECOPI NMP-006-1997.

Instrumentos en los que primero se constatará su funcionamiento después de más de 30 años de uso continuo e igualmente es conveniente realizar pruebas y verificar como la distorsión armónica afecta el porcentaje de error de los medidores monofásicos de energía electrónica y electromecánicos. Y así determinar la exactitud de la medición.

4.1. Hipótesis de partida

Actualmente se tiene un problema en la lectura que presentan los medidores de energía electromecánicos de campo errante, una característica de error se afirma que es debido al envejecimiento de los elementos constitutivos de los instrumentos o de las maniobras que realizan algunos usuarios en el afán de que su consumo resulte menor al real –hurto de energía- por lo expuesto se hace imprescindible descubrir en que magnitud se manifiesta el error por desgaste y cuáles son las manipulaciones que comúnmente se realizan en los medidores, por lo expuesto se conoce la problemática, el estudio busca evitar la característica subjetiva de la causa de error y la magnitud del mismo fomentando la utilización de las nuevas tecnologías, verificación automática de hurtos de energía y contrastación predictiva de los instrumentos de medida, es conveniente hacer constar que la presente propuesta integra el recurso humano y la tecnología, lo que permitirá una capacitación permanente del personal técnico. Este trabajo de investigación analiza el rumbo ya abierto por otros trabajos, incluso trabajos realizados por OSINERGIM.



4.2. Objetivos

Objetivo General

Determinar la influencia de la pérdida de exactitud y precisión en los contadores de energía como consecuencia de la falta de contraste periódico y de las conexiones fraudulentas.

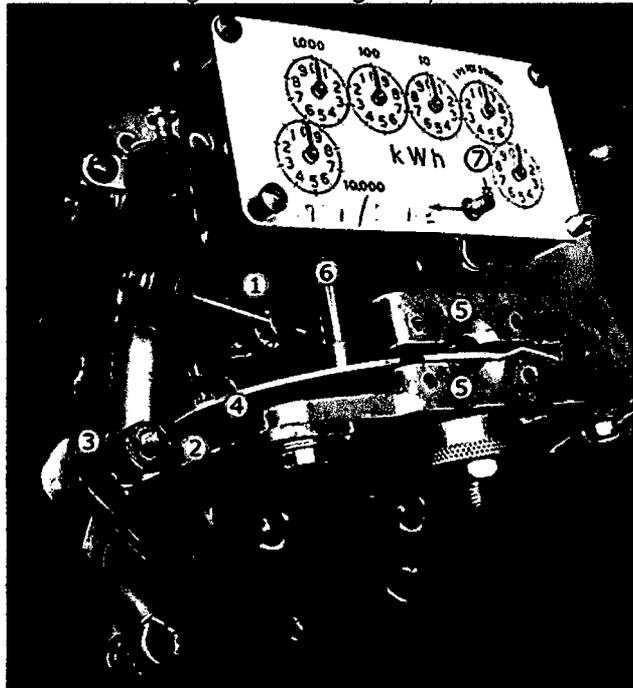
Objetivos Específicos

- a) Realizar pruebas de calibración de medidores de energía en el laboratorio de la Universidad Nacional del Callao, para comparar porcentajes de error. Límite de error permitido (5%).
- b) Establecer las deficiencias en las lecturas de los contadores a través del análisis de las pruebas y resultados identificando las causas, y a su vez lograr que el estudiante de la FIEE-UNAC identifique la normatividad y tecnología actual aplicada a los contadores de energía.

Funcionamiento de un Medidor de Energía Activa Electromecánico

El contador de energía o vatios-hora de corriente alterna realiza la integración de potencia con respecto al tiempo para medir la energía con notable exactitud en márgenes amplios de carga, factor de potencia, tensión y temperatura. En pocas aplicaciones las medidas de carácter comercial son más exactas. Los elementos básicos del contador de vatios-hora monofásicos representados en la Figura son:

Figura 1.1
Partes básicas contador de energía 4- Disco 5- Imán de Frenado- 6 Reductor de relación-
7registro de Energía- 3 polos.



Las partes más destacadas de la Figura 1.1 son:

1. Bobina voltimétrica. De hilo fino y de muchas vueltas, conectada en paralelo con la carga.
2. Bobina amperimétrica. De hilo grueso, conectada en serie con la carga.
3. Estator. Confina y concentra el campo magnético.
4. Rotor. Disco de aluminio.
5. Freno magnético del rotor.
6. Eje con tornillo sinfín.
7. Relojes contadores.

S.F.

El contador de inducción funciona de la siguiente forma:

Las bobinas de tensión y de corriente generan un flujo, el de corriente es consecuencia de la corriente que alimenta la carga, esos flujos generan en el disco unas corrientes de Foucault estas corrientes generan a su vez un flujo magnético en el disco, que es opuesto a la causa que lo origina (ley de Lenz) provocando un giro en el disco.

Cuando el disco comienza a girar, y para evitar que se embale, se dispone de un freno magnético que estabiliza su velocidad de rotación. Las vueltas que da el disco se transmiten al eje, y éste a su vez las transmite a un sistema de engranajes donde quedan registradas en un sistema contador totalizador.

Así pues, las vueltas que da el disco son proporcionales al campo magnético que en él se induce, que a su vez depende de la intensidad y tensión que consume la carga.

Es prácticamente un motor en donde el estator es excitado por la tensión de la línea y la corriente de carga y crea en el rotor (disco) un par motor proporcional a la potencia consumida en la carga, este par hace girar el rotor que está frenado por los imanes retardadores, lo que resulta una velocidad del rotor que es proporcional también a la potencia consumida por la carga, este par hace girar al rotor que está frenado por los imanes retardadores, de lo que resulta una velocidad del rotor que es proporcional también a la potencia.

El mecanismo registrador cuenta las revoluciones del rotor en función de la constante de vatios-revolución del rotor, La generación del par en el rotor por el estator es análoga a la acción en un motor de inducción bifásico. Lo mismo que en un motor el rotor está sometido, en posiciones mecánicamente desplazadas, a dos flujos desgastados. Cada flujo alterno induce corrientes parasitas de Foucault, en una posición tal que los campos magnéticos producidos por dichas corrientes reaccionan con los flujos, produciendo un par motor en el disco.

En la Figura 1.2 se muestra entre los puntos B_1 y B_2 la bobina de tensión que consiste en muchas espiras de hilo fino, y está conectada en paralelo con la línea y por consiguiente es excitada por la tensión de ésta. La corriente de la carga pasa por las bobinas de corriente produciendo la excitación de la bobina de corriente. La bobina de corriente tiene pocas espiras de hilo grueso. La bobina de potencial es muy reactiva para

facilitar esta explicación de la generación de par motor, puede ser considerada como absolutamente reactiva es decir, de resistencia despreciable para que el flujo de potencial producido por la bobina de tensión de la línea este retrasado 90 grados eléctricos respecto a la tensión de la línea.

Figura 1.2
Esquema Circuitual del Contador de Energía

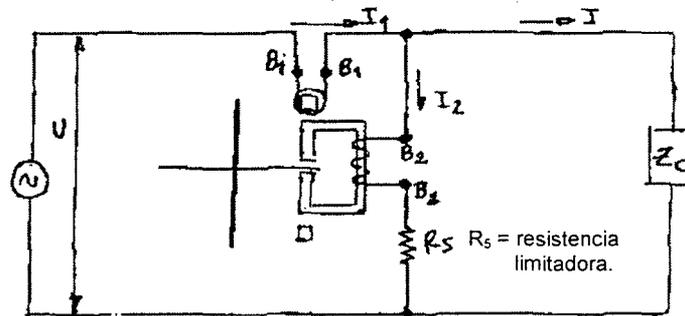
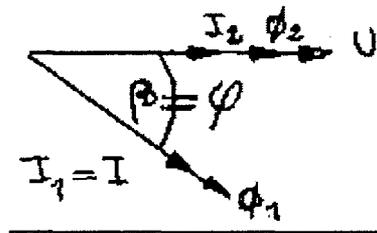


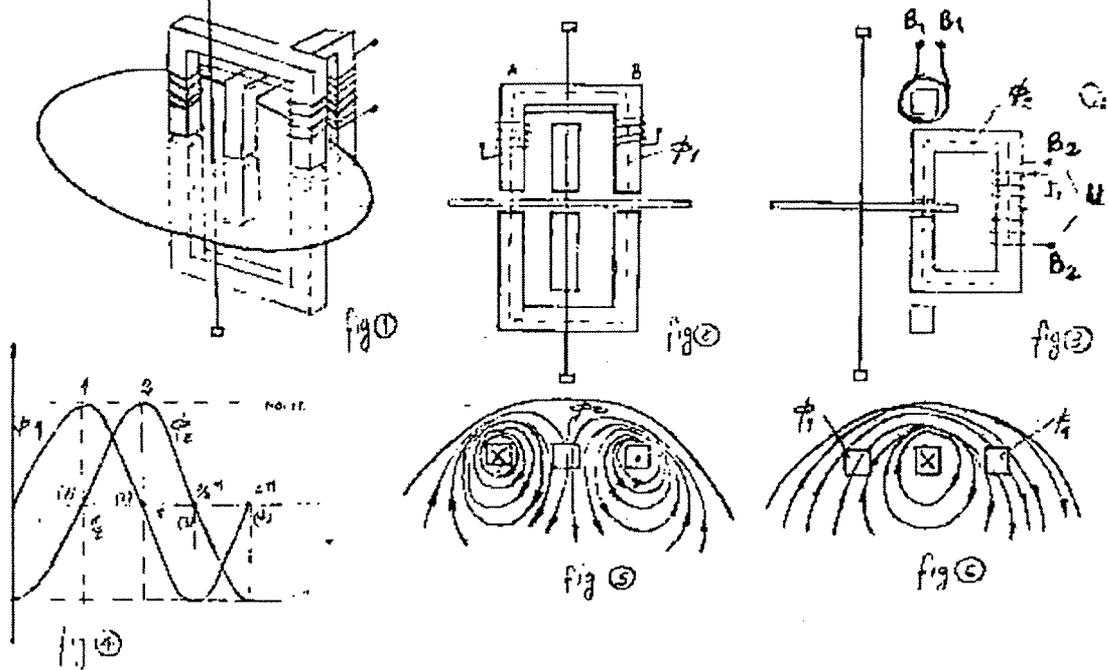
Diagrama fasorial del circuito del contador de energía, de la Figura anterior



El camino del flujo de potencial en una estructura ordinaria de electroimán es el representado en la Figura 1.2. Gran parte del flujo de potencial enlaza solamente las bobinas de potencial. El flujo útil enlaza la bobina de potencial y el rotor e induce corriente en el rotor de tal modo que circulan en la parte del disco que está precisamente encima de los polos, consideraremos que las corrientes están retrasadas 90 grados eléctricos respecto al potencial útil.

Cuando la carga que se mide es resistiva, el factor de potencia es la unidad y la corriente de carga está en fase con la tensión de línea, el flujo esta sustancialmente en fase con la corriente de carga que lo produce, este flujo de corriente atraviesa el rotor y reacciona con la corriente en el disco produciendo un par excitador en el disco.

Figura 1.3
Proceso de formación del movimiento del disco



La corriente que circula por la bobina amperimétrica y la corriente que circula por la bobina voltimétrica crean flujos que en valores instantáneos son:

$$\text{flujos} \begin{cases} \phi_{t1} = \phi_1 \cdot \text{sen} \omega t \\ \phi_{t2} = \phi_2 \cdot \text{sen}(\omega t + \beta) \end{cases} \quad \text{Ec (1.1)}$$



Cada flujo induce en el disco una fuerza electromotriz que se atrasa en fase respecto de él, en un cuarto de período de modo que bajo la acción de estas fuerzas electromotrices en el disco se originan corrientes, dentro de los límites de ciertos anillos iguales elegidos en el disco a lo largo de las líneas de corrientes.

$$e_{d1} = -\frac{d\phi_{t1}}{dt} \quad e_{d2} = -\frac{d\phi_{t2}}{dt} \quad \text{Ec (1.2)}$$

Estas fuerzas electromotrices en el disco son:

$$\begin{cases} e_1 = -N_1 \frac{d\phi_{t1}}{dt} = -N_1 \cdot \phi_1 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \\ e_2 = -N_2 \frac{d\phi_{t2}}{dt} = -N_2 \cdot \phi_2 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \beta) \end{cases} \quad \text{Ec (1.3)}$$

ECUACIONES FUNDAMENTALES

Bajo la acción de estas fuerzas electromotrices en el disco se originan corrientes, dentro de los límites de ciertos anillos iguales elegidos en el disco a lo largo de las líneas de corrientes, estos últimos pueden ser considerados inversamente proporcionales a la resistencia R_d de estos anillos cuando se trata de frecuencia normal 60 Hertz. El ángulo de desfase entre los flujos se debe a las características propias de los dos bobinados distintos y que a su vez están excitados con parámetros distintos. Por consiguiente las corrientes en el disco se expresaran:

$$\begin{cases} i_1 = \frac{e_1}{R_d} = \frac{-N_1}{R_d} \phi_1 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) = K_1 \phi_1 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \\ i_2 = \frac{e_2}{R_d} = \frac{-N_2}{R_d} \phi_2 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \beta) = K_2 \phi_2 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \beta) \end{cases} \quad \text{Ec (1.4)}$$

Realmente el disco posee una impedancia $Z_d = R_d + jX_d$ despreciamos la parte reactiva, por su magnitud frente a la resistencia, La acción recíproca entre cada flujo que atraviesa el disco y la corriente inducida por el flujo no correspondiente, da origen a una fuerza que actúa sobre el disco, de esta manera actuaran dos fuerzas.

Cuyos valores instantáneos son:

SP

$$\text{Fuerzas} \begin{cases} F_{t1} = K_3 \cdot i_1 \cdot \phi_{t2} \\ F_{t2} = K_4 \cdot i_2 \cdot \phi_{t1} \end{cases} \quad \text{Ec (1.5)}$$

K_1 , K_2 , K_3 y K_4 representan coeficientes que dependen de las dimensiones geométricas del disco.

Los sentidos de estas fuerzas dependerán de la fase del flujo y de la corriente, es decir del desfase de los flujos. Siendo los sentidos de ambos flujos y de ambas corrientes iguales las fuerzas tendrán sentido opuestos, lo que se puede verificar con la regla de la mano izquierda, lógicamente habrá una fuerza resultante.

$$\begin{aligned}
 F_{t1} &= w.K_3.K_1.\phi_1.\cos(\omega t)\phi_1\text{sen}(\omega t + \beta) \\
 F_{t1} &= K_5.w.\phi_1.\phi_2.\cos(\omega t)\text{sen}(\omega t + \beta)
 \end{aligned}
 \tag{Ec (1.6)}$$

Observando el esquema de un instrumento de inducción vemos que posee dos electroimanes excitados con corrientes alternas, y dispuestos según la Figura 3. En el entrehierro de estos dos electroimanes gira un disco de aluminio. Cada electroimán genera un flujo alterno cuyo valor instantáneo denominaremos ϕ_{t1} y ϕ_{t2} . Estos flujos atraviesan el disco generando corrientes inducidas o de torbellino o también llamadas de Foucault, como muestran las Figuras. Veamos este fenómeno más en detalle:

El flujo es variable en el tiempo, es decir que por la ley de Lenz-Faraday, produce una f.e.m. sobre el disco:

$$e_{d1} = -\frac{d\phi_{t1}}{dt} \quad e_{d2} = -\frac{d\phi_{t2}}{dt}
 \tag{Ec (1.7)}$$

Como el disco es una espira cerrada aparecerá en él corrientes inducidas i_1 e i_2 respectivamente, como muestran las Figuras 5 y 6, donde se ha separado las acciones de cada electroimán. Los sentidos de éstas corrientes se determinan mediante la regla de Maxwell o mano derecha.

S/S

Las corrientes de Foucault generadas por el flujo ϕ_{t1} recorren todo el disco y también lo hace las corrientes generadas por el flujo ϕ_{t2} . De modo que i_1 pasa por el otro campo magnético (flujo ϕ_{t2}) e i_2 pasa por flujo ϕ_{t1} . Entonces la corriente i_1 reaccionará con el flujo ϕ_{t2} e i_2 con ϕ_{t1} , provocando un par motor cada uno, puesto que son magnitudes independientes entre sí.

De acuerdo a la ley de Biot-Savart aplicada a nuestro caso:

$$F = B.l.i
 \tag{Ec (1.8)}$$

$$[Nw] = [T].[m].[A]$$

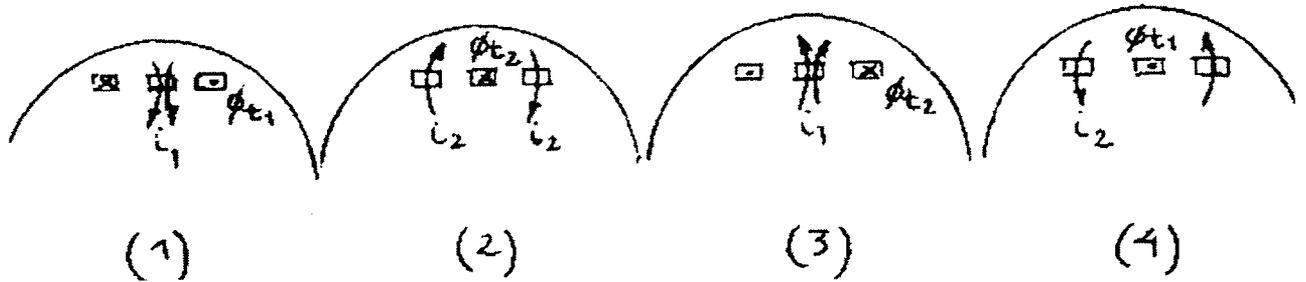
l: longitud de un conductor (disco), mts.

i: corriente inducida en el disco, amperios.

B: campo uniforme aplicado sobre el disco y generado por el electroimán, Tesla.

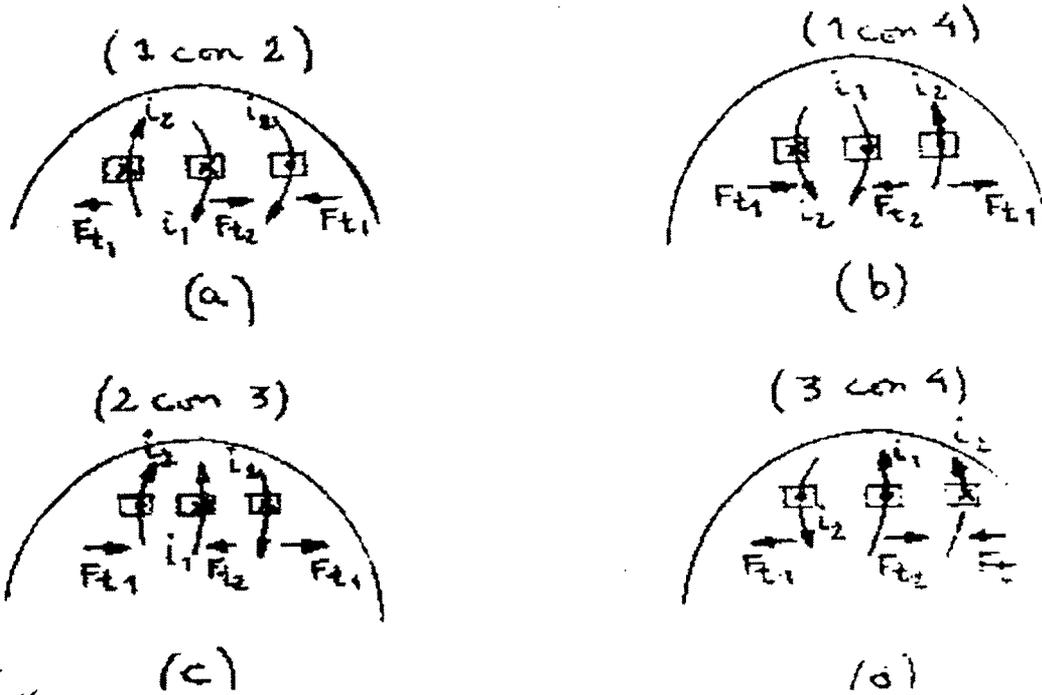
F: fuerza que aparece en el disco, Newton.

Figura 1.4
Sentido de las corrientes inducidas



Handwritten signature

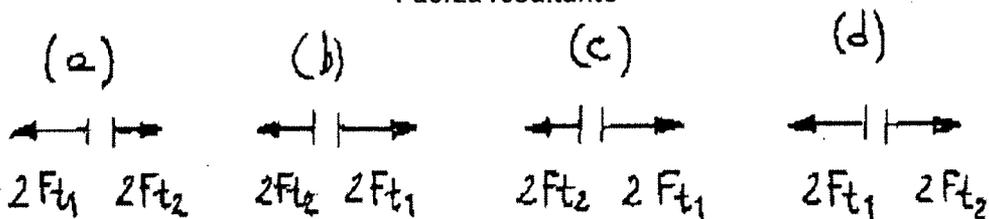
Figura 1.5
Fuerzas que aparecen en el disco



S.P.S

a) El valor instantáneo de la fuerza aplicada al disco es la resultante en cada instante de la diferencia geométrica (o vectorial) de las fuerzas F_{t1} y F_{t2} , según Figura 1.6:

Figura 1.6
Fuerza resultante



$2 \cdot F_{t1}$ porque son dos corrientes inducidas (i_2) provenientes de las dos piernas de flujo t_2 , que pasan debajo de flujo t_1 .

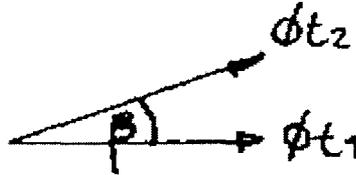
b) Son vectores que están en el mismo plano físico, están en fase eléctricamente, pero tienen sentidos opuestos y módulos diferentes. Esto último es debido a que provienen de distintos flujos y corrientes inducidas:

$$|\phi_{t1}| = |\phi_{t2}| \rightarrow |i_2| \neq |i_1| \quad \text{Ec (1.9)}$$

Expresión del Par Motor

Sean i_{t1} la corriente que circula por el electroimán (1) e i_{t2} la que circule por el electroimán (2). Estas corrientes crean flujos magnéticos ϕ_{t1} y ϕ_{t2} en valores instantáneos:

Representación de ondas como fasores



$$\text{flujos} \begin{cases} \phi_{t1} = \phi_1 \cdot \text{sen} \omega t \\ \phi_{t2} = \phi_2 \cdot \text{sen}(\omega t + \beta) \end{cases} \quad \text{Ec (1.10)}$$

Handwritten mark

Es el ángulo de desfase entre flujo t_1 y flujo t_2 . y se debe a las características propias de los dos bobinados distintos y que a su vez están excitados con parámetros distintos.

Estos flujos inducen en el disco de aluminio según Lenz-Faraday:

f.e.m en el disco

$$\text{f.e.m. en el disco} \begin{cases} e_1 = -N_1 \frac{d\phi_{t1}}{dt} = -N_1 \cdot \phi_1 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \\ e_2 = -N_2 \frac{d\phi_{t2}}{dt} = -N_2 \cdot \phi_2 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \beta) \end{cases} \quad \text{Ec (1.11)}$$

Si el disco de aluminio posee una impedancia $Z_d = R_d + jX_d$, despreciamos X_d en compensación con R_d tendremos una corriente inducida en el disco debida a cada f.e.m. (corrientes de Foucault):

Corrientes inducidas en el disco.

$$\begin{cases} i_1 = \frac{e_1}{R_d} = \frac{-N_1}{R_d} \phi_1 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) = K_1 \phi_1 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \\ i_2 = \frac{e_2}{R_d} = \frac{-N_2}{R_d} \phi_2 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \beta) = K_2 \phi_2 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \beta) \end{cases}$$

Ec (1.12)

Las fuerzas producidas por estas corrientes con sus propios campos productores son nulas:

se anulan ambas funciones y $F=0$

Las corrientes inducidas se extienden también por la zona de influencia de los polos vecinos. Entonces se generarán fuerzas por la interacción de la corriente inducida por un electroimán y el flujo del otro electroimán, es decir i_1 con flujo t_1 e i_2 con flujo t_2 .

Los valores instantáneos de las fuerzas son:

$$Fuerzas \begin{cases} F_{t1} = K_3 \cdot i_1 \cdot \phi_{t2} \\ F_{t2} = K_4 \cdot i_2 \cdot \phi_{t1} \end{cases} \quad Ec (1.13)$$

Y los sentidos resultaran de la aplicación de la regla de la mano izquierda.

Handwritten signature

$$\begin{aligned} F_{t1} &= w \cdot K_3 \cdot K_1 \cdot \phi_1 \cdot \cos(wt) \phi_1 \cdot \text{sen}(wt + \beta) \\ F_{t1} &= K_5 \cdot w \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot \cos(wt) \cdot \text{sen}(wt + \beta) \end{aligned} \quad Ec (1.14)$$

Su valor medio correspondiente al período completo es:

$$F_1 = K_5 \cdot w \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot \text{sen}(\beta) \text{ donde flujo 1 y flujo 2 son valores eficaces}$$

Por analogía: $F_2 = K_6 \cdot w \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot \text{sen}(\beta)$

Entonces:

$$Fuerzas \begin{cases} F_1 = K_5 \cdot w \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot \text{sen}\beta \\ F_2 = K_6 \cdot w \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot \text{sen}\beta \end{cases} \quad Ec (1.15)$$

Los arrollamientos se conectan de modo tal que ambas fuerzas provoquen giros del disco en el mismo sentido:

$$F = F_1 + F_2 = K_7 \cdot w \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot \text{sen}\beta \quad Ec (1.16)$$

El par motor es proporcional a la fuerza:

$$Mm = F \cdot d$$

$$Mm = K_8 \cdot f \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot \text{sen} \beta$$

Ec (1.17)

Cuando el instrumento va conectado a un sistema donde sabemos que la frecuencia varía muy poco, podemos considerar la constante

$$Mm = K_9 \cdot f \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot \text{sen} \beta$$

Ec (1.18)

Ecuación del par motor para un instrumento de inducción.

Se requiere que los dos flujos 1 y 2 tengan algún corrimiento de fase entre ambos.

La expresión Ec. (1.18) que es general para estos instrumentos nos permite ver, que son instrumentos de doble excitación y como muestra la Figura 3 tienen doble entrada (bornes B1 y bornes B2). Esto nos dice que el aparato puede utilizarse en forma voltimétrica excitado uno de los electroimanes con tensión y el otro con la corriente, en cuyo caso la expresión Ec (1.17) se convierte en Ec (1.21).

Sf

$$\phi_2 = K_{10} \cdot U$$

Ec (1.19)

$$\phi_1 = K_{11} \cdot I$$

Ec (1.20)

$$Mm = K_{12} \cdot U \cdot I \cdot \text{sen} \beta$$

Ec (1.21)

El circuito de la Figura 1.6 indica cómo se conectará este instrumento para una medición voltimétrica como estamos analizando.

Figura 1.7

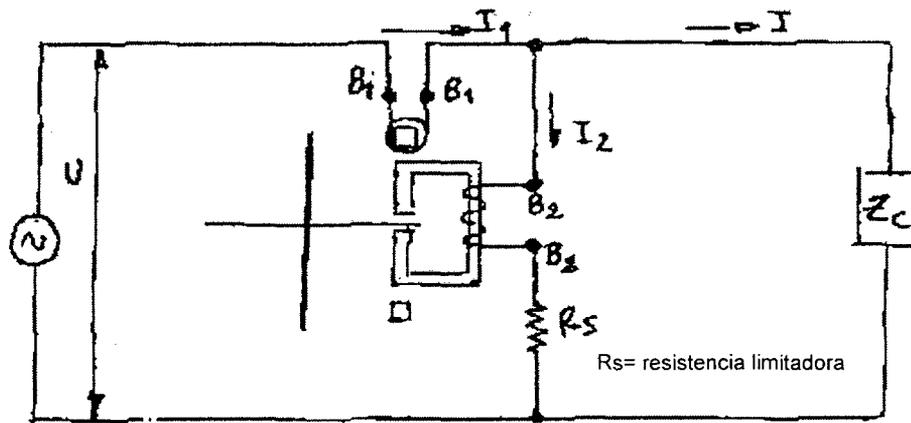
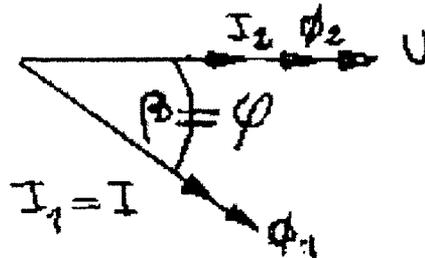


Figura 1.8
Diagrama fasorial de circuito



En el caso de la Figura 1.6 al circuito del electroimán de tensión cuyos bornes son B_2 se ha agregado una elevada resistencia anti-inductiva con el objeto de mantener en fase la corriente I_2 con la tensión.

S. V. 13

En ese caso el ángulo que se ha denominado ϕ es el ϕ ángulo de desfasaje entre tensión e intensidad en el circuito debido a la impedancia de carga Z_C . En estas condiciones el par Mm de la Ec (1.17) se convierte en:

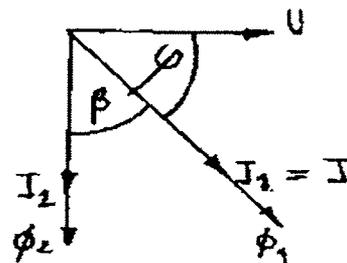
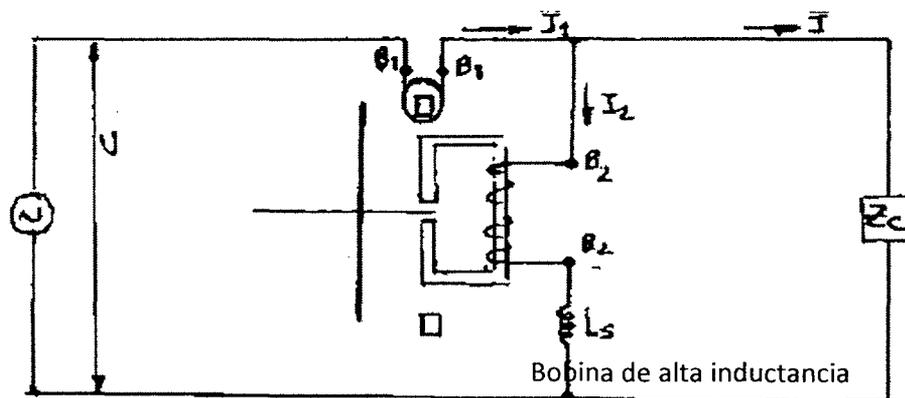
$$Mm = K_{13} \cdot U \cdot I \cdot \text{sen} \phi \quad \text{Ec (1.22)}$$

Y por lo tanto el instrumento será sensible a la potencia reactiva

$$Mm = K_{13} \cdot P_{\text{react}} \quad \text{Ec (1.23)}$$

Para que este instrumento sea capaz de medir potencia activa es necesario desfazar 90° la corriente que excita el bobinado voltimétrico con respecto a la tensión de alimentación.

Figura 1.9
Esquema circuital del contador de energía



S.P.

$$\beta = 90^\circ$$

$$\text{sen}(90 - \phi) = \cos \phi$$

$$Mm = K_{13} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$Mm = K_{13} \cdot P_{act}$$

Ec (1.24)

4.3. Estado Actual del Tema (Antecedentes Investigativos)

Revisados los archivos no se ha encontrado tesis específica sobre el tema, sin embargo se tiene como antecedente que antes de la entrada en vigencia de la ley de concesiones Eléctricas en nuestro país la anterior ley de General de Electricidad, establecía en el inciso d) del artículo 49° del Título VII “de las instalaciones Requeridas para el Servicio Público de Electricidad” lo siguiente:

“Artículo 49°.- El sistema de Distribución es el conjunto de instalaciones de entrega de energía eléctrica a los diferentes usuarios y comprende:

d) Las conexiones que son los conjuntos de elementos abastecidos desde energía eléctrica destinados a los usuarios, incluyendo las acometidas y las cajas de conexión de derivación y/o toma, equipos de control, limitación, registro y/o medición de la energía eléctrica proporcionada (...).

Igualmente en el inciso b) dice:

b) del Artículo 36° del Título V “De las Empresas de Servicio Público de Electricidad” de la citada Ley, definía lo siguiente:

“Artículo 36°.- es responsabilidad de las Empresas Regionales de Servicio público de Electricidad:

b) Operar y conservar los bienes afectos a la empresa en condiciones adecuada para la prestación eficiente del Servicio público de electricidad.

Por lo tanto, sobre la base de la interpretación de los artículos citados precedentemente, el mantenimiento de las conexiones era de responsabilidad de la empresa, siendo incluido este mantenimiento dentro del mantenimiento global de las instalaciones propias de la empresa. Sin embargo, durante los años 80`s y hasta 1993, la empresas de distribución no contaron con los recursos necesarios para realizar un adecuado mantenimiento a sus instalaciones, en este sentido, la Ley de Concesiones Eléctricas estableció además de la propiedad de la concesión asignada al usuario, un cargo para garantizar los recursos para mantener y reponer las conexiones, dicho cargo se definió como el “Cargo de Reposición y Mantenimiento de la Conexión”.

Durante el año 2003, OSINERG dispuso el examen Especial “Aplicación del cargo de reposición y Mantenimiento de la Conexión” dicho examen se orientó a la verificación del origen y aplicación del fondo generado por la facturación mensual del cargo de reposición y mantenimiento de la conexión que pagan los usuarios regulados del servicio público de electricidad. Como resultado de dicho examen especial se pudo concluir que gran parte de los medidores y otros elementos de la conexión no habían sido objeto de un mantenimiento adecuado.

Paralelamente, OSINERG para la verificación de la calidad de la medición, efectuó campaña de contrastes de medidores financiados por el propio organismo y en complemento de la campaña de contrastes realizados bajo el ámbito de NTCSE; ello permitió determinar que el mantenimiento de los medidores, realizados por las concesionarias no se efectuaba correctamente.

Habiendo que considerar los siguientes aspectos:

Aspectos Económicos

La inspección del parque de medidores de los concesionarios de distribución en todo el país, significaba un alto costo para OSINERG, por lo que una de las metas de fiscalización regular del período 2001 al 2003 (incluso parte del 2004) fue la de fiscalizar una muestra representativa del número total de medidores a través de campañas de contrastes financiadas por OSINERG.

Diagnóstico Previo

OSINERG fue creado mediante Ley N°26734 del 30/12/1996 y ejerce la supervisión en las concesionarias del sector eléctrico desde el año 1988; la fiscalización regular de las concesionarias abarcaba las instalaciones de los Subsistemas de Distribución Primaria y Secundaria, Conexiones y Alumbrado Público así con la Seguridad y la Conservación del Medio Ambiente. Debido a la amplitud de instalaciones y actividades así como a la falta de estadísticas en el subsector electricidad no se podía ejercer a

plenitud la supervisión. De acuerdo a la normatividad vigente. OSINERG tenía también una capacidad disminuida para generar procedimientos y normas.

Resultados de las Campañas de Contrastación de Medidores

Al iniciarse las actividades de fiscalización (1998) identifica que un componente importante de los reclamos presentados por los usuarios, se encuentra referido a los presuntos excesos de facturación realizados por las empresas concesionarias de distribución, es por esta razón que el criterio básico de investigación se orientó inicialmente a la verificación del correcto funcionamiento de los equipos de medición; en este sentido, para cumplir con este objetivo se programaron las actividades de contraste de medidores por iniciativa propia, en las primeras actividades de contrastación realizadas durante los años 1999 y 2000, la distribución de las muestras fueron orientadas hacia los sectores de usuarios de donde provenía el mayor número de reclamos, de allí que estas selecciones no fueran aleatorias, ni mucho menos representativas, sin embargo, los resultados obtenidos sirvieron como referencia de las condiciones operativas del parque de medidores evaluados y validar la precisión en la medición de energía eléctrica en localidades específicamente designadas. Entre las principales localidades inspeccionadas se destacan las siguientes: Cutervo, Chota, Huancabamba, Puerto Maldonado, Ayaviri, Oxapampa, entre otros. En el año 2001 OSINERG definió una cantidad de 2400 medidores para su contraste, la misma que fue incrementada en el mes de diciembre en 490 medidores, alcanzando en dicho año un total de 2890 medidores contrastados.

Durante el año 2002, el número de contrastes realizados fue de 2200 medidores siendo orientada su ejecución al ámbito nacional lográndose abarcar algunas capitales de departamento y ciudades más importantes a nivel nacional, con importante participación de un gran número de usuarios del sector de distribución típico: 1.- Urbano de Alta densidad y 2.- Urbano de Media y Baja Densidad.

En el año 2003 las actividades de contraste realizadas se desarrollaron durante los primeros cinco meses del año, desde el 06/01/2003 hasta el 15/05/2003, contrastándose un total de 5000 medidores. En la campaña de contratos del año 2003, de modo análogo a la realizada durante el año 2002, las muestras se determinaron sobre la base de la proporcionalidad del número de suministros por cada una de las catorce (14) empresas concesionarias de distribución supervisadas; cabe destacar que los contrastes fueron orientados principalmente hacia las capitales de los departamentos y a las ciudades de provincias más importantes del país.

Las actividades de contraste de medidores de energía eléctrica, monofásicos y trifásicos, desarrolladas a iniciativa de OSINERG durante el año 2004, fueron ejecutadas bajo la coordinación y supervisión de la Unidad de Fiscalización comercial de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica; abarcándose a las catorce (14) empresas concesionarias de distribución más representativas a nivel nacional, siendo el número total de contraste de 6000 medidores (entre medidores monofásicos y trifásicos), cantidad que fue distribuida proporcionalmente al número de usuarios por cada empresa y localidad. La selección de los suministros, en todos los casos, se realizó mediante un algoritmo que garantizó su aleatoriedad.



Siendo el número total de contrastes de 6 000 medidores (entre medidores monofásicos y trifásicos), cantidad que fue distribuida proporcionalmente al número de usuarios por cada empresa y localidad. La selección de los suministros, en todos los casos, se realizó mediante un algoritmo que garantizó su aleatoriedad.

Debido al deterioro gradual de tales sistemas de medición en los instrumentos electromecánicos por la acción del entorno y por las características propias de los materiales que los conforman, las empresas concesionarias de distribución en el Perú están obligadas, en virtud al artículo 163º del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (RLCE) aprobado mediante Decreto Supremo N° 009-93-EM, a efectuar el

mantenimiento de los medidores de electricidad, también conocidos como contadores de energía, así como la reposición de los mismos en un plazo de treinta (30) años. Cuando la instalación comprenda un equipo de medición estático monofásico de medición simple, la normativa considera, únicamente para este equipo, una vida útil no menor de quince (15) años¹.

La investigación armónica que produce errores en los instrumentos de medida eléctricos y/o electrónicos es un trabajo interesante a analizar y se dejará para un trabajo posterior la medición de sus efectos. Como alcance es dable manifestar que, aunque en estas pruebas en los valores de corriente aplicados difieren de los valores reales cuando están funcionando en condiciones normales. Sobre este tema se encontraron investigaciones en la universidad técnica de Federico de Santa María en Chile. Un artículo en norma IEEE sobre el efecto de los pulsos transitorios en los medidores de baja tensión, donde afirman que hay un error considerable en la medición pero no se especifica el proceso experimental utilizado.

 La epistemología pone en tela de juicio el conocimiento ya aceptado como válido por la comunidad científica, desde esa perspectiva se ha revisado lo anteriormente aceptado referente al tema de funcionamiento y medida de energía en contadores electromecánicos, como desgaste en los elementos de giro del disco, la importancia de estos puntos reside en la apreciación en muchos casos subjetiva de los hechos con respecto a la magnitud del error producido, como es de conocimiento dos personas interpretan el mismo hecho de diferentes formas, una parte importante de este hecho está constituida por el estado interno de nuestras mentes, el cual dependerá de nuestra educación cultural, nuestro conocimiento, nuestras expectativas, hasta nuestro estado de ánimo entre otros aspectos y no estará determinado en lo que respecta a error únicamente por las propiedades físicas de los elementos constitutivos o de las manipulaciones que pudieran haber.

¹ Documento de trabajo OSINERG N° 03-GFE Gerencia de Fiscalización Eléctrica.

4.4. Fundamentación Teórica

El hecho fundamental reside en la búsqueda de un máximo de exactitud entre lo que se consume de energía y lo que el contador de energía mide, de allí la gran importancia en la medida y la evaluación de los errores que podrían manifestarse ya sea como consecuencia del deterioro natural del instrumento o de la manipulación del mismo, para constatar esta particularidad se han hecho consultas a trabajos anteriores.

Evolución de los Contadores de Energía

El contador de energía es un mecanismo diseñado para medir la energía eléctrica consumida, según su construcción pueden ser mecánicos, electro-mecánicos, o electrónicos, pudiendo ser monofásico o trifásicos según su conexión a la red eléctrica pueden ser monofásicos o trifásicos.

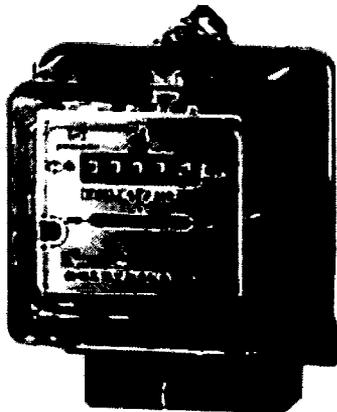
La evolución de estos instrumentos sigue la siguiente línea:

- 1870 La medición eléctrica se basaba en el conocimiento del tiempo que fluye una corriente sobre un grupo de lámparas incandescentes conectadas en serie, se conocía el voltaje requerido por lámpara y una corriente constante.
- 1872 Samuel Gardiner (EEUU) Se mide el tiempo durante el cual la electricidad se suministra a una carga puntual, era un medidor de Corriente continua.
- 1878 J.B: Fuller Medidor AC
- 1882 Thomas Edison utilizó un efecto electroquímico de la corriente, la corriente que pasa por un electrolito causa la precipitación del cobre, al final se pesa y esta muestra la cantidad de electricidad que ha pasado
- 1883 Hermann Aron registra el consumo de electricidad CC.
- 1885 galileo Ferrari de Turin plantea el futuro de los medidores de inducción, dos campos de corriente alterna desfasados pueden hacer girar una armadura sólida.
- 1886 Forbes (Inglaterra) medidor de AC, medidor delicado para uso comercial, no tuvo futuro.

S.F.

- 1889 Otto Bláthy primer prototipo de kilovatio.hora en el mundo, hecho en la empresa GanzHungria.
- 1889 Thomson Vatímetro tipo conmutador CA. Luedogur adaptado para CC.
- 1892 Duncan desarrolla el primer vatímetro de inducción con un solo disco, quedó sólo en el diseño, nunca se llegó a producir.
- 1893 Nikola Tesla patenta el principio del motor de inducción.

Figura 4.1
Medidor electromecánico
 Tomada directamente de un Medidor Huabang tipo DD862



4.5. Definición de Términos

S.F.-5

- **Aislación básica.** Aislación aplicada a las partes activas destinadas a asegurar la protección principal contra los contactos eléctricos, la aislación básica no necesariamente incluye la aislación utilizada exclusivamente por razones funcionales.
- **Aislación suplementaria.** Aislación independiente prevista además de la aislación básica a fin de proporcionar protección contra los contactos eléctricos en caso de falla de la aislación básica.
- **Aislación doble.** Aislación que comprende tanto la aislación básica como la aislación suplementaria.
- **Aislación reforzada.** Sistema de aislación único aplicado a la parte activa, que asegura un grado de protección contra las descargas eléctricas equivalente a la aislación doble. El término "sistema de aislación" no implica que la aislación deba ser una pieza homogénea.

Puede comprender varias capas la que no se pueden ensayar en forme separada como aislación básica o suplementaria.

- **Armónica.** Una parte de una señal cuya frecuencia es un número entero sub-múltiplo de la frecuencia fundamental de la señal. La frecuencia fundamental es denominada frecuencia nominal.
- **Base.** Parte trasera del medidor por la cual generalmente está fijado y en la que se monta el elemento de medición, los bornes o la bornera y la tapa en ciertos medidores la base del medidor puede incluir los laterales de la caja (medidor para embutir).
- **Borne de Tierra de Protección.** Borne conectado a las partes conductoras accesibles de un medidor por razones de seguridad.
- **Bornera.** Soporte de material aislante donde se agrupan algunos o todos los bornes del medidor.
- **Caja.** Comprende la base y la tapa
- **Coefficiente Medio de Temperatura.** Relación entre el error en porcentaje y el cambio de temperatura que produce dicha variación
- **Condiciones Nominales de Funcionamiento.** Conjunto de los rangos de medición especificadas para las características funcionales y de los rangos de funcionamiento especificadas para las magnitudes de influencia, dentro de las cuales se especifican y determinan las variaciones o los errores de funcionamiento del medidor.
- **Circuito Auxiliar.** Elementos y conexiones de un dispositivo auxiliar en el interior del medidor, destinados a conectarse a un dispositivo exterior, por ejemplo un reloj, un relevador, un contador de impulsos etc.
- **Circuito de Corriente.** Conexiones internas del medidor y parte del elemento de medición, a través de las cuales circula la corriente del circuito al cual el medidor está conectado.
- **Circuito de Tensión.** Conexiones internas del medidor que forman parte del elemento de medición y de la alimentación del medidor, alimentadas por el circuito al cual el medidor está conectado.
- **Condiciones de Almacenamiento y Transporte.** Condiciones extremas que un medidor fuera de servicio puede soportar sin daño ni

degradación de sus características metrológicas cuando, a continuación, se lo utiliza en sus condiciones nominales de funcionamiento.

• **Condiciones de Referencia.** Conjunto de magnitudes de influencia y de condiciones de funcionamiento, con valores de referencia, sus tolerancias y rangos de referencias, con respecto al cual se especifica el error.

• **Constante (para medidores de inducción).** Valor que expresa la relación entre la energía registrada por el medidor y el correspondiente número de revoluciones del disco expresado en revoluciones por kilowatt-hora (rev/kWh) o bien el número de watt-horas por revolución (Wh/rev).

• **Constante (para medidores electrónicos o de estado sólido).** Valor que expresa la relación entre la energía registrada por el medidor y el valor correspondiente del dispositivo de ensayo. Si dicho valor es un número de impulsos entonces la constante debe ser el número de impulsos por kilowatt.hora (imp/kWh) o bien el número de watt.hora por impulso (Wh/imp).

• **Corriente de Foucault.** En los núcleos de bobinas y transformadores (elementos ferromagnéticos) se generan tensiones inducidas debido a las variaciones de flujo magnético a que estos se someten (alternas), estas tensiones inducidas son causa de que se produzcan corrientes parásitas en el núcleo (llamadas corrientes de Foucault).

• **Corriente de Referencia.** Valor de la corriente en función del cual se fijan algunas características del medidor.

• **Corriente de arranque.** El menor valor de la corriente para el cual el medidor arranca y continúa registrando.

• **Corriente de base.** (I_b) Valor de la corriente de referencia para medidores de conexión directa.

• **Corriente nominal.** (I_n) Valor de la corriente de referencia para medidores alimentados por transformadores.

• **Corriente máxima.** (I_{max}) Mayor valor de la corriente para el cual el fabricante declara que se satisfacen las prescripciones de exactitud del presente reglamento.

• **Dispositivo Emisor de Pulsos.** Unidad funcional para transmisión, retransmisión o recepción de pulsos eléctricos, representando estas cantidades definidas tales como energía transmitida normalmente desde el medidor de electricidad a la unidad receptora.

• **Dispositivo de Ensayo.** Dispositivo que se puede usar para determinar la exactitud del medidor, en la práctica consiste en una marca sobre el disco en medidores de inducción y un LED de luz visible o infrarroja en los de estado sólido.

• **Dispositivo Indicador.** Dispositivo mecánico electromecánico o electrónico que comprende la memoria que almacena la información y el visor que la hace visible, un solo visor se puede utilizar con múltiples memorias electrónicas para formar un dispositivo indicador de tarifas múltiples.

• **Distancia de Aire.** La menor distancia medida en el aire entre dos partes conductoras.

• **Elemento de Medición.** Parte del medidor que produce una salida proporcional a la energía.

• **Error de Medición.** La inexactitud que se acepta como inevitable al comparar una magnitud con su patrón de medida.

• **Error (de indicación).** Valor expresado por la diferencia: energía indicada menos energía verdadera

• **Error en por ciento.** El error está dado por la siguiente fórmula:

• **Error en porciento** = $\frac{\text{energía indicada por el medidor} - \text{energía verdadera}}{\text{energía verdadera}} \times 100$

Dado que el valor verdadero no se puede determinar, se toma un valor aproximado con una exactitud que se pueda trazar a los patrones nacionales.

• **Estabilidad Térmica.** Se considera que se alcanza la estabilidad térmica cuando la variación del error como consecuencia de los efectos térmicos, durante 20 minutos es menor que 0,1 veces el error en máximo admisible para la medición considerada.

• **Factor de Distorsión.** Relación entre el valor eficaz del contenido armónico (obtenido restando de una magnitud alterna no senoidal su

término fundamental) y el valor eficaz de la magnitud no senoidal, El factor de distorsión se expresa habitualmente en porcentaje.

• **Factor de Potencia. (F.d.P).** Es el cociente entre la potencia activa y la potencia aparente. En sistemas monofásicos y trifásicos con onda senoidal, el factor de potencia está dado por el coseno de la diferencia de fase entre la tensión y la corriente.

• **Frecuencia Nominal. (fn).** Valor de la frecuencia en función del cual se fijan algunas características del medidor.

• **Incertidumbre.** Es el grado de desconocimiento o falta de información, porque existen desacuerdos sobre lo que se sabe o podría saberse.

• **Indicador de funcionamiento.** Dispositivo que da una señal visible de que el medidor está funcionando.

• **Índice de Clase.** Número dado por los límites de error en por ciento, para todos los valores de la corriente entre $0,1 I_b$ (corriente de base) e $I_{máx}$ (corriente máxima), para un factor igual a la unidad (y en el caso de los medidores trifásicos con cargas equilibradas), cuando el medidor se ensaya en condiciones de referencia incluyendo las tolerancias admisibles sobre los valores de referencia.

• **Longitud de Contorneo.** La menor distancia medida sobre la superficie de la aislación entre dos partes conductoras.

• **Magnitudes de Influencia.** Cualquier magnitud generalmente exterior al medidor que pueda afectar su comportamiento o características funcionales.

• **Medición.** Es la determinación de la proporción entre la dimensión o suceso de un objeto y una determinada unidad de medida. La dimensión del objeto y la unidad deben ser de la misma magnitud. Una parte importante de la medición es la estimación de error o análisis de errores.

• **Medidor con Caja Aislante de Clase de Protección I.** Medidor en e4I que la protección contra las descargas eléctricas no depende solamente de la aislación básica, sino que incluye una medida de seguridad adicional, en la que las partes conductoras accesibles de forma tal que, las partes conductoras accesibles no queden sometida a tensión en caso de falla de la aislación básica.

- **Medidor con Caja Aislante de Clase de Protección II.** Medidor con caja de material aislante en el que la protección contra las descargas eléctricas no depende solo de la aislación básica, sino que comprende medidas de seguridad adicionales, como la aislación básica, sino que comprende medidas de seguridad adicionales, como la aislación doble o la aislación reforzada. Dichas medidas no incluyen la puesta a tierra de protección y no dependen de las condiciones de instalación.
- **Medidor estático.** Medidor en el cual la corriente y la tensión eléctrica actúan sobre elementos (electrónicos) en estado sólido para producir una salida de impulsos (o pulsos) Proporcional a la energía activa.
- **Medidor Pre-Pago.** Medidor destinado a permitir la entrega de una predeterminada cantidad de energía eléctrica. Tal instrumento mide continuamente la energía y puede indicar y almacenar la energía medida.
- **Medidor de Simple Tarifa.** Medidor destinado a la medición de energía eléctrica activa en forma continua y a indicar y almacenar la energía asignada a una tarifa única.
- **Medidor de Tarifas Múltiples.** Medidor de energía eléctrica activa equipado con dispositivos indicadores que hacen operativos registros distintos a intervalos de tiempo especificados asignados a tarifas diferentes.
- **Medidor para Conexión Directa.** Medidor destinado a ser usado con conexión directa al circuito medido.
- **Medidor para Conexión Indirecta.** Medidor destinado a ser usado alimentado por uno o más transformadores de medida.
- **Medidor de Energía Eléctrica Activa.** Instrumento destinado a medir la energía activa continuamente por integración de la potencia respecto al tiempo y que indica y almacena los valores de energía medida.
- **Medidor de Inducción.** Medidor en la cual las corrientes circulantes en las bobinas fijas reaccionan con las corrientes inducidas en un elemento móvil, generalmente un disco(s), produciendo un movimiento proporcional a la energía a ser medida.

S. / 3

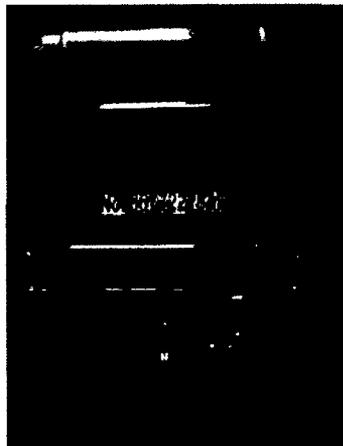
- **Medidor para Uso Interior.** Medidor con un grado de protección a la penetración de polvo, agua y radiación solar que lo hacen apto exclusivamente para uso interior.
- **Medidor para uso Intemperie.** Medidor con un grado de protección a la penetración de polvo, agua y radiación solar que lo hacen apto para uso a la intemperie.
- **Memoria.** Elemento que almacena las informaciones digitales (registros numéricos).
- **Memoria no volátil.** Dispositivo de almacenamiento que puede retener información en caso de ausencia de tensión de cualquier tipo.
- **Metrología.** Es la ciencia de la medida. Tiene por objetivo el estudio de los sistemas de medida en cualquier campo de la ciencia, teniendo como objetivo indirecto que se cumpla con la calidad establecida.
- **Modelo de medidor.** Se considera de un mismo modelo los medidores contruidos por un mismo fabricante con idéntica designación, que tengan las mismas características metrológicas y que respondan a un mismo proyecto básico de módulos y partes que determinen esas características metrológicas. Los medidores hechos por distintos fabricantes, o el mismo fabricante en países distintos, aunque presenten el mismo proyecto básico y características comunes, deberían tener designación diferente.
- **Numero de Armónica.** Es el número entero especificado para identificar una armónica. Es el cociente entre la frecuencia de la armónica y la frecuencia fundamental de la señal.
- **Parte Conductora Accesible.** Parte conductora que puede ser tocada con el dedo de prueba normalizado, cuando el medidor está instalado y listo para ser utilizado.
- **Patrón.** Es un objeto o substancia que se emplea como muestra para medir alguna magnitud o para replicarla.
- **Perturbaciones Electromagnéticas.** Perturbaciones electromagnéticas conducidas o radiadas que pueden afectar en forma funcional o metrológica el funcionamiento del medidor.
- **Posición normal de Utilización.** Posición del medidor definida por el fabricante como la posición normal de servicio.

- **Pulso (impulso).** Variación eléctrica que parte desde un nivel inicial por un tiempo determinado y finalmente retorna al valor original.
- **Rango de Medición Especificado.** Conjunto de valores de una magnitud medida, para la cual el error debe mantenerse dentro de los límites especificados.
- **Rango de Funcionamiento especificado.** Conjunto de valores de una sola magnitud de influencia que forma parte de las condiciones de funcionamiento nominales.
- **Rango Límite de Funcionamiento.** Condiciones extremas que un medidor puede soportar en servicio sin daño ni degradación de sus características metrológicas cuando, a continuación, se lo utiliza en sus condiciones nominales de funcionamiento.
- **Tapa.** Parte delantera de la caja del medidor, constituida ya sea enteramente por un material transparente o bien opaco, provista con ventanas transparentes lo que permite la observación del indicador de funcionamiento y la lectura del visor.
- **Tapa de Bornera.** Tapa que cubre los bornes del medidor, generalmente, los extremos de los alambres o cables externos conectados a los bornes.
- **Tarifa.** La tarifa es el precio que pagan los usuarios o consumidores de un servicio público a cambio de la prestación del mismo.
- **Tensión de Referencia.** Es el valor de la tensión en función del cual se fijan algunas características del medidor. Los términos “tensión” y “corriente” indican valores eficaces salvo especificación en contrario.
- **Temperatura de Referencia.** Temperatura ambiente especificada para las condiciones de referencia.
- **Trazabilidad.** Son los procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, a través de unas herramientas determinadas.
- **Tolerancia.** La tolerancia puede ser especificada por un rango explícito de valores permitidos.

S/P

- **Tornillo sin fin.** Desde el punto de vista conceptual, el tornillo sin fin es considerado una rueda dentada de u solo diente que ha sido tallado helicoidalmente (en forma de hélice). Este mecanismo ha sido diseñado para la transmisión de movimientos giratorios, por lo que siempre trabaja unido a otro engranaje.
- **Variación del Error debido a una Magnitud de Influencia.** Diferencia entre los errores en porciento del medidor cuando sólo una magnitud de influencia asume sucesivamente dos valores especificados, siendo uno de ellos el valor de referencia.
- **Visor (“display”).** Dispositivo que hace visible el o parte del contenido de la o las memorias.
- **Zócalo.** Base con mordazas para alojar los bornes de un medidor desmontable y que tiene bornes para la conexión al circuito de alimentación. Puede ser para uno o varios medidores.

Figura 4.2
Medidor Electrónico
Tomada directamente de un Medidor CHINT Tipo DDS666P



S. / 17

V. MATERIALES Y MÉTODOS

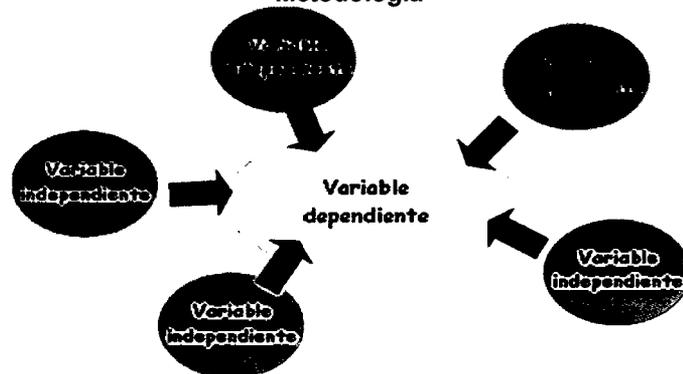
5.1. Variable Dependiente

Comportamiento del contador de energía frente a los problemas del medio, (el motivo que da como consecuencia que varíe su característica de medición). Temperatura, desgaste, humedad relativa, altitud, presencia de armónicos. Manipulación por parte del usuario.

5.2. Variable Independiente

Variables que dan como consecuencia la manifestación de cambio en el contador (variable dependiente). En el caso nuestro estas variables serán manipuladas para ver su influencia en la variable dependiente el contador de energía, es aplicable según el criterio del investigador, haciendo estudios de carácter experimental.

Figura 5.1
Metodología



5.3. Relación Entre Las Variables De La Investigación

Calidad de servicio subjetiva = f (opinión de usuarios)

Opinión de usuarios = variable independiente X

Calidad de servicio subjetiva = $f(X)$

Calidad de servicio objetiva = f (características del instrumento)

Parámetros a verificar = Variable independiente X1

Calidad de servicio objetiva = $f(X1)$.

Tipo De Investigación.
Descriptiva / Experimental.

Diseño De La Investigación.
Documental / Experimental

5.4. Procedimiento

La estrategia consiste en trabajar en el laboratorio FIEE-UNAC aplicando de manera estricta la norma metrológica nacional a contadores de energía al azar en funcionamiento y someterlos a pruebas que verifiquen la característica de error de los mismos, el criterio empleado supone la intervención de estos contadores que por su antigüedad puedan presentar un índice de pérdidas mayor, manipulando su posición, la temperatura de trabajo, presencia de campo magnético y realizar conexiones de las bobinas que aparezcan como poco perceptibles y que nos den una referencia aproximada del manejo externo por el usuario. La idea final para un trabajo posterior considera un muestreo estadístico del universo de suministros vía aplicación del procedimiento de campo.

El procedimiento en el laboratorio constará de un patrón o instrumento o en su defecto la medida de energía mediante vatímetro y tiempo, la exactitud es importante para detectar o reportar los errores, los instrumentos patrones deben ser calibrados y certificados, la entidad que certifica los instrumentos es Indecopi y para obtener una certificación es recomendable un sistema de calibración integrado el cual debe contener lo siguiente:

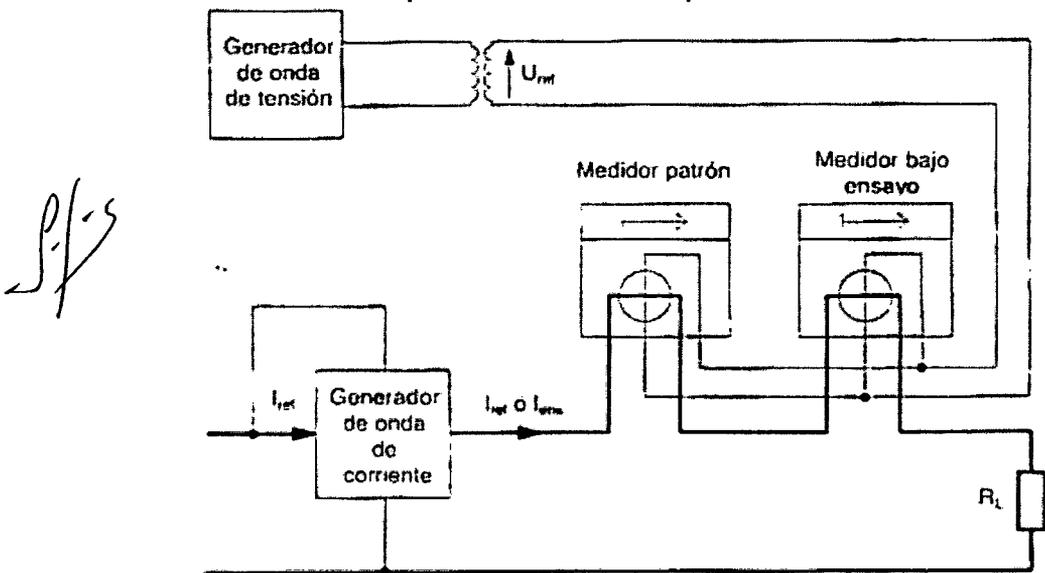
- a) Listado de patrones de medición con nomenclatura y número de Identificación.
- b) Intervalos de calibración asignados a los equipos de medición, y pruebas a los patrones de calibración.
- c) Condiciones ambientales bajo las cuales los patrones deber ser operados.
- d) Procedimientos de calibración para equipos de medición y pruebas.

- e) Pruebas documentales de un programa de aseguramiento de la calidad.
- f) Sistema de codificación para la identificación de los instrumentos.

Para el contraste de medidores se debe contar con los elementos necesarios tanto en infraestructura, equipos y personal calificado, dentro de los equipos que se requieren para el contraste de medidores son:

Contador de energía patrón como mínimo de clase 0.5 o mejor; de alta precisión. Vatímetro, pinza amperimétrica, multímetro de clase 0.5 o mejor.

Figura 5.2
Esquema de conexionado para mediciones



La función de un medidor de energía es sumar e indicar este trabajo eléctrico que corresponde al consumo de energía, en forma continua. La Unidad de energía en el sistema internacional es el Julio, pero, por razones comerciales para la energía eléctrica, la unidad utilizada es el vatio-hora (Wh) o el kilovatio-hora (KWh). La relación entre ambas es:

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J} = 3.6 \text{ kJ.}$$

Formas de conexión de contadores monofásicos

Figura 5.3

Conexión medidor monofásico, conexión simétrica

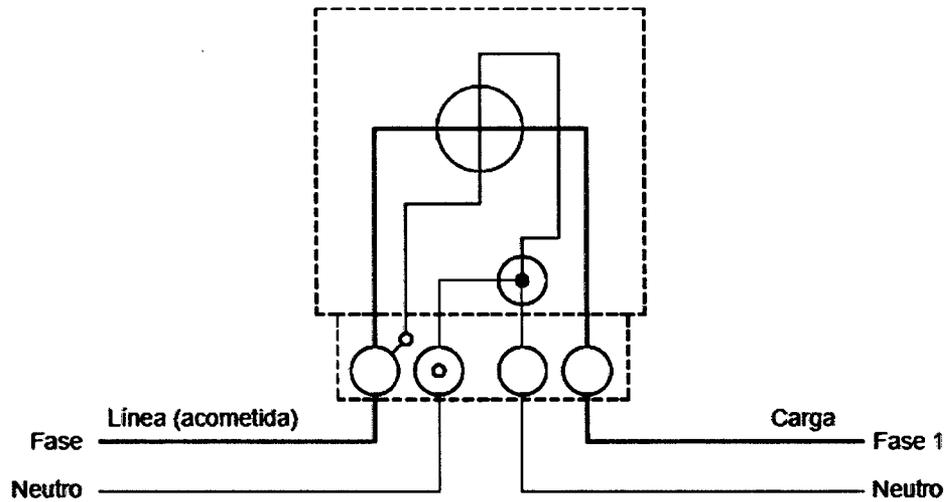
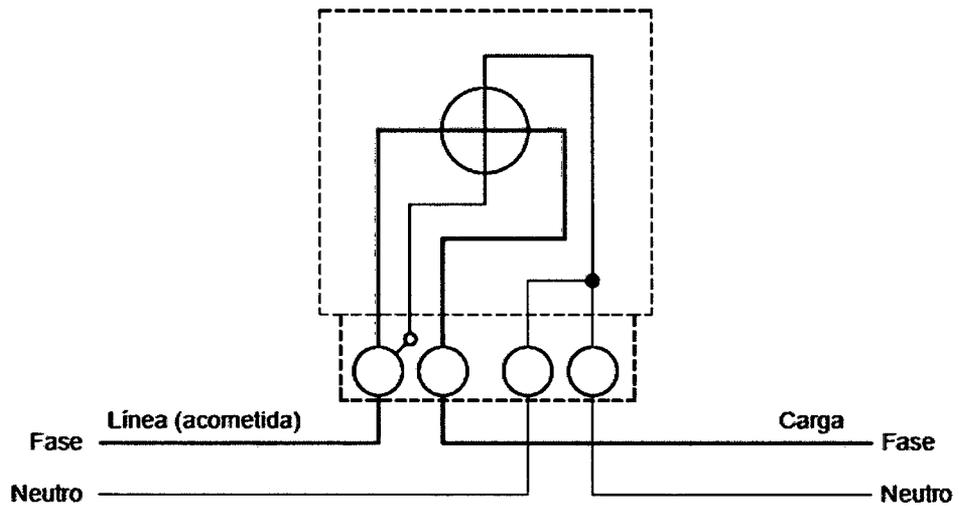


Figura 5.4

Conexión medidor monofásico, conexión asimétrica



S.F. 5

Figura 5.5
Conexión medidor monofásico trifilar, conexión simétrica

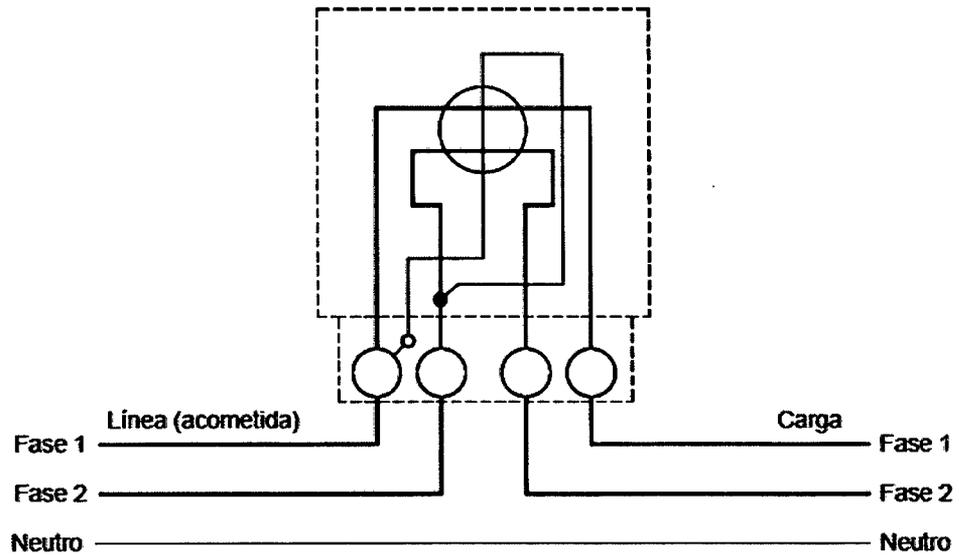
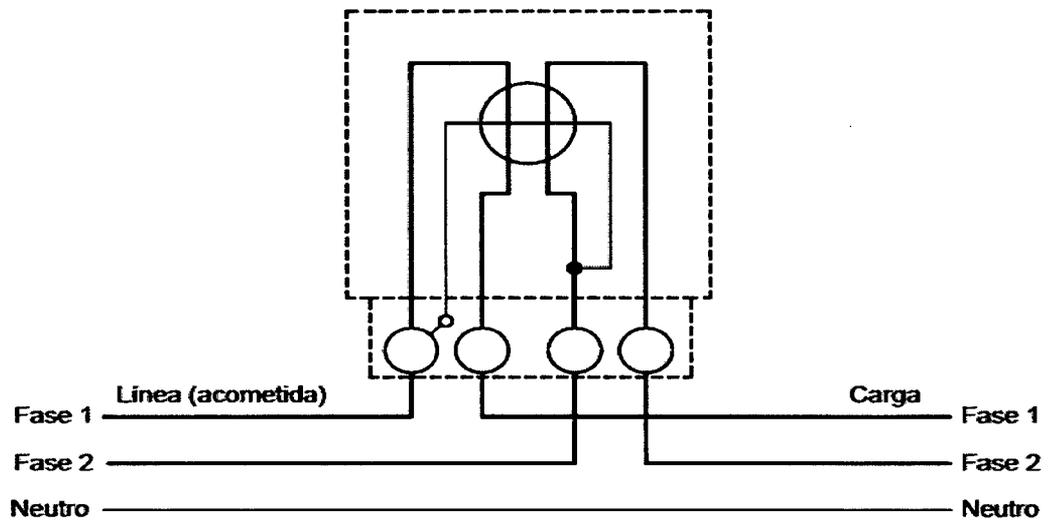


Figura 5.6
Conexión medidor monofásico trifilar, conexión asimétrica

SP-4



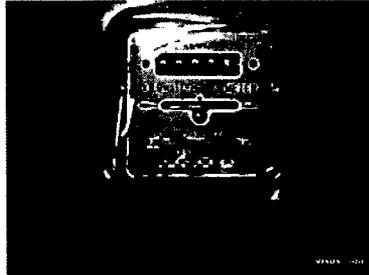
5.5. Clasificación de los Medidores de Energía Eléctrica:

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

De acuerdo con su construcción:

Pueden clasificarse en tres grupos:

Figura 5.7
Contador electromecánico



- **Medidores electromecánicos:**

O medidores de inducción, compuesto por un conversor electromecánico (básicamente un vatímetro con su sistema móvil de giro libre) que actúa sobre un disco, cuya velocidad de giro es proporcional a la potencia demandada, provisto de un dispositivo integrador.

- **Medidores electromecánicos con registrador electrónico:**

El disco giratorio del medidor de inducción se configura para generar un tren de pulsos (Un valor determinado por cada rotación del disco, p.e. 5 pulsos) mediante un captador óptico que sensa marcas grabadas en su cara superior.

Estos pulsos son procesados por un sistema digital el cual calcula y registra valores de energía y de demanda.

El medidor y el registrador pueden estar alojados en la misma unidad o en módulos separados.

- **Medidores totalmente electrónicos:**

La medición de energía y el registro se realizan por medio de un proceso análogo-digital (sistema totalmente electrónico) utilizando un microprocesador y memorias. A su vez, de acuerdo a las facilidades implementadas, estos medidores se clasifican como:

S.P. 5

Figura 5.8
Contador electrónico de energía eléctrica



• **Medidores de demanda:**

Miden y almacenan la energía total y una única demanda en las 24 hs. (un solo período, una sola tarifa).

• **Medidores multi tarifa:**

Miden y almacenan energía y demanda en diferentes tramos de tiempo de las 24 hrs., a los que le corresponden diferentes tarifas (cuadrantes múltiples). Pueden registrar también la energía reactiva, factor de potencia, y parámetros especiales adicionales. Para los pequeños consumidores, industriales y domiciliarios, se mantiene aún el uso de medidores de inducción de energía activa y reactiva. Para los medianos consumidores se instalan generalmente medidores electrónicos. Para los grandes consumidores, a fin de facilitar la tarea de medición y control, el medidor permite además la supervisión a distancia vía módem (en muchas marcas incorporado al medidor).

S. J.

5.6. Características Principales en los Medidores de Energía Eléctrica:

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

Corriente Nominal (In):

Corriente para la cual el medidor es diseñado y que sirve de referencia para la realización de ensayos y verificaciones. También se la conoce como corriente básica.

Corriente máxima (Imáx):

Es la intensidad límite, es decir, el máximo amperaje que puede ser conducido en régimen permanente por la corriente del medidor, sin que su error porcentual y temperatura admisible sean superados.

Este valor de la corriente límite se indica entre paréntesis detrás de la corriente nominal $I_n(I_{max})$; por ejemplo: 10 (20) A, 10(40) A, 15(60) A, 15 (100)A., etc.

Tensión nominal:

Tensión para la cual el medidor es diseñado y sirve de referencia para la realización de pruebas.

Se debe indicar que los medidores electrónicos se diseñan con un rango de tensión sin que se vea afectada su precisión.

Constante del disco (Kh):

Expresada en Wh/revolución, es el número de vatios-hora correspondientes a una revolución o vuelta completa del disco.

P. 13

Expresada en revolución/Kwh, es el número de revoluciones correspondiente a un KWh que debe dar el disco.

En medidores electrónicos, esta constante viene expresada en Wh/pulso.

Clase de precisión:

Es el valor máximo del error de medición expresado en porcentaje para el cual fue diseñado el medidor dentro del rango 10% de corriente nominal y su corriente máxima.

5.7. La corrupción y la tecnología

La clave de la estrategia métrica inteligente es que elimina el contacto entre el consumidor y el empleado, lo que suele ser el factor de colusión. En muchos casos, los clientes de alto consumo son los primeros objetivos de la medida. Los grandes consumidores son los que dejan de robarla cuando se enteran de que están siendo rastreados. Desviar electricidad es realmente un crimen muy peligroso. Mucha gente se electrocuta o

tiene lesiones serias cada año por culpa de los robos eléctricos. En un incidente en Sri Lanka el año pasado, cuatro hombres se electrocutaron mientras intentaban robar unos cables, y el mes pasado un periódico de esa nacionalidad publicaba una noticia que sacaba a la luz la muerte de una mujer por tocar cables pelados que su marido había dejado al aire tras haberlos conectado a la red de forma ilegal.

Los ratios elevados de robo dificultan la igualdad social pues a mayor energía no pagada, el cliente legal tendrá un coste mayor y más difícil de asumir para él.

Las compañías de electricidad tienen una alta incidencia de robos de energía eléctrica con mecanismos como alteración de funcionamiento de los medidores, tomas clandestinas, lo que da un alto porcentaje de perdidas llegando en algunos casos a sumar cerca del 25% de la energía que se comercializa.

En el propósito de disminuir esta acción se construyen contadores de energía que cualquiera que sea la conexión que se realice siempre realicen el conteo respectivo del consumo de energía. Asimismo, se realizan frecuentes inspecciones de ayuda para la detección de ilícitos.

Es común clasificar las pérdidas de energía eléctrica en técnicas y no técnicas, las primeras se dan en los elementos de los circuitos eléctricos como pueden ser en las líneas de transmisión en los bancos de capacitores, transformadores, etc. Las pérdidas no técnicas se clasifican en:

- **Accidentales.**- que tienen su origen en el mal uso u operación de los elementos y equipos de los circuitos eléctricos por ejemplo un conexionado erróneo.
- **Administrativas.**- es el tipo de energía que por algún motivo no se contabiliza por ejemplo usuarios sin medidores, ferias, etc.

• **Fraudulentas.**- Energía que algunos malos consumidores mediante mecanismos dolosos, evitan que los contadores de energía detecten el total o parte de la energía que consumen.

Es posible obtener un control de las pérdidas técnicas a través de prácticas operativas y procedentes de diseño automatizados, llevándolas a niveles aceptables.

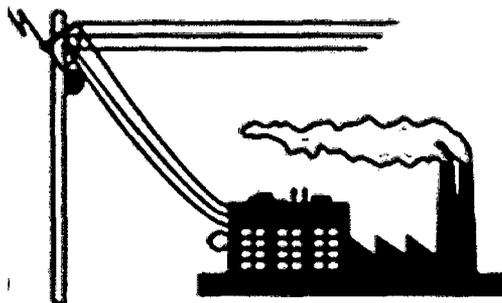
Siendo realmente un problema las pérdidas no técnicas sobre todo las de tipo fraudulento.

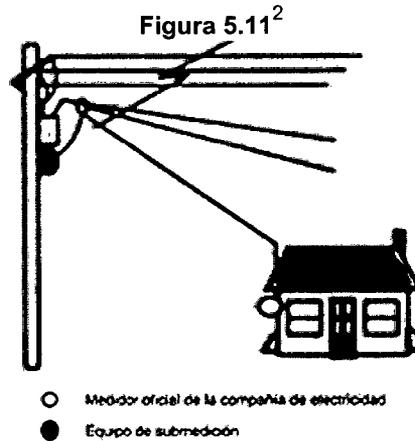
Figura 5.9
Colocando equipo de detección.



S. J.

Figura 5.10
Instrumento de Submedición





Lo que también es cierto es que la energía que algunos roban, todos la tenemos que pagar de alguna manera.

Podemos definir las pérdidas de la siguiente manera:

Pérdidas Técnicas: estas pérdidas se deben a la energía consumida por los equipos relacionados a los procesos de generación, transmisión y distribución, la misma que no es facturada, es un fiel reflejo del estado y la ingeniería de las instalaciones eléctricas. Dependen básicamente del grado de optimización de la estructura del sistema eléctrico, y de las políticas de operación y mantenimiento. Su concentración es ocasionada por la transmisión de energía eléctrica por medio de conductores, transformadores y otros equipos de sistema de distribución (efecto Joule). Así como las ocasionadas en las líneas de transmisión por efecto corona.

Pérdidas no Técnicas: Incluyen las pérdidas sociales y comerciales, relacionadas principalmente con la ineficiencia de los sistemas de medición, de control, facturación y recaudación, así como los errores administrativos, y del grado de automatización de los procesos de comercialización y atención al cliente. Son el resultado de la utilización ilegal de la energía, convirtiéndose en pérdidas financieras para la empresa distribuidora.

² Fuente: IIE-iiie.org.mx

El medidor de energía eléctrica, es un instrumento de extrema precisión que registra con muy buena aproximación la cantidad de energía eléctrica consumida. En el Perú las empresas eléctricas utilizan un sello de seguridad, resistente a los efectos deteriorantes del sol, salinidad ambiental, contaminación y rayos ultravioleta, el mismo que se encuentra diseñado para que cualquier inserción con instrumentos puntiagudos ocasione deterioro de sus paredes laterales como un claro indicio de intento de intervención al medidor.

La desviación de energía se refiere a cualquier intento de derivación ilegal o intervención del medidor o de los equipos de medición, el resultado final de la desviación de energía es que toda o parte de la energía eléctrica que utiliza el consumidor no es medida y por lo tanto no es facturada, convirtiéndose en una carga financiera para todos los usuarios.

Los principales tipos de fraude son: conexiones y alteraciones de las instalaciones previas al medidor, el cambio de polaridad en las entradas del medidor, las alteraciones de las características eléctricas y/o mecánicas del medidor. Las perforaciones en la base del socket, los puentes en los terminales de la baquelita de la base socket, las conexiones ilegales o directas, la perforación de acometidas, el frenado del disco, la alteración de la secuencia de lecturas. La colocación de cortocircuitadores en los terminales de salida de los transformadores de corriente (en el caso que los hubiera), etc.

Tipos de Desviación de la Energía

- Perforación de los conductores de servicio (uso de desviaciones ilegales) mediante la instalación de líneas adicionales, este tipo de metodología se la realiza tanto en conductores que se encuentran a la intemperie como en aquellos conductores que son transportados por tubería empotrada en pared o en la acera, generalmente la carga que se conecta a la derivación ilegal es del orden del 25% al 50% del total del consumo del total esperado.

•Derivaciones en el socket del medidor El registro de energía eléctrica de un medidor, puede ser desviado en la misma base del socket. Este tipo de acción se realiza bien sea utilizando los mismos conductores de servicio o auxiliándose con conductores ajenos y de menor calibre de los conductores de servicio.

•Derivaciones ocultas.- son aquellas derivaciones, en las cuales para el efecto de alterar el registro de energía del medidor, realizan puentes en la parte posterior de la base socket, entre los terminales de entrada y los terminales de salida (carga) este tipo de desviación de energía, dificulta su detección, debido a que las desviaciones se encuentran camufladas. Desde el punto de vista de la distribuidora esta metodología presenta la desventaja de no ser detectada en los análisis o críticas de consumos, pues no es posible detectar variaciones en los consumos del cliente, generalmente es efectuada antes de la energización del servicio.

•Alteración del medidor o equipos de medición. Uno de los métodos más comunes de desviar la energía, es manipulando el medidor efectuando para el efecto alteraciones de sus características eléctricas y/o mecánicas deflagrando de esta manera sus puntos vulnerables. Este tipo de metodología se la realiza tanto en el medidor como en los equipos asociados a la medición generalmente la desviación de energía es del 25% al 75% del consumo total de energía.

Una de la más comunes es el cambio de la polaridad en las entradas del medidor lo que da como consecuencia retroceso del registro, (actualmente este tipo de manipulación no consigue hacer que el disco de vueltas en sentido contrario, generalmente el consumidor que se encuentra comprometido en la aplicación de esta metodología de desviación de la energía, la realiza cuando es menos probable su detección por parte del equipo de control de fraudes, esto es; durante las noches o los fines de semana.

S.P.S

5.8. Normas de Seguridad

1) Las personas que realizarán el trabajo deben tomar precauciones que eviten riesgos eléctricos, Casco, zapatos aislantes, guantes, todo ello

con las características aislantes de acuerdo a Norma nacional referida a los niveles de tensión a usarse.

2) Tener en cuenta la tensión nominal antes de poner en funcionamiento el contador de energía, tomar los datos de la placa indicadora,

3) Asegurarse que los cables de conexión no están dañados y de que están sin tensión al realizar el cableado del aparato.

4) Verificar; temperatura, humedad relativa, presencia de campos electromagnéticos, tomar nota de los mismos.

5) Características de los instrumentos, clase, exactitud, precisión, que estén acordes con los valores de error permitidos y la certificación de los mismos.

6) Suponiendo que ya no sea posible emplear el aparato sin ningún tipo de riesgo, poner el equipo fuera de servicio desconectando la entrada.

7) Precaución al realizar las conexiones o al abrir la tapa quedan al descubierto elementos vivos. Cualquier tipo de calibrado, manteniendo el instrumento abierto y bajo tensión es necesario tener la cautela que tal hecho conlleva.

8) Si se ha manipulado el instrumento y después de cerrarlo hay que comprobar los valores de aislamiento bajo tensión con los valores indicados en la tabla de datos técnicos. Norma Eléctrica Peruana.

5.9. Ensayo de los Medidores.- Tipos de Ensayos.

La reglamentación vigente exige a las Empresas Distribuidoras una supervisión periódica de los medidores de energía, por lo que estas deben contar con sistemas de ensayo en laboratorio in situ, para determinar el error respecto generalmente a un medidor patrón, que reúne los requisitos especiales de constituir un sistema rápido y confiable, utilizando procesos digitales automatizados.

Para los ensayos se utilizan técnicas de muestreo por lotes, basadas en reglas estadísticas que dan pautas a fin de elegir los medidores que van a ser sometidos a ensayos.

Se define como tipo de medidor a aquellos medidores de igual característica de fabricación, los principales ensayos a realizar son, según norma nacional INDECOPI-006-1997:

- Rigidez Dieléctrica
- Prueba onda de impulso
- Marcha en vacío
- Arranque
- Verificación de la constante
- Influencia de la variación de la corriente
- Influencia de la variación de la tensión
- Influencia de la variación de la frecuencia
- Influencia de la variación de la temperatura ambiente
- Influencia de la variación de la posición del medidor
- Influencia de campos magnéticos externos
- Verificación de la estabilidad bajo carga
- Pérdida de Circuito de corriente
- Pérdida de Circuito de tensión



5.10. Métodos De Ensayo

Es posible realizar las pruebas correspondientes mediante las formas siguientes:

- Método potencia - tiempo
- Método del medidor patrón

El segundo método es el más utilizado, la posibilidad de error es menor y consiste en comparar el medidor a verificar con uno de mayor precisión, denominado medidor patrón del que se conocen sus curvas características en todo el rango de la corriente de ensayo, en este método los dos medidores se conectan en un mismo circuito de ensayo. La norma determina las características de las fuentes de alimentación y de los valores de la corriente y tensión.

Para realizar el ensayo con un mínimo de error se debe tener en cuenta:

- La variación de la frecuencia no debe exceder del 0.5%
- Las tensiones y corrientes deben ser del tipo senoidal
- Las variaciones de la tensión y corriente no deben exceder del 2%.
- El ensayo se realiza a tensión nominal.
- Los valores de la corriente, en porcentaje de la corriente nominal del medidor a ensayar son 5, 10, 20, 50, 100, 200, 300, 400, y 600%.
- El factor de potencia varía de acuerdo al tipo de medidor, 0.5 ind. y 1 (resistivo).

Objeto Del Ensayo

La experiencia consiste en verificar el funcionamiento de un contador de energía, básicamente cuantificar el error como consecuencia del envejecimiento de los elementos que constituyen el instrumento y las maniobras que se hacen malos usuarios para disminuir su exactitud.

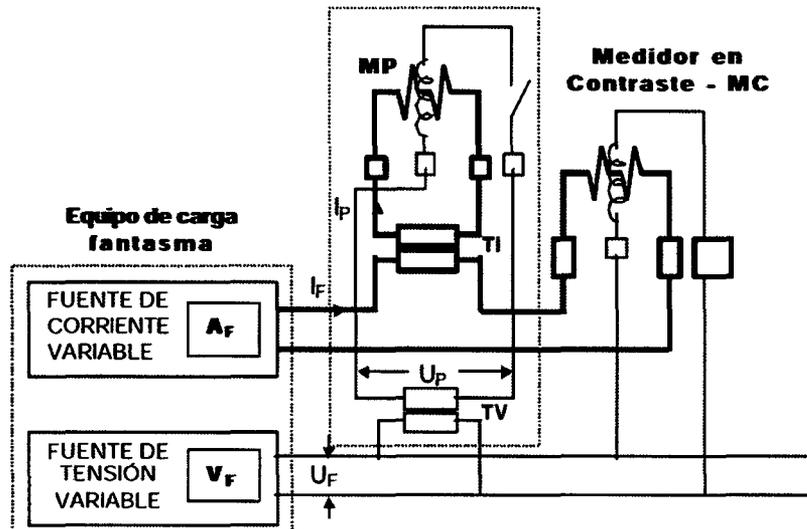
Consiste en la utilización del vatímetro y el cronómetro para determinar la energía transferida a través del contador, igualmente se utilizará un voltímetro y un amperímetro para controlar las condiciones nominales de funcionamiento, para poder ajustar el factor de potencia de acuerdo a normas se podrá utilizar un regulador de fase, obteniéndose el error correspondiente.

Equipos Para Los Ensayos

El mecanismo utilizado está conformado por un equipo de carga fantasma o ficticia, donde las bobinas voltimétricas de ambos medidores se alimentan en forma independiente de las bobinas amperimétricas con independientes fuentes variables de esta forma se pueden obtener valores nominales de tensión y corriente sin desarrollar las potencias reales.

En la Fig. 3.12 Se muestra el esquema básico de conexión del circuito donde se incluye el medidor patrón MP, los transformadores de medida (de corriente y tensión), son principalmente útiles debido a que si bien, el medidor patrón está conformado con varios alcances, presenta un error mucho menor cuanto más cerca trabaje de sus valores nominales, tanto de tensión como de corriente, los transformadores cumplen así funciones:

Figura 5.12
Equipo de Carga Fantasma



S.F.

Los transformadores de corriente permiten cubrir la mayor cantidad de valores de corriente de ensayo; y los transformadores de voltaje uniforman las entradas del medidor patrón con respecto a los valores nominales de los medidores ensayados.

Determinación del Error

La norma sobre aprobación y funcionamiento de contadores de energía eléctrica define como error porcentual el que se obtiene a través de la fórmula:

$$ER (\%) = (W_m - W_v) \times 100 / W_v$$

Ec (3.1)

Siendo W_m la energía registrada por el contador a verificar y W_v la energía verdadera, ambas expresadas en kWh.

Definiendo error absoluto EA la diferencia entre ambos valores

$$EA = W_m - W_v$$

5.11. Norma Metroológica Peruana. Generalidades.

Los contadores de energía eléctrica podrán ser electromecánicos o electrónicos y deberán cumplir con los requerimientos de las especificaciones de las Normas Metroológicas Peruanas (NMP) e internacionales siguientes, o sus versiones vigentes y complementarias.

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de medidores de energía activa monofásicos para emplearse en las conexiones domiciliarias.

Normas aplicables

Los medidores de energía activa, materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de la siguiente norma: INDECOPI NMP 006 – 1997 Medidores de Energía activa para Corriente alterna de clases 0,5; 1 y 2 (equivalente a IEC 521).



Características básicas

Los medidores de energía activa monofásicos para corriente alterna tendrán las siguientes características:

| | | |
|--------------------|---|------------------|
| Diseño | : | Electromecánicos |
| Clase de precisión | : | 1, 2 |
| Tensión nominal | : | 220 V |
| Corriente nomina | : | 10 A |
| Frecuencia | : | 60 Hz |
| Número de hilos | : | 2 |
| Medición | : | Energía activa |

Placa de características

Cada medidor debe llevar las indicaciones que se establecen en la norma NMP-006. Las marcas deberán ser indelebles, fácilmente visibles y legibles desde el exterior.

Diagrama de conexión y marca de bornes

Cada medidor debe llevar de manera indeleble el diagrama de conexión. Si los bornes del medidor llevan marcas deben reproducirse en el diagrama.

Ensayos de precisión

Condiciones bajo las cuales deben realizarse los ensayos. Estas condiciones están definidas en la norma NMP-006.

Límites de los errores

Cuando el medidor se encuentre en las condiciones nominales indicadas en los errores, en porcentaje, no deben exceder los límites para la clase de precisión pertinente, indicados en las tablas 11 y 12 de la norma NMP-006-1997.

Ensayo de la constante de medidor

Se debe verificar que la relación entre el número de revoluciones del rotor del medidor y las indicaciones del integrador sea correcta.

Ensayo de sobrecorrientes de corta duración

El circuito de ensayo debe ser prácticamente no inductivo. Después de la aplicación de la sobrecorriente de corta duración, manteniendo la tensión en los bornes del medidor, se debe dejar a éste en reposo durante el tiempo suficiente para que pueda recuperar la temperatura inicial con el o los circuitos de tensión alimentados (aproximadamente una hora).

Los medidores monofásicos de conexión directa deben ser capaces de soportar un impulso de corriente, cuyo valor de cresta sea igual a 50 veces la corriente máxima (o a lo sumo 7 000 A) y que conserve un valor

superior a 25 veces la corriente máxima (o a lo sumo 3 500 A) durante 1ms.

Después de este ensayo, la variación del error no debe exceder el valor indicado en la tabla 16 de la norma NMP-006-1 997.

Ensayo de influencia del autocalentamiento

Después de haber alimentado los circuitos de tensión nominal durante por lo menos 1 hora y sin estar alimentados los circuitos de corriente, se debe aplicar la máxima corriente a estos últimos. El error del medidor debe ser medido con un factor de potencia igual a la unidad inmediatamente después de aplicar la corriente, continuando a intervalos lo suficientemente cortos para permitir un trazado correcto de la curva de variación del error en función del tiempo.

El ensayo debe realizarse durante por lo menos 1 hora y, en todo caso, hasta que la variación observada durante un periodo de 20 minutos no sobrepase el 0,2%.

El mismo ensayo debe realizarse con un factor de potencia de 0,5 inductivo.

La variación del error medida como se especificó anteriormente, no debe exceder los valores indicados en la tabla 17 de la norma NMP-006-1 997.

Ensayos de arranque en vacío

Para estos ensayos, las condiciones y valores de las magnitudes de influencia deben ser los indicados en 8.1 con excepción de las modificaciones especificadas en la norma NMP-006.

Ajuste

El medidor estará equipado de los medios de ajuste y regulado de tal manera que cumpla la norma NMP-006; debe poder ser regulado posteriormente, por lo menos dentro de los márgenes indicados en la tabla 19 de la norma NMP-006-1997.

S. J. / 13

5.12. Los Sigüientes Ensayos Se Realizaron En La Universidad Nacional Del Callao

Utilizando la Norma Metrológica Peruana (emitida en Febrero 1997).

Condiciones bajo las cuales deben realizarse los ensayos.

- a) El medidor debe tener su tapa colocada;
- b) En el caso de integradores de rodillo, sólo debe girar el rodillo de mayor velocidad;
- c) Antes de realizar cualquier ensayo, los circuitos de tensión deben ser alimentados como mínimo:
 - 4 h para medidores de clase 0.5;
 - 2 h para medidores de clase 1;
 - 1 h para medidores de clase 2;

Las corrientes de medición deben ser reguladas progresivamente a valores crecientes o decrecientes y los circuitos de corriente deben ser alimentados para cada valor durante un tiempo suficiente para obtener las condiciones de estabilidad térmica que correspondan a una velocidad de rotación creciente.

Posición del medidor

Es conveniente que la construcción y el montaje del medidor sean tales que se asegure la posición vertical correcta (en los dos planos verticales perpendiculares delante-detrás e izquierda-derecha) cuando:

- a) el zócalo del medidor esté apoyado contra una pared vertical, y
- b) una arista de referencia (como la arista inferior de la caja de bornes) o una línea de referencia marcada sobre la envolvente del medidor sea horizontal).

El ensayo

- a) para un medidor *monofásico*, determinar primeramente los errores con el medidor conectado normalmente a la red y a continuación después de haber invertido las conexiones de los circuitos de corriente y de tensión. La mitad de la diferencia entre los dos errores es el valor de la variación

del error. Debido a que la fase del campo exterior es desconocida, el ensayo debe realizarse a $0.1 I_n$ con un factor de potencia igual a la unidad y a $0.2 I_n$ con un factor de potencia igual a 0.5.12

b) para un medidor *trifásico*, realizar tres mediciones a $0.1 I_n$ con un factor de potencia igual a la unidad, después de cada medición las conexiones de los circuitos de corriente y tensión se permutarán 120° sin cambiar la secuencia de fases. La mayor de las diferencias entre cada uno de los errores determinados de esta manera y su promedio es el valor de la variación del error.

Límites de los errores. Factores que influyen en la exactitud.

Cuando el medidor se encuentra en las condiciones nominales indicadas en 1, los errores, su porcentaje, no deben exceder los límites para la clase de precisión pertinentes, indicados en las tablas 01-II y 02-II.

TABLA 01-II
Límites de los errores en porcentaje
(medidores monofásicos y medidores polifásicos con cargas equilibradas)
(Norma NMP-006-1997)

SF

| Valor de Corriente | Factor de Potencia | Límites de los errores en porcentaje para medidores de clase | | |
|----------------------------------|--------------------|--|-----------|-----------|
| | | 0.5 | 1 | 2 |
| $0.05 I_n$ | 1 | ± 1.0 | ± 1.5 | ± 2.5 |
| De $0.1 I_n$ a $I_{m\acute{a}x}$ | 1 | ± 0.5 | ± 1.0 | ± 2.0 |
| $0.1 I_n$ | 0.5 inductivo | ± 1.3 | ± 1.5 | ± 2.5 |
| | 0.8 capacitivo | ± 1.3 | ± 1.5 | - |
| De $0.2 I_n$ a $I_{m\acute{a}x}$ | 0.5 inductivo | ± 0.8 | ± 1.0 | ± 2.0 |
| | 0.8 capacitivo | ± 0.8 | ± 1.0 | - |
| A solicitud especial del usuario | 0.25 inductivo | ± 2.5 | ± 3.5 | - |
| | 0.5 capacitivo | ± 1.5 | ± 2.5 | - |

Influencia de la Temperatura ambiente

Se debe determinar el coeficiente medio de temperatura, para una temperatura dada, en un rango de 20°C , que se extienda desde 10°C por encima hasta 10°C por debajo de dicha temperatura. En ningún caso, la temperatura debe ser inferior a 0°C o superior a 40°C .

En todos los casos, el coeficiente medio de temperatura debe ser determinado por lo menos para la temperatura nominal y no debe exceder los límites indicados en la tabla 02-II.

La determinación del coeficiente medio de temperatura es la relación entre la variación del error porcentual y el cambio de temperatura que produce esa variación. Se expresa así:

$$C_t = \frac{e_f - e_i}{T_f - T_i}$$

Ec (4.1)

e_f = Error Porcentual del contador referente a las condiciones finales. e_f

e_i = Error Porcentual del contador referente a las condiciones iniciales. e_i

T_i = Temperatura en las condiciones iniciales. T_i

T_f = Temperatura final

**TABLA 02-II.- Coeficiente de temperatura
(Norma NMP-006-1997)**

| Valor de Corriente | Factor de Potencia | Coeficiente Medio de Temperatura (%/°C) para Medidores de Clase | | |
|--------------------------|--------------------|---|------|------|
| | | 0.5 | 1 | 2 |
| De 0.1 I_n a $I_{máx}$ | 1 | 0.03 | 0.05 | 0.10 |
| De 0.2 I_n a $I_{máx}$ | 0.5 inductivo | 0.05 | 0.07 | 0.15 |

Otras magnitudes de influencia.

**TABLA 03-II.- Magnitudes de influencia
(Norma NMP-006-1997)**

| Desviación del valor de la magnitud de influencia con respecto a las condiciones nominales | Valor de corriente (cargas equilibradas, salvo que se indique lo contrario) | Factor de Potencia | Límites de las Variaciones de Error en Porcentaje para Medidores de Clase | | |
|--|---|--------------------|---|-----|-----|
| | | | 0.5 | 1 | 2 |
| Posición oblicua | $0.05 I_n$ I_n y I_{max} | 1 1 | 1.5 | 2.0 | 3.0 |
| | | | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
| Tensión $\pm 10\%$ | $0.1 I_n$ $0.5 I_{max}$ $0.5 I_{max}$ | 1 | 0.8 | 1.0 | 1.5 |
| | | 1 | 0.5 | 0.7 | 1.0 |
| | | 0.5 inductivo | 0.7 | 1.0 | 1.5 |
| Frecuencia $\pm 5\%$ | $0.1 I_n$ $0.5 I_{max}$ $0.5 I_{max}$ | 1 | 0.7 | 1.0 | 1.5 |
| | | 1 | 0.6 | 0.8 | 1.3 |
| | | 0.5 inductivo | 0.8 | 1.0 | 1.5 |
| Inducción magnética de origen externo 0.5 mT(1) | I_n | 1 | 1.5 | 2.0 | 3.0 |
| Forma de onda: 10% de la tercera armónica de la corriente (2) | I_n | 1 | 0.5 | 0.6 | 0.8 |

Notas:

1) Una inducción magnética de origen externo de 0.5 mT producida por una corriente de la misma frecuencia que la tensión aplicada al medidor y en las condiciones más desfavorables de fase y de dirección, no debe originar una variación de error en porcentaje superior a los valores indicados en la tabla.

Esta inducción magnética puede obtenerse colocando el medidor en el centro de una bobina circular de un metro de diámetro medio, de sección cuadrada y de espesor radial pequeño con respecto al diámetro y cuyo arrollamiento corresponde a 400 Amperios-vuelta.

2) El factor de distorsión de la tensión debe ser inferior a 1%

La variación del error en porcentaje debe ser medida en las condiciones más desfavorables de desfase de la tercera armónica de la corriente en relación con la corriente fundamental.

3) Se trata de un accesorio colocado dentro de la envolvente del medidor. Alimentado intermitente, por ejemplo: el electroimán de un integrador de tarifas múltiples.

S.F.S

Es deseable que la conexión del ó de los dispositivos auxiliares, lleve una referencia que indique claramente la conexión correcta o un sistema de clavijas no intercambiables entre sí.

Sin embargo, en ausencia de estas indicaciones o conexiones no intercambiables, las variaciones de los errores no deben ser superiores a las indicadas en la tabla, si el medidor es ensayado en las condiciones de conexiones más desfavorables.

4) El efecto se compensa cuando se calibra el medidor.

Arranque

El rotor del medidor debe arrancar y seguir girando con la corriente indicada en la tabla 04-II.

**TABLA 04-II.- Corrientes de arranque
(Norma NMP-006-1997)**

| | Porcentaje de la corriente de base para medidores de clase | | | Factor de Potencia |
|---|--|-----|-----|--------------------|
| | 0.5 | 1 | 2 | |
| Medidor de tarifa simple sin dispositivo para evitar el retroceso | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 1 |
| Cualquier otro medidor | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 1 |

Se debe verificar que el rotor complete por los menos una vuelta.

En el caso de integradores de rodillos, el ensayo debe realizarse con dos rodillos en movimiento como máximo.

Marcha en vacío.

Si el o los circuitos no están recorridos por ninguna corriente, el rotor del medidor no debe dar una vuelta completa para cualquier tensión comprendida entre 80 y 110 % de la tensión nominal.

En el caso de integradores de rodillos, estas condiciones son válidas para un solo rodillo en movimiento.

Ajuste.

Generalmente, se provee medios de ajuste apropiados. Mediante un acuerdo entre usuario y fabricante, se puede fabricar medidores sin dispositivos para ajustes posteriores.

Un medidor que esté equipado con medidores para ajuste y regulado de tal manera que cumpla la presente Norma Metroológica Peruana, debe poder ser regulado posteriormente, por lo menos dentro de los márgenes indicados en la tabla 05-II.

Los ensayos deben realizarse en las condiciones indicadas en el apartado 1.

**TABLA 05-II.- Márgenes mínimos de ajuste
(Norma NMP-006-1997)**

| Ajuste | Valor de Corriente | Factor de Potencia | Márgenes mínimos de ajuste de la velocidad de rotación del rotor, en porcentaje, para medidores de clase | | |
|-------------------|-----------------------|--------------------|--|---------|---------|
| | | | 0.5 | 1 | 2 |
| Elemento de Freno | $0.5 I_{m\acute{a}x}$ | 1 | ± 2 | ± 2 | ± 4 |
| Carga Pequeña | $0.5 I_{m\acute{a}x}$ | 1 | ± 2 | ± 2 | ± 4 |
| Carga Inductiva | $0.5 I_{m\acute{a}x}$ | 0.5 inductivo | ± 1 | ± 1 | - |
| | $0.5 I_{m\acute{a}x}$ | 0.5 inductivo | - | - | ± 1 |

Ensayos preliminares y acondicionamiento.

Los medidores a ser ensayados deben ser examinados visualmente para verificar que ninguno presente indicios de daños y que las marcas especificadas sea correctas.

Los medidores deben ser alimentados durante 30 min. Como mínimo a la tensión de referencia y a 0.1 lb, siendo el factor de potencia igual a 1, para verificar que los rotores giren y acondicionar los medidores.

En el caso de inspecciones al 100%, cualquier reemplazo que fuera necesario, debe estar sujeto a un acuerdo entre el fabricante y el comprador.

En el caso de una inspección por muestreo, se permite reemplazar un medidor de una muestra de 30 y dos medidores de una muestra de 40.

Todos los medidores que cumplan los requisitos antes mencionados deben ser sometidos a los ensayos en el orden indicado a continuación, a

menos que el fabricante y el comprador acuerden otra cosa, excepto para el ensayo N° 11 que siempre se realiza al final.

• **Ensayo N° 1: propiedades dieléctricas.**

La tensión de ensayo de 2 kV (r.m.s.) que debe ser prácticamente sinusoidal, con una frecuencia comprendida entre 45 Hz y 65 Hz, debe ser aplicada durante 1 minuto entre, por un lado, todos los bornes conectados entre sí y, por otro, la envolvente, si es metálica, o un superficie metálica plana sobre la cual es colocado el medidor, si la envolvente es de un material aislante.

• **Ensayo N° 2: Marcha en vacío.**

El medidor, conectado de acuerdo con el diagrama de conexiones, es alimentado a la tensión de referencia, y recorrido por una corriente de 0.001 Ib con un factor de potencia igual a 1, el rotor no debe dar una vuelta completa.

• **Ensayo N° 3: Arranque.**

El medidor, conectado de acuerdo con el diagrama de conexiones, es alimentado a la tensión de referencia, y recorrido por una corriente de 0.006 Ib, con un factor de potencia igual a 1, el rotor debe arrancar y dar más de una vuelta.

• **Ensayo N° 4 al N° 9: Precisión.**

Los ensayos de precisión para medidores monofásicos y polifásicos deben realizarse de acuerdo con los valores de corriente y del factor de potencia indicados en la Tabla 07-II, sin tener que esperar que se logre el equilibrio térmico.

**TABLA 07-II Puntos de ensayo y límites de errores.
(Norma NMP-006-1997)**

| Ensayo N° | Corriente | Factor de Potencia | Número de fases del Medidor | Equilibrio de la carga para medidores polifásicos | Límites de errores en porcentaje |
|-----------|---------------------|--------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|
| 4 | 0.05 I _b | 1 | Monofásico y polifásico | Equilibrada | ±3.5 |
| 5 | I _b | 1 | Monofásico y polifásico | Equilibrada | ±2.5 |
| 6 | I _b | 0.5 | Monofásico y polifásico | Equilibrada | ±3.0 |
| 7 | I _b | 1 | Polifásico | 1 fase cargada | ±3.5 |
| 8 | I _b | 1 | Polifásico | 1 fase cargada (fase diferente a la del ensayo N° 7) | ±3.5 |
| 9 | I _{máx} | 1 | Monofásico y polifásico | Equilibrada | ±2.5 |

Contrariamente a la NMP 006:1997, el desplazamiento del eje de las abcisas no está permitido.

Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos NTCSE (Emitida Octubre 1997).

La norma técnica de calidad de los servicios eléctricos considera la precisión de la medida de la energía en su apartado 7.3, a saber.

Precisión de medida de la energía.

1. La energía facturada para un suministro, no debe incluir errores de medida que excedan los límites de precisión establecidos por norma para los instrumentos de medida de tales suministros.

2. Indicador de calidad.- El indicador sobre el que se evalúa la calidad del Servicio Comercial, en este aspecto, es el porcentaje de suministros en los que se hayan verificado errores de medida superiores a los límites de precisión establecidos por norma para los instrumentos de medida de tales suministros, considerando una muestra semestral de inspección propuesta mensualmente por el Suministrador y aprobada y/o modificada por la Autoridad.

3. Tolerancias.- Se considera que la Precisión de Medida de la Energía Facturada por un Suministrador es aceptable, si el porcentaje de suministros de la muestra en los que se hayan verificado errores de

medida superiores a los límites de precisión establecidos por norma para los instrumentos de medida de tales suministros, es inferior al 5%.

4. Penalidades.- Las transgresiones de la tolerancia establecida de la norma, se sancionan, por cada período de control de la Calidad del Servicio Comercial, con multas cuyos importes se establecen en base a la Escala de Sanciones y Multas vigente.

5. Control.- La Autoridad dispone una evaluación semestral en relación con la Precisión de Medida de la Energía Facturada. Para ello, se deben programar mediciones de inspección mensuales, en una muestra propuesta por el Suministrador sobre el universo de sus Clientes. La muestra debe ser aprobada y/o modificada por la Autoridad dentro de los siete días calendario de presentada; en caso contrario, se tendrá por aprobada. La muestra debe comprender por lo menos lo siguiente:

TABLA N 08-II
La Autoridad puede variar el número de suministros por muestra si lo considera pertinente
(Norma NMP-006-1997)



| Cientes en Baja Tensión por Suministrador | Número de Suministros por Muestra Mensual |
|---|---|
| Con más de 500000 Clientes | 150 |
| Con 100001 a 500000 Clientes | 80 |
| Con 10001 a 100000 Clientes | 36 |
| Con 10000 clientes o menos | 12 |

Los siguientes ensayos se realizaron el Laboratorio de Circuitos Eléctricos de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao

El trabajo consiste en verificar el funcionamiento de un contador de energía marca Melsa (ver especificaciones).

Para ello se utilizó un vatímetro al que previamente se constató su óptimo funcionamiento de clase 0.5 y un cronómetro para verificar la energía transferida a través del contador. Además se utilizó un amperímetro, una pinza amperimétrica para controlar las condiciones nominales del funcionamiento, para ajustar el factor de potencia de acuerdo a las

normas nacionales Indecopi NMP 006:1997 se construyo un circuito adicional con diferentes tipos de carga, una vez hecho el ajuste del contador se determinará el error relativo porcentual (ER%) y se representará en función de los estados de carga verificados.

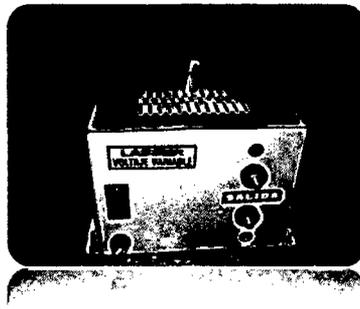
- **FUENTE ALTERNA VARIABLE**

Es un instrumento especial para laboratorios, de campo especializado, muy útil y variable. Es capaz de medir voltajes en CA y CD, corriente, ganancia de transistor, caída de voltaje de diodos, resistencia, capacitancia e impedancia. Mediante el principio del galvanómetro y su funcionamiento, cuenta con una aguja que se mueve sobre una escala. Los aparatos digitales son habitualmente más resistentes que los analógicos, pero también tienden a malograrse si se les pone en una escala menor a la señal.

- **1 fuente alterna variable (AC):**

Figura 5.13
Fuente CA Variable

S.F.S



- ✓ Modelo IE-204
- ✓ Marca : Lasser
- ✓ Rango 0-260 ac

- **PINZA AMPERIMETRICA**

El funcionamiento de la pinza se basa en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético o de los campos que dicha circulación de corriente que genera.

- 1 pinza amperimetrica.

Figura 5.14
Amperímetro Digital



| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|-----------|
| MODELO | HR - 201 |
| MARCA | HURRICANE |

El error es +/-1 del digito del que se mide (el ultimo digito más a la derecha)

• MULTIMETRO DIGITAL

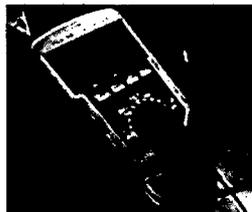
Es un aparato muy versátil, que se basa en la utilización de un instrumento de medida.

La resistencia interna (R_i) y la inversa de la sensibilidad. Esta última es la intensidad que, aplicada directamente a los bornes del galvanómetro, hace que la aguja llegue al fondo de escala.

S.F.S

• Multímetro Digital

Figura 5.15
Multímetro Digital



| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|---------------|
| MODELO | RD 700 H - 50 |
| MARCA | SANWA |

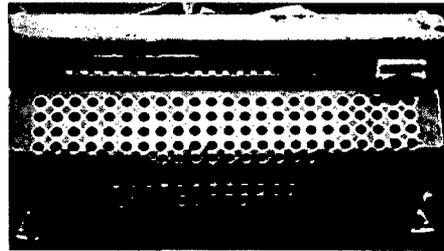
el error es +/-1 del digito del que se mide (el ultimo digito más a la derecha)

• RESISTENCIA

Para su medición en la práctica existen diversos métodos, entre los que se encuentra el uso de un ohmímetro.

- 1 resistencia variable 93Ω .
- 1 resistencia de 100Ω

Figura 5.16
Resistencia Variable



| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|-------|
| R1 | 22.5 |
| IN1 | 3.4 A |
| R2 | 7.6 |
| IN2 | 5.4 A |

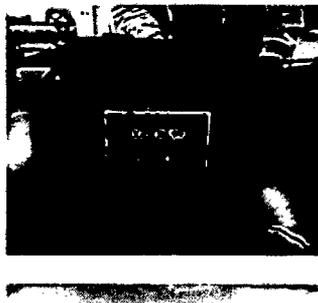
• **CONDENSADOR**

Los condensadores son dispositivos capaces de almacenar una determinada cantidad de electricidad. La capacidad de almacenar electricidad es proporcional directamente a la superficie enfrentada; inversamente proporcional a la distancia que separa las armaduras y depende del dieléctrico existente entre ambas.

• **2 condensadores**

S.P. 13

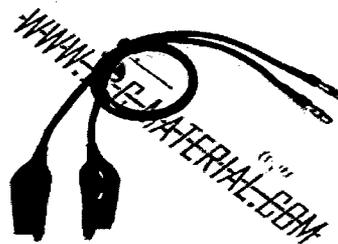
Figura 5.17
Condensador



| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|----------|
| Xc | 85.99 |
| C | 30.85 uF |

• **12 conectores**

Figura 5.18
Conectores Cocodrilo



5.13. MEDIDOR ELECTROMECHANICO MELSA A.1 ENSAYO A - EXPERIENCIA

Las especificaciones técnicas del medidor:

- **Tipo:** dey4
- **Nº de fases:** Monofásico tres hilos
- **Tensión nominal:** 220v
- **Capacidad:** $I_n = 10 \text{ A}$, $I_{max} = 40 \text{ A}$
- **Frecuencia:** 60hz
- **Constante:** 450 rev/kwh.
- **Año de fabricación:** 1986 – 1995 dey4
- **Clase:** 2
- **País:** Perú
- **Dígitos registrador:** 5 enteros 01 decimal
- **Sistema de suspensión:** mecánica
- **Sistema de regulación:** tornillo milimétrico y barra deslizante
- **Tipo de registrador:** ciclotrimetro
- **Base:** metálica
- **Tapa cubridora:** metal y policarbonato

S. / 17

Figura 5.19
MEDIDOR EMPLEADO EN LA EXPERIENCIA



Figura 5.20
PLACA DEL MEDIDOR UTILIZADO EN LA EXPERIENCIA

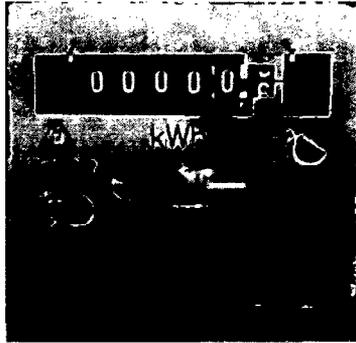


Figura 5.21
CIRCUITO UTILIZADO EN LA EXPERIENCIA
LABORATORIO FIEE UNAC



S.F.

Lectura del medidor con 1 vuelta

En el medidor eléctrico, la lectura se da cuando $1\text{ kwh} = 450$ vueltas

EXPERIMENTAL

Tabla 4.6
Medidor Melsa tipo DEy4, $450\text{ r/kwh} = 2.222\text{ wh/r}$

| Ítem | Tensión (v) | Corriente (A) | Potencia (experimental) (w) | Tiempo (s) | Energía (experimental) (w.s) | Energía (experimental) (w.h) |
|------|-------------|---------------|-----------------------------|------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 210 | 0.952 | 190 | 36.5 | 6935 | 1.926 |
| 2 | 220.1 | 0.988 | 210 | 34 | 7140 | 1.983 |
| 3 | 230 | 1.046 | 230 | 31 | 7130 | 1.981 |

Como en esta prueba se realizó una prueba de 1 vuelta, entonces el medidor registra 2.222 wh

$$E\% = \left(\frac{\text{Energia registrada por el medidor} - \text{Energia verdadera}}{\text{Energia verdadera}} \right) \times 100$$

Ec (4.1)

$$\left(\frac{2.222 - 1.926}{1.926} \right) \times 100 = 15.4\%$$

$$\left(\frac{2.222 - 1.983}{1.983} \right) \times 100 = 12.1\%$$

$$\left(\frac{2.222 - 1.981}{1.981} \right) \times 100 = 12.2\%$$

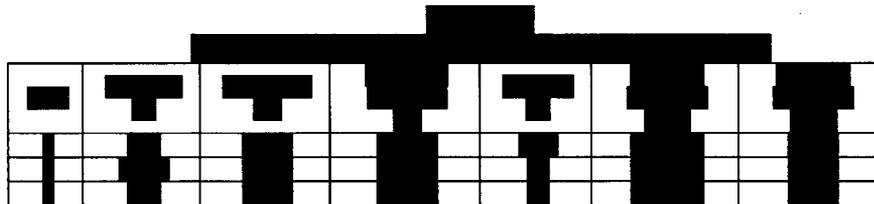
Ec (4.2)

Tabla 4.7

| Ítem | Tensión (v) | Error (%) |
|------|-------------|-----------|
| 1 | 210 | 15.4 |
| 2 | 220.1 | 12.1 |
| 3 | 230 | 12.2 |

TEORICO

S/S



Como en esta prueba se realizó una prueba de 1 vuelta, entonces el medidor registra 2.222 wh

$$E\% = \left(\frac{\text{Energia registrada por el medidor} - \text{Energia verdadera}}{\text{Energia verdadera}} \right) \times 100$$

$$\left(\frac{2.222 - 2.027}{2.027} \right) \times 100 = 9.6\%$$

$$\left(\frac{2.222 - 2.054}{2.054} \right) \times 100 = 8.2\%$$

$$\left(\frac{2.222 - 2.072}{2.072} \right) \times 100 = 7.2\%$$

Ec (4.3)

Tabla 4.8

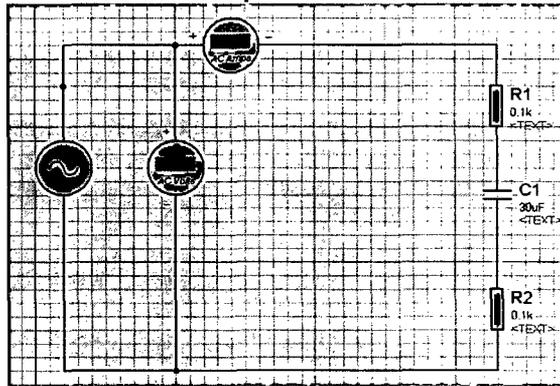
| Ítem | Tensión (v) | Error (%) |
|------|-------------|-----------|
| 1 | 210 | 9.6 |
| 2 | 220.1 | 8.2 |
| 3 | 230 | 7.2 |

SIMULADOR

Tabla 4.9

| Ítem | Tensión (v) | Corriente (A) | Potencia (teórico) (w) | Tiempo (s) | Energía (teórico) (w.s) | Energía (teórico) (w.h) |
|------|-------------|---------------|------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 210 | 0.960 | 201.6 | 36.5 | 7358.4 | 2.044 |
| 2 | 220.1 | 1.000 | 220.1 | 34 | 7483.4 | 2.079 |
| 3 | 230 | 1.050 | 241.5 | 31 | 7486.5 | 2.080 |

Figura 5.22
Tensión Aplicada 210 volts.



S.P. 3

Figura 5.23
Tensión Aplicada 220 volts.

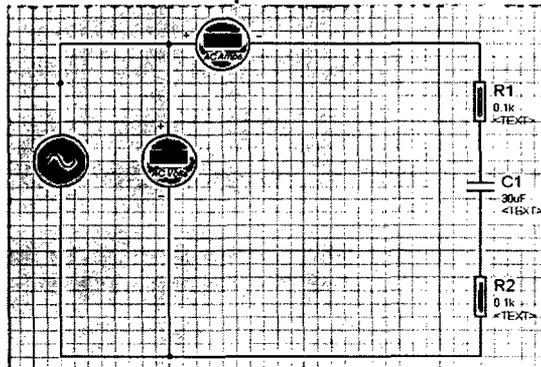
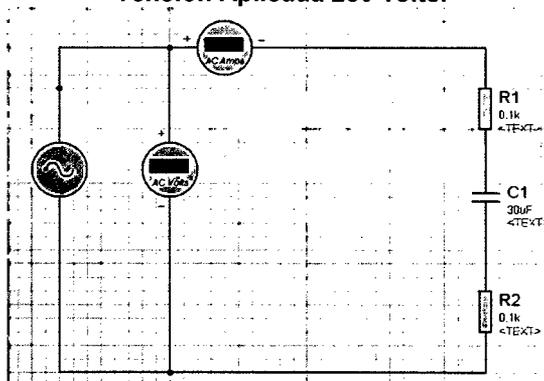


Figura 5.24
Tensión Aplicada 230 volts.



Medidor Melsa tipo DEy4, 450 r/kwh = 2.222 wh/r

Como en esta prueba se realizó una prueba de 1 vuelta, entonces el medidor registra 2.222 wh.

$$E\% = \left(\frac{\text{Energía registrada por el medidor} - \text{Energía verdadera}}{\text{Energía verdadera}} \right) \times 100$$

$$\left(\frac{2.222 - 2.044}{2.044} \right) \times 100 = 8.7\%$$

$$\left(\frac{2.222 - 2.079}{2.079} \right) \times 100 = 6.9\%$$

$$\left(\frac{2.222 - 2.080}{2.080} \right) \times 100 = 6.8\%$$

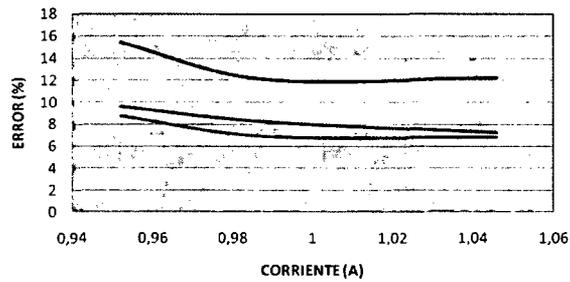
Ec (4.4)

S.F.

Tabla 4.10

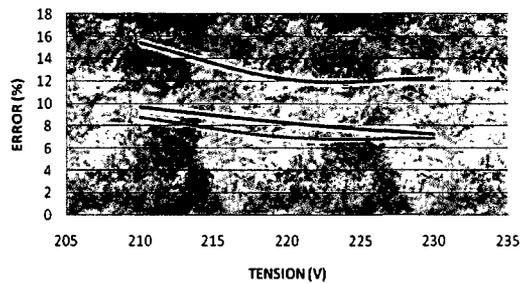
| Ítem | Tensión (v) | Error (%) |
|------|-------------|-----------|
| 1 | 210 | 8.7 |
| 2 | 220.1 | 6.9 |
| 3 | 230 | 6.8 |

Figura 5.25
Característica de Error
1 Vuelta



El color rojo, representa la línea de error teórico, el color azul representa la línea de error experimental, el color verde representa la línea de error de la simulación.

Figura 5.26
Característica de Error
1 Vuelta



S/S

El color rojo, representa la línea de error teórico, el color azul representa la línea de error experimental, el color verde representa la línea de error de la simulación.

Lectura del medidor con 6 vueltas

En el medidor eléctrico, la lectura se da cuando 1kwh = 450 vueltas

EXPERIMENTAL

Tabla 4.11
Medidor Melsa tipo DEy4, 450 r/kwh = 2.222 wh/r

| Ítem | Tensión (voltios) | Corriente (Amperios) | Potencia (teórico) (vatios) | Tiempo (segundos) | Energía (teórico) (vatios.seg) | Energía (teórico) (vatio.hora) |
|------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 4 | 210 | 0.952 | 190 | 226 | 42940 | 11.928 |
| 5 | 220.1 | 0.988 | 210 | 205 | 43050 | 11.958 |
| 6 | 230 | 1.046 | 230 | 186 | 42780 | 11.883 |

Como en esta prueba se realizó una prueba de 6 vueltas, entonces el medidor registra 13.333 wh.

$$E\% = \left(\frac{\text{Energia registrada por el medidor} - \text{Energia verdadera}}{\text{Energia verdadera}} \right) \times 100$$

$$\left(\frac{13.333 - 11.928}{11.928} \right) \times 100 = 11.8\%$$

$$\left(\frac{13.333 - 11.958}{11.958} \right) \times 100 = 11.5\%$$

$$\left(\frac{13.333 - 11.883}{11.883} \right) \times 100 = 12.2\%$$

Ec (4.5)

Tabla 4.12

| Ítem | Tensión (v) | Error (%) |
|------|-------------|-----------|
| 1 | 210 | 11.8 |
| 2 | 220.1 | 11.5 |
| 3 | 230 | 12.2 |

TEORICO

Tabla 4.13
Medidor Melsa tipo DEy4, 450 r/kwh = 2.222 wh/r

| Ítem | Tensión (voltios) | Corriente (Amperios) | Potencia (teórico) (vatios) | Tiempo (segundos) | Energía (teórico) (vatios.seg) | Energía (teórico) (vatio.hora) |
|------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 4 | 210 | 0.952 | 199,92 | 226 | 45181,92 | 12,551 |
| 5 | 220.1 | 0.988 | 217,46 | 205 | 44579,054 | 12,383 |
| 6 | 230 | 1.046 | 240,58 | 186 | 44747,88 | 12,430 |

Como en esta prueba se realizó una prueba de 6 vueltas, entonces el medidor registra 13.333 wh.

$$E\% = \left(\frac{\text{Energia registrada por el medidor} - \text{Energia verdadera}}{\text{Energia verdadera}} \right) \times 100$$

$$\left(\frac{13.333 - 12.551}{12.551} \right) \times 100 = 6.2\%$$

$$\left(\frac{13.333 - 12.383}{12.383}\right) \times 100 = 7.7\%$$

$$\left(\frac{13.333 - 12.430}{12.430}\right) \times 100 = 7.3\%$$

Ec (4.6)

Tabla 4.13

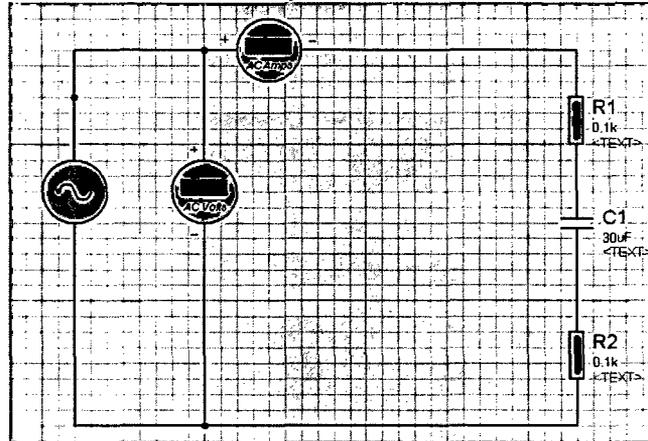
| Ítem | Tensión (v) | Error (%) |
|------|-------------|-----------|
| 1 | 210 | 6.2 |
| 2 | 220.1 | 7.7 |
| 3 | 230 | 7.3 |

SIMULADOR

Tabla 4.14

| ítem | Tensión (voltios) | Corriente (Amperios) | Potencia (teórico) (vatios) | Tiempo (segundos) | Energía (teórico) (vatios.seg) | Energía (teórico) (vatio.hora) |
|------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 210 | 0.960 | 201.6 | 226 | 45561.6 | 12.656 |
| 2 | 220.1 | 1.000 | 220.1 | 205 | 45120.5 | 12.533 |
| 3 | 230 | 1.050 | 241.5 | 186 | 44919.0 | 12.478 |

Figura 5.27
Tensión Aplicada 210 Volts.

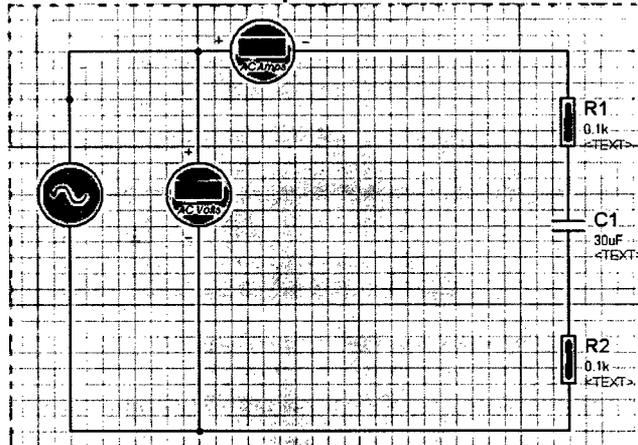


S.F.S

Figura 5.28
Tensión Aplicada 220 Volts.



Figura 5.29
Tensión Aplicada 230 Volts.



Handwritten signature or initials.

Medidor Melsa tipo DEy4, 450 r/kwh = 2.222 wh/r

Como en esta prueba se realizó una prueba de 6 vueltas, entonces el medidor registra 13.333 wh.

$$E\% = \left(\frac{\text{Energia registrada por el medidor} - \text{Energia verdadera}}{\text{Energia verdadera}} \right) \times 100$$

$$\left(\frac{13.333 - 12.656}{12.656} \right) \times 100 = 5.4\%$$

$$\left(\frac{13.333 - 12.533}{12.533} \right) \times 100 = 6.4\%$$

$$\left(\frac{13.333 - 12.478}{12.478} \right) \times 100 = 6.9\%$$

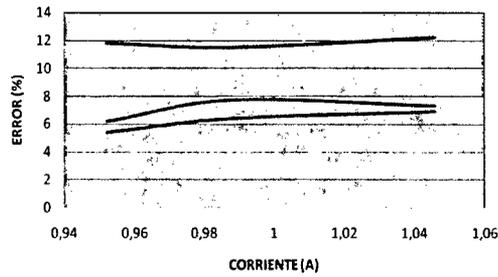
Ec (4.7)

Tabla 4.15

| Ítem | Tensión (v) | Error (%) |
|------|-------------|-----------|
| 1 | 210 | 5.4 |
| 2 | 220.1 | 6.4 |
| 3 | 230 | 6.9 |

Figura 4.12
Característica de Error

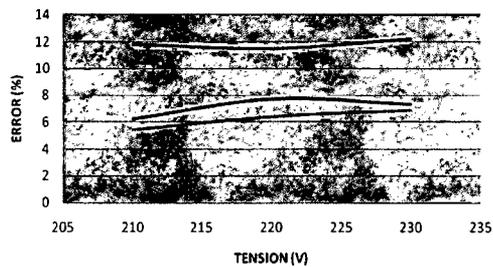
6 Vueltas



El color rojo, representa la línea de error teórico, el color azul representa la línea de error experimental, el color verde representa la línea de error de la simulación.

Figura 5.30
Característica de Error

6 Vueltas



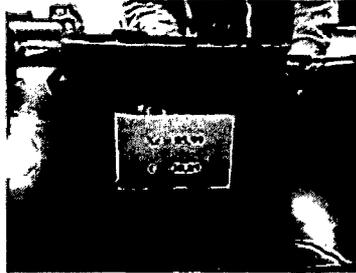
El color rojo, representa la línea de error teórico, el color azul representa la línea de error experimental, el color verde representa la línea de error de la simulación.

MEDIDOR ELECTROMECHANICO MELSA A.2

ENSAYO B - EXPERIENCIA

- CONDENSADOR

Figura 5.31
Condensador



| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|----------|
| Xc | 85.99 |
| C | 30.85 uF |

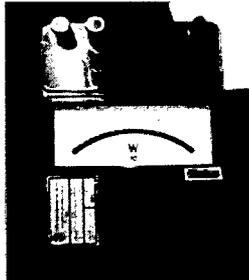
CONTADOR DE ENERGÍA B

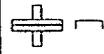
| | |
|-------------------------------|-------------------------|
| Fabricante | Electromecánico Melsa 2 |
| Marca | Melsa |
| Tipo | |
| País de fabricación | Perú |
| Año de fabricación | 1988 |
| Fases, número de hilos | 1 fase, 2 hilos |
| Registrador | |
| Tensión nominal | 220V |
| Corriente nominal / máxima | 5(60)A |
| Frecuencia nominal | 60Hz |
| Norma (energía activa) | IEC62052-11/IEC65053-21 |
| Clase de precisión | Clase 2 |
| Constante | 450 rev./Kwh. |

S.P.

- **VATIMETRO ANALOGICO**

Figura 5.32
Vatimetro Analógico



| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|---|
| CLASE | 0,5 |
| SIMBOLO |  |
| MODELO | 2041 |
| MARCA | YOKOGAWA |

| Voltaje rango Corriente rango | Multiplicador constante | |
|----------------------------------|-------------------------|-----|
| | 120 | 250 |
| 5A | 5 | 10 |
| 25A | 25 | 50 |

| Voltaje circuit | |
|-----------------|-------------|
| range | resistance |
| 120V | Approx.12KΩ |
| 240V | Approx.24KΩ |

Lectura del vatimetro = indicador x constante

- **PINZA ELECTRICA DIGITAL**

Figura 5.33
Pinza Eléctrica Digital

S-1-17



| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|-----------|
| MODELO | HR - 201 |
| MARCA | HURRICANE |

el error es +/-1 del digito del que se mide (el ultimo digito más a la derecha)

- **MULTIMETRO DIGITAL**

Figura 5.34
Multímetro Digital

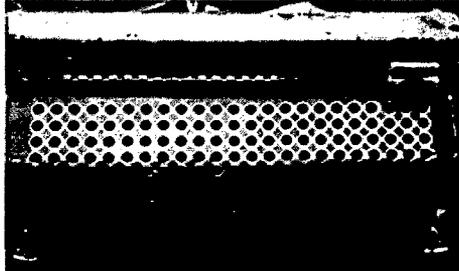


| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|---------------|
| MODELO | RD 700 H - 50 |
| MARCA | SANWA |

el error es +/-1 del digito del que se mide (el ultimo digito más a la derecha)

- **REOSTATO**

Figura 5.35
Reostato

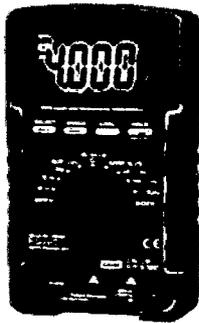


| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|-------|
| R1 | 22.5 |
| IN1 | 3.4 A |
| R2 | 7.6 |
| IN2 | 5.4 A |

- **MULTÍMETRO**

Introducido los digitales cuya función es la misma (con alguna variante añadida).

Figura 5.36
Multímetro Digital

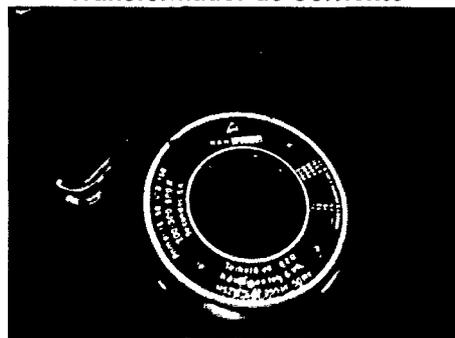


Handwritten signature or initials.

| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|-------------|
| MODELO | RD 700 H-50 |
| MARCA | SANWA |

- **TRANSFORMADOR DE CORRIENTE**

Figura 5.37
Transformador de Corriente



- FUENTE VARIABLE AC

Figura 5.38
Fuente Variable AC

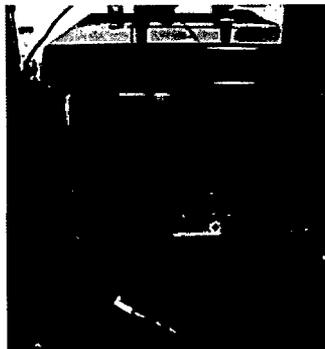


| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|----------|
| MODELO | IE - 204 |
| MARCA | ELINOUS |

- VATIMETRO ANALOGICO

Figura 5.39
Vatímetro Analógico

S/S



| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|----------|
| CLASE | 0.5 |
| SIMBOLO | |
| MODELO | 2041 |
| MARCA | YOKOGAWA |

| Voltaje circuit | |
|-----------------|--------------|
| range | resistance |
| 120V | Approx. 12KΩ |
| 240V | Approx. 24KΩ |

| Voltaje rango Corriente rango | Multiplicador constante | |
|----------------------------------|----------------------------|-----|
| | 120 | 250 |
| 5A | 5 | 10 |
| 25A | 25 | 50 |

Lectura del vatímetro = indicador x constante

- PINZA ELECTRICA DIGITAL

Figura 5.40
Pinza eléctrica digital



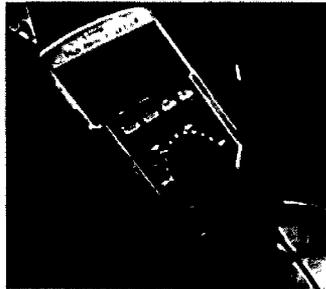
| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|-----------|
| MODELO | HR - 201 |
| MARCA | HURRICANE |

el error es +/-1 del digito del que se mide (el ultimo digito más a la derecha)

- MULTIMETRO DIGITAL

Figura 5.41
Multímetro Digital

Sf

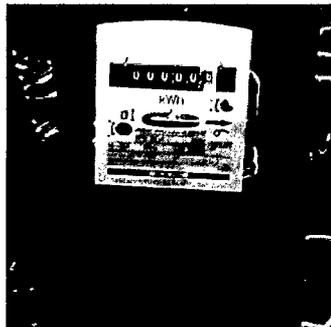


| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|---------------|
| MODELO | RD 700 H - 50 |
| MARCA | SANWA |

el error es +/-1 del digito del que se mide (el ultimo digito más a la derecha)

- CONTADOR DE ENERGÍA

Figura 5.42
Contador de Energía



Procedimiento experimental

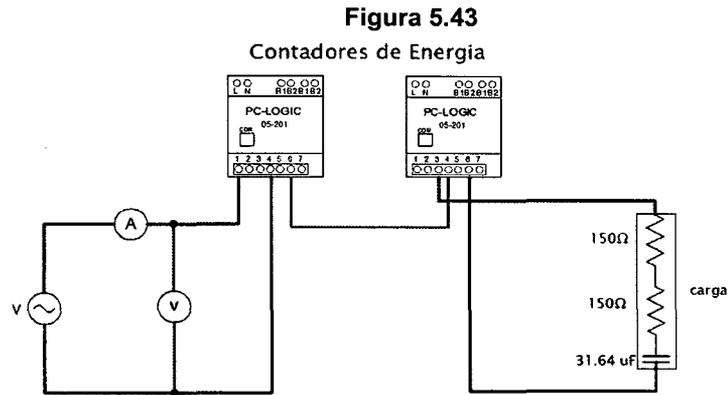


Tabla N° 01-B
Primera tensión generada y vueltas del contador de energía
Experimental

| Tensión voltios | Corriente amperios | Potencia vatios | #de vueltas | Tiempo segundos |
|-----------------|--------------------|-----------------|-------------|-----------------|
| 180 | 0,56 | $110 * 10^{-3}$ | 1 | 1' |
| 180 | 0,56 | $110 * 10^{-3}$ | 2 | 2' 12" |
| 180 | 0,56 | $110 * 10^{-3}$ | 3 | 3' 19" |
| 180 | 0,56 | $110 * 10^{-3}$ | 4 | 4' 25" |

Sf-3

Sabemos por formula

$$E = P * T$$

E = Energía, kw-h

P = Potencia, kw

T = Tiempo, hora

Sabemos también que

$$450 \text{vueltas} = 1 \text{kw} * h$$

Hallando energía

• Primera vuelta

$$E = \frac{110 * 10^{-3} * 60}{3600} = 1.83 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

• Segunda vuelta

$$E = \frac{110 * 10^{-3} * 132}{3600} = 4.03 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Tercera vuelta

$$E = \frac{110 * 10^{-3} * 199}{3600} = 6.08 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Cuarta vuelta

$$E = \frac{110 * 10^{-3} * 265}{3600} = 8.097 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

Hallando el kw*h de cada vuelta

- Primera vuelta

$$x = \frac{1 * 1}{450} = 2.22 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Segunda vuelta

$$x = \frac{2 * 1}{450} = 4.44 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Tercera vuelta

$$x = \frac{3 * 1}{450} = 6.66 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Cuarta vuelta

$$x = \frac{4 * 1}{450} = 8.88 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

S.F.S

Hallando el error de cada vuelta

- Primera vuelta

$$\text{error}_1 = \frac{2.22 * 10^{-3} - 1.83 * 10^{-3}}{2.22 * 10^{-3}} * 100\% = 17.56\%$$

- Segunda vuelta

$$\text{error}_2 = \frac{4.44 * 10^{-3} - 4.03 * 10^{-3}}{4.44 * 10^{-3}} * 100\% = 9.23\%$$

- Tercera vuelta

$$\text{error}_3 = \frac{6.66 * 10^{-3} - 6.08 * 10^{-3}}{6.66 * 10^{-3}} * 100\% = 8.70\%$$

- Cuarta vuelta

$$\text{error}_4 = \frac{8.88 * 10^{-3} - 8.097 * 10^{-3}}{8.88 * 10^{-3}} * 100\% = 8.82\%$$

Segunda tensión generada y vueltas del contador de energía Experimental

| Tensión Voltios | Corriente amperios | Potencia vatios | #de vueltas | Tiempo segundos |
|-----------------|--------------------|-----------------|-------------|-----------------|
| 220 | 0,68 | $150 * 10^{-3}$ | 1 | 45" |
| 220 | 0,68 | $150 * 10^{-3}$ | 2 | 1' 30" |
| 220 | 0,68 | $150 * 10^{-3}$ | 3 | 2' 17" |
| 220 | 0,68 | $150 * 10^{-3}$ | 4 | 3' 3" |

Sabemos por fórmula

$$E = P * T$$

Sabemos también que

$$450 \text{vueltas} = 1 \text{kw} * h$$

Hallando energía

- Primera vuelta

$$E = \frac{150 * 10^{-3} * 45}{3600} = 1.88 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Segunda vuelta

$$E = \frac{150 * 10^{-3} * 90}{3600} = 3.75 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Tercera vuelta

$$E = \frac{150 * 10^{-3} * 137}{3600} = 5.71 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Cuarta vuelta

$$E = \frac{150 * 10^{-3} * 183}{3600} = 7.63 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

S/S

Hallando el kw*h de cada vuelta

- Primera vuelta

$$x = \frac{1 * 1}{450} = 2.22 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Segunda vuelta

$$x = \frac{2 * 1}{450} = 4.44 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Tercera vuelta

$$x = \frac{3 * 1}{450} = 6.66 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

• Cuarta vuelta

$$x = \frac{4 * 1}{450} = 8.88 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

Hallando el error de cada vuelta

• Primera vuelta

$$\text{error}_1 = \frac{2.22 * 10^{-3} - 1.88 * 10^{-3}}{2.22 * 10^{-3}} * 100\% = 15.31\%$$

• Segunda vuelta

$$\text{error}_2 = \frac{4.44 * 10^{-3} - 3.75 * 10^{-3}}{4.44 * 10^{-3}} * 100\% = 15.54\%$$

• Tercera vuelta

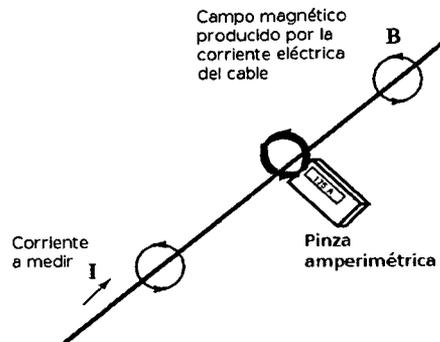
$$\text{error}_3 = \frac{6.66 * 10^{-3} - 5.71 * 10^{-3}}{6.66 * 10^{-3}} * 100\% = 14.26\%$$

• Cuarta vuelta

$$\text{error}_4 = \frac{8.88 * 10^{-3} - 7.63 * 10^{-3}}{8.88 * 10^{-3}} * 100\% = 14.07\%$$

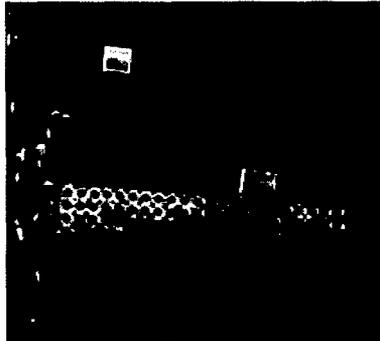
S-13

Figura 5.44
Medición de corriente



• REOSTATO

Figura 5.45
Reostato



| CARACTERISTICAS | |
|-----------------|-------|
| R1 | 22.5 |
| IN1 | 3.4 A |
| R2 | 7.6 |
| IN2 | 5.4 A |

MEDIDOR ELECTROMECHANICO MELSA A.3

ENSAYO C - EXPERIENCIA

Elementos empleados: Un contador a verificar marca Melsa

Nºserie = 235453,

Características: 220V - 5(20A) - 60Hz - constante = 450 vueltas por cada kWh, Un wattímetro, Un amperímetro, Un voltímetro, Un frecuencímetro, Un regulador de fase. Siemens.

Sf/s

Representaciones: En un par de semiejes coordenados $ER \% = f(I)$, uniendo con segmentos los errores determinados.

Escalas:

$ER = 0.2\% / 1\text{cm}$

$I = 1\text{A} / 1\text{cm}$.

Figura 5.46
Contador Electromecánico

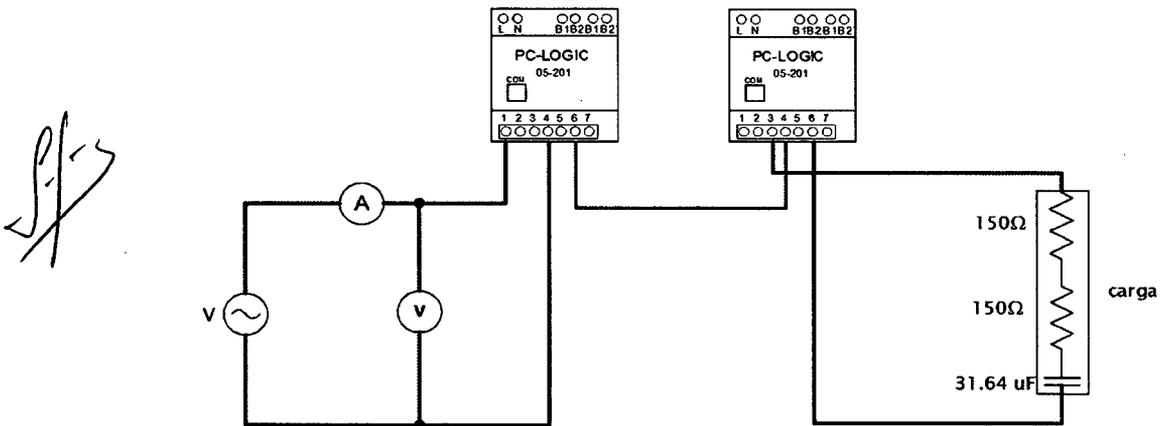


Procedimiento experimental

Figura 5.47
Pruebas eléctricas



Figura 5.48
Contadores de Energía



Primera tensión generada y vueltas del contador de energía

| Tensión voltios | Corriente amperios | Potencia vatios | # de vueltas | Tiempo segundos |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 39 | 1.95 | 20.5 | 1 | 18" |
| 39 | 1.95 | 20.5 | 2 | 35" |
| 39 | 1.95 | 20.5 | 3 | 54" |
| 39 | 1.95 | 20.5 | 4 | 1' 13" |
| 39 | 1.95 | 20.5 | 5 | 1' 30" |

$$E = P * T$$

Sabemos también que

$$450 \text{ vueltas} = 1 \text{ kw} * h$$

Hallando energía

- Primera vuelta

$$E = \frac{20.5 * 10^{-3} * 18}{3600} = 0.103 * 10^{-3} \text{ kw} * h$$

- Segunda vuelta

$$E = \frac{20.5 * 10^{-3} * 35}{3600} = 0.2 * 10^{-3} \text{ kw} * h$$

- Tercera vuelta

$$E = \frac{20.5 * 10^{-3} * 54}{3600} = 0.308 * 10^{-3} \text{ kw} * h$$

- Cuarta vuelta

$$E = \frac{20.5 * 10^{-3} * 73}{3600} = 0.416 * 10^{-3} \text{ kw} * h$$

- Quinta vuelta

$$E = \frac{20.5 * 10^{-3} * 90}{3600} = 0.513 * 10^{-3} \text{ kw} * h$$

Hallando el kw*h de cada vuelta

- Primera vuelta

$$x = \frac{1 * 1}{450} = 2.22 * 10^{-3} \text{ kw} * h$$

- Segunda vuelta

$$x = \frac{2 * 1}{450} = 4.44 * 10^{-3} \text{ kw} * h$$

- Tercera vuelta

$$x = \frac{3 * 1}{450} = 6.66 * 10^{-3} \text{ kw} * h$$

- Cuarta vuelta

$$x = \frac{4 * 1}{450} = 8.88 * 10^{-3} \text{ kw} * h$$

- Quinta vuelta

$$x = \frac{5 * 1}{450} = 11.11 * 10^{-3} \text{ kw} * h$$

Hallando el error de cada vuelta

- Primera vuelta

$$\text{error}_1 = \frac{2.22 * 10^{-3} - 0.103 * 10^{-3}}{2.22 * 10^{-3}} * 100\% = 95.36\%$$

- Segunda vuelta

$$\text{error}_2 = \frac{4.44 * 10^{-3} - 0.2 * 10^{-3}}{4.44 * 10^{-3}} * 100\% = 95.49\%$$

Handwritten signature

- Tercera vuelta

$$error_3 = \frac{6.66 * 10^{-3} - 0.308 * 10^{-3}}{6.66 * 10^{-3}} * 100\% = 95.37\%$$

- Cuarta vuelta

$$error_4 = \frac{8.88 * 10^{-3} - 0.416 * 10^{-3}}{8.88 * 10^{-3}} * 100\% = 95.31\%$$

$$error_5 = \frac{11.11 * 10^{-3} - 0.513 * 10^{-3}}{11.11 * 10^{-3}} * 100\% = 95.38\%$$

Segunda tensión generada y vueltas del contador de energía

| Tensión voltios | Corriente amperios | Potencia vatios | # de vueltas | Tiempo segundos |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 87 | 4.61 | 50 | 1 | 8" |
| 87 | 4.61 | 50 | 2 | 16" |
| 87 | 4.61 | 50 | 3 | 24" |
| 87 | 4.61 | 50 | 4 | 32" |
| 87 | 4.61 | 50 | 5 | 40" |

$$E = P * T$$

$$450vueltas = 1kw * h$$

S/S

Hallando energía

- Primera vuelta

$$E = \frac{50 * 10^{-3} * 8}{3600} = 0.111 * 10^{-3} kw * h$$

- Segunda vuelta

$$E = \frac{50 * 10^{-3} * 16}{3600} = 0.222 * 10^{-3} kw * h$$

- Tercera vuelta

$$E = \frac{50 * 10^{-3} * 24}{3600} = 0.333 * 10^{-3} kw * h$$

- Cuarta vuelta

$$E = \frac{50 * 10^{-3} * 32}{3600} = 0.444 * 10^{-3} kw * h$$

- Quinta vuelta

$$E = \frac{50 * 10^{-3} * 40}{3600} = 0.555 * 10^{-3} kw * h$$

Hallando el kw*h de cada vuelta

- Primera vuelta

$$x = \frac{1 * 1}{450} = 2.22 * 10^{-3} kw * h$$

- Segunda vuelta

$$x = \frac{2 * 1}{450} = 4.44 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Tercera vuelta

$$x = \frac{3 * 1}{450} = 6.66 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Cuarta vuelta

$$x = \frac{4 * 1}{450} = 8.88 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

- Quinta vuelta

$$x = \frac{5 * 1}{450} = 11.11 * 10^{-3} \text{kw} * h$$

Hallando el error de cada vuelta

- Primera vuelta

$$\text{Error}_1 = \frac{2.22 * 10^{-3} - 0.111 * 10^{-3}}{2.22 * 10^{-3}} * 100\% = 15.31\%$$

- Segunda vuelta

$$\text{Error}_2 = \frac{4.44 * 10^{-3} - 0.222 * 10^{-3}}{4.44 * 10^{-3}} * 100\% = 95\%$$

- Tercera vuelta

$$\text{Error}_3 = \frac{6.66 * 10^{-3} - 0.333 * 10^{-3}}{6.66 * 10^{-3}} * 100\% = 95\%$$

- Cuarta vuelta

$$\text{Error}_4 = \frac{8.88 * 10^{-3} - 0.444 * 10^{-3}}{8.88 * 10^{-3}} * 100\% = 95\%$$

- Quinta vuelta

$$\text{Error}_5 = \frac{11.11 * 10^{-3} - 0.555 * 10^{-3}}{11.11 * 10^{-3}} * 100\% = 95\%$$

S.P. - 5

MEDIDOR ELECTRÓNICO ESCORPIÓN
ENSAYO D - EXPERIENCIA

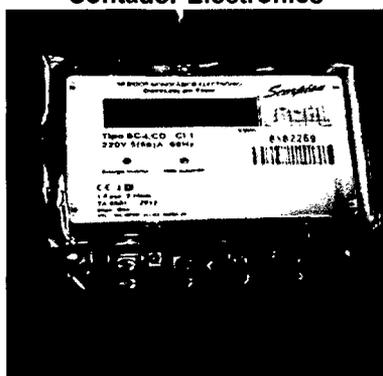
EQUIPO A ENSAYAR

-Equipo 1

Nº de serie:

CERTIFICADO DE AFERICON Nº. WF120111 – 8182269

Figura 5.49
Contador Electrónico



S.F.S

Descripción:

| | |
|---------------------------------|--|
| Fabricante | ZHEJIANG YONGTAILONG ELECTRONIC CO., LTD (YTL) |
| Marca | Escorpión |
| Tipo | SC-LCD |
| País de fabricación | China |
| Año de fabricación | 2012 |
| Fases, número de hilos | 1 fase, 2 hilos |
| Registrador | LCD(6 enteros + 1 decimal) |
| Tensión nominal | 220V |
| Corriente nominal/máxima | 5(60)A |
| Frecuencia nominal | 60Hz |
| Norma(energía activa) | IEC62052-11 / IEC65053-21 |
| Clase de | Clase 1 |

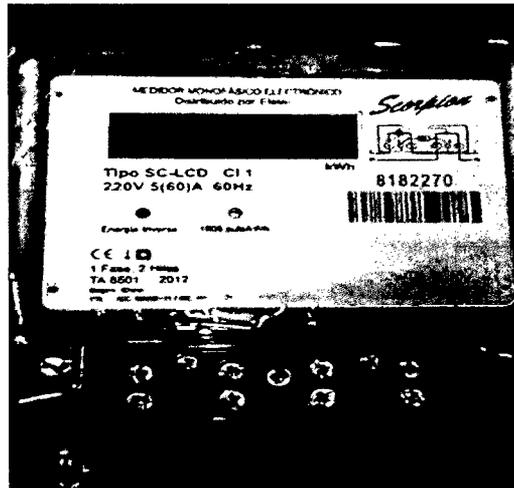
| | |
|-----------|-------------|
| precisión | |
| Constante | 1600imp/kWh |

-Equipo 2

Nº de serie:

CERTIFICADO DE AFERICON Nº. WF120111 – 8182270

Figura 5.50
Contador Electrónico



S.F.

Descripción:

| | |
|--------------------------|--|
| Fabricante | ZHEJIANG YONGTAILONG ELECTRONIC CO., LTD (YTL) |
| Marca | Escorpión |
| Tipo | SC-LCD |
| País de fabricación | China |
| Año de fabricación | 2012 |
| Fases, número de hilos | 1 fase, 2 hilos |
| Registrador | LCD(6 enteros + 1 decimal) |
| Tensión nominal | 220V |
| Corriente nominal/máxima | 5(60)A |
| Frecuencia nominal | 60Hz |
| Norma(energía) | IEC62052-11 / IEC65053-21 |

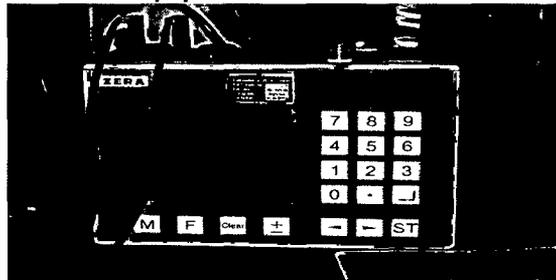
| | |
|--------------------|-------------|
| activa) | |
| Clase de precisión | Clase 1 |
| Constante | 1600imp/kWh |

INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA

Contador patrón trifásico de energía eléctrica

Equipo Patrón ZERA TPZ 308 con trazabilidad Alemana, permite realizar calibraciones y contraste de Medidores Electrónicos con 0.1% de error Ciclométricos, Digitales y Prepago; también permite medir los armónicos THD (Distorsión Armónica) de las ondas de Tensión y de Corriente.

Figura 5.51
Equipo Zera Contrastador

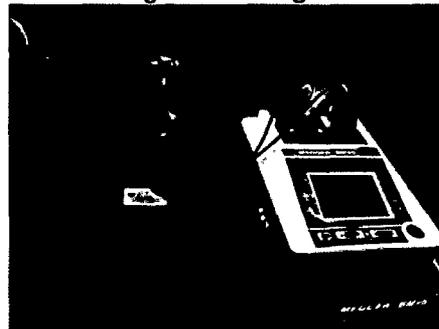


Handwritten signature or initials.

Megóhmetro digital AVO -MEGGER BM25 / 5 KV

Permite medir la resistencia de asilamiento a 2.5 / 5/10/25/50/100 KV. y 250,000 MΩ en zapatos de seguridad dieléctricos, cascos, guantes, etc. De acuerdo a las normas ANSI Z41, ASTM IEC y NTP.

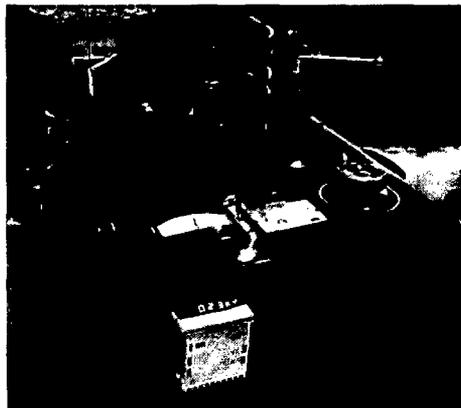
Figura 5.52
Megóhmetro Digital



Generador de tensión ac MOSER GLASER PG40

Este dispositivo, que bien podríamos llamarlo una bobina de efecto tesla de estado sólido, permite obtener hasta 40000 voltios partiendo de 24Vca. El equipo se alimenta de la red eléctrica aunque de forma aislada ya que el primer transformador (de 220 a 24) aísla la red al tiempo que reduce la tensión de entrada.

Figura 5.53
Generador de Tensión



S.F.

Carga ficticia

Denominada también carga fantasma, equipo portátil que permite variar la corriente que pasa a través de los circuitos de corriente del medidor, y además variar el ángulo de desfase con respecto a la señal de tensión (factor de potencia variable).

Figura 5.54
Carga Ficticia



Autotransformador

Es una maquina eléctrica de construcción y características similares a las del transformador pero a diferencia de este posee un único devanado alrededor del núcleo, se usa a menudo para interconectar circuitos que funcionan a voltajes diferentes pero en una relación cercana a 2:1.

**Figura 5.55
Autotransformador**



S.P.S.

Potenciómetro

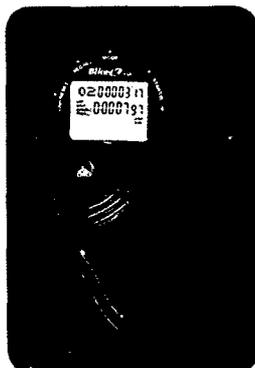
Resistor cuyo valor de resistencia puede ser ajustado, de esta manera indirectamente se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.

**Figura 5.56
Potenciómetro**



Cronómetro digital

Figura 5.57
Cronómetro digital



Otros:

- ✓ Un voltímetro digital
- ✓ Una pinza amperimétrica

NORMA

Norma Técnica Internacional: UNE EN 62053-21 CEI 1358 – 1996
IEC 62052-11

ENSAYOS

Condiciones del ambiente de la experiencia:

Fecha: 06 Enero 2014

Temperatura ambiente: 20°C

Humedad relativa: 65%

Altitud: 90.6msnm

Presión atmosférica: 752mmHg

ENSAYO 1: Ensayo de variación de corriente a tensión y frecuencia nominal.

Este ensayo es uno de los ensayos de precisión el cual sirve para observar los errores que se generan al variar la corriente I_b (corriente de base, valor de la corriente de referencia para medidores de conexión directa).

NORMA

Para realizar este ensayo se sigue la norma (UNE EN 62053-21 subcláusula 8.2) que dice:

“Los ensayos de la influencia de la variación de la corriente deben efectuarse a los valores de corriente y factor de potencia de las tablas A.II, A.III y A.IV sin que sea necesario esperar que el equilibrio térmico se alcance completamente.

Los errores del lote no deberán tener sistemáticamente el mismo sentido. Debe verificarse que los valores de calibración queden estadísticamente centrados con respecto al eje de cero de la curva de error”.

Tabla A.II
Influencia de la variación de la corriente en medidores de inducción

| Valor de la corriente ¹⁾ | Factor de potencia | Número de fases del medidor | Equilibrio de la carga para medidores trifásicos | Límites de errores en porcentaje para medidores clase | | |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------|--|---|-------|-------|
| | | | | 0,5 | 1 | 2 |
| 0,05 Ib | 1 | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 1,0 | ± 1,5 | ± 3,0 |
| 0,2 Ib | 0,5 ind. | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 0,8 | ± 1,0 | ± 2,5 |
| Ib | 1 | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 0,5 | ± 1,0 | ± 2,0 |
| Ib | 0,5 ind. | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 0,5 | ± 1,0 | ± 2,0 |
| I _{máx.} | 1 | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 0,8 | ± 1,0 | ± 2,5 |
| Ib | 1 | Trifásico | Solo una fase cargada ²⁾ | ± 0,8 | ± 1,5 | ± 2,5 |

1) Ib o In según corresponda.
2) Este ensayo se realiza sobre cada una de las tres fases.
Los errores deben medirse con un solo tambor en movimiento.

Para los medidores de múltiples tarifas con dispositivo indicador del tipo electromecánico, los ensayos de la tabla A.II deben realizarse para cada tarifa. Los ensayos se han de realizar en el orden descendente de la tabla.

Tabla A.III
Influencia de la variación de la corriente en medidores de estado sólido clases 1 y 2

| Valor de la corriente | Factor de potencia | Número de fases del medidor | Equilibrio de la carga para medidores trifásicos | Límites de errores en porcentaje para medidores clase | |
|-----------------------|--------------------|-----------------------------|---|---|-------|
| | | | | 1 | 2 |
| 0,05 Ib | 1 | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 1,5 | ± 3,0 |
| Ib | 1 | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 1,0 | ± 2,0 |
| Ib | 0,5 ind | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 1,0 | ± 2,0 |
| Ib | 1 | Trifásico | Solo una fase cargada | ± 1,0 | ± 2,5 |
| Ib | 1 | Trifásico | Solo una fase cargada (diferente) del ensayo precedente | ± 1,0 | ± 2,5 |
| I _{máx} | 1 | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 1,5 | ± 2,5 |

1) Ib o I_n según corresponda

Los ensayos se han de realizar en el orden descendente de la tabla.

Tabla A.IV
Influencia de la variación de corriente en medidores de estado sólido clases 0,2S y 0,5S

| Valor de la corriente | Factor de potencia | Número de fases del medidor | Equilibrio de la carga para medidores trifásicos | Límites de errores en porcentaje para medidores clase | |
|-----------------------|--------------------|-----------------------------|--|---|-------|
| | | | | 0,2S | 0,5S |
| 0,01 I _n | 1 | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 0,4 | ± 1,0 |
| I _n | 1 | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 0,2 | ± 0,5 |
| I _n | 0,5 ind | Monofásico y trifásico | Equilibrada | ± 0,3 | ± 0,6 |
| I _n | 1 | Trifásico | Solo una fase cargada | ± 0,3 | ± 0,6 |

Los ensayos se han de realizar en el orden descendente de la tabla.

CIRCUITO/CONEXIONES EMPLEADOS

Figura 5.58
Conexión empleada

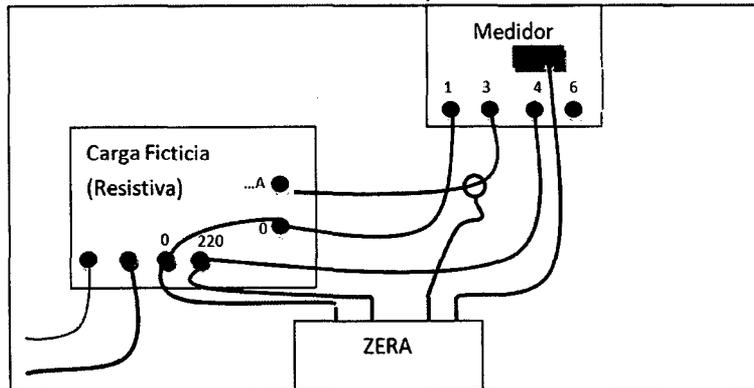
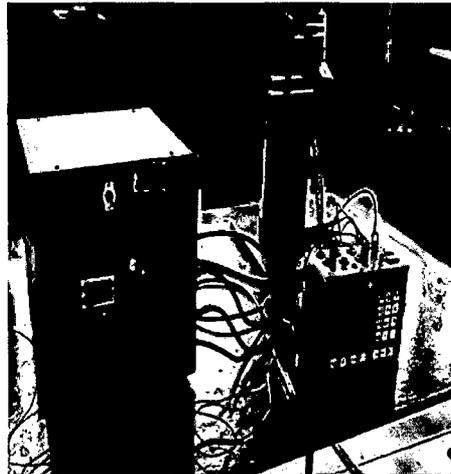


Figura 5.59
Proceso de contraste



S.F./17

Tabla
Errores obtenidos de los medidores electrónicos de las series mostradas
 $V_n=220V, I_b=5A, \text{frecuencia}=60\text{Hz}$

| Corriente (A) | Corriente %I _b | Factor de Potencia (cosφ) | Error Admisible según Norma | Errores Registrados (%) | |
|------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | | | Nº de Serie: 8182269 | Nº de Serie: 8182270 |
| 0.25 | 5% | 1.0 | ±1.5 | 0.16 | 0.25 |
| 0.50 | 10% | 1.0 | ±1.0 | 0.09 | 0.05 |
| 5.00 | 100% | 1.0 | ±1.0 | 0.05 | -0.13 |
| 60.00 | I _{max} | 1.0 | ±1.5 | -0.09 | 0.32 |

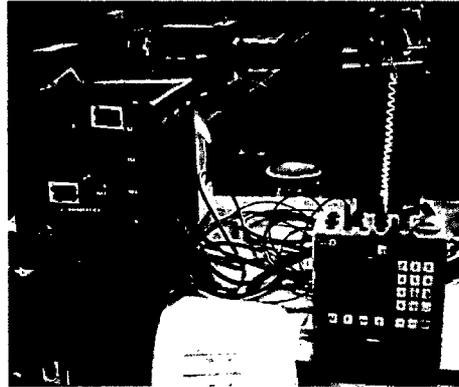
ENSAYO 2: Ensayo de influencia de la variación de tensión.

Este ensayo es el otro ensayo de precisión el cual sirve para observar los errores que se generan al variar la tensión V_n .

NORMA

Para realizar este ensayo se sigue la norma (UNE EN 62053-21 subcláusula 8.2) que dice: "Variamos 90% y 110% del V_n a su vez variamos la corriente al 5%, 100% de I_n y al $I_{max.}$, de acuerdo a la clase que es 1, el límite de variación de error es 0.7 y $\cos\phi=1$ "

Figura 5.60
Proceso de contraste



S.P./5

Figura 5.61
Conexiones Empleadas

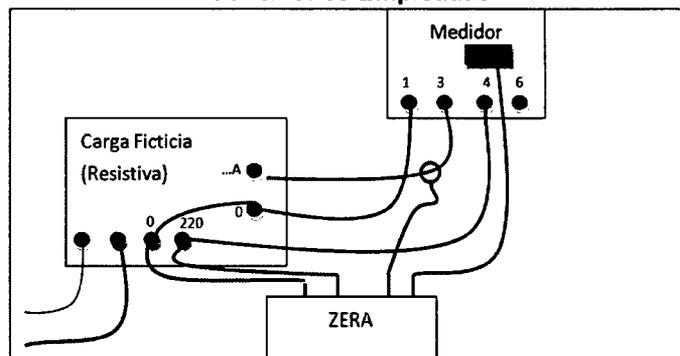


Tabla
Errores obtenidos de los medidores electrónicos de las series mostradas
 $V_n=220V, I_b=5A, \text{frecuencia}=60\text{Hz}$

| % Vn | Voltaje (V) | %In | Corriente (A) | (cosφ) | Limite de Variación de Error | Errores Registrados (%) | |
|----------|-------------|------------------|---------------|--------|------------------------------|-------------------------|----------------------|
| | | | | | | Nº de Serie: 8182269 | Nº de Serie: 8182270 |
| 90 % Vn | 198 | 5%In | 0.25 | 1.0 | 0.7 | 0.13 | 0.14 |
| 90 % Vn | 198 | 100%In | 5 | 1.0 | 0.7 | 0.10 | -0.13 |
| 90 % Vn | 198 | I _{max} | 60 | 1.0 | 0.7 | -0.11 | -0.18 |
| 110 % Vn | 242 | 5%In | 0.25 | 1.0 | 0.7 | 0.21 | 0.07 |
| 110 % Vn | 242 | 100%In | 5 | 1.0 | 0.7 | 0.10 | -0.11 |
| 110 % Vn | 242 | I _{max} | 60 | 1.0 | 0.7 | -0.11 | -0.27 |

ENSAYO 3: Ensayo de arranque.

Este ensayo sirve para ver si el medidor emite impulsos con una corriente muy pequeña indicada en la norma.

NORMA

El medidor debe arrancar (girar o emitir pulsos) y seguir registrando para los valores de corriente de arranque (y en el caso de medidores trifásicos con carga equilibrada) indicados en la tabla XXIV.

S/S

Figura 5.62



Tabla XXIV
Corrientes de arranque

| Medidores para conexión | Clase del medidor | | | | | Factor de potencia |
|--|-------------------|----------|----------|----------|----------|--------------------|
| | 0,2 S | 0,5 S | 0,5 | 1 | 2 | |
| Directa | - | - | - | 0,004 lb | 0,005 lb | 1 |
| Alimentados por de transformadores corriente | 0,001 In | 0,001 In | 0,002 In | 0,002 In | 0,003 In | 1 |

Si el medidor está previsto para la medición de la energía en los dos sentidos los valores de la tabla XXIV son aplicables para la energía que circule en cada sentido. Los efectos de demoras intencionales en la medición después de una inversión de la dirección del flujo de energía deben ser tenidos en cuenta cuando se realice este ensayo.

CIRCUITO/CONEXIONES EMPLEADOS

La instrumentación empleada es:

- Un voltímetro digital
- Un cronómetro digital
- Una pinza amperimétrica

S.F.S

Figura 5.63
Conexiones Empleadas

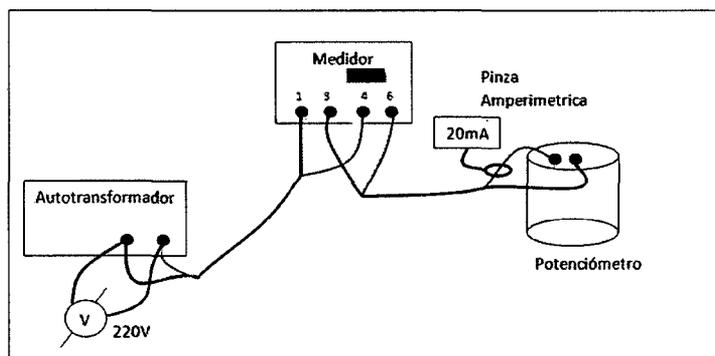


Figura 5.64
Proceso de contraste

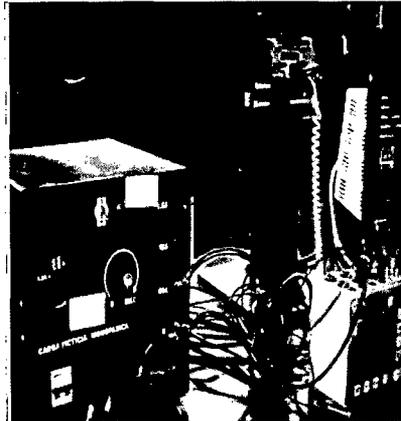


Tabla
Errores obtenidos de los medidores electrónicos de las series mostradas
Factor de potencia $\cos\phi=1.0$ $V_n=220V$ frecuencia=60Hz

| Nº de Serie | 8182269 | 8282270 |
|---|-------------------|-------------------|
| El medidor arranco y dio más de una vuelta con 0.4%lb | 5-60A, $V_n=220V$ | 5-60A, $V_n=220V$ |
| Corriente de Arranque | 20mA | 20mA |
| Tiempo | 7.12 minutos | 4.51 minutos |

S.P.

ENSAYO 4: Ensayo de marcha en vacío.

Este ensayo sirve para observar que en el circuito al cual se le ha retirado la carga no debe generar ningún impulso en el medidor.

NORMA

La norma IEC-61036 ítem 5.6.4 dice:

“Medidores estáticos: Cuando se aplique tensión, sin pasar corriente por los circuitos de corriente el dispositivo de salida del contador no debe emitir más de un impulso.

Para este ensayo los circuitos de corriente deben estar abiertos y se debe aplicar una tensión del 115 % de la tensión nominal a los circuitos de tensión.

La duración mínima del ensayo debe ser:

Duración mínima del ensayo en vacío

| Clase | 0,2 S | 0,5 S | 1 y 0,5 | 2 |
|-------------------------|---|---|---|---|
| Tiempo mínimo (minutos) | $\frac{900 \times 10^6}{k m U_n I_{m\acute{a}x}}$ | $\frac{600 \times 10^6}{k m U_n I_{m\acute{a}x}}$ | $\frac{600 \times 10^6}{k m U_n I_{m\acute{a}x}}$ | $\frac{480 \times 10^6}{k m U_n I_{m\acute{a}x}}$ |

k=Numero de impulsos 1000 Imp/KWh y 1600 Imp/KWh

m=Número de Elementos de Medida=2

Un=Tensión de referencia Un=115%Vn

Imax=Corriente máxima"

CIRCUITO/CONEXIONES EMPLEADOS

La instrumentación empleada es:

-Un voltímetro digital

-Un cronómetro digital

Tensión=220V

| Tensión Ub(%) | Requisitos del ensayo | Resultados Registrados | |
|---------------|---|------------------------------|------------------------------|
| | | Nº de Serie: 8182269 | Nº de Serie: 8182270 |
| 115 | Durante el tiempo determinado, no debe generar más de un impulso. | Tiempo de ensayo 12.35min | Tiempo de ensayo 12.35min |

Handwritten signature

Hallando los tiempos mínimos:

| Medidor Serie:8182269(60ª-253V) | Medidor Serie:8182270(60ª-253V) |
|--|--|
| $\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{1600 \times 2 \times 253 \times 60}$ $\Delta t \geq 12.35 \text{ minutos}$ | $\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{1600 \times 2 \times 253 \times 60}$ $\Delta t \geq 12.35 \text{ minutos}$ |

Después de esperar el tiempo mínimo se observó que no hubo pulsos del medidor con lo cual pasa el ensayo.

ENSAYO 5: Ensayo de la constante del medidor.

Norma: UNE EN 62053-21 subcláusula 8.4)

Para medidores electromecánicos la constante se define como el valor que expresa la relación entre la energía registrada por el medidor y el correspondiente número de revoluciones del rotor, por ejemplo, en revoluciones por kilowatt hora (rev/kWh) o watt hora por revolución (Wh/rev).

Para medidores electrónicos es el valor que expresa la relación entre la energía registrada por el medidor y el valor correspondiente dado por la salida de ensayo. Si este valor es un número de impulsos, la constante será expresada en impulsos por kilowatt hora (imp/kWh) o watt hora por impulso (Wh/imp).

En ambos casos el dato siempre se encuentra indicado en la placa de características del cuadrante del medidor.

En los medidores de estado sólido, cuando se mide cierta cantidad de energía, el incremento en el dispositivo indicador 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 $\pm 0,2\%$.

CIRCUITO/CONEXIONES EMPLEADOS

La instrumentación empleada es:

Equipo patrón marca Zera

| Factor de potencia (cosØ) | Tensión | Corriente máxima | Constante del Medidor 1 8182269 | Constante del Medidor 2 8182270 | Resultado |
|---------------------------|---------|------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1 | 220 | 60 | 1600 | 1600 | Cumple con la norma |
| 1 | 220 | 60 | | | |

ENSAYO 6: Potencia absorbida en el circuito de tensión a 220V.

NORMA

(UNE EN 62053-21 subcláusula 7.1.1): El error máximo total de medición de la potencia absorbida no debe exceder del 5%.

La potencia activa y aparente absorbidas por cada circuito de tensión, a la tensión de referencia, a la frecuencia de referencia, y a la temperatura de referencia, no debe exceder los valores indicados en la tabla 1.

CIRCUITO/CONEXIONES EMPLEADOS

Equipo patrón, marca Zera.

| Nº de Serie: 8182269 | | Nº de Serie: 8182270 | |
|-------------------------|----------|-------------------------|---------|
| 0.360 W | 4.435 VA | 0.599W | 4.430VA |

ENSAYO 7: Potencia absorbida en el circuito de intensidad.

NORMA

(UNE EN 62053-21 subcláusula 7.1.2): El error máximo total de medición de la potencia absorbida no debe exceder del 5%.

La potencia aparente absorbida por cada circuito de intensidad de un contador de conexión directa para la intensidad de base, a la frecuencia de referencia y a la temperatura de referencia, no debe exceder de los valores dados en la norma.

CIRCUITO/CONEXIONES EMPLEADOS

Equipo patrón marca Zera

ENSAYO 9: Ensayo de tensión alterna.

NORMA

Los ensayos con tensión alterna deben ser efectuados conforme a la tabla 3.

La tensión de ensayo debe ser prácticamente senoidal, de frecuencia comprendida entre 45Hz y 65Hz y aplicada durante un minuto. La fuente de alimentación será capaz de suministrar al menos 500VA. Durante este ensayo no debe producirse ningún contorneo, arco o perforación.

Durante los ensayos respecto a masa, los circuitos auxiliares, cuya tensión de referencia sea inferior o igual a 40V, deberán estar conectados a masa.

| Valor eficaz de la tensión de ensayo | Puntos de aplicaciones de la tensión de ensayo |
|--------------------------------------|---|
| 2kV | 1) Ensayo a efectuar con el contador cerrado y la tapa de bornes colocada: a) Entre, por una parte, todos los circuitos de intensidad y tensión así como los circuitos auxiliares cuya tensión de referencia sea superior a 40V, conectados entre sí, y, por otra parte, masa. b) Entre los circuitos que en servicio no esté previsto conectarlos entre sí. |
| 4KV [para el ensayo a)] | 2) Ensayos suplementarios en el caso del contador con envolvente aislante de clase de protección II. a) Entre, por una parte, todos los circuitos de intensidad y tensión así como los circuitos auxiliares cuya tensión de referencia sea superior a 40V, conectados entre si, y, por otra parte, masa ⁽¹⁾ . b) Control visual que permita asegurar que se cumplen las prescripciones del apartado 4.2.7; c) entre, por una parte, el conjunto de las partes conductoras situadas en el interior de la envolvente, unidas entre sí y por otra parte, el conjunto de las partes conductoras externas a la envolvente, accesibles al dedo de la prueba, unidas entre sí ⁽²⁾ . |
| 40V [para el ensayo c)] | |

(1) El ensayo de la posición a) de la parte 2) será realizado con la envolvente cerrada y la tapa de bornes colocada.

(2) El ensayo de la posición c) de la parte 2) no es necesario el ensayo de la posición b) no deja dudas.

CIRCUITO/CONEXIONES EMPLEADOS

| Condiciones del ensayo | Requisitos del ensayo | Nº de serie 8182269 | Nº de serie 8182270 |
|--|---|---------------------|----------------------|
| Tensión de ensayo: 4Kv. Tiempo: 1min. | No se presenta contorneo, cebado o perforación. | Cumple con la norma | Cumple con la norma. |

ENSAYO 10: Prueba de alimentación inversa.

| Nº de serie: | 8182269 | 8182270 |
|--|----------|----------|
| Alimentación en inversa: El indicador debe encenderse | Si tiene | Si tiene |

CONTADORES ELECTROMECHANICOS

Figura 5.65
Contadores Electromecánicos

Schneider
Electric



Norma: NMP 006:1997 MEDIDORES DE ENERGÍA ACTIVA PARA CORRIENTE ALTERNA DE CLASE 0.5; 1 Y 2.

Adaptación de la Norma Internacional IEC 521 (1988) por INDECOPI

Campo de aplicación Norma NMP 006:1997

Requisitos Mecánicos

Requisitos Eléctricos

Marcado de medidores

Precisión

Ensayos

La protección de las personas contra las descargas eléctricas

La protección de las personas contra los efectos de una temperatura excesiva

La no propagación del fuego

Corriente y tensiones nominales normalizadas

Pérdidas de potencia

Calentamiento

Características dieléctricas

Corrientes y tensiones normalizadas

| Magnitud | Valores Normalizados Corriente (A), Tensión (V) |
|-----------|---|
| Corriente | 5-10-15-20-30-40-50 |
| Tensión | 127-220-230-240-380-400-415-480 |

Pérdidas de potencia

| Medidores | Clase del Medidor | |
|-------------|-------------------|-----------|
| | 0,5 y 1 | 2 |
| Monofásicos | 3W y 12VA | 2W y 8VA |
| Polifásicos | 3W y 12VA | 2W y 10VA |

Calentamiento

| Partes del medidor | Calentamiento (°C) |
|---|--------------------|
| Arrollamientos | 60 |
| Superficies exteriores de la envolvente | 25 |

Características Dieléctricas

Durante los ensayos no debe de producirse ningún contorneo, descarga disruptiva o perforación.

- a.- **Ensayo de tensión impulso.-** Sobretensiones de corta duración pero de valor alto (6KV, 10 veces).
- b.- **Ensayos de tensión alterna.-** Tensión de ensayo senoidal, frecuencia entre 45 y 65 Hz, durante un minuto. Potencia de la fuente de alimentación no debe ser inferior a 500 VA.

| Magnitudes de influencia | Valor nominal | Tolerancias permisibles para los medidores de clase | | |
|---|--|--|-------|-------|
| | | 0,5 | 1 | 2 |
| Temperatura ambiente | Temperatura nominal o en su ausencia, 23°C (1) | ±1°C | ±2°C | ±2°C |
| Posición de funcionamiento | Posición vertical de funcionamiento (2) | ±0,5° | ±0,5° | ±0,5° |
| Tensión | Tensión nominal | ±0,5% | ±1,0% | ±1,0% |
| Frecuencia | Frecuencia nominal | ±0,2% | ±0,3% | ±0,5% |
| Forma de onda | Tensión y corriente senoidales | Factor de distorsión inferior a | | |
| | | 2% | 2% | 3% |
| Inducción magnética de origen externo a la frecuencia nominal | Inducción magnética nula | Valor de la inducción que no produce una variación de error superior a (3) | | |
| | | 0,1% | 0,2% | 0,3% |

Figura 5.66



Marcha en vacío

Corriente de arranque

Influencia de campo magnético

Posición vertical

Característica dieléctrica: Tensión alterna

Resistencia de aislamiento

Precisión

Magnitudes de influencia

| Magnitudes de influencia | Valor nominal | Tolerancias permisibles para los medidores de clase | | |
|---|--|--|-------|-------|
| | | 0,5 | 1 | 2 |
| Temperatura ambiente | Temperatura nominal o en su ausencia, 23°C (1) | ±1°C | ±2°C | ±2°C |
| Posición de funcionamiento | Posición vertical de funcionamiento (2) | ±0,5° | ±0,5° | ±0,5° |
| Tensión | Tensión nominal | ±0,5% | ±1,0% | ±1,0% |
| Frecuencia | Frecuencia nominal | ±0,2% | ±0,3% | ±0,5% |
| Forma de onda | Tensión y corriente senoidales | Factor de distorsión inferior a | | |
| | | 2% | 2% | 3% |
| Inducción magnética de origen externo a la frecuencia nominal | Inducción magnética nula | Valor de la inducción que no produce una variación de error superior a (3) | | |
| | | 0,1% | 0,2% | 0,3% |

Sf/B

| Desviación del valor de la magnitud de influencia con respecto a las condiciones nominales | Valor de corriente (cargas equilibradas, salvo que se indique lo contrario) | Factor de potencia | Límites de las variaciones de error en porcentaje para medidores de clase | | |
|--|---|--------------------|---|-----|-----|
| | | | 0,5 | 1 | 2 |
| Posición oblicua 3° | 0,05 I_n I_n y $I_{m\acute{a}x}$ | 1 | 1,5 | 2,0 | 3,0 |
| | | 1 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| Tensión ±10% | 0,1 I_n 0,5 $I_{m\acute{a}x}$ 0,5 $I_{m\acute{a}x}$ | 1 | 0,8 | 1,0 | 1,5 |
| | | 1 | 0,5 | 0,7 | 1,0 |
| | | 0,5 inductivo | 0,7 | 1,0 | 1,5 |
| Frecuencia ±5% | 0,1 I_n 0,5 $I_{m\acute{a}x}$ 0,5 $I_{m\acute{a}x}$ | 1 | 0,7 | 1,0 | 1,5 |
| | | 1 | 0,6 | 0,8 | 1,3 |
| | | 0,5 inductivo | 0,8 | 1,0 | 1,5 |
| Inducción magnética de origen externo 0,5 mT (1) | I_n | 1 | 1,5 | 2,0 | 3,0 |
| Forma de onda: 10% de la tercera armónica de la corriente (2) | I_n | 1 | 0,5 | 0,6 | 0,8 |
| Orden inverso de fases | De 0,5 I_n a $I_{m\acute{a}x}$ 0,5 I_n (carga monofásica) | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| | | 1 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Campo magnético de un accesorio (3) | 0,05 I_n | 1 | 0,3 | 0,5 | 1,0 |
| Carga mecánica del integrador de tarifa simple o tarifas múltiples (4) | 0,05 I_n | 1 | 0,8 | 1,5 | 2,0 |

Equipos e instrumentos utilizados

| Amperímetro | Voltímetro | Transformador |
|---|---|--|
| Marca: Yokogama Frecuencia: 45-65 hertz Clase 0,5 Modelo 2013 Posición echado Instrumento analógico Alterna | Marca: Yokogama Frecuencia: 45-65 hertz Clase 0,5 Modelo 2013 Posición echado Instrumento analógico Alterna | Tipo SI 08 N° 604809 Frecuencia 60 hertz Potencia máxima 2VA Tensión de Ensayo 23Kv Error máximo de relación +- 0.02% Error máximo de ángulo +- 2mm |
| Megger | Fuente | |
| Estándar 4103 IN Instrumento Digital | Regulador de voltaje variable Input 220 VAC Output 0-360 VAC | |

ENSAYOS.-

Marcha en vacío

Corriente de arranque

Influencia de campo magnético

Posición vertical

Característica dieléctrica: Tensión alterna

Resistencia de aislamiento

TRATAMIENTO DE DATOS

En el proceso de calibración como no se tiene un equipo de medición en la UNAC, que ofrezca directamente el error entre las medidas, lo que se ha hecho es tomar a mano las lecturas de los dos medidores cada vez que se detenga la medición, en la prueba del cuarto medidor se ha hecho con un contador de pulsos, prueba realizada en la UNI, en resumen la calibración en UNAC, se han hecho en las condiciones de referencia y se han rechazado aquellos datos en los que se sospecha que existe algún motivo adicional, repitiéndose la prueba, en cualquier caso nunca se sobrepasan los márgenes de funcionamiento del medidor ni del patrón durante la calibración. El número de vueltas del disco a considerar es la necesaria para minimizar los errores debidos propios del sistema de medida utilizado (instrumento patrón). En cualquier caso un criterio sería seleccionar el número de revoluciones, en función de la constante del medidor y del valor de la energía a medir. Por ejemplo si la constante es igual a 450 revoluciones/kWh por lo tanto si se desean medir un kWh será necesaria 450 revoluciones, en muchos casos la recomendación es de tiempo de medida. Es aconsejable realizar las medidas de cada punto varias veces (por ejemplo 5) y deben repetirse las mediciones en días diferentes.

En el caso de calibrar medidores trifásicos, los patrones de referencia deben ser trifásicos de preferencia mejor que dos contadores monofásicos para el cálculo de la energía total y aplicar el método general.

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

$$E_{\text{relativo}} = (L_{\text{lectura del medidor}} - L_{\text{lectura del patrón}}) / L_{\text{lectura del patrón}}$$

Los datos se tomaran de forma que quede reflejado el lugar, fecha y hora la que se obtuvieron, así como los valores de las magnitudes involucradas.

Interpretación de resultado

Los límites de tolerancia en contadores domiciliarios los da la norma nacional INDECOPI, se define los límites de tolerancia para los errores obtenidos en la calibración, en función del uso que va a dar al equipo (especificaciones del fabricante, norma, etc. En todos los casos se debe comprobar que los errores obtenidos son inferiores a los que dicta la norma nacional. Lo importante en nuestro caso es estudiar las razones de la desviación, que si las hubo ajustar el equipo, proceder a su reparación, analizar la causa.

Para la prueba de calibración se ha realizado la documentación con:

- Manual de funcionamiento del medidor de energía a calibrar.
- Manual de funcionamiento del medidor de energía patrón.
- Manual de funcionamiento del sistema de medida.



Curva de error Típica de los Contadores.

Los contadores son unos equipos robustos y presentan una característica de error estable con el paso del tiempo. La forma particular de la curva de error de cada contador depende de la calibración realizada, pudiendo presentar errores positivos o negativos para distintos valores de corriente. En la siguiente Figura se muestra una curva típica del error de un contador dada por un fabricante.

Puesto que la energía es una magnitud que, a su vez, depende de otras magnitudes, sus puntos de medida no se expresan en unidades de energía sino en los valores de tensión e intensidad de corriente y como en el caso nuestro también de fase, por ejemplo un punto de partida seria 220 voltios, 5 amperios, f.d.p = 1; evidentemente existen infinidad de combinaciones posibles de tensión e intensidad de corrientes se eligen

los puntos de medida que tengan una importancia particular en la práctica (por ejemplo en función del uso que vaya a tener el propietario del medidor a calibrar).

Los medidores de energía se calibrarán en varios puntos (de acuerdo a normas) de manera que cubran todos los valores de tensión e intensidad nominal y con distintos factores de potencia.

A handwritten signature or set of initials, possibly 'S.F.-3', written in black ink.

VI. RESULTADOS

- La mala calidad en la precisión de la medida que se encontró en los diferentes medidores electromecánicos sometidos a prueba, ha sido consecuencia de no haberse respetado las normas y reglamentaciones metrológicas existentes así como la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, falta de conocimiento del medidor y/o sistema de medición por parte del personal encargado y a una mala programación de las actividades de saneamiento de los medidores domiciliarios.
- De las pruebas efectuadas se observa que los valores obtenidos, en los tres medidores considerados NO CUMPLEN se supera el margen de error aceptado por norma INDECOPI, en cambio los valores obtenidos del instrumento electrónico, marca escorpión, modelo: A102C, N° series 8182269 se concluyen que CUMPLEN con lo establecido en la Norma Técnica Internacional CEI 61036 y UNE EN 62053-21.
- Se ha cumplido con los objetivos trazados logrando un entendimiento del funcionamiento y el contraste de un medidor eléctrico.
- Los errores son generados por el por diversos factores entre los que se puede destacar contar con un cronometro que este sincronizado con el medidor, para evitar perder ciertos segundos, estos errores se atribuyen a destreza humana.
- De las gráficas mostradas en los resultados se puede ver que los errores están por encima del 6% en todos los casos, que significa esto, que el instrumento en mención, en este caso el medidor eléctrico de marca MELSA, se encuentra fuera de los límites permitidos por la NMP-015, ya que estos están alrededor del 5%, se sigue haciendo un ajuste en el perno de regulación con el fin de generar un retraso minúsculo y por ende aproximarlos al valor teórico.
- Tal como se muestra en el capítulo IV los resultados obtenidos con un programa continuo de contraste son favorables.
- Asimismo, la aplicación de una estrategia permitirá interactuar con los usuarios del servicio lo cual hará posible la adquisición de mayor

información tanto del sistema de medición como los deberes y obligaciones de los usuarios (manipulación de los medidores).

- El éxito de este trabajo sirve para que estudiantes de la UNAC realicen un estudio sobre cómo los armónicos afectan la respuesta de los instrumentos de medida de energía electromecánicos.



VII. DISCUSIÓN

- Este ensayo permitió verificar el porcentaje de error de los medidores monofásicos de energía eléctrica más utilizados por una empresa de comercialización de energía eléctrica, con el fin de hacer pruebas más reales es necesario considerar los siguientes aspectos:
 - Identificar los nodos que presentan distorsión armónica relevante
 - Verificar los niveles de pérdidas de cada nodo, para justificar la prueba
 - Revisar en sitio con las pruebas de verificación de porcentaje de error los medidores asociados a este nodo.
 - Diagnosticar cuales son las fuentes de pérdida más importantes.
 - Comparar los resultados con las pruebas realizadas en el laboratorio contrastándolas con las realizadas en el lugar de operación del contador.
- En todos los casos los alumnos deberán estar dirigidos por un ingeniero a cargo de la experiencia para disminuir los riesgos de incidentes y accidentes.
- Para mantener los buenos resultados de la estrategia se recomienda su aplicación considerando una frecuencia de 4 años.
- Estudiar la posibilidad de incluir la estrategia como una actividad permanente de la empresa, dentro de la actividad de mantenimiento.
- Instalar los medidores en lugares adecuados para que no afecte los cambios de clima o que no estén completamente en la intemperie, ya que esto afecta la correcta calibración de medidores de energía eléctrica.
- Se observa que cuando se tiene una carga puramente resistiva el margen de error disminuye.
- Se recomienda realizar la experiencia en compañía del ingeniero a cargo del laboratorio para disminuir los riesgos de incidentes y accidentes.



AUTOCRITICA

- El avance de un trabajo con errores menores de laboratorio depende básicamente de las limitaciones de instrumental.
- La estrategia de mediciones debió estar acompañada por elementos de un análisis estadístico riguroso en un mayor número de contadores a evaluar.



VIII. REFERENCIALES

Centro Español de Metrología (2012). *Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales y términos asociados (VIM)-JCGM.200.* (3ª Ed.). España.

Fisicanet. (2014). *Electrotecnia: Mecanismos básicos de los medidores. Calibración de los medidores. Patrones principales y medidas absolutas. Medidores de corriente. Medición del voltaje.* Recuperado en http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrotecnia/ap06_medidores_electricos.php#.Ub6GK_IWySo

Indecopi (2012). *Norma Metrológica Peruana 015. Equipos de Medida de Energía Eléctrica (c.a). Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía activa, clase 1 y 2.* Lima-Perú.

Indecopi (2012). *Norma Metrológica Peruana 014. Equipos de Medida de Energía Eléctrica (c.a). Requisitos particulares. Equipos de medida.* Lima-Perú.

Ministerio de Energía y Minas (2005). *Contraste del Sistema de Medición de Energía Eléctrica.*

Ministerio de Energía y Minas (1978). Norma de conexiones para suministro de energía eléctrica hasta 10 kW. Recuperado en http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/011-CE_1.pdf

Panta, R., et al. (2011). *Medidores de energía eléctrica.* Recuperado en <http://es.scribd.com/doc/56468165/MEDIDORES-DE-ENERGIA>

IX. APÉNDICES

RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL CONTADOR ELECTROMECAÁNICO MELSA DEy4-A

Medidor Melsa tipo DEy4, 450 r/kwh = 2.222 wh/r

| Ítem | Tensión (voltios) | Corriente (Amperios) | Potencia (teórico) (vatios) | Tiempo (segundos) | Energía (teórico) (vatios.seg) | Energía (teórico) (vatio.hora) |
|------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 210 | 0.952 | 190 | 36.5 | 6935 | 1.926 |
| 2 | 220.1 | 0.988 | 210 | 34 | 7140 | 1.983 |
| 3 | 230 | 1.046 | 230 | 31 | 7130 | 1.981 |

Medidor Melsa tipo DEy4, 450 r/kwh = 2.222 wh/r

| Ítem | Tensión (voltios) | Corriente (Amperios) | Potencia (teórico) (vatios) | Tiempo (segundos) | Energía (teórico) (vatios.seg) | Energía (teórico) (vatio.hora) |
|------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 210 | 0.952 | 199,92 | 36.5 | 7297,08 | 2,027 |
| 2 | 220.1 | 0.988 | 217,46 | 34 | 7393,60 | 2,054 |
| 3 | 230 | 1.046 | 240,58 | 31 | 7457,98 | 2,072 |

| Ítem | Tensión (voltios) | Corriente (Amperios) | Potencia (teórico) (vatios) | Tiempo (segundos) | Energía (teórico) (vatios.seg) | Energía (teórico) (vatio.hora) |
|------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 210 | 0.960 | 201.6 | 36.5 | 7358.4 | 2.044 |
| 2 | 220.1 | 1.000 | 220.1 | 34 | 7483.4 | 2.079 |
| 3 | 230 | 1.050 | 241.5 | 31 | 7486.5 | 2.080 |

S/S

Medidor Melsa tipo DEy4, 450 r/kwh = 2.222 wh/r

| Ítem | Tensión (voltios) | Corriente (Amperios) | Potencia (teórico) (vatios) | Tiempo (segundos) | Energía (teórico) (vatios.seg) | Energía (teórico) (vatio.hora) |
|------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 4 | 210 | 0.952 | 190 | 226 | 42940 | 11.928 |
| 5 | 220.1 | 0.988 | 210 | 205 | 43050 | 11.958 |
| 6 | 230 | 1.046 | 230 | 186 | 42780 | 11.883 |

Medidor Melsa tipo DEy4, 450 r/kwh = 2.222 wh/r

| Ítem | Tensión (voltios) | Corriente (Amperios) | Potencia (teórico) (vatios) | Tiempo (segundos) | Energía (teórico) (vatios.seg) | Energía (teórico) (vatio.hora) |
|------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 4 | 210 | 0.952 | 199,92 | 226 | 45181,92 | 12,551 |
| 5 | 220.1 | 0.988 | 217,46 | 205 | 44579,054 | 12,383 |
| 6 | 230 | 1.046 | 240,58 | 186 | 44747,88 | 12,430 |

| Ítem | Tensión (voltios) | Corriente (Amperios) | Potencia (teórico) (vatios) | Tiempo (segundos) | Energía (teórico) (vatios.seg) | Energía (teórico) (vatio.hora) |
|------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 210 | 0.960 | 201.6 | 226 | 45561.6 | 12.656 |
| 2 | 220.1 | 1.000 | 220.1 | 205 | 45120.5 | 12.533 |
| 3 | 230 | 1.050 | 241.5 | 186 | 44919.0 | 12.478 |

RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL CONTADOR ELECTROMECAÁNICO MELSA DEy4-B

Primera tensión generada y vueltas del contador de energía Experimental

| Tensión Voltios | Corriente amperios | Potencia vatios | # de vueltas | Tiempo segundos |
|-----------------|--------------------|---------------------|--------------|-----------------|
| 180 | 0,56 | $110 \cdot 10^{-3}$ | 1 | 1' |
| 180 | 0,56 | $110 \cdot 10^{-3}$ | 2 | 2' 12" |
| 180 | 0,56 | $110 \cdot 10^{-3}$ | 3 | 3' 19" |
| 180 | 0,56 | $110 \cdot 10^{-3}$ | 4 | 4' 25" |

Segunda tensión generada y vueltas del contador de energía Experimental

| Tensión Voltios | Corriente amperios | Potencia vatios | #de vueltas | Tiempo segundos |
|-----------------|--------------------|---------------------|-------------|-----------------|
| 220 | 0,68 | $150 \cdot 10^{-3}$ | 1 | 45" |
| 220 | 0,68 | $150 \cdot 10^{-3}$ | 2 | 1' 30" |
| 220 | 0,68 | $150 \cdot 10^{-3}$ | 3 | 2' 17" |
| 220 | 0,68 | $150 \cdot 10^{-3}$ | 4 | 3' 3" |

S.F.

**RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL CONTADOR ELECTRÓNICO
SCORPION
SERIES 8182269 - 8182270**

**Errores obtenidos de los medidores electrónicos
de las series mostradas**

Vn=220V, Ib=5A, frecuencia=60Hz

| Corriente (A) | Corriente %Ib | Factor de Potencia (cosφ) | Error Admisible según Norma | Errores Registrados (%) | |
|---------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|
| | | | | Nº de Serie: 8182269 | Nº de Serie: 8182270 |
| 0.25 | 5% | 1.0 | ±1.5 | 0.16 | 0.25 |
| 0.50 | 10% | 1.0 | ±1.0 | 0.09 | 0.05 |
| 5.00 | 100% | 1.0 | ±1.0 | 0.05 | -0.13 |
| 60.00 | I _{max} | 1.0 | ±1.5 | -0.09 | 0.32 |

**Errores obtenidos de los medidores electrónicos
de las series mostradas**

Vn=220V, Ib=5A, frecuencia=60Hz

| % Vn | Voltaje (V) | %In | Corriente (A) | (cosφ) | Límite de Variación de Error | Errores Registrados (%) | |
|----------|-------------|------------------|---------------|--------|------------------------------|-------------------------|----------------------|
| | | | | | | Nº de Serie: 8182269 | Nº de Serie: 8182270 |
| 90 % Vn | 198 | 5%In | 0.25 | 1.0 | 0.7 | 0.13 | 0.14 |
| 90 % Vn | 198 | 100%In | 5 | 1.0 | 0.7 | 0.10 | -0.13 |
| 90 % Vn | 198 | I _{max} | 60 | 1.0 | 0.7 | -0.11 | -0.18 |
| 110 % Vn | 242 | 5%In | 0.25 | 1.0 | 0.7 | 0.21 | 0.07 |
| 110 % Vn | 242 | 100%In | 5 | 1.0 | 0.7 | 0.10 | -0.11 |
| 110 % Vn | 242 | I _{max} | 60 | 1.0 | 0.7 | -0.11 | -0.27 |

SF-3

X. ANEXOS

10.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

| TÍTULO DEL PROYECTO: "FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE PRECISIÓN EN LA MEDIDA DE ENERGIA ELECTRICA EN CONTADORES ELECTROMECHANICOS" | | | | |
|---|---|---|--|--|
| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | MÉTODOS |
| <p>General</p> <p>Existe la necesidad de implementar estudios periódicos que evalúen el estado de medidores electromecánicos domiciliarios que nos den la confiabilidad de que los errores son mínimos de acuerdo a norma Indecopi NMP-006-1997 (error máx. 5%). Esta es una variable de decisión relevante para los usuarios y para la compañía que brinda el servicio, analizando cuales son los factores que es necesario mejorar para disminuir los errores.</p> <p>Específico</p> <p>¿Cómo se evalúa el nivel de confiabilidad en contadores de energía?</p> | <p>General</p> <p>Evaluar los factores que dan como resultado errores en la medida de los contadores de energía domiciliarios a través de pruebas de laboratorio realizados en la UNAC.</p> <p>Específicos</p> <p>Evaluar el nivel de confiabilidad en contadores de energía mediante método de contraste con medidor patrón y método de vatímetro-reloj.</p> | <p>General</p> <p>"La aplicación de pruebas de laboratorio permitirá conocer las causas de los errores en los contadores de energía, si el nivel de error se encuentra dentro de los márgenes de la norma NMP-006-1997"</p> <p>Específicas</p> <p>"Es posible conocer los factores que producen el error mediante pruebas de laboratorio en los contadores de energía mediante los métodos de contraste de medidor patrón y el método de vatímetro .reloj".</p> | <p>Variables Independientes :</p> <p>A = Factores externos. Temperatura, polvo.</p> <p>B = Factores internos desgaste de los elementos rotativos.</p> <p>Variable Dependiente :</p> <p>Q = calidad de la lectura del contador de energía.</p> <p>Q=(A,B)</p> | <p>General</p> <p>Además de la realización de pruebas, los que nos permitirán describir las características de los errores y los factores que los producen, serán estimados los elementos del contador dan como consecuencia mayores errores como consecuencia del desgaste.</p> <p>Específico</p> <p>Se aplicarán los métodos de investigación: descriptivo y experimental.</p> |

Handwritten signature or initials

10.2 Se adjuntan seis (06) videos de las pruebas experimentales realizadas.

Handwritten signature or initials, possibly 'S.F.S.', written in black ink.