

T.M/621-3745/D15



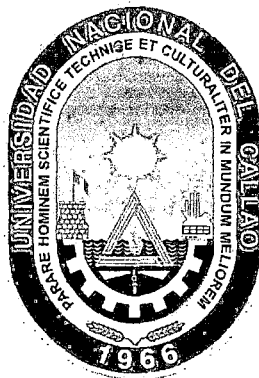
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POST GRADO

SECCIÓN DE POST GRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA UNIVERSITARIA

009



**CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN METODOLÓGICA
DEL "REVOFREPER" PARA EVALUAR EL PRODUCTO
ELÉCTRICO POR LOS CONSUMIDORES DOMÉSTICOS**

**Tesis sustentada por el Ingeniero
Electricista Marcelo Nemesio Damas
Niño, para optar el Grado Académico de
Maestro en Investigación y Docencia
Universitaria.**

**CALLAO - PERÚ
OCTUBRE 2001**

JURADO EXAMINADOR

Mg. FRANCO IVÁN VÉLIZ LIZARRAGA Mg. VÍCTOR LEÓN GUTIÉRREZ TOCAS

PRESIDENTE

SECRETARIO

Dr. MARCO ANTONIO ROSAS TELLO Mg. COLONÍBOL TORRES BARDALES

MIEMBRO

MIEMBRO

Mg. WALTER ARSENIÓ VIDAL TARAZONA

ASESOR DE TESIS

DEDICO: A los estudiantes de maestría de la Universidad Nacional del Callao, quienes avanzan con los que avanzan, en el desarrollo filosófico científico y tecnológico.

MI AGRADECIMIENTO: A las autoridades de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao, por el apoyo económico ejecutado en mis estudios de Post Grado. Al Dr. Coloníbol Torres Bardales, por su rigurosa enseñanza en Metodología de la Investigación Científica, y al Mag. Víctor León Gutiérrez Tocas, por su apoyo en la ejecución de la presente investigación.

RESUMEN

Mis estudios de Maestría en Investigación y Docencia Universitaria en la Universidad Nacional del Callao, me condujeron a correlacionar rigurosa y metodológicamente mis conocimientos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, para construir un registrador denominado "REVOFREPER" no existente en el Mercado Internacional que mida la tensión, frecuencia y las perturbaciones eléctricas con fines domésticos, para generar cultura eléctrica y lograr el equilibrio social de la contraprestación y la prestación, entre los consumidores domésticos de la electricidad y las empresas dedicadas a la comercialización de la energía eléctrica.

Asimismo, esta investigación servirá para la Enseñanza Aprendizaje de la Calidad del Producto Eléctrico en las áreas de las ingenierías eléctrica y electrónica de las Universidades e Instituciones dedicadas a la Investigación Científica y Tecnológica.

ABSTRACT

My studies in Master Research and University teaching at the University of Callao made me correlate my knowledge in Electrical and Electronic Engineering rigorously and methodologically; in order to make up a register called "REVOFREPER" which does not exist in the international market measure the tension, frequency and electrical perturbations to generate electrical culture and to achieve the social equilibrium of the counter provision and provision between the electrical domestic consumer and the enterprises dedicated to trade the electrical power.

Therefore, this research will serve for the learning-teaching of the electrical product quality in Electrical and Electronic Engineering areas of the University and in the institutions dedicated to the scientific and technological research.

INTRODUCCIÓN

El Perú implantó en el sector energético a partir de 1990 una nueva estrategia de desarrollo basada en el predominio de los mecanismos del mercado y la hegemonía de la propiedad privada. Las reformas llevadas a cabo fueron orientadas a establecer un marco institucional de los recursos, la liberación del mercado y la libre competencia. Las empresas de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica son las que comercializan dicha energía, donde el objetivo principal de estas empresas es obtener la máxima rentabilidad con mínima inversión, sin embargo de acuerdo a la nueva legislación eléctrica, Ley N° 25844, denominada Ley de Concesiones Eléctricas, su Reglamento y la Norma del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía, el producto eléctrico debe ser de buena calidad para ello deben invertir capital, para lograr el equilibrio social económico y generar cultura eléctrica en los consumidores domésticos y con mayor razón en las empresas comercializadoras de la energía eléctrica.

Mis estudios de Post-Grado en la Universidad Nacional del Callao y la rigurosa enseñanza impartida por el Dr. Colonibol Torres Bardales en los cursos de Metodología de la Investigación Científica, me motivaron a correlacionar, plantear, desarrollar y aplicar mis conocimientos de Ingeniería Eléctrica con la investigación científica tecnológica aplicada, generando la tesis intitulada: Construcción y Aplicación Metodológica del "REVOFREPER" para Evaluar el Producto Eléctrico por los Consumidores Domésticos, cuya aplicación generó cultura eléctrica en los usuarios domésticos de la electricidad. La mala calidad del producto eléctrico suministrada por las empresas comercializadoras a los usuarios domésticos, origina desequilibrios económicos sociales al realizar pagos por energía no utilizada lo cual es generado por las corrientes armónicas, alterando la vida útil de los equipos electrodomésticos. Asimismo dichos usuarios contribuyen a la mala calidad contaminando la red eléctrica al conectar las cargas eléctricas tales como televisores, hornos microondas, computadoras personales, estabilizadores de tensiones, fuentes rectificadores de tensiones etc., restando potencia eléctrica a ser comercializada.

En ambos casos, previo juicios son multados por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía quien representa a la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas, como ente supervisor del Estado Peruano.

Para que el usuario doméstico pueda controlar la calidad de energía eléctrica que consume, se ha diseñado un nuevo registrador denominado "REVOFREPER" que registra (RE) los voltajes (VO), las frecuencias (FRE) y las perturbaciones (PER). Asimismo, para generar cultura eléctrica en los usuarios domésticos se han definido los parámetros básicos de la electricidad e instruido metodológicamente su manejo y lectura del voltaje, la frecuencia y los armónicos en el nuevo registrador, los resultados de la enseñanza aprendizaje dieron como resultado nueva cultura eléctrica en los usuarios domésticos.

Los capítulos: I. Antecedentes del Sistema Eléctrico en el Perú, y II. Productores y Consumidores Domésticos de la Energía Eléctrica, de esta investigación son capítulos fuera de variables, que fueron elaborados al margen de la estructura de las variables; sin embargo, los capítulos: III. Conocimientos Tecnológicos Básicos de los Consumidores Doméstico, IV. Diseño Tecnológico del "REVOFREPER", V. Construcción y Aplicación del "REVOFREPER" y VI. Efectos de la Aplicación del "REVOFREPER", son capítulos dentro de variables que contienen las estructuras de las variables correspondientes a esta investigación. Para la demostración y comprobación de la hipótesis se operacionalizaron, lográndose determinar en forma lógica las tres variables siguientes: X = Conocimientos Básicos Sobre Calidad del Producto Eléctrico, Y = Diseño de un Equipo Tecnológico para Determinar la Calidad de la Energía Eléctrica y Z = Disminución de Conflictos entre Usuarios y Comercializadores de la Energía Eléctrica.

Finalmente, agradezco al profesional Manuel Aldave Terrones y a los profesores investigadores, quienes con sus conocimientos sobre la calidad de la energía eléctrica y sus experiencias de la electrónica de potencia, se ha construido el "REVOFREPER".

SUMARIO

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
Abstract	
Introducción	

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN EL PERÚ

1.1 Tecnológicos	16
1.1.1 Calidad de los Servicios Eléctricos	22
1.2 Legales	23
1.2.1 Ley General de Electricidad D.L. N° 23406	25
1.2.2 Ley de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25844	25
1.3 Sociales	29
1.3.1 Reclamos a nivel de personas naturales y jurídicas	29
1.4 Política Gubernamental (1990 - 2000)	32

CAPÍTULO II

2. PRODUCTORES Y CONSUMIDORES DOMÉSTICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

2.1 Características	36
2.1.1 De los productores	38
2.1.1.1 Lucrativas	39
2.1.1.2 De inversiones para:	39
2.1.1.2.1 Renovación Tecnológica	41
2.1.1.2.2 Ampliación de Servicios	42

2.1.2 De los Consumidores	43
2.1.2.1 Sociales	43
2.1.2.2 Culturales	44
2.1.2.3 Económicas	45
2.1.2.4 Reclamos	46
2.2 Políticas	51
2.2.1 De los Empresarios	51
2.2.1.1 Desarrollo Empresarial	51
2.2.2 Del Gobierno	52

CAPÍTULO III

3. CONOCIMIENTOS TECNOLÓGICOS BÁSICOS DE LOS CONSUMIDORES DOMÉSTICOS

3.1 Definiciones de:	53
3.1.1 Voltaje	53
3.1.2 Frecuencia	54
3.1.3 Perturbaciones	55
3.1.3.1 Flicker	55
3.1.3.2 Tensiones Armónicas	57
3.2 Distorsión Armónica	58
3.2.1 Fundamentos	58
3.2.1.1 Descomposición de una señal de voltaje o corrientes en componentes armónicos	59
3.2.2 Norma IEC-555-2	60
3.2.3 Armónicos en Sistemas Monofásicos	62
3.2.4 Armónicos en Sistemas Trifásicos	64
3.2.5 Norma IEEE-519	67
3.2.6 Efectos de las Corrientes Armónicas	69
3.2.7 Errores de Instrumentos Convencionales por efecto de los armónicos.	75
3.2.8 Regulación de voltaje	77
3.2.9 Fluctuaciones de Voltaje en Baja Frecuencia	79
3.2.10 Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos	81

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO TECNOLÓGICO DEL "REVOFREPER"

4.1 Origen de la idea	90
4.2 Plano de instalación	90
4.2.1 Esquema	90
4.2.1.1 Unifilar	91
4.2.1.2 Acometida	91
4.2.1.3 Filtro centralizado	91
4.3 Formas de mediciones	91
4.4 Contraste de instrumentos	97
4.5 Análisis matemático	100
4.5.1 Operacionalización de ondas sinusoidales	101

CAPÍTULO V

5. CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL "REVOFREPER"

5.1 Materiales Utilizados	106
5.1.1 Fuente de alimentación	106
5.1.2 Diodo rectificador tipo puente	107
5.1.3 Condensador tipo filtro	107
5.1.4 Circuito integrado regulador de tensión	108
5.1.5 Resistencia de Carbón	108
5.1.6 Condensador de Tantaleo	109
5.1.7 Condensador Cerámico	109
5.1.8 Display Líquido LCD	110
5.1.9 Circuito Integrado Comparador	110
5.1.10 Microcontrolador 16C711	111
5.1.11 Accesorios complementarios	111
5.2 Construcción y prueba del "REVOFREPER"	112
5.3 Aplicación por usuarios domésticos	112
5.4 Evaluación de la aplicación	112

CAPÍTULO VI

6. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL “REVOFREPER”

6.1 A nivel de:	122
6.1.1 Usuarios	122
6.1.1.1 Equivalencia de la prestación y la contraprestación	122
6.1.1.2 Ahorro económico	122
6.1.1.3 Disminución de conflictos	123
6.1.1.3.1 Individuales	123
6.1.1.3.2 Colectivos	124
6.1.2 Empresarios	124
6.1.2.1 Preocupación permanente de los empresarios para:	124
6.1.2.1.1 Ofrecer servicios de calidad	125
6.1.2.1.2 Mantenimiento efectivo de sus instalaciones	126
6.1.2.1.3 Capacitación permanente de sus trabajadores	126
CONCLUSIONES	127
RECOMENDACIONES	129
BIBLIOGRAFÍA	130
ANEXO	

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN EL PERÚ

En el año 1776 el alumbrado público en Lima, consistía en el uso de candiles, velas y faroles colocados en las esquinas de las calles; ésta actividad ha sido preponderante para que en épocas posteriores se introdujera e impulsara la utilización masiva de la electricidad en el Perú. A inicios del siglo XIX, el alumbrado de las calles y plazas fue mejorado con la utilización del aceite como combustible; luego a mediados del siglo XIX se introdujo el alumbrado a gas, siendo sustituido posteriormente por el sistema de alumbrado público eléctrico.

El historiador GIOVANNI BONFIGLIO VOLPE refiere que “La electricidad llegó por primera vez a Lima el 15 de mayo de 1886”¹, fecha en que se inauguró el primer alumbrado público de la capital, marcando el hito oficial de la llegada de la electricidad al Perú. Dentro de la legislación peruana, hasta 1955, no hubo norma legal que regulara la actividad eléctrica. Sin embargo, se han sucedido cuatro Dispositivos Legales que han regulado esta importante actividad.

- ☞ Ley de Industria Eléctrica N° 12378 del 08.06.55, época de “Concesiones” o de la “Industria Eléctrica”.
- ☞ Ley Normativa de Electricidad D.L. N° 19521 del 05.09.55
- ☞ Ley General de Electricidad N° 23406 del 29.05.82, época de la “Intervención Estatal” o del “Servicio Eléctrico”.
- ☞ Ley de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25844 del 06.11.92, época de las “Privatizaciones” o del “Negocio Eléctrico”.

¹ GIOVANNI BONFIGLIO VOLPE, “Historia de la Electricidad en Lima. Noventa años de Modernidad.” Museo de Electricidad – Electrolima .S.A 1º Edición Lima, Abril 1997, Pág. 13.

Para el análisis de las indicadas legislaciones es necesario remontarnos a la década de los años 80, cuando la energía eléctrica era suministrada por las empresas estatales con tarifas fijadas sin criterio técnico. A fines del año 80 el servicio eléctrico era brindado sólo al 40% de la población y habían continuas interrupciones del servicio. En 1992, pese a contarse con la capacidad instalada suficiente, se racionó el servicio eléctrico en cerca del 30% debido a la sequía que se presentó en el país en dicho año y al mal estado en que se encontraban las instalaciones de generación, transmisión y distribución, para atender las exigencias del servicio.

Las tarifas subsidiadas por debajo del costo de producción, además de impedir el desarrollo del sector, no permitieron a las empresas contar con recursos económicos para afrontar los gastos operativos, así como para la reposición y mantenimiento de las instalaciones. En el Sector Eléctrico y en otros sectores los subsidios eran cubiertos por el Estado que, al no tener suficientes ingresos por recaudación de impuestos, echó mano a emisiones inorgánicas de dinero, sin respaldo productivo, lo que desató altas tasas de inflación, que en la práctica constituyeron un impuesto mucho más alto e irracional, afectando a todo el país, incluyendo no sólo a los que tenían acceso al servicio eléctrico sino también a los que no lo tenían.

Esto, entre otros aspectos, llevó al Estado a reconsiderar su rol en el Sector Eléctrico, pasando de ejecutor a promotor y fiscalizador, promoviéndose la participación de la empresa privada. La Ley de Concesiones Eléctricas, diferencia las actividades de generación, transmisión y distribución, que se desarrollan en el marco de una regulación basada en la competencia, bajo la concepción de negocios eléctricos.

Desde 1990 las tarifas eléctricas se incrementaron, primero para sincerarlas hasta alcanzar un nivel que permitiera cubrir los costos del servicio, lo que se logró a principios del año 1995. Luego, ya en el marco de empresas

privadas, las tarifas han sufrido variaciones por debajo de la inflación, principalmente por los reajustes a nivel de generación.

El grado de electrificación en el Perú al año 2000 fue del 73 %, esto significa que la electrificación se ha expandido, incrementándose gradualmente la calidad del servicio, conforme se van mejorando las instalaciones, se espera que en los próximos 10 años se incremente al 90%². Estos logros son posibles debido al marco legal establecido por la Ley de Concesiones Eléctricas, que ha permitido privatizar las empresas públicas a fin de promover la competencia entre las empresas involucradas en el negocio eléctrico.

La globalización en el sector eléctrico es una realidad, tanto en nuestro continente como en el resto del mundo; cada día conocemos las nuevas fusiones o adquisiciones que se realizan para lograr economías de escala que permitan seguir ofreciendo un servicio continuo y de garantía para los millones de usuarios que atienden éstas megaempresas.

Las interconexiones entre países son también muestra de este nuevo paradigma de la "aldea global", ellos permiten que sistemas hidrológicos de países o regiones se complementen en beneficio de una estabilidad mayor para los servicios de cada uno. Nuestro país no escapa de ello, porque en octubre del año 2000 se realizó la interconexión entre los sistemas interconectados centro sur y el sistema interconectado sur, dado como resultado al Sistema Interconectado Nacional, y se habla de exportar energía por gasoductos. Un ejemplo claro de estos beneficios del progreso lo tenemos entre Brasil y Argentina, cuyas líneas de 1000 MW, trabajan en forma continua desde el año 1999.

Otra importante conexión se da entre Argentina y Chile tanto en gas como en electricidad.

² Fuente Diario Gestión. Sección Económica Pág. 2 del 12.12.00

1.1 Tecnológicos

La Ley de Concesiones Eléctricas desagregó el mercado eléctrico peruano en tres segmentos: generación, transmisión y distribución; ellos están constituidos, articulados e interconectados por los Sub Sistema Interconectado Sur (SIS) y Sub Sistema Interconectado Centro Norte (SICN), dando origen al Sistema Interconectado Nacional (SINAC).

a. Generación

En el Perú, la gran demanda eléctrica se cubre principalmente con la generación hidráulica, ya que nuestro país es rico en recursos hídricos, provenientes de los desniveles naturales de los ríos, los cuales se aprovechan a través de grandes obras civiles para obtener la caída de agua necesaria para producir electricidad. La principal central generadora que atiende las necesidades de las ciudades, es la Central Hidroeléctrica del Mantaro, ubicada en el Departamento de Huancavelica, que en la actualidad pertenece al Estado Peruano.

A las empresas que se dedican al negocio de la generación de la energía eléctrica se les denomina **Generadoras**. Asimismo, al conjunto de instalaciones eléctricas requeridas para generar energía eléctrica se le conoce como Central de Generación, la cual esta constituida por un conjunto de máquinas, equipos, instrumentos, etc. Si para hacer girar el eje de un generador aprovechamos la caída de agua de un río, estaremos ante una central de generación hidroeléctrica, por que utiliza recursos hídricos.

Si por el contrario utilizamos petróleo, carbón o gas natural como combustible para obtener la fuerza motriz que gire el eje del generador, la central se denominará Termoeléctrica. Si utilizamos un recurso termal obtenido directamente de la tierra, la central de generación de denominará Geotérmica.

La ventaja de una central térmica, es que se puede instalar cerca al lugar de consumo de la energía eléctrica, la desventaja es que tiene un alto costo y una potencia reducida de generación. La Central Térmica de Ventanilla, que está ubicada en la ciudad de Lima, entra en servicio sólo en horas de máxima demanda. En cambio, la Central Hidroeléctrica del Mantaro se construyó donde existe abundante recurso hídrico, tal como ocurre en la mayoría de centrales hidroeléctricas que son de grandes potencias, generalmente el recurso se encuentra distante del centro de consumo de la energía eléctrica.

Cuando se utiliza la reacción nuclear para generar electricidad, las instalaciones reciben el nombre de Central Nuclear. La Ley de Concesiones Eléctricas en su Artículo 5º establece que: "La generación de energía eléctrica de origen nuclear se normará por Ley expresa"³. El Perú aún no ha tenido necesidad de hacer uso de la energía nuclear ya que existen todavía fuentes alternativas de generación como las mencionadas anteriormente, que son menos peligrosas en su operación. Una falla en la seguridad de las centrales nucleares puede constituirse en una tragedia de proporciones inimaginables por efecto de los daños causados por la radioactividad, tal como ha sucedido en algunos países que utilizan esta tecnología.

b. Transmisión

Cuando la central de generación se encuentra distante al centro de consumo, existe un problema de ingeniería para transportar la energía eléctrica hasta el lugar donde se encuentran ubicados los usuarios finales de la electricidad, para ello se emplean las líneas de transmisión. Las empresas que se dedican a este negocio se les denomina **Transmisoras**, y por disposición de la Ley de Concesiones Eléctricas, la misma empresa generadora de electricidad no puede dedicarse al negocio de la transmisión.

³ Ley de Concesiones Eléctricas: Artículo 5º 06.11.92. P. 110499

Una característica importante de las líneas de transmisión es que para hacer más eficiente el transporte de la energía eléctrica se eleva a altas tensiones, tales como las existentes en el Perú: 220 kV. y 138 kV., por esta razón, se les conoce como líneas de alta tensión. La energía eléctrica que generalmente tiene que transmitirse desde la central de generación es de una magnitud considerable. Como la energía es directamente proporcional a la potencia eléctrica y ésta a su vez es función del producto de la tensión eléctrica y corriente eléctrica, existen dos alternativas para transportar una determinada cantidad de energía: Utilizar altas tensiones y valores bajos de corriente, o utilizar bajas tensiones y valores altos de corriente.

La segunda alternativa es desde el punto de vista técnico un imposible dado que se requerirían conductores eléctricos de gran sección y, por lo tanto, de alto costo para transportar las grandes corrientes requeridas, por esta razón, se opta por altas tensiones para la transmisión de la energía eléctrica. Otro aspecto técnico que es necesario resaltar, es que la transmisión podría efectuarse por conductores que estén enterrados bajo el suelo (transmisión subterránea) o ubicados encima del nivel del suelo (transmisión aérea); aquí prima el aspecto económico, ya que efectuar la transmisión subterránea es de un alto costo, dado las grandes distancias y difíciles recorridos a través de topografía accidentada, por lo que la transmisión es aérea.

Debido a la gran cantidad de energía que tienen que transportar las líneas de transmisión, aún utilizando altas tensiones, las empresas transmisoras se ven en la necesidad de utilizar conductores de electricidad de gran capacidad de corriente y ello sólo se consigue con conductores de sección considerable y de gran peso. Por el elevado nivel de tensión es necesario instalar estos conductores a una altitud considerable con respecto al nivel del suelo. Es por estas dos razones principales: el peso de los conductores y las distancias de seguridad con

respecto al suelo, que las líneas de transmisión se caracterizan por la utilización de las conocidas torres de transmisión que sirven para soportar a los conductores a la altitud necesaria de modo tal de cumplir con las distancias de seguridad mínimas que protejan a personas, animales y bienes.

Otra característica importante de la mayoría de las líneas de transmisión son las grandes distancias que tienen que recorrer, como la línea de transmisión en 220 kV que va desde Marcona en el Departamento de Ica hasta la ciudad de Piura, las líneas de transmisión en 220 kV que recorren atravesando la Cordillera de los Andes, desde la Central Hidroeléctrica del Mantaro, ubicado en el Departamento de Huancavelica, hasta la ciudad de Lima. Estas últimas líneas de transmisión fueron objeto de innumerables atentados en época de terrorismo, que causaron los grandes apagones en las principales ciudades del país.

El Comité de Operación Económica del Sistema (COES), dispuso el 14.11.2000 su operación comercial de la Línea de Transmisión Mantaro-Socabaya quedando articulado el Subsistema Interconectado Sur con el Subsistema Interconectado Centro Norte, dando origen el Sistema Interconectado Nacional (SINAC).

c. Distribución

A las líneas aéreas alimentadas en 60 kV, se les denomina líneas de sub transmisión dado que el nivel de tensión es menor que el correspondiente a transmisión, esta tensión es requerida para transportar la energía eléctrica hacia otras subestaciones de transformación requeridas para reducir el nivel de tensión de 60 kV a 10 kV para facilitar la distribución de la energía eléctrica. Las empresas que dispongan de las instalaciones necesarias para reducir el nivel de tensión y ponerla a disposición de la gran mayoría de consumidores a

través de redes de distribución, se les conoce como **Distribuidoras**. Las empresas de generación y transmisión no pueden incursionar en el negocio de la distribución, por disposición de la Ley de Concesiones Eléctricas.

Las Redes de Distribución Primaria son aéreas y subterráneas, requieren de postes y conductores para llevar la energía eléctrica hacia las subestaciones de distribución, que reducen el nivel de tensión de 10 kV a 0,220 kV, estas subestaciones se encuentran más próximas a los usuarios finales de la electricidad. Las Redes de Distribución Secundaria son aéreas y subterráneas, son utilizadas para llegar hasta los usuarios finales, que hacen uso de la energía eléctrica en 220 voltios. Las Instalaciones de Alumbrado Público, también se inician en las subestaciones de distribución, sirven para iluminar las calles de la ciudad en horas de la noche. En el Diagrama 1 se observa un típico sistema eléctrico.

La Ley de Concesiones Eléctricas, creó los mercados libre y regulado del sector eléctrico peruano. El mercado de clientes libres, integrado por más de 200 grandes usuarios, consumen cerca del 45% de la electricidad que se genera en todo el país. Los precios de la electricidad para este mercado se fijan en negociación directa entre las empresas eléctricas y los consumidores.

El mercado regulado, representado por 3,2 millones de clientes residenciales, comerciales, artesanales e industriales pequeños y medianos, consumen el 55% del total de la energía generada. El valor de la electricidad para este mercado es regulado a través de la tarifa de electricidad, que refleja los costos eficientes de todas y cada una de las actividades necesarias para la prestación del servicio público de electricidad. La tarifa de electricidad para cada una de estas actividades se regulan periódicamente:

- ☞ La tarifa de generación (precio en barra) se regula cada seis meses.
- ☞ La tarifa de transmisión (peaje) se regula cada año.
- ☞ La tarifa de distribución (valor agregado de distribución) se regula cada cuatro años.

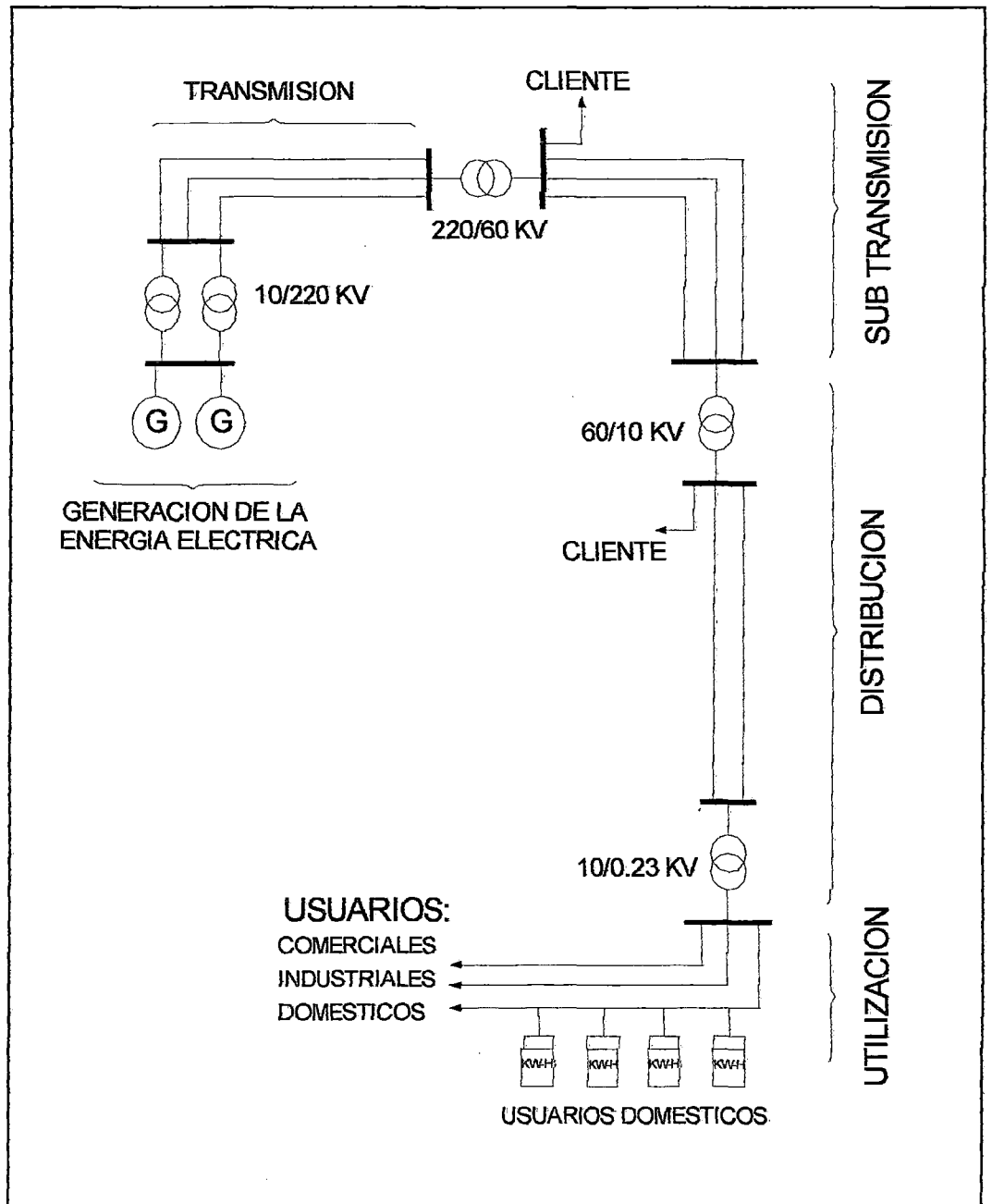


Diagrama 1. Sistema Eléctrico Interconectado

1.1.1 Calidad de los Servicios Eléctricos

En los dos anteriores Decretos Leyes N° 12378 y 23406 no existieron las normativas relacionados a la calidad de los servicios eléctricos; sin embargo, en la nueva Ley de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25844 promulgado el 06.11.92, Decreto Supremo N° 009-93-EM del 19.02.92 y su Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas, el Ministerio de Energía y Minas emite el Decreto Supremo N° 020-97-EM el 09.10.97, aprobando la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, para asegurar niveles satisfactorios de la prestación de los servicios eléctricos, garantizando a los usuarios un suministro adecuado, confiable y oportuno, asimismo se ha reglamentado los estándares mínimos de calidad de los servicios eléctricos, incluido el alumbrado público y las obligaciones de los usuarios y empresas de electricidad.

En los alcances de esta Norma, esta el suministro de servicios relacionados con la generación, transmisión y distribución de la electricidad sujetos a regulación de precios y de aplicación supletoria de la voluntad de las partes para aquel suministro que conforme a Ley, pertenece al régimen de libertad de precios. El control de la calidad de los servicios eléctricos se realiza en los siguientes aspectos:

- ☞ **Calidad del Producto:** Tensión, Frecuencia y Perturbaciones (Flicker y Tensiones Armónicas).
- ☞ **Calidad de Suministro:** Interrupciones.
- ☞ **Calidad de Servicio Comercial:** Trato al Cliente, Medios de Atención y Precisión de Medida.
- ☞ **Calidad de Alumbrado Público:** Deficiencias del Alumbrado.

⇒ **Resolución Directoral N° 029-95-EM/DGE**

Que aprueba directiva sobre cobro de deuda por consumo de energía eléctrica efectuado por persona distinta al propietario.

⇒ **Resolución de la Comisión de Tarifas Eléctricas N° 024-97 P/CTE (OPCIONES TARIFARIAS)**

Publicado 11-09-95

Vigencia 12-09-95

⇒ **Directiva N° 001-99-OS/CD**

Aprobada por resolución de Consejo Directivo Organismo Supervisor de la Inversión en Energía Osinerg N° 482-99-OS/CD

Publicado 4-08-99

Vigencia 5-08-99

⇒ **Resolución Directoral n° 311-97EM/DGE**

Contrastación de medidores de Energía Activa y Reactiva e Indicadores de Máxima Demanda

Publicado 24-11-97

Vigencia 25-11-97

⇒ **Decreto Supremo N° 020-97-EM**

Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)

Aprobación 09-10-97

Publicado 11-10-97

Modificaciones la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos

1. Decreto Supremo N° 009-99-EM de fecha 10 de abril de 1999.
2. Decreto Supremo N° 013-2000-EM de fecha 27 de julio de 2000.
3. Decreto Supremo N° 017-2000-EM de fecha 18 de setiembre de 2000.
4. Decreto Supremo N° 040-2001-EM de fecha 16 de julio del 2001, publicada el 17 de julio del 2001 en el Diario Oficial El Peruano. Normas Legales Páginas: 206840 al 206846.

⇒ **Ley N° 26969 de Extinción de deudas de electrificación y de sustitución de la contribución al FONAVI por el impuesto extraordinario de solidaridad**

Publicado 27-08-98

Vigencia 28-08-98

⇒ **Decreto de Urgencia N° 074-2000 que establece las disposiciones referidas a costos de conexiones domiciliarias de electricidad y al proceso de recuperación de deudas por créditos del FONAVI**

Publicado 14-09-00

Vigencia 15-09-00

El negocio eléctrico se basa en la Ley de Concesiones Eléctricas, sin embargo es necesario hacer una comparación con la anterior Ley General de Electricidad, en sus aspectos más relevantes.

1.2.1 Ley General de Electricidad Decreto Ley N° 23406

Esta Ley, normó todo lo referente al aprovechamiento de los recursos energéticos con fines de producción de electricidad, así como las actividades relativas a la generación, interconexión, transmisión, distribución, comercialización y utilización de la energía eléctrica; se utilizó el concepto de Servicio Público de Electricidad que estuvo a cargo del Estado siendo de necesidad y utilidad pública, de preferente interés nacional, el ejercicio de actividades destinadas al abastecimiento regular de energía eléctrica para uso de la colectividad. La Ley General de Electricidad D.L. N° 23406, fue promulgada el 18.05.82, publicada el 29.05.82 y constó de 17 Títulos, 142 Artículos, 13 Disposiciones Transitorias y 1 Disposición Final. Esta Ley fue derogada y sustituida por la Ley de Concesiones Eléctricas D. L. N° 25844.

1.2.2 Ley de Concesiones Eléctricas Decreto Ley N° 25844

La vigente Ley de Concesiones Eléctricas norma las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización

de la energía eléctrica. Su Reglamento han sido conceptualizados para dar inicio a la modernidad en el Servicio Público de Electricidad, bajo los siguientes principios: Régimen de Concesiones, Calidad de Servicios y Sistema de Precios.

El Ministerio de Energía y Minas en representación del Estado Peruano, es el encargado de velar por el cumplimiento de esta Ley, quien ha delegado en parte las facultades conferidas al Comité de Operación Económica del Sistema (COES), Comisión de Tarifas de Energía (CTE) y al Organismo Supervisor de Inversión en Energía (OSINERG).

Las disposiciones de la Ley de Concesiones Eléctricas, norma lo referente a las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía, que podrán ser desarrolladas por personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, previendo la conservación del medio ambiente y el Patrimonio Cultural Peruano.

El Servicio Público de Electricidad es de utilidad pública y constituye el suministro regular de energía eléctrica para uso colectivo, hasta los límites de potencia que son fijados de acuerdo a lo establecido por el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas. “En el Anexo de la Ley de Concesiones Eléctricas, se define el Sistema Económicamente Adaptado”⁴ explicando que es el sistema eléctrico en el que existe una correspondencia de equilibrio entre la oferta y la demanda de energía, procurando el menor costo y manteniendo la calidad del servicio.

La Ley de Concesiones Eléctricas, D.L. 25844, fue promulgada el 06.11.92 y publicada el 19.11.92, esta constituida por:

⁴ Anexo de la Ley de Concesiones Eléctricas del 06.11.92. P. 110508

11 Títulos, 123 Artículos, 13 Disposiciones Transitorias, 1 Disposición Final y 1 Anexo con 18 Definiciones ⁵.

Para una mayor claridad, es necesario establecer las diferencias más relevantes entre, las Leyes anterior y actual en el nuevo marco legal, se aprecia una variación sustancial del concepto de distribución y de la filosofía del negocio eléctrico, cambiando de un régimen con orientación netamente del Estado, que abre las posibilidades de acceso a la inversión privada en la actividad de la distribución eléctrica, dichas diferencias se indican en la Tabla 1:

⁵ Anexo de la Ley de Concesiones Eléctricas del 06.11.92. P. 110508

LEY GENERAL DE ELECTRICIDAD D.L. N° 23406	LEY DE CONCESIONES ELÉCTRICAS D.L. N° 25844
Empresa de Servicio Público de Electricidad: Generación, Transmisión y Distribución	Empresa de Distribución Negocio Eléctrico
Área de Responsabilidad Geográfica	Otorgamiento de concesiones con los límites acordados
Expropiación de Inversiones en la baja tensión	Reconocimientos de inversiones en baja tensión, bono / acciones, aportes financieros reembolsables
Pago de Aportes para Inversiones en media tensión, Aporte al Fondo de Ampliaciones	Reconocimientos de Inversiones en Media Tensión, bono / acciones, aportes financieros reembolsables
Tarifas Integradas	Diferenciación de los precios en barra y el Valor Agregado de Distribución, pliegos específicos
Niveles de Pérdidas de Potencia y Energía no eran explícitas	Fijación de Pérdidas Admisibles (estándares)
Compensaciones por Estructura de Mercado	Diferenciación de Mercados: área 1, 2 y 3 (alta densidad, media densidad, rural)
Ausencia de Garantías Tarifarias de Inversión	Garantía Tarifaria de Inversión
Ausencia de competencia monopolio del Estado	Competencia entre la empresa distribuidora real y la empresa modelo eficiente
Cambio permanente de las reglas según criterio	Estabilidad de las Reglas de Juego: 4 años
Racionamiento de Energía "Programadas"	Compensación por energía no suministrada
Tarifa única por tipo de uso de la energía	Libre Elección de Opción Tarifaria
Alumbrado Público a cargo del Municipio	Responsabilidad de la prestación de A. P. y posibilidad de cobranza directa
Fijación de Tarifas por Costos Medios, sin criterio de eficiencia	Criterio de Costo Marginal en la fijación, procedimiento explícito para la regulación, con criterio de eficiencia

Tabla 1. Diferencias relevantes entre la Ley General de Electricidad y la vigente Ley de Concesiones Eléctricas.

1.3 Sociales

El sistema Eléctrico en el Perú, durante los años 1985 a 1995 (época del terrorismo), fueron constantemente afectadas con explosiones de dinamita las líneas de alta tensión de 220 kV, alterando al sistema su performance sustancialmente, además, originando el derribo de las torres metálicas, caída de los conductores eléctricos, creando el desabastecimiento de la energía eléctrica durante horas, días y semanas a los consumidores más importantes del territorio nacional, el colapso de las instalaciones eléctricas, cierre de fábricas, despido de trabajadores y la galopante hiperinflación, con los perjuicios sociales de todos los peruanos. La información estadística de las principales torres derribadas de 220kV, se muestra en la Tabla siguiente:

AÑOS	NÚMERO DE TORRES DERRIBADAS - 220kV	
	ELECTROPERÚ S.A.	ELECTROLIMA S.A.
1985 a 1987	15	03
1987 a 1989	14	04
1989 a 1991	18	01
1991 a 1993	09	05
1993 a 1995	05	02

Tabla 2. Torres derribadas - 220 kV ⁶

1.3.1 Reclamos a nivel de personas naturales y jurídicas

Dentro del Marco Legal de la Actividad Eléctrica, para saber cuándo, cómo y dónde presentar nuestros reclamos, existe la Directiva N° 001-99-OS-CD sobre normas, que regulan el procedimiento administrativos de reclamaciones de usuarios del servicio público de electricidad, aprobado por Resolución de Consejo Directivo Organismo

⁶ ELECTROPERÚ. Revista de Datos Estadísticos. Volumen 02. Pág. 05

Supervisor de la Inversión en Energía OSINERG N° 482-99-OS/CD del 04.08.99⁷

Los usuarios o consumidores del servicio público de electricidad, tienen derecho a ser escuchados, los reclamos se pueden tramitar directamente ante el concesionario, o mediante un representante autorizado por carta poder simple. Los motivos de los reclamos pueden ser por considerar excesivo el importe de la factura, por incorrecta aplicación de la tarifa, por falta de lectura mensual del medidor o errores en las lecturas por parte del concesionario. Además, ante un servicio de mala calidad técnica, por falta de compensación por las interrupciones del servicio, por considerar injustificado el cobro de un recuperado y por el cobro de deudas de terceros.

La presentación de la queja puede ser por escrito, directamente o vía fax, también en forma verbal, personal o por teléfono. En el primer caso, el usuario debe describir claramente sus pedidos y asegurarse de recibir un cargo sellado al dejar el documento, y adjunta sus datos generales, número de suministro, fotocopia del DNI, pruebas que sustenten el reclamo (facturas, inspecciones, pericias). En el segundo caso, debe asegurarse que se anoten todos los temas de su reclamo y se precise claramente el pedido, debiendo pedir una copia del formato donde quede asentado su reclamo. En el tercer caso, el usuario debe pedir un número de registro del reclamo para el seguimiento posterior. Es importante que anote la fecha, hora y el nombre completo del funcionario que lo atendió.

Después de verificar la documentación presentada, el concesionario deberá citar a una audiencia. Tiene treinta días a partir de la fecha en que se recibe el reclamo para emitir una resolución declarando fundado (a favor del usuario) o infundado (en contra). Esta respuesta deberá ser comunicado al usuario en un plazo de 10 días útiles.

⁷ Boletín Normas Legales Diario Oficial El Peruano del 04.08.99 Pág. 15

Si el concesionario no resolviera o notificara en los plazos señalados, el usuario puede considerar fundado su reclamo.

Es importante saber que el usuario no está obligado a pagar el importe por el reclamo, ni moras ni intereses, mientras no se resuelva su solicitud. El concesionario no puede condicionar la atención del reclamo al pago previo de la factura materia de la queja, ni de los intereses y moras. El concesionario sí tiene derecho a exigir al usuario el pago de la factura que no esté relacionado con el reclamo. "Mientras el reclamo está en trámite, el servicio eléctrico no podrá ser cortado, siempre y cuando el usuario cumpla con las demás obligaciones" ⁸.

Las empresas privadas pertenecientes a la actividad eléctrica, ante la exigencia del cumplimiento de la ley de Concesiones Eléctricas, de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, de las disposiciones de los organismos reguladores y supervisores, están invirtiendo capital en la expansión del servicio y el mejoramiento de la calidad, sin embargo, ante la existencia de instalaciones eléctricas que han cumplido su vida útil y la falta de tecnología de punta para el mantenimiento preventivo de las instalaciones, se suceden reclamos motivados por:

- . Cajas portamedidores metálicas energizadas (a tierra)
- . Contadores de energía no calibrados
- . Instalaciones secundarias a tierra
- . Calles y avenidas con lámparas quemadas
- . Altos pagos por energía no consumida
- . Error de lectura en los medidores
- . Reventa de energía eléctrica a terceros
- . Falta de reconexión del servicio suspendido
- . Daños a instalaciones causados por terceros (choques)

⁸ Suplemento Especial Empresa Editora El Comercio del 27.03.2001. Pág. 10

- . Deterioro de equipos eléctricos por sobretensión
- . Accidente de personas, por zanjas no cubiertas
- . Falta de señalizaciones preventivas en ejecución de obras eléctricas
- . Otros.

1.4 Política Gubernamental (1990-2000)

El Perú a partir de 1990, implantó una nueva estrategia de desarrollo basado en el predominio de los mecanismos del mercado y de la hegemonía de la propiedad privada. Las reformas llevadas a cabo fueron orientadas a establecer un marco institucional para las actividades económicas, promoviendo la eficiencia en la utilización de los recursos, la liberación del mercado y la libre competencia. El país ha logrado una sólida reactivación económica, su reinserción en el sistema financiero internacional, reglas estables del mercado, ha permitido un notable incremento en la captación de inversión extranjera. El proceso de privatización caracterizado por ser dinámico, abierto y transparente, implica transferencias de activos e importantes compromisos de inversión tendientes a lograr una mayor eficiencia empresarial y desarrollo de la actividad eléctrica.

Hacia el futuro el mercado potencial de energía eléctrica tiene grandes perspectivas, en razón de los mayores requerimientos de energía eléctrica originados por el incremento de las actividades productivas, el ingreso de nuevos proyectos mineros e industriales y la incorporación de poblaciones no electrificadas actualmente. Para cubrir la demanda energética nacional dentro de la política principal, es la de reemplazar el petróleo diesel y otros combustibles por gas natural, que esta originando mayor competitividad entre las empresas nacionales, al proporcionar energía a un menor costo, con lo que se estará en igualdad de condiciones con otras empresas de países vecinos. La disponibilidad de dicha energía provoca una reactivación y expansión industrial; además permite, el desarrollo de nuevas industrias en los diversos sectores

industrial, doméstico y automotriz, mejorando el nivel de vida de nuestra población por ser un combustible limpio y barato.

Para una adecuada administración de los recursos energéticos se crearon los siguientes organismos:

- ☞ **Ministerio de Energía y Minas (MEM)**, que en representación del Estado Peruano realiza acciones para satisfacer los requerimientos de organizaciones nacionales, extranjeras y personal en general, interesados en conocer los avances del subsector eléctrico y sus perspectivas de desarrollo, que ofrecen interesantes oportunidades para la inversión privada.
- ☞ **Dirección General de Electricidad (DGE)**, es el órgano técnico normativo del Ministerio de Energía y Minas, encargada de proponer y/o expedir la normatividad de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, además de, promover el desarrollo del subsector eléctrico. Con la promulgación de la Ley de Concesiones Eléctricas, en el marco de las reformas emprendidas por el Estado, el subsector eléctrico ha experimentado cambios importantes como el impulso del negocio eléctrico en una economía moderna, basada en la libre competencia y en precios de eficiencia.
- ☞ **La misión** de la Dirección General de Electricidad, es formular e implementar las políticas del Sub Sector Electricidad, que aseguren el adecuado abastecimiento de energía eléctrica en todo el ámbito nacional, promoviendo la inversión privada en armonía con los intereses nacionales.
- ☞ **Los Objetivos** son promover la inversión privada en las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica evaluar la gestión del Subsector Electricidad, supervisando la calidad del servicio en un marco de conservación del medio ambiente y del Patrimonio

Cultural de la Nación. Formular la normatividad necesaria que impulse la descentralización paulatina e incentive la competencia en el Sub Sector.

- ☞ **Las funciones** de la Dirección General de Electricidad, es normar en el Sub Sector Eléctrico, las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, asimismo, promover el desarrollo del Sub Sector Eléctrico y finalmente, suscribir contratos de concesiones eléctricas y otorgar autorizaciones de generación eléctrica.
- ☞ **El Estado** representado por la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas, responsable del otorgamiento de concesiones y autorizaciones para participar en el negocio eléctrico, la promoción y normalización.
- ☞ **Clientes o Usuarios** son aquellos que realizan sus transacciones en forma libre (demanda superior a 1 MW), o que pertenecen al Servicio Público de Electricidad.
- ☞ **Empresas Eléctricas** constituidas por las concesionarias de electricidad y las entidades autorizadas que pueden ser: Generadoras, Transmisoras y Distribuidoras.
- ☞ **Comisión de Tarifas de Energía**, la (CTE) es un organismo técnico y autónomo conformado por representantes de las empresas generadoras, distribuidoras, transmisoras y del Estado, cuya responsabilidad es establecer las tarifas eléctricas para el mercado.
- ☞ **Comité de Operación Económica del Sistema**, el COES está constituido por las empresas generadoras y transmisoras de un mismo sistema interconectado, tiene como objetivo el despacho al mínimo costo.

- ☞ **Organismo Supervisor de Inversión en Energía**, la misión del OSINERG es fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones legales y técnicas del subsector eléctrico y de las referidas a la protección del medio ambiente.
- ☞ **Instituto de Defensa de la Competencia y de la Propiedad Intelectual**, el INDECOPI en el campo eléctrico, vela por el cumplimiento de las leyes del mercado y defiende los intereses de los productores y consumidores que pudieran verse afectados.

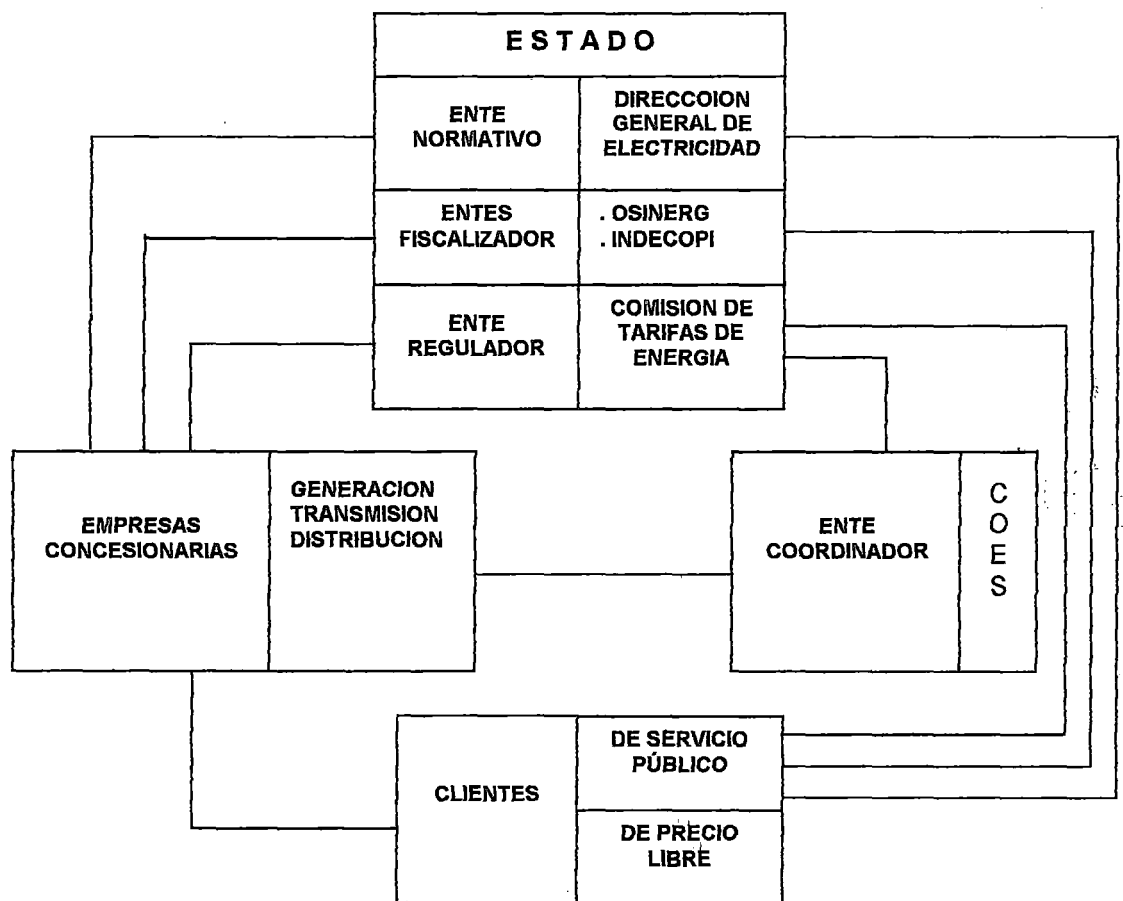


Diagrama 2. Actores que intervienen en el mercado eléctrico.

CAPITULO II

2. PRODUCTORES Y CONSUMIDORES DOMÉSTICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

2.1 Características

Las empresas concesionarias de generación de la energía eléctrica son las que producen y comercializan el producto eléctrico con los usuarios de la electricidad, esta energía es generada por centrales:

a. Hidroeléctricas

Estas centrales por su construcción son de grandes potencias que aprovecha el recurso hídrico con grandes caudales para romper la inercia del rotor de los generadores eléctricos, ubicados a grandes distancias de los centros de utilización. El 87.62% de la demanda eléctrica nacional es abastecido por estas centrales.⁹ El tiempo promedio para su diseño y construcción de las centrales hidroeléctricas son de cinco a diez y de diez a quince años respectivamente. La comisión Permanente del Congreso aprobó el 01.03.2001, la Ley de Promoción de Centrales Hidroeléctricas y su disposición complementaria única de la Ley N° 27239, que suspendía la aprobación de nuevas centrales hidroeléctricas.

b. Térmicas

Son construidas e instaladas en los centros de carga considerando su radio óptimo de cobertura en el suministro de la energía eléctrica en especial en horas de máxima demanda (horas punta), su costo de generación de la energía eléctrica es mayor comparado con las centrales hidroeléctricas, por usar como combustible principal el petróleo

⁹ Revista: Operación del Sector Eléctrico OSINERG Año 2 N° 3 Abril 2001 – Pág. 1

diesel-2, la producción acumulada de energía en el Sistema Interconectado Nacional durante los tres primeros meses del año 2001 ha mostrado un crecimiento del 2,4% respecto a la producción conjunta del Sub Sistema Interconectado Centro Norte y el Sistema interconectado Sur durante el mismo periodo del año 2000 la participación hidroeléctrica se incremento en 8,2% mientras que la participación termoeléctrica disminuyó en 48,7%.

MESES	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA - SINAC (GW.h)					
	2001			2000 (*)		
	Hidráulica	Térmica	Total	Hidráulica	Térmica	Total
Enero	1426	95	1521	302	165	1467
Febrero	1350	48	1389	1254	151	1405
Marzo	1461	88	1549	359	134	1493
Enero-Marzo	4237	231	4468	3915	450	4365
%	95%	5%	100%	90%	10%	100%

(*) LA PRODUCCIÓN DEL AÑO 2000 ES LA SUMA DE LA PRODUCCIÓN DEL SICN y SIS

Tabla 2. Producción de Energía Hidráulica y Térmica del SINAC.¹⁰

La producción de energía eléctrica a nivel de empresas muestra que en el año 2001, las empresas eminentemente termoeléctricas como ETEVENSA y SHOUGESA han disminuido su participación debido a la operación de centrales más eficientes, siendo la producción de energía en Marzo del año 2001 fue 3,8% mayor que la producción conjunta del Sistema Interconectado Centro Norte y Sistema Interconectado Sur para el mismo mes del año 2000.

¹⁰ Revista: Operación del Sector Eléctrico OSINERG Año 2 N° 3 Abril 2001 – Pág. 2

EMPRESA	GW.h		
	ENERO	FEBRERO	MARZO
	2001	2001	2001
ELESTROPERÚ	574,0	526,4	514,7
CAHUA / CNP	43,7	46,6	36,0
EDEGEL	405,4	377,5	441,5
ETEVENSA	0,0	0,0	0,3
EEPSA	7,9	5,1	10,2
AGUAYTÍA	1,9	7,2	11,3
EGENOR	140,9	126,6	158,0
EGECEN	96,8	91,6	112,2
SHOUGESA	0,0	0,0	0,7
EGASA	90,8	112,8	124,0
EGESUR	10,1	9,9	12,1
EGEMSA	0,4	0,6	0,6
ENERSUR	72,8	25,4	52,9
SAN GABÁN	76,4	68,1	74,8
TOTAL 2001	1521,0	1397,8	1549,3
TOTAL 2000	1467,2	1404,9	1492,6
% CRECIMIENTO	3,7%	- 0,5%	3,8%

Tabla 3. Producción de Energía por Empresas (Abril 2001) ¹¹

2.1.1 De los productores

Para cubrir la gran demanda eléctrica a nivel nacional la electricidad es producido principalmente por las centrales hidroeléctricas y térmicas, esta demanda es complementada por los pequeños sistemas aislados particulares ubicados en zonas rurales accidentados de nuestro territorio.

¹¹ Revista: Operación del Sector Eléctrico OSINERG Año 2 N° 3 Abril 2001 – Pág. 3

2.1.1.1 Lucrativas

Las empresas generadoras de la electricidad que operan bajo el régimen de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844, tienen como objetivo primordial obtener la máxima rentabilidad, con mínimas inversiones, sin embargo de acuerdo a la política legislativa eléctrica, el Estado representado por el Ministerio de Energía y Minas, con los entes fiscalizadores: Comisión de Tarifas de Energía, Comité de Operación del Sistema y el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía, son supervisadas las actividades relacionadas con la generación de la energía eléctrica.

Estas grandes empresas deben invertir capital para asegurar niveles satisfactorios de la prestación de los servicios eléctricos, garantizando a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable, oportuno y respetando los estándares mínimos de calidad del producto eléctrico.

2.1.1.2 De inversiones

En el año 2000 el crecimiento del Producto Bruto Interno global fue 3,6%, menor respecto al similar periodo del año 1999, debido a un franco estancamiento en el último trimestre de aquel año.

“La política de Inversiones de las Empresas se refleja en la situación Económica y Financiera de las empresas de Electricidad que al 31 de diciembre del 2000, los activos están constituidos por inversión en activos fijos que alcanzó el 84%, con S/. 18 696,4 millones, concentrándose el 64% en las empresas generadoras, el 29% en las distribuidoras y el 7% en las transmisoras.

Con relación al pasivo y al patrimonio neto, la mayoría de las empresas cuentan con un bajo nivel de financiamiento externo¹²

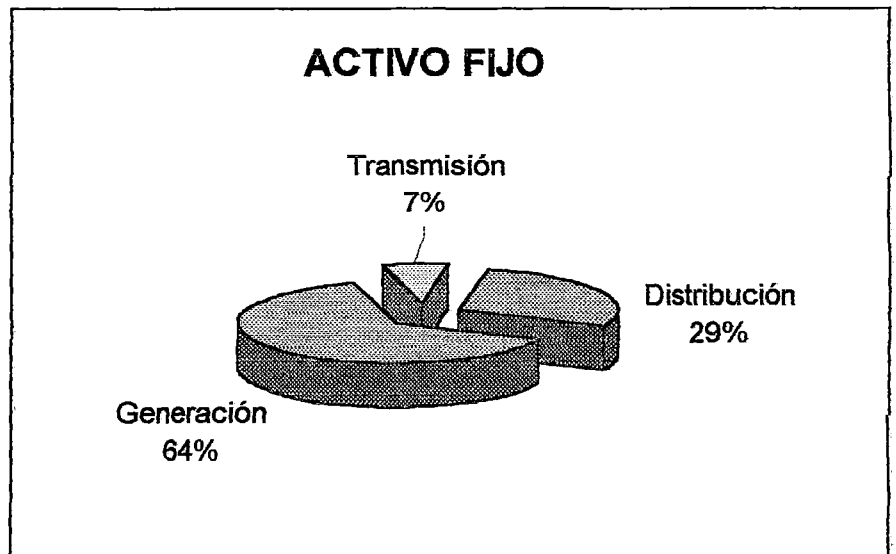


Diagrama 3. Inversión Económica de Empresas de Electricidad ¹³

Con respecto al Estado de Ganancias y Pérdidas de las empresas de electricidad, los ingresos totales alcanzaron S/. 3231 millones para el primer semestre del año 2000. Los gastos de las empresas ascendieron a S/. 2334 millones, esto trajo como consecuencia que la utilidad operativa sea de S/. 896.8 millones y que la utilidad neta alcance la cifra de S/. 655.2 millones.

¹² COMISIÓN DE TARIFAS DE ENERGÍA. Anuario Estadístico 1999. Pág. 66 – 92. e-mail: postmaster@cte.org.pe, web page: <http://www.cte.org.pe>

¹³ Revista: El Informativo CTE. Marzo 2001. año 5 N° 1 P. 25

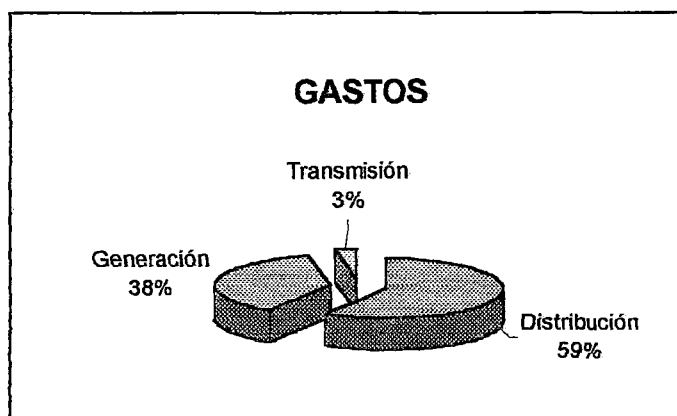


Diagrama 4. Ingresos Económicos de las Empresas de Electricidad ¹⁴

2.1.1.2.1 Renovación Tecnológica

La nueva Ley de Concesiones Eléctricas D.L. 25844 y su Reglamento han creado condiciones de apertura del mercado, que a su vez han permitido la intervención del capital privado en el sector eléctrico. Como resultado, en términos de inversión se han canalizado 1500 millones de dólares aproximadamente y se han comprometido otros 500 millones más, ahora en término de capacidad instalada, la privatización ha significado que la oferta eléctrica se incremente en alrededor de 1100 MGW.

Ante el avance del desarrollo y el uso de tecnologías de punta, las empresas pertenecientes al negocio eléctrico de generación, transmisión y distribución, se ven en la necesidad de invertir capital para cumplir lo dispuesto en la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, que exigen el

¹⁴ Revista: El Informativo CTE. Marzo 2001. año 5 Nº 1 P. 25

aseguramiento de niveles satisfactorios de la prestación de los servicios eléctricos, garantizando a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno, respetando los estándares mínimos de calidad del Producto Eléctrico.

2.1.1.2.2 Ampliación de Servicios

Las empresas eléctricas privadas vienen ejecutando importantes proyectos y obras de electrificación en distintas localidades pertenecientes a su zona de concesión con el beneficio de los habitantes, incluido la mejora de la calidad del alumbrado público utilizando modernos equipos para la iluminación de las vías públicas.

Las concesionarias eléctricas están ofreciendo nuevos servicios para satisfacer las necesidades de los clientes dentro de sus hogares tales como: **Protección y Asistencia al Cliente**, este es un seguro de cobertura mensual que busca dar tranquilidad a los clientes con menores recursos y a sus familiares, también protegerlo de una serie de eventualidades, tales como fallas eléctricas internas, incendios, en caso de fallecimiento del afiliado, se ofrece cobertura de sepelio y pago de consumo de energía eléctrica y alimentación por un año. Otro servicio es la **cobranza compartida** que tiene como finalidad brindar una eficiente y rápida atención a los clientes, las empresas distribuidoras están promoviendo y luego suscribiendo un convenio de cobranza compartida con las empresas de servicios. Este servicio permite que los clientes de las tres empresas puedan realizar los pagos de luz, agua y

teléfono en cualquiera de los centros de servicios y de cobranza. De esta manera, pueden elegir en centro de servicio más cercano a su casa y así, ahorrar tiempo en el trámite y en el transporte.

2.1.2 De los Consumidores

2.1.2.1 Sociales

El Instituto Nacional de Estadística e Información (INEI) puso a disposición el documento "Planos Estratificados de Lima Metropolitana a Nivel de Manzanas según los Estratos Sociales Económicos de los Hogares" que fue definido en base a los Censos Nacionales de Población y Vivienda; de 1996 publicada en 1998, de la Encuesta Nacional de Hogares¹⁵, considerando 23 variables relevantes y explicativas que caracterizan los niveles de vida de los hogares. El INEI determinó los estratos siguientes:

CLASE	ESTRATO	MANZANA (%)
A	ALTO	4,5
B	MEDIO ALTO	11,7
C	MEDIO	13,7
D	MEDIO BAJO	14,5
E	BAJO	38,4

Tabla 4. Estratos sociales fuente INEI

El 17,2% restante, representa las manzanas con parques, viviendas improvisadas, sólo con guardianía, viviendas colectivas, establecimientos y viviendas improvisadas. El 66,6% de los clientes de tipo residencial de

¹⁵ INEI – Planos Extratificados de Lima Metropolitana – Censos Nacionales: IX de Población, IV de Vivienda Cap. II. 1995. P.6

las empresas de electricidad pertenecen a los estratos: Medio (C), Medio Bajo (D) y Bajo (E)¹⁶. Más de la mitad de la población viven en condiciones de extrema pobreza y la energía eléctrica es el primer servicio público al que acceden. Para ellos la llegada de la electricidad significa la llegada del progreso, una mejora significativa en su calidad de vida e importantes beneficios para las ciudades hoy día atendidos por las empresas eléctricas del sector privado. La privatización del Sector Eléctrico ha sido un factor clave para el desarrollo, como resultado el Coeficiente de Electrificación Nacional ha pasado del 0,59 en 1994 a 0,73 en el año 2000.

La disminución de la tarifa eléctrica, es producto de las mejoras en eficiencia. El Perú en Latinoamérica es el país que tiene una tarifa promedio de las más bajas. Una familia de un asentamiento humano solo necesita S/.0,9 diario para cubrir el servicio de energía eléctrica (la iluminación con velas cuesta de 4 a 5 veces más que hacerlo con energía eléctrica).

2.1.2.2 Culturales

Los consumidores domésticos de la electricidad dentro del gran negocio eléctrico, carecen de **cultura eléctrica**, es decir, no tienen conocimiento para reclamar sus derechos y obligaciones; asimismo, carecen de los conceptos básicos (parámetros eléctricos), que gobiernan la electricidad dentro del gran negocio eléctrico. Igualmente desconocen de la afectación de sus artefactos eléctricos y electrónicos al

¹⁶ INEI – Planos Extratificados de Lima Metropolitana – Censos Nacionales: IX de Población, IV de Vivienda Cap. II. 1995. P.6

transgredir los límites porcentuales de los parámetros que determinan la buena o mala calidad del producto eléctrico. Con relación al uso adecuado de la energía eléctrica y a las medidas preventivas contra los riesgos eléctricos, hemos verificado que los usuarios domésticos de la electricidad carecen de los conocimientos útiles y necesarios.

Sin embargo, para generar cultura eléctrica en los usuarios domésticos de la electricidad, se aplicó metodológicamente la Enseñanza-Aprendizaje de las definiciones básicas que gobiernan la electricidad, que son, el voltaje, la frecuencia y los armónicos perturbadores; asimismo, con mayor profundidad la lectura y manejo del nuevo registrador "REVOFREPER". Los usuarios domésticos al leer el voltaje, la frecuencia y los armónicos que indica el nuevo registrador, están determinando la calidad del producto eléctrico y como consecuencia se está generando **cultura eléctrica** en los usuarios domésticos de la electricidad.

Las empresas de electricidad, en el aspecto cultural para los usuarios de la electricidad, están elaborando y difundiendo conocimientos sobre los derechos y obligaciones de las empresas y consumidores de la electricidad.

2.1.2.3 Económicas

Los consumidores domésticos de la electricidad son afectados en su economía al realizar pagos por energía no consumida, es decir son contabilizados en el contador de energía activa (medidor de corriente), las corrientes armónicas que circulan contaminando las instalaciones

eléctricas, estas pequeñas corrientes son generados en las mismas instalaciones de las empresas de electricidad y por los usuarios domésticos e industriales, también son afectados los usuarios, al ser dañados sus artefactos electrodomésticos por transgresiones del voltaje, la frecuencia y las perturbaciones, es decir al utilizar el usuario doméstico energía de mala calidad.

2.1.2.4 Reclamos

Los consumidores domésticos de la energía eléctrica pueden reclamar ante las empresas concesionarias por la mala calidad del producto eléctrico, especialmente por pagos de energía eléctrica no consumida y por otros que indica la Guía de Reclamos elaborado y aprobado por la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas, con Resolución Directoral N° 012-95-EM/DGE del 14.08.95, y dentro del Marco Legal de la Actividad Eléctrica en la Directiva N° 001-99-OS-CD, norma y regula el procedimiento administrativo de reclamaciones de usuarios del servicio público de electricidad, aprobada por Resolución de Consejo Directivo Organismo Supervisor de la Inversión en Energía OSINERG N° 482-99-OS-CD.¹⁷

Los aspectos más relevantes de esta Guía son: Pueden reclamar, todas las personas naturales o jurídicas titulares del Servicio de Electricidad o los que tengan legítimo interés. El reclamo se puede tramitar directamente o por medio de un representante debidamente acreditado como tal. Los motivos para reclamar son:

¹⁷ Boletín de Normas Legales Diario El Peruano del 04.08.99

- ☞ Consumos excesivos en la factura mensual.
- ☞ Aplicación incorrecta de las tarifas.
- ☞ Cobros indebidos.
- ☞ No aceptación de libre opción de la tarifa.
- ☞ No devolución de las contribuciones reembolsables.
- ☞ Bajo nivel de voltaje (Calidad de Producto).
- ☞ Mala Calidad del Servicio (frecuentes interrupciones).
- ☞ No compensación por interrupción del servicio.
- ☞ Recuperos de energía no sustentados.

Los reclamos pueden presentarse en forma verbal, personalmente, por escrito o por fax, si el reclamo es verbal, la Empresa que comercializa la energía eléctrica deberá registrar el nombre de la persona que reclama, número de suministro, motivo del reclamo, las pruebas que los sustentan (recibos de luz, pagos realizados, comunicaciones de la empresa, etc.), la firma del usuario o de su representante legal. Cuando se presenta un reclamo está prohibido que la concesionaria condicione la atención al pago previo de la factura materia del reclamo, ni de sus intereses ni moras. Mientras el reclamo se encuentre en trámite el servicio eléctrico no puede ser cortado ni suspendido, siempre que el cliente cumpla con sus demás obligaciones comerciales que no sean materia de reclamo.

Hasta que se resuelva el reclamo, las facturas posteriores no deberán incorporar la deuda reclamada, ni sus intereses ni moras. Si tiene algún motivo para presentar un reclamo, dirigirse a la sucursal más cercana de la empresa eléctrica que presta servicio en su localidad, en dicha sucursal presente su reclamo, adjuntando las pruebas que la sustentan y debe recibir un cargo de recepción que es la constancia de que presento su reclamo.

La agencia, sucursal o cualquier otro representante de la empresa autorizada, está obligada a recibir el reclamo formulado. Un vez admitido el reclamo, la concesionaria tiene 30 días calendarios para pronunciarse mediante una resolución, declarando fundado o infundado el reclamo. Si la concesionaria no se pronuncia dentro del plazo establecido de 30 días, se tiene dos alternativas, la primera, ante la falta de pronunciamiento por parte de la Concesionaria, se puede considerar denegado el reclamo.

En tal sentido, podrá presentar recurso de Reconsideración o Apelación (silencio administrativo negativo), la segunda es presentar su Recurso de Queja ante el Ministerio de Energía y Minas, debidamente sustentado contra los defectos de tramitación que supongan demora de los plazos establecidos. En este caso si la queja es fundada la empresa estará obligada a pronunciarse.

La Resolución de primera instancia administrativa, que emita la Concesionaria deberá ser fundamentada precisando la Norma Legal aplicable y declarar fundado o infundado, el reclamo presentado. Esta Resolución deberá ser notificada al usuario, si no está conforme con la Resolución de la Empresa, tiene dos opciones, la primera es presentar una Reconsideración y la segunda una Apelación. Cuando se solicita una Reconsideración, el plazo para presentarla es de diez días útiles contados a partir del día siguiente de la notificación de la Resolución, los requisitos son, carta debidamente sustentada y las pruebas adicionales, exponiendo nuevas razones, la reconsideración será resuelta en el plazo máximo de 10 días útiles.

Con la resolución que resuelva la reconsideración finaliza la primera instancia administrativa. Si la Concesionaria declara infundada, improcedente o inadmisibles el reclamo o le deniegan la reconsideración, debe presentar una apelación según el trámite, en el plazo de diez útiles desde la notificación de la Resolución, el usuario presenta un escrito sustentando la apelación (Hechos y Derechos) ante el mismo Concesionario que emitió la Resolución que es materia de apelación, adjuntando el pago del Derecho del Tasa Único de Procedimiento Administrativo (TUPA) en el Ministerio de Energía y Minas o en la cuenta corriente del Banco de Nación (vigente), con nuevas pruebas instrumentales.

La empresa dentro de cinco días útiles deberá elevar el expediente al Ministerio de Energía y Minas con todos los actuados, para su pronunciamiento final. La Resolución del Ministerio de Energía y Minas que se pronuncie sobre la apelación, confirmará, revocará o declarará la nulidad de la Resolución de la empresa.

El plazo máximo para resolver el recurso de apelación es de 30 días calendario. Con lo resuelto por el Ministerio de Energía y Minas o habiendo operado el silencio administrativo negativo se tendrá por agotada la vía administrativa, quedando expedita la vía judicial. Para presentar el Recurso de Apelación, no es obligatorio presentar Recurso de Reconsideración. El Recurso de Nulidad, No es procedente (Art. 99° y 100°, Decreto Supremo N° 02-94-JUS) por cuanto con lo resuelto por el MEM, se agota la vía administrativa.

En cualquier estado del procedimiento de reclamo, el usuario puede recurrir en queja ante el Ministerio de Energía y Minas, contra defectos de tramitación que supongan demora o infracción de los plazos establecidos, también contra la denegatoria no justificada a dar trámite a la apelación interpuesta. Transcurrido los 30 días calendario desde la fecha de recepción de su reclamo sin que la empresa o el Ministerio de Energía y Minas se pronuncien, el usuario podrá considerar denegado su reclamo o esperar su respectivo pronunciamiento. Las recomendaciones importantes que debe conocer los usuarios de la electricidad son: La energía en horas punta de 18 a 23 horas cuesta hasta 2,5 veces más que en horas fuera de punta y la potencia 3,6 veces más. El usuario tiene derecho a elegir la opción de las tarifas que más le convenga y las empresas eléctricas están obligadas a aceptar su elección. Una adecuada elección de la tarifa puede significarle económicamente hasta un 50% de ahorro.

La adquisición de los materiales e instalación de las conexiones, incluido su equipo de medición, puede solicitarla a la empresa concesionaria o ejecutarla directamente a través de empresas contratistas debido a que este concepto no se encuentra regulado, es de libre competencia. Si tiene un inmueble alquilado o en posesión de terceros es de aplicación la Directiva N° 002-95-EM / DGE¹⁸. Si usted no está conforme con la facturación de sus consumos de energía, presente su reclamo antes de suscribir algún convenio de facilidades de pago con la concesionaria.

¹⁸ Publicación en el Diario Oficial El Peruano el 11.09.95. Pág. 15

En el Artículo 93° la Ley de Concesiones Eléctricas dice: “Las reclamaciones de los usuarios respecto a la prestación del Servicio Público de Electricidad serán resueltas en última instancia administrativa por el MEM de conformidad a lo indicado en el Reglamento”, asimismo, en el Artículo 183°¹⁹ de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Supremo N° 009-93/EM. Dice: “Los usuarios, cuando consideren que el servicio eléctrico que tiene contratado no se les otorga de acuerdo a los estándares de calidad previstos en la Ley, el Reglamento, la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, el Contrato de Concesión y el respectivo Contrato de Suministro, podrán presentar sus reclamos a la empresa concesionaria”.

2.2 Políticas

2.2.1 De los Empresarios

Las empresas privadas de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, dedicadas al negocio eléctrico de los kilovatios-hora, tienen como política, obtener máximas ganancias con mínimas inversiones en las instalaciones electromecánicas, que conforman el gran Sistema Interconectado Nacional.

2.2.1.1 Desarrollo Empresarial

Las empresas que pertenecen al Sector Eléctrico Nacional, en sus políticas tecnológicas son las de incrementar, renovar y realizar mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos, para que el Sistema Eléctrico Nacional pueda cumplir con la

¹⁹ Reglamento de la LCE. D.S. N° 009-99-EM. Diario Oficial El Peruano del 25.02.93. P. 113124

legislación peruana en la utilización racional de los recursos hidroenergéticos, para garantizar el servicio público de electricidad de buena calidad.

2.2.2 Del Gobierno

Es evidente que uno de los grandes logros del gobierno anterior ha sido estabilizar y ordenar la economía del país. Ha impuesto una política macroeconómica, sin embargo deben hacerse mejoras o afinamientos. En los últimos años, el manejo macroeconómico, técnico y pragmático, se politizó y el tema económico paso inevitablemente a un segundo plano con las consecuencias que hoy padecemos. La inversión del Estado ha sido ineficiente y al intervenir en el mercado lo ha distorsionado, creando espejismos sobre la capacidad de desarrollo.

Otro lastre ha sido la dependencia de capitales externos para compensar el insuficiente ahorro nacional y la falta de inversión estable y productiva.

CAPÍTULO III

3. CONOCIMIENTOS TECNOLÓGICOS BÁSICOS DE LOS CONSUMIDORES DOMÉSTICOS

3.1 Definiciones

Los consumidores domésticos deben tener conocimientos básicos sobre la calidad de la energía eléctrica que consumen, para ello se elaboró las definiciones básicas y sencillas que gobiernan la electricidad, para que el usuario doméstico ayudado con el nuevo registrador "REVOFREPER" tenga conocimiento y así pueda reclamar sus derechos y cumplir sus obligaciones, generando como consecuencia **cultura eléctrica**, logrando el equilibrio de la prestación y contraprestación del servicio eléctrico entre el productor y consumidor de la energía eléctrica.

3.1.1 Voltaje

Es la diferencia de potencial entre los extremos de un conductor, su unidad de medida es el voltio, se simboliza por V, por lo tanto es necesario conocer la definición de voltio, que en su definición absoluta, es la diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico tales que para llevar un culombio de uno a otro es necesario realizar un trabajo igual a un julio. Internacionalmente el voltio, se define como la diferencia de potencial que existe entre los extremos de un ohmio internacional cuando la intensidad de corriente que circula por él es un amperio internacional, un voltio internacional es igual a 1034 voltios absolutos. Como tensión es sinónimo de diferencia de potencial y voltaje es la diferencia de potencial entre dos extremos de un conductor, se formuló la siguiente definición:

"Voltaje es la fuerza con la que funcionan los equipos eléctricos"

Esta definición fue aplicada metodológicamente, en la enseñanza de los usuarios domésticos, apoyado con el "REVOFREPER" que en su display indica las variaciones de la tensión con el $\pm 5\%$ de la Tensión Nominal.

En el dibujo siguiente se representa la onda sinusoidal perfecta de la tensión generada en los bornes del generador.

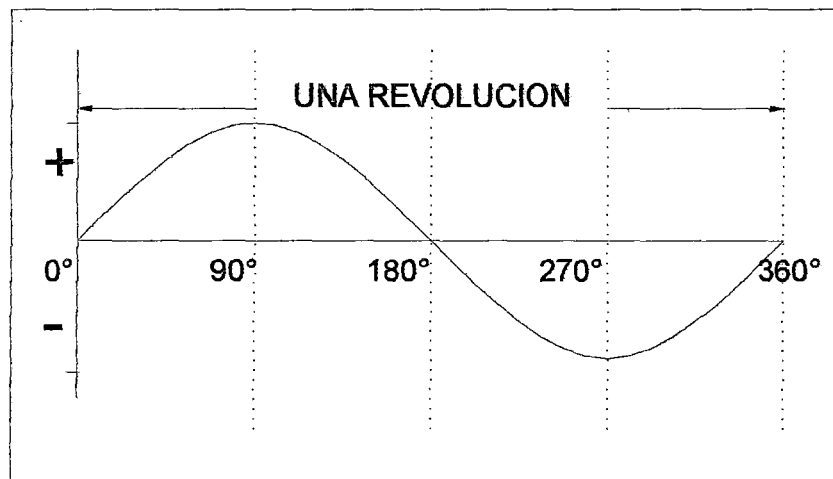


Diagrama 5. Onda sinusoidal de la tensión generada²⁰

3.1.2 Frecuencia

Es un movimiento periódico, número de vibraciones por unidad de tiempo. Hertz, es la unidad de frecuencia correspondiente a un período (del fenómeno periódico que se trate) de un segundo. Se denomina también ciclos por segundo, se simboliza por Hz, por lo tanto se planteó su definición:

"Frecuencia es el número de ciclos por segundo"

²⁰ VAN VALKENBURGH NOOGER & NEVILLE, Inc. Electricidad Básica 1960. P. 17

La frecuencia en nuestro sistema eléctrico es de 60 ciclos por segundo, en la siguiente figura, si se completan 15 ciclos en un 1/4 de segundo la frecuencia es de 60 ciclos por segundo.

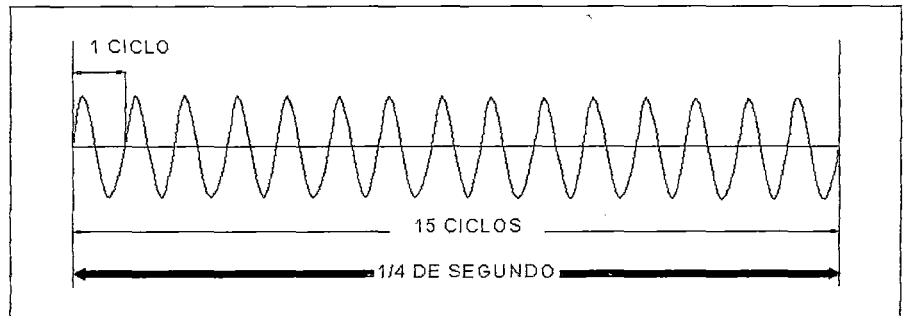


Diagrama 6. Representación de la frecuencia ²¹

3.1.3 Perturbaciones

3.1.3.1 Flicker

Es una sensación fisiológica que se produce cuando se dan importantes oscilaciones de potencia eléctrica en la red (cuando operan hornos de arco), lo que originan variaciones en la tensión, las cuales generan el parpadeo de las fuentes luminosas. Las variaciones de la intensidad en la iluminación producen una sensación molesta al ojo humano, excepto cuando se busca ese efecto, por ejemplo en las discotecas. El daño causado por el efecto flicker (oscilaciones) es deteriorar la calidad de la tensión, sin embargo la mayoría de equipos que tiene una constante de tiempo propia considerable no perciben este cambio. Son las molestias visuales producidas en los usuarios debido a fluctuaciones en la iluminación, originados por las variaciones periódicas o erráticas permanentes de frecuencias que oscilan entre 0.5 y 25 HZ. Igualmente son los "golpes" de tensión, producidos sistemática o erráticamente a intervalos superiores a varios segundos.

²¹ VAN VALKENBURGH NOOGER & NEVILLE, Inc. Electricidad Básica 1960. P. 19

Los flickers son originados por los hornos de arco, soldadoras, laminadoras de acero, etc. Absorben diferentes corrientes en cada ciclo, lo que modula el voltaje en los usuarios de la electricidad que produce flicker, frecuencias típicas de modulación menores de 20 Hertz, rango en el que se causa flicker perceptible en lámparas incandescentes. La definición planteada es:

“Los flickers son las molestias visuales originados por las oscilaciones de la iluminación”

La presencia de los flickers en las instalaciones eléctricas tiene como consecuencia el parpadeo de las lámparas incandescentes creando una sensación fuertemente desagradable para los usuarios de la electricidad. El flicker se representa con sus valores máximos y mínimos, tal como se observa en la figura siguiente.

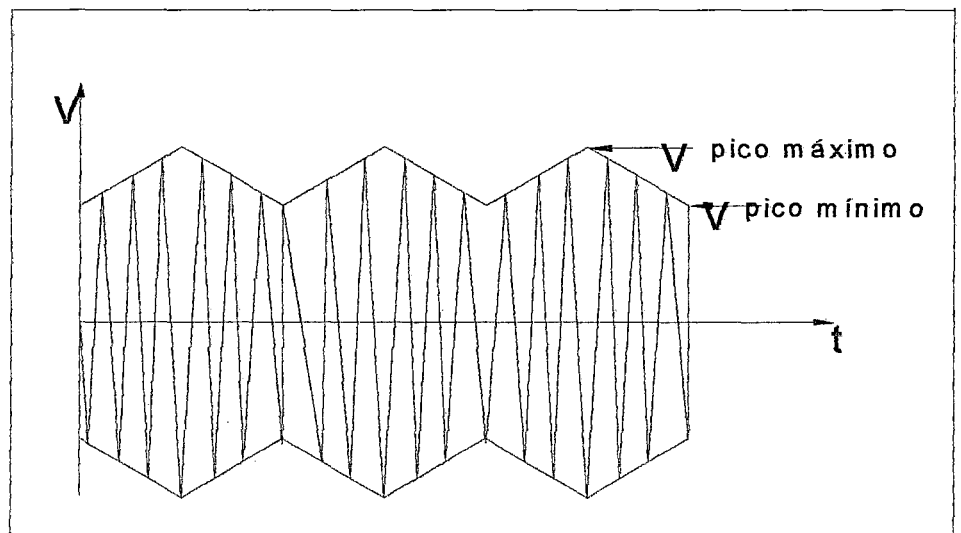


Diagrama 7. Representación del Flicker²²

²² ESAÚ DEL CARPIO – Aspectos de Calidad de los Servicios Eléctricos 1999. p.13

3.1.3.2 Tensiones armónicas

Son los componentes de tensiones armónicas originadas por el flujo de corrientes armónicas en la red, que origina medianos incrementos de las pérdidas eléctricas, pérdidas de disipación constante en máquinas rotativas, reducción de capacidad en equipos y originan altos daños a los equipos electromecánicos. Los indicadores principales son las Tensiones Armónicas Individuales que son medidos desde el 2º hasta el 40º armónico de acuerdo a nuestra Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. La definición planteada es:

“Tensiones armónicas son las componentes de la tensiones armónicas, generadas por las corrientes armónicas”

La onda de generación de la corriente alterna es una senoide perfecta sin embargo, en la siguiente figura se observa la deformación de esta onda sinusoidal, el motivo de dicha deformación se debe a la circulación de corrientes o tensiones armónicas a través de las redes de distribuciones eléctricas.

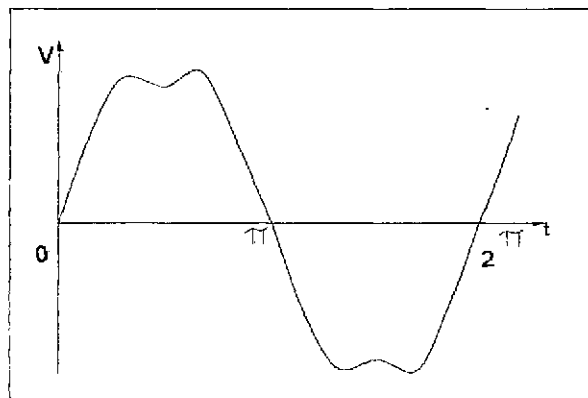


Diagrama 8. Onda distorsionada²³

²³ ESAÚ DEL CARPIO – Aspectos de Calidad de los Servicios Eléctricos 1999. p.11

3.2 Distorsión Armónica

3.2.1 Fundamentos

Las distorsiones armónicas vienen a ser deformaciones de una onda sinusoidal de tensión o corriente eléctrica generada por cargas no lineales (variaciones de velocidad, sistemas de rectificación, hornos eléctricos, microondas, televisores, entre otros) que afectan la operación de los sistemas eléctricos y reducen su vida útil.

Aproximadamente la mitad de la energía eléctrica pasa por un dispositivo de electrónica de potencia antes que ésta sea finalmente utilizada. La electrónica de potencia hace uso de diodos, transistores, tiristores y otros, y prácticamente todos ellos trabajan en el modo de interrupción, esto significa que trabajan en dos estados, uno de conducción y otro en estado de bloqueo. El estado de conducción, corresponde a un interruptor abierto, es decir, la corriente que circula por el dispositivo puede alcanzar valores elevados, pero el voltaje es nulo, por lo tanto, la disipación en él es muy pequeña. El estado de bloqueo, corresponde a un interruptor cerrado, es decir, la corriente que circula por el dispositivo es muy pequeña y el voltaje es elevado; así, la disipación de potencia en el dispositivo es también pequeña en este estado. Ambos estados se pueden observar en la figura 3.

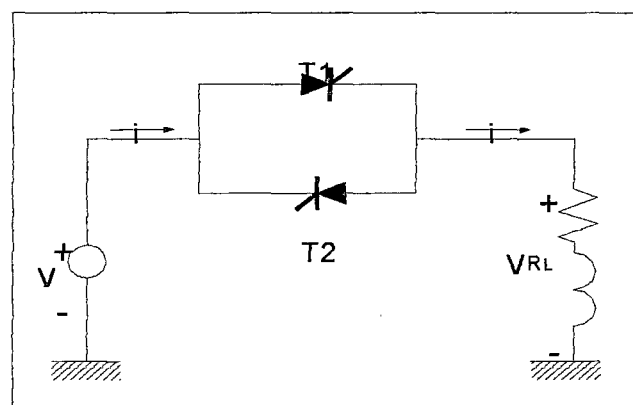


Diagrama 9. Modo de Interrupción: Conducción y Bloqueo²⁴

²⁴ MUÑOZ RAMOS Alfredo PROCOBRE. Calidad de la Pág. 3

3.2.1.1 Descomposición de una señal de voltaje o corriente en componentes armónicos

Generalmente se representa el voltaje o la corriente generada, con ondas sinusoidales perfectas; sin embargo, al alimentarlas cargas eléctricas que tienen resistencias, inductancias y capacitancias, esta onda se distorsiona a causa de la circulación de los armónicos, por las redes eléctricas contaminando y restando potencia a ser comercializada.

En los siguientes gráficos se observan ondas sinusoidales: perfecta y armónicas del 3º y 5º armónicas, de la onda fundamental se descomponen dichos armónicas, que la distorsionan a la onda fundamental, estas distorsiones están estipulados en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, con rangos para la:

- ☞ Tensión $\pm 5\%$ de la tensión nominal
- ☞ Variaciones Sostenidas de la frecuencia es de $\pm 0,6 \%$
- ☞ Armónicas desde la 2ª hasta la 40ª.

Sin embargo, existen los Analizadores de Redes AR.5 de exclusivo uso industrial, miden el voltaje, la frecuencia y las armónicas desde la 2ª hasta la 101ª, en circuitos monofásicos y trifásicos, los costos de estos registradores no están al alcance económico de los consumidores domésticos de la electricidad.

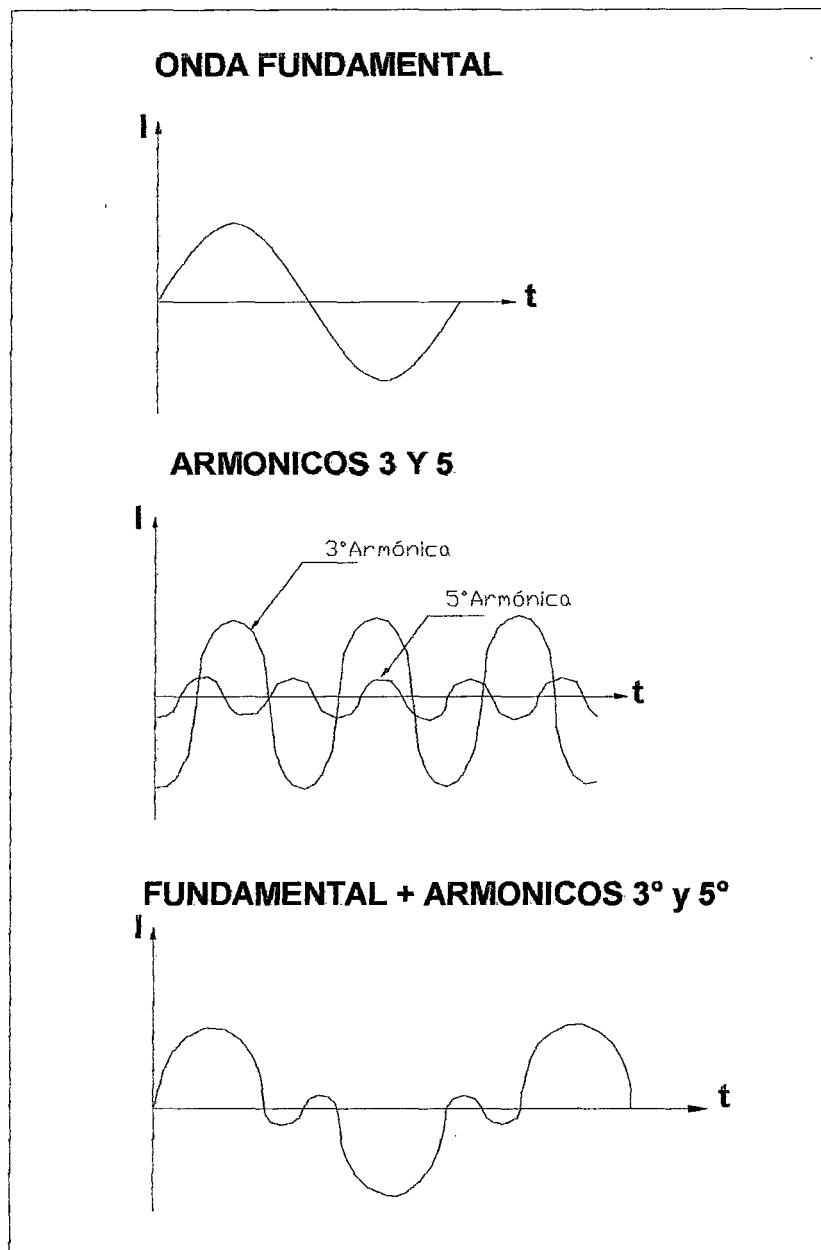


Diagrama 10. Deformación de la onda fundamental²⁵

3.2.2 Norma IEC-555-2

Esta Norma trata de las armónicas en los equipos electrodomésticos, de empleo masivo televisores, computadoras, microondas, etc. El consumo de la electricidad es no-lineal, por lo

²⁵ MUÑOZ RAMOS Alfredo PROCOBRE. Calidad de la Energía Eléctrica Pág. 3

tanto, las armónicas que inyectan han sido motivo continuo de análisis y normalizaciones. La razón por la cual su consumo es no-sinusoidal se relaciona con el empleo de un circuito de rectificación o fuente de poder de alimentación. La siguiente figura muestra un diagrama básico de un circuito y la forma de onda de la corriente que se observa en la red de 220 voltios. Básicamente, el circuito con diodos conduce sólo en los instantes en que el voltaje se acerca al valor máximo, en ese instante se recarga el condensador que mantiene constante el voltaje en bornes del rectificador. Cuando el voltaje sinusoidal es inferior al voltaje del condensador los diodos dejan de conducir.

El resultado es que todas las computadoras y televisores tienen un consumo de corriente pulsante. Los pulsos de corriente coinciden con el valor máximo del voltaje, lo que acentúa el problema de distorsión debido a la simultaneidad de este pulso de corriente en todos los televisores y computadoras.

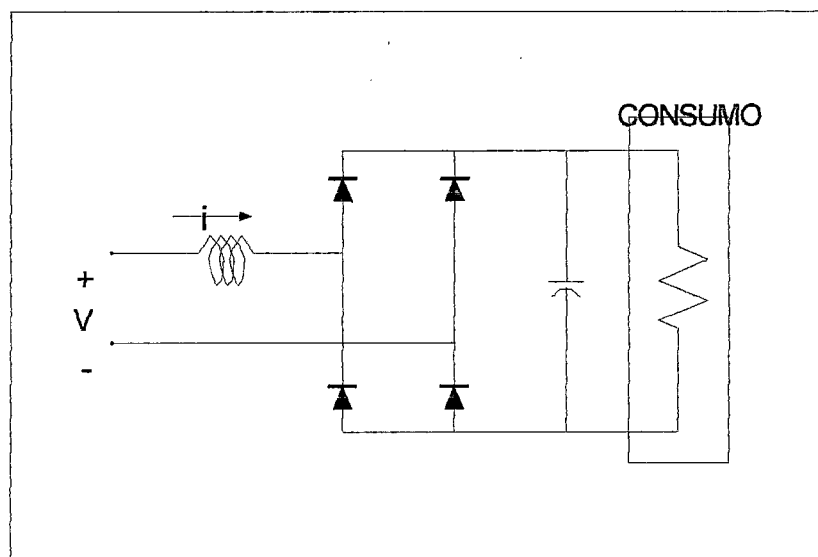


Diagrama 11. Diagrama básico de la fuente de poder de un computador²⁶

²⁶ Norma IEC - 555-2 USA. April 1997 Pág. 15

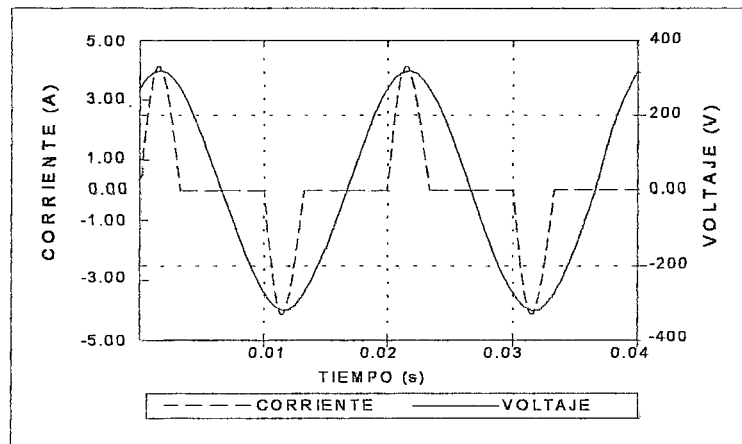


Diagrama 12. Forma de onda del voltaje y corriente a la entrada ²⁷

3.2.3 Armónicos en Sistemas Monofásicos

La Norma IEC-555-2 establece las exigencias sobre armónicas que deben cumplir todos aquellos equipos en sistemas monofásicos que consumen menos de 16 amperes por fase en la red de 220 voltios a 415 voltios. Entre ellos figuran las computadoras personales y los televisores, la Tabla 5 indica los límites que todo equipo de más de 50 W debe cumplir, bajo esa potencia no existirá límite alguno.

La Norma establece los límites en base a valores eficaces rms de cada armónica. La relación entre el valor eficaz y el valor máximo es:

$$I_{\text{rmh}} [A_{\text{rms}}] = \frac{I_{\text{rms}} [A_{\text{max}}]}{S_2}$$

El valor efectivo total es la suma cuadrática del valor rms de cada armónica:

$$I_{\text{rmstot}} [A_{\text{rms}}] = \sqrt{I^2_{\text{rms}1} + I^2_{\text{rms}2} + I^2_{\text{rms}3} + \dots + I^2_{\text{rms}h}}$$

²⁷ Norma IEC – 555-2 USA. April 1997 Pág. 15

LIMITE DE LA NORMA IEC 555-2		
Armónica (h)	Límite (m A/W)	Límite (A)
3	3,4	2,30
5	1,9	1,14
7	1,0	0,77
9	0,5	0,40
11	0,35	0,33
13 y más	3,85/n	0,15 * 15/n

Tabla 5. Límites de equipos de 50 W ²⁸

Los límites expuestos en la Tabla 5 se aplican, a modo de ejemplo, al consumo de una computadora personal que posee una fuente de poder de 200 W. La fuente tiene una eficiencia de un 75 % de modo que absorbe de la red 267 W. La Tabla 6 señala los límites derivados del estándar. En este caso, como en todo equipo menor que 670 W, el límite está impuesto por el valor en mA/W descrito en la Norma. Usualmente, las computadoras distorsionan la red con una corriente armónica que es levemente superior a la admitida por la Norma. La Norma IEC 555-2 en 1982 establecía el límite absoluto en amperes indicado en la Tabla 5, que en el caso de la armónica 11^a es 0,33 A, es decir, bastante superior al límite aceptado hoy.

La solución al problema, entre otras consiste en agregar una inductancia en serie con la fuente (del orden de 10 mH). Con ello, los valores se modifican y prácticamente cumplen con lo exigido. En todo caso la Norma permite inyectar un 75 % de la 3^a armónica situación que se debe considerar en los diseños de alambrados.

²⁸ MUÑOZ RAMOS ALFREDO. PROCOBRE. Calidad de la Energía Eléctrica 1998 Parte III. P. 6

LÍMITES APLICADOS A UN PC DE 200 W		
ARMÓNICA (h)	LÍMITE (A rms)	ONDA Fig.6 (A rms)
1	-----	1.201
3	0,908	0.977*
5	0,508	0,620*
7	0,266	0,264
9	0,133	0,068
11	0,094	0,114*
13	0,079	0,089*
15	0,069	0,029
17	0,061	0,042
19	0,054	0,044
21	0,049	0,019
23	0,045	0,020

* Valor excedido

Tabla 6. Consumo de un computador personal ²⁹

3.2.4 Armónicos en Sistemas Trifásicos

Un sistema trifásico está constituido por tres voltajes de igual amplitud, pero desfasados en 120°.

$$V_{AN} = V_{m1} \cos (\omega t + \phi_{v1})$$

$$V_{BN} = V_{m1} \cos (\omega t + \phi_{v1} - 120^\circ)$$

$$V_{CN} = V_{m1} \cos (\omega t + \phi_{v1} + 120^\circ)$$

Si suponemos que, conectado a la fase A se tiene un consumo no lineal:

²⁹ MUÑOZ RAMOS ALFREDO. PROCOBRE. Calidad de la Energía Eléctrica 1998 Parte III. P. 10

$$I_A = I_{m1} \cos(\omega t + \varphi_{i1}) + I_{m3} \cos(3\omega t + \varphi_{i3}) + \dots$$

Si en la fase B se tiene conectado un consumo idéntico, la corriente será idéntica pero desplazada en 120°. Analíticamente, desplazar una corriente en 120° significa:

$$I_B = I_{m1} \cos(\omega t - 120^\circ) + I_{m3} \cos(3\omega t - 120^\circ) + \dots$$

Esto ocurre debido a que, como se ha dicho, en un televisor, por ejemplo, los pulsos de corriente deben coincidir con los valores máximos de cada voltaje. Así, en cada fase, se tendrá los mismos pulsos pero corridos en 120°. Analíticamente, entonces, la armónica 3ª se desplaza en tres veces 120° (o sea 360°) mientras la fundamental sólo en 120°. Análogamente, la armónica 5ª se desplaza en 5 veces 120° y así sucesivamente. Las corrientes por el conductor de neutro son:

$$i_N = i_A + i_B + i_C$$

El resultado, es que, prácticamente la corriente de neutro es de armónica 3ª, analíticamente:

$$I_B = I_{m1} \cos(\omega t + \varphi_{i1}) + I_{m3} \cos(\omega t - 120^\circ + \varphi_{i1}) + I_{m1} \cos(\omega t + 120^\circ + \varphi_{i1}) + I_{m3} \cos(3\omega t + \varphi_{i3}) + I_{m3} \cos(3(\omega t - 120^\circ) + \varphi_{i3}) + I_{m3} \cos(3(\omega t + 120^\circ + \varphi_{i3}))$$

Al sumar las corrientes desplazadas en 120° grados el resultado es nulo, las que quedan desplazadas en 360° no se anulan, se suman, de este modo:

$$I_N = 3 I_{m3} \cos(3\omega t + \varphi_{i3}) + 3 I_{m9} \cos(9\omega t + \varphi_{i9}) + \dots$$

Es decir, bajo la hipótesis de un sistema con idéntico consumo no-lineal en las tres fases, circulan una corriente por el neutro igual a 3 veces la corriente de armónica 3ª que circula por una fase. Esto significa que si un consumo está constituido sólo por computadoras y televisores, la corriente por el neutro será superior a la corriente de fase y éste deberá dimensionarse tomando en consideración lo indicado.

Es común observar, en grandes edificios, que se deja un tablero de uso exclusivo para conectar computadoras y equipos electrónicos. Si este tablero es trifásico, se tendrá en las tres fases consumos similares y por el neutro circularán las armónicas impares múltiplos de 3 (3,9,15,21). El resultado es que la corriente de neutro resulta igual a 1,73 veces la corriente de fase, situación que, si no es prevista por el proyectista produce problemas. Normalmente el conductor de neutro no tiene protección de sobrecarga.

Los valores reales medidos en oficinas de edificios nos confirman lo indicado. La tabla 7 muestra el consumo por fase y del neutro en un edificio³⁰, observándose incrementos de la corriente de neutro con respecto a las de fase.

CORRIENTES MEDIDAS EN UN EDIFICIO DE OFICINAS		
CORRIENTE TOTAL EN EDIFICIO		
Fase A	410	Arms
Fase B	445	Arms
Fase C	435	Arms
Neutro	548	Arms
CORRIENTE EN UN CIRCUITO PARTICULAR		
Fase A	7,8	Arms
Fase B	9,7	Arms
Fase C	13,5	Arms
Neutro	15,0	Arms

Tabla 7. Consumo por fase y neutro de un edificio³¹

³⁰ MUÑOZ RAMOS ALFREDO. PROCOBRE. Calidad de la Energía Eléctrica 1998 Parte III. P. 10

³¹ TROBER, DICK "Trouble shooting harmonies in a modern office building" en *Electricity Today*, Vol 3, N° 2, Feb. 1991 pág. 33-35

En sistemas computacionales de gran valor es usual emplear fuentes de poder no interrumpidas (UPS) para alimentar los consumos durante los cortes de energía y también, para garantizar que la alimentación de los equipos tiene una regulación adecuada. Estas fuentes de poder son rectificadores idénticos a los ya indicado, y por tanto inyectan armónicas a la red.

Las fuentes de poder pueden ser monofásicas o trifásicas, es decir en base a un rectificador trifásico se cargan las baterías de respaldo para los momentos en que no hay energía. Este rectificador trifásico no tiene conexión de neutro, esto imposibilita la circulación de armónicos múltiplos de 3 por cada fase.

3.2.5 Norma IEEE – 519

La Norma IEEE Std. 519-1992 ³², (revision of IEEE Std. 519 - 1981), Título: IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. Publicado en Abril 1993. Es aplicada a todo tipo de convertidores de potencia estáticos usados en la industria y en sistemas de potencia estáticos. Los problemas implicados en el control de armónicos y compensación reactiva, tales como convertidores a los que están con direcciones definidas, y una guía de aplicación proporcionada.

Los límites de perturbaciones para los sistemas de distribución de potencia en corriente alterna que afectan a otros equipos y de comunicaciones, son recomendados.

La Norma IEEE-519 para establecer sus límites, definen sus factores y fórmulas correspondientes, donde:

³² MUÑOZ RAMOS Alfredo. PROCOBRE. Calidad de la Energía Eléctrica 1998 Parte III. P. 10

☞ THV = Distorsión Total de Voltaje.

$$THV = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_h^2}}{V_1} * 100\%$$

☞ TH I = Distorsión Total de Corriente.

$$THI = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_h^2}}{I_1} * 100\%$$

La Norma IEC define estos factores y fórmulas, estableciendo valores levemente diferentes pero no determinantes, tal como se observa en las dos fórmulas siguientes, donde: DHV = THV, y DHI = THI.

$$DHV = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_h^2}}{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_h^2} * 100\%$$

$$DHI = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_h^2}}{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_h^2} * 100\%$$

La Norma IEEE-519 establece los límites de distorsión de los voltajes, los valores se indican en Tabla 8.

LÍMITES DE DISTORSIONES DE VOLTAJES		
VOLTAJE NOMINAL	$V_h / V_1 * 100\%$	THV [%]
$V_{NOM} \leq 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < V_{NOM} \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2,5
$V_{NOM} > 161 \text{ kV}$	1,0	1,5

Tabla 8. Límites de distorsión de voltaje

Para los Límites de Distorsión de la Corriente, la Norma IEEE-519 establece una Tabla límite para las corrientes armónicas inyectadas por un usuario de la electricidad. Para establecer este límite se debe conocer los siguientes valores: Primero por el valor de la corriente de cortocircuito en el empalme del usuario, es decir, en el lugar donde se medirá la inyección de armónicas. Este valor debe ser entregado por la empresa distribuidora de electricidad ya que depende del valor de sus transformadores de distribución y segundo por la demanda media I_L del usuario, calculada como el valor medio de las demandas máximas leídas durante los 12 meses precedentes a la medición. Con estos valores se determinan los valores máximos permitidos de distorsión de corriente de cada usuario en particular (ver Tabla 9).

LÍMITES DE DISTORSIÓN DE CORRIENTE						
(Válidos para redes de 120 V a 69 kV.)						
DISTORSIÓN ARMÓNICA EN % DE I_L (h IMPAR)						
ISC/I_L	H<11	11≤h<17	17≤h<27	23≤h<35	35≤h	THI
<20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20<50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50<100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100<1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Tabla 9. Valores máximos permitidos de distorsión de corriente³³

3.2.6 Efectos de las Corrientes Armónicas

Los principales efectos de las corrientes armónicas son:

- ☞ Resonancia de condensadores de compensación del factor de potencia
- ☞ Compensación con condensadores antiresonantes.
- ☞ Incremento de pérdidas: El factor "K".

³³ MUÑOZ RAMOS Alfredo. PROCOBRE. Calidad de la Energía. 1998 Parte IV P. 11

En el Diagrama 12 se muestra el circuito equivalente de un sistema típico constituido por un transformador de alimentación, un banco convencional de condensadores y una fuente de armónicas que inyecta 38 amperes de la 5ª armónica.

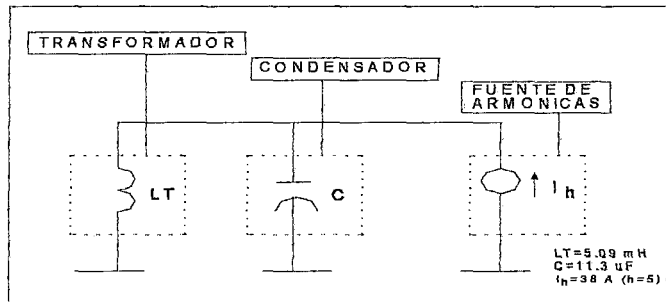


Diagrama 12. Circuito equivalente armónico con condensadores ³⁴

En ausencia del condensador, la distorsión en el sistema se puede calcular mediante:

$$V_h = \omega L_i I_h = 5 * 2 \pi 50 * 5,09 \cdot 10^{-3} * 38 = 303,8V$$

El voltaje nominal del sistema analizado es 20 000 voltios entre fases, de manera que:

$$V_k[\%] = \frac{303,8}{\frac{2000}{\sqrt{3}}} * 100 = 2,63\%$$

Es decir, se trata de una distorsión de un valor normal aceptado por Normas, al conectar el condensador de compensación de factor de potencia (la potencia reactiva por fase, compensada por el condensador), el voltaje armónico será:

$$V_h = [V] = 38 * Z_{eq}(h)$$

³⁴ MUÑOZ RAMOS Alfredo. PROCOBRE. Calidad de la Energía. 1998 Parte IV. P. 12

En que:

$$\frac{1}{Z_{EQ}} = Y_{EQ} = \frac{1}{5 * 2\pi 50 * 5,09 * 10^{-3}} + 5 * 2\pi 50 * 11,3 * 10^{-6} = -0,1073$$

El voltaje distorsionado es:

$$V_h = \frac{1}{0,1073} = 354V = 3,07\%$$

La distorsión del sistema crece, pero lo que es más grave, el sistema presentará una resonancia alrededor de la armónica 13^a. En efecto:

$$h_{res} = \frac{1}{2\pi 50 \sqrt{5,09 * 10^{-3} * 11,3 * 10^{-6}}} = 13,3$$

Esto significa que los condensadores aumentan la distorsión en un sistema, y contribuyen a producir el fenómeno de resonancia. Es decir, un aumento de la distorsión enormemente elevado, que termina por hacer explotar condensadores o transformadores, si es que las protecciones no operan debido, precisamente, a la presencia de armónicas en el sistema.

En la figura 11 se muestra la solución del problema de compensar reactivos en sistemas distorsionados. Básicamente consiste en agregar una inductancia en serie con el condensador de compensación de reactivos:

$$\omega L_f = \frac{7}{100} \cdot \frac{1}{\omega C_f}$$

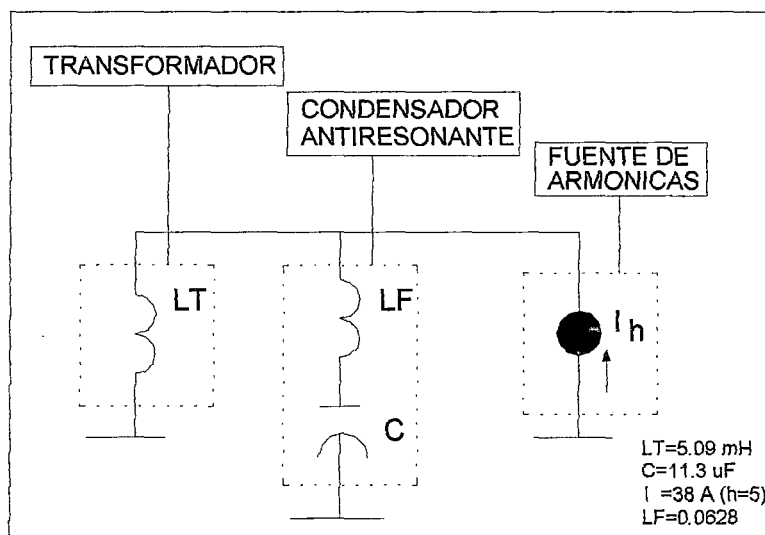


Diagrama 13. Compensación de potencia reactiva antiresonante ³⁵

La Tabla 10 muestra los valores de las impedancias a cada armónica, la notación empleada es:

Z_T : Impedancia del transformador

Z_f : Impedancia de filtro

Z_{ge} : Impedancia equivalente (paralelo del transformador y filtro)

VALORES DE LAS IMPEDANCIAS CONDENSADORES ANTIRESONANTES			
H	Z_T [Ω]	Z_f [Ω]	Z_{Eg} [Ω]
7	7,99	42,30	6,72
5	11,19	97,86	10,04
11	17,59	191,41	16,11

Tabla 10. Valores de Impedancias de las armónicas

³⁵ MUÑOZ RAMOS Alfredo. PROCOBRE. Calidad de la Energía. 1998 Parte VI P. 12

Empleando los valores de la Tabla 10, es posible calcular la distorsión de la tensión:

$$V_h = 6,72 * 38,2 = 256,7 \text{ V} = 2,22 \%$$

Es decir, la distorsión del sistema disminuye levemente. Sin embargo, lo más relevante es que han desaparecido los riesgos de resonancia (descritos en el párrafo anterior), pues el sistema L-C, se comporta como una inductancia por sobre la 4^a armónica. Las corrientes armónicas producen un incremento de las pérdidas, particularmente en el interior del transformador, se producen dos pérdidas relevantes:

- a. Las pérdidas proporcionales a la resistencia de los enrollados y a la suma al cuadrado de las corrientes fundamentales y armónicas.
- b. Las pérdidas por corrientes parásitas que son proporcionales al cuadrado de la corriente armónica y al cuadrado del orden de la armónica.

En cables y conductores de cobre sólo la primera de ellas está presente y, por lo tanto, es relativamente simple calcularlas con los procedimientos hasta ahora conocidos. En el caso de transformadores sometidas a corrientes armónicas, existen ambas pérdidas y el cálculo es más complicado. El procedimiento que se describe a continuación se basa en la recomendación de la IEEE C57.100-1986. Según esta recomendación las pérdidas por estos dos conceptos, se pueden expresar mediante:

$$PERD[W] = K_{RES} * \sum_{h=1} J_h^2 + K_{EDDY} \sum_{h=01} h^2 J_h^2$$

De no existir un dato más fidedigno, es posible suponer que, en ausencia de armónicas, las pérdidas por corrientes parásitas son un 15% de las pérdidas por resistencia en los enrollados. Se define el factor K de una corriente mediante:

$$K = \sum_{h=1} h^2 I_h^2 (\% / 1)$$

El valor de I_h en %/1 es:

$$I_h [\% / 1] = \frac{I_h [A]}{I_{rms} [A]}$$

Empleando esta definición, la máxima corriente que soporta un transformador es:

$$I_{MAX} (\% / 1) = \sqrt{\frac{1,15}{1 + 0,15k}}$$

La Tabla 11 muestra valores habituales de las corrientes armónicas en un rectificador trifásico. Simultáneamente, en la misma Tabla 11 se calcula el factor K.

FACTOR K DE UN RECTIFICADOR TRIFÁSICO			
h	I_h %	I_h^2	$h^2 I_h^2$
1	100	10000	10000
5	17,5	306,25	7656,25
7	11,0	121,00	5929,00
11	4,5	20,26	2450,25
13	2,9	8,41	1421,29
17	1,5	2,25	650,25
19	1,0	1,00	361,00
SUMA		10459,16	28468,04
FACTOR K = 28468 / 10459 = 2,72			

Tabla 11. Carga máxima en un transformador en función del factor K ³⁶.

³⁶ MUÑOZ RAMOS Alfredo. PROCOBRE. Calidad de la Energía. 1998. Parte VI P. 13

De la Tabla 11 se deduce que el factor K de un puente rectificador trifásico convencional es 2,72 de modo que, observando el gráfico 1, la carga máxima que soporta un transformador es 90.4 % de la nominal, si la única carga que existes el rectificador citado. En la actualidad existen transformadores diseñados para trabajar en sistemas con armónicos, con valores de K especificados en su placa.

3.2.7 Errores de Instrumentos Convencionales por efecto de los armónicos

La presencia de armónicas afecta severamente la lectura de los instrumentos, lo que implica tomar en cuenta diversas precauciones al realizar una lectura. El análisis que se realiza a continuación se refiere a los instrumentos de uso frecuente. Los instrumentos de aguja de tipo electrodinamométrico, son los de uso común en tableros industriales.

Su principio de funcionamiento es tal que indican el verdadero valor efectivo (rms) de la onda. Dado que emplean inductancias y sólo consideran usualmente hasta la 5ª armónica en forma fidedigna. Su mayor problema se relaciona con la calibración ya que, al existir piezas mecánicas giratorias, el roce provoca un error (leen menos) de lectura³⁷

La gran mayoría de los instrumentos digitales a la entrada disponen de un rectificador de modo tal que lo que realmente mide es el valor medio de la onda rectificada.

Por cierto, si la onda es sinusoidal el instrumento es de buena precisión. Si la onda tiene armónicas, el instrumento mide un valor inferior al valor eficaz.

³⁷ MUÑOZ RAMOS Alfredo. PROCOBRE. Calidad de la Energía. 1998. Parte VII. P. 16

En la medición de corrientes como las registradas en computadoras, el instrumento mide un 30 % menos que el valor efectivo (rms) de la corriente. La Tabla 12 muestra valores reales medidos en un edificio de oficinas.

MEDICIONES EN UN EDIFICIO DE OFICINAS CON DOS TIPOS DE INSTRUMENTOS			
	VALOR EFECTIVO [A rms]	VALOR MEDIDO* [A]	ERROR [%]
FASE A	410	328	- 20,0
FASE B	445	346	- 22,2
FASE C	435	355	- 18,4
NEUTRO	548	537	- 02,0

* Instrumento digital con rectificador a la entrada³⁸

Tabla 12. Mediciones de corrientes en edificio

En el caso de la medición de corrientes de neutro, no es generalizable que un instrumento digital con rectificador mida con poco error. En efecto, si la corriente de neutro tiene la forma de onda típica, entonces la medición es precisa, ya que la onda si bien es de 150 Hz es aproximadamente sinusoidal. Pero, si el consumo es desequilibrado, entonces el error en la medición de corriente por el neutro será también elevado, debido a que se tendrá una componente de 50 Hz. sumada con la otra de 150 Hz.

En general, en estos instrumentos, de tipo digital, se emplea un sensor que registra la elevación de la temperatura por una resistencia por la cual circula la corriente a medir. Por tanto, el instrumento mide el verdadero valor efectivo de la corriente (o el voltaje) incluyendo todas las armónicas. Debido a que se mide un fenómeno térmico el instrumento no es apto para medir consumos de rápida variación, es usual que registre una medición cada 1 ó 2 segundos.

³⁸ MUÑOZ RAMOS Alfredo. PROCOBRE. Calidad de la Energía. 1998. Parte VII. P. 16

Otros equipos, de mayor calidad, miden empleando un conversor análogo-digital (llamado de doble rampa), el proceso de lectura en estos casos toma 400 milisegundos. Para determinar el contenido armónico de la corriente o el voltaje, no existe otro procedimiento que emplear un medidor de armónicas, las que en general despliegan en pantalla las formas de onda, el valor de la fundamental, de cada armónica, el valor efectivo, el valor máximo y la distorsión total.

3.2.8 Regulación de voltaje

La causa principal para definir las holguras de voltaje, con respecto al valor nominal, se relaciona con garantizar el funcionamiento de equipos en rangos específicamente determinados. Los equipos que son más afectados por una mala regulación de voltaje son las luminarias que disminuyen fuertemente su vida útil cuando el voltaje crece y los motores que aumentan sus pérdidas y a veces no arrancan cuando el voltaje es muy bajo. Una caída de voltaje elevada en el sistema de transmisión generalmente se debe a transformadores y cables subdimensionados. Las Normas Internacionales y en particular el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas, plantean las siguientes holguras con respecto al voltaje nominal en cualquier punto de conexión entre una empresa distribuidora de la electricidad y cada uno de los usuarios en:

a. Baja Tensión (B.T.)

Excluyendo periodos con interrupciones de suministro, el voltaje deberá estar dentro del rango de $\pm 5\%$ durante el 95 % del tiempo de cualquiera semana del año o de siete días consecutivos de medición y registro. Se entiende por Baja Tensión los voltajes nominales menores o iguales a 1000 voltios entre fases.

b. Media Tensión (M.T.)

El rango de voltaje deberá estar entre $\pm 3.5\%$ de la tensión nominal (V_N), en las mismas condiciones descritas en el párrafo anterior. Se define como Media Tensión a los voltajes mayores que 1 kV y menores o iguales a 44 kV entre fases.

c. Alta Tensión (A.T.). Se distinguen dos casos:

- ⇒ Tensión Nominal menor o igual a 154 kV. El rango de voltaje deberá estar entre $\pm 6,0 \%$.
- ⇒ Tensión Nominal Superior a 154 kV. El rango de voltaje deberá estar entre $\pm 5,0 \%$.

Se entiende por Alta Tensión los voltajes superiores a 44 kV, entre fases y menores o iguales a 220 kV entre fases. Los voltajes superiores se denominan Extra Alta Tensión (E.A.T.).

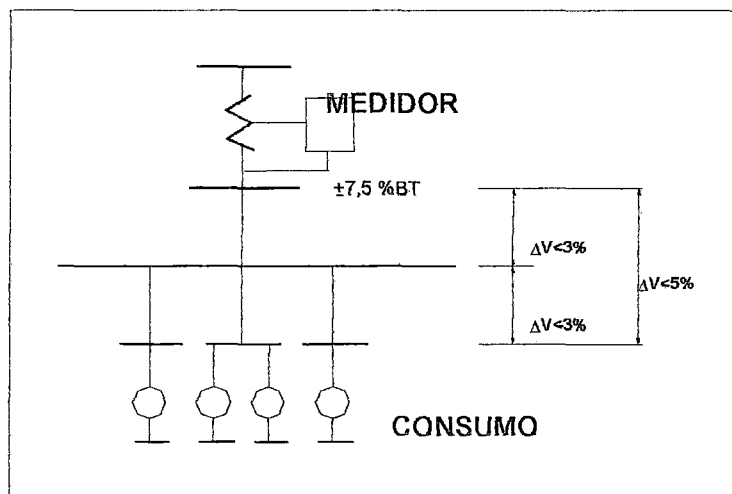


Diagrama 13. Caídas de voltaje máximas permisibles³⁹

³⁹ MUÑOZ RAMOS Alfredo. PROCOBRE. Calidad de la Energía. Parte II. P. 18

3.2.9 Fluctuaciones de Voltaje de Baja Frecuencia

La combinación de variaciones elevadas de la corriente y una impedancia de red también elevada, puede causar variaciones excesivas de la tensión de alimentación. Si las variaciones de tensión se repiten a intervalos cortos de tiempo, se producirán fluctuaciones de la iluminación (límite de centelleo-flicker), principalmente de aquella emitida por ampolletas incandescentes. Normas recientes como la IEEE 868-0 de 1991, han establecido los límites adecuados y la forma de medir las fluctuaciones de las tensiones aludidas. La siguiente figura muestra la fluctuación de la corriente medida en barras de 12 kV, de un horno de arco. La corriente fluctúa entre 300 amperes máximo y 500 amperes máximo. Los datos son: $I_{\text{mínimo}} = 212 \text{ A}_{\text{rms}}$ y $I_{\text{máximo}} = 345 \text{ A}_{\text{rms}}$. Esto significa que las fluctuaciones de potencia aparente trifásica son:

$$S_{\text{min}} = \sqrt{3} * 12000 * 212 = 4406 \text{ kVA}$$

$$S_{\text{máx}} = \sqrt{3} * 12000 * 354 = 7358 \text{ kVA}$$

La alimentación de este horno se realiza a través de un transformador de 3 MVA, de tal modo que el gráfico mostrado puede ser considerando como el peor caso registrado.

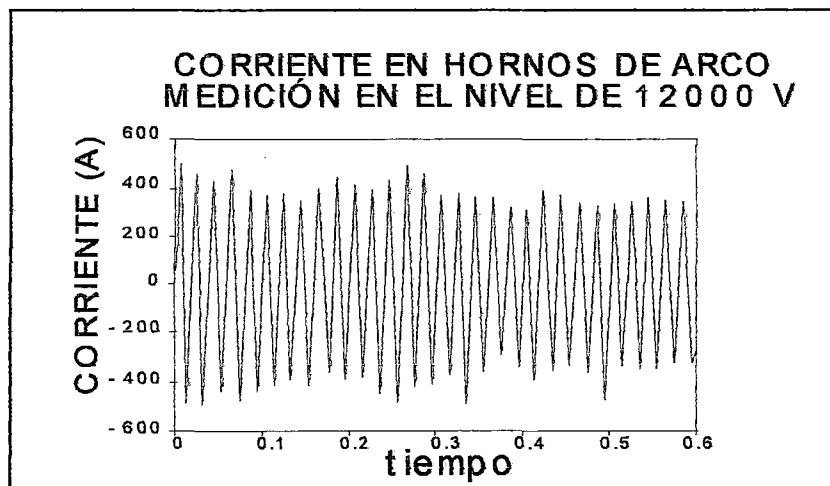


Diagrama 14. Corriente en un horno de arco ⁴⁰

⁴⁰ MUÑOZ RAMOS Alfredo. PROCOBRE. Calidad de la Energía. 1998. Parte III. P. 29

La caída de tensión que produce esta corriente depende de la impedancia de la red. Si se supone una corriente de cortocircuito de 4 877 amperes en 12 kV, se tiene que la impedancia de la red de alimentación es $X = 1.42 \Omega$, esto significa caídas de tensión de:

- ☞ $\Delta V_{\text{mín}} = 1.42 \times 212 \text{ V}_{\text{rms}} \text{ fase neutro}$
- ☞ $\Delta V_{\text{máx}} = 1.42 \times 354 \text{ V}_{\text{rms}} \text{ fase neutro}$
- ☞ $\Delta V_{\text{máx}} - \Delta V_{\text{mín}} = 201.64 \times V_{\text{rms}} \text{ fase neutro} = 2.9\%$

Una fluctuación de tensión de esta magnitud afecta el funcionamiento de muy pocos equipos, sin embargo, es seguramente perceptible una variación de la luminosidad de las ampolletas incandescentes, en efecto, las Normas establecen variaciones permisibles bastante inferior al 2,9% calculado, si esta variación ocurre a una frecuencia cercana a los 10 Hz. La Tabla 13 muestra los límites permitidos de variación de voltaje, dependiendo de la frecuencia a la que esta variación ocurre.

VARIACIONES PERMITIDAS DE TENSIÓN EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA	
FRECUENCIA DE LA FLUCTUACIÓN (Hz)	FLUCTUACIÓN PERMITIDA DEL VOTAJE (%)
0,5	2,340
2,0	0,882
4,0	0,500
6,0	0,328
8,0	0,256
10,0	0,260
12,0	0,312
14,0	0,388
16,0	0,480
18,0	0,584
20,0	0,700
22,0	0,824

Tabla 13. Variaciones de tensión versus frecuencia ⁴¹

⁴¹ MUÑOZ RAMOS Alfredo. PROCOBRE. Calidad de la Energía. 1998. Parte III. P. 30

3.2.10 Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos

La Norma fue aprobado en octubre de 1997, y su aplicación es de mandato imperativo en el mercado regulado y supletoria en el caso del mercado libre, afecta a las actividades de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, estableciendo los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, incluido el alumbrado público, y las obligaciones de las empresas de electricidad y los Clientes que operan bajo el régimen de la Ley de Concesiones Eléctricas.

Esta Norma tiene como Base Legal lo siguiente:

- ⇒ Decreto Ley N° 25844 (Artículos 29°, 31°, 34°, 36°, 102°).
- ⇒ Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (Artículos 6°, 55°, 95°, 183°, 201°, 239°).
- ⇒ Resolución Ministerial N° 405-96 EM/VME que aprueba la Norma Técnica DGE-016-T-2/1996 sobre alumbrado de Vías Públicas.
- ⇒ Resolución Ministerial N° 365-95-EM/VME que aprueba la Escala de Multas y Penalidades a aplicarse en caso de incumplimiento a la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento.
- ⇒ Resolución Directoral N° 012-95-EM/DGE que regula la solución de reclamos de usuarios del Servicio Público de Electricidad.

La Norma regula varios temas respecto a la prestación del servicio eléctrico, en primer lugar se tienen disposiciones con relación a la Calidad del Producto Eléctrico, abordándose aspectos como:

a. Tensión

La tensión de alimentación, es medida cada 15 minutos, con un límite de tolerancia en la entrega de $\pm 5\%$ para el urbano y $\pm 7,5\%$ para el rural entre la red de alta tensión y las líneas de baja tensión, obligándose al pago de compensaciones por mala calidad en el caso de sobrepasar dicho límite. Debe tenerse en cuenta que en el caso de conectarse equipos sofisticados puede originar un cambio abrupto en el nivel de tensión del suministro ocasionando daños considerables.

El indicador de la calidad de la tensión esta expresado como un porcentaje de la tensión nominal del punto:

$$\Delta V_k(\%) = (V_k - V_N) / V_N * 100\%$$

Expresado en porcentaje⁴²

Donde:

ΔV_k = Diferencia de tensión entre la media de los valores eficaces

V_k = Tensión en el punto de entrega

V_N = Tensión Nominal del mismo punto de entrega.

Las empresas suministradoras deben compensar a sus Clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad del producto no satisface los estándares indicadas en la Norma. Estas compensaciones se calculan para el Período de Medición, en función a la energía entregada en condiciones de mala calidad en ese período, expresada en la fórmula que a continuación se indica:

⁴² Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. Capítulo 5.1.2. P. 451

Compensaciones por

$$\text{Variaciones de Tensión} = \sum_p a * A_p * E(p)$$

Donde:

p = Es un Intervalo de Medición en el que se violan las tolerancias en los niveles de tensión.

A = Es la compensación unitaria por violación de tensiones

A_p = Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de la magnitud del indicador $\Delta V_p(\%)$, medido en el intervalo p .

$E(p)$ = Es la energía en kW.h suministrada durante el intervalo de medición p .

Las empresas comercializadoras de energía eléctrica aplican mecanismos de control y como los consumidores domésticos ya cuentan con el "REVOFREPER" para determinar la calidad del producto eléctrico éstos exigirán sus derechos.

El "REVOFREPER" fue diseñado, para registrar la tensión nominal del sistema y los porcentajes de tolerancias establecidos en la Norma ($\pm 5\% V_N$). En los casos de superar dichos límites, este registrador avisa a los usuarios domésticos con un sonido, los excesos de la tensión nominal, y este a su vez, podrá reclamar con conocimiento de causa a las empresas comercializadoras de energía, por la mala calidad de la tensión.

La calidad de la tensión eléctrica medidas en la Urbanización Fiori (San Martín de Porras), Asentamiento Humano Bello Horizonte (Comas) y la Urbanización San Borja Sur (Distrito San Borja), no es motivo suficiente debido al margen porcentual considerable que es el mas menos cinco por ciento de la tensión nominal ($\pm 5\% V_N$).

c. Frecuencia

El indicador principal para evaluar la frecuencia de entrega en un intervalo de medición (k) de quince (15) minutos de duración, es la Diferencia (Δf_k) entre la Media (f_k) de los Valores Instantáneos de Frecuencia, medidos en un punto cualesquiera de la red de corriente alterna no aislado del punto de entrega en cuestión, y el Valor de la Frecuencia Nominal (f_N) del sistema. Este indicador, denominado Variaciones Sostenidas de Frecuencia, expresado como un porcentaje de la Frecuencia Nominal del Sistema, cuya fórmula es:

$$\Delta f_k (\%) = (f_k - f_N) / f_N * 100\%$$

Expresado en porcentaje

Adicionalmente, se controlan las Variaciones Súbitas de Frecuencia (VSF) por intervalos de un minuto, y la Integral de Variaciones Diarias d Frecuencia (IVDF). Ambos indicadores se definen en función de la Frecuencia Instantánea $f(t)$ como se indica.

$$\text{VSF} = \sqrt{[(1/1 \text{ minuto}) \int_0^{1 \text{ minuto}} f^2(t) dt - f_N^2]}$$

(expresada en Hz)⁴³

$$\text{IVDF} = f + \int_0^{24\text{Hrs}} [f(t) - f_N] dt$$

(expresada en ciclos)⁴⁴

⁴³ Norma Técnica de Calidad de los Servicios. Capítulo 5.2.2. P. 453

⁴⁴ Ibid P. 453

Donde:

r = Es la suma algebraica de los valores de la integral que aparece como segundo término en el miembro derecho de la fórmula.

Las tolerancias admitidas para variaciones sobre la frecuencia nominal, en todo nivel de tensión, son:

⇒ Variaciones Sostenidas ($\Delta f_k(\%)$)	:	0.6 %
⇒ Variaciones Súbitas (VSF')	:	± 1.0 Hz.
⇒ Variaciones Diarias (IVDF')	:	$\pm 600,0$ Ciclos

De la relación de éstas variaciones, podemos considerar que la energía eléctrica es de mala calidad en los siguientes casos:

Primero, si las Variaciones Sostenidas de Frecuencia se encuentran fuera del rango de tolerancias por un tiempo acumulado superior al tres por ciento (3%) del Período de Medición. Segundo, si en un Período de Medición se produce más de una Variación Súbita excediendo las tolerancias.

Tercero, si en un Período de Medición se producen violaciones a los límites establecidos para la Integral de Variaciones Diarias de Frecuencia. De igual manera, el Estado a través del OSINERG ha establecido compensaciones por la mala calidad de la frecuencia entregada a los usuarios. Por lo tanto, los suministradores deben compensar a sus clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad de la frecuencia exceden los límites porcentuales permisibles, previo análisis de la estructura normativa que la sustenta. la fórmula es:

Compensaciones por

$$\text{Variaciones Sostenidas} = \sum_q b * B_q * E(q)$$

Donde:

q = Es un intervalo de medición de quince (15) minutos de duración en el que se violan las tolerancias en los niveles de frecuencia.

b = Es la compensación unitaria por violación de frecuencias

B_q = Es un factor de proporcionalidad definido en función de la magnitud del indicador $\Delta f_q(\%)$, medido en el Intervalo q , de acuerdo a la siguiente tabla:

$E(q)$ = Es la energía en kW.h, suministrada durante el intervalo de medición q .

$\Delta f_q (\%)$	B_q
$0.6 < \Delta f_q (\%) \leq 1.0$	1
$1.0 < \Delta f_q (\%) $	$2 + (\Delta f_q (\%) - 1)/0.0$

B_q , se calcula con dos (2) decimales de aproximación

Compensaciones por

$$\text{Variaciones Súbitas} = b' * B_m * P_m$$

Donde:

b' = Es la compensación unitaria por variaciones súbitas de frecuencia.

P_m = Es la máxima potencia entre las registradas en kW, tomadas, dentro de los cuales se producen variaciones súbitas transgrediendo las tolerancias.

Si por las condiciones no es posible tener dichos registros, se tomará el correspondiente al intervalo inmediato anterior a la falla.

B_m = Es un factor de proporcionalidad definido en función del Número de Variaciones Súbitas de Frecuencia (N_{VSF}) que superan las tolerancias durante el Período de Medición, de acuerdo a la siguiente tabla:

N_{VSF}	B_m
$1 < N_{VSF} \leq 3$	1
$3 < N_{VSF}$	$2 + (N_{VSF} - 3)$

Compensaciones Por

$$\text{Variaciones Diarias} = \sum_{\text{de mes}} b'' * B_d * P_d$$

Donde:

d = Es un día del mes en consideración en el que se violan las tolerancias

b'' = Es la compensación unitaria por variaciones diarias de frecuencia

P_d = Es la potencia máxima suministrada durante el día d , expresada en kW.

B_d = Es un factor de proporcionalidad que esta definido en función de Magnitud de la Integral de Variaciones Diarias de Frecuencia (M_{VDF}) evaluada para el día d , de acuerdo a la tabla siguiente:

M_{VDF} (ciclos)	B_d
$600 < M_{VDF} \leq 900$	1
$900 < M_{VDF} $	$3 + (M_{VDF} - 900) / 100$

B_d , se calcula con dos(2) decimales de aproximación

c. Perturbaciones

Las perturbaciones se identifican por dos tipos de indicadores de calidad, el flicker y las tensiones armónicas, las mediciones de estos dos indicadores se realizan en los Puntos de Acoplamiento Común del sistema.

☞ El Flicker

Para este indicador de calidad, el Índice de Severidad por flicker de corta duración (P_{st}) definido de acuerdo a la Normas IEC y las Tensiones Armónicas, este Índice de Severidad, no debe superar la unidad ($P_{st} \leq 1$) en Alta, Media ni Baja Tensión.

☞ Tensiones Armónicas

Para las Armónicas, las Tensiones Armónicas Individuales (V_i) y el Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD) se evalúan separadamente para cada Intervalo de Medición de diez (10) minutos durante el Periodo de Medición de perturbaciones, que como mínimo será de siete (7) días calendario continuo.

Los valores eficaces (rms) de las Tensiones Armónicas Individuales (V_i) y los THD, expresado como porcentaje de la tensión nominal del punto de medición respectiva, no deben superar los valores límite (V_i y THD) indicados en la siguiente tabla. Para efectos de esta Norma, se consideran las armónicas comprendidas entre la dos (2º) y la cuarenta (40º), ambas inclusive.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA ó THD	TOLERANCIA V _i ' ó THD' (% CON RESPECTO A LA TENSIÓN NOMINAL DEL PUNTO DE MEDICIÓN)	
	PARA ALTA Y MUY ALTA TENSIÓN	PARA MEDIA Y BAJA TENSIÓN
(Armónicos impares no múltiplos de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
mayores de 25	0.1 + 2.5/n	0.2 + 2.5/n
(Armónicos Impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
mayores de 21	0.2	0.2
(Pares)		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
mayores de 12	0.2	0.5
THD	3	5

Tabla 14. Tolerancias permisibles de armónicas ⁴⁵

⁴⁵ Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. Capítulo 5.3.2. P. 455



CAPÍTULO IV

4. DISEÑO TECNOLÓGICO DEL “REVOFREPER”

4.1 Origen de la idea

La idea de construir un registrador al cual se le puso como nombre “REVOFREPER” con características que registre los parámetros eléctricos para ser usados con fines domésticos fue concebido, debido a la necesidad de contar con un instrumento para uso exclusivo de dichos consumidores y poder determinar la calidad de la energía eléctrica por ellos mismos, mediante la utilización de las definiciones que se plantean en el capítulo V y los valores de los voltajes y frecuencias que se observan en los display y los leds que nos indica la circulación de armónicos más representativos desde la 2ª hasta la 11ª armónica.

Los usuarios domésticos al determinar la calidad del producto eléctrico están demostrando que tienen cultura eléctrica, lo que la mayoría de los usuarios domésticos carecen de conocimientos básicos y por falta de ello son sometidos a abusos por parte de las empresas distribuidoras de la energía.

4.2 Plano de Instalación

4.2.1 Esquema

Los circuitos que se muestran han sido elaborados en función a la necesidad para la construcción del “REVOFREPER”, es decir, las etapas que comprenden son:

- ☞ Rectificación de la corriente alterna a continua.
- ☞ Circuito del voltímetro digital
- ☞ Circuito del frecuencímetro digital
- ☞ Circuitos impresos de la 2ª a la 11ª armónica.

En el Anexo de esta Tesis se muestra el esquema completo que comprende el registrador "REVOFREPER".

4.2.1.1 Unifilar

El esquema unifilar es la representación de todos los componentes de un sistema eléctrico y electrónico, que tiene una función predeterminada, se representan con códigos o símbolos de acuerdo a Normas Nacionales e Internacionales.

4.2.1.2 Acometida

Es una parte de las instalaciones eléctricas que hace de enlace entre el cable alimentador y el contador de la energía eléctrica conexión, en el caso del "REVOFREPER" comprende desde el elemento enchufe hasta la etapa de rectificación de la corriente y tensión de alterna a continua.

4.2.1.3 Filtro centralizado

Es un elemento electrónico cuya aplicación principal es la de atenuar o disminuir las corrientes y las tensiones armónicas, que circulan por las instalaciones eléctricas.

4.3 Formas de mediciones

Las mediciones que realizan el "REVOFREPER" son las variaciones de la tensión, frecuencia y las perturbaciones (armónicas) es decir comprende básicamente de tres etapas:

a. Etapa del Voltímetro

Para la medición de la tensión en el "REVOFREPER", la etapa de medición de la tensión se aplicó los siguientes fundamentos.

La tensión a monitorear es 220 voltios, en corriente alterna cuya forma de onda es sinusoidal, esta tensión entra a una etapa que atenúa la tensión (amplitud) de 30 decibeles que es igual a 1000 veces su tensión o sea 22 milivoltios. Este procedimiento es a través de 5 resistores los cuales van en serie con respecto a la línea de 220 voltios evitando a la vez una alta potencia calorífica de los dispositivos.

VOLTAJES	
ENTRADA (V)	SALIDA (mV)
220	22
300	30
500	50

Tabla 15. Relación de voltajes

Esta voltaje de entrada es de corriente alterna, igual que el voltaje de salida, no podría ser identificado por la etapa que sigue, que es el convertidor Análogo Digital, ya que, solo puede comprender tensión de corrientes continuas, para ello, se consideró un diodo rectificador el cual cumple la función de rectificar la forma de la onda, donde:

- ☞ $V_{m_{rms}} = \text{Tensión de salida (0.7 = tensión del diodo)}$
- ☞ $V_{m_{rms}} = E / \pi + 0.7 \text{ V}$
- ☞ $V_{m_{rms}} = 220 / \pi + 0.7 \text{ V}$
- ☞ $V_{m_{rms}} = 70.73 \text{ V}$

Esta tensión de salida es 70.73 Voltaje de corriente Directa de forma de ondas semi sinusoidales, nos damos cuenta perdería la relación del ejemplo 1 ya que 220 voltios de corriente alterna es 70.73 voltios de corriente directa lo cual registraría como tensión atenuada 0.07073 millivoltios como tensión de 220 voltios, para ello se a diseñado un circuito con resistores para elevar la tensión y recuperar al diferencia de potenciales.

b. Etapa del frecuencímetro

Esta etapa de medición de frecuencia, se han aplicado los siguientes fundamentos. La señal a medir es sinusoidal, esta ingresa a una etapa la cual es llamada de conversión, la señal esta transforma la onda sinusoidal a cuadrada, este procedimiento es importante ya que la etapa que sigue acepta solo formas de ondas cuadradas. Esta onda cuadrada ingresa a la etapa de relación, esta etapa consiste en determinar una relación de tensión versus frecuencias las cuales son directamente proporcionales, donde:

☞ 6 V es \cong a 60 Hz.

☞ 7 V es \cong a 70 Hz.

☞ 8 V es \cong a 80 Hz.

Esta relación nos permite tiene una tensión en función a la frecuencia la cual ingresa a la etapa convertidora analógica digital la cual tiene el mismo criterio de ejemplo anterior.

c. Etapa de los armónicos

Esta etapa tiene los siguientes conceptos de operación:
Medir el orden armónico generado por una contaminación de la red eléctrica, gracias a los fundamentos teóricos como la fórmula trigonométrica de Fourier un modelo matemático lo cual fue derivado esta función a un diseño electrónico, encontramos que los filtros CHEBYSHEV este filtro tiene la propiedad de captar corrientes y tensiones armónicas, como ejemplo tenemos que:

$$V_t = 4 / \pi * V_m (\text{Sen } B + 1/3 \text{ Sen } 3B + 1/5 \text{ Sen } 5B + \dots)$$

Para lograr los límites de aceptación que registra cada filtro, se a diseñado una etapa la cual limita el ancho de banda por cada detector de armónicos esta etapa consiste en un filtro pasa banda la cual rechaza las frecuencias superior como inferiores al ancho de banda predeterminada, donde:

3º Armónico	:	120 Hz.
Ancho de banda	:	60 Hz.
Frecuencia Inferior	:	90 Hz.
Frecuencia Superior	:	150 Hz.

Una mejor forma de medir el voltaje, es por medio de instrumentos de respuesta rms (raíz media cuadrática) verdadera, esto se explica de la siguiente manera: Las ondas complejas se miden con más precisión mediante un voltímetro de respuesta rms. Este instrumento produce una indicación de medición detectando la potencia calorífica de la onda, la cual es proporcional al cuadrado del valor rms del voltaje. Esta potencia calorífica se puede medir alimentando la señal de entrada y amplificada al elemento calefactor de un termopar, cuyo voltaje de salida es proporcional a E2 rms.

Una dificultad con esta técnica es que el termopar adopta frecuentemente un comportamiento no lineal, esto se supera en algunos instrumentos colocando dos termopares en el mismo ambiente térmico, tal como se aplica en los voltímetros de respuesta rms verdadera. El efecto de comportamiento no lineal del termopar en el circuito de entrada (termopar de medición) se cancela por los efectos similares no lineales del termopar en el circuito de realimentación (termopar en equilibrio). Los dos termopares forman parte de un puente en el circuito de entrada de un amplificador de corriente directa.

La corriente de DC es, por lo tanto, directamente proporcional al valor eficaz o rms del voltaje de entrada y se indica en el movimiento del medidor en el circuito de salida del amplificador de dc. El valor rms verdadero se mide cualquiera que sea la forma de onda de la señal de corriente alterna, se debe considerar que los voltajes pico de la forma de onda no excedan el límite dinámico del amplificador de corriente alterna.

Un voltímetro de respuesta rms de laboratorio, proporciona lecturas rms exactas para ondas complejas que tienen un factor de cresta (relación del valor pico al valor rms) de 10/1.

Al 10% de la deflexión del medidor, donde hay menos riesgo de que se sature el amplificador, se pueden medir ondas con factores de cresta tan altos como 100/1.

Se puede medir voltajes dentro desde 100 μV a 300 voltios con rangos de frecuencias desde 10 Hz. a 10 MHz. con los mejores instrumentos.

El "REVOFREPER" mide los parámetros del sistema eléctrico con sus respectivos rangos permisibles de acuerdo al Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, con sus correspondientes rangos de variación, en los casos de la tensión, la frecuencia y los armónicos, se tiene que la: Tensión nominal es de 220 voltios con rango de variación de $\pm 5 \%$ es decir, 231 voltios como máximo y 209 voltios como mínimo.

En el caso de la frecuencia nominal del sistema es de 60 ciclos por segundo, con un rango de tolerancias mínimas. Las Variaciones Sostenidas, es de: $\Delta F_k(6\%) = \pm 0,6 \% F_k$, que comprende desde 60,36 Hz. como máximo hasta 59.64 Hz. como mínimo.

Finalmente para saber la circulación de armónicos a través de las redes eléctricas se han considerado en el diseño la detección desde la segunda (2^a) hasta el décimo primero armónico (11^a), tal como se muestra los valores porcentuales en la siguiente tabla, se han considerado estos armónicos por ser estas las más significativas, dentro de las tolerancias porcentuales indicadas en la Tabla N° 5 de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

El orden de la armónica o THD indicada en la Tabla 5, se observa que la 5^a armónica impar es la más relevante con el 6% con respecto a la tensión nominal del punto de medición del sistema de alimentación, en media y baja tensión, seguidos por las armónicas impares 3^a y 6^a, con el 5% de la tensión nominal en media y baja tensión.

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA Ó THD	TOLERANCIAS : $ v_i' $ ó $ THD' $ (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición)	
	Alta y Muy Alta Tensión	Media y Baja Tensión
2 Par	1,5	2,0
3 Impar Múltiplo de 3	1,5	5,0
4 Par	1,0	1,0
5 Impar Múltiplo de 3	2,0	6,0
6 Par	0,5	0,5
7 Impar Múltiplo de 3	2,0	5,0
8 Par	0,2	0,5
9 Impar Múltiplo de 3	1,0	1,5
10 Par	0,2	0,5
11 Impar Múltiplo de 3	1,5	3,5

Tabla 16. Tolerancias porcentuales de los armónicos más relevantes

4.4 Contraste de instrumentos

El contraste en el "REVOFREPER" se realizó en las tres etapas principales que comprende la etapa del voltímetro digital, del frecuencímetro digital y los detectores de armónicos desde la segunda hasta la onceava armónica, tal como se describen las etapas:

a. Voltimétrica

El "REVOFREPER" en la etapa de medición de tensión se han aplicado los siguientes fundamentos. La tensión a medir es de 220 Voltios, Corriente Alterna de forma sinusoidal, esta tensión entra a una etapa que atenúa la tensión (Amplitud), 30 decibeles o sea 1000 veces su tensión 22 milivoltios este procedimiento es a través de 5 resistores los cuales van en serie con respecto a la línea de 220 voltios evitando a la vez una alta potencia calorífica de los dispositivos, ejemplo.

VOLTAJE DE ENTRADA (V)	VOLTAJE DE SALIDA (mV)
220	22
300	30
500	50

Tabla 17. Relación de voltajes

Este voltaje de entrada es de corriente alterna a lo igual que la voltaje de salida, no podría ser identificado por la etapa que sigue que es el convertidor Análogo Digital ya que sólo puede comprender tensión de corrientes continuas para ello se ha puesto un diodo rectificador el cual cumple una función y es de rectificar la forma de onda, ejemplo:

$$\begin{aligned} \varnothing \quad V_{m_{rms}} &= \text{Tensión de salida (0.7 tensión del diodo)} \\ \varnothing \quad V_{m_{rms}} &= E / \pi + 0.7 \text{ V} \\ \varnothing \quad V_{m_{rms}} &= 220 / \pi + 0.7 \text{ V} \\ \varnothing \quad V_{m_{rms}} &= 70.73 \text{ V} \end{aligned}$$

Esta tensión de salida es 70.73 Voltaje de corriente Directa de forma de onda semi sinusoidal, nos damos cuenta perdería la relación del ejemplo 1 ya que 220 voltios de corriente alterna es 70.73 voltios de corriente directa lo cual registraría como tensión atenuada 0.07073 milivoltios como tensión de 220. para ello se a diseñado un circuito con resistores para elevar la tensión y recuperar al diferencia de potenciales.

b. Frecuencímetro

En la etapa de medición de frecuencia, se han aplicado los siguientes fundamentos: La señal a medir es sinusoidal, ésta ingresa a

una etapa la cual es llamada convertidora de señal esta transforma la onda sinusoidal a cuadrada, este procedimiento es importante ya que la etapa que sigue acepta sólo formas de ondas cuadradas. Esta onda ingresa a la etapa de relación esta etapa consiste en determinar una relación de tensión versus frecuencias la cuales son directamente proporcionales, ejemplo:

- ☞ 6V = 60Hz
- ☞ 7V = 70Hz
- ☞ 8V = 80Hz

Esta relación nos permite tiene una tensión en función a la frecuencia la cual ingresa a la etapa convertidora análoga digital la cual tiene el mismo criterio de ejemplo anterior.

c. Armónicos

Esta etapa tiene los siguientes conceptos de operación: Medir del orden armónico generado por una contaminación de la red eléctrica, gracias a los fundamentos teóricos como la fórmula trigonométrica de Fourier un modelo matemático lo cual fue derivado esta función a un diseño electrónico, encontramos que los filtros CHEBYSHEVeste filtro tiene la propiedad de captar corrientes y tensiones armónicas, ejemplo:

$$V_t = 4/\pi * V_m (\text{sen } B + 1/3 \text{ sen } 3B + 1/5 \text{ sen } 5B \dots\dots\dots)$$

Para lograr los límites de aceptación que registra cada filtro, se a diseñado una etapa la cual limita el ancho de banda por cada detector de armónicos esta etapa consiste en un filtro pasa banda la cual rechaza las frecuencias superior como inferiores al ancho de banda predeterminada, ejemplo:

☞	3º Armónico	:	120Hz
☞	Ancho de banda	:	60Hz
☞	Frecuencia Inferior	:	90Hz
☞	Frecuencia Superior	:	150Hz

4.5 Análisis matemático

Una señal no lineal puede analizarse a través de un método matemático que permite representarla a través de una suma de señales sinusoidales de diferentes frecuencias. En la siguiente figura se observa la existencia de 3 formas de ondas, una forma de onda no lineal y dos formas de ondas sinusoidal; en las formas de ondas sinusoidales tenemos una que oscila una sola vez en 16.66 milisegundos es decir oscila a 60 ciclos por segundo (a la frecuencia fundamental) y una segunda onda sinusoidal que oscila 5 veces en el mismo tiempo es decir oscila a 5×60 Hz si sumamos punto por punto en el tiempo la onda de 60 Hz con la onda de 5×60 Hz obtenemos la forma de onda no lineal. Para el análisis del problema de los armónicos se tiene que la:

☞	Señal de una onda fundamental	:	$f = 1 \times 60 \text{ Hz} = 60 \text{ Hz}$
☞	2ª armónica corresponde a una señal de	:	$f = 2 \times 60 \text{ Hz} = 120 \text{ Hz}$
☞	3ª armónica corresponde a una señal de	:	$f = 3 \times 60 \text{ Hz} = 180 \text{ Hz}$

Así en forma sucesiva hasta la 40ª armónica de acuerdo a lo indicado en la NTCSE, sin embargo existen equipos registradores que miden los armónicos hasta el 101ª armónico.

Existe un método matemático que permite descomponer a una señal no sinusoidal o no lineal en la suma de componentes sinusoidales de frecuencias que son múltiplos de la fundamental, a la magnitud rms de cada componente sinusoidal se le llama "Armónica", a una señal no lineal se le aplicó el método matemático de Fourier y se estableció que esta señal estaba compuesta por una señal de frecuencia fundamental de magnitud (X), más una onda de la 5ª armónica de magnitud (Y).

Si en el análisis aparecieran componentes de $3 \times 60 = 180$ Hz y de $7 \times 60 = 420$ Hz les llamamos componentes de 3ª y 7ª armónica.

Las componentes armónicas tanto de voltaje como de corrientes se dan en valores de rms tal como las magnitudes de las componentes fundamentales del sistema, por ejemplo 13.8 kV, 100 amperes en frecuencia fundamental y 100 voltios, 4 Amperes en la 5ª armónica.

4.5.1 Operacionalización de ondas sinusoidales

Para analizar las formas de ondas periódicas en el régimen estacionario de funcionamiento las tensiones e intensidades que aparecen en los circuitos electrónicos son de naturaleza periódica. Si se trata de una intensidad, por ejemplo, se verifica que $i(t) = i(t + T)$, siendo T el período. Se analizará los valores característicos de una onda con su desarrollo en series de Fourier que establece: Cualquier señal periódica en el tiempo puede ser representada por la suma de "n" señales sinusoidales de frecuencias y amplitudes variables.

Los valores característicos de una onda, se representan con mayúsculas, si se trata de una intensidad, el valor de pico, I_p , se define como el valor máximo de la onda rectificada $|i|$.

El valor eficaz, I o I_e , se define como la raíz cuadrada de su cuadrado medio.

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

El valor medio se calcula con:

$$I_m = \frac{1}{T} \int_0^T i dt$$

Para dar una idea de la forma de la onda se da su factor de forma

$$f_f = \frac{I}{I_m}$$

Y su factor de pico

$$f_p = \frac{I_p}{I}$$

Las funciones periódicas, cumplidas ciertas condiciones, pueden ser descompuestas en una suma que consta de:

- ☞ Un término constante, que es la **componente continua**.
- ☞ Un término sinusoidal llamado **componente fundamental**, que es de la misma frecuencia que la función que se analiza.
- ☞ Una serie de términos sinusoidales llamados **componentes armónicas o armónicos**, cuyas frecuencias son múltiplos de la onda fundamental.

Es decir:

$$f(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_1^{\infty} (A_n \cos n\omega t + B_n \text{sen} n\omega t)$$

con

$$A_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \cos n\omega t \, dt, \text{ donde } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

y

$$B_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \text{sen } n\omega t \, dt, \text{ donde } n = 1, 2, 3, \dots$$

Siendo t_0 cualquier instante y $\omega = 2\pi / T$.

El término constante $A_0 / 2$ es el valor medio de la función. Los términos A_n y B_n son los valores de pico de las componentes sinusoidales. Como para cada armónico (o para la fundamental) las

dos componentes A_n y B_n están desfasadas 90° , la amplitud de cada armónico (o de la fundamental) viene dada por: $\sqrt{A_n^2 + B_n^2}$.

El desarrollo queda simplificado gracias a las simetrías de la función, las cuales pueden ser evidenciadas en ocasiones gracias a una adecuada colocación de los ejes de coordenadas.

⇒ **Caso de función par**, $f(t) = f(-t)$, carece de términos de senos y los otros pueden calcularse de manera simplificada.

$$A_n = \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} f(t) \cos n\omega t \, dt$$

⇒ **Caso de función impar**, $f(t) = -f(-t)$, solo tiene términos de senos, que pueden calcularse así.

$$B_n = \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} f(t) \operatorname{sen} n\omega t \, dt$$

⇒ **Caso de función impar**, $f(t) = -f(-t)$, solo tiene términos de senos, que pueden calcularse así.

$$B_n = \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} f(t) \operatorname{sen} n\omega t \, dt$$

⇒ **Caso de función alternada**, $f(t) = -f(t + T/2)$. El término A_0 es nulo y también los armónicos pares. Los impares pueden calcularse simplifícadamente así.

$$A_{2k+1} = \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} f(t) \cos (2k+1)\omega t \, dt,$$

Donde: $K = 0, 1, 2, 3, \dots$

Para sumar ondas sinusoidales se hace uso de varios métodos, uno es el fasorial y otro el trigonométrico, para el presente caso se hace uso de la ley de senos o cosenos, que consiste en la suma de la onda fundamental y la onda de la 3ª armónica, obteniéndose la resultante que es otra onda deformada.

En la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, se indican los valores porcentuales de tolerancias respecto a la tensión nominal (eficaz) del punto de medición, en el caso de la 3ª armónica para media y baja tensión indica una distorsión del 5% de la tensión nominal, donde se tiene:

- ☞ Tensión Nominal (V_N) = 220 Voltios
- ☞ 5% $V_{NOMINAL}$ ($0.05 * 220 V$) = 11 Voltios).
- ☞ Frecuencia de Servicio (F) = 60 c.p.s.
- ☞ Velocidad Angular (ω) = $2 \pi F$
- ☞ Periodo (T) = $1 / F$
- ☞ Amplitud de la onda Fundamental ($V1_{eficaz}$) = 220 Voltios
- ☞ Amplitud de la 3ª onda armónica ($V2_{eficaz}$) = 11 Voltios
- ☞ Angulo de desfase de la onda fundamental ($\phi1$) = 0
- ☞ Angulo de desfase de la 3ª armónica ($\phi2$) = π
- ☞ Tiempo en el punto de medición fundamental ($t1$) = $1/240$ s.
- ☞ Tiempo en el punto de medición 3ª armónica ($t2$) = $3/240$ s.

Las funciones trigonométricas de la onda fundamental (F1) y de la 3ª armónica (F2) son:

$$F1 = V1_{eficaz} \text{ Sen} (\omega t1 + \phi1)$$

$$F_2 = V_{2 \text{ eficaz}} \text{ Sen} (\omega t_2 + \phi_2)$$

Reemplazando y sumando las funciones de las ondas por sus valores correspondientes se tiene:

$$\Rightarrow V_T = F_1 + F_2$$

$$\Rightarrow V_{1 \text{ eficaz}} \text{ Sen} (\omega t_1 + \phi_1) + V_{2 \text{ eficaz}} \text{ Sen} (\omega t_2 + \phi_2)$$

$$\Rightarrow V_T = 220 \text{ Sen} (2 \pi 60 * 1/240 + 0) + 11 \text{ Sen} (2 \pi 60 * 3/240 + \pi)$$

$$\Rightarrow V_T = 231 \text{ voltios}$$

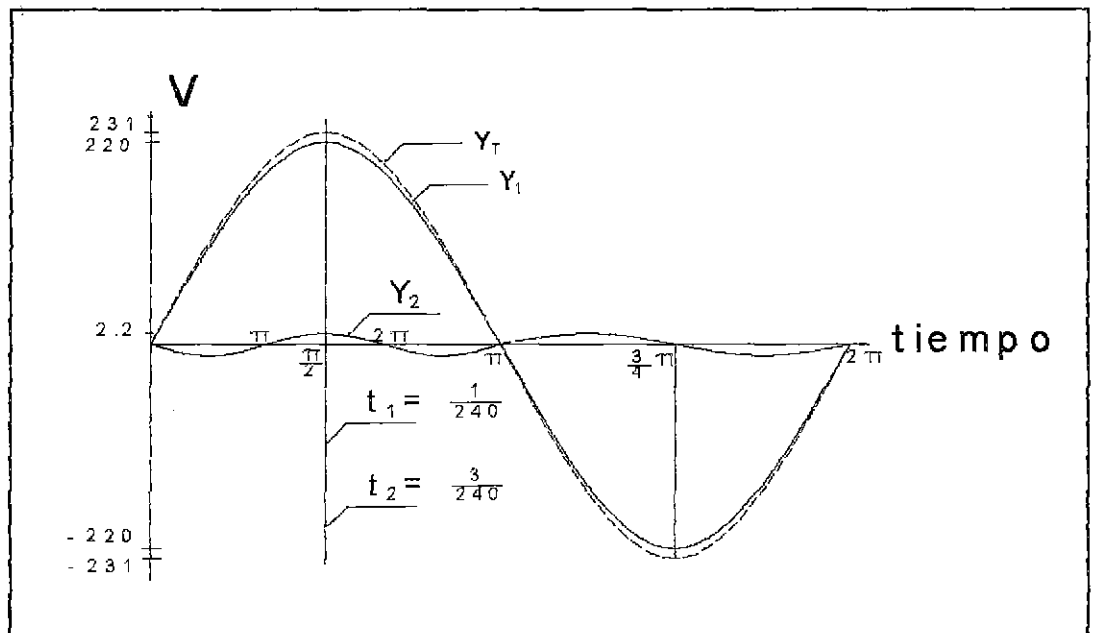


Diagrama 10. Suma Gráfica de ondas sinusoidales: Fundamental más la 3ª armónica

Con lo indicado, podemos obtener la distorsión total del voltaje en cualquier instante sumando la onda fundamental con las ondas armónicas, utilizando el método trigonométrico.



CAPÍTULO V

5. CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL "REVOFREPER"

5.1 Materiales utilizados ⁴⁶

Para la construcción del "REVOFREPER" se consideraron las etapas de la rectificación de la corriente eléctrica de corriente alterna a corriente continua, la etapa del voltímetro digital, del frecuencímetro digital y el detector de armónicos, las mismas que se describen sus características generales de todos los componentes utilizados en su construcción.

5.1.1 Fuente de alimentación

Es un dispositivo que tiene la propiedad de reducir la tensión para alimentar al "REVOFREPER" la forma de onda que se tiene en la salida es sinusoidal, esta fuente reduce la tensión de línea de 220 voltios a 15-0-15 voltios, sus características fundamentales son:

Transformador 1:

☞ Voltaje de entrada	:	220 VCA
☞ Voltaje de salida	:	15-0-15 VCA
☞ Corriente de Suministro	:	1 A
☞ Frecuencia	:	60Hz
☞ Onda	:	Completa

Transformador 2: 6-0-6v

Transformador 3: 0-6v

⁴⁶ Diccionario Moderno de Electrónica Tomo I. 1989 P. 77, 237

5.1.2 Diodo rectificador tipo puente

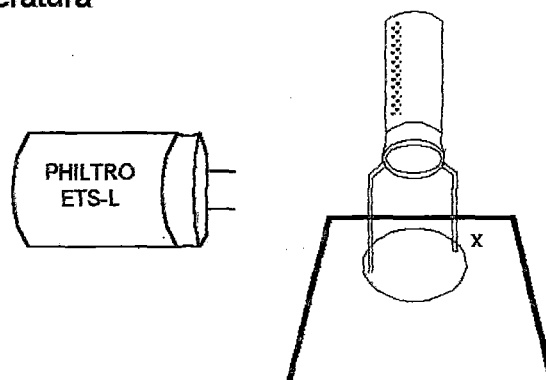
Es un dispositivo que se usa para rectificar la corriente que sale del transformador, onda sinusoidal a onda pulsante continua, estos diodos rectificadores convierten la forma de onda sinusoidal a onda pulsante la cual es el proceso para obtener luego la onda continua o directa prácticamente pura, sus características básicas son:

☞ Voltaje de trabajo	:	600 V
☞ Voltaje Inverso	:	50 V
☞ Corriente de Saturación	:	1 Amperes
☞ Frecuencia Corte	:	1Khz
☞ Temperatura	:	25 °C

5.1.3 Condensador tipo filtro

La energía eléctrica puede ser almacenada en campo electrostático. El condensador es un dispositivo capaz de almacenar la energía de dicho campo se denomina Condensador (C), este tipo de condensador cumple la función de convertir la corriente continua pulsante en corriente continua prácticamente pura, sus características básicas son:

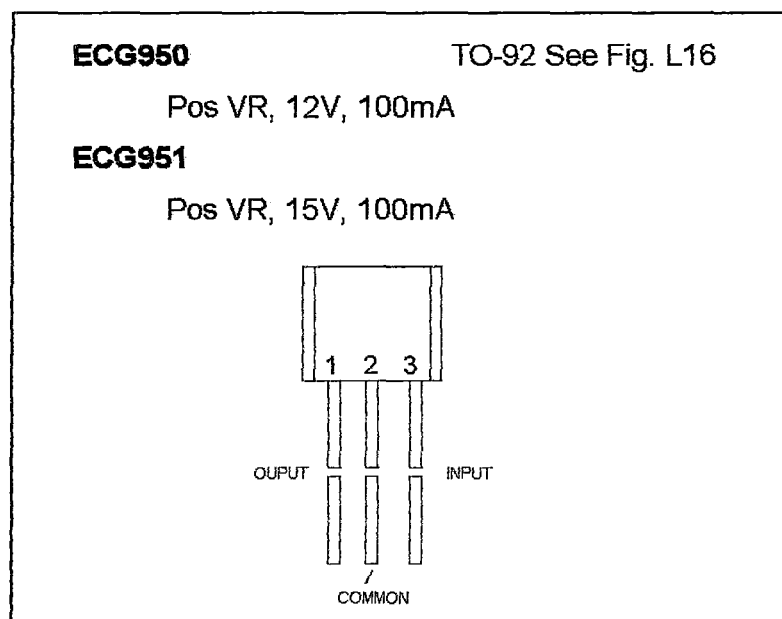
☞ Voltaje de trabajo	:	25 V
☞ Capacitancia	:	2200 μ f
☞ Temperatura	:	85 °C



5.1.4 Circuito integrado regulador de tensión

Este dispositivo esta conformado por elementos discretos resistencias, condensadores y semiconductores, todos estos están comprimidos en un solo dispositivo llamado circuitos integrados, este dispositivo cumple la función de estabilizar las tensiones es decir estabiliza el comportamiento de la tensión en el circuito integrado, sus características básicas son:

- ☞ Voltaje de entrada : 15 V
- ☞ Voltaje de salida : 5 V, 12V, -5V Y -12V.
- ☞ Corriente de saturación : 1 Amperes
- ☞ Nivel de estabilidad : 20mV
- ☞ Frecuencia : 60 Hz



5.1.5 Resistencia de Carbón

La oposición a un flujo permanente de electrones se denomina resistencia se simboliza con letra R de un conductor y es una de las propiedades físicas, la caída de tensión que originan las resistencias asen equilibrar las ganancias de señal en las salidas, sus características básicas son:

☞ Valor óhmico	:	ohm
☞ Potencia	:	¼ W
☞ PPM/°C	:	400
☞ Tolerancia	:	5%

5.1.6 Condensador de Tantalio

Es similar al condensador cerámico anteriormente indicado, la diferencia es que este tipo de condensadores son mas exactos con referencia a sus tolerancias, están constituidos por dos conductores dispuestos de manera que sus cargas eléctricas sean iguales y de signo contrario, sus características básicas son:

☞ Capacitancia	:	varios valores de μf
☞ Temperatura	:	85 ° C
☞ Tolerancia	:	1%

5.1.7 Condensador Cerámico

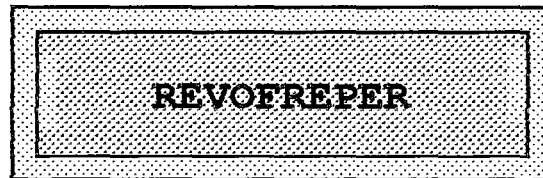
Es similar al condensador filtro que anteriormente indicado con la única diferencia de que estos dispositivos trabajan con tensiones mayores, que se usa para filtrar corrientes parásitas, sus características básicas son:

☞ Capacitancia	:	varios valores de μf
☞ Temperatura	:	85 ° C
☞ Aplicaciones Voltaje de trabajo	:	50V

5.1.8 Display Liquido LCD

Los Displays son dispositivos de visualización de magnitudes eléctricas, se utilizan para visualizar las magnitudes de tensiones, frecuencias, tensiones armónicas y otros parámetros, sus características básicas son:

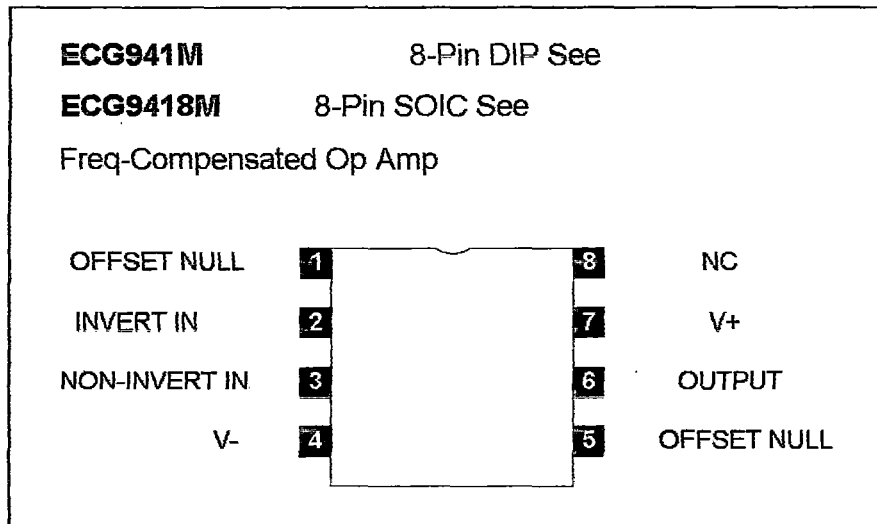
- ☞ Poseen memoria para poder almacenar mensajes de texto.



5.1.9 Circuito Integrado Comparador

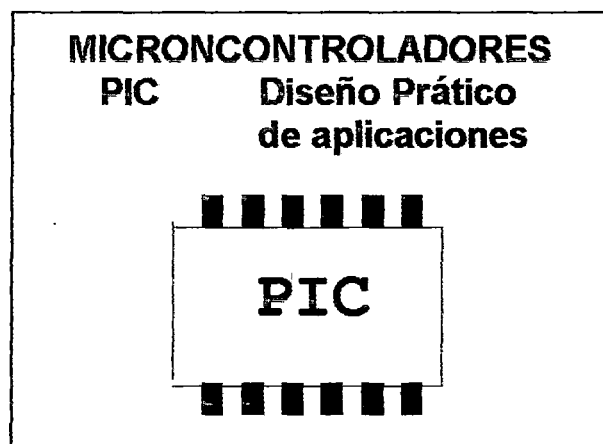
Los circuitos integrados son dispositivos electrónicos que tienen la propiedad de comparar dos señales diferentes el cual da como resultado una señal negativa o positiva, en una de sus etapas compara niveles de tensión y frecuencia, sus características básicas son:

☞ Voltaje de alimentación	:	12V
☞ Corriente de Saturación	:	20mA
☞ Voltaje no inversor	:	6V
☞ Voltaje inversor	:	0V
☞ Voltaje de salida	:	1.5V



5.1.10 Microcontrolador 16C711

Circuito Integrado de mucha versatilidad y de muchas aplicaciones en la electrónica, tales como: control, potencia, digital, entre otras.



5.1.11 Accesorios complementarios

La caja porta "REVOFREPER" se diseño dándole una forma futurista espacial, semejante a la computadora personal, en su interior van instalados todos los componentes electrónicos del voltímetro y frecuencímetro digital. Asimismo los detectores de armónicos, mediante los leds, que indican la circulación de los armónicos del 2º al 11º, instalados en circuitos impresos.

5.2 Construcción y prueba del “REVOFREPER”

La etapa constructiva del “REVOFREPER”, fue concebido debido a la necesidad de contar con un registrador para uso exclusivo de los consumidores domésticos, que registre los parámetros eléctricos y ser determinados por ellos mismos, la calidad de la energía eléctrica mediante la lectura de los valores de los voltajes, frecuencias y la observación de los leds, que indican la presencia de los armónicos desde el 2ª al 11ª, en las instalaciones eléctricas.

5.3 Aplicación por usuarios domésticos

Al aplicar metodológicamente el “REVOFREPER” en los usuarios domésticos de la electricidad, en el manejo y lectura de los parámetros básicos, para que ellos mismos determinen la calidad de la electricidad, se observó una reacción positiva al leer los parámetros eléctricos de tensión, frecuencia y la circulación de las armónicas quienes, manifestaron que ahora si podrán reclamar sus derechos.

5.4 Evaluación de la aplicación

Para su evaluación del “REVOFREPER” se aplicó., el muestreo probabilístico por racimos, dado que geográfica y eléctricamente los usuarios domésticos son suministrados desde los transformadores de distribución cuya potencia óptima económica es de 100 KVA que tiene una capacidad de suministro a 200 usuarios con una demanda máxima de 1000 Watts por lote con factor de simultaneidad de 0.5, que es 500 Watts, es decir, se puede alimentar a 200 usuarios, como se consideró 3 localidades, la muestra fue de $N = 600$ usuarios domésticos que, en sus contadores de la energía (medidores de energía activa) se realizaron las mediciones eléctricas de los parámetros de tensión, frecuencia y armónicas, que son necesarios para la determinación de la calidad de la energía eléctrica.

Para determinar la muestra numérica se tomó como universo a los consumidores de la Urbanización Fiori del Distrito de San Martín de Porras, Asentamiento Humano Bello Horizonte del Distrito de Comas y la Urbanización San Borja Sur del Distrito de San Borja. La muestra inicial se determinó aplicando la fórmula ⁴⁷:

$$n = z^2 \frac{pq}{E^2}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra inicial

z = Límite de Confianza para generalizar los resultados.

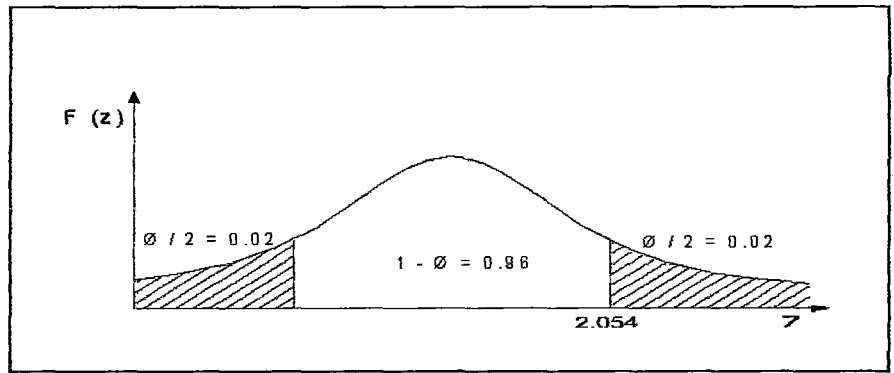
p = Campo de variabilidad de aciertos ó éxitos.

q = Campo de variabilidad de desaciertos o fracasos.

E = Nivel de precisión para generalizar los resultados.

Relacionando los términos estadísticos con los instrumentos de recolección de datos para la determinación del tamaño de la muestra inicial con el 95% de límite de confianza y 5% de límite de desconfianza (error). Los valores considerados fueron tomados de la Tabla: "Distribución Normal Estándar de Áreas Bajo la Curva" tipificada de cero a zeta ("0" a "z"), y se encontró que el valor de $Z = 1.96$ y para los campos de variabilidad se estimaron:

⁴⁷ TORRES BARDALES Coloníbol. El Proyecto de Investigación Científica. Segunda Edición. 1998. p. 135



CURVA DE LA TABLA. Distribución Normal Estándar de Área Bajo la Curva

Donde:

$$z = 1.96$$

$p = 0.60$ para los aciertos o éxitos

$q = 0.40$ para los errores o fracasos

$$E = 0.06$$

Reemplazando valores, tenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.60)(0.40)}{(0.06)^2} = 256.106 \cong 256 \text{ usuarios}$$

La muestra inicial (256) fue sometida al factor de corrección finita para obtener la muestra ajustada mediante la fórmula:

$$n_s = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}}$$

Donde:

n_o = Muestra ajustada

n = Valor de la muestra inicial (256)

N = Población (600)

Reemplazando valores, tenemos:

$$n_o = \frac{256}{1 + \frac{256-1}{600}} = 179 \text{ usuarios}$$

En este caso, sólo se investigó a 179 usuarios domésticos y los resultados se generalizaron al número total de ellos. Con el valor de la muestra ajustada ($n_o = 179$), se obtuvo la proporcionalidad de la misma, aplicando la fórmula:

$$\frac{N_h}{N} (n_o) = \frac{250}{600} (179) = 74.59 \cong 75$$

Donde:

N_h = Sub Población

N = Población

n_o = Muestra Ajustada

Sustituyendo valores, se obtuvo dicha proporcionalidad muestral:

USUARIOS DOMÉSTICOS	N_h	N_h / N	$(N_h / N).n_o$
Urb. Fiori -San Martín de Porras	250	0.42	75
A.H. Bello Horizonte - Comas	200	0.33	60
Urb. San Borja Sur - San Borja	150	0.25	45

Tabla 18. Proporcionalidad muestral.

En cada una de las zonas (muestras) determinadas, se realizaron las mediciones de los parámetros de tensión, frecuencia y las perturbaciones (flicker y tensiones armónicas) en los contadores de energía eléctrica (puntos de acoplamiento común), utilizando un analizador de redes de última generación de un reducido tamaño, modelo: **AR.5 CIRCUTOR**, se puede conectar en baja y alta tensión, es configurable mediante menú, utiliza display LCD de 160x160 pixels, tiene visualizaciones de hasta 30 parámetros en una sola pantalla, es capaz de almacenar cuatro programas distintos, realiza un resumen de la configuración del equipo y realiza el volcado de datos a la computadora para analizar los gráficos, tablas y formas de ondas. Posee una autonomía dentro los analizadores de redes con 1MB de memoria, su peso no excede de 0,61 kg.

El programa flicker permite medir flicker y realiza las mismas operaciones que en programa energía, este analizador configura los tiempos para el cálculo de flicker y energía, los parámetros flicker se visualiza en una sola pantalla. El programa de armónicos permite analizar los sobrecalentamientos de los transformadores y condensadores, detecta la corriente en el neutro. El flicker, representa una medida de la molestia visual que produce la modulación de la amplitud presente, en la forma de onda de la tensión de la red eléctrica. Sus características técnicas principales del analizador de redes AR.5 son:

Medición de tensión

- ☞ Rango de medidas entre fases y neutro 20.....500 V c.a. / a.c.
- ☞ Entre fases 20.....866 V c.a. / a.c.
- ☞ Cambio de escala automático
- ☞ Otras tensiones con transformadores
- ☞ Frecuencia 45.....65 Hz

Medición de corriente

- ☞ Rango de medida según pinza
- ☞ Cambio de escala automático
- ☞ Relación de transformación programables
- ☞ Reloj interno con batería, fecha y hora

Clase de precisión

- ☞ Entre corriente y tensión 0,5 % ± 2 dígitos
- ☞ En potencia activa y reactiva 1.0 % ± 2 dígitos

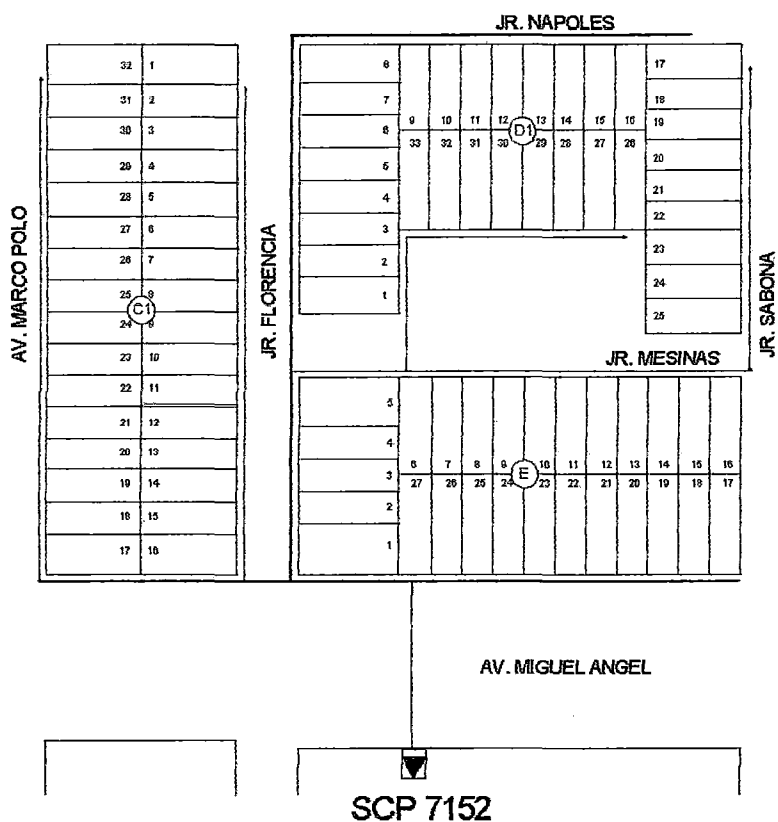
Normas

- ☞ VDE 110, EN 60664, EN 61036, UL 94.

Las mediciones de los voltajes, las frecuencias, los flickers y tensiones armónicas, se realizaron en los Puntos de Acoplamiento Común, con el analizador de redes CIRCUTOR- AR.5 en la:

- ☞ Urbanización Fiori, Distrito de San Martín de Porras, con 75 lotes
- ☞ Asentamiento Humano Bello Horizonte, Distrito de Comas, con 60 lotes
- ☞ Urbanización San Borja Sur, Distrito San Borja, con 45 lotes

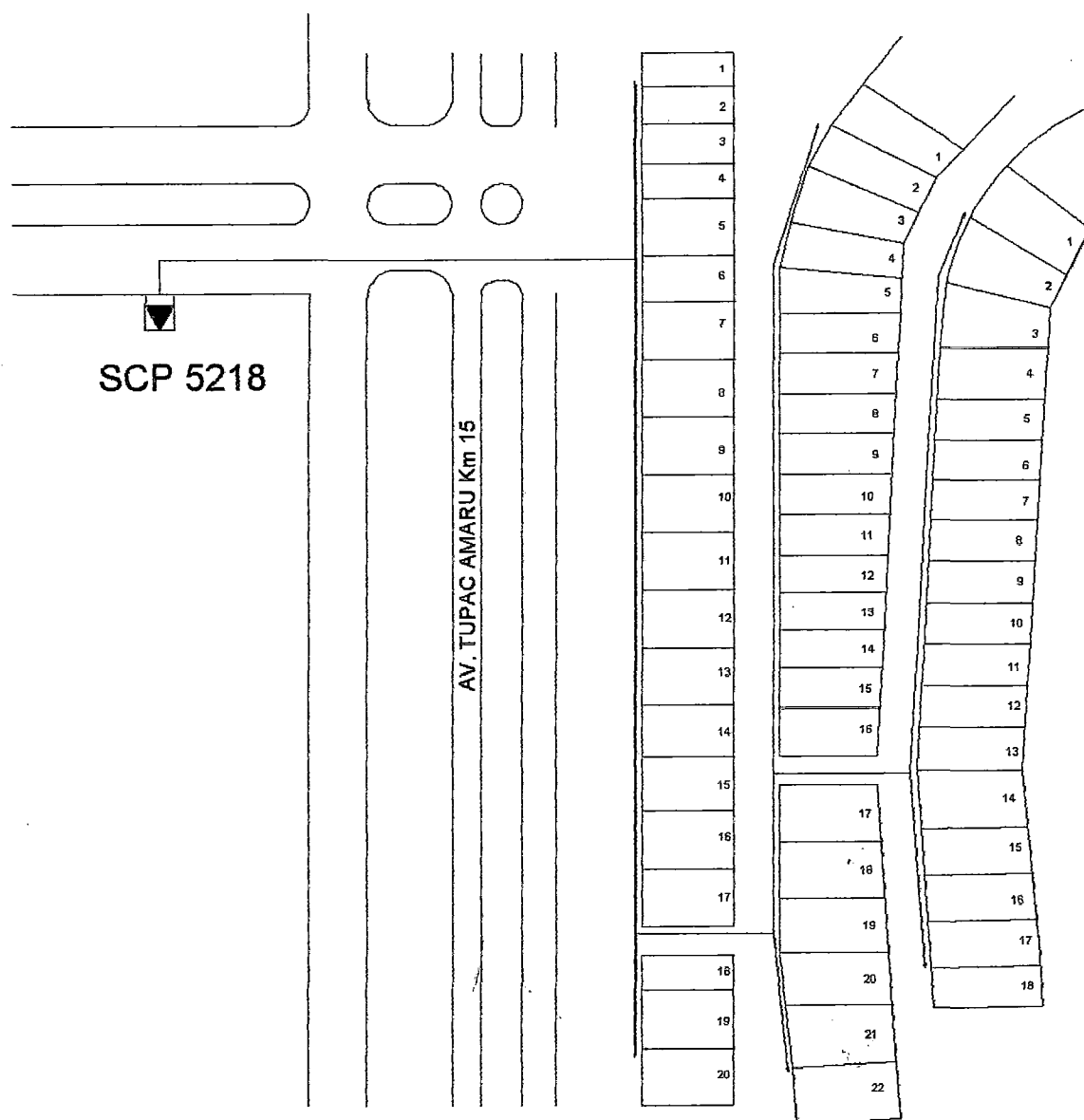
Los resultados se indican en los cuadros siguientes:



SCP 7152
URBANIZACIÓN FIORI 3º ETAPA S.M.P.

1. URBANIZACIÓN "FIORI" - SAN MARTÍN DE PORRAS RADIO DE S.C.P. N° 7152 PARA 75 USUARIOS DOMÉSTICOS				
Mz.	Lotes N°	Voltaje (V)	Frecuencia (F)	Flicker N° de orden
C1	01 al 06	208	60.2	3º
	07 al 10	211	59.9	5º fábrica
	11 al 16	213	60.0	ninguna
D1	01 al 08	218	59.0	Ninguna
	09 al 16	216	60.0	3º fábrica
	17 al 21	211	60.2	ninguna
	21 al 25	212	59.8	7º
	26 al 33	218	60.0	ninguna
E	01 al 05	218	60.0	7º farmacia
	06 al 10	215	60.0	ninguna
	11 al 16	212	60.3	ninguna
	17 al 22	218	60.2	3º
	23 al 27	219	59.8	5º

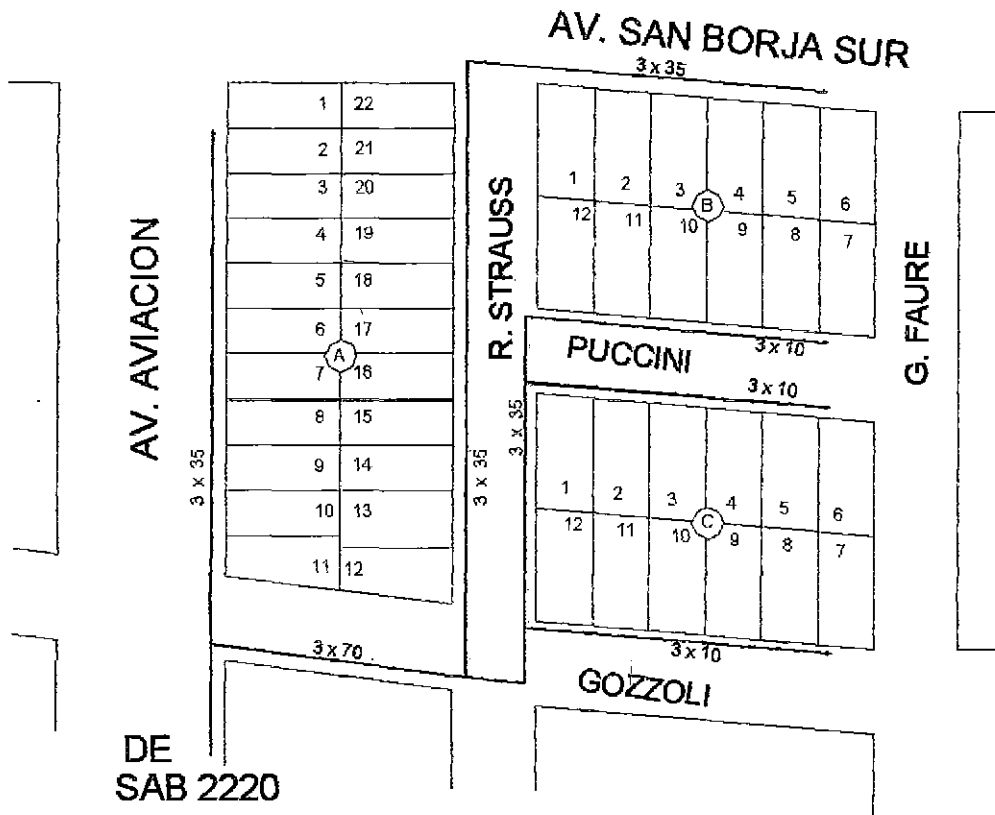
En la Urbanización Fiori, se deduce que los parámetros de la tensión y la frecuencia mantienen sus valores dentro de los límites permisibles, y en la Mz. C1 lotes 07 al 10, Mz. D1 Lotes 09 al 16, 21 al 25, Mz. E lotes del 01 al 05, 17 al 22 y 23 al 27, circulan pequeñas tensiones armónicas (3^a, 5^a, y 7^a) que no transgreden los límites porcentuales permisibles indicadas en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.



A. H. BELLO HORIZONTE

BELLO HORIZONTE"- COMAS RADIO DE S.C.P. N° 5218 PARA 60 USUARIOS DOMÉSTICOS				
Mz.	Lotes N°	Voltaje (V)	Frecuencia (F)	Flicker - N° de orden
B	01 al 05	219	60,2	Ninguna
	06 al 10	217	60.0	Ninguna
	10 al 17	215	60.1	Ninguna
	18 al 20	215	69.8	Ninguna
C	01 al 04	210	59.0	Ninguna
	05 al 10	212	60.4	Ninguna
	10 al 16	214	60.0	Ninguna
	17 al 22	214	60.0	Ninguna
D	01 al 05	209	60.0	Ninguna
	06 al 13	212	59.9	Ninguna
	14 al 18	214	60.1	Ninguna

De las mediciones eléctricas realizadas en el A.H. Bello Horizonte, se deduce que los parámetros de la tensión y la frecuencia mantienen sus valores dentro de los límites permisibles, asimismo, no existen los armónicos contaminadores en esta zona (Asentamiento Humano).



URBANIZACIÓN "SAN BORJA SUR" - SAN BORJA PARA 45 USUARIOS DOMÉSTICOS RADIO DE S.A.B. N° 2220				
Mz.	Lotes N°	Voltaje (V)	Frecuencia (F)	Flicker - N° de orden
A	01 al 06	216	59.0	3°
	07 al 11	218	60.0	7°
	12 al 22	216	60.1	NINGUNO
B	1 al 06	210	59.0	No
	07 al 12	211	60.0	NINGUNO
C	01 al 06	209	60.0	7°
	07 al 12	210	60.0	NINGUNO

Las mediciones realizadas en la urbanización San Borja, indican que la tensión y la frecuencia mantienen sus valores dentro de los límites permisibles, sin embargo, en la Mz. A lotes del 01 al 06, 07 al 11 y en la Mz. C Lotes 01 al 06, circulan pequeñas tensiones armónicas (3ª y 7ª) que no transgreden los límites porcentuales permisibles indicadas en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.



CAPITULO VI

6. EFECTOS DE LA APLICACION DEL "REVOFREPER"

6.1 A nivel de:

6.1.1 Usuarios

Al aplicar metodológicamente el "REVOFREPER" en el manejo y lectura del producto eléctrico, en los usuarios domésticos de la energía eléctrica, se obtuvo cultura eléctrica, porque ellos, ya conocen el concepto de la calidad de la energía y dichos usuarios están reclamando sus derechos al recibir la energía eléctrica de mala calidad, es decir, cuando exceden los límites porcentuales de tensión, frecuencia y perturbaciones, indicados en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

6.1.1.1 Equivalencia de la prestación y la contraprestación

Los consumidores domésticos al utilizar la energía eléctrica limpia, es decir, de buena calidad se logrará un equilibrio entre consumidor y la empresa que vende la energía eléctrica, también se logrará una paz a los continuos reclamos por diversas causas, principalmente cuando el usuario realice pagos justos por la energía consumida, y no por las pequeñas corrientes armónicas que circulan por las instalaciones contaminando las mismas, originando un consumo y pago económico adicional en perjuicio de dichos consumidores.

6.1.1.2 Ahorro económico

El uso y manejo del "REVOFREPER" por parte de los usuarios domésticos de la energía eléctrica, originó una reacción positiva dado que se observó una tranquilidad al haber aprendido el manejo y lectura correctamente del nuevo

registrador y ellos mismos poder determinar la calidad buena o mala de la electricidad que consumen, por consiguiente, de comprobar una mala calidad de la electricidad, poder plantear sus reclamos, asimismo, al realizar pagos por energía no utilizada incrementado por las corrientes armónicas, por consiguiente se logró el equilibrio entre la prestación del servicio por parte de las empresas comercializadoras de la electricidad y los consumidores domésticos.

6.1.1.3 Disminución de conflictos

La aplicación metodológica del "REVOFREPER" tubo como efecto principal, respuestas de aceptación a la utilización de dicho registrador en los consumidores domésticos y grupos de usuarios organizados como asociaciones de vivienda, asentamientos humanos, inclusive los sectores industriales mostraron su interés de contar con el "REVOFREPER" debido a que los registradores sofisticados tiene un alto costo que no esta al alcance de dichos consumidores.

6.1.1.3.1 Individuales

Los usuarios domésticos de la electricidad, utilizando el "REVOFREPER" determinaron la buena calidad de la energía que consumen, por lo que no tendrán motivos suficientes para presentar reclamos ante las variaciones de la tensión frecuencia y armónicos, ante las empresas que comercializan la electricidad y el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG).

6.1.1.3.2 Colectivos

Las asociaciones de vivienda, comunidades vecinales, asentamientos humanos y grupos de usuarios organizados, de la energía eléctrica, constataron los parámetros de tensión, frecuencia y la circulación de los armónicos en el "REVOFREPER" reaccionando positivamente en cuanto a la calidad de dichos parámetros, quienes manifestaron su conformidad de contar con un equipo registrador de la calidad de la energía eléctrica para uso doméstico.

6.1.2 Empresarios

Las empresas de la electricidad están controlando el producto eléctrico, para lo cual, hacen uso de las empresas de servicio para realizar las mediciones de tensión frecuencia y armónicos en los puntos de acoplamiento común, en base a la Norma Técnica de la Calidad de los Servicios Eléctricos.

6.1.2.1 Preocupación permanente de los empresarios

Para garantizar un servicio excelente en cuanto a la calidad de los servicios eléctricos, las empresas pertenecientes al sector eléctrico, tienen como política la inversión de capitales en el mejoramiento del alumbrado público, ampliaciones, renovaciones, refuerzos, mantenimiento predictivo y correctivo de las instalaciones eléctricas pertenecientes a su zona de concesión, haciéndolos más eficientes y competitivos.

La nueva Ley de Concesiones Eléctricas D.L. 25844 y su Reglamento, en los sistemas de generación, transmisión y distribución, especifica que las empresas deben asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos, garantizando a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno, respetando los estándares mínimos de calidad.

6.1.2.1.1 Ofrecer servicios de calidad

Para garantizar un servicio excelente en cuanto a la calidad de los servicios eléctricos, las empresas pertenecientes al sector eléctrico, tienen como política la inversión de capitales en el mejoramiento del alumbrado público, ampliaciones, renovaciones, refuerzos, mantenimiento predictivo y correctivo de las instalaciones eléctricas pertenecientes a su zona de concesión, haciéndolos más eficientes y competitivos.

La nueva Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, en los sistemas de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, especifica que las empresas deben asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos, garantizando a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno, respetando los estándares mínimos indicadas en la Norma Técnica de Calidad de la Energía Eléctrica.

6.1.2.1.2 Mantenimiento efectivo de sus instalaciones

Para lograr una efectividad adecuado, oportuno, confiable y oportuno, la empresas de electricidad, están realizando los mantenimientos preventivos, predictivos, correctivos, para poder transportar más potencia a los usuarios de la electricidad, como consecuencia obtener mayor rentabilidad. Las empresas para hacer más eficientes sus instalaciones eléctricas, comprendidos dentro de zona de concesión, realizan mediciones de los flujos de tensión y corriente, para lo cual utilizan los indicadores:

DEK : Índice de fallas en las instalaciones de media tensión (10000 voltios).

FEK : Índice que representa la cantidad de fallas de las instalaciones de baja tensión (220 voltios).

6.1.2.1.3 Capacitación permanente de sus trabajadores

La política actual de las grandes empresas del sector eléctrico, es la de aplicar permanentemente a sus trabajadores en general, la capacitación desde el órgano de directorio hasta el último trabajador, poniendo una mayor énfasis en lo concerniente a la calidad de los servicios eléctricos, y a los avances tecnológicos de mejoramiento de la calidad de los materiales, manteniéndose de esta manera dentro de las empresas competitivas. La capacitación esta orientado a la seguridad eléctrica y la parte tecnológica, debido a la evolución de la calidad de los materiales eléctricos.

CONCLUSIONES

- ☞ Metodológicamente la Enseñanza Aprendizaje de los parámetros eléctricos a los usuarios domésticos de la electricidad, dio resultado positivo porque se logró inyectar cultura eléctrica.
- ☞ La aplicación del "REVOFREPER" dio resultados excelentes, por que al leer el voltaje, la frecuencia y observar los leds encendidos de los armónicos, los usuarios domésticos de la electricidad, determinaron la calidad de la energía que consumen.
- ☞ Se logró vencer las deficiencias científicas-tecnológicas, en la construcción del "REVOFREPER", al utilizar componentes electrónicos existentes en el mercado en sustitución de los importados.
- ☞ El "REVOFREPER" cumple su objetivo para que registre las variaciones de la tensión, frecuencia y detecte los armónicos contaminadores desde la 2^a hasta la 11^a armónica en las instalaciones eléctricas.
- ☞ Pueden reclamar sus derechos los usuarios domésticos de la electricidad, al determinar la mala calidad del producto eléctrico.
- ☞ Los usuarios domésticos demostraron disminución del conflicto con la empresa concesionaria, al constatar con el "REVOFREPER" la buena calidad de la energía eléctrica que consumen.

- ☞ Los usuarios domésticos pagan sin problema su consumo de la electricidad a la empresa concesionaria que vende la energía, por lo tanto se logró entre ellos un equilibrio de la prestación y contraprestación del servicio eléctrico.

- ☞ En las muestras seleccionadas se comprobó la circulación de corrientes armónicas con magnitudes que no transgredían los límites porcentuales indicados en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

- ☞ Se logró construir el "REVOFREPER" a un costo económico para los usuarios domésticos de la electricidad de los estratos A, B y C (costo: **S/.908,23 Nuevos Soles = \$ 259,49 Dólares Americanos**), por que los precios de los registradores de última generación existentes en el mercado (similares a lo propuesto, pero para fines industriales), varían entre \$15000 y 30000 Dólares Americanos.

RECOMENDACIONES

- ☞ Se debe continuar con la investigación sobre el direccionamiento de la corriente eléctrica en los equipos registradores, porque con ello se determinará si la energía que vende las empresas concesionarias está contaminada de los armónicos o si los usuarios de la electricidad son los que están generando armónicos contaminando las redes de distribución.

- ☞ Debemos optimizar los costos de fabricación del registrador "REVOFREPER" para que esté, al alcance de usuarios domésticos de los estratos C y D.

- ☞ Se debe incluir en la teoría y laboratorio, todo lo relacionado al diseño y construcción de registradores, para la formación de ingenieros electricistas y electrónicos y ramas afines.

- ☞ Promocionar su fabricación en serie del "REVOFREPER" por parte de las empresas de electricidad, disminuyendo su costo y premiando a sus clientes puntuales, para lograr el equilibrio total de la prestación y contraprestación, entre las empresas concesionarias y consumidores de la energía eléctrica.

- ☞ Para registrar los eventos que mide el REVOFREPER: la tensión, la frecuencia y los armónicos; es necesario incluir en dicho equipo una memoria que almacene dichos eventos para tener una prueba y poder formular un reclamo ante las empresas que venden la energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

- ☞ BALCELL J. Compensación de Energía Reactiva y Filtrados de Armónicos. USA, Ediciones Circutor S.A., 1995.
- ☞ Compendio de Normas Del Sub Sector Electricidad del Ministerio de Energía y Minas: Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos 1999.
- ☞ C.P.E. CONSULTORES. Armónicos en los Sistemas Eléctricos. USA, Ediciones Consultores Calidad de Potencia Eléctrica, 1999.
- ☞ MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. Manual de Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica. Lima, Ediciones MEM, 1999.
- ☞ MUÑOZ RAMOS, Alfredo. Unidad 5, Calidad de la Energía. Santiago, Ediciones PROCOBRE, PRIEN, de la Universidad de Chile, 1999.
- ☞ POWER TEC. Performance and Protection for Drives. México. Ediciones Monterrey, 1999.
- ☞ PROCOBRE. Eficiencia de Energía. Lima, boletín 1, del año 1999.
- ☞ PROCOBRE. Calidad de la Energía en Instalaciones Eléctricas. Lima, Edición del Centro Chileno de Promoción del Cobre, 1999.
- ☞ STEPEN GEORGE. Teoría de Muestreo y Armónicos. Lima, Ediciones Sakata Ingenieros S.A. Traducción de Jacos Morales, 1997.
- ☞ TROBER, Dick "Trouble shooting harmonies in a modern office building". En, Electricity Today, Vol. 3, N° 2, Feb., 1991)



ANEXOS

- A. ENCUESTA A LOS CONSUMIDORES DE LA ELECTRICIDAD**
- B. RESPUESTA DE LOS 75 USUARIOS DOMÉSTICOS DE LA URB. FIORI SAN MARTIN DE PORRES**
 - B.1 RESUMEN DE LA ENCUESTA EN LA URB. FIORI – SAN MARTIN DE PORRES**
- C. RESPUESTA DE LOS 60 USUARIOS DOMÉSTICOS DEL AA.HH. BELLO HORIZONTE – COMAS**
 - C.1 RESUMEN DE LA ENCUESTA EN EL AA.HH. BELLO HORIZONTE – COMAS**
- D. RESPUESTA DE LOS 45 USUARIOS DOMÉSTICOS SAN BORJA SUR – SAN BORJA.**
 - D.1 RESUMEN DE LA ENCUESTA SAN BORJA SUR – SAN BORJA**
- E. DEFINICIONES BÁSICAS DEL PRODUCTO ELÉCTRICO PARA LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE POR PARTE DE LOS CONSUMIDORES DOMÉSTICOS DE LA ELECTRICIDAD.**
- F. RESUMEN DE LA ENCUESTA Y ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LOS CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE LA ELECTRICIDAD EJECUTADOS EN LOS CONSUMIDORES DOMÉSTICOS.**
- G. CONSTRUCCIÓN DEL REVOFREPER**
 - G.1 DIAGRAMA PICTORICO POR ETAPAS DEL “REVOFREPER”**
 - G.2 CIRCITOS FUENTE Y ALARMA**
 - G.3 VISUALIZADOR DE TENSIÓN Y FRECUENCIA**
 - G.4 CIRCUITO DETECTOR DE ARMONICOS: 2°, 3° y 4° ARMÓNICO**
 - G.5 CIRCUITO DETECTOR DE ARMONICOS: 5°, 6° y 7° ARMÓNICO**
 - G.6 CIRCUITO DETECTOR DE ARMONICOS: 8°, 9° y 10° ARMÓNICO**
 - G.7 CIRCUITO DETECTOR DE ARMONICOS: 11° ARMÓNICO**
- H. MANEJO Y LECTURA DEL “REVOFREPER”**
- I. METRADO Y PRESUESTO DEL “REVOFREPER”**
 - I.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN**
 - I.2 VOLTÍMETRO Y FRECUENCÍMETRO**
 - I.3 FILTROS DE ARMÓNICOS CHEBYSHEV**
 - I.4 ALARMAS**
 - I.5 DISEÑO Y MONTAJE**
 - I.6 MATERIALES Y ACCESORIOS**
 - I.7 RESUMEN GENERAL DE COSTOS**
- J. PROGRAMA FUENTE DEL VOLTREC.ASM**

A. ENCUESTA A LOS CONSUMIDORES DOMÉSTICOS DE LA ELECTRICIDAD

Mediante entrevistas estructuradas aplicadas a los usuarios domésticos de la electricidad (informantes claves), fueron encuestados con preguntas y respuestas sobre la cultura eléctrica en los usuarios domésticos de la electricidad, antes de ser construido el "REVOFREPER", asimismo, sobre los servicios eléctricos que les deben asistir las empresas que venden la energía eléctrica en cumplimiento de las disposiciones emitidas por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG).

1. ¿ Sabe usted que es voltaje o tensión eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

2 ¿ Sabe usted que es frecuencia eléctrica?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

3. ¿ Sabe usted que son tensiones armónicas ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

4. ¿ Sabe usted que los conductores de su casa se recalientan ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

5. ¿ cuando oscila la luz en su casa sabe usted que esta sucediendo ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

6. ¿ Alguna vez por la caja metálica del medidor de luz pasó corriente?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

7. ¿ No hubo corriente eléctrica por más de cuatro horas en su cuadra ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

8. ¿Alguna vez se malogró uno de sus equipos electrodomésticos que usted utiliza?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

9. ¿ Sabe usted como y donde realizar su reclamo por la mala calidad de la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

10. ¿ Ha realizado usted algún reclamo a la empresa que vende la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

11. ¿ Sabe usted que organismo del Estado defenderá tus derechos en caso de incumplimiento por parte de las empresas que venden la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

12. ¿ La energía eléctrica que usted consume es de buena calidad ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

13. ¿ Esta usted satisfecho de los servicios que brindan las empresas que comercializan la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

14. ¿ Conoce usted algún equipo que determine la calidad de la energía eléctrica que consume ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA

B. RESPUESTAS DE LOS 75 USUARIOS DOMÉSTICOS

UBICACIÓN: URB. FIORI SAN MARTIN DE PORRES

1. ¿ Sabe usted que es voltaje o tensión eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

2 ¿ Sabe usted que es frecuencia eléctrica?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

3. ¿ Sabe usted que son tensiones armónicas ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

4. ¿ Sabe usted que los conductores de su casa se recalientan ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

5. ¿ cuando oscila la luz en su casa sabe usted que esta sucediendo ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

6. ¿ Alguna vez por la caja metálica del medidor de luz pasó corriente?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

7. ¿ No hubo corriente eléctrica por más de cuatro horas en su cuadra ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

8. ¿Alguna vez se malogró uno de sus equipos electrodomésticos que usted utiliza?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
X		

9. ¿ Sabe usted como y donde realizar su reclamo por la mala calidad de la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

10. ¿ Ha realizado usted algún reclamo a la empresa que vende la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
X		

11. ¿ Sabe usted que organismo del Estado defenderá tus derechos en caso de incumplimiento por parte de las empresas que venden la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

12. ¿ La energía eléctrica que usted consume es de buena calidad ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
		X

13. ¿ Esta usted satisfecho de los servicios que brindan las empresas que comercializan la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

14. ¿ Conoce usted algún equipo que determine la calidad de la energía eléctrica que consume ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

**B.1 RESUMEN DE LA ENCUESTA EN LA URB. FIORI S.M.P.
PARA 75 USUARIOS**

PREGUNTAS	RESPUESTAS		
	SI	NO	NO OPINA
1. ¿ Sabe usted que es voltaje o tensión eléctrica ?	70	4	-
2. ¿ Sabe usted que es frecuencia eléctrica?	64	10	-
3. ¿ Sabe usted que son tensiones armónicas ?	-	70	-
4. ¿ Sabe usted que los conductores de su casa se recalientan ?	1	69	-
5. ¿Cuándo oscila la luz en su casa sabe usted que esta sucediendo	8	62	-
6. ¿ Alguna vez por la caja metálica del medidor de luz pasó corriente?	2	68	-
7. ¿ No hubo corriente eléctrica por más de cuatro horas en su cuadra ?	3	67	-
8. ¿Alguna vez se malogró uno de sus equipos electrodomésticos que usted utiliza?	5	65	-
9. ¿ Sabe usted como y donde realizar su reclamo por la mala calidad de la energía eléctrica ?	-	70	-
10. ¿ Ha realizado usted algún reclamo a la empresa que vende la energía eléctrica ?	10	60	-
11.¿Sabe usted que organismo del Estado defenderá tus derechos en caso de incumplimiento por parte de las empresas que venden la energía eléctrica ?	10	60	-
12. ¿ La energía eléctrica que usted consume es de buena calidad ?	-	-	70
13.¿Esta usted satisfecho de los servicios que brindan las empresas que comercializan la energía eléctrica ?	20	50	-
14.¿Conoce usted algún equipo que determine la calidad de la energía eléctrica que consume ?	10	60	-

**C. RESPUESTAS DE LOS 60 USUARIOS DOMÉSTICOS UBICACIÓN:
AA.HH. BELLO HORIZONTE - COMAS**

1. ¿ Sabe usted que es voltaje o tensión eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

2 ¿ Sabe usted que es frecuencia eléctrica?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

3. ¿ Sabe usted que son tensiones armónicas ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

4. ¿ Sabe usted que los conductores de su casa se recalientan ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

5. ¿ cuando oscila la luz en su casa sabe usted que esta sucediendo ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

6. ¿ Alguna vez por la caja metálica del medidor de luz pasó corriente?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
X		

7. ¿ No hubo corriente eléctrica por más de cuatro horas en su cuadra ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
X		

8. ¿Alguna vez se malogró uno de sus equipos electrodomésticos que usted utiliza?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
X		

9. ¿ Sabe usted como y donde realizar su reclamo por la mala calidad de la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

10. ¿ Ha realizado usted algún reclamo a la empresa que vende la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
X		

11. ¿ Sabe usted que organismo del Estado defenderá tus derechos en caso de incumplimiento por parte de las empresas que venden la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

12. ¿ La energía eléctrica que usted consume es de buena calidad ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
		X

13. ¿ Esta usted satisfecho de los servicios que brindan las empresas que comercializan la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

14. ¿ Conoce usted algún equipo que determine la calidad de la energía eléctrica que consume ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

**C.1 RESUMEN DE LA ENCUESTA EN A. H. BELLO HORIZONTE
COMAS 60 USUARIOS DOMÉSTICOS**

PREGUNTAS	RESPUESTAS		
	SI	NO	NO OPINA
1. ¿ Sabe usted que es voltaje o tensión eléctrica ?	-	60	-
2. ¿ Sabe usted que es frecuencia eléctrica?	5	55	-
3. ¿ Sabe usted que son tensiones armónicas ?	7	62	-
4. ¿ Sabe usted que los conductores de su casa se recalientan ?	10	60	-
5. ¿Cuando oscila la luz en su casa sabe usted que esta sucediendo	-	70	-
6. ¿ Alguna vez por la caja metálica del medidor de luz pasó corriente?	5	55	-
7. ¿ No hubo corriente eléctrica por más de cuatro horas en su cuadra ?	10	50	-
8. ¿Alguna vez se malogró uno de sus equipos electrodomésticos que usted utiliza?	10	40	-
9. ¿ Sabe usted como y donde realizar su reclamo por la mala calidad de la energía eléctrica ?	10	50	-
10. ¿ Ha realizado usted algún reclamo a la empresa que vende la energía eléctrica ?	-	-	-
11.¿Sabe usted que organismo del Estado defenderá tus derechos en caso de incumplimiento por parte de las empresas que venden la energía eléctrica ?	20	40	-
12.¿ La energía eléctrica que usted consume es de buena calidad ?	-	-	60
13.¿Esta usted satisfecho de los servicios que brindan las empresas que comercializan la energía eléctrica ?	10	50	-
14.¿Conoce usted algún equipo que determine la calidad de la energía eléctrica que consume ?	-	6	-

**D. RESPUESTAS DE LOS 45 USUARIOS DOMÉSTICOS UBICACIÓN:
SAN BORJA SUR – SAN BORJA**

1. ¿ Sabe usted que es voltaje o tensión eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

2 ¿ Sabe usted que es frecuencia eléctrica?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

3. ¿ Sabe usted que son tensiones armónicas ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

4. ¿ Sabe usted que los conductores de su casa se recalientan ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

5. ¿ cuando oscila la luz en su casa sabe usted que esta sucediendo ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

6. ¿ Alguna vez por la caja metálica del medidor de luz pasó corriente?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
X		

7. ¿ No hubo corriente eléctrica por más de cuatro horas en su cuadra ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
X		

8. ¿Alguna vez se malogró uno de sus equipos electrodomésticos que usted utiliza?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
X		

9. ¿ Sabe usted como y donde realizar su reclamo por la mala calidad de la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

10. ¿ Ha realizado usted algún reclamo a la empresa que vende la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
X		

11. ¿ Sabe usted que organismo del Estado defenderá tus derechos en caso de incumplimiento por parte de las empresas que venden la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

12. ¿ La energía eléctrica que usted consume es de buena calidad ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
		X

13. ¿ Esta usted satisfecho de los servicios que brindan las empresas que comercializan la energía eléctrica ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

14. ¿ Conoce usted algún equipo que determine la calidad de la energía eléctrica que consume ?

RESPUESTA:

SI	NO	NO OPINA
	X	

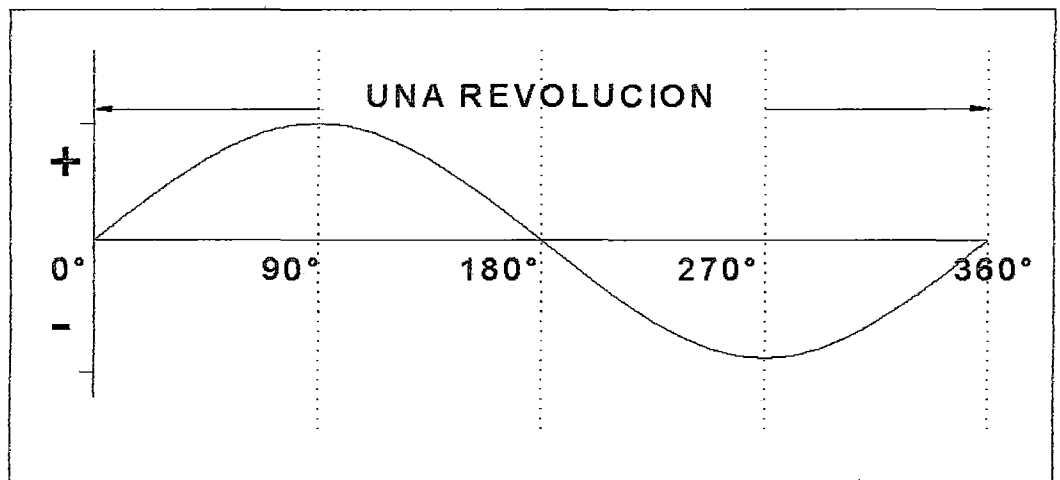
**D.1 RESUMEN DE LA ENCUESTA EN LA URB. SAN BORJA
SUR SAN BORJA PARA 45 USUARIOS DOMÉSTICOS**

PREGUNTAS	RESPUESTAS		
	SI	NO	NO OPINA
1. ¿ Sabe usted que es voltaje o tensión eléctrica ?	2	40	-
2. ¿ Sabe usted que es frecuencia eléctrica?	-	45	-
3. ¿ Sabe usted que son tensiones armónicas ?	-	45	-
4. ¿ Sabe usted que los conductores de su casa se recalientan ?	1	44	-
5. ¿Cuándo oscila la luz en su casa sabe usted que esta sucediendo	-	45	-
6. ¿ Alguna vez por la caja metálica del medidor de luz pasó corriente?	5	40	-
7. ¿ No hubo corriente eléctrica por más de cuatro horas en su cuadra ?	6	39	-
8. ¿Alguna vez se malogró uno de sus equipos electrodomésticos que usted utiliza?	10	35	-
9. ¿ Sabe usted como y donde realizar su reclamo por la mala calidad de la energía eléctrica ?	5	40	-
10. ¿ Ha realizado usted algún reclamo a la empresa que vende la energía eléctrica ?	2	43	-
11.¿Sabe usted que organismo del Estado defenderá tus derechos en caso de incumplimiento por parte de las empresas que venden la energía eléctrica ?	-	45	-
12. ¿ La energía eléctrica que usted consume es de buena calidad ?	-	-	-
13.¿Esta usted satisfecho de los servicios que brindan las empresas que comercializan la energía eléctrica ?	5	40	-
14.¿Conoce usted algún equipo que determine la calidad de la energía eléctrica que consume ?	-	45	-

E. DEFINICIONES BÁSICAS DEL PRODUCTO ELÉCTRICO PARA LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE POR PARTE DE LOS CONSUMIDORES DOMÉSTICOS DE LA ELECTRICIDAD.

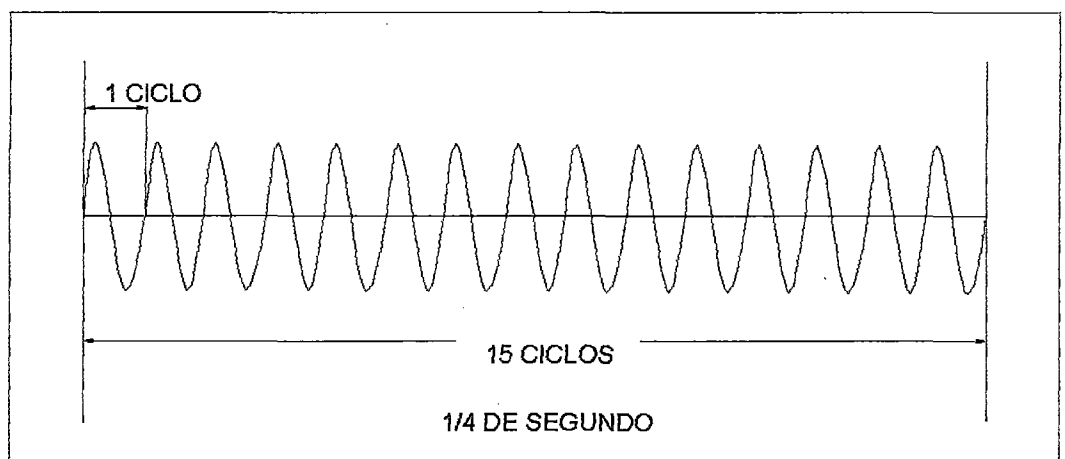
☞ **VOLTAJE O TENSIÓN**

"ES LA FUERZA CON LA QUE FUNCIONAN LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS"



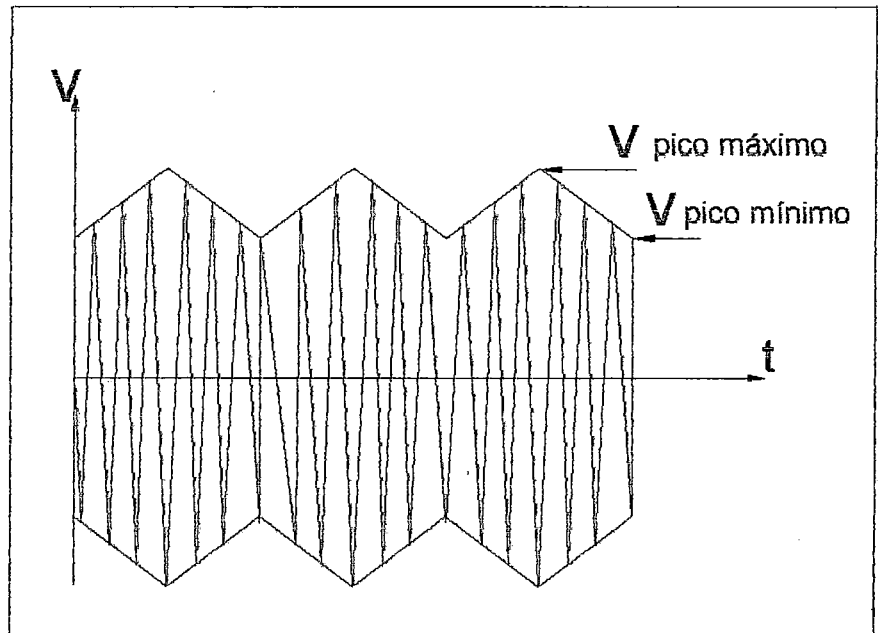
☞ **FRECUENCIA**

"FRECUENCIA ES EL NÚMERO DE CICLOS POR SEGUNDO"



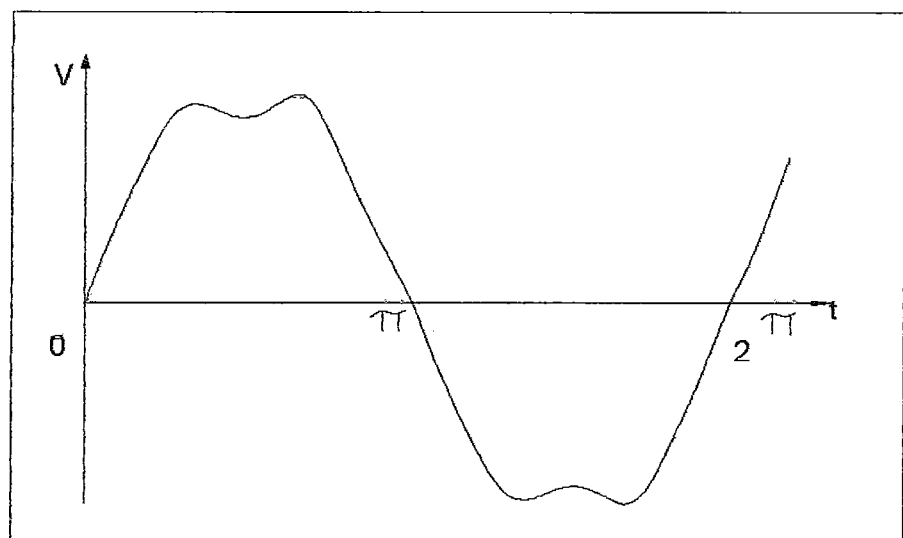
☞ **FLICKER**

"SON LAS MOLESTIAS VISUALES ORIGINADOS POR LAS OSCILACIONES DE LA ILUMINACIÓN"



☞ **TENSIONES ARMÓNICAS**

"SON LAS COMPONENTES DE LAS TENSIONES GENERADAS POR LAS CORRIENTES ARMÓNICAS"



F. RESUMEN DE LA ENCUESTA Y ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LOS CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE LA ELECTRICIDAD EJECUTADOS EN LOS CONSUMIDORES DOMÉSTICOS.

- ☞ Se demuestra que los usuarios domésticos de la electricidad carecen de cultura eléctrica y por lo tanto no pueden reclamar sus derechos y cumplir sus obligaciones contraídas con la empresa que comercializa la energía eléctrica.

- ☞ Los usuarios domésticos carecen de los servicios adecuados, es decir, en el caso de un reclamo, dichos usuarios no son tratados como se merecen tal como lo dispone la Ley de Concesiones Eléctricas, su Reglamento y las Normas.

- ☞ La enseñanza y Aprendizaje en el manejo y lectura del nuevo "REVOFREPER" generó cultura eléctrica en los consumidores domésticos de la electricidad.

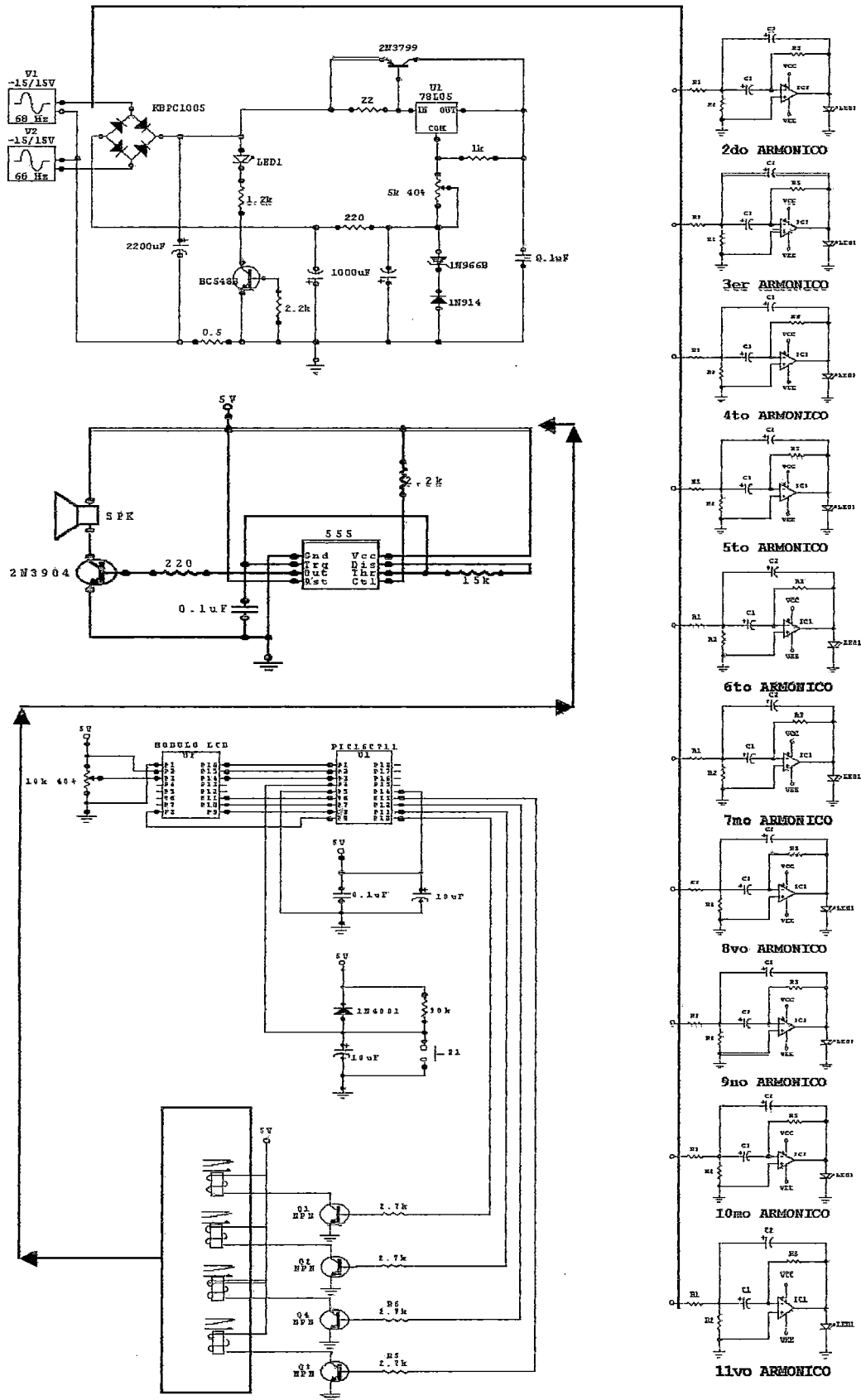
G. CONSTRUCCIÓN DEL "REVOFREPER"

La idea de construir un nuevo registrador "REVOFREPER", nació de la necesidad de contar con un equipo de uso y manejo exclusivo por los consumidores domésticos de la energía eléctrica, que registre los parámetros eléctricos de: Tensión, Frecuencia y los Armónicos perturbadores.

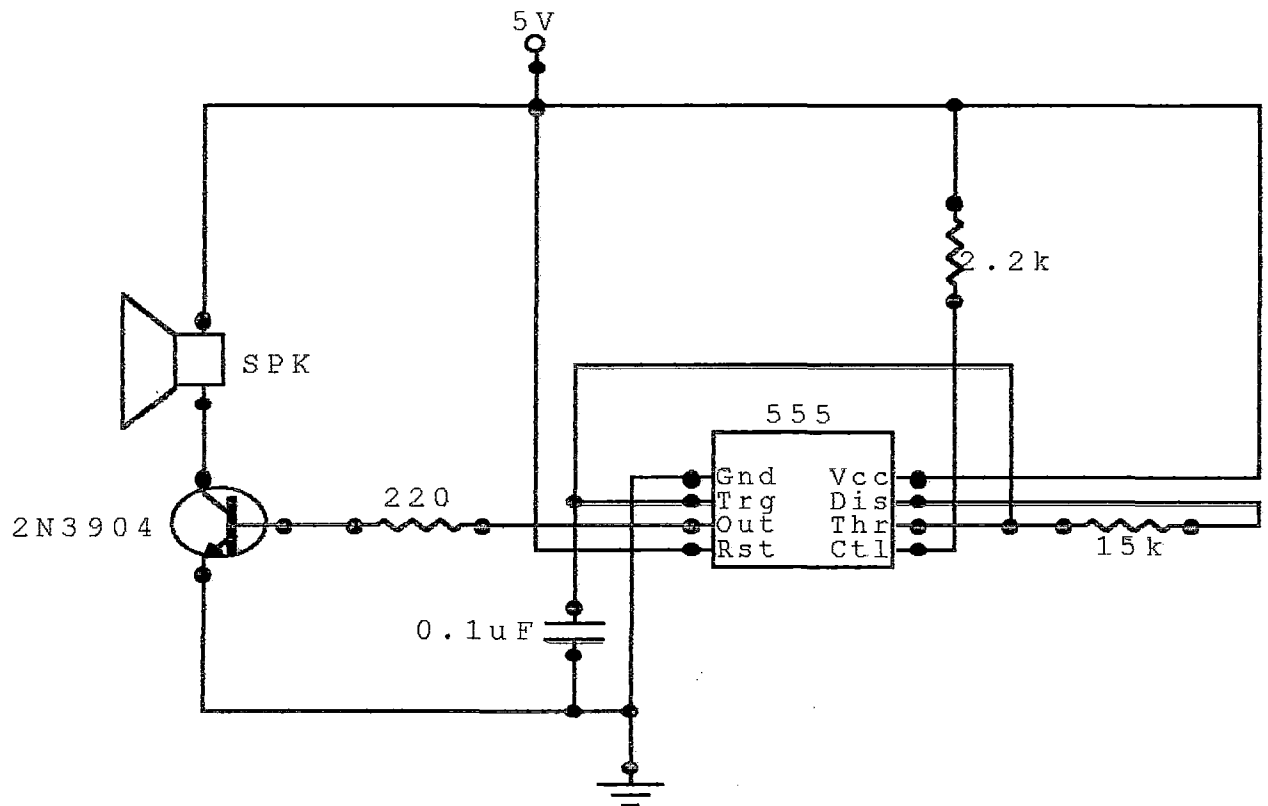
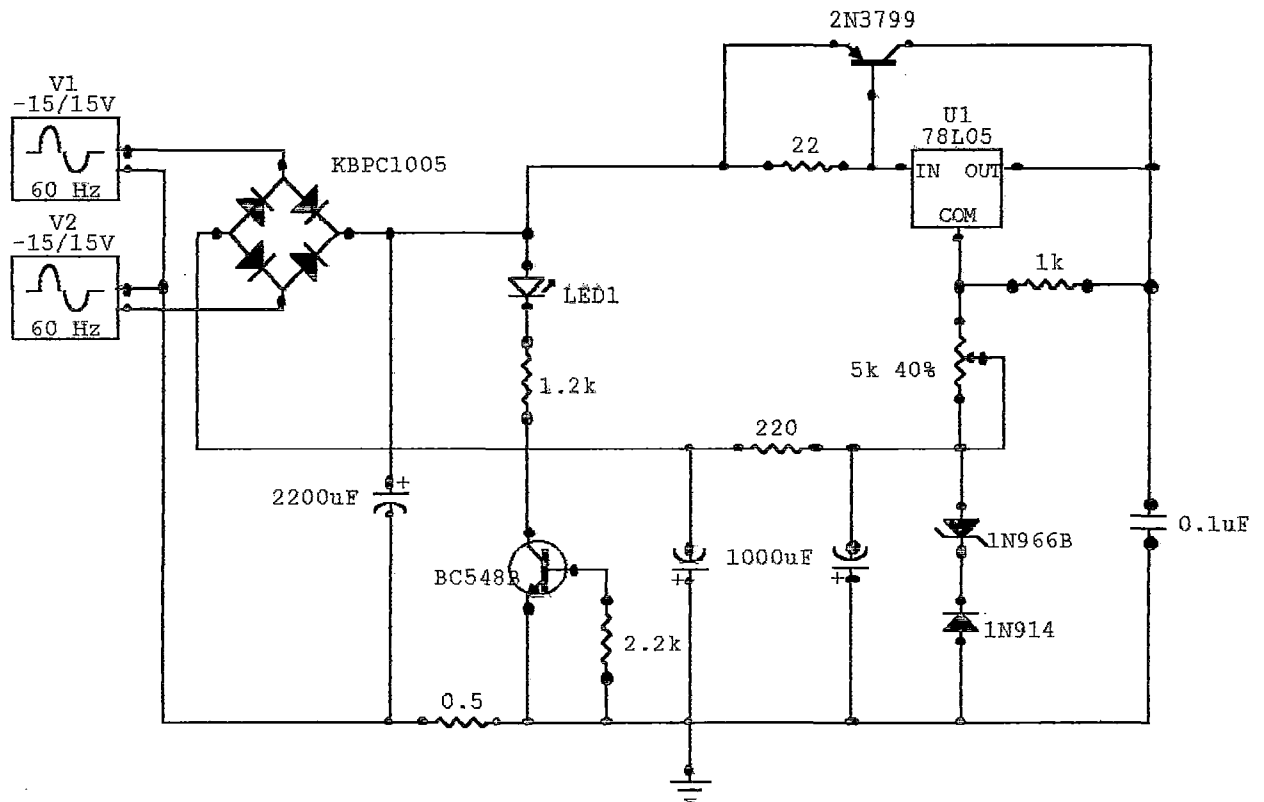
Con su uso, dichos usuarios actualmente defienden sus derechos ante los cobros económicos indebidos de la energía eléctrica no utilizada, por parte de las empresas que comercializan dicha energía.

El Metrado y Presupuesto que comprende el "REVOFREPER" se describe en los siguientes partidas:

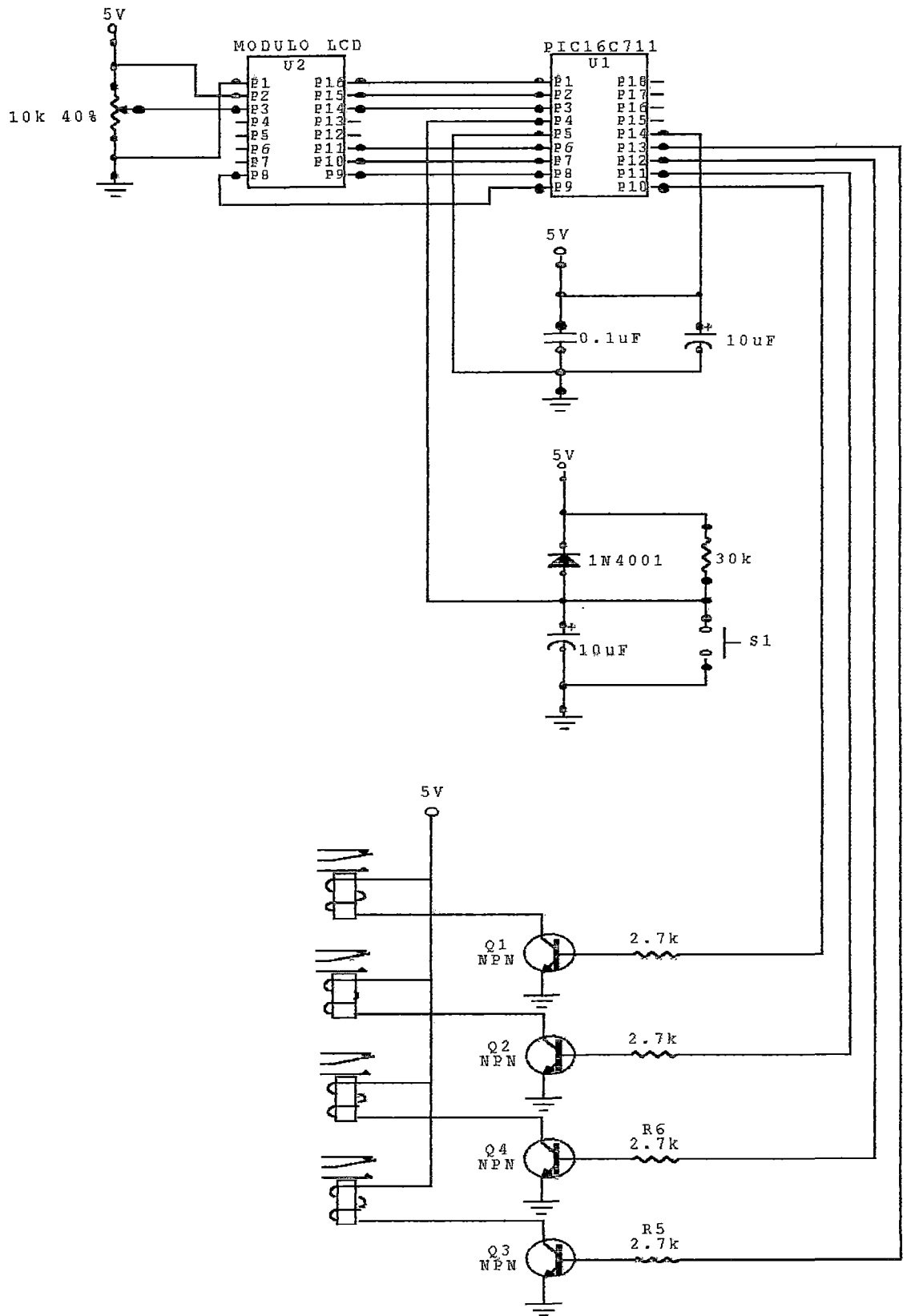
- ☞ G.1: DIAGRAMA PICTORICO POR ETAPAS DEL "REVOFREPER"
- ☞ G.2: FUENTE Y ALARMA
- ☞ G.3: VISUALIZADOR DE VOLTAJE Y FRECUENCIA
- ☞ G.4: CIRCUITO DETECTOR DE ARMÓNICOS: 2do, 3er y 4to ARMÓNICO
- ☞ G.5: CIRCUITO DETECTOR DE ARMÓNICOS: 5to, 6to y 7mo ARMÓNICO
- ☞ G.6: CIRCUITO DETECTOR DE ARMÓNICOS: 8vo, 9no y 10mo ARMÓNICO
- ☞ G.7: CIRCUITO DETECTOR DE ARMÓNICOS: 11vo ARMÓNICO



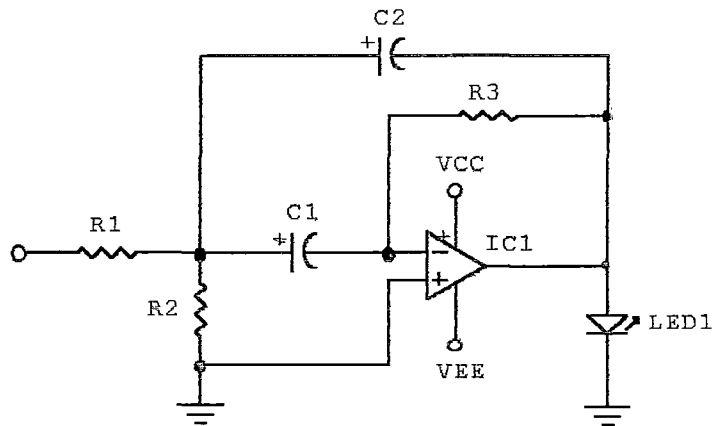
G.1: DIAGRAMA PICTÓRICO POR ETAPAS DEL "REVOFREPER"



G.2: CIRCUITOS: FUENTE Y ALARMA

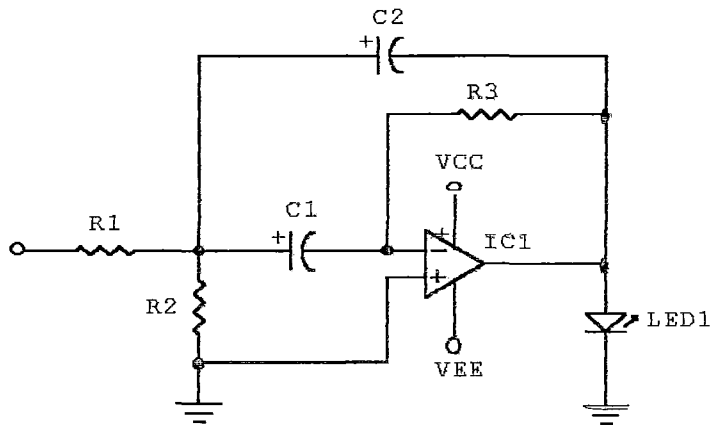


G.3: VISUALIZADOR DE TENSION Y FRECUENCIA



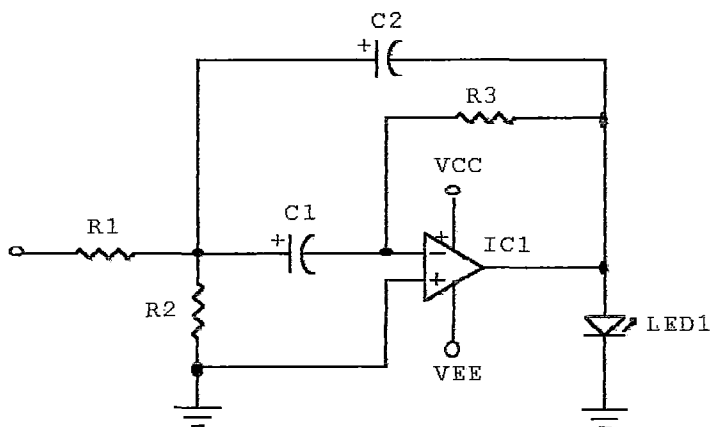
$R1=10\Omega$
 $R2=10\Omega$
 $R3=14\Omega$
 $C1=1\mu F$
 $C2=1\mu F$

2do ARMONICO



$R1=22\Omega$
 $R2=22\Omega$
 $R3=43\Omega$
 $C1=10\mu F$
 $C2=10\mu F$

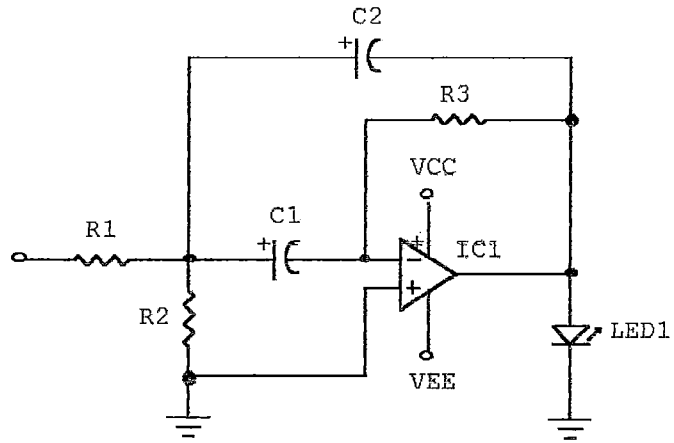
3er ARMONICO



$R1=41\Omega$
 $R2=41\Omega$
 $R3=63\Omega$
 $C1=100\mu F$
 $C2=100\mu F$

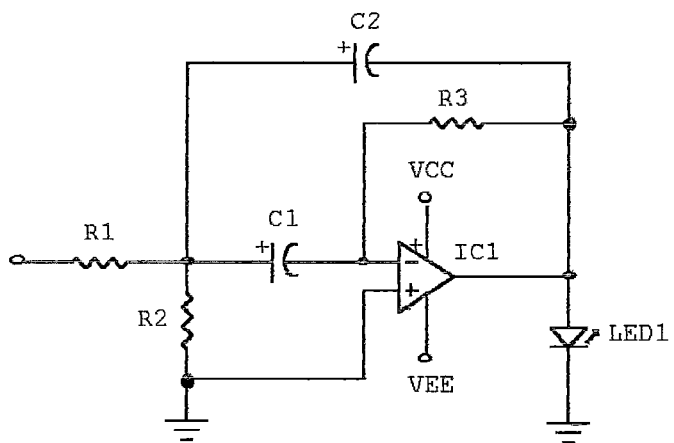
4to ARMONICO

G.4: CIRCUITO DETECTOR DE ARMONICOS 2do, 3ro y 4to ARMONICO



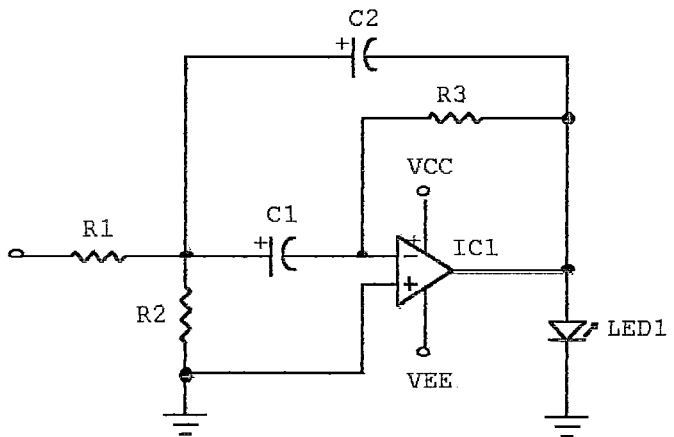
$R1=38\Omega$
 $R2=38\Omega$
 $R3=58\Omega$
 $C1=220\mu F$
 $C2=220\mu F$

5to ARMONICO



$R1=64\Omega$
 $R2=64\Omega$
 $R3=90\Omega$
 $C1=330\mu F$
 $C2=330\mu F$

6to ARMONICO

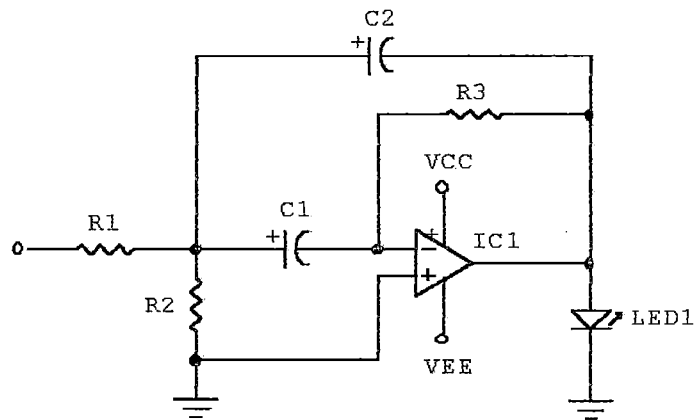


$R1=74\Omega$
 $R2=74\Omega$
 $R3=88\Omega$
 $C1=470\mu F$
 $C2=470\mu F$

7mo ARMONICO

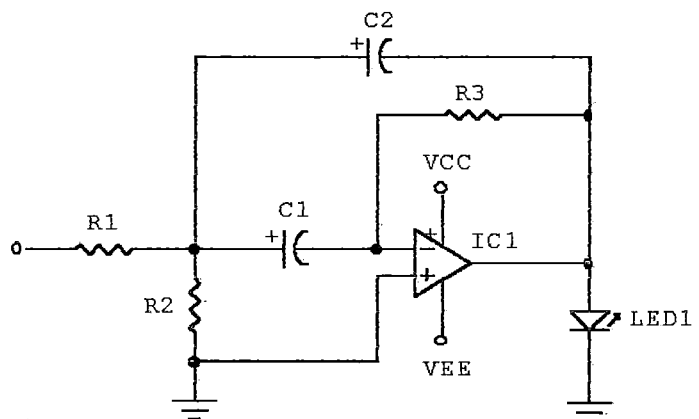
G.5: CIRCUITO DETECTOR DE ARMONICOS
5to, 6to y 7mo ARMONICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POST-GRADO FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS



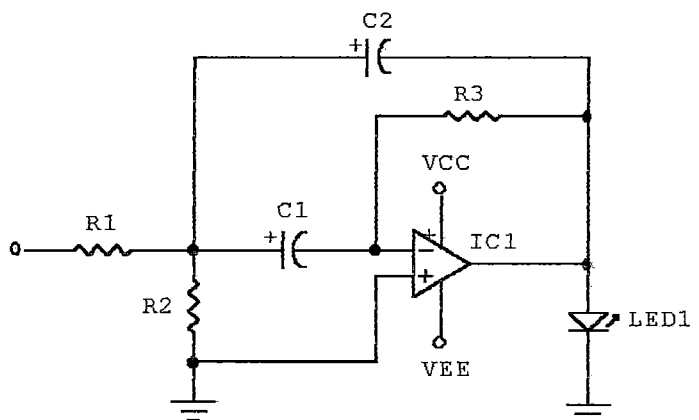
$R1=1\Omega$
 $R2=1\Omega$
 $R3=348\Omega$
 $C1=0.1\mu F$
 $C2=0.1\mu F$

8vo ARMONICO



$R1=10\Omega$
 $R2=10\Omega$
 $R3=467\Omega$
 $C1=1\mu F$
 $C2=1\mu F$

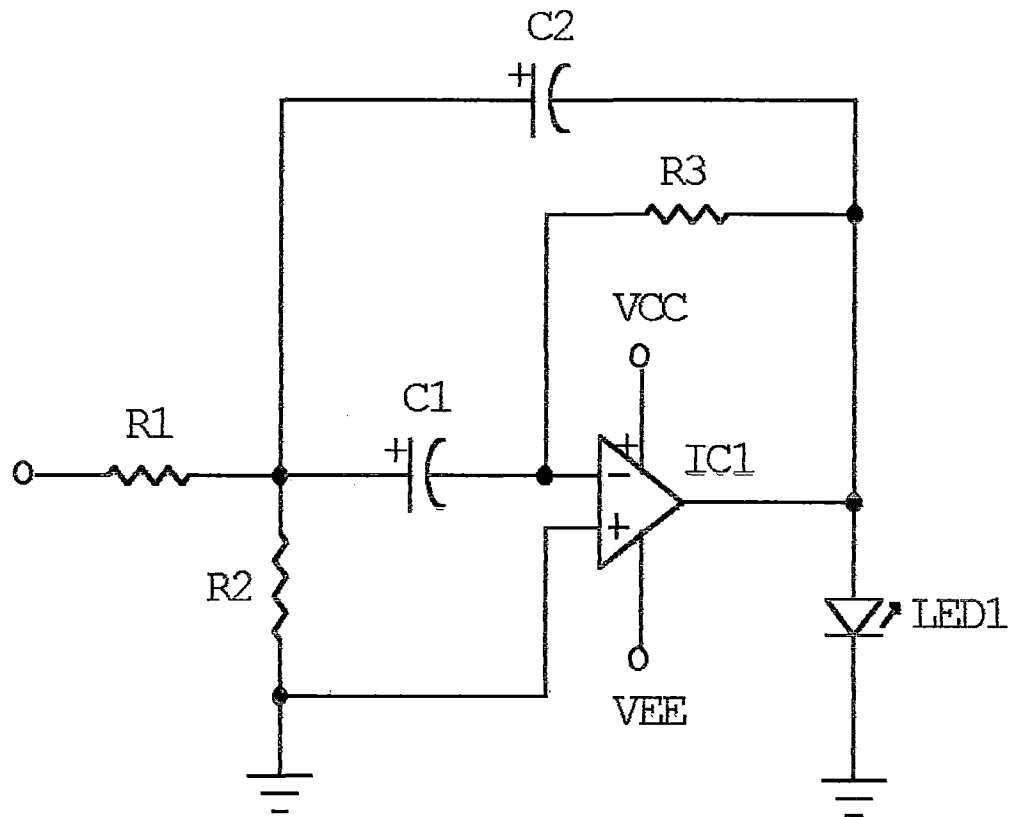
9no ARMONICO



$R1=15\Omega$
 $R2=15\Omega$
 $R3=543\Omega$
 $C1=10\mu F$
 $C2=10\mu F$

10mo ARMONICO

**G.6: CIRCUITO DETECTOR DE ARMONICOS
8vo, 9no y 10mo ARMONICO**



11vo ARMONICO

R1=25Ω
 R2=25Ω
 R3=730Ω
 C1=100uF
 C2=100uF

G.7: CIRCUITO DETECTOR DE ARMONICOS
11vo. ARMONICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POST-GRADO FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS

H. MANEJO Y LECTURA DEL "REVOFREPER"

☞ PARA LA TENSIÓN: $\pm 5\%$ 220 Voltios

+ 5% $V_N = 231$ Voltios: Sobre tensión se produce un sonido

$V_N = 220$ Voltios: Tensión Nominal

- 5% $V_N = 209$ Voltios: Sub tensión se produce un sonido

☞ PARA LA FRECUENCIA: $\pm 0,6\%$ 60 Hertz

+ 0,6% $F_N = 60,36$ Hertz: Sobre frecuencia se produce un sonido

$F_N = 60,00$ Hertz: Frecuencia Nominal

- 0,6% $F_N = 59,64$ Hertz: Sub frecuencia se produce un sonido

☞ PARA LAS TENSIONES ARMÓNICAS:

El "REVOFREPER" detecta desde el 2º hasta el 11º armónico.

Ejemplo: Cuando circula corriente del 5º armónico se apagará el 5º led.

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA Ó THD	TOLERANCIAS : $ v_i $ ó $ THD_i $ (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición)	
	Alta y Muy Alta Tensión	Media y Baja Tensión
2 Par	1,5	2,0
3 Impar Múltiplo de 3	1,5	5,0
4 Par	1,0	1,0
5 Impar Múltiplo de 3	2,0	6,0
6 Par	0,5	0,5
7 Impar Múltiplo de 3	2,0	5,0
8 Par	0,2	0,5
9 Impar Múltiplo de 3	1,0	1,5
10 Par	0,2	0,5
11 Impar Múltiplo de 3	1,5	3,5

I. METRADO Y PRESUPUESTO DEL "REVOFREPER"

I.1 : FUENTE DE ALIMENTACIÓN						
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO (S/.)		
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial	
1,00	Resistencias . 10 Ohms - 1/4 W . 2 kOhms - 1/4 W . 1.5 kOhms - 1/4 W	Un	1	0,01	0,03	
2,00	Condensadores Filtros . 2200 µf 16 V	Un	2	1,00		2,00
3,00	Diodos Rectificadores . Tipo Puente de 2 A.	Un	1	0,05		0,05
4,00	Circuito Integrado . reguladores	Un	4	1,50	6,00	
5,00	Accesorios . Sóket de 14 pines	Un	1	0,05	39,55	
6,00	Suministros . Tarjeta Impreso	Un	1	39,50		
7,00	Transformador . 5 W- 220/15 V	m	1	1,00	3,00	
		Un	2	1,00		
		Un	3	15,00	45,00	
SUB TOTAL S/.				95,63		

I.2 : VOLTIMETRO Y FRECUENCIMETRO					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO (S/.)	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
1,00	Resistencias . 120 kOhms - 1/4 W	Un	2	0,10	0,40
2,00	Resistencia Ajustable . 10 kOhms logarítmico	Un	1	1,50	3,00
	. 50 kOhms logarítmico	Un	1	1,50	
3,00	Condensadores Lentejas . 223 pf 50 V	Un	1	0,50	2,50
	. 0,12 µf 50 V	Un	2	0,50	
	. 1 µf 50 V	Un	2	0,50	
5,00	Microcontrolador PIC . 16C711	Un	1	60,00	60,00
6,00	Accesorios . Sóket de 18 pines	Un	2	0,50	40,00
	. tarjeta Impreso	Un	1	39,50	
7,00	Suministros . Estaño	m	1	1,00	1,00
8,00	Display de cristal líquido	Un	1	38,00	38,00
9,00	Programación	Un	1	55,00	55,00
SUB TOTAL S/.				199,90	

I.3 : FILTROS DE ARMÓNICOS CHEBYSHEV

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO (S/.)	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
1,00	Resistencias . 200 Ohms - 1/4 W - 1%	Un	10	3,00	30,00
2,00	Resistencia Ajustable . 10 kOhms logarítmico	Un	1	1,50	
	. 50 kOhms logarítmico	Un	1	1,50	3,00
3,00	Condensadores Filtros . 1 µf 16 V	Un	4	1,50	
	. 220 µf 16 V	Un	2	1,50	
	. 470 µf 16 V	Un	2	1,50	
	. 100 µf 16 V	Un	2	1,50	
	. 10 µf 16 V	Un	2	1,50	
	. 1 µf 16 V	Un	4	1,50	
	. 0,1 µf 16 V	Un	2	1,50	27,00
5,00	Circuito Integrado . 7812	Un	1	15,00	
	. 741	Un	10	1,5	30,00
6,00	Accesorios . Sóket de 8 pines	Un	9	0,50	
	. tarjeta Impreso	Un	1	39,50	
	. Diodos led (rojos)	Un	9	1,0	41,00
7,00	Suministros . Estaño	m	1	1,00	
	. Disipadores	Un	1	0,50	1,50
SUB TOTAL S/.				132,50	

I.4 : ALARMAS					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO (S/.)	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
1,00	Resistencias				
	. 100 Ohm - 1/4 W	Un	3	0,10	
	. 4,7 Ohm - 1/4 W	Un	9	0,10	1,20
2,00	Resistencias Ajustables				
	. 10 kOhm logaritmica	Un	3	1,00	3,00
3,00	Condensadores Lentejas				
	. 103 pf 50 V	Un	3	0,50	
	. 104 pf 50 V	Un	3	0,50	3,00
4,00	Circuito Integrado				
	. 555	Un	3	1,50	4,50
5,00	Accesorios				
	. Sóket de 8 pines	Un	3	0,50	
	. tarjeta Impresa	Un	1	39,50	41,50
6,00	Suministros				
	. Estaño	m	1	1,00	1,00
7,00	Parlante	Un	1	4,00	4,00
SUB TOTAL S/. 58,20					

I.5 : DISEÑO Y MONTAJE					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO (S/.)	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
Varios	. Profesional Electrónico	Un	1	400,00	400,00
SUB TOTAL S/. 400,00					

I.6 : MATERIALES Y ACCESORIOS					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO (S/.)	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
Varios	. Chasis del "REVOFREPER"	Un	1	20,00	
	. Cable AC	m	1	1,00	
	. Enchufe	Un	1	1,00	
SUB TOTAL S/. 22,00					

I.7 RESUMEN GENERAL DE COSTOS

RUBRO	DESCRIPCIÓN	SUB TOTALES
I.1	. FUENTE DE ALIMENTACIÓN	95,63
I.2	. VOLTÍMETRO Y FRECUENCIMETRO	99,90
I.3	. FILTRO DE ARMÓNICOS CHEBYSHEV	132,50
I.4	. ALARMAS	58,20
I.5	. DISEÑO Y MONTAJE	400,00
I.6	. MATERIALES Y ACCESORIOS	22,00
TOTAL GENERAL		908,23
(CAMBIO US\$ 1.00 = 3,50 AL 15.09.01)		NUEVOS SOLES : S/. 908,23
		DÓLARES AMERICANOS : \$ 259,49


```

*****
;
J. PROGRAMA FUENTE DEL VOLTREC.ASM
*****

```

```

;
;* UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
;* REVOFREPER
*****
;
;* 8 DE SETIEMBRE DEL 2001
;* ENSAMBLADO CON EL MPASM V5.0
*****
;* ESTE ES UN PROGRAMA QUE MIDE EL VOLTAJE Y LA FRECUENCIA DE LA RED
;* Y LO PRESENTA EN UN DISPLAY LCD.
;* SI EL VOLTAJE ES MENOR DE 209 Vac SE ACTIVA UN RELAY
;* SI EL VOLTAJE ES MAYOR DE 231 Vac SE ACTIVA UN RELAY
;* SI LA FRECUENCIA 59.6 Hz SE ACTIVA UN RELAY
;* SI LA FRECUENCIA 60.4 Hz SE ACTIVA UN RELAY
*****

```

```

;
LIST P=16C711 ; se define el PIC

```

```

*****
;
;* REGISTROS ESPECIALES DEL BANK0
*****

```

```

INDF      equ 0x00
TMR0     equ 0x01
PCL      equ 0x02
STATUS   equ 0x03
FSR      equ 0x04
PORTA    equ 0x05
PORTB    equ 0x06
ADCON0   equ 0x08
ADRES    equ 0x09
PCLATH   equ 0x0A
INTCON   equ 0x0B

```

```

*****
;
;* REGISTROS ESPECIALES DEL BANK1
*****

```

```

ROPTION  equ 0x81
TRISA    equ 0x85
TRISB    equ 0x86
ADCON1   EQU 0x88

```

```

;
;* REGISTROS DE PROPOSITO GENERAL
*****

```

```

OVFLW    equ 0x0C
CNTSEG   equ 0x0D
GEN0     equ 0x0E
RFLAG    equ 0x0F
CHAR     equ 0x10
GEN2     equ 0x12
GEN3     equ 0x13
GEN4     equ 0x14
TEMP     equ 0x15
CONTO    equ 0x16
CONT1    equ 0x17
RTXD     equ 0x18
CENT     equ 0x19
DEC      equ 0x1A
UNIT     equ 0x1B
EXTRA    equ 0x1C
RTX0     equ 0x1D
CN1      equ 0x1F

```

```

CN2          equ    0x20
CN3          equ    0x21
CN4          equ    0x22
RP2          equ    0x23
RP1          equ    0x24
GEN5         equ    0x25
VR1          equ    0x26
CMIL         equ    0x27
DELTA        equ    0x2B
MIL          equ    0x2C
DMIL         equ    0x2D
VR2          equ    0x3A
IAMP         equ    0x3B
CNT1         equ    0x3C
CNT2         equ    0x3D
CONT7        equ    0x3F

```

```

;*****
;
;* SE DEFINEN PINES DEL PORTA
;*****
;

```

```

v_ent        equ    0x00
osc          equ    0x01
rly2        equ    0x02
rly3        equ    0x03
rly4        equ    0x04

```

```

;*****
;
; SE DEFINEN OCHO PINES DEL PORTB
;*****
;

```

```

rly1        equ    0x04
rs          equ    0x07
rw          equ    0x06
e           equ    0x05
bit0        equ    0x03
bit1        equ    0x02
bit2        equ    0x01
bit3        equ    0x00

```

```

;*****
;
; SE DEFINEN FLAGS DEL REGISTRO STATUS
;*****
;

```

```

cy          equ    0
z           equ    2
rp0        equ    5

```

```

;*****
;
;* SE DEFINEN FLAGS DEL REGISTRO ADCON0
;*****
;

```

```

adon        equ    0
adif        equ    1
go          equ    2
done        equ    2
chs0        equ    3
chs1        equ    4

```

```

;*****
;
;* SE DEFINEN FLAGS DEL REGISTRO RFLAG
;*****
;

```

```

f1          equ    2
f2          equ    3

```

```

;*****
;
;* SE DEFINEN CONSTANTES
;*****
;
w    equ    0
f    equ    1

;*****
;
;* PROGRAMA MAIOR
;*****
;
        org    0x00

        goto    mm0            ; ir al programa principal

;*****
;
;* CONJUNTO DE RUTINAS
;*****
;
;* RUTINA UNI1
;*****
;
uni1    movf    GEN4,w
addwf  PCL,f
dt      " UNIVERSIDAD "

;*****
;
;* RUTINA UNI2
;*****
;
uni2    movf    GEN4,w
addwf  PCL,f
dt      " DEL CALLAO "

;*****
;
;* RUTINA DE TITULO 1
;*****
;
titulo1 movf    GEN4,w
addwf  PCL,f
dt      " REVOFREPER "

;*****
;
;* RUTINA DE TITULO 2
;*****
;
titulo2 movf    GEN4,w
addwf  PCL,f
dt      " MEDICIONES : "

;*****
;
;* RUTINA DE TITULO 3
;*****
;
titulo3 movf    GEN4,w
addwf  PCL,f
dt      " VOLTAJE FRECUENCIA "

;*****
;
;* RUTINA DE CONVERSION A CODIGO ASCII
;*****
;
conv_asc    addwf  PCL,f
            retlw  '0'
            retlw  '1'
            retlw  '2'

```

```

retlw '3'
retlw '4'
retlw '5'
retlw '6'
retlw '7'
retlw '8'
retlw '9'

```

```

;*****
;* RUTINA DE CONVERSION ANALOGO DIGITAL
;*****
;

```

```

conv_ad clrwdt
bsf   ADCON0,adon
movlw 0x0C
movwf GEN0
ad0   decfsz GEN0,f
goto  ad0
ad1   btfsc  ADCON0,done
goto  ad1
bcf   ADCON0,   adon
movlw 0x10
movwf GEN0
ad2   decfsz GEN0,f
goto  ad2
return

```

```

;*****
;* ENVIA CARACTER AL MODULO
;*****
;

```

```

send_char movwf CHAR
        call busy_check
        bcf  PORTB,e
        bcf  PORTB,bit0
        bcf  PORTB,bit1
        bcf  PORTB,bit2
        bcf  PORTB,bit3
        btfsc CHAR,4
        bsf  PORTB,bit0
        btfsc CHAR,5
        bsf  PORTB,bit1
        btfsc CHAR,6
        bsf  PORTB,bit2
        btfsc CHAR,7
        bsf  PORTB,bit3
        bcf  PORTB,rw
        bsf  PORTB,rs
        bsf  PORTB,e
        call tarda
        bcf  PORTB,e
        movlw 0xF0
        andwf PORTB,f
        btfsc CHAR,0
        bsf  PORTB,bit0
        btfsc CHAR,1
        bsf  PORTB,bit1
        btfsc CHAR,2
        bsf  PORTB,bit2
        btfsc CHAR,3
        bsf  PORTB,bit3
        bsf  PORTB,e
        call tarda
        bcf  PORTB,e
        return

```

```

;*****
;* ENVIA COMANDO AL MODULO
;*****
;

```

```

send_cmd movwf CHAR
        call busy_check
        bcf PORTB,e
        bcf PORTB,bit0
        bcf PORTB,bit1
        bcf PORTB,bit2
        bcf PORTB,bit3
        btfsc CHAR,4
        bsf PORTB,bit0
        btfsc CHAR,5
        bsf PORTB,bit1
        btfsc CHAR,6
        bsf PORTB,bit2
        btfsc CHAR,7
        bsf PORTB,bit3
        bcf PORTB,rw
        bcf PORTB,rs
        bsf PORTB,e
        call tarda
        bcf PORTB,e
        movlw 0F0h
        andwf PORTB,f
        btfsc CHAR,0
        bsf PORTB,bit0
        btfsc CHAR,1
        bsf PORTB,bit1
        btfsc CHAR,2
        bsf PORTB,bit2
        btfsc CHAR,3
        bsf PORTB,bit3
        bsf PORTB,e
        call tarda
        bcf PORTB,e

        return

```

```

;*****
;* VERIFICA SI EL MODULO ESTA OCUPADO
;*****
;

```

```

busy_check
        bsf STATUS,rp0
        movlw 0x01
        movwf TRISB
        bcf STATUS,rp0
        bcf PORTB,rs
        bsf PORTB,rw
bs_1    bsf PORTB,e
        nop
        clrwdt
        nop
        movf PORTB,w
        movwf TEMP
        bcf PORTB,e
        nop
        bsf PORTB,e
        nop
        bcf PORTB,e
        btfsc TEMP,3
        goto bs_1
        bcf PORTB,rw

```

```

    bsf    STATUS,rp0
    movlw  0x00
    movwf  TRISB
    bcf    STATUS,rp0

```

```

return

```

```

;*****
;*  RUTINA DE DESCOMPOSICION DE NUMEROS
;*****

```

```

descomp  clrf  DMIL
         clrf  MIL
         clrf  CENT
         clrf  DEC
         clrf  UNIT
d_dmil   movlw 0x27
         subwf RP2,w
         btfss STATUS,cy
         goto  d_mil
         btfsc STATUS,z
         goto  d2
         movwf RP2
         movlw 0x10
         subwf RP1,w
         movwf RP1
         btfss STATUS,cy
         decf  RP2,f
d1       incf  DMIL,f
         goto  d_dmil
d2       movlw 0x10
         subwf RP1,w
         btfss STATUS,cy
         goto  d_mil
         movwf RP1
         clrf  RP2
         goto  d1
d_mil    movlw 0x03
         subwf RP2,w
         btfss STATUS,cy
         goto  d_cent
         btfsc STATUS,z
         goto  d4
         movwf RP2
         movlw 0xE8
         subwf RP1,w
         movwf RP1
         btfss STATUS,cy
         decf  RP2,f
d3       incf  MIL,f
         goto  d_mil
d4       movlw 0xE8
         subwf RP1,w
         btfss STATUS,cy
         goto  d_cent
         movwf RP1
         clrf  RP2
         goto  d3
d_cent   movlw 0x64
         movf  RP2,f
         btfsc STATUS,z
         goto  d5
         subwf RP1,w
         btfss STATUS,cy

```

```

    decf   RP2,f
    movwf  RP1
    incf   CENT,f
    goto  d_cent
d5      movlw  0x64
    subwf  RP1,w
    btfss  STATUS,cy
    goto  d_dec
    incf   CENT,f
    movwf  RP1
    goto  d5
d_dec   movlw  0x0A
    subwf  RP1,w
    btfss  STATUS,cy
    goto  d_unit
    incf   DEC,f
    movwf  RP1
    goto  d_dec
d_unit  movf   RP1,w
    movwf  UNIT
    return

```

```

;*****
;*  RUTINA DE CONTEO
;*****

```

```

conteo  clrwdt
        movf   TMR0,w      ; inicia rutina conteo
        btfss  STATUS,z
        retlw  0
        decf   TEMP,f
        movlw  D'23'
        movwf  TMR0
        incf   OVFLW,f
        movf   OVFLW,w
        xorlw  0Fh
        btfss  STATUS,z
        retlw  0
        clrf  OVFLW
        incf  CNTSEG,f
        return           ; fin rutina conteo

```

```

;*****
;*  PONE EN CERO REGISTROS DE TIEMPOS
;*****

```

```

tau0    movlw  0x17
        movwf  TMR0
        clrf  OVFLW
        clrf  CNTSEG
        return

```

```

;*****
;*  RUTINA DE RETARDO DE TIEMPO
;*****

```

```

mdseg   movlw  0Ah
        movwf  TEMP
md1     call  conteo
        movf  TEMP,w
        btfss  STATUS,z
        goto  md1
        return
delay   movf  TMR0,w
        btfss  STATUS,z
        goto  delay
        return

```

```

tarda  clwdt
        nop
        nop
        nop
        return
ms10   movlw  40h
        addwf TMR0,w
        movwf DELTA
ms10a  call  conteo
        movf  TMR0,w
        xorwf DELTA,w
        btfss STATUS,z
        goto ms10a
        nop
        return

```

```

;*****
;*  CALCULO DE LA POTENCIA
;*****
;

```

```

potencia  clrf  RP2
           clrf  RP1
           clrw
           movf  VR2,f
           btfsc STATUS,z
           return
d6        addwf  IAMP,w
           movwf RP1
           btfsc STATUS,cy
           incf  RP2,f
           decfsz VR2,f
           goto  d6

           return

```

```

;*****
;*  RUTINA SUMA
;*****
;

```

```

suma     movlw  D'6'
           movwf CONT7
sum1     incf  CENT,f
           movlw D'10'
           xorwf CENT,w
           btfsc STATUS,z
           goto sum2
           decfsz CONT7,f
           goto sum1
sum3     movlw  D'2'
           movwf CONT7
sum4     incf  MIL,f
           movlw D'10'
           xorwf MIL,w
           btfsc STATUS,z
           goto sum5
           decfsz CONT7,f
           goto sum4
           return
sum2     clrf  CENT
           incf MIL,f
           movlw D'10'
           xorwf MIL,w
           btfss STATUS,z
           goto sum6
           clrf  MIL

```



```

sum6    incf    DMIL,f
        decfsz  CONT7,f
        goto   sum1
sum5    incf    DMIL,f
        decfsz  CONT7,f
        goto   sum4

        return

```

```

;*****
;*****
;*  PROGRAMA PRINCIPAL
;*****
;*****
;

```

```

mm0    clrf   PORTB
        clrf   PORTA
        bsf   STATUS,rp0           ; BANK 1
        movlw B'00000011'
        movwf TRISA
        movlw B'00000000'
        movwf TRISB
        movlw 87h
        movwf ROPTION
        movlw B'00000010'
        movwf ADCON1
        bcf   STATUS,rp0           ; BANK 0
        movlw 41h
        movwf ADCON0
        clrf  RFLAG
        clrf  CNTSEG
mm1    movlw 0xF8
        movwf TMR0
        call  delay                 ; 2.28 mS
display_init
        clrf  PORTB
        bsf  PORTB,bit1
        bsf  PORTB,e
        call  tarda
        bcf  PORTB,e
        movlw 0xF0
        movwf TMR0
        call  delay                 ; 10H=16=100H-F0, 16*0.286mseg=4.576mseg
        bsf  PORTB,e
        call  tarda
        bcf  PORTB,e
        movlw 0x64
        movwf GEN2
loop1  decfsz GEN2,f
        goto loop1
        bsf  PORTB,e
        call  tarda
        bcf  PORTB,e
        bsf  PORTB,bit1
        bsf  PORTB,e
        call  tarda
        bcf  PORTB,e
lcd_delay movlw 0xE0
        movwf TMR0
        call  delay                 ; 9.152 mS

```

```

*****
;* SECUENCIA DE COMANDOS PARA 2 LINEAS
*****
cmd_seq clrf PORTB
      bsf PORTB,bit1
      bsf PORTB,e
      call tarda
      bcf PORTB,e
      bsf PORTB,bit2
loop2 bsf PORTB,bit3
      bsf PORTB,e
      call tarda
      bcf PORTB,e
      movlw 0x0E ; DISP_ON
      call send_cmd
      movlw 0x01 ; CLR_DISP
      call send_cmd
      movlw 0x06 ; ENTRY_INC
      call send_cmd
      movlw 0x80 ; DD_RAM_ADDR
      call send_cmd
      clrf GEN4
loop2 call uni1
      call send_char
      incf GEN4,f
      movf GEN4,w
      xorlw D'20'
      btfsz STATUS,z
      goto loop2
      movlw 0xC0 ;DD_RAM_ADDR
      call send_cmd
      clrf GEN4
loop3 call uni2
      call send_char
      incf GEN4,f
      movf GEN4,w
      xorlw D'20'
      btfsz STATUS,z
      goto loop3
      call mdseg
      call mdseg
      call mdseg
      call mdseg

```

```

*****
;* HACEMOS TRES PARPADEOS
*****
mm2 movlw 0x03
      movwf GEN3
      call tau0
loop2 movlw 0x08
      call send_cmd
      call mdseg
      movlw 0x0C
      call send_cmd
      call mdseg
      decfsz GEN3,f
      goto mm2

```

```
*****
;
;* DESPLAZA EL MENSAJE A LA IZQUIERDA
*****
;
```

```
mm4    movlw 0x10
        movwf GEN3
        call tau0
        movlw 0x06
        movwf TEMP
        call md1
        movlw 0x18
        call send_cmd
        decfsz GEN3,f
        goto mm4
```

```
*****
;* ENVIA TITULO1
*****
;
```

```
run1    movlw 0x0C
        call send_cmd
        movlw 0x01
        call send_cmd
        movlw 0x06
        call send_cmd
        movlw 0x80
        call send_cmd
        clrf GEN4
run2    call titulo1
        call send_char
        incf GEN4,f
        movf GEN4,w
        xorlw D'20'
        btfss STATUS,z
        goto run2
        call mdseg
        call mdseg
        call mdseg
        call mdseg
```

```
*****
;* ENVIA TITULO2
*****
;
```

```
runa    movlw 0x0C
        call send_cmd
        movlw 0x01
        call send_cmd
        movlw 0x06
        call send_cmd
        movlw 0x80
        call send_cmd
        clrf GEN4
runa    call titulo2
        call send_char
        incf GEN4,f
        movf GEN4,w
        xorlw D'20'
        btfss STATUS,z
        goto runa
        call mdseg
        call mdseg
```

```

*****
;
;* ENVIA TITULO3
*****
;

```

```

        movlw 0x0C
        call send_cmd
        movlw 0x01
        call send_cmd
        movlw 0x06
        call send_cmd
        movlw 0x80
        call send_cmd
        clrf GEN4
runb   call titulo3
        call send_char
        incf GEN4,f
        movf  GEN4,w
        xorlw D'20'
        btfss STATUS,z
        goto runb
        clrf CNT1
        clrf CNT2

```

```

*****
;
;* SE PRESENTA EL VOLTAJE DE ENTRADA
*****
;

```

```

run3   bcf  ADCON0,chs0
        bcf  ADCON0,chs1
        call conv_ad
        movf  ADRES,w
        movwf VR2
        movlw D'143'
        movwf IAMP
        call potencia
        call descomp
        call suma
        movlw 0x06
        call send_cmd
        movlw 0xC1
        call send_cmd
        movf  DMIL,w
        call conv_asc
        call send_char
        movf  MIL,w
        call conv_asc
        call send_char
        movf  CENT,w
        call conv_asc
        call send_char
        movlw ""
        call send_char
        movlw ""
        call send_char
        movlw 'V'
        call send_char
        movlw '.'
        call send_char
        movf  ADRES,w
        sublw D'128'
        btfsc RFLAG,f1
        sublw D'134'
        btfss STATUS,cy
        goto r3a
        bsf  RFLAG,f1

```

```

        bsf    PORTB, rly1
        bcf    PORTA, rly2
r3a     goto   r3c
        bcf    PORTB, rly1
        bcf    RFLAG, f1
        movf   ADRES, w
        sublw  D'143'
        btfsc  RFLAG, f2
        sublw  D'137'
        btfsc  STATUS, cy
        goto   r3b
        bsf    RFLAG, f2
        bsf    PORTA, rly2
        bcf    PORTB, rly1
        goto   r3c
r3b     bcf    PORTA, rly2
        bcf    RFLAG, f2
r3c     nop

```

```

*****
;*  CALCULO Y PRESENTACION DE LA FRECUENCIA DE LA RED
*****

```

```

        bsf    STATUS, rp0           ; BANK 1
        movlw  B'00000011'
        movwf  ADCON1
        bcf    STATUS, rp0           ; BANK 0
        call   tau0
fc      clrwdt
        call   conteo
        btfsc  CNTSEG, 4
        goto   fca
        btfsc  PORTA, osc
        goto   fc
        call   tau0
fc1     clrwdt
        call   conteo
        btfsc  CNTSEG, 4
        goto   fca
        btfss  PORTA, osc
        goto   fc1
        goto   fcb
fca     clrf   CNT1
        clrf   CNT2
        goto   fc5
fcb     call   tau0
        clrf   CNT1
        clrf   CNT2
fc2     incf   CNT1, f
        btfss  STATUS, z
        goto   fc3
        incf   CNT2, f
fc3     call   conteo
        movlw  0x0A
        xorwf  CNTSEG, w
        btfsc  STATUS, z
        goto   fc5
        btfsc  PORTA, osc
        goto   fc3
fc4     call   conteo
        movlw  0x0A
        xorwf  CNTSEG, w
        btfsc  STATUS, z
goto    fc5

```

```

        btfss PORTA,osc
        goto fc4
        goto fc2
fc5     movfw CNT1
        movwf RP1
        movfw CNT2
        movwf RP2
call    descomp
        movlw 0x06
        call send_cmd
        movlw 0xCA
        call send_cmd
        movf  CENT,w
        call conv_asc
        call send_char
        movf  DEC,w
        call conv_asc
        call send_char
        movlw ''
        call send_char
        movf  UNIT,w
        call conv_asc
        call send_char
        movlw ''
        call send_char
        movlw 'H'
        call send_char
        movlw 'z'
        call send_char
        movlw ''
        call send_char
        bsf STATUS,rp0 ; BANK 1
        movlw B'00000010'
        movwf ADCON1
        bcf STATUS,rp0 ; BANK 0
        clrf CNT1
        clrf CNT2
        goto run3
        end

```