

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



**“EVALUACION DE NIVELES DE EXPOSICIÓN A FENOMENOS
TRANSITORIOS E INCOHERENCIAS EN MEDICIONES DE
FLICKER”**

PRESENTADO POR:

CARLOS OMAR MIRANDA RODRIGUEZ
FRANCISCO CESAR VANEGAS ORTIZ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2007

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :

Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL :

Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

SECRETARIO :

Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

DIRECTOR :

Ing. Luís Roberto Chévez Paz

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTUA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título :

**“EVALUACION DE NIVELES DE EXPOSICIÓN A FENOMENOS
TRANSITORIOS E INCOHERENCIAS EN MEDICIONES DE
FLICKER”**

Presentado por :

**CARLOS OMAR MIRANDA RODRIGUEZ
FRANCISCO CESAR VANEGAS ORTIZ**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Director :

Ing. José Roberto Ramos López

San Salvador, Febrero de 2007

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director:

Ing. José Roberto Ramos López

AGRADECIMIENTOS

Los autores de éste trabajo de graduación queremos hacer expreso nuestro agradecimiento:

A Dios: por habernos dado la vida y acompañarnos en todo momento de dificultad y alegría, permitirnos terminar satisfactoriamente nuestros estudios y por cuidar de toda la familia.

A nuestras Madres: Porque no existen palabras que puedan describir su amor incondicional, su paciencia y sus consejos.

A nuestros Padres: Por habernos dado un hogar en el que siempre prevaleció el amor y el respeto a los demás.

A nuestros Hermanos: Por darnos su apoyo, compartir nuestros alegrías y nuestras tristezas.

A nuestros amigos: Porque siempre han estado en nuestro recorrido de estudios y diversiones.

A nuestros Asesores: Porque nos han apoyado a lo largo de esta investigación y a nuestra formación profesional.

PROLOGO

Un nuevo documento sobre "Power Quality" se incorpora hoy a esta bibliografía sobre el estudio de Flicker y transitorios de voltaje, La calidad de la onda de voltaje o tensión, es un término que en el ambiente de ingeniería eléctrica indica la calidad de la energía suministrada a los usuarios (industrial, comercial, residencial etc.) por las distribuidoras de electricidad.

Para lograr hacer un análisis mas profundo acerca de la problemática de la calidad de la energía "Power Quality", se presenta este trabajo de graduación como parte de una investigación financiada por el consejo de investigaciones científicas de la Universidad de El Salvador conocida por sus siglas CIC-UES. A cargo del Ingeniero José Roberto Ramos, profesor de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador, también para que sea útil como consulta a todas las personas que estén interesados en estudiar y comprender dichos fenómenos.

Cuando la señal de onda presenta fluctuaciones que dependiendo de su amplitud y de su frecuencia de repetición pueden originar parpadeo o la fluctuación de la luminosidad de las lámparas incandescentes, este fenómeno visual es conocido como *Flicker*, y la elevación en la magnitud de voltaje en corto tiempo como *Transitorio* que afectan la calidad de la tensión a los consumidores que reciben el suministro eléctrico de la red.

Debido a las incoherencias en las definiciones de los algoritmos en los equipos de medición, podríamos obtener resultados no apegados a la realidad, es por ello que la elección de un buen equipo es muy importante. Para la investigación actual se cuenta con el medidor llamado TOPAS 2000 Power Quality Analyzer, el cual esta basado en la norma EN50160, en nuestro país el ente regulador de estos fenómeno es la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones SIGET, por lo cual han sido desarrolladas aplicaciones en paginas Web para hacer un análisis de los diferentes fenómenos que son obligatorios en la normativa de la SIGET.

CONTENIDO

CAPITULO	TITULO	PÁGINA
1.	JUSTIFICACIÓN	1
2.	OBJETIVOS LOGRADOS	2
2.1.	Objetivo General	2
2.2.	Objetivo Específicos	2
3.	RECURSOS DISPONIBLES PARA LA INVESTIGACIÓN	3
4.	FLICKER	4
4.1.	Definición y características de Flicker	4
4.2.	Niveles de compatibilidad correspondientes al Flicker	5
4.3.	Fuentes y causas generadoras de Flicker	6
4.4.	Estándares relacionados con el Flicker	6
4.5.	Descripción y generalidades de los medidores de FLICKER	8
4.6.	Inconsistencias de mediciones de Flicker	29
4.6.1.	Pruebas realizadas con distintos medidores	29
4.6.2.	Investigación de la IEEE Flicker Standard	30
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE MEDICIONES DE FLICKER	31
5.1.	Gráficos de Flicker generados por el medidor Topas 2000	32
5.2.	Gráficos de Pst obtenidos del medidor Topas 2000 Y Rpm Fluke	38
5.3.	Gráficos de Plt obtenidos del medidor Topas 2000	39
6.	DESBALANCE DE VOLTAJE	41
6.1.	Definición	41
6.2.	Limites de desbalance de voltaje	42
6.3.	Análisis de resultados de desbalance de voltaje	42
6.3.1.	Gráficos de desbalance de voltaje obtenidos con las mediciones del Medidor Rpm Fluke	43
6.3.2.	Gráficos de desbalance de voltaje obtenidos de los datos del medidor Topas 2000	43

6.3.3 Intercomparación de desbalance de voltaje.....	45
7. INDICE SARFI	48
7.1. Definición e Sharif	48
7.2. Definición de Sarfi-x	48
7.3. Clasificación de sistemas según sus índices.....	49
7.4. Análisis de resultados de mediciones de índices Sharif.....	49
8. TRANSITORIO DE VOLTAJE.....	51
8.1. Definición de transitorio de voltaje.....	51
8.2. Fuentes y causas generadoras de transitorios	51
8.3. Norma relacionada con los transitorios	54
8.4. Resultados de mediciones de transitorios	56
9. CONCLUSIONES	63
10. BIBLIOGRAFIA	64

1. JUSTIFICACION

El contar con un buen servicio eficiente de electricidad es un aliciente para la industria, el comercio etc. Porque esto se traduce en eficiencia y eficacia en los diferentes equipos de procesos de manufacturas, además para las empresas internacionales es una garantía para la maquinaria y equipos especialmente cuando se trata de equipo de comunicaciones que requieren de un alto grado de calidad en la electricidad, Cuando se halla logrado parte de esto, el país será mas atractivo para la inversión extranjera.

Como se mencionó anteriormente existen muchos medidores unos más profesionales que otros, cada cual con su manera de interpretar los datos y debido a mediciones previas desarrolladas con un medidor de diseño local y con el RPM Fluke 1650 nos vemos en la necesidad de estandarizar los datos de una manera que puedan ser almacenados en una base de datos para ser leídos desde la herramienta de análisis desarrollada y poder ver de una manera gráfica y estadística los resultados.

En tal sentido se realiza la investigación denominada "EVALUACIÓN DE NIVELES DE EXPOSICIÓN A FENÓMENOS TRANSITORIOS E INCOHERENCIAS EN LAS MEDICIONES DE FLICKER" que permite identificar incoherencias en los datos de los equipos de medición del fenómeno y a la exposición a transitorios en que se encuentran cada lugar de estudio.

2. OBJETIVOS LOGRADOS

2.1. GENERAL:

- Se analizó los fenómenos más importantes y que son obligatorios en la norma de calidad de servicio de los sistemas de distribución de SIGET, se ha hecho posible mediante la revisión y modificación del software desarrollado en el "Estudio preliminar de calidad eléctrica en los sistemas de distribución en El Salvador"

2.2. ESPECIFICOS:

- Se desarrolló un nueva herramienta para el tratamiento de los datos que se miden con el equipo TOPAS 2000 adquirido a partir de la investigación 03.24 financiado por CIC-UES, logrando con esto ser analizadas por el software desarrollado y poder determinar el cumplimiento o no con los requerimientos de la SIGET en los puntos de análisis.
- Determinar niveles de exposición a fenómenos transitorios en cada sitio de medición en base a la norma ANSI/IEEE C62.41.
- Investigar las causas de incoherencia en los resultados de medición de flicker.

3. RECURSOS DISPONIBLES PARA LA INVESTIGACION

- Campañas de medición realizadas en el año 2005 en trabajo de graduación "Estudio preliminar de calidad de la electricidad en sistemas de distribución en El Salvador" [1].
- Software Desarrollado para el estudio
- Analizador de calidad de energía TOPAS 2000 [2], Adquirido para el proyecto de investigación 03.24 financiado por CIC-UES



Figura 1
Analizador de calidad de Energía TOPAS 2000

4. FLICKER

4.1. DEFINICION Y CARACTERISTICAS DE FLICKER.

El FLICKER es una variación rápida y cíclica de la tensión, que causa una fluctuación correspondiente en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable al ojo humano.

El FLICKER es un problema muy específico relacionado con la percepción humana y los bombillos incandescentes. El FLICKER no es un término general para variaciones de voltaje. Los humanos pueden ser muy sensibles al parpadeo de la luz que es provocado por las fluctuaciones de voltaje. La percepción humana del FLICKER de la luz es casi siempre el criterio limitante para controlar pequeñas fluctuaciones de voltaje. La sensibilidad es una función de la frecuencia de la fluctuación y también depende del nivel de voltaje de la iluminación

El FLICKER o parpadeo de la luz es un fenómeno de origen fisiológico visual que acusan los usuarios de lámparas alimentadas por una fuente común a una iluminación y a una carga perturbadora. La molestia del FLICKER se pone de manifiesto en las lámparas de BT. Por lo contrario, las cargas perturbadoras pueden encontrarse conectadas a cualquier nivel de tensión. En el origen de este fenómeno están las fluctuaciones bruscas de la tensión de red.

Para tener una referencia, se tiene que para la mitad de la población el inicio de percepción del FLICKER es aproximadamente a 8 Hz en un 0.3% de modulación relativa. Esto significa que la medición es exacta, de aquí que las mediciones de voltaje de alta resolución son un requisito previo a la medición de FLICKER. El rango de los niveles de inicio de frecuencia son aproximadamente 15 Hz.

El FLICKER depende de la amplitud, de la frecuencia y de la duración de las fluctuaciones de tensión en el ámbito de bajas frecuencias entre 0,5 y 30 Hz.

Es una perturbación en la amplitud de la tensión, es de tipo conducido, no simétrico (distinto en cada fase), cuya principal consecuencia es la variación del brillo de las lámparas incandescentes, que causa molestia visual, y que produce cansancio.

Se le considera una sensación subjetiva visual del individuo sometido a fluctuaciones de la intensidad de la iluminación. La intensidad luminosa varía con un factor 3.4 a 3.8 veces la variación de la tensión.

El instrumento de medición de FLICKER ha sido propuesto y puesto a punto por la Unión Internacional de Electrotecnia y es objeto de la publicación 868 del IEC, que define sus características funcionales y constructivas.

4.2. NIVELES DE COMPATIBILIDAD CORRESPONDIENTES AL FLICKER.

La definición de los niveles de compatibilidad debería tener en cuenta:

- Que el FLICKER emitido en un nivel de tensión se transfiere prácticamente por entero sobre los niveles de tensión inferiores; de los niveles inferiores a los superiores prácticamente no existe transferencia.
- La ley de composición del FLICKER corresponde con una ley general que puede hipnotizarse.
- La emisión global de disturbio de FLICKER en un nivel de tensión es función de la carga suministrada directamente en tal nivel y de su porcentaje de carga generadora de perturbaciones.

4.3. FUENTES Y CAUSAS GENERADORAS DE FLICKER.

Principalmente el FLICKER es el resultado de fluctuaciones rápidas de pequeña amplitud de la tensión de alimentación, provocadas por:

- La variación fluctuante de potencia que absorben diversos receptores: hornos de arco, máquinas de soldar, motores, etc.
- La puesta en tensión o fuera de tensión, de cargas importantes: arranque de motores, maniobra de baterías de condensadores en escalones, etc.

Los principales productores de FLICKER son de tipo industrial como máquinas de soldadura por resistencia, hornos de arco, laminadoras, máquinas-herramienta, etc. Sin embargo, pequeños aparatos de uso doméstico o similares accionados por motor (frigoríficos, lavadoras, equipos de aire acondicionado, impresoras láser, fotocopiadoras, etc.), debido a su empleo generalizado, también pueden ser fuentes productoras de parpadeo.

4.4. ESTANDARES RELACIONADOS CON EL FLICKER.

A. NORMA DE SIGET [3].

El control de la calidad del producto será efectuado por los distribuidores, mediante periodos de medición mensuales denominados periodos de control. Con los resultados de la totalidad de las mediciones, se determinaran semestralmente índices o indicadores globales que reflejen el comportamiento del servicio eléctrico de distribución.

Indicador de efecto del FLICKER: en el sistema de distribución este indicador deberá de ser medido por el índice de severidad de efecto FLICKER de corto plazo PST.

El PST deberá ser igual a 1.00 para todos los niveles de tensión de distribución, el periodo de medición en cada lugar debe ser de catorce (14) días calendario. Las mediciones se deben realizar con un medidor de FLICKER para intervalos de diez (10) minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC868 o la que la sustituya.

B. NORMA IEC .

Los niveles de FLICKER en las normas IEC son caracterizados por dos parámetros

- Pst es un valor medido sobre 10 minutos que caracteriza la probabilidad de que las fluctuaciones de voltaje provocarán parpadeo perceptible de la luz. Un valor de 1.0 es diseñado para representar el nivel en el que el 50% de las personas percibirían el parpadeo en un bombillo incandescente de 60 W.
- Plt es derivado de 2 horas de valores de Pst (12 valores combinados en relación cúbica)

$$Plt = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} Pst_j^3} \quad (1)$$

Los niveles de emisión de FLICKER permitidos a los distintos perturbadores que se conecten a la red eléctrica están normalizados en las siguientes normas de Compatibilidad Electromagnética:

- IEC 61000-3-3 [4] para dispositivos con corriente nominal inferior o igual a 16 A
- IEC 61000-3-5 [5] para dispositivos con corriente nominal superior a 16 A
- IEC 61000-3-7 [6], para cargas fluctuantes de alta tensión.

Estos valores se observan en la tabla I

Tabla I
Niveles De Tensión De FLICKER Según IEC

Valores Límites De Pst Y Plt Para Diferentes Niveles De Tensión Según Normas IEC		
Nivel	PST (p.u.)	PLT (p.u.)
Baja Tensión($I \leq 16$)	1	0,8
Media tensión	1	0,8
Alta tensión	0,8	0,65

C. NORMAS IEEE [7].

IEEE también está adoptando este método de caracterización del FLICKER (IEEE 1453). Los niveles de compatibilidad son

- El nivel de compatibilidad para FLICKER de corto plazo (pst) es 1.0
- El nivel de compatibilidad para FLICKER de largo plazo (plt) es 0.8.

D. NORMA EN50160.

Reconociendo que no siempre es posible mantener los niveles de FLICKER dentro de esos niveles de compatibilidad, la norma **EN50160** [8] especifica requerimientos menos restrictivos para el desempeño del sistema de suministro. El límite en la EN50160 es que el 95% de los valores de FLICKER de largo plazo deberían ser menores que 1.0 en un período de medición de una semana.

4.5. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LOS MEDIDORES DE FLICKER.

La salida del medidor de FLICKER consiste en dos cantidades básicas:

La severidad de parpadeo de corto término, Pst. Un valor de Pst se obtiene cada 10 minutos. Hay que obtener 144 Pst cada día. Pst es una cantidad en por unidad

donde 1 representa una severidad del FLICKER que debe corresponder aproximadamente al FLICKER perceptible en luces incandescentes de 60 Vatio.

- a) La severidad de parpadeo de término largo, Plt. Cada valor de Plt se calcula de 12 Pst sucesivos el valora usa la fórmula siguiente:

$$Plt = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} Pst_j^3} \quad (2)$$

Cada uno de estas dos cantidades básicas puede caracterizarse en términos de sus estadísticas.

A. MEDICIONES REALIZADAS POR UN MEDIDOR DE FLICKER.

Este equipo debe reproducir la forma en que las fluctuaciones en la señal de alimentación se traducen en fluctuaciones en la luminosidad de las lámparas, debe reproducir además, cómo éstas se detectan por el ojo humano y cómo se procesan por las personas hasta llegar a alcanzar el umbral de sensibilidad o de molestia.

- Almacenar las fluctuaciones de voltaje.
- Estimación de los cambios de voltaje convertido a una estimación de luz FLICKER de un bombillo incandescente.
- Ponderar la estimación según la frecuencia para considerar la percepción humana.
- Determina lecturas instantáneas de percepción del FLICKER (pinst).
- Derivar una indicación del FLICKER a corto plazo (pst) en un periodo 10-min.
- Derivar una indicación de FLICKER a largo plazo (Plt) en un periodo de dos horas.

Las investigaciones esta destinada a proponer un modelo adecuado del sistema lámpara-ojo-cerebro.

Este instrumento, analógico, adoptado por la mayor parte de los países que forman la CEI (Comisión Internacional de la Electricidad) está referido a la sensación de FLICKER percibida tomando como fuente de luz una lámpara incandescente de 60 W y a los sistemas de distribución de baja tensión de 230 V y 50 Hz.

Según IEEE Las primeras versiones de la norma IEC era basada en los efectos de fluctuaciones de voltaje en luz incandescente de 60 W a 230 voltios. Un bombillo 120 voltio no es sensible a las mismas fluctuaciones de voltaje porque el filamento es más grande (tiempo más largo constante) para manejar los niveles de corriente más altos asociados con la misma valuación del Vatio. Como resultado, una curva de carga adicional se desarrolló para aplicaciones de 120 que son más comunes en EE.UU. La comparación de las curvas de las cargas a 120 y 230 voltio se presenta en la figura1. En los Estados Unidos, el procedimiento de medición del FLICKER debe usar el método regularizado en IEC 61000-4-15 [9]. Con el empleo de la curva de carga a 120.

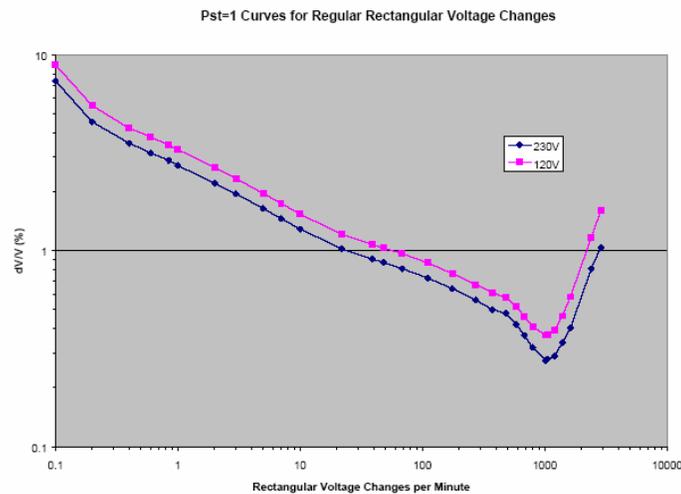


Figura 2
Comparación de curvas de cargas a diferentes potenciales y frecuencias

B. FUNCIONAMIENTO Y ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO DEL FLICKER METER SEGÚN IEC 868 [9].

Esta sección presenta el diseño del funcionamiento y las especificaciones para el instrumento que mide la severidad del FLICKER de manera correcta para las formas de ondas y fluctuaciones de voltajes prácticas.

Esta sección se basa en las especificaciones preparadas por el Comité de Estudio de Perturbaciones de La Unión Internacional para Electroheat (UIE).

La arquitectura del FLICKERMETER es descrita por el diagrama de bloque de la figura 3. Y puede ser dividida en dos partes. Cada una ejecuta la siguiente tarea:

- Simulación de la respuesta de la cadena lámpara-ojo-cerebro.
- Análisis estadístico en línea de la señal del FLICKER y presentación de los resultados.

La primera tarea es ejecutada por los bloques 2, 3, 4, del diagrama de la figura 3, mientras que la segunda tarea es realizada por el bloque 5. Aunque este último bloque no es necesario, Debido a que el análisis de la señal del FLICKER puede ser de manera desconectada (of-line), es conveniente usar un medio de almacenamiento. Pero se recomienda su inclusión porque permitirá un uso más completo y eficaz del instrumento.

La norma IEC 868 [10] describe las especificaciones funcionales de este aparato que son las siguientes:

- Adaptación de la tensión de entrada (bloque 1),
- Simulación de la respuesta lámpara - ojo -cerebro o cálculo del FLICKER instantáneo (tensión a la salida del bloque 2-4),
- Cálculo de la dosis de FLICKER (salida 4),
- Opcionalmente, valoración estadística del nivel de FLICKER; cálculo del FPC, Pst y Plt (bloque 5).

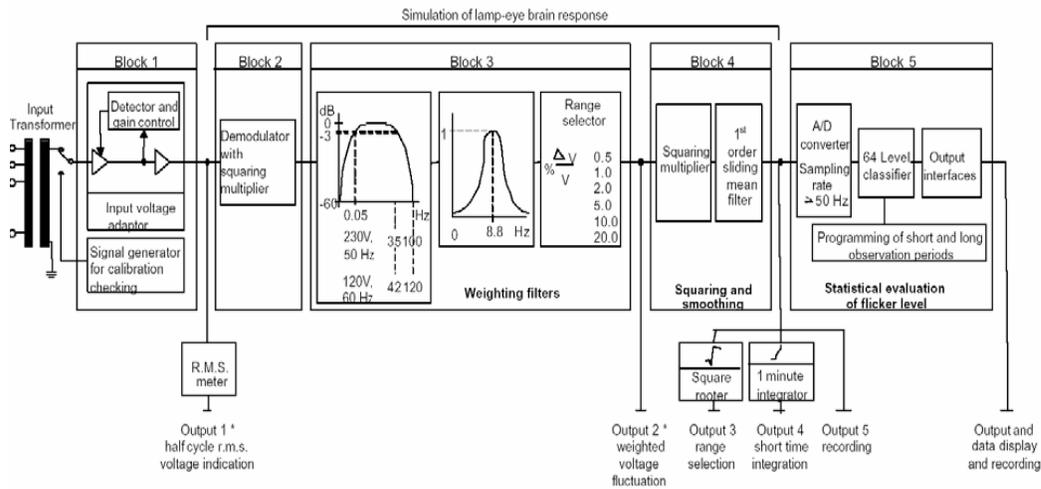


Figura 3
Diagrama de bloques de el medidor de FLICKER Especificado por la IEC 868

C. DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

Bloque 1: Adaptador de voltaje de entrada y circuito de verificación de calibración.

Este bloque contiene un generador de señales para inspeccionar la calibración del FLICKERMETER en el sitio y un circuito adaptador de voltaje que escala el valor promedio r.m.s. del valor de voltaje de entrada a la frecuencia del sistema eléctrico bajo un nivel de referencia interno.

De esta manera la medición del FLICKER es independientemente del nivel real de entrada de la portadora de voltaje y expresarlo como un porcentaje de voltaje.

El transformador tiene que poseer taps en las entradas de voltajes para estabilizar el rango de voltaje de entrada. Para conservar la señal de entrada al adaptador de voltaje tiene que estar en un rango permisible.

Bloque 2: Demodulador cuadrado fundamental.

El propósito de este bloque es recuperar la fluctuación de voltaje elevando al cuadrado el voltaje de entrada que fue escalado al nivel de referencia y simula el comportamiento de la lámpara.

Este bloque realiza la extracción de la señal moduladora a partir, de la onda portadora de 50 Hz. Separa la modulación causada por el FLICKER de la frecuencia 50-Hz o 60-Hz del suministro de C.A. El multiplicador al cuadrado simula la variación en la salida de luz de un bombillo incandescente en respuesta a las fluctuaciones de voltaje.

Bloque 3 y 4: Weighting Filters, Squaring And Smoothing.

El bloque 3 está compuesto de dos filtros en cascada y un selector de rango de medición que puede preceder o puede seguir el circuito del filtro selectivo.

El primer filtro elimina la componente de D.C. y la componente del doble de la frecuencia de onda del sistema eléctrico de la salida del demodulador.

El segundo realiza el comportamiento de la respuesta en frecuencia del FLICKERMETER a la fluctuación modulada.

Las cargas que se filtran simulan la respuesta en frecuencia a las fluctuaciones de voltaje senoidales en un filamento de una lámpara (60 W - 230 V) combinada con el sistema visual humano. La función de la respuesta es basada en el inicio de percepción, encontrado para cada frecuencia en el 50% de las personas que estuvieron bajo prueba.

Los filtros de este bloque tienen por misión representar el comportamiento selectivo en frecuencia de la respuesta del ojo a la excitación del FLICKER. La respuesta en frecuencia de esta etapa se muestra en la figura 3.

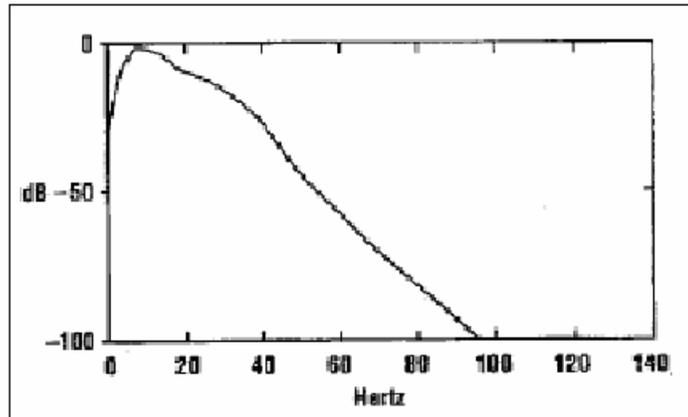


Figura 4
Respuesta en frecuencia del bloque 3 del FLICKERMETER

Es de notar que la forma del filtro que se usa no se puede realizar con un filtro convencional. Este punto es importante porque subraya la dificultad de medir el FLICKER por otros medios que no sea un medidor de FLICKER apropiado.

El bloque 4 realiza un estimador no lineal de la varianza y es compuesto por una elevación al cuadrado, un multiplicador y un filtro paso bajo.

La sensación del FLICKER vía la lámpara – ojo - cerebro es simulada por la combinación de una respuesta no lineal del bloque 2, 3 y 4.

El bloque 3 solo se basa en la curva de percepción para fluctuaciones de voltaje senoidales, las cargas de señales no-senoidales y las fluctuaciones estocásticas son logradas con una opción apropiada de la función de transferencia compleja para el bloque 3 y 4.

Para tener un comportamiento correcto del modelo también se ha verificado con señales rectangulares periódicas así como con señales transitorias.

Bloque 5 - Análisis Estadístico En Línea

Realiza el análisis estadístico exigido para evaluar la probabilidad que el FLICKER moderado estaría irritando.

El bloque 5 incorpora un microprocesador que ejecuta un análisis en línea del nivel de FLICKER y así permite calcular directamente la evaluación significativa de los parámetros.

Una interfase conveniente permite la presentación y almacenamiento de los datos. El uso de este bloque se relaciona con los métodos de las mediciones de severidad del FLICKER por análisis estadístico. La señal de nivel del FLICKER es muestreado a una tasa constante.

Cada vez que un valor apropiado ocurre, el contador de la clase correspondiente es incrementado en uno. De esta manera, se obtiene la función de distribución de frecuencia de los valores de entrada. Escogiendo una frecuencia de muestreo lo suficientemente mayor que la frecuencia máxima del FLICKER, se obtendrá el resultado final del intervalo de medición que representa la distribución del nivel de duración del FLICKER en cada clase.

Agregando el contenido de los contadores de todas las clases y expresando cada clase relativamente a la clase total, resulta la función de densidad de probabilidad de los niveles de FLICKER.

Esta curva se establece a partir de los valores de FLICKER instantáneo en función del tiempo. Estas medidas muestreadas se agrupan en clases según su valor.

Esto permite trazar la función de densidad de probabilidad y la Función de probabilidad Acumulada. En el ejemplo, para simplificar el trazado, se ha limitado el número de clases a 10. Sobre esta curva se leen 5 valores:

P0.1, P1, P3, P10 y P50.

Estos valores expresan los valores de FLICKER instantáneo sobrepasados durante, respectivamente, 0.1%, 1%, 3%, 10% y 50% del período de observación, que normalmente es de 10 minutos. Los valores P1 a P50 son valores calculados en la norma CEI 868-0.

La figura 5, representa esquemáticamente el análisis estadístico, limitado por simplicidad a una representación de 10 clases.

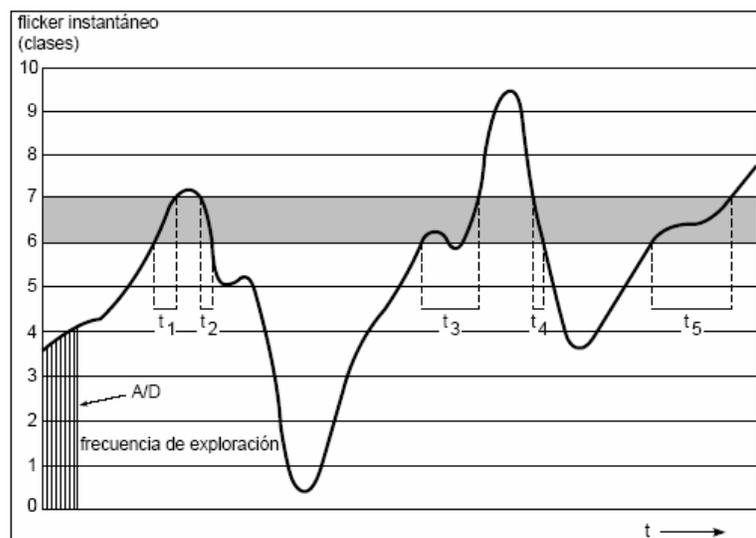


Figura 5
Representación esquemática de un muestreo del FLICKER instantáneo (según CEI 868)

De esto, uno obtiene la función de probabilidad acumulada usada en el método estadístico time-at-level.

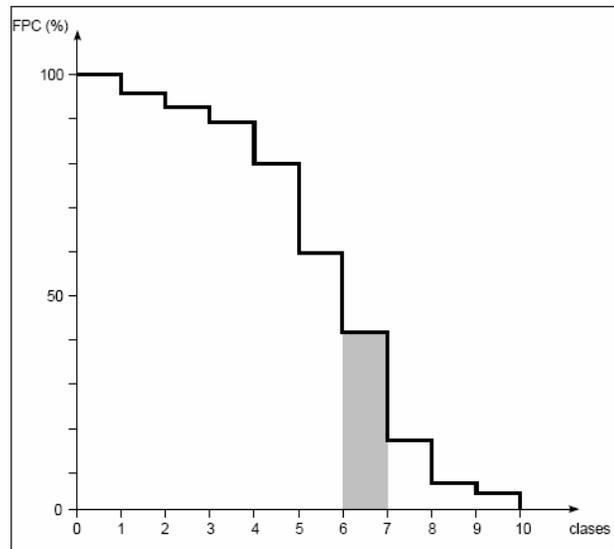


Figura 6

Curva de la Función de Probabilidad Acumulada de la presencia de señal en una de las clases. El número de clases se ha limitado aquí a diez (según CEI 868).

De la función acumulada de probabilidad, pueden ser obtenidos valores estadísticamente significantes, media, desviación estándar, excesos de niveles de FLICKER para un determinado porcentaje de tiempo o alternativamente el porcentaje de tiempo en el que un nivel del FLICKER asignado ha excedido.

El periodo de observación es ajustado por dos intervalos de tiempos. Tshort y Tlong. El intervalo largo define el tiempo de observación total y siempre es un múltiplo del intervalo corto:

$$Tlong, = n Tshort$$

Inmediatamente después de la conclusión de cada intervalo de tiempo corto, para el proceso en línea, inicia el análisis estadístico del próximo intervalo y los resultados de la expiración del intervalo se hacen disponibles en la salida.

De esta manera, n análisis de tiempos cortos estarán disponibles para un periodo de observación dado Tlong junto con los resultados para el intervalo total. La gráfica de la función de probabilidad acumulada debe ser hecha preferentemente usando una escala de la distribución normal gaussiana.

D. SALIDAS DEL MEDIDOR.

El FLICKERMETER en el diagrama de la figura 3, muestra varias salidas entre los bloques 1 y 5. Las salidas marcadas con asterisco no son esenciales, pero pueden permitir un beneficio completo del instrumento de un gran potencial para la investigación de fluctuaciones de voltaje.

El objetivo de la salida optativa 1 es asociado al valor r.m.s. El medidor despliega la fluctuación de voltaje en términos del cambio en el valor de voltaje r.m.s de entrada. Esto puede lograrse elevando al cuadrado, puede integrarse a través de cada medio-ciclo de la señal y calculando la raíz cuadrada de la señal.

Para observar cambios de voltaje pequeños con una buena resolución, debe proveerse un off-set ajustable de d.c. y rectificación.

La salida 3 brinda una indicación instantánea lineal del cambio relativo de voltaje $\Delta V/V$, expresado como un porcentaje equivalente de una modulación de una onda senoidal de 8.8 Hz. Esta salida es utilizada para seleccionar el rango apropiado de medición.

La salida 4 brinda una integración de un minuto de la sensación instantánea del FLICKER

La salida 5 representa la sensación instantánea del FLICKER y puede ser almacenada en un archivo para una evaluación rápida en el sitio o en una unidad de memoria para una larga duración y ser procesada después.

La salida 6 en el bloque 5 es conectado a una interfase adecuada digital para ser almacenada. Usando otro convertidor digital a análogo, puede obtenerse directamente de este bloque la gráfica analógica de la función de probabilidad acumulada.

E. ESPECIFICACIONES

a) Respuesta analógica

La respuesta analógica global de la salida del instrumento en el bloque 4 se da en la tabla II y III para las fluctuaciones de voltaje de entrada rectangulares y senoidales como se definió en la Publicación 555-3 de la IEC [12].

Una salida unitaria del bloque 4 corresponde a la referencia del inicio de percepción del FLICKER por un humano. La respuesta se centra para la modulación senoidal de 8.8 Hz.

La exactitud prescrita se logra si el valor de la entrada para la modulación senoidal y de onda cuadrada está dentro del $\pm 5\%$ de los valores presentados en las tablas, para una salida unitaria de la percepción.

Tabla II
Respuesta normalizada del FLICKERMETER para una fluctuación de voltaje senoidal

Hz	Fluctuaciones de Voltaje (%)	Hz	Fluctuaciones de Voltaje (%)
0.5	2.340	10.0	0.260
1	1.432	10.5	0.270
1,5	1.080	11	0.282
2	0.882	11,5	0.296
2,5	0.754	12	0.312
3	0.654	13.0	0.348
3,5	0.568	14	0.388
4	0.500	15	0.432
4,5	0.446	16	0.480
5	0.398	17.0	0.530
5.5	0.360	18.0	0.584
6.0	0.328	19	0.640
6,5	0.300	20	0.700
7	0.280	21	0.760
7,5	0.266	22	0.824
8	0.256	23	0.890
8,5	0.250	24	0.962
9.5	0.254	25	1.042

Tabla III
 Respuesta normalizada del FLICKERMETER para una fluctuación de voltaje rectangular

Hz	Fluctuaciones de Voltaje (%)	Hz	Fluctuaciones de Voltaje (%)
0.5	0.514	9.5	0.200
1.0	0.471	10.0	0.205
1.5	0.432	10.5	0.213
2.0	0.401	11.0	0.223
2.5	0.374	11.5	0.234
3.0	0.355	12.0	0.246
3.5	0.345	13.0	0.275
4.0	0.333	14.0	0.308
4.5	0.316	15.0	0.344
5.0	0.293	16.0	0.380
5.5	0.269	17.0	0.421
6.0	0.249	18.0	0.461
6.5	0.231	19.0	0.506
7.0	0.217	20.0	0.552
7.5	0.207	21.0	0.603
8.0	0.201	22.0	0.657
8.8	0.199	23.0	0.713

b) Transformador de entrada

El transformador de voltaje de entrada debe aceptar una amplia gama de voltajes nominales de la red de eléctrica y debe adaptarlos al nivel máximo compatible con el funcionamiento de los circuitos siguientes. Las tasas de voltajes más comunes, asumiendo una desviación de -30% a +20% se listan en la tabla III.

Tabla IV
 Por consiguiente el rango total prescrito será 40 a 504 V r.m.s.

Razón de voltaje de entrada	−30%	20%
V rms	V rms	V rms
100	70	120
115	80.5	138
127	89	152
160	112	192
220	154	264
230	161	276
240	168	288
380	266	456
420	294	504

Es aconsejable guardar las variaciones de voltaje secundario dentro de una salida máxima de 1 a 3.5 veces y por consiguiente el transformador debe tener por lo menos dos taps con relaciones de transformación de $\frac{504}{V_r}$, $\frac{276}{V_r}$ y $\frac{138}{V_r}$ del primario al secundario, donde V_r es el nivel de referencia de la portadora.

Los anchos de banda de paso por el transformador no deben introducir una atenuación significativa de modulación de ± 25 Hz.

El nivel de aislamiento será 2 kV r.m.s. para 1 minuto y un valor pico de 2 kV para un impulso de 1.2/50 μ s. Se proporcionarán unos campos electrostáticos entre los bobinados y se deberán conectar apropiadamente.

c) Adaptador de voltaje

Este circuito debe mantener los niveles de voltaje r.m.s. modulados a 50 Hz a la entrada del bloque 2 a un valor de referencia constante V_r , según la especificación de entradas del transformador, sin modificar la modulación de la fluctuación relativa. Tendrá un tiempo de respuesta (10% a 90% del valor final) a una variación del paso del valor de entrada r.m.s. igual a 1 min.

El rango de operación de este circuito tiene que ser suficiente para asegurar una reproducción correcta de las fluctuaciones de voltaje de entrada que crean el FLICKER.

d) Generador interno para el chequeo y la calibración

El generador interior proporcionará una onda seno a frecuencia del sistema eléctrico modulado por una señal cuadrada de $(50/17)$ Hz = 2.94 Hz.

La verificación será hecha para proporcionar una indicación que muestre el alineamiento con una marca de referencia o valor.

Las características significantes de este circuito son las siguientes:

- Enganchar la fase de la portadora del sistema eléctrico
- Modulación del $\Delta v/v$ de 1 %
- Nivel de portadora conveniente para todos los rangos de medición
- 1% de exactitud para la modulación de frecuencia.

e) Modulador cuadrático

Este circuito incluido en el bloque 2 da un componente de salida lineal que es un voltaje relacionado a la amplitud de las fluctuaciones que se modulan en la entrada.

El rango de operación de entrada del demodulador tiene que ser capaz de aceptar un 150% del valor de referencia VR.

f) Filtros de ponderación

Estos filtros se incluyen en el bloque 3 y tienen los siguientes propósitos:

- Eliminar la componente de D.C. y la componente del doble de la frecuencia del sistema eléctrico a la salida del demodulador (la amplitud de componentes de frecuencia más altos son despreciable)
- Caracterizar las fluctuaciones de voltaje según la lámpara y la sensibilidad visual humana.

El filtro para la supresión de los componentes no deseados incorpora un filtro paso alto de primer orden, se sugiere una atenuación de 3 db y frecuencia de corte de aproximadamente 0.05 Hz y una sección de filtrado pasa bajo con un filtro Butterworth de 6º orden con una frecuencia de corte de 35 Hz con caída de 3 dB. Esta sugerencia tiene en cuenta el hecho de que el componente a dos veces de la frecuencia del sistema eléctrico también se está atenuando por el filtro del bloque 3. También pueden agregársele un filtro de sintonización (stop band) a un punto de esta frecuencia para aumentar la resolución, pero no debe afectar de manera significativa la respuesta del instrumento en las frecuencias útiles que miden el ancho de banda.

g) Respuesta Completa A La Salida Del Bloque 3

Una función de transferencia conveniente para el bloque 2 y 3, que asume que se definió el filtro de supresión de la portadora para que sea despreciable dentro del ancho de banda de la frecuencia asociada a las fluctuaciones de voltaje de la señal presenta la forma siguiente:

$$F(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \frac{1 + s/\omega_2}{(1 + s/\omega_3)(1 + s/\omega_4)} \quad (3)$$

Donde S es la variable compleja y los valores de los parámetros se indican a continuación:

$$\begin{aligned} k &= 1.748\ 02 \\ \lambda &= 2\ \pi\ 4.059\ 81 \\ \omega_1 &= 2\ \pi\ 9.154\ 94 \\ \omega_2 &= 2\ \pi\ 2.279\ 79 \\ \omega_3 &= 2\ \pi\ 1.225\ 35 \\ \omega_4 &= 2\ \pi\ 21.9 \end{aligned}$$

h) Selector de rangos

El seleccionador de rango determina la sensibilidad del instrumento y varía la ganancia según la amplitud de la fluctuación de voltaje que es medido.

Los rangos de medición expresados como cambios de voltaje relativo para una señal seno modulada a frecuencia de 8.8 Hz son 0.5 - 1 - 2 - 5 - 10 - 20%.

El rango 20% es optativo ya que en la modulación de sentido profundo, en desmodulación no-lineal pueden introducirse errores significantes.

Si algún rango intermedio no se construye, entonces se tendrá que aumentar la resolución del instrumento para asegurar el funcionamiento equivalente sobre el rango permitido.

i) Multiplicador Cuadrado Y El Filtro Deslizante

El multiplicador cuadrado y el filtro deslizante del Bloque 4 realizan dos funciones:

- Elevar al cuadrado la señal pesada del FLICKER para simular la percepción no-lineal del sistema ojo-cerebro.

- Promediar el deslizamiento medio de la señal para simular el efecto del almacenamiento en el cerebro.

El operador cuadrado tendrá entrada y salida para que opere en rangos suficientes para lograr acomodar el nivel de FLICKER admisible a 8.8 Hz. El operador medio deslizante tendrá en la función de transferencia un filtro de primer orden paso bajo resistivo/capacitivo con una constante de tiempo de 300 ms.

j) Procesamiento del análisis estadístico en línea

El análisis se realizará expresando la salida del bloque 4 en forma digital por lo menos con 6 bits de resolución y usar por lo menos 64 clases. La razón mínima de muestreo es de 50 muestras por segundo.

La relación entre el seleccionador de rango y el nivel que corresponde a la clase más alta de la función de probabilidad acumulada, que es el resultado de la clasificación que se indica en la tabla siguiente:

Tabla V
Relación entre el seleccionador de rango y el nivel de la clase más alta de la función de probabilidad acumulada

$\Delta V/V$ (%)	Niveles de sensación en unidades de inicios de percepción
0.5	4
1	16
2	64
5	400
10	1600
20	6400

Relación entre el seleccionador de rango y el nivel de la clase más alta de la función de probabilidad acumulada, Tshort puede ser seleccionado entre 1, 5, 10,15 minutos. Tlong tiene que ser un múltiplo integrable de Tshort por lo menos 1008, correspondiente a 7 días con Tshort de 10 minutos.

k) Rangos de operación de temperatura y humedad del instrumento

- Rango de temperatura de operación : 0°C a 40°C
- Rango de temperatura de almacenamiento : -10°C a 55°C
- Rango de humedad relativa de operación: 45% a 95%

F. EVALUACIÓN DE LA SEVERIDAD DEL FLICKER EN BASE A LA SALIDA DEL FLICKERMETER DE LA IEC 868

La evaluación final de la severidad del FLICKER según la CEI 868 se expresa por dos parámetros: el Pst (corta duración) y el Plt (larga duración). Pst y Plt son las unidades de medida del FLICKER; magnitudes sin dimensiones físicas, debido a esto se les denomina parámetros. El Pst se determina con un algoritmo multipunto utilizando los 5 puntos P0.1, P1, P3, P10 y P50 leídos sobre la FPC, el Plt se calcula a partir de varios valores de Pst. Así, el Pst se calcula sobre un período de 10 minutos, y el Plt se calcula para 12 valores de Pst en un período de 2 horas. Estos parámetros valoran las distintas formas de FPC.

Este método de cuantificación del FLICKER tiene la ventaja de ser universal e independiente del tipo de fluctuación (periódica, súbita, senoidal, con otras formas, etc.) y por tanto independiente del tipo de perturbación.

a) EVALUACIÓN DEL FLICKER DE CORTA DURACION PST.

La medición de severidad se basa en un periodo de observación $T_{st} = 10$ minutos y es designada Pst y es derivada de la obtención de un nivel de tiempo estadístico clasificado en el bloque 5 del FLICKERMETER.

Dada la **curva de probabilidad acumulada** que caracteriza una manifestación de FLICKER, la severidad del disturbio es calculada mediante la formula:

$$P_{st} = \sqrt{\sum K_i * P_i} \quad (4)$$

Donde:

Pi son los percentil de distribución acumulada correspondientes a los porcentajes 0.1, 1, 2, 10, 50 % y los coeficientes Ki han sido determinados en modo de obtener prácticamente Pst = 1 para todos los puntos limites de la curva **IEC 555-3** [12], salvo para la parte horizontal a la izquierda (la curva de severidad Pst = 1 resulta en efecto muy próxima a la curva IEC 555-3).

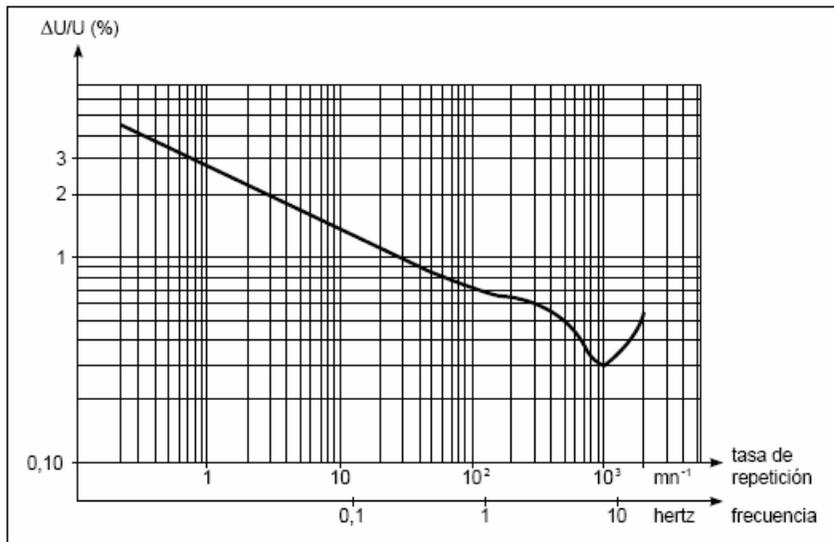


Figura 7
Curva de molestia de Flicker

Curva límite de la molestia del FLICKER. Indica la amplitud de las fluctuaciones de tensión, en función de su frecuencia de repetición, para una severidad del FLICKER Pst = 1 (según CEI 868) [11]. Obsérvese que la frecuencia corresponde a dos fluctuaciones.

La obtención del Pst es por medio de la fórmula siguiente:

$$P_{St} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_{1} + 0.0657P_{3} + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}} \quad (5)$$

Donde los percentiles $P_{0.1}$, P_1 , P_3 , P_{10} y P_{50} son los niveles excedidos de FLICKER para 0.1, 1, 3, 10 y 50% del tiempo en el periodo de observación. El sufijo s en la fórmula indica que debe usarse el valor ponderado, los valores que se usan se obtienen de las ecuaciones siguientes:

$$P_{50} = (P_{30} + P_{50} + P_{80}) / 3$$

$$P_{10} = (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17}) / 5$$

$$P_3 = (P_{2.2} + P_3 + P_4) / 3$$

$$P_1 = (P_{0.7} + P_1 + P_{1.5}) / 3$$

El 0.3 s recuerda que la constante de tiempo en el FLICKERMETER asegura que $P_{0.1}$ no puede cambiar abruptamente y no se necesita suavizar para estos percentiles.

El valor de Pst se expresa en unidades p.u., de modo que para valores de Pst superiores a 1, se considera que el parpadeo es perceptible y por lo tanto es molesto para las personas.

La metodología para la elección de los percentiles y los valores de los coeficientes K_i son indicados en las referencias [4], [5], [6].

b) EVALUACIÓN DEL FLICKER DE LARGA DURACION PLT.

El periodo de evaluación de 10 minutos en que se realiza la evaluación de la severidad del FLICKER a corto plazo esta basado convenientemente para evaluar las perturbaciones causadas por fuentes individuales con un ciclo corto.

Donde el efecto combinado de varias cargas perturbadoras que operan al azar (ej. soldadores, motores) deben ser tomadas en cuenta. Cuando las fuentes del FLICKER son ciclos largos e inconstantes (ejem. hornos de arco) es necesario mantener un criterio de valoración a largo plazo de la severidad del FLICKER. Para este propósito, la severidad del FLICKER de largo término Plt . se derivará de los valores de severidad a corto plazo Pst . Esto se realiza sobre un periodo apropiado para relacionar el ciclo de carga o un periodo en el cual un observador puede reaccionar al FLICKER en unas horas. Esto se logra usando la fórmula siguiente:

$$Plt = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N P^3 sti}{N}} \quad (6)$$

Donde ($i = 1, 2, 3, \dots, 12$) son las lecturas consecutivas de la severidad de término corto.

4.6 INCONSISTENCIAS DE MEDICIONES DE FLICKER.

4.6.1 PRUEBAS REALIZADAS CON DISTINTOS MEDIDORES.

Como la norma de medición del FLICKER IEC ha ganado una adopción extensa, se ha informado que a veces están observándose resultados incoherentes entre los medidores de FLICKER o de fabricantes diferentes conectados a las mismas señales de voltaje. Esta, por supuesto, es una situación indeseada, a tal grado que una variedad de individuos y organizaciones empezaron a realizar pruebas para cuantificar mejor el problema.

EPRI-PEAC [13] dirigió una de las primeras pruebas formales donde ellos sujetaron una variedad de medidores de FLICKER simultáneamente a varias perturbaciones de señales y observaron los resultados.

La Figura 8 ilustra los resultados de tal prueba. Esta prueba claramente muestra que algunos medidores tienen errores muy grandes que dependen de las características de las perturbaciones de voltaje en este caso está presente un voltaje con armónicas e interarmónicas.

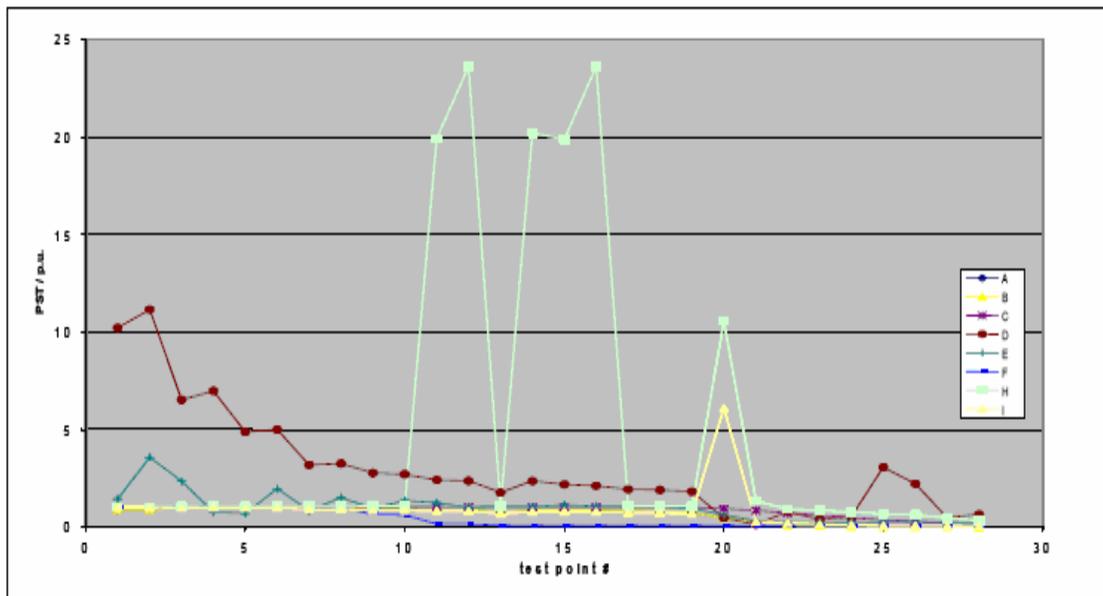


Figura 8
Salida de pst de medidores de FLICKER vrs frecuencia.

El resultado esperado es de 1 para todos los puntos de pruebas en un caso ideal. Pero en la práctica los valores bajos que están alrededor de un Khz. Han limitado el ancho de banda del instrumento.

4.6.2 INVESTIGACION DE LA IEEE FLICKER Standard

La IEEE publica límites de FLICKER de voltaje en forma de documentos prácticos recomendados. Los más notables son la **IEEE 519-1992** y **IEEE 141-1995**. Aunque pueden ser idénticos, ellas tienen pequeñas diferencias. Las dos despliegan las prácticas recomendadas en un gráfico de XY.

El gráfico presenta una frontera de visibilidad y una frontera de irritación, cada una se relaciona con la continuidad, la amplitud y los aspectos de frecuencia de las fluctuaciones de voltaje.

Se asumen las combinaciones de frecuencia y magnitudes del FLICKER debajo de la frontera de irritación para causar alguna o ninguna queja.

Es importante recordar que la mayoría de la investigación asumieron bombillos incandescentes de 60 W a 120 V. los bombillos incandescentes con menos vatios tienen constantes de tiempo más cortas. Ellos tienden a producir las primeras quejas sobre todo para frecuencias de FLICKER más rápidas que una fluctuación por segundo. Las bombillas de potencia más altas tienen constantes de tiempo más largas y son menos sensibles. Las Nuevas tecnologías de iluminación tienen respuestas diferentes a fluctuaciones de voltaje.

También es importante reconocer que los experimentos del laboratorio usarán cambios de voltaje súbitos. La modulación rectangular de la señal seno a 60 Hz era el acercamiento más popular. El cambio de voltaje es más lento, que la modulación senoidal, probablemente produciría quejas de FLICKER. También es importante notar que la mayoría de los experimentos usan solo exposiciones repetitivas. Los experimentos usaron voltajes firmes salvo la magnitud y combinación de frecuencia. La mayoría de las aplicaciones prácticas tiene combinaciones de algunas dosis de FLICKER con amplitudes múltiples a varias frecuencias que posiblemente se producen por más de una fuente.

5. ANALISIS DE RESULTADOS DE MEDICIONES DE FLICKER

Para realizar el análisis de mediciones de FLICKER se realizó una campaña de medición. La cual consistió en tomar muestras en tres usuarios diferentes los cuales fueron:

- Universidad de El Salvador (sitio 1).
- Distribuidora numero 1.
- Distribuidora numero 2.

Este estudio se realizó con la finalidad de determinar anomalías en valores de

FLICKER tomados por el medidor RPM FLUKE. Este medidor presentaba valores aproximados de $PST = 3$. Este valor es relativamente alto debido a que las normas que rigen este fenómeno andan alrededor de 1. Por esta razón se realizó una nueva campaña de medición con un nuevo medidor. El medidor que se utilizó para realizar esta campaña de medición fue el medidor TOPAS 2000 de LEM. Este medidor cumple las características de la norma EN50160. Esta norma evalúa el nivel de FLICKER PLT, y el nivel de aceptación es de 1 para el 95% de las muestras.

El análisis de las campañas de medición se realiza utilizando una herramienta desarrollada en un trabajo de graduación [1]. A continuación se presenta el resultado de las graficas obtenidas en esta campaña además de las mediciones de un sitio realizado con el medidor RPM.

Tal como ya se determino en la fundamentacion teórica del FLICKER. Este fenómeno se mide con dos parámetros los cuales son el PST y el PLT.

5.1. GRÁFICOS DE FLICKER GENERADOS POR EL MEDIDOR TOPAS 2000.

El medidor TOPAS 2000 realiza el análisis de los parámetros de calidad de energía según la norma EN50160. Esta norma solo evalúa el valor del PLT. Esto se observa en la gráfica de la figura 9. En ella se puede ver todos los campos de los cuales hace análisis, en la figura 10 se muestra un cuadro resumen para la medición de Flicker, de la misma manera se hace para ver resúmenes de los demás fenómenos de calidad de energía.

Las graficas de barras representan los porcentajes de mediciones que se encuentran bajo norma en color verde y las que caen fuera de la región permitida en color rojo.

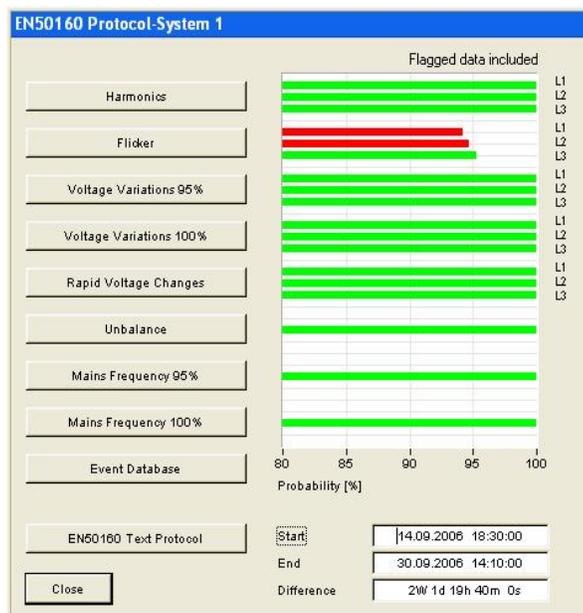


Figura 9
Análisis de resultado TOPAS 2000, según EN50160

Los valores que se obtuvieron de estas mediciones (sin data flaggin) presenta la información siguiente:

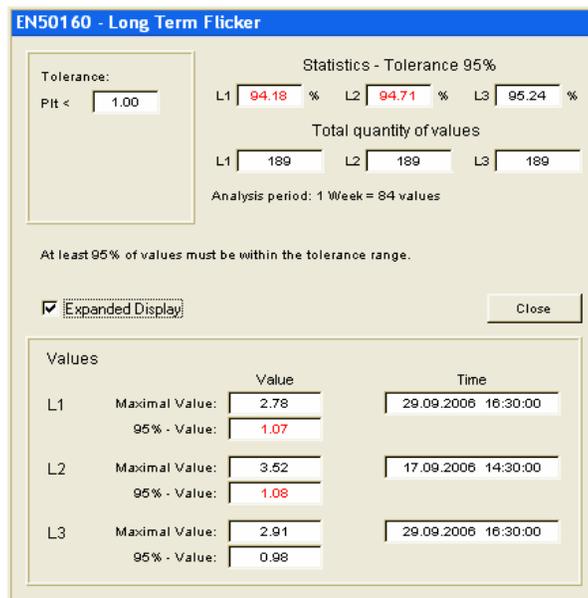


Figura 10
Cuadro resumen de mediciones de flicker generado por el medidor TOPAS

El medidor representa las mediciones de flicker de manera instantánea a lo largo del periodo de evaluación. Esto se observa en la figura 11.

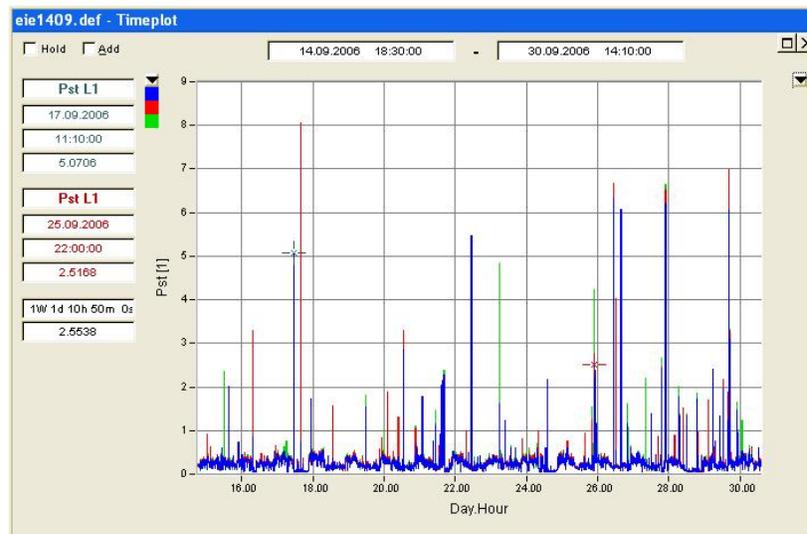


Figura 11
Mediciones de cada intervalo de análisis de FLICKER.

Para realizar un análisis y comparación del comportamiento del FLICKER se realiza un resumen de las mediciones obtenidas en tres sitios distintos durante un periodo de dos semanas. Los cuales son:

- Escuela de Ingeniería Eléctrica.
- Distribuidora 1.
- Distribuidora 2.

El resultado se representa en las siguientes graficas.

La figura 12 presenta el grafico de FLICKER PST y PLT instantáneo(c/10minutos) de Escuela de Ingeniería Eléctrica.

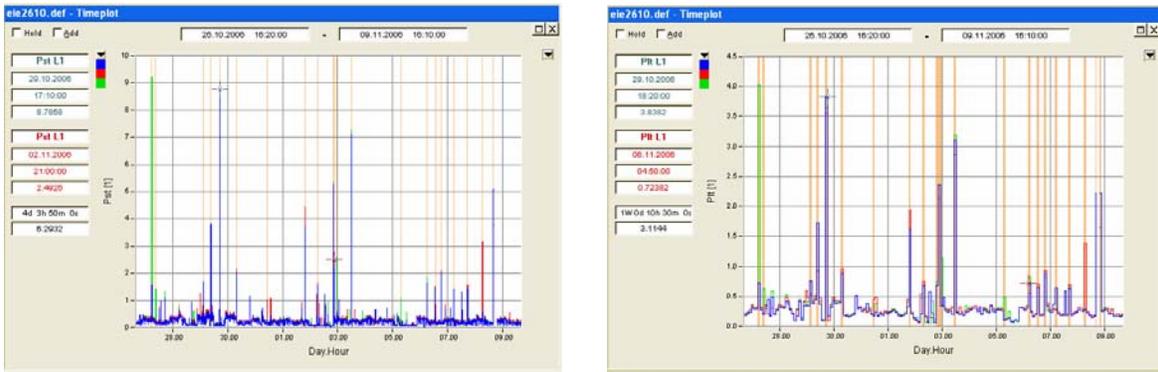


Figura 12
PST Y PLT de UES.

El resumen del análisis según la EN50160 de este sitio de medición se presenta en la figura 13.

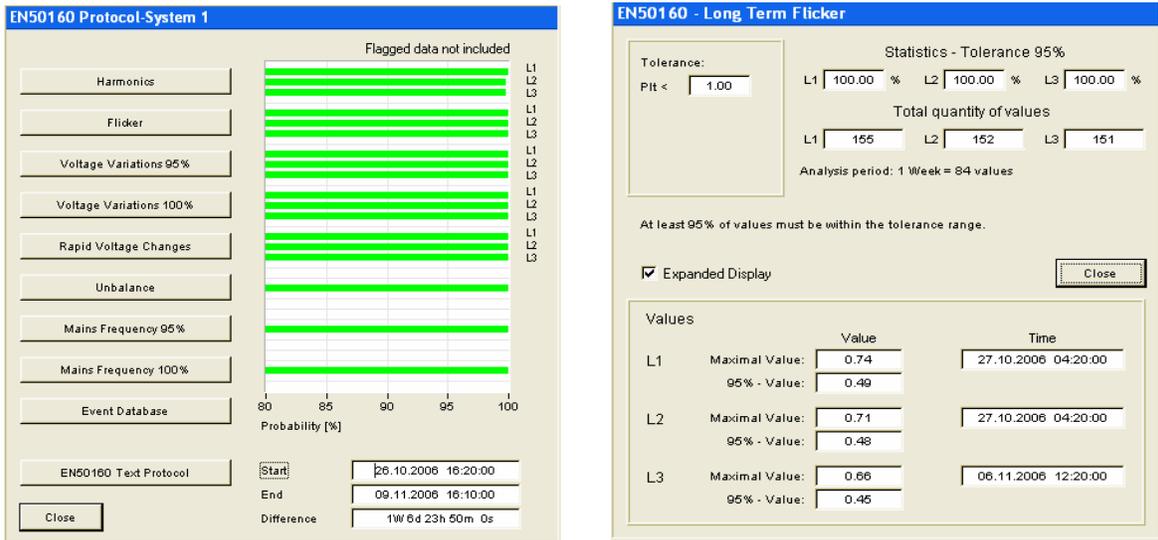


Figura 13
Resumen de PST Y PLT de UES.

La figura 14 presenta el gráfico de FLICKER PST y PLT instantáneo(c/10minutos) de Las mediciones tomadas en la distribuidora numero 1.

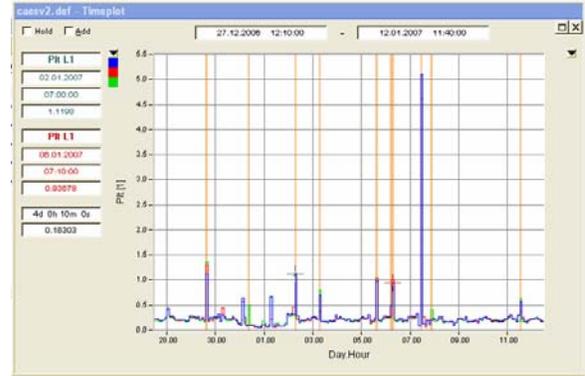
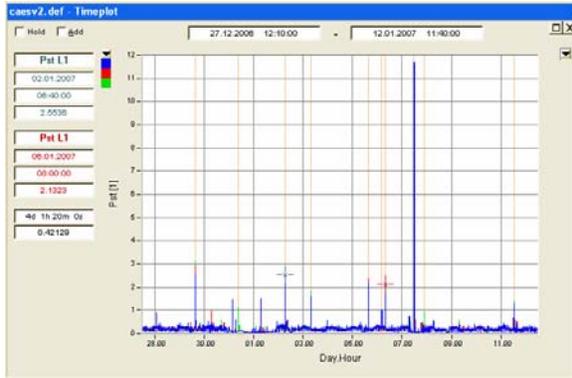


Figura 14
PST Y PLT de Distribuidora 1.

El resumen del análisis según la EN50160 de este sitio de medición se presenta en la figura 15.

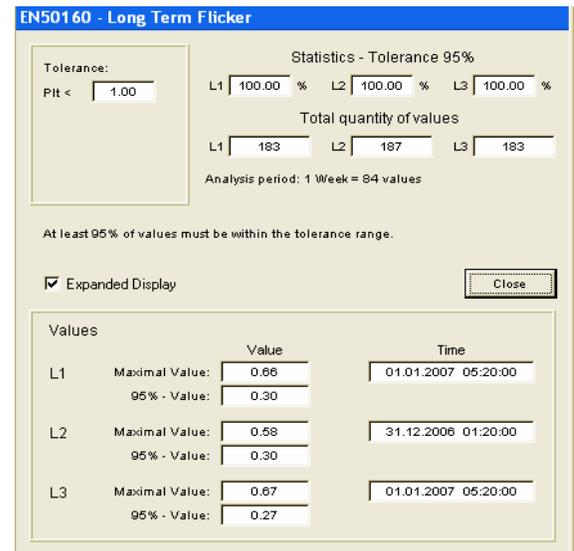
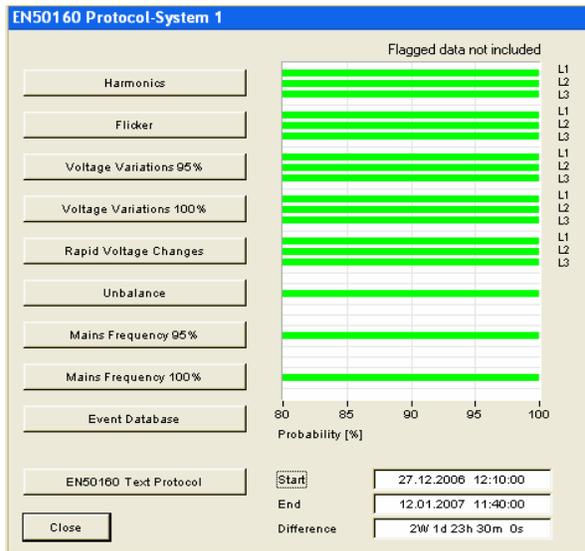


Figura 15
Resumen de PST Y PLT de Distribuidora 1.

La figura 16 presenta el grafico de FLICKER PST y PLT instantáneo(c/10minutos) de Las mediciones tomadas en la distribuidora numero 2.

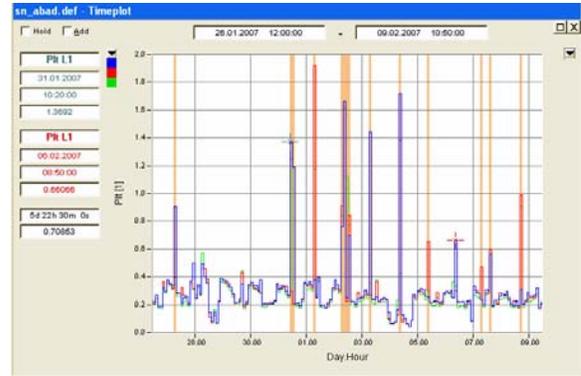
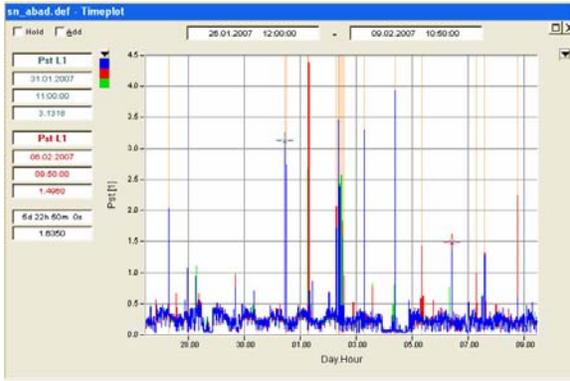


Figura 16
PST Y PLT de Distribuidora 2

El resumen del análisis según la EN50160 de este sitio de medición se presenta en la figura 17

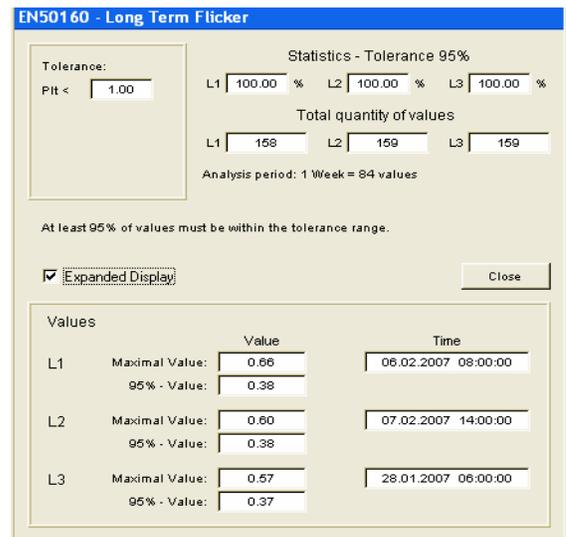
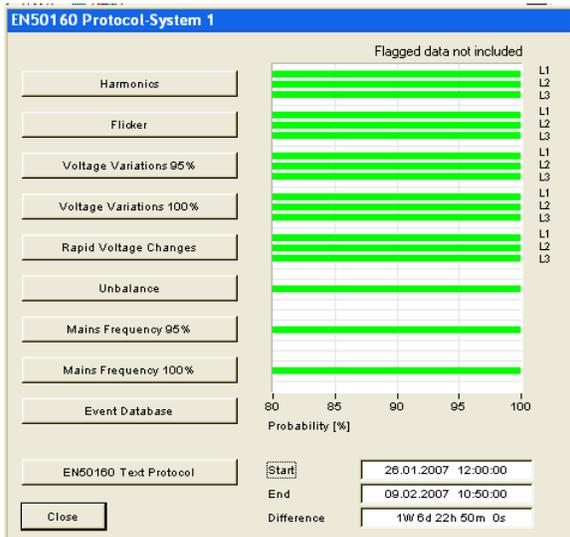


Figura 17
Resumen de PST Y PLT de Distribuidora 1.

Del análisis de las mediciones según la norma EN50160 se determina que los valores de FLICKER medidos se encuentran en rangos aceptables para los tres sitios.

Es de observar que los valores máximos de FLICKER para cada fase son distinto. El valor mas alto que se obtuvo fue de 0.74 y se obtuvo en la medición realizada en la UES, este se dio en la fase A.

Los valores que se obtuvieron en el 95% de las muestras de los dos distribuidores fueron menores que los obtenidos en la medición realizada en la UES.

5.2 GRAFICOS DE PST OBTENIDOS DEL MEDIDOR TOPAS 2000 Y RPM FLUKE.

Las mediciones fueron realizadas en intervalos de diez minutos debido a que son mediciones periódicas.

La siguiente figura presenta el resultado del gráfico de PST obtenido del análisis del sitio de La Universidad De El Salvador con dos medidores diferentes. Esto con el fin de comprobar que existen incoherencias en mediciones

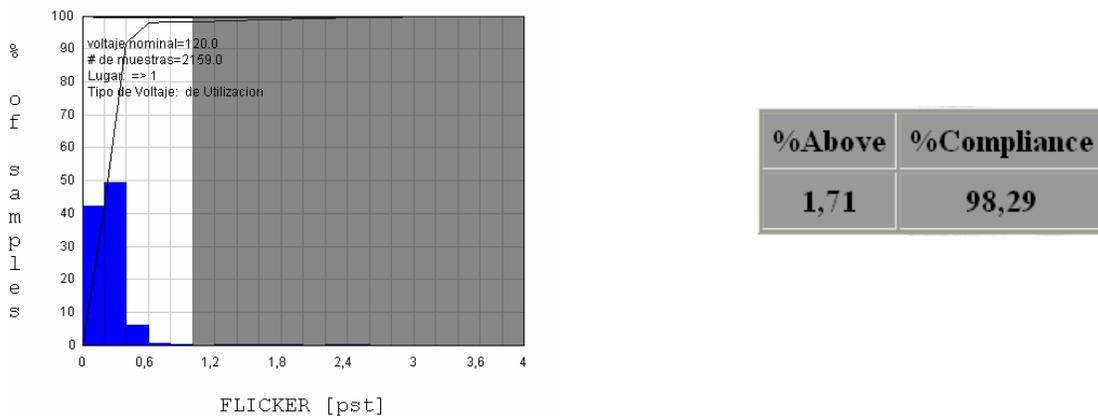


Figura 12
Gráfico de PST sitio UES obtenidas con TOPAS2000

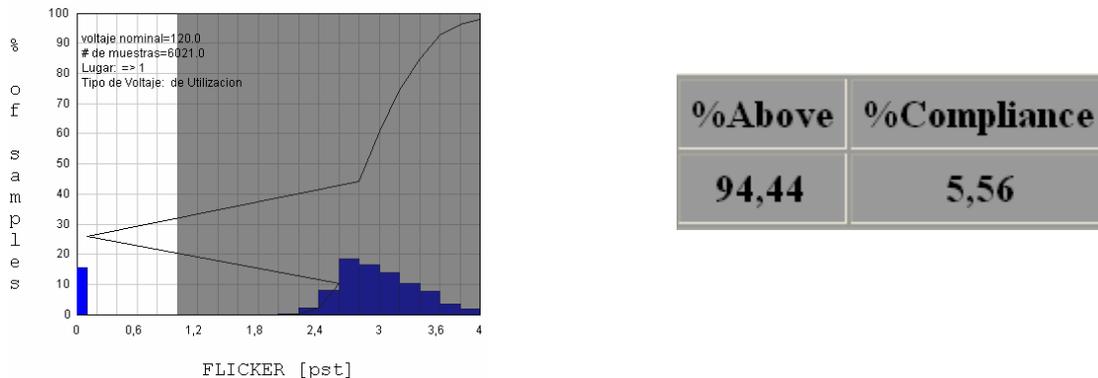


Figura 13
Gráfico de PST sitio UES obtenidas con RPM FLUKE

Como se observa en la figura. En las mediciones del TOPAS 2000 el 98.29% de las muestras caen dentro del rango aceptable (zona no sombreada). En las mediciones del RPM FLUKE el 94.44% de las muestras caen fuera del rango aceptable (zona sombreada).

Debido a estos resultados obtenidos es que a nivel mundial se esta tratando de normalizar la forma en que se miden y analizan los valores de FLICKER.

Los valores de los límites sombreados de las graficas se obtienen de la norma SIGET. Esta dice que los valores aceptables tienen que ser valores menores a 1.

5.3 GRAFICOS DE PLT OBTENIDOS DEL MEDIDOR TOPAS 2000 Y PRESENTADO CON LA HERRAMIENTA DE ANALISIS.

Los datos utilizados para generar esta gráfica son obtenidos directamente del medidor en formato txt y luego son cargadas en MySQL. Estos datos y están calculados por el software del medidor, por esta razón no se ha realizado ningún calculo matemático y los datos son obtenidos directamente del medidor y presentados en el programa en JSP.

Los resultados del análisis del sitio de medición se presentan en la siguiente gráfica.

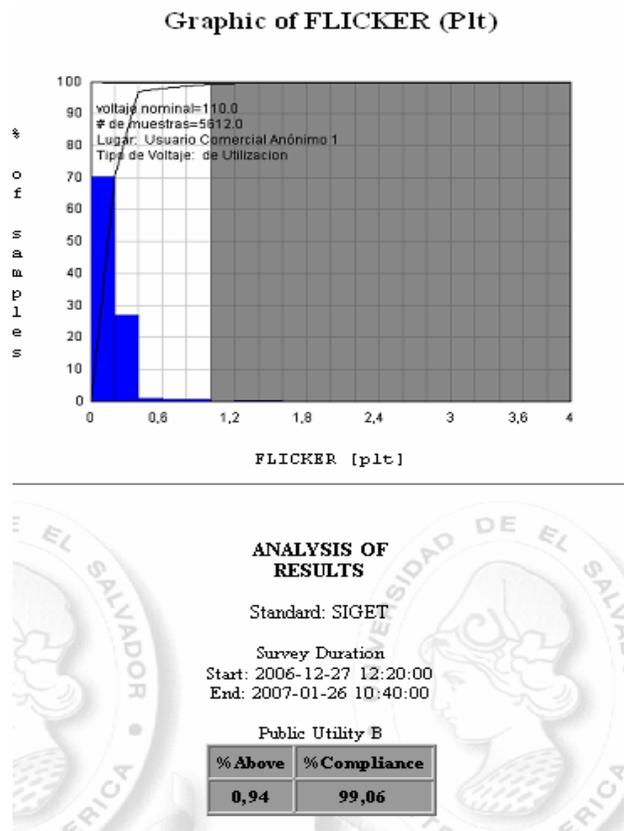


Figura 14
Grafico de PLT sitio UES obtenido con RPM

En el análisis en el sitio se obtuvo que el 99.06% de las muestras caen dentro del rango y esto puede ser visible en la figura.

El límite de la región no sombreada es en base a la norma EN50160, que dice que el valor del PLT tiene que ser menor 1, igual para PST de la SIGET. [3]

No se hace una comparación con los datos del RPM FLUKE porque al igual que para Pst. Están totalmente fuera del rango de aceptación bajo cualquier norma.

6. DESBALANCE DE VOLTAJE

6.1 DEFINICIÓN.

Es la desviación máxima de los voltajes de fase respecto al voltaje promedio de las tres fases.

Un sistema de potencia trifásico es balanceado o simétrico si los voltajes y corrientes trifásicos tienen la misma amplitud y son desplazadas por fase 120° entre si. Si cualquiera o las dos condiciones no se reúnen, el sistema se llama desbalanceado o asimétrico.

El desbalance de un sistema trifásico es menos dañino que una pérdida completa de fase, pero puede tener consecuencias similares. En las nuevas instalaciones de sistemas de potencia trifásicos, se presta cuidadosa atención en equilibrar las cargas en cada fase. Sin embargo, como se agregan cargas monofásicas éstos sistemas originalmente equilibrados, puede ocurrir desbalance.

El desbalance de voltaje en un sistema trifásico se expresa como un valor porcentual, y se define como la desviación máxima del promedio de los voltajes o corrientes trifásicos, dividido por el promedio de los voltajes o corrientes trifásicos. Este desequilibrio de voltaje se calcula de manera aproximada de la siguiente manera:

$$desbalance\ de\ voltaje = \frac{100 \times \text{Maxima_desviacion_del_voltaje\ promedio}}{\text{voltaje_promedio}} \quad (7)$$

Para cuantificar un desequilibrio de voltaje de un sistema trifásico, se usan las componentes simétricas. El sistema trifásico se descompone en tres sistemas llamados secuencia cero, secuencia positiva y secuencia negativa.

$$\% \text{Desbalance_de_Voltaje} = \frac{\text{Sec.}_- \text{Negativa}}{\text{Sec.}_- \text{positiva}} \times 100 \quad (8)$$

6.2 LIMITES DE DESBALANCE DE VOLTAJE.

Normas internacionales (EN-50160 o la serie IEC 1000-3-x [4] ,[5], [6]) dan límites para la relación de voltaje definida por un valor de menor a 2% para sistemas de nivel de baja y media tención; para niveles de alta tensión tiene que ser menores a 1%. Estos son medidos en intervalos de 10 minutos, con un máximo instantáneo de 4%. La razón por la cual los límites en alta tensión son más estrictos es por que se diseñan para ser utilizados a su capacidad máxima con una carga trifásica equilibrada. Cualquier desbalance causa funcionamiento ineficaz en los sistemas de transmisión. En el plano de sistemas de distribución (voltajes más bajos), el suministro de cargas monofásicas es uno de los propósitos importantes, por lo que los sistemas deben diseñarse para que las cargas conectadas sean más tolerante al desbalance.

6.3 ANALISIS DE RESULTADOS DE DESBALANCE DE VOLTAJE.

En el estudio anterior de calidad de energía, para calcular el desbalance de voltaje se utilizó una definición recomendada por la IEEE, que es una aproximación de la definición verdadera.

En esta ocasión se utilizará la definición que ya se mencionó en la base teórica. El análisis de desbalance se realiza obteniendo la desviación máxima del promedio del voltaje, dividido por el promedio de los voltajes.

Aquí se presentarán dos gráficas las cuales se utilizarán para comparar las diferencias existentes en estos datos. Las mediciones son realizadas en La Universidad De El Salvador. De igual manera que para el análisis del FLICKER las mediciones son tomadas con el medidor RPM FLUKE y el TOPAS 2000.

6.3.1 GRAFICOS DE DESBALANCE DE VOLTAJE OBTENIDOS CON LAS MEDICIONES DEL MEDIDOR RPM FLUKE.

El gráfico siguiente presenta el análisis del desbalance de voltaje presentando un gráfico de barras de % de muestras vrs % de desbalance.

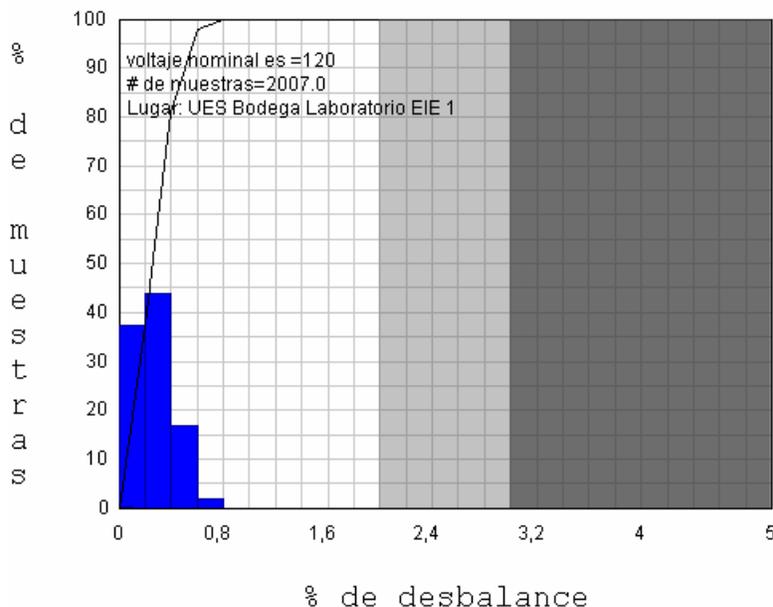


Figura 15
Desbalance medido con el RPM FLUKE

Aquí todos los valores están dentro de la zona de aceptación.

De aquí que la aproximación utilizada en la herramienta anterior era válida. Ya que esta fue definida con fines de estudio y se adoptó como la manera de medir el desbalance de voltaje en los estudios de calidad de energía.

6.3.2 GRAFICOS DE DESBALANCE DE VOLTAJE OBTENIDOS DE LOS DATOS DEL MEDIDOR TOPAS 2000.

El gráfico siguiente presenta el análisis del desbalance de voltaje presentando un gráfico de barras de % de muestras vrs % de desbalance.

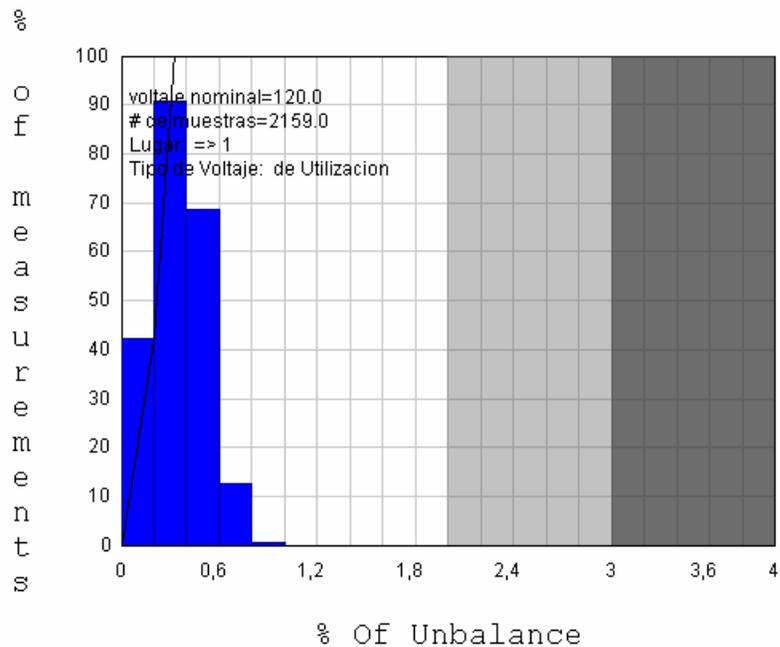


Figura 16
 Desbalance medido con el TOPAS 2000

Los límites mostrados en la gráfica se determinan con respecto a la norma ANSI C84.1. y la norma IEC. Estos valores son de 3% y 2% de desbalance respectivamente. En este gráfico se observa que todas las muestras caen en la región permisible.

Es de notar que estas normas poseen rangos muy amplios y de aquí que todas las muestras caen en la región aceptable.

Para obtener la información del desbalance de voltaje se hizo directamente del medidor, ya que el medidor calcula este desbalance y lo presenta en archivo de texto. El medidor utiliza el método de componentes simétricas para analizar el desbalance de voltaje.

Las mediciones realizadas son periódicas cada diez minutos, estas se cargan sin manipulación matemática a la base de datos de MySQL y de aquí son invocadas por la herramienta de análisis para ser presentadas. De aquí que estas mediciones son más confiables.

6.3.3 INTERCOMPARACIÓN DE DESBALANCE DE VOLTAJE.

El fin de esta intercomparación es poder determinar el error que se genera entre el calculo de desbalance realizado por el medidor y el calculo realizado matemáticamente. Es de recalcar que el medidor utiliza el análisis de componentes simétricas.

Esta intercomparación se realiza entres sitios diferentes en periodos aproximados de dos semanas.

El primer análisis se realizo para la medición realizada en la UES. El resultado se presenta en la grafica de la figura 17.

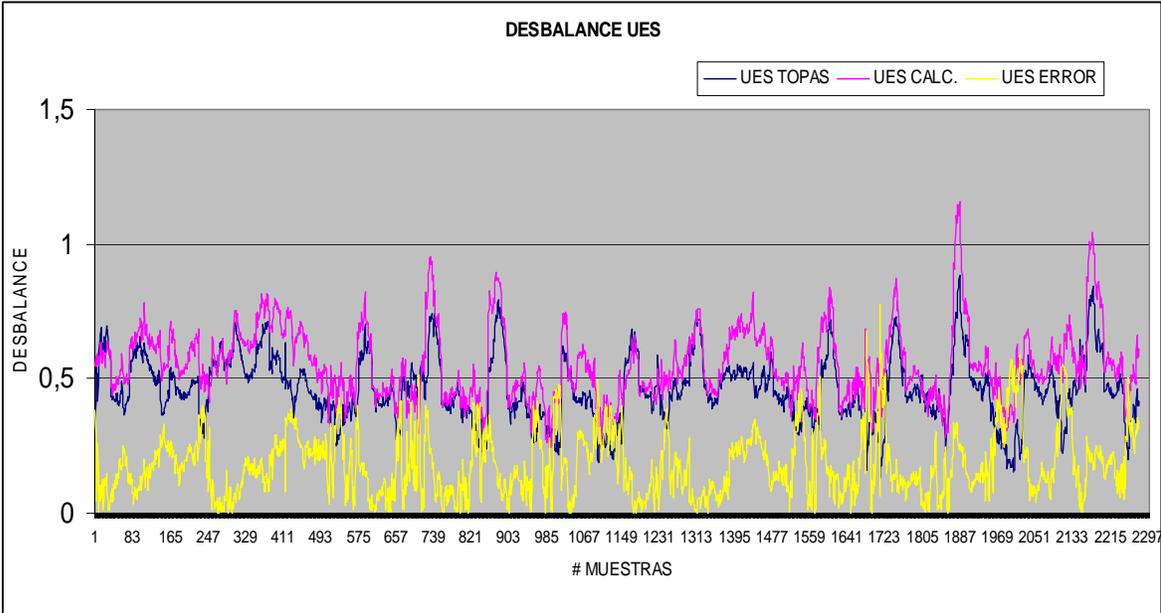


Figura 17
Desbalance de voltaje en UES

El segundo análisis se realizó para la medición realizada en la distribuidora 1. El resultado se presenta en la grafica de la figura 18.

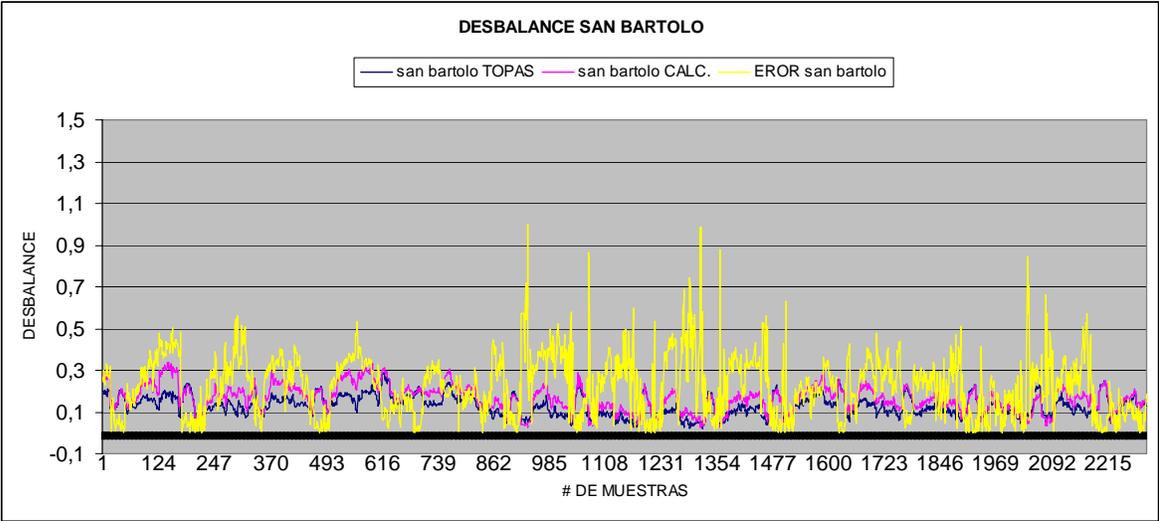


Figura 18
Desbalance De Voltaje En Distribuidor 1

El tercer análisis se realizo para la medición realizada en la distribuidora 2. El resultado se presenta en la grafica de la figura 19.

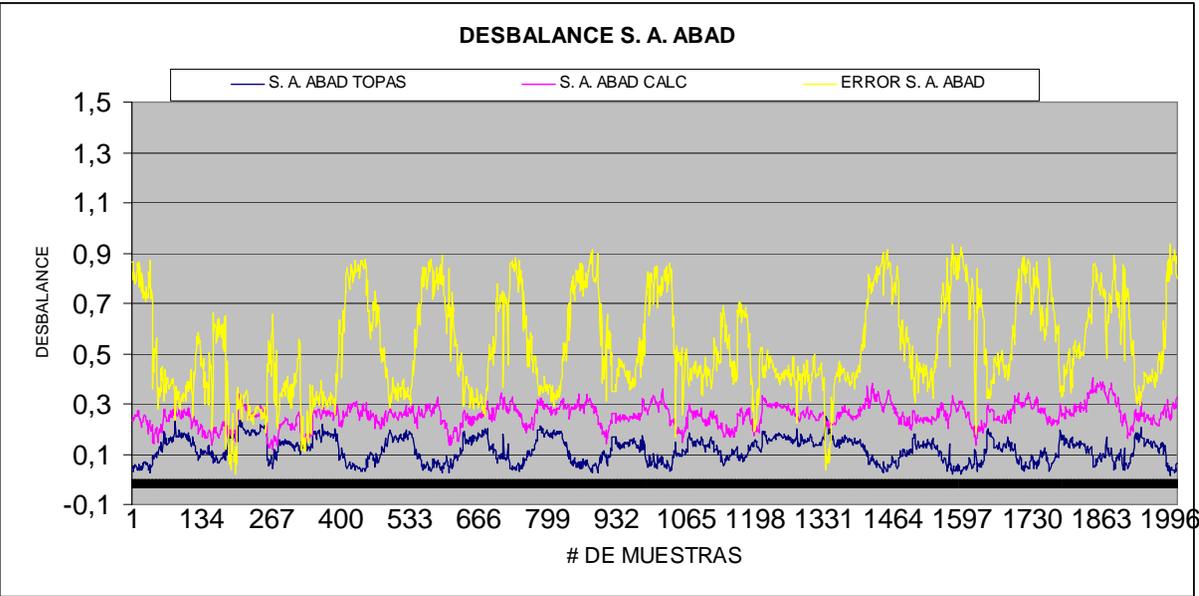


Figura 19
Desbalance De Voltaje En Distribuidor 2

La tendencia en las tres graficas muestra que el valor obtenido por medio de la definición del TOPAS es de un valor menor que el de la definición calculada. Sin embargo el error calculado es bastante alto.

El error se calculo de la siguiente manera.

$$error = \frac{Desbalance_Topas - Desbalance_calc.}{Desbalance_calc} \quad (9)$$

7. INDICE SARFI

7.1 DEFINICIÓN DE SARFI.

El índice SARFI proporciona un conteo de magnitudes y duraciones de todos los eventos fuera de algunas especificaciones. Por ejemplo, SARFI-70 proporcionarían un conteo de todos los voltajes SAGS con un voltaje retenido menor de 70% (sin tener en cuenta la duración

SARFI (System Average RMS Variation Frequency Index) Es un índice de calidad de energía que mantiene un conteo proporcional de sag, swells y/o interrupciones de un sistema de potencia. Presenta el número promedio de eventos (sag, swells, interrupción cortas) sobre un periodo de evaluación, normalmente un año, por consumidor. El valor de SARFI se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$SARFI = \frac{\sum_{N_t}^{n_s} N_I}{N_t} \quad (10)$$

Donde el n_s es el número de eventos, N_i es el número de clientes que experimentan un evento y N_t es el número de clientes servido de la sección a ser evaluada.

El tamaño del sistema es escalable. Puede definirse como una sola localización de monitoreo, un solo del cliente, un alimentador, una subestación, grupos de subestaciones, o para un sistema de potencia entero. Hay dos tipos de índices SARFI. el SARFI-X y la curva SARFI.

7.2 DEFINICIÓN DE SARFI-X.

SARFI-X corresponde a un conteo o razón de sag, swells y/o interrupciones de voltaje por debajo del límite de tolerancia de voltaje.

Por ejemplo, SARFI-90 considera los sag de voltaje e interrupciones que están debajo de 0.90 por unidad, o 90% del voltaje base del sistema. SARFI-70 consideran el voltaje sag e interrupciones que están debajo de 0.70 por unidad, o 70% de un voltaje base del sistema. Los índices SARFI-X se utiliza para evaluar variaciones de voltaje rms de corta duración y significan que sólo los eventos con duraciones menores a 60 segundos están incluido en su cálculo

7.3 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS SEGÚN SUS ÍNDICES.

Los sistemas se pueden definir en categorías dependiendo de los eventos que se registran en ellos, esto se realiza de la siguiente manera.

Categoría 1: los mejores sistemas, con poca exposición a las fallas.

$$\text{SARFI70} < 10$$

$$\text{SARFI90} < 30$$

Categoría 2: sistemas típicos (promedio)

$$10 < \text{SARFI70} < 30$$

$$30 < \text{SARFI90} < 100$$

Categoría 3: sistemas rurales o muy expuestos a las fallas

$$30 < \text{SARFI70}$$

$$100 < \text{SARFI90}$$

7.4 ANALISIS DE RESULTADOS DE MEDICIONES DE INDICES SARFI.

A continuación se prestan los índices SARFI que se obtuvieron en diferentes sitios en los cuales se realizaron las campañas. Estos datos fueron obtenidos por el medidor RPM FLUKE Y EI TOPAS 2000.

SARFI Sitio 1 RPM FLUKE.

SARFI ₉₀	SARFI ₇₀	SARFI ₅₀	SARFI ₁₀
171.0	94.0	27.0	12.0

SARFI Sitio 1 TOPAS 2000.

SARFI ₉₀	SARFI ₇₀	SARFI ₅₀	SARFI ₁₀
94.0	56.0	46.0	23.0

SARFI sub. - Estación 1 Topas 2000

SARFI ₉₀	SARFI ₇₀	SARFI ₅₀	SARFI ₁₀
152.0	15.0	12.0	5.0

SARFI sub. –Estación 2 Topas 2000

SARFI ₉₀	SARFI ₇₀	SARFI ₅₀	SARFI ₁₀
52.0	16.0	4.0	0.0

Al hacer una comparación de los índices SARFI en 4 sitios de medición, en al UES y en dos distribuidores. Se determina que:

- Existe una diferencia muy marcada de los valores SARFI-X, entre Distribuidoras-Usuarios especialmente y el mas importante SARFI₇₀
- Las fluctuaciones de voltaje son producidos en la red distribución de bajo voltaje.

8. TRANSITORIO DE VOLTAJE

8.1. DEFINICION DE TRANSITORIO DE VOLTAJE.

Un transitorio se define como: "una perturbación subcíclica en la forma de onda de corriente alterna, que es evidenciada por una discontinuidad breve de la forma de onda, y puede ser aditivo o substractivo respecto a la forma de onda nominal". Otra palabra sinónimo de transitorio en la literatura técnica es *surge*. La norma fundamental para esta categoría de fenómenos electromagnéticos es la IEEE C62.41 [14].

Transitorios (sobre voltaje o surges): son incrementos del valor nominal del voltaje con periodo menores a 0.5 ciclos.

Transitorios (bajo voltaje o notches): son decrementos del valor nominal del voltaje con periodo menores a 0.5 ciclos.

8.2. FUENTES Y CAUSAS GENERADORAS DE TRANSITORIOS.

Los apagones, caídas de tensión y disturbios en las líneas de transmisión pueden definitivamente deshabilitar a cualquier negocio, institución etc. sin importar si es grande o pequeño, pero los costos que estos eventos eléctricos puede ocasionar son perdidas millonarias que comprenden desde perdidas de datos, tiempos improductivos y hasta reparaciones especializadas a equipos sofisticados como por ejemplo telecomunicaciones, transmisión de datos, medicas entre otras.

Los transitorios se dan por 2 razones más significativas, la primera es por descargas atmosféricas (rayos) y la segunda por fenómenos de conmutación (arco voltaico), habrán notado en la oscuridad cuando se conmutan un interruptor de luz, o cuando conmutan una varilla de soldar se produce un arco voltaico.

Transitorios periódicos (notching de voltaje) estos ocurren durante cada ciclo de conmutación en conductores de potencia eléctrica. El notch de voltaje es causado por un cortocircuito fase a fase de límite momentáneo con un rápido cambio en el voltaje con duración en el rango de los 100 microsegundos.

Perturbaciones de conmutación del sistema de potencia, los sobre voltajes transitorios de conmutación por bancos de condensadores, la conmutación en los diferentes niveles de capacitores para la corrección del factor de potencia, al menos en el caso de conmutación de re-disparo generalmente es menos que el doble del voltaje normal aunque los niveles pueden ser de 1.5 veces el voltaje nominal (es decir el valor absoluto puede ser 2.5 el el valor pico normal) estos transitorios pueden ocurrir diariamente y sus formas de onda generalmente muestran duraciones de tiempo mayores tal como varios cientos de micro segundos.

Razones de este tipo son llamadas internas y representan aproximadamente el 80% de generación de este evento, decimos que la conmutación de cargas provocan estos transitorios, veamos entonces lo siguiente:

- Cargas inductivas(Motores Eléctricos) 7kV
- Cargas capacitivas (Bancos de capacitores) 7.5 KV
- Cargas resistivas (Hornos) 12 KV
- Cargas no Lineales (SCR's) 1 Kv

Las características climáticas y montañosas de cada país determinan el numero y la intensidad de las tormentas que se producen (nivel isoceraunico), riesgo que varia dentro de un mismo país.

El nivel de isoceraunico en cierta región esta definido por el número de rayos que inciden en dicha región. Si en un cierto lugar incide más de un rayo en un día este se contabiliza como uno solo.

El conocimiento de las zonas de riesgo es una información importante para determinar eficazmente el tipo de protección contra el rayo mas adecuado, a continuación podemos ver el mapa de los niveles isoceraunicos de El Salvador.

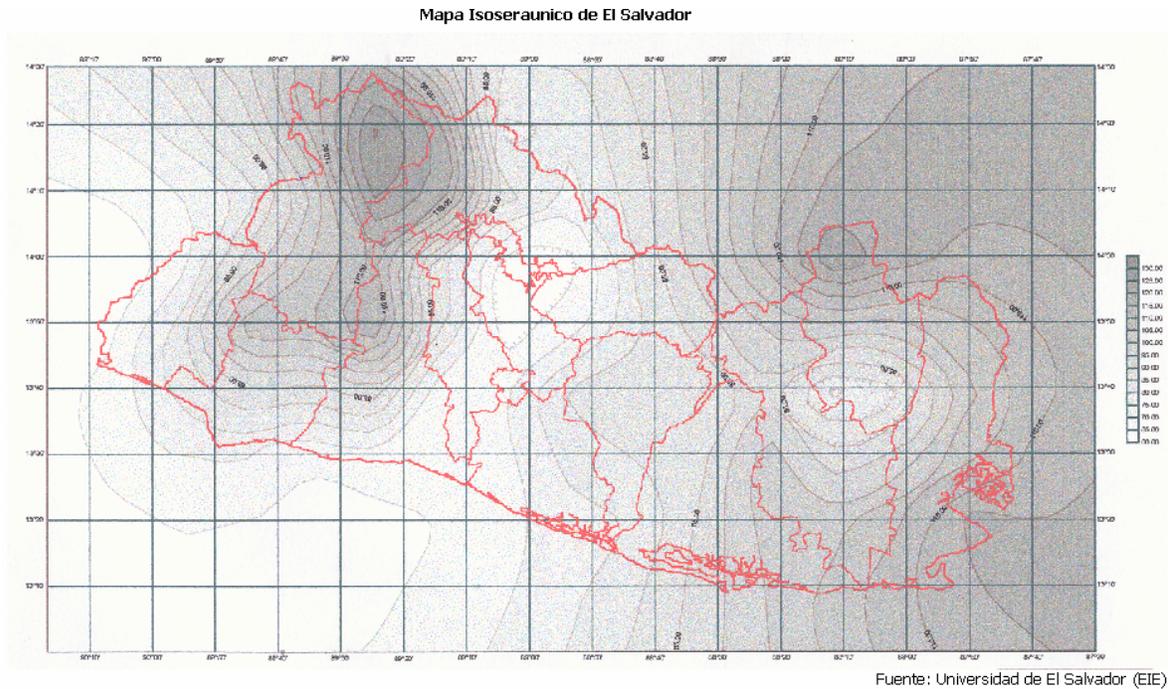


Figura 20
Mapa de niveles isoceraunicos

Los efectos de un rayo pueden ser ocasionados por un impacto directo o por causas indirectas. También pueden alcanzar las instalaciones interiores de fábricas, hogares, comercios industrias y otras, a través de las líneas de conexión del suministro de energía eléctrica, por líneas de conexión telefónica, televisión por cable y también a través de la estructura metálica de los edificios, por contacto directo o por inducción.

El contacto directo puede tener consecuencias catastróficas para las personas, edificaciones y animales, los daños por causas indirectas suelen ser más numerosas, acompañados de cuantiosas pérdidas económicas. Se entiende como causas indirectas la caída de rayos en las inmediaciones o sobre tendidos aéreos o las inducciones electromagnéticas en estos conductores.

No existe método alguno para evitar la formación de descargas atmosféricas, el propósito entonces es tratar de protegerse contra ellas, controlando el paso de la corriente de las descargas eléctricas y así prevenir lesiones a las personas y daños a la propiedad.

Para ello debemos proteger los servicios de entrada contra los efectos de sobre tensiones, causados contra dichos fenómenos transitorios mediante la instalación de "Supresores de Transitorios" TVSS: (Transient Voltaje Surge Supresor) con capacidad adecuada para las magnitudes de energía involucradas en el fenómeno de la descarga eléctrica incidente, también la instalación de pararrayos debidamente seleccionados.

8.3. NORMA RELACIONADA CON LOS TRANSITORIOS.

C62.41 [14] "IEEE Guide on the surge Environment In low-voltage (1000 v and less) AC power circuits". Proveer información sobre transitorios de voltaje en aquellos niveles de sistemas de potencia AC de bajo voltaje, con esta información los diseñadores de equipos y los usuarios pueden evaluar los ambientes electromagnéticos para determinar las necesidades de dispositivos de protección contra transitorios. La norma caracteriza aquellos sistemas de distribución eléctrica dentro de los cuales existen transitorios, basado sobre datos en sistemas de distribución de potencia para lugares residenciales, comerciales e industriales monofásico y trifásico. No existen modelos específicos que sean representativos de todas las condiciones en los cuales puede haber transitorios. La necesidad del mundo real necesita ser simplificada para poder producir un conjunto manejable de pruebas de transitorios, estándar para este fin es presentado un esquema de clasificación de transitorios para aquellos transitorios con suficiente amplitud, duración o su razón de cambio pueden causar daño a los equipos o anomalías de funcionamiento.

Relaciones simplificadas entre voltaje, duración, razón de cambio y sus efectos sobre los equipos

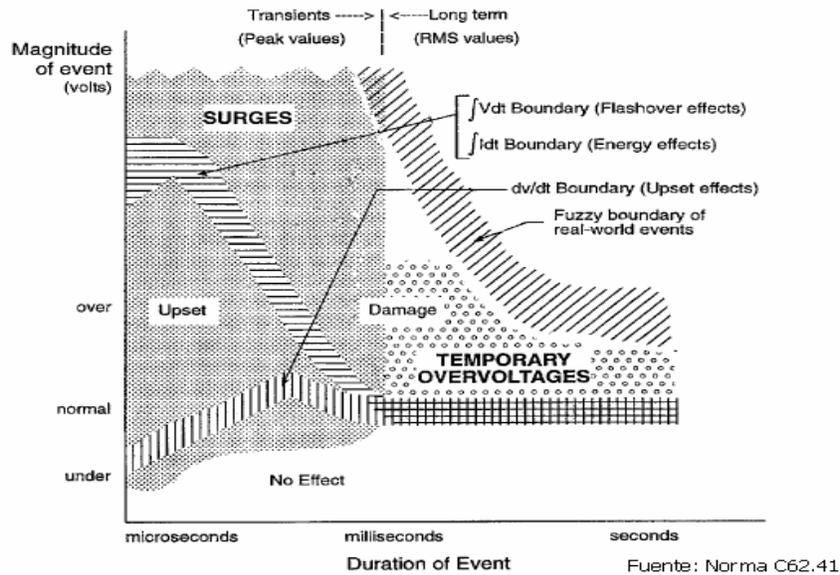


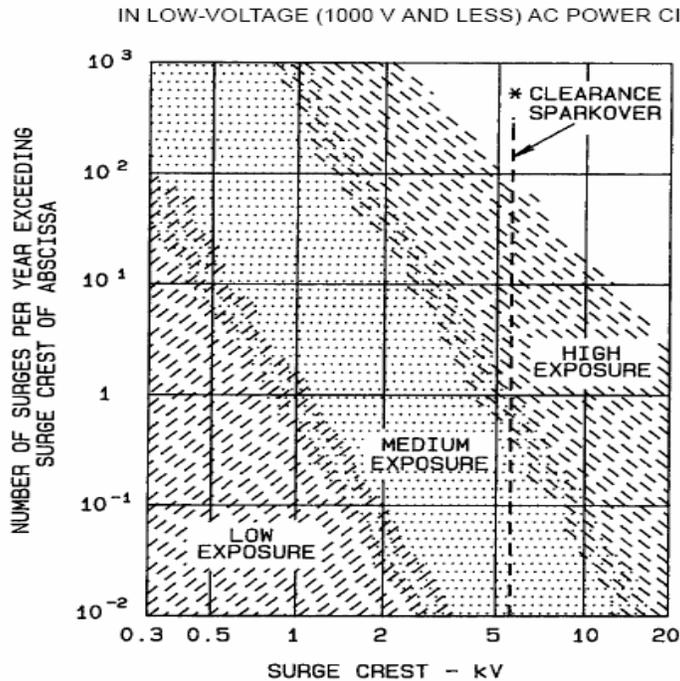
Figura 21

Razón de ocurrencia contra nivel de voltaje.

Los datos recogidos de muchas fuentes han llevado al diagrama siguiente para caracterizar el lugar en estudio. Razón de ocurrencia de los transitorios versus el nivel de voltaje en sitios de protección

A continuación se presenta la gráfica en la que podemos clasificar a un lugar dependiendo del número de transitorios que se den en el lugar de estudio y se clasifica en tres niveles de exposición.

1. Exposición Baja.
2. Exposición Media.
3. Exposición Alta.



NOTES

1—In some locations, sparkover of clearances can limit overvoltages (dashed line at 6 kV).

2—This figure shows peak voltage as a measure of surge severity.

3—Other possible measures include peak current, rise time, and energy transfer.

FUENTE: IEEE
Std C62.41.1-2002

Figura 22

8.4. RESULTADOS DE MEDICIONES DE TRANSITORIOS.

Las mediciones en los años 2005 y 2006 fueron realizadas en el tablero principal de la Escuela de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de El Salvador, con la campaña de medición obtenida en el trabajo de graduación llamado "Estudio preliminar de calidad de la electricidad en sistemas de distribución en El Salvador" [1] y con el medidor RPM Fluke, se observó un transitorio muy significativo para el lugar de estudio que se muestra a continuación.

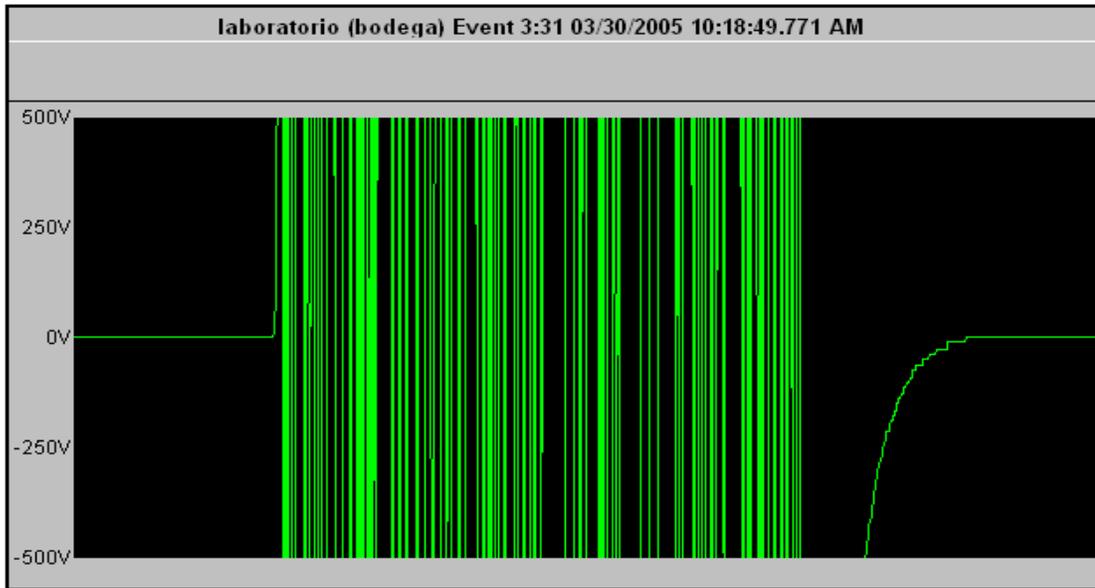


Figura 23
UES 2006 Nivel pico de voltaje aproximadamente 5000 V.

Transitorio observado durante la actuación de un fusible, el nivel pico fue aproximadamente los 5000 voltios, de acuerdo a la norma con este único transitorio el lugar es caracterizado a una exposición alta.

A principios del 2006 la Escuela de Ingeniería Eléctrica se dieron algunos cambios de mejoramiento en las instalaciones en la cual se incluyó un supresor de voltajes transitorios.



Figura 24
Supresor de transitorios tablero principal UES
Escuela de Ingeniería Eléctrica

La gráfica muestra el evento ocurrido el 3-10-2006 a las 18:28:17 funcionando el sistema de protección de sobre voltajes que no permitió un valor mayor que el doble del voltaje nominal obtenida con el TOPAS 2000.

- Ventana de selección de Transitorio.
- Ventana de caída de voltaje durante el Transitorio.
- Ventana de la señal de voltaje trifásica durante el Transitorio.

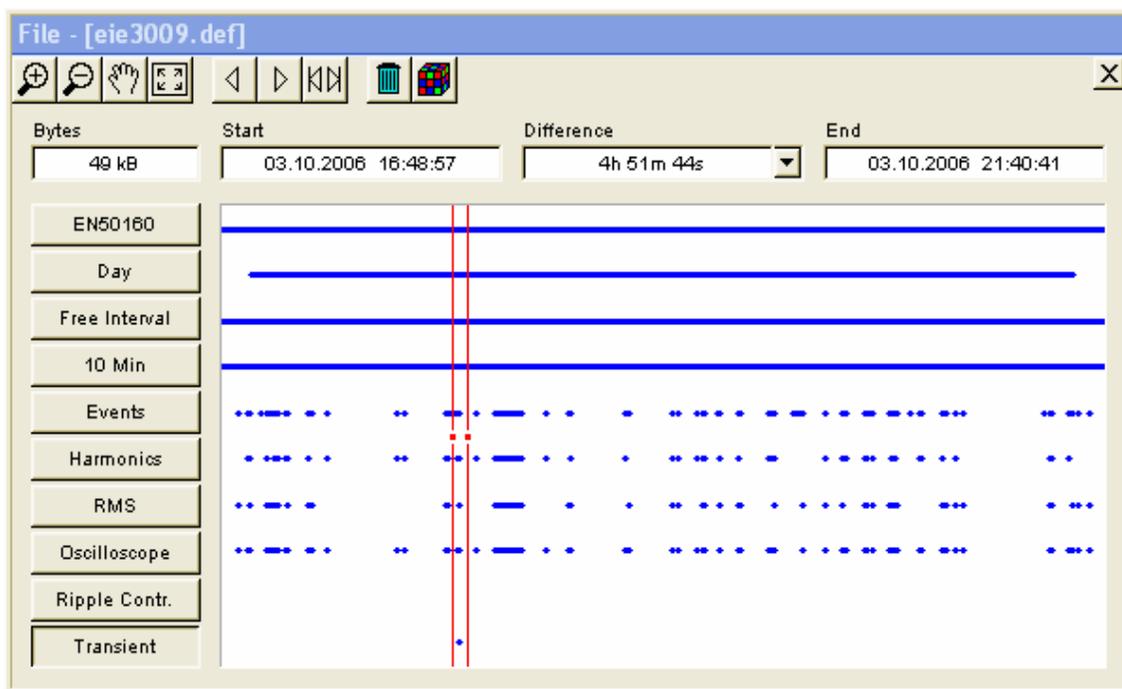


Figura 25
Ventana de selección de Transitorio Topas 2000

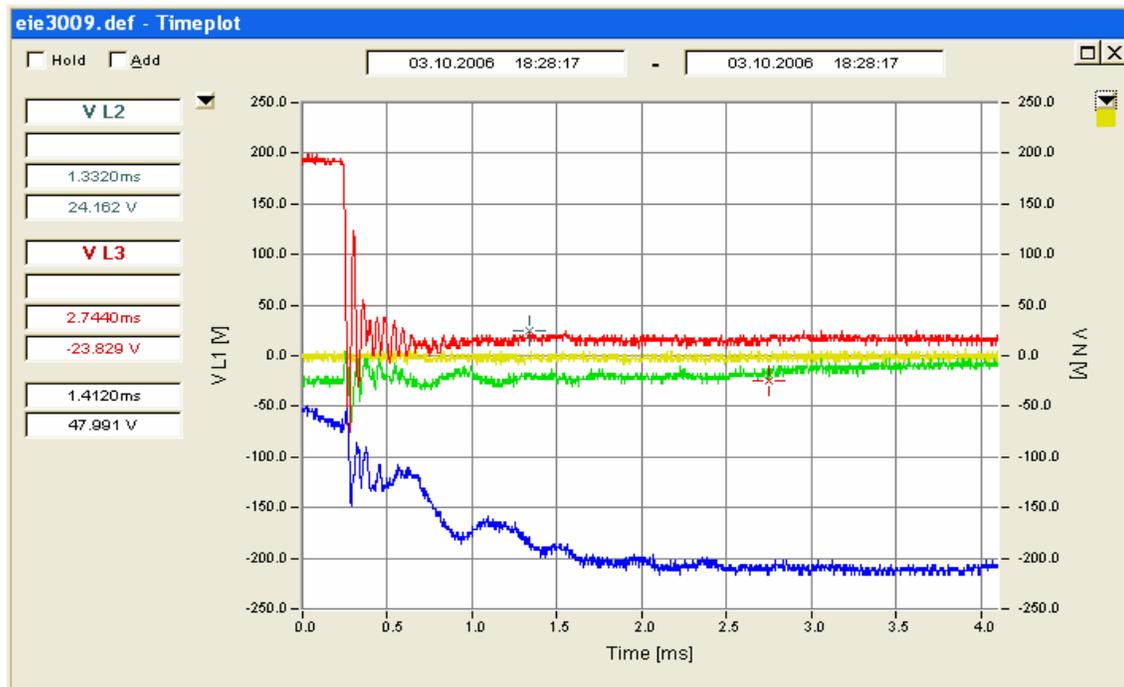


Figura 26
Ventana de caída de voltaje durante el Transitorio Topas 2000

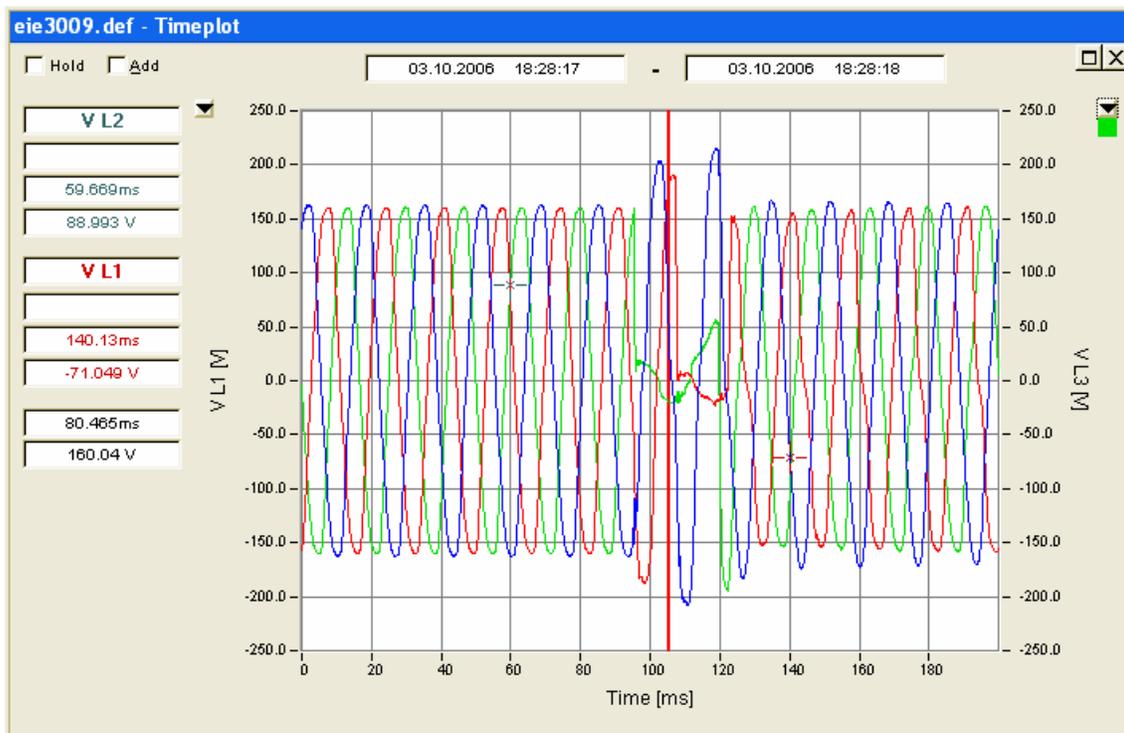


Figura 27
Ventana de la señal de voltaje trifásica durante el Transitorio Topas 2000

La gráfica muestra el evento ocurrido el 8-11-2006 a las 16:28:17 funcionando el sistema de protección de sobre voltajes que no permitió un voltaje mayor que el doble del voltaje nominal, pero se puede ver que fue un transitorio mas severo que el anterior por el tiempo de duración como se observa en el medidor TOPAS 2000.

- Ventana de selección de Transitorio.
- Ventana de caída de voltaje durante el Transitorio.
- Ventana de la señal de voltaje trifásica durante el Transitorio.

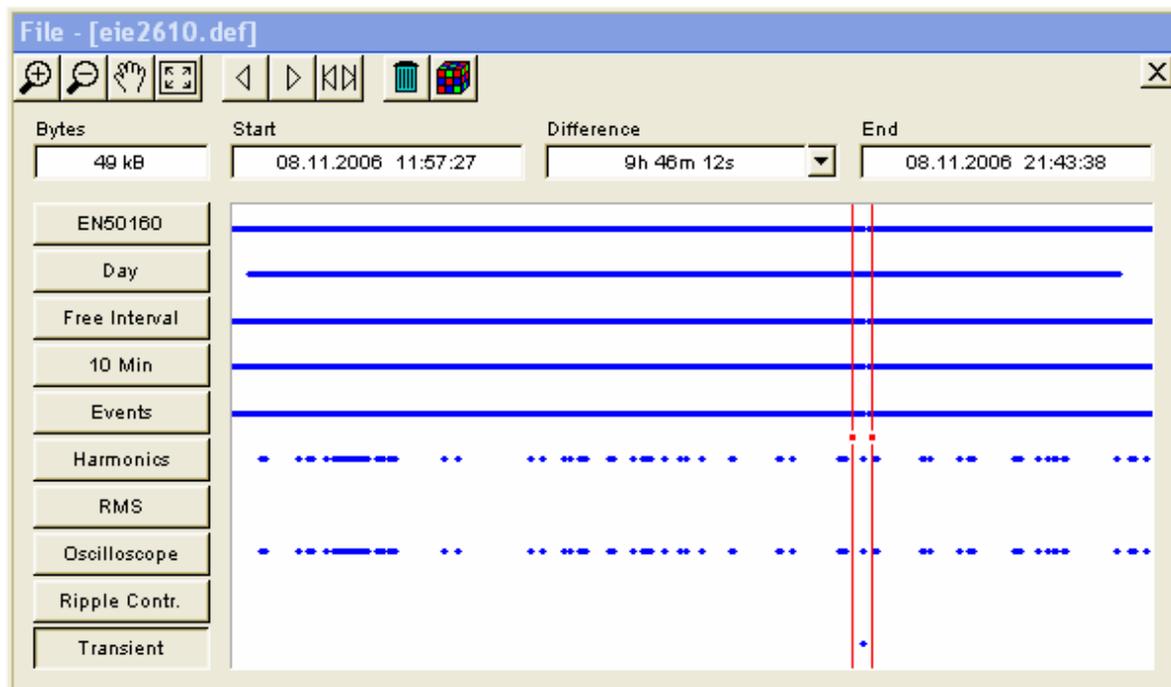


Figura 28
Ventana de selección de Transitorio Topas 2000

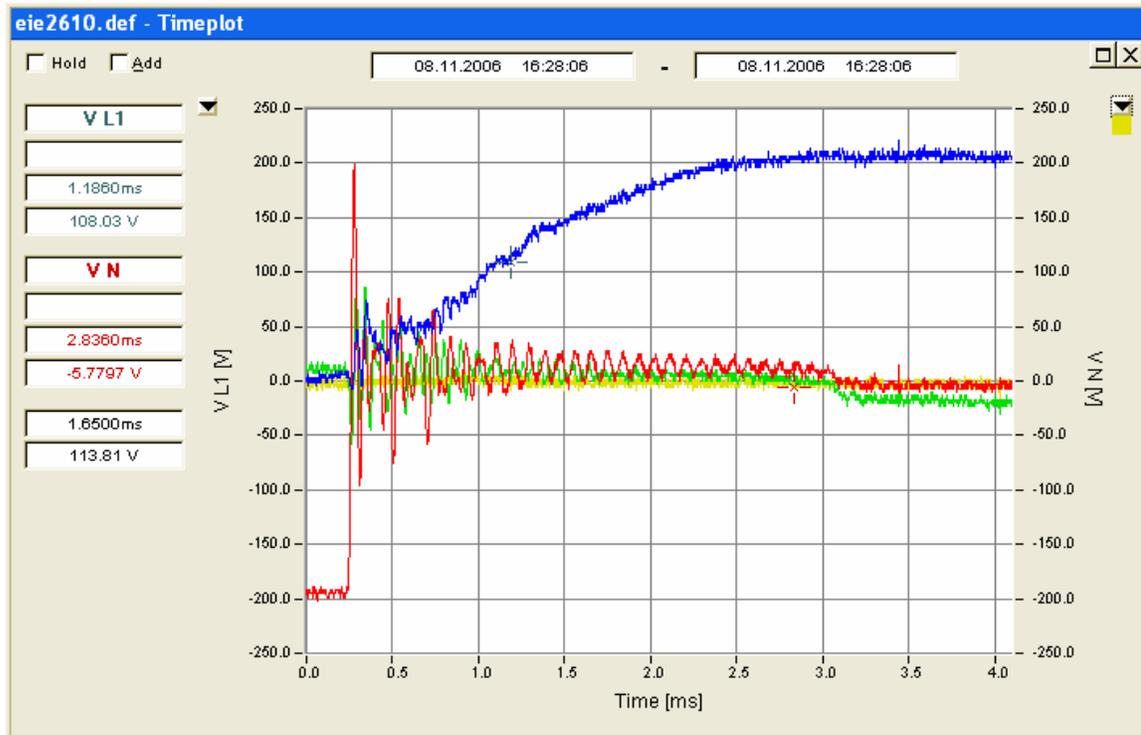


Figura 29
Ventana de caída de voltaje durante el Transitorio Topas 2000

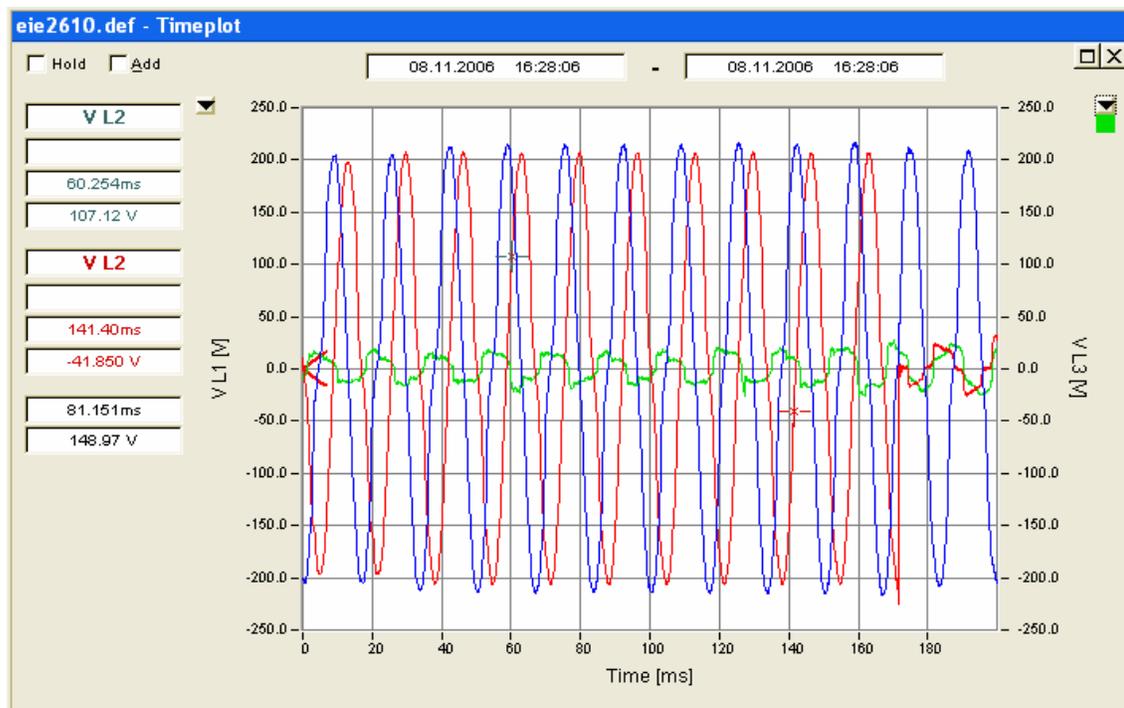


Figura 30
Ventana de la señal de voltaje trifásica durante el Transitorio Topas 2000

- El sitio 1 a pasado a un nivel de exposición “baja” debido al sistema de protección adquirido, según la norma C62.41 IEEE [14]. advirtiéndolo con esto que no está exento de sobre voltajes y que sin un sistema de protección adecuado estaría siempre expuesto a transitorios de grandes magnitudes y por lo tanto su categoría seguiría siendo “alta”.

9. CONCLUSIONES

- Logramos analizar los datos producidos de Flicker para diferentes medidores, utilizados en las campañas de medición de calidad de energía encontrando incompatibilidad en sus valores, además que el analizador de energía TOPAS 2000 mide valores coherentes en comparación con la norma IEC 868 (Pst=1). No así el RPM Fluke, esto debido a las definiciones que cada uno tiene implementado.
- De las campañas de medición realizadas podemos concluir que en el lado de baja tensión (usuarios) el nivel de exposición a Sags es muy elevado comparado con el de las subestaciones de los distribuidores
- Con las diferentes campañas de medición realizadas en el sitio 1, se ha logrado determinar el nivel al que está expuesto. De acuerdo a la Norma C62.41 IEEE Guide on the surge Environment In low-voltage (1000 v and less) AC power circuits" [14], pasando de un nivel alto a un nivel medio debido a un sistema de protección instalado en el lugar de estudio.
- El presente estudio permitió aplicación de teoría analizada y conocimientos previos obtenidos en estudios anteriores que nos ayudaron a conocer las realidades en la red de distribución de energía en el país.
- La orientación oportuna por el asesor del presente estudio fue fundamental en el desarrollo del mismo.
- El estudio realizado permitirá continuar investigaciones que a su vez permitirán una mejor evaluación de la calidad de energía en nuestro país

10. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- [1].Portillo Ferrufino, Sánchez Rosales. Estudio preliminar de calidad de la electricidad en sistemas de distribución en El Salvador, Tesis de Escuela de Ingeniería Eléctrica, FIA, UES.
- [2]. Manual de Referencia TOPAS 2000. Liebermannstrasse F01, CAMPUS 21, A-2345 Brunn am Gebirge, Austria.
- [3]. SIGET Norma de calidad de servicio de los sistemas de distribución, Acuerdo 192-E-2004
- [4] IEC 61000-3-3: Electromagnetic Compatibility(EMC). Part 3: Limits- Section 3: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current ≤ 16 A. Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, 1994.
- [5] IEC 61000-3-5: Electromagnetic Compatibility(EMC). Part 3: Limits- Section 5: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current greater than 16 A . Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, 1995.
- [6] IEC 61000-3-7: Electromagnetic Compatibility(EMC). Part 3: Limits- Section 7: Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems. Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, 1996.
- [7]. IEEE Recommended Practice on monitoring Electrical Power Quality. IEEE 1453 The Institute of Electrical And Electronics Engineers Inc., New York

[8] CENELEC European Standard EN50160, 1994. Voltage Characteristic of Electricity supplied by public distribution systems, CENELEC, Brussels, Belgium, 1994.

[9] IEC 61000-4-15: Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 4: Testing and measurement techniques- Section 15. Flicker meter. Functional and design specifications. Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, 1997/11.

[10] IEC publication 868 - flicker meter, functional and design specifications-1986

[11]. International Electrotechnical Commission. Flicker meter. Evaluation of flicker severity. Norma IEC80868-0. Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale. Amendment 0, 1990

[12] IEC publication 555-3 Disturbances in supply systems caused by household appliances and similar electrical equipment Part 3 Voltage fluctuations 1982.

[13] EPRI-PEAC Report on Flicker Meter Tests, July 1999, CCU2 document 0202

[14]. 62.41 "IEEE Guide on the surge Environment In low-voltage (1000 v and less) AC power circuits".