



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN  
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA**

**Tesis Monográfica para optar al Título de  
Ingeniero Electrónico**

**Título**

**“ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELECTRICA EN LA AGENCIA DE VIAJE AEROMUNDO PARA DETERMINAR LA AFECTACIÓN QUE TIENE SOBRE EL SISTEMA, EQUIPOS FINALES Y VERIFICAR QUE CUMPLA CON LA NORMA PROVISIONAL DE "PERTURBACIONES PERMISIBLES”.**

**Autores:**

➤ Br. Reynaldo José Arias Méndez

**Tutor:**

MSc.Ing. Ernesto José Lira Rocha

**Managua, Julio 2016**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I. Introducción .....	0
II. Problemática actual.....	2
III. Objetivos del Estudio.....	3
1. Objetivo General .....	3
2. Objetivo Especifico .....	3
IV. Justificación .....	4
V. Marco Teórico .....	5
1) Calidad de la energía .....	5
2) Características de las ondas de tensión y corriente.....	6
3) Fenómenos electromagnéticos .....	6
3.1 Perturbaciones de tensión según la IEEE 1159 .....	7
3.2 Estándares Internacionales .....	7
4) Características típicas de los fenómenos electromagnéticos .....	8
4.1 Transitorio impulsivo.....	8
4.2 Transitorios oscilatorios .....	8
4.3 Variaciones de tensión de corta duración.....	10
4.4 Variaciones de tensión de larga duración .....	12
4.5 Desequilibrio de tensiones.....	14
4.6 Distorsión de la forma de onda .....	16
4.7 Fluctuaciones de tensión.....	19
4.8 Variaciones de frecuencia en el sistema de potencia .....	20
VI. Hipótesis y Variable .....	21
VII. Metodología de Trabajo .....	22
1. Análisis previo .....	22
2. Inspección visual y recopilar datos.....	22
3. Medición de Parámetros Eléctricos .....	22
4. Analizar los datos .....	23
5. Elaborar el informe final del estudio.....	23
6. Aplicación de medidas correctivas .....	23
VIII. Resultados del estudio de la calidad de la energía .....	24
1. Metodología para Monitoreo .....	24

2. Diagrama Unifilar eléctrico de la instalación .....	25
3. Panel eléctrico principal de 42 espacios .....	26
4. Sistema de puesta a tierra.....	26
5. Distribución del consumo energético .....	27
6. Resultados de las ondas de tensión y corriente y fenómenos electromagnéticos en la instalación eléctrica .....	28
6.1 Voltaje Máximo de Línea a Línea .....	28
6.2 Voltaje Mínimo de Línea a Línea .....	29
6.3 Formas de Onda Voltaje y Corriente .....	29
6.4 Eventos Transitorios de Voltaje .....	30
6.5 Espectro Armónico en la Señal de Voltaje (THDv) .....	30
6.6 Espectro Armónico en la Señal de Corriente (THDi) .....	31
6.7 Distorsión Armónica en Voltaje (THDv) .....	32
6.8 Distorsión Armónica en Corriente (THDi).....	32
6.9 Distorsión Armónica en Voltaje (Componente Individual) (THDv) .....	33
6.10 Distorsión Armónica en Corriente (Componente Individual) (THDi).....	33
6.11 Corriente Máxima de Línea .....	34
IX. Conclusiones y Recomendaciones .....	35
1. Conclusiones.....	35
2. Recomendaciones .....	36
X. Bibliografía .....	37
XI. Anexos .....	38

## **I. Introducción**

El presente estudio de la calidad de la energía se realizará en la agencia de viajes Aeromundo con la finalidad de conocer el comportamiento actual del sistema eléctrico y recomendar soluciones a los problemas de calidad de energía.

La calidad de la energía eléctrica puede definirse como una ausencia de interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico.

Asimismo se ha determinado que uno de los problemas más comunes que ocasiona el desperdicio de energía eléctrica en las empresas es la calidad de esta, pues influye en la eficiencia de los equipos eléctricos que la usan.

Actualmente, la calidad de la energía es el resultado de una atención continua en años recientes esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas de distribución, las cuales por sí solas, resultan ser una causa de la degradación en la calidad de la energía eléctrica.

Otro término empleado sobre “calidad de energía eléctrica” es para describir la variación de la tensión, corriente y frecuencia en el sistema eléctrico.

Históricamente, la mayoría de los equipos son capaces de operar satisfactoriamente con variaciones relativamente amplias de estos tres parámetros.

Sin embargo, en los últimos años se han agregado al sistema eléctrico un elevado número de equipos no tolerantes a estas variaciones, incluyendo a los controlados electrónicamente.

Las perturbaciones en la calidad del suministro definidas por el estándar del IEEE han sido organizadas en siete categorías, según la forma de la onda:

- 
- Transitorios
  - Interrupciones
  - Bajada de tensión / subtensión
  - Aumento de tensión / sobretensión
  - Distorsión de la forma de onda
  - Fluctuaciones de tensión
  - Variaciones de frecuencia

Los estudios de calidad de la energía eléctrica nos permiten detectar las desviaciones que se presenten para poder así establecer medidas correctivas.

El objetivo principal de este trabajo es evaluar los problemas de calidad eléctrica: transitorios, armónicas, regulación de voltaje, consumo, factor de potencia, balaceo de fases, revisión del sistema de tierras y fluctuaciones dinámicas de voltaje, de la instalación eléctrica en la agencia Aeromundo, al mismo tiempo, poder determinar la afectación que tiene sobre el sistema y equipos finales y verificar que cumplan con la norma provisional "perturbaciones permisibles en la forma de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica.

Por tanto se pretende analizar el consumo eléctrico de la agencia y dar soluciones que permitan el ahorro mediante medidas correctivas, persiguiendo con ello:

- Un menor costo en el consumo de energía eléctrica.
  - Tiempo improductivo
  - Pérdida de ingresos por interrupción del servicio
  - Paros inesperados en el área de producción
  - Penalizaciones y multas por parte de distribuidora
  - Equipos que operan de manera irregular
-

---

## II. Problemática actual

Actualmente las instalaciones eléctricas de la agencia de viajes Aeromundo dispara las protecciones (Breaker) de algunos circuitos de derivación, la consecuencia más notable de esto es que al estar desbalanceadas las cargas esto provoca exagerado consumo energético y por lo tanto consumo monetario, sin contar apagado de los equipos de climatización.

Podemos decir que existe un problema de calidad de la energía eléctrica cuando ocurre cualquier desviación de la tensión, la corriente o la frecuencia que provoque la mala operación de los equipos de uso final y deteriore la economía o el bienestar de los usuarios; asimismo cuando ocurre alguna interrupción del flujo de energía eléctrica

Los efectos asociados a problemas de calidad de la energía son:

- Incremento en las pérdidas de energía.
- Daños a la producción, a la economía y la competitividad empresarial
- Incremento del costo, deterioro de la confiabilidad, de la disponibilidad y del confort.

Además la agencia también ha agregado nuevas cargas al sistema eléctrico lo que ha ocasionado un desbalance considerablemente en el sistema trifásico, ya que una de la línea tenía más corriente que las otras dos líneas, y esto ocasiona calentamiento en las líneas de suministro.

---

---

### **III. Objetivos del Estudio**

#### **1. Objetivo General**

- Realizar un estudio de la calidad de energía eléctrica en la agencia Aeromundo para determinar la afectación que tiene sobre el sistema y equipos finales y verificar que cumplan con la norma provisional de perturbaciones permisibles.

#### **2. Objetivo Especifico**

- Realizar mediciones sobre los parámetros eléctricos , Transitorios Interrupciones, Bajada de tensión (subtensión), aumento de tensión (sobretensión), Distorsión de la forma de onda, Fluctuaciones de tensión, Variaciones de frecuencia
  - Evaluar las mediciones realizadas sobre calidad de la energía para el desarrollo del estudio e incluir resultado de las mediciones efectuadas donde se presentarán tablas y gráficos
  - Contribuir al análisis de calidad de la energía eléctrica enfocado a cumplir con las normas eléctricas nacionales e internacionales.
- .

---

## IV. Justificación

Actualmente, el estudio de la calidad de la energía eléctrica ha adquirido mucha importancia y tal vez la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad y competitividad de las empresas. Asimismo porque existe una interrelación entre calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad.

Para aumentar la competitividad las empresas requieren optimizar su proceso productivo mediante:

- Uso de equipos de alta eficiencia como motores eléctricos, bombas, etc.
- Automatizar sus procesos mediante dispositivos electrónicos y de computación (microcontroladores, computadores, PLC, etc.).
- Reducir los costos vinculados con la continuidad del servicio y la calidad de la energía.
- Reducir las pérdidas de energía.
- Evitar los costos por sobredimensionamiento.
- Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos.

Los equipos electrónicos son una fuente de perturbaciones para la calidad de la energía eléctrica pues distorsionan las ondas de tensión y corriente. Por otro lado los equipos de control y automatización son muy sensibles a distorsión de la onda de tensión por lo que una variación en la calidad de la energía eléctrica puede ocasionar fallas que paralicen la producción ocasionando tiempo perdido y costos de producción inesperados.

Entonces hay que convivir con el problema y encontrarle soluciones cada vez más óptimas, para lo cual el estudio de los fenómenos de la calidad de la energía es indispensable.

Es importante destacar que esta experiencia impactara positivamente tanto en los estudiantes como en los docentes que desearan conocer y profundizar en el estudio de la calidad de la energía eléctrica.

---



---

## **V. Marco Teórico**

El objetivo principal que se busca al Analizar la Calidad y Eficiencia energética en edificios, por medio de mediciones eléctricas y simulaciones de consumos energéticos, es para poder brindar alternativas más eficientes, económicamente viables y mucho más confiables.

### **1) Calidad de la energía**

La calidad de energía se define como la variación permitida de tensión, corriente y frecuencia en el sistema eléctrico.

Ventajas de una buena calidad de energía:

- Mayor confiabilidad
- Aumenta eficiencia y vida útil
- Disminución de riesgos de multas

### **Eficiencia Energética**

La eficiencia energética se puede definir como la reducción en el consumo de energía eléctrica, sin sacrificar nuestro confort, calidad de vida y protegiendo el medio ambiente, por medio de equipos de mejor calidad y tecnología.

### **Ahorro Energético**

El término eficiencia energética y ahorro energético están íntimamente relacionados ya que los dos buscan la reducción del consumo de energía eléctrica, no obstante el ahorro está más encaminado a la toma de medidas, en cuanto a hacer conciencia a las personas de la utilización correcta de los equipos y también a utilizar metodologías de ahorro que no involucren cambiar completamente los sistemas.

---

---

A continuación se presentan algunos elementos importantes a tomarse en cuenta en el estudio de la calidad de la energía.

## **2) Características de las ondas de tensión y corriente**

Las ondas de tensión y corriente están definidas por las siguientes características principales:

- Número de Fases. La fase indica la situación instantánea en el ciclo, de una magnitud que varía cíclicamente.
- Amplitud de la onda: la amplitud de una onda es el valor máximo, tanto positivo como negativo, que puede llegar a adquirir la onda senoide.
- Frecuencia de la onda: La frecuencia ( $f$ ) del movimiento ondulatorio se define como el número de oscilaciones completas o ciclos por segundo ( $f=1/T$ ).
- Forma de la onda.

## **3) Fenómenos electromagnéticos**

Si tan sólo ayer se prestaba atención a un grupo relativamente limitado de fenómenos, hoy es necesario tomar en consideración un conjunto más amplio de indicadores de calidad, debido a sus efectos sobre el confort, la confiabilidad, el costo, el consumo, la demanda y el diseño de los sistemas de suministro eléctrico.

Paradójicamente, hay más problemas y son escasas o no existen personas preparadas o dedicadas a enfrentarlos. Según la Norma IEEE Estándar 1159 de 1995 los fenómenos electromagnéticos pueden ser de tres tipos:

- Variaciones en el valor RMS de la tensión o la corriente.
  - Perturbaciones de carácter transitorio.
  - Deformaciones en la forma de onda.
-

### 3.1 Perturbaciones de tensión según la IEEE 1159

Tipo de variación	Duración	Magnitud
<b>Variaciones de corta duración</b>		
<b>Huecos de tensión [sag o dip]</b>		
Instantáneos	0,5 – 30 ciclos	0,1 – 0,9 p.u.
Momentáneos	30 ciclos – 3	0,1 – 0,9 p.u.
Temporales	3 s – 1 min	0,1 – 0,9 p.u.
<b>Elevaciones de tensión [swell]</b>		
Instantáneos	0,5 – 30 ciclos	1,1 – 1,8 p.u.
Momentáneos	30 ciclos – 3	1,1 – 1,8 p.u.
Temporales	3 s – 1 min	1,1 – 1,8 p.u.
<b>Variaciones de larga duración</b>		
Subtensión	> 1 min	0,8 – 1,0 p.u.
Sobretensión	> 1 min	1,0 – 1,2 p.u.
<b>Interrupciones</b>		
Momentáneos	< 3 s	0 p.u.
Temporales	3 s – 1 min	0 p.u.
Colapso	> 1 min	0 p.u.

### 3.2 Estándares Internacionales

Perturbación	Categoría de normalización	Estándares IEEE	Estándares IEC
Huecos de tensión	Ambiente/compatibilidad	IEEE 1250	IEC 61000-2-4
	Emisión/Límites de inmunidad	IEEE P 1346	IEC 61000-3-3/5 (555)
	Pruebas y Medidas	Ninguna	IEC 61000-4-1/11
	Instalación/Mitigación	IEEE 446,1100, 1159	IEC 61000-5-X
	Apertura del fusible	IEEE 242(Protección)	IEC 364
Transitorios y sobretensiones	Ambiente/Compatibilidad	IEEE/ANSI C62.41	IEC 61000-2-5
	Emisión/Límites de inmunidad	Ninguna	IEC 61000-3-X
	Pruebas y Medidas	IEEE/ANSI C62.45	IEC 61000-4-1/2/4/5/12
	Instalación/Mitigación	C62 series, 1100	IEC 61000-5-X
	Ruptura de aislamiento	Ninguna	IEC 664

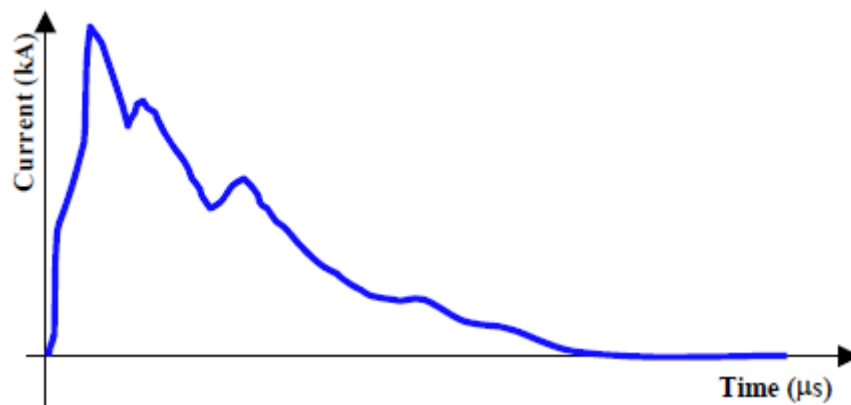
---

## 4) Características típicas de los fenómenos electromagnéticos

### 4.1 Transitorio impulsivo

Es un cambio súbito y unidireccional (positivo o negativo) en la condición de estado estable de la tensión, la corriente o ambos y de frecuencia diferente a la frecuencia del sistema de potencia.

Son de moderada y elevada magnitud pero de corta duración medida en microsegundos. Normalmente están caracterizados por sus tiempos de ascenso (1 a 10  $\mu\text{sec}$ ) y descenso (20 a 150  $\mu\text{sec}$ ) y por su contenido espectral.



### 4.2 Transitorios oscilatorios

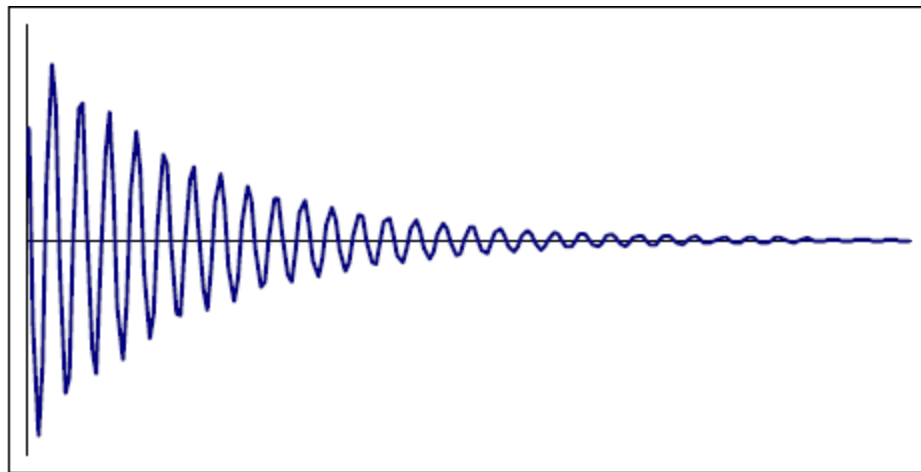
Son un cambio súbito en la condición de estado estable de la tensión, la corriente o ambos, con polaridades positivas y negativas y de frecuencia diferente a la frecuencia de operación del sistema.

Este tipo de transitorio se describe por su contenido espectral, duración y magnitud. Por su frecuencia se clasifican en: transitorios de alta, media y baja frecuencia.

---

- 
- Los transitorios oscilatorios con una frecuencia mayor de 500 kHz y una duración típica medida en microsegundos (o varios ciclos de la frecuencia fundamental) son considerados transitorios oscilatorios de alta frecuencia.
  - Cuando la frecuencia se encuentra entre 5 y 500 kHz se considera un transitorio de frecuencia media.
  - Un transitorio con una frecuencia inferior a 5 kHz, y una duración de 0,3 ms a 50 ms, se considera un transitorio de **baja frecuencia**.

Sucede en los niveles de subtransmisión y distribución y en los sistemas industriales y es causado por diversos tipos de eventos.



Son señales de voltaje o corriente cuyos valores instantáneos cambian de polaridad rápidamente.

Alta frecuencia:  $f > 500$  kHz y duración [microseg].

Media frecuencia:  $5 < f < 500$  kHz y duración [décadas de microseg]

Baja frecuencia:  $f < 5$  kHz y duración [0.3 a 50 ms]

---

---

## 4.3 Variaciones de tensión de corta duración

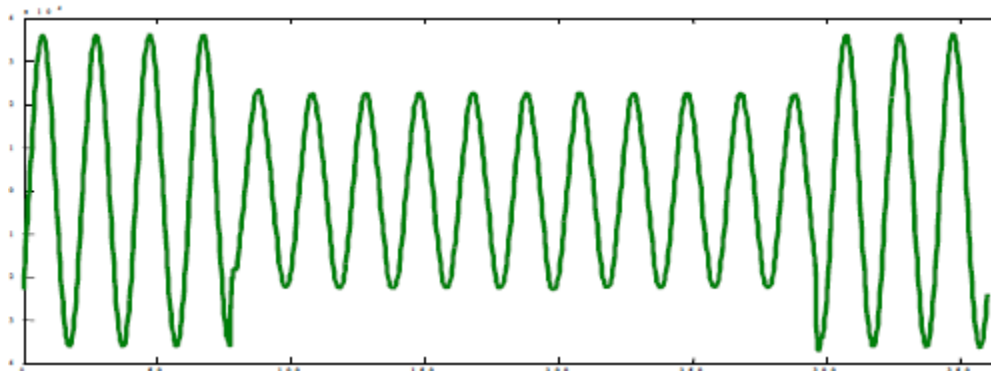
### a) Depresiones

Las depresiones (Sag o Dip), también conocidas como valles o huecos consisten en una reducción entre 0,1 y 0,9 p.u. en el valor R.M.S. de la tensión o corriente con una duración de 0,5 ciclo a un minuto.

Las depresiones de tensión son normalmente asociadas a fallas del sistema, a la energización de grandes cargas, al arranque de motores de elevada potencia y a la energización de transformadores de potencia.

Los efectos nocivos de las depresiones de tensión dependen de su duración y de su profundidad, estando relacionados con la desconexión de equipos de cómputo, PLC y contactores entre otros dispositivos. También presenta efectos sobre la velocidad de los motores.

Diferentes posibilidades existen para mitigar los efectos de los sags. La primera consiste en estabilizar la señal de tensión a través de acondicionadores de red, los cuales existen con diferentes principios y tecnologías.



Disminución del valor eficaz de la tensión entre el 0,9 y el 0,1 p.u. de la tensión de funcionamiento normal y con una duración desde medio ciclo (8 ms o 10 ms) hasta algunos segundos.

---

---

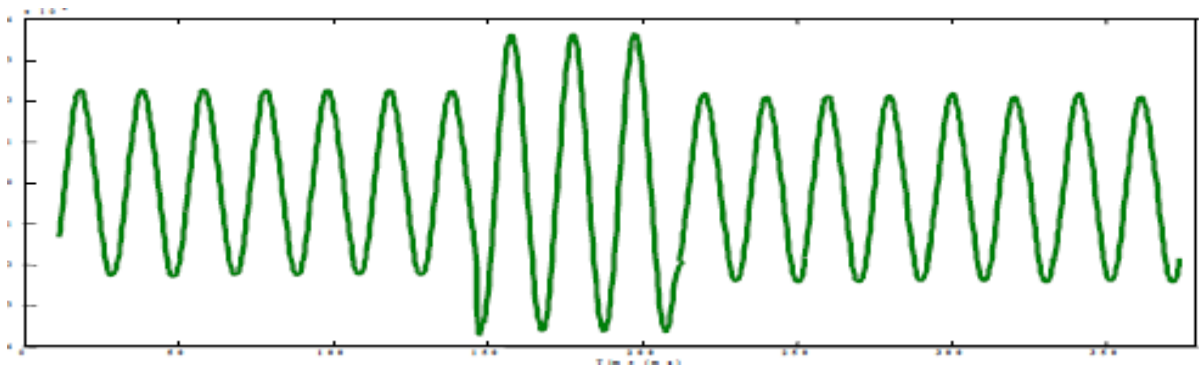
## b) Crestas

Una cresta (Swell) se define como un incremento del valor R.M.S. de la tensión o la corriente entre 1,1 y 1,8 p.u. con una duración desde 0,5 ciclo a un minuto.

Como en el caso de las depresiones, las crestas son asociadas a fallas en el sistema aunque no son tan comunes como las depresiones.

Un caso típico es la elevación temporal de la tensión en las fases no falladas durante una falla línea a tierra.

También pueden ser causadas por la desconexión de grandes cargas o la energización de grandes bancos de capacitores.



Incremento del valor eficaz de la tensión entre el 1,1 y el 1,8 p.u. de la tensión de funcionamiento normal, con una duración de entre medio ciclo (8 ms o 10 ms) y algunos segundos.

## c) Interrupciones

Una interrupción ocurre cuando la tensión o la corriente de la carga disminuyen a menos de 0,1 p.u. por un período de tiempo que no excede un minuto.

Las interrupciones pueden ser el resultado de fallas en el sistema, equipos averiados o debidas al mal funcionamiento de los sistemas de control.

---

---

El recierre instantáneo generalmente limita la interrupción causada por una falla no permanente a menos de 30 ciclos. La duración de una interrupción motivada por el funcionamiento indebido de equipos o pérdidas de conexión es irregular.

#### **4.4 Variaciones de tensión de larga duración**

Son aquellas desviaciones del valor R.M.S. de la tensión que ocurren con una duración superior a un minuto. La norma ANSI C84.1 especifica las tolerancias en la tensión de estado estable en un sistema de potencia.

Una variación de voltaje se considera de larga duración cuando excede el límite de la ANSI por más de un minuto. Debe prestarse atención a los valores fuera de estos rangos.

En Nicaragua los límites están definidos por la norma retie entre +10% y -10% de la tensión nominal.

**Tabla 1: Tolerancia para las Tensiones de acuerdo a la Norma ANSI**

<b>VALOR NOMINAL</b>	<b>RANGO DESEABLE</b>	<b>RANGO ACEPTABLE</b>
120	126 - 114	127 - 110
208	218 - 197	220 - 191
240	252 - 228	254 - 220
277	291 - 263	293 - 254
480	504 - 456	508 - 440
2.400	2.525 - 2.340	2.540 - 2.280
4.160	4.370 - 4.050	4.400 - 3.950
4.800	5.040 - 4.680	5.080 - 4.560
13.800	14.490 - 13.460	14.520 - 13.110
34.500	36.230 - 33.640	36.510 - 32.780

**Fuente: Norma ANSI C84.1.**

---



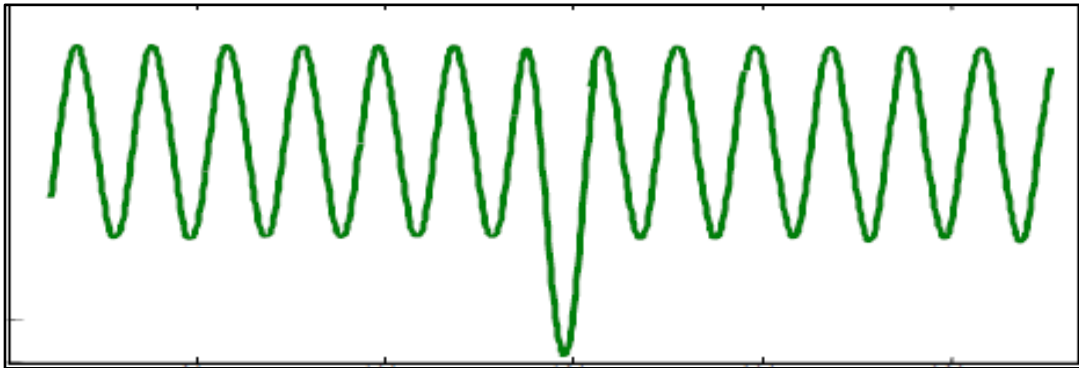
---

## Clasificación de las Variaciones de Tensión de Larga Duración

- a. **Sobretensión** es el incremento de la tensión a un nivel superior al 110% del valor nominal por una duración mayor de un minuto.

Las sobretensiones son usualmente el resultado de la desconexión de grandes cargas o debido a la conexión de bancos de capacitores. Generalmente se observa cuando el sistema es muy débil para mantener la regulación de la tensión o cuando el control de la tensión es inadecuado.

La incorrecta selección del TAP en los transformadores ocasiona sobretensión en el sistema.



**Incremento repentino de la tensión de corta duración (menor a medio ciclo) y unidireccional.**

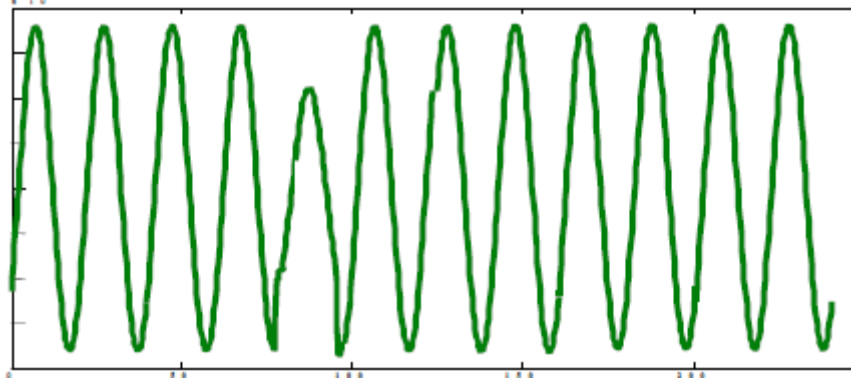
- b. Se entiende por **baja tensión** la reducción en el valor R.M.S. de la tensión a menos del 90% del valor nominal por una duración mayor de un minuto.

La conexión de una carga o la desconexión de un banco de capacitores pueden causar una baja tensión hasta que los equipos de regulación actúen correctamente para restablecerlo. Los circuitos sobrecargados pueden producir baja tensión en los terminales de la carga.

---

---

La sobretensión y la baja tensión generalmente no se deben a fallas en el sistema. Estas son causadas comúnmente por variaciones de la carga u operaciones de conexión y desconexión. Estas variaciones se registran cuando se monitorea el valor R.M.S. de la tensión contra el tiempo.



**Decremento repentino de la tensión de corta duración (menor a medio ciclo) y unidireccional**

- c. Se considera una **interrupción sostenida** cuando la ausencia de tensión se manifiesta por un período superior a un minuto. Este tipo de interrupciones frecuentemente son permanentes y requieren la intervención del hombre para restablecer el sistema.

## 4.5 Desequilibrio de tensiones

El desequilibrio de Tensiones en un sistema eléctrico ocurre cuando las tensiones entre las tres líneas no son iguales y puede ser definido como la desviación máxima respecto al valor promedio de las tensiones de línea, dividida entre el promedio de las tensiones de línea, expresado en porcentaje.

El desbalance también puede ser definido usando componentes simétricas como la relación de la componente de secuencia cero o la componente de secuencia negativa entre la componente de secuencia positiva, expresada en porcentaje.

---

---

Las fuentes más comunes del desequilibrio de tensiones son las cargas monofásicas conectadas en circuitos trifásicos, los transformadores conectados en delta abierto, fallas de aislamiento en conductores no detectadas.

Se recomienda que el desequilibrio de tensiones sea menor al 2%.

**Magnitud del desbalance:**

La máxima desviación de la magnitud de tensión de cada una de las tres fases con respecto a la magnitud promedio del sistema trifásico, dividida por la magnitud promedio.

**Ángulo de fase del desbalance:**

La máxima desviación de la diferencia de ángulos de fases entre las tres tensiones del sistema, dividida entre  $2\pi/3$  radianes.

**Relación de desbalance de secuencia negativa:**

Es la relación entre las tensiones de la secuencia negativa y la secuencia positiva, multiplicada por 100%.

**Relación de desbalance de secuencia cero:**

Es la relación entre las tensiones de la secuencia cero y la secuencia positiva, multiplicada por 100%.

---

---

## 4.6 Distorsión de la forma de onda

La distorsión de la forma de onda es una desviación estable del comportamiento idealmente sinusoidal de la tensión o la corriente a la frecuencia fundamental del sistema de potencia. Se caracteriza, principalmente, por el contenido espectral de la desviación.

Existen cinco formas primarias de distorsión de la forma de onda:

- Corrimiento DC
- Armónicos
- Interarmónicos
- Hendiduras
- Ruido

### a) Corriente DC

La presencia de una tensión o corriente directa (DC) en un sistema de corriente alterna (AC) de potencia se denomina corrimiento DC (DC offset). Esto puede ocurrir debido al efecto de la rectificación de media onda, extensores de vida o controladores de luces incandescentes. Este tipo de controlador, por ejemplo, puede consistir en diodos que reducen el valor R.M.S. de la tensión de alimentación por rectificación de media onda.

### Efectos de la presencia de DC en redes de AC:

La corriente directa en redes de corriente alterna produce efectos perjudiciales al polarizar los núcleos de los transformadores de forma que se saturan en operación normal causando el calentamiento y la pérdida de vida útil en estos equipos.

La corriente directa es una causa potencial del aumento de la corrosión en los electrodos de puesta a tierra y en otros conductores y conectores.

---

---

## b) Armónicos

Los armónicos son tensiones o corrientes sinusoidales cuya frecuencia es un múltiplo integral de la frecuencia fundamental del sistema la cual, para el caso de nuestro país es 60 Hz.

Las formas de onda distorsionadas son descompuestas, de acuerdo con Fourier, en la suma de una componente fundamental más las componentes armónicas. La distorsión armónica se origina, fundamentalmente, por la característica no lineal de las cargas en los sistemas de potencia.

El nivel de distorsión armónica se describe por el espectro total armónico mediante las magnitudes y el ángulo de fase de cada componente individual. Es común, además, utilizar un criterio denominado distorsión total armónica (THD) como una medida de la distorsión.

Dentro de los efectos nocivos que presentan los armónicos, se pueden citar los siguientes:

- Pueden causar errores adicionales en las lecturas de los medidores de electricidad, tipo disco de inducción.
  - Las fuerzas electrodinámicas producidas por las corrientes instantáneas, asociadas con las diferentes corrientes armónicas, causan vibraciones y ruido acústico en transformadores, reactores y máquinas rotativas.
  - Son la causa de interferencias en las comunicaciones y en los circuitos de control.
  - Provocan la disminución del factor de potencia.
  - Están asociados con el calentamiento de condensadores.
  - Pueden provocar ferresonancia.
  - Provocan calentamiento adicional debido al incremento de las pérdidas en transformadores y máquinas.
  - Al incrementarse la corriente debido a los armónicos, se aumentan el calentamiento y de las pérdidas en los cables. Como caso específico, se puede mencionar la presencia de mayor corriente en los neutros de los sistemas de baja tensión.
-

- 
- Causan sobrecargas en transformadores, máquinas y cables de los sistemas eléctricos.
  - Los armónicos de tensión pueden provocar disturbios en los sistemas electrónicos. Por ejemplo, afectan el normal desempeño de los tiristores.

### **c) Interarmónicos**

Se llaman Interarmónicos a las tensiones o corrientes con componentes de frecuencia que no son múltiplos enteros de la frecuencia a la cual trabaja el sistema.

Los Interarmónicos se pueden encontrar en redes de todas las clases de tensiones. Las principales fuentes de Interarmónicos son los convertidores estáticos de frecuencia, los ciclo convertidores, los motores asincrónicos y los dispositivos de arco.

Efectos de calentamientos, similares a los producidos por los armónicos, son causados por los Interarmónicos. Debido a que los Interarmónicos son fuentes de son fuentes de las fluctuaciones de tensión, se presenta alto riesgo de la generación de flicker.

La mitigación de los efectos de los Interarmónicos se realiza con base en filtros pasivos

### **d) Muecas de Tensión (Notching)**

Conocidas también como hendiduras, las muecas son perturbaciones periódicas en la forma de onda de tensión, causadas por la operación normal de los dispositivos de electrónica de potencia, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra.

Como ocurren continuamente, son caracterizadas por el espectro armónico de la tensión afectada.

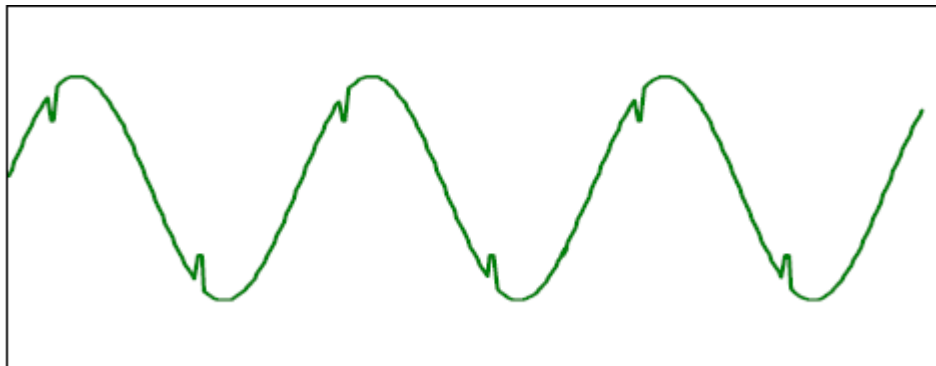
Generalmente son tratadas como un caso especial ya que los componentes de frecuencia asociados a ellas pueden ser tan altos que no son fácilmente detectados por los equipos de medición normalmente utilizados para el análisis armónico.

Las muecas de tensión causan fallas en las CPU, impresoras láser y mal funcionamiento de algunos equipos electrónicos.

---

---

La eliminación de las muescas de tensión implica el aislamiento, de los equipos sensibles, de la fuente que las está produciendo. La inserción de inserción de reactancias inductivas también puede servir como solución, para mitigar el efecto de las muescas.



#### **e) Ruido**

El ruido es una señal eléctrica indeseable con un contenido espectral inferior a 200 kHz superpuesto a la tensión o a la corriente del sistema en los conductores de las fases o en los conductores neutros o líneas de señales.

### **4.7 Fluctuaciones de tensión**

Las fluctuaciones de tensión son variaciones sistemáticas del envolvente de la tensión o una serie de cambios aleatorios de la tensión cuya magnitud no excede normalmente los rangos de tensión especificados por la norma ANSI C84.1.

Las cargas que muestran variaciones rápidas y continuas de la magnitud de la corriente pueden causar variaciones de tensión que son frecuentemente denominadas “flicker”.

El término flicker se deriva del impacto de las fluctuaciones de tensión en las lámparas al ser percibidas por el ojo humano como titilaciones.

Una de las causas más comunes de las fluctuaciones de tensión en los sistemas de transmisión y distribución son los hornos de arco. En otros sistemas más débiles las

---

---

fluctuaciones se pueden deber a la presencia de equipos de soldadura por arco y cargas similares.

La señal de flicker se define por su magnitud R.M.S. expresada como por ciento de la tensión nominal.

Típicamente magnitudes tan bajas como 0,5% de la tensión del sistema pueden producir un titileo perceptible en las lámparas si la frecuencia está en el rango de 6 a 8 Hz. El flicker de tensión se mide con respecto a la sensibilidad del ojo humano.

#### **4.8 Variaciones de frecuencia en el sistema de potencia**

La variación de frecuencia es la desviación de la frecuencia fundamental del sistema de su valor nominal especificado (60 Hz en el caso de Nicaragua).

La frecuencia está directamente relacionada con la velocidad de rotación de los generadores que componen el sistema. Normalmente existen ligeras variaciones de frecuencia debido a la fluctuación del balance entre la generación y la demanda de potencia de un sistema.



---

## **VI. Hipótesis y Variable**

### **Hipótesis**

Con la realización del estudio de calidad de la energía en cualquier sistema eléctrico se puede determinar la afectación que tiene sobre el sistema y equipos finales y verificar que cumplan con la norma provisional "perturbaciones permisibles en la forma de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica.

### **Variables**

1. Pertinencia de la Información.
  2. Funcionalidad de la Información.
  3. Adecuación de la Información.
  4. Parámetros eléctricos de Interés Tratados (Voltaje, Corriente, Factor de Potencia, armónicos, transitorios).
-

---

## **VII. Metodología de Trabajo**

En esta metodología exponemos un estudio de calidad y ahorro de energía eléctrica, para determinar los disturbios, oportunidades de ahorro y propuestas de solución a anomalías presentes en los puntos a medir.

El análisis de calidad eléctrica deberá estar enfocado a cumplir con las normas nacionales e internacionales principales a este respecto. El análisis cumplirá los siguientes puntos:

### **1. Análisis previo**

Se discutirá con los usuarios los antecedentes que se han detectado referentes a todos y cada uno de los problemas que se atribuyen a una mala calidad de energía eléctrica.

### **2. Inspección visual y recopilar datos**

Se llevará a cabo una inspección visual y levantamiento de información al respecto a la instalación eléctrica, carga conectada y equipos afectados.

El objetivo de este paso es el de reunir datos de todo aquello relacionado con el uso de la energía de la agencia, tales como: historial de consumo de energéticos, información recopilada como resultado de una inspección visual a toda la planta y levantamiento de datos de equipos consumidores de energía.

### **3. Medición de Parámetros Eléctricos**

Se considera un total de 48 horas para la medición del equipo especialista en calidad de la energía eléctrica, se podrán realizar las mediciones necesarias para evaluar los sistemas y diagnosticar los problemas con sus posibles soluciones.

Para la realización del presente estudio, se utilizara el equipo trifásico marca Fluke 43B (POWER QUALITY ANALYZER).

---

---

## **4. Analizar los datos**

Una vez que la información ha sido recopilada en los pasos anteriores, la información deberá ser capturada y ordenada para proceder a su análisis, con la finalidad de identificar las áreas de oportunidad de ahorro de energía que ofrezca la instalación.

Con la finalidad de identificar a los equipos y sistemas más intensivos en el consumo de Energía, la primera actividad a realizar en esta etapa de la calidad de la energía, es la realización de los balances de energía.

Por otra parte con la finalidad de asegurar que se están evaluando todas las medidas de ahorro posibles, es muy importante el contar con una lista de verificación de áreas de oportunidad de ahorro por tipo de aplicación.

- Elaboración de balances de energía
- Listas de medidas de ahorro de energía

## **5. Elaborar el informe final del estudio**

El paso final es el de preparar un informe que contenga las observaciones y conclusiones del estudio, haciendo énfasis en las oportunidades de ahorro de energía, y el plan de acción para implantarlas, conteniendo las bases y los pasos seguidos en el análisis.

## **6. Aplicación de medidas correctivas**

Todo lo anterior mencionado va encaminado al ahorro y control de la energía de la empresa, disminuyendo su gasto ante la distribuidora, mejorando el funcionamiento de sus procesos y equipos. Se ofrece además un reporte de oportunidades (en su caso de que existan) en distintas áreas como lo son: Iluminación, Control de la Demanda y mejorar el F.P.

---

---

## **VIII. Resultados del estudio de la calidad de la energía**

Se realiza el presente Estudio de Calidad de Energía en la agencia de viajes Aeromundo, con la finalidad de conocer el comportamiento actual del Sistema Eléctrico y recomendar soluciones a los problemas de calidad de energía.

Se realizan y analizan monitoreos de parámetros de estado estable (perfil de voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, distorsión armónica en voltaje y distorsión armónica en corriente), encontrándose comportamientos diferentes para las mediciones consideradas, debido principalmente al tipo de carga instalada.

El reporte muestra las conclusiones sobre violaciones a la norma, instalación eléctrica, y sobre cada uno de los disturbios de calidad de energía registrados, recomendando el sistema de protección más adecuado para la solución de los problemas.

Los puntos considerados para el monitoreo, los cuales forman una parte del total de la carga instalada en el panel principal.

### **1. Metodología para Monitoreo**

Para la realización del presente estudio, se hizo uso de un equipo trifásico marca Fluke 43B (POWER QUALITY ANALYZER) con sensores de corriente de una capacidad de 1,000 amperes y Pinza Amperimétrica marca Temars.

El equipo fue conectado en las terminales de entrada del interruptor principal del transformador, tomando así el total de la carga conectada durante el período de medición.

El período de medición fue de 48 horas continuas en el panel principal, tomado muestras cada 10 segundos. Esto representa un muestreo total de 17,280 muestras para cada parámetro eléctrico registrado.

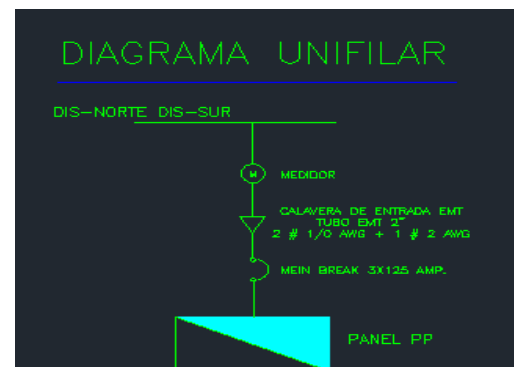
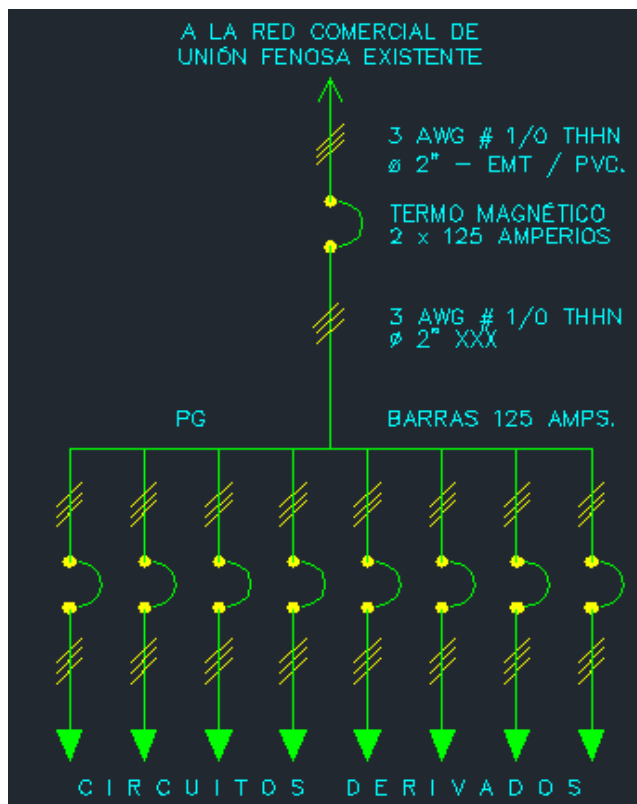
---

Las 17,280 muestras registradas se almacenan en memoria y se procesan para obtener los perfiles de operación de cada parámetro eléctrico.

De estos parámetros eléctricos se obtienen los valores máximos, mínimos y promedios para establecer los límites de operación del sistema eléctrico y son comparados con lo que recomiendan los estándares internacionales.

Además se programó el equipo para detectar eventos de tipo transitorio en voltaje con variaciones por encima del 20% de voltaje pico, esto con la finalidad de evaluar si los arranques de cargas internas impactan en el voltaje de suministro, o en su defecto registrar los eventos que son generados externamente y son reflejados hacia este nodo.

## 2. Diagrama Unifilar eléctrico de la instalación



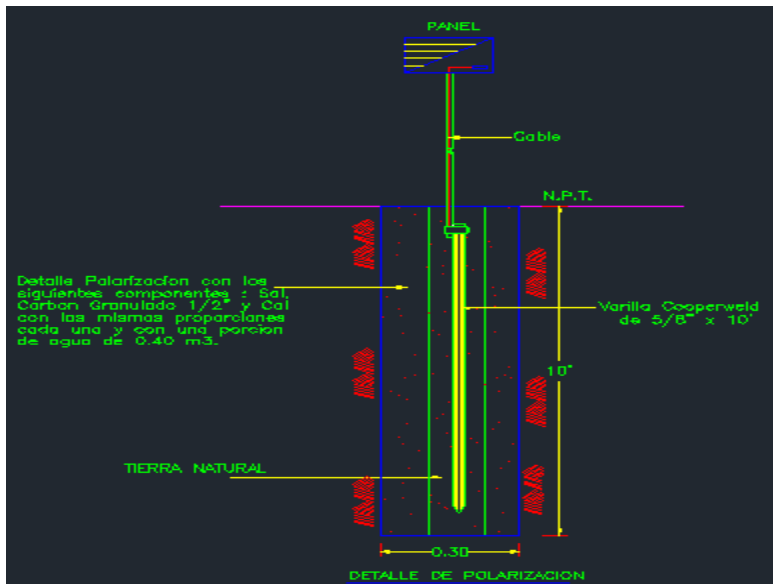
### 3. Panel eléctrico principal de 42 espacios

Distribución de las cargas en el panel principal

PROYECTO: "CONDOSERVO SAN PATRICK"											PANEL: OUTLET MAIN/EL. DAT. W/O 42 SP. 2012.									
ADDRESS: SUBTERANEA TETA - TRINIDAD AV. QUITUMBI.											PROTECCION: 1. FUSIBLES PRINCIPALES 2. 125 AMP. INTENSIDAD EN PANEL.									
CIRCUITO	DESCRIPCION	CORTADOR	SECCION	SECCION		SECCION		L1	L2	L3	SECCION	CORTADOR	SECCION	DESCRIPCION	CIRCUITO					
				M <sup>2</sup>	MM	M <sup>2</sup>	MM									M <sup>2</sup>	MM	M <sup>2</sup>	MM	
1	BREAKER PRINCIPAL	1/0	X	123	2	X					3.25	1	20	300	12	LIMINACION PLANTA BAJA	2			
3						X					3.25	1	20	300	12	LIMINACION PLANTA ALTA	4			
5	TOMA CORRIENTES COCINA	12	900	20	1	7.50					3.25	1	20	350	12	LIMINACION PLANTA ALTA	6			
7	TOMA CORRIENTES COCINA	12	900	20	1	7.50					7.00	1	20	720	12	TOMA CORRIENTES USO GENERAL EN PLANTA BAJA	9			
9	TOMA CORRIENTES COCINA	12	900	20	1	7.50					36.0	2	50	9000	8	ESPEJA ELECTRICA CALENTADOR	10			
11	TOMA CORRIENTE PUNONA	12	900	20	1	8.75					36.0	2	50	9000	8	ESPEJA ELECTRICA CALENTADOR	12			
13	TOMA CORRIENTE LAVADORA	12	900	20	1	8.75					16.0	2	40	4200	8	ESPEJA ELECTRICA SECADORA	14			
16	TOMA CORRIENTES USO GENERAL EN PLANTA BAJA	12	1080	20	1	8.00					19.0	2	40	4200	8	ESPEJA ELECTRICA SECADORA	16			
17	TOMA CORRIENTES USO GENERAL EN PLANTA ALTA	12	1080	20	1	8.00					8.0	2	30	1800	10	APE AGREGADO DORMITORIO N° 1. 8000 BTU.	20			
28	ESPEJA ELECTRICA COCINA	10	1200	16	2	5.00					8.0	2	30	1800	10	APE AGREGADO DORMITORIO N° 1. 8000 BTU.	22			
31	TOMA CORRIENTES USO GENERAL EN PLANTA ALTA	12	940	20	1	8.25					10.8	2	30	2000	10	APE AGREGADO DORMITORIO N° 2. 10000 BTU.	24			
29	PORTON PERSONAL	12	300	16	1	1.80					11.0	2	30	2100	10	APE AGREGADO DORMITORIO N° 3. 11000 BTU.	26			
32	PORTON VEHICULAR	10	1200	16	2	5.00					11.0	2	30	2100	10	APE AGREGADO DORMITORIO N° 3. 11000 BTU.	28			
29											8.0	2	40	3000	8	ESPEJA ELECTRICA COCINA	30			
31	LIMINACION EXTERIOR JARDIN	12	300	16	1	3.25					8.0	2	40	3000	8	ESPEJA ELECTRICA COCINA	32			
33	TOMA CORRIENTES USO GENERAL EN PLANTA ALTA	12	940	20	1	8.25					7.8	1	20	900	12	TOMACORRIENTE ROTAFRIGERADORA	34			
38	REANADOS	12	330	20	1	3.25					7.8	1	20	900	12	TOMACORRIENTE ROTAFRIGERADORA	36			
BUS TOTAL				10,340		44.7					85.0		18,220		8.8	BUS TOTAL				
L1=120.3, L2=131.70																				

### 4. Sistema de puesta a tierra

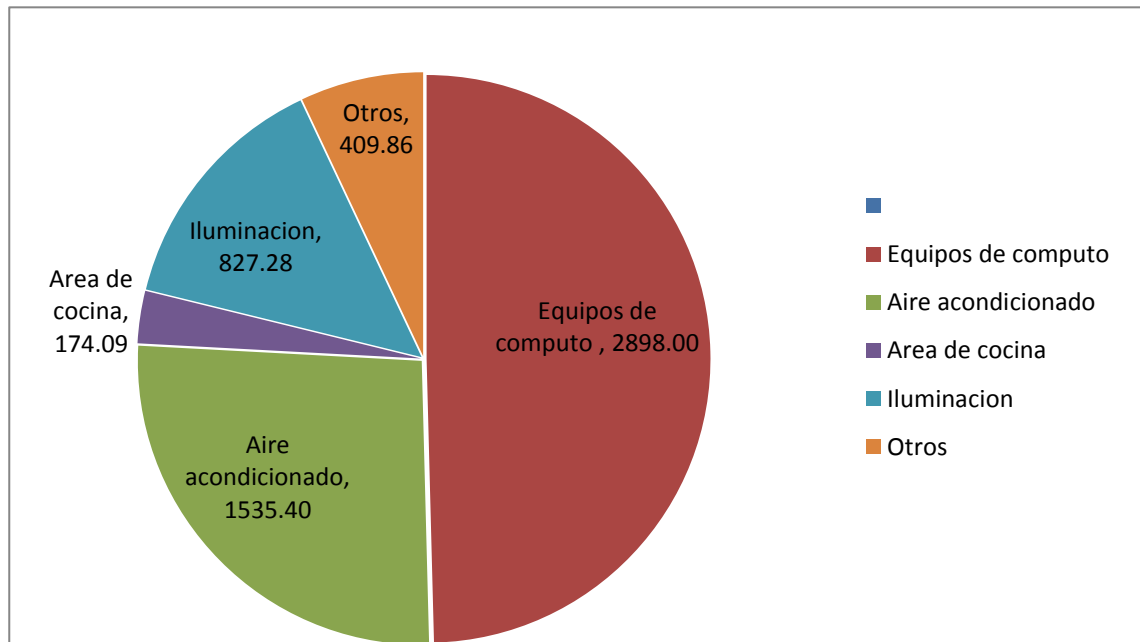
El sistema de puesta a tierra es inexistente.



---

## 5. Distribución del consumo energético

El consumo general al mes se distribuye de la siguiente forma según su Utilización:



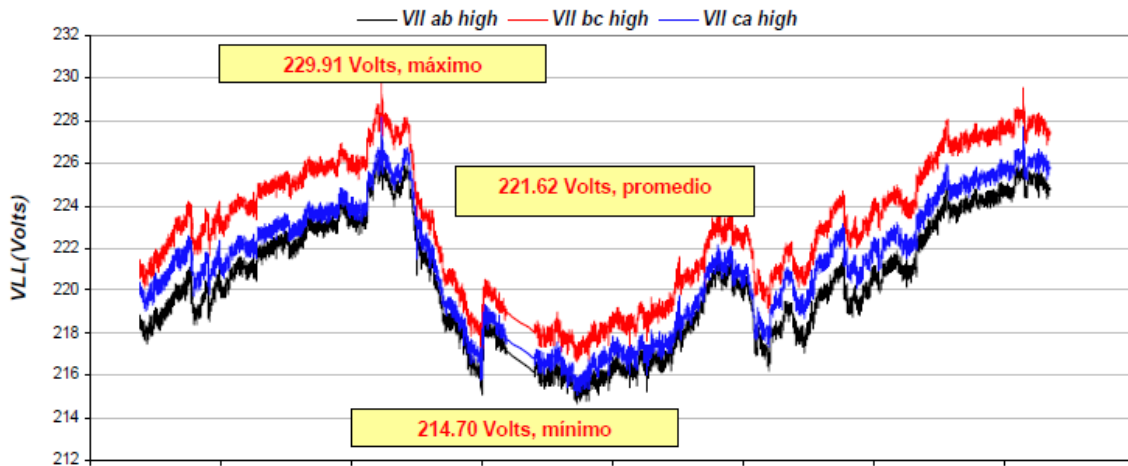
Los equipos utilizados



---

## 6. Resultados de las ondas de tensión y corriente y fenómenos electromagnéticos en la instalación eléctrica

### 6.1 Voltaje Máximo de Línea a Línea



En la gráfica se muestra el perfil del voltaje máximo en un período de 48 horas. El comportamiento del voltaje promedio es de **221.62 Volts**, valor que se encuentra 0.74 % arriba del valor nominal de **220 Volts** de la red,

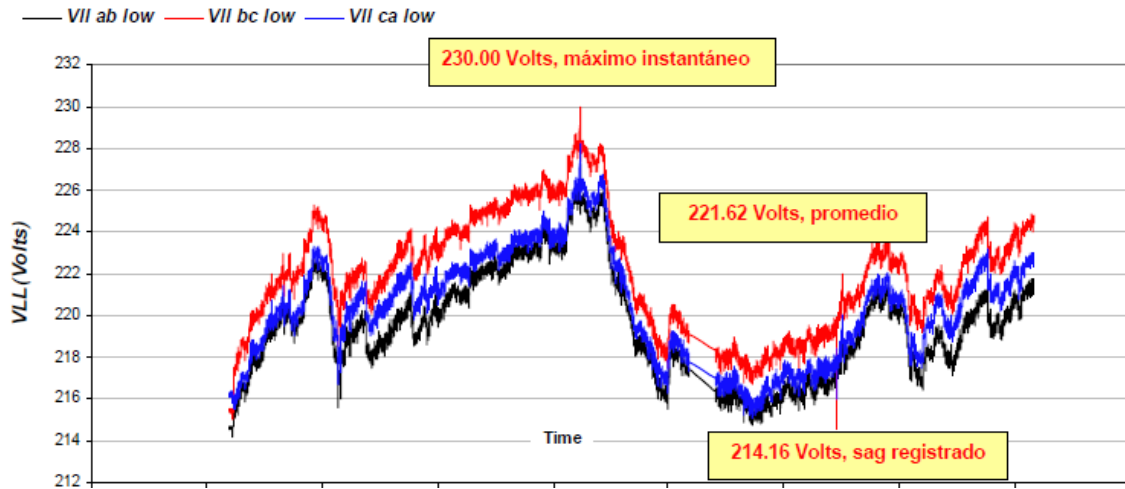
La ventana de variación presenta un máximo de **229.91 Volts** (4.50% arriba del valor nominal). Los valores máximos se presentaron de manera instantánea.

Sin embargo estos valores se encuentran DENTRO del rango recomendado por el estándar IEEE 1100-1999 tabla 4-3 (variación no mayor al 5% del valor nominal), el cual está enfocado a la operación de equipo electrónico crítico.

---



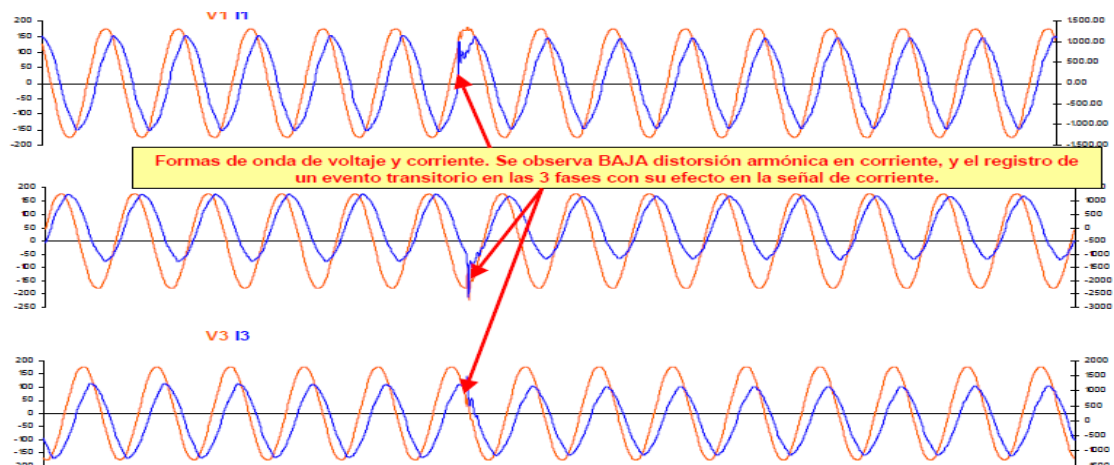
## 6.2 Voltaje Mínimo de Línea a Línea



En la gráfica se muestra el perfil del voltaje mínimo en un período de 48 horas. El comportamiento del voltaje promedio es de 221.62 Volts, valor que se encuentra 0.74 % arriba del valor nominal de 220 Volts de la red,

La ventana de variación presenta un mínimo de 214.16 Volts (-2.65% abajo del valor nominal). Los valores mínimos se presentaron de manera instantánea, sin embargo estos valores se encuentra DENTRO del rango recomendado por el estándar IEEE 1100-1999 tabla 4-3 (variación no mayor al 5% del valor nominal), el cual está enfocado a la operación de equipo electrónico crítico.

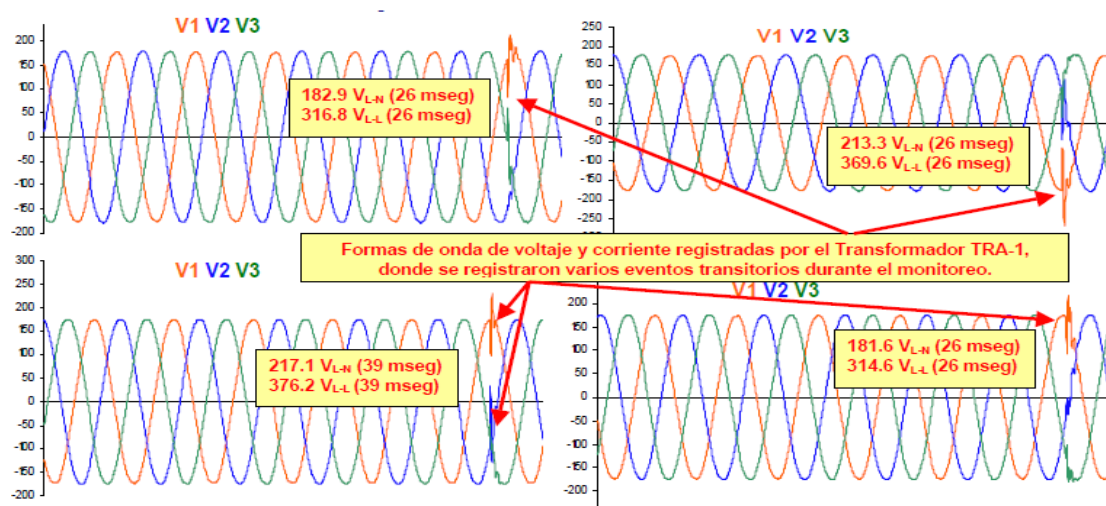
## 6.3 Formas de Onda Voltaje y Corriente



En los gráficos se muestran las formas de onda individuales (por fase), donde se observa BAJA distorsión armónica y un evento transitorio de voltaje registrado en las 3 fases.

Este tipo de evento es el más destructivo para cargas electrónicas. En la siguiente página se muestran los eventos más dañinos registrados. En las 48 horas se registraron 36 eventos.

## 6.4 Eventos Transitorios de Voltaje

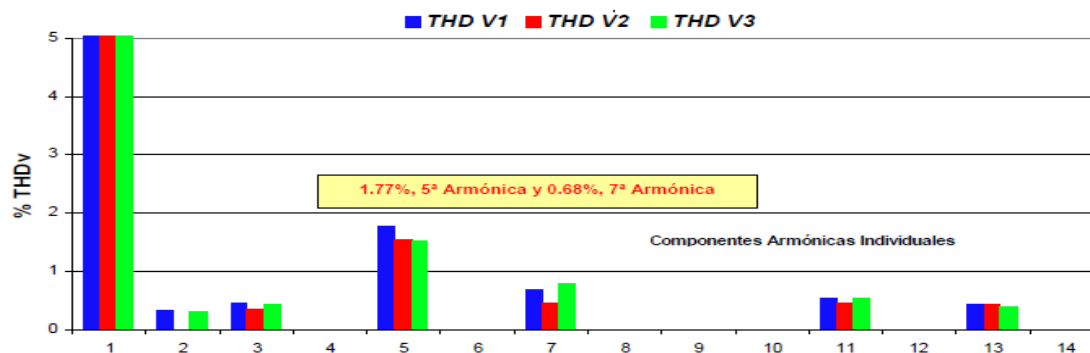


En

los gráficos se muestran los eventos transitorios más altos registrados. La máxima magnitud fue de 376.2 Volts, con una duración de 39 mseg., lo cual representa un 71% arriba del valor nominal de 220 Volts.

Este tipo de evento se clasifica como "IMPULSO" y es generado de manera externa, o interna por cargas instaladas en la planta.

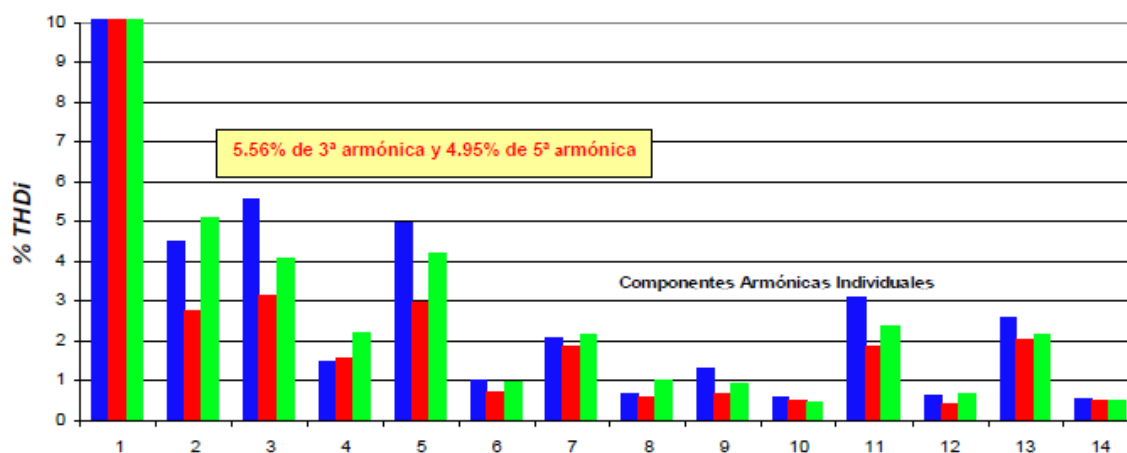
## 6.5 Espectro Armónico en la Señal de Voltaje (THDv)



---

En la gráfica se muestra el espectro armónico de la señal en voltaje (THDv) del suministro de la red eléctrica de entrada. Se presenta el porcentaje por componente individual armónica con la finalidad de observar las más significativas del sistema, y validar que sus porcentajes individuales se encuentren dentro de los niveles recomendados por el STD. 519-1992. El valor total de THDv es de 1.87%, con una contribución individual principalmente de 5ª y 7ª armónicas. (Ver en el resumen el análisis armónico).

## 6.6 Espectro Armónico en la Señal de Corriente (THDi)

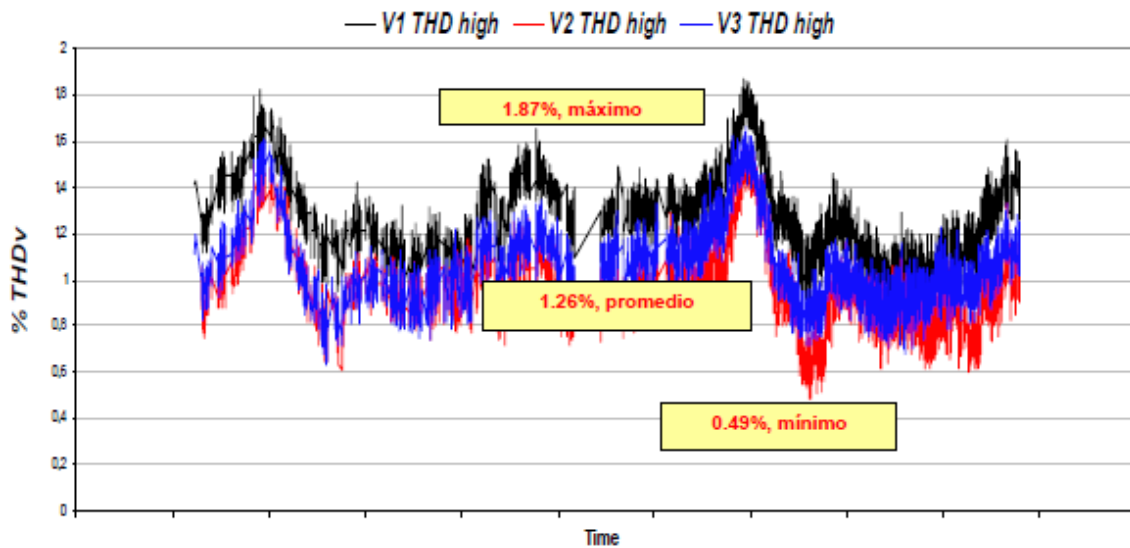


En la gráfica se muestra el espectro armónico de la señal en corriente (THDi) del suministro de la red eléctrica de entrada. Se presenta el porcentaje por componente individual armónica con la finalidad de observar las más significativas del sistema, y validar que sus porcentajes individuales se encuentren dentro de los niveles recomendados por el STD. 519-1992.

El valor total de THDi es de 5.67%, con una contribución individual principalmente de 3ª y 5ª Armónicas. (Ver en el resumen el análisis armónico).

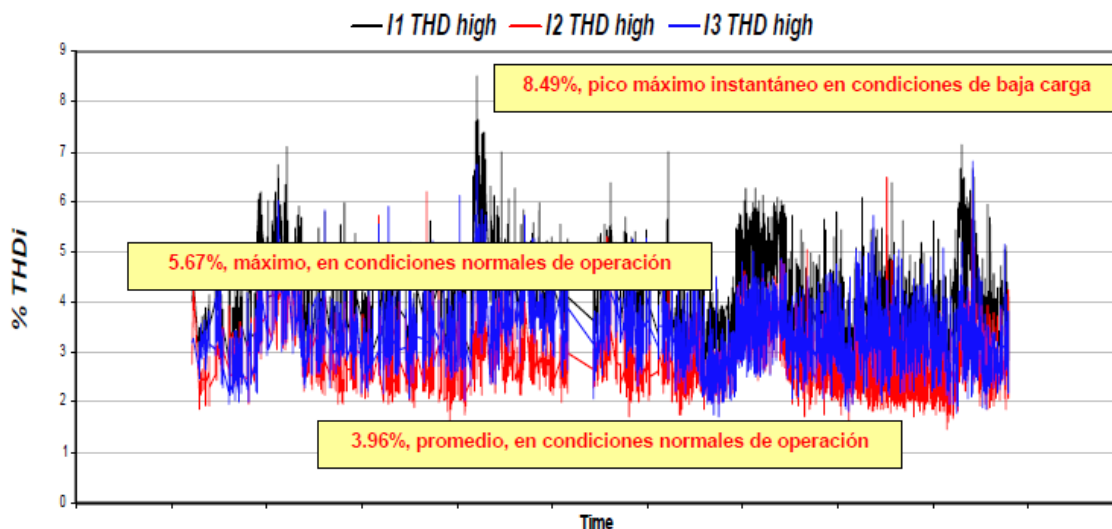
---

## 6.7 Distorsión Armónica en Voltaje (THDv)



En la gráfica se muestra el perfil de distorsión armónica en voltaje (THDv) en un período de 48 horas. Se registró un porcentaje promedio de 1.26% y un valor máximo de 1.87%, lo cual se encuentra DENTRO del porcentaje recomendado por el STD IEEE 519-1992.

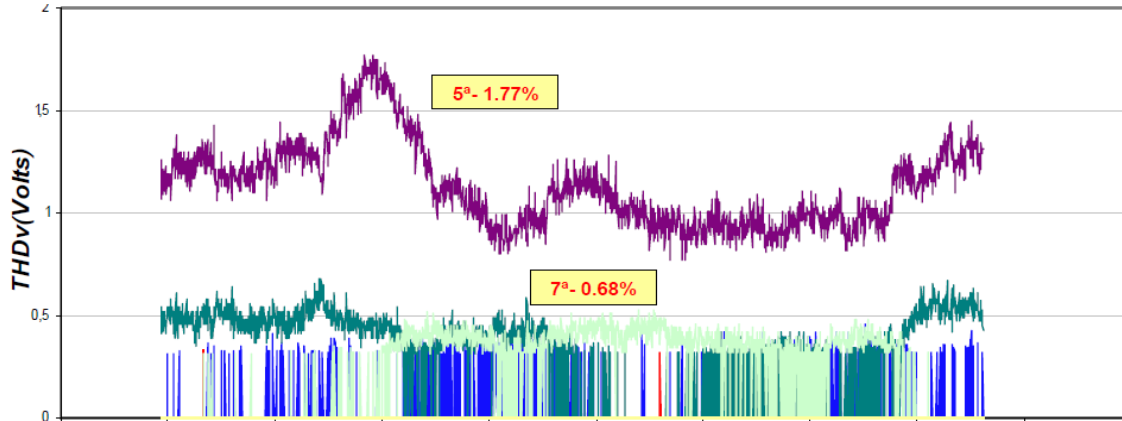
## 6.8 Distorsión Armónica en Corriente (THDi)



En la gráfica se muestra el perfil de distorsión armónica en corriente (THDi) en un período de 48 horas. Se registró un porcentaje máximo de 5.67% y un valor promedio de 3.96%, lo cual se encuentra DENTRO del porcentaje recomendado por el STD. IEEE 519-1992.

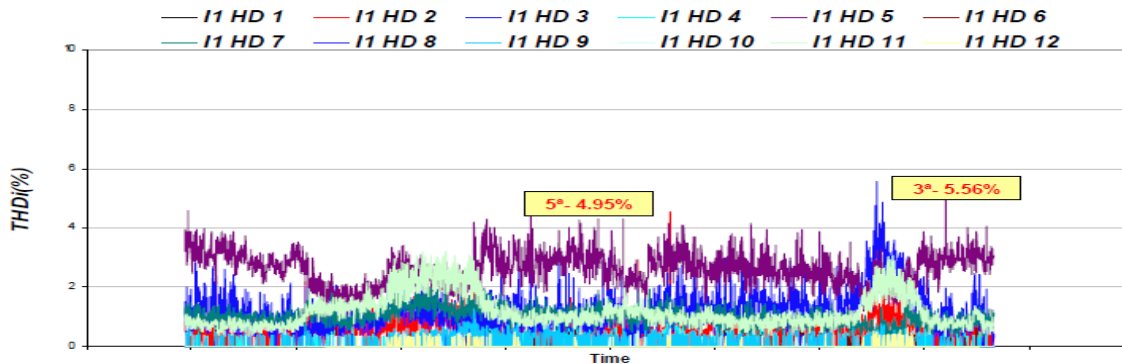
---

## 6.9 Distorsión Armónica en Voltaje (Componente Individual) (THDv)



En la gráfica se muestra el perfil de distorsión armónica individual en voltaje en un período de 48 horas. Se registró un porcentaje máximo de 1.77% de 5ª armónica y un valor máximo de 0.68% de 7ª armónica, los cuales se encuentran DENTRO del porcentaje recomendado por el STD IEEE 519-1992.

## 6.10 Distorsión Armónica en Corriente (Componente Individual) (THDi)

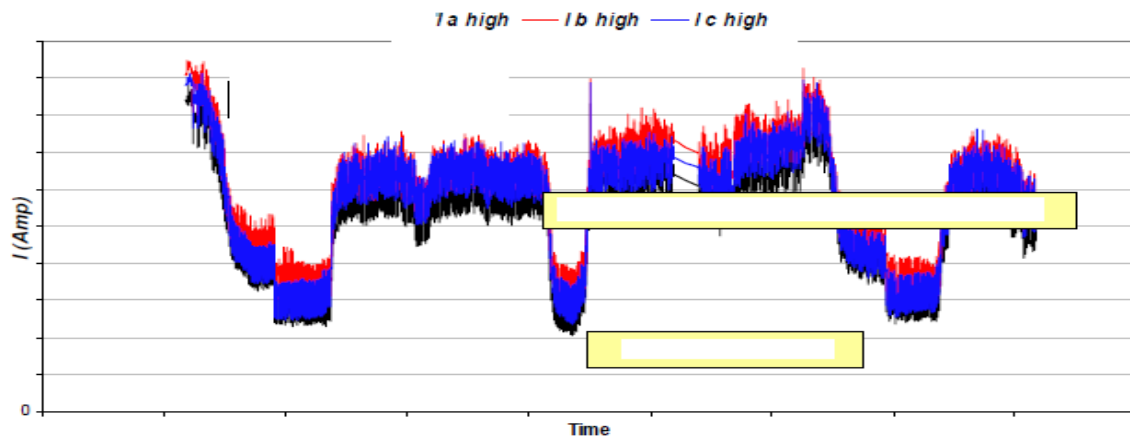


En la gráfica se muestra el perfil de distorsión armónica individual en corriente en un período de 48 horas. Se registró un porcentaje máximo de 5.56% de 3ª armónica y un valor máximo de 4.95% de 5ª armónica, las cuales se encuentran DENTRO del porcentaje recomendado por el STD IEEE 519-1992.

---

---

## 6.11 Corriente Máxima de Línea



En la gráfica se muestra el perfil de corriente en un período de 48 horas. El valor de corriente promedio durante el período normal de operación fue de 76 Amp., registrando un valor máximo en corriente de 93 Amp. En el período completo de monitoreo se registró una corriente mínima de 75 Amp.

---

---

## IX. Conclusiones y Recomendaciones

### 1. Conclusiones

En base al análisis de las mediciones presentadas con anterioridad, así como las observaciones registradas durante el Estudio de Calidad de Energía realizado en la agencia de viajes Aeromundo ubicada en Managua, los días 22 y 23 de Junio del 2016, se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones generales.

Los comentarios son en base a los criterios del National Electrical Code (NEC) y cumpliendo con la Norma eléctrica de Nicaragua, así como las recomendaciones de los estándares de la IEEE, std. 1100-1999 y std. 519-1992.

La agencia se alimenta de un transformador seco ubicado cerca de las instalaciones, el cual para fines del monitoreo se realizó mediciones en el panel y el medidor trifásico de 220 Volts. Los problemas reportados por personal de la agencia son disparos de circuitos derivados y daños en tarjetas electrónicas y problemas con la planta eléctrica de emergencia.

Al comparar el balance de carga de las fases, se observa que a medida el número de equipo que generan armónicos es mayor, la distorsión armónica total de corriente aumenta, llevando en varios casos superar lo permitido por la norma.

- Se Realizaron mediciones sobre los parámetros eléctricos , Transitorios Interrupciones, Bajada de tensión / subtensión, Aumento de tensión sobretensión, Distorsión de la forma de onda, Fluctuaciones de tensión, Variaciones de frecuencia
  - Se Evaluaron las mediciones realizadas sobre calidad de la energía para el desarrollo del estudio e incluir resultado de las mediciones efectuadas donde se presentarán tablas y gráficos
  - Se Contribuyó al análisis de calidad de la energía eléctrica enfocado a cumplir con las normas eléctricas nacionales e internacionales.
-

---

## 2. Recomendaciones

Hacer conciencia a los empleados de hacer uso racional de la energía eléctrica.

Cada una de las instituciones debe tener todos los equipos de protección adecuado para sus empleados, así como también la debida señalización en las áreas donde se manejen equipos eléctricos.

Para facilitar un estudio energético, es necesario que la empresa cuente con los respectivos diagramas eléctricos del sistema.

Se recomienda reforzar la protección contra descargas atmosféricas a la entrada del Tablero principal con la finalidad de brindar protección a los equipos que se alimentan, así como al personal que opera estos equipos.

Proteger contra **Eventos Transitorios de Voltaje** y/o descargas atmosféricas, por lo menos al panel principal que alimentan carga electrónica sensible (computadoras, tarjetas electrónicas, fuentes de voltaje, UPS etc.) ya que no solo pueden provocar daño en la operación de estos equipos, sino que además existe la posibilidad de que alguna descarga atmosférica no desviada a tierra provoque daño en el aislamiento de los cables de alimentación y genere un incendio en dichos cables.

Actualmente **no se tiene protección contra Transitorios de Voltaje** en la alimentación principal.

Se recomiendan Supresores de Transitorios de Voltaje (TVSS), de capacidad, tiempo de respuesta menor a 1ns, alarma audible y contador de eventos transitorios (Std. 8.6 IEEE 1100-1999, IEEE C62).

---



---

## **X. Bibliografía**

1. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems (IEEE Std. 519-1992). Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISBN 1-55937-239-7. Estados Unidos, 1993.
  2. NEMA Standards Publication ANSI/NEMA MG 1-2003, "Motors and Generators". National Electrical Manufacturers Association. Estados Unidos, 2004.
  3. Electrical Power Systems Quality. Roger C. Dugan, Mark F. Mc Granaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty. Ed. Mc Graw -Hill. Estados Unidos, 1996.
  4. Nassir Sapag Chain . Preparación y Evaluación de Proyectos 2da Edición.
  5. Roberto Hernández Sampieri. Metodología de la Investigación. Editorial, MCGRAW HILL.
-

---

## **XI. Anexos**

### **A. Sistema de Tierras (Referencias técnicas)**

**Norma eléctrica. Corrientes eléctricas indeseables en los conductores de puesta a tierra.** La puesta a tierra de sistemas eléctricos, conductores de circuitos, apartarrayos y partes conductoras de equipo y materiales normalmente sin energía, se debe hacer y disponer de modo que se evite el flujo de corrientes eléctricas indeseables por los conductores de puesta a tierra o por la trayectoria de puesta a tierra.

**Norma eléctrica. Equipo considerado eficazmente puesto a tierra.** En las condiciones especificadas en los siguientes incisos, se considera que las partes metálicas no conductoras de equipo están eficazmente puestas a tierra.

**a) Equipos sujetos a soportes metálicos puestos a tierra.** Los equipos eléctricos sujetos y en contacto con eléctrico con bastidores o con estructuras metálicas diseñadas para su soporte y puestos de tierra por uno de los medios indicados en Norma, se debe usar la estructura metálica de un edificio como conductor de puesta a tierra de equipo de c.a.

**NEC 2002 Art 250.50 & Norma eléctrica.** Uniendo todos los electrodos de tierras (sistemas existentes) limitará las diferencias de potencial entre ellos, logrando formar de esta manera un sistema de tierras equipotencial. La conexión se debe realizar como se indica en 250-115.

**Norma eléctrica. Resistencia de los electrodos fabricados.** Un electrodo único que consiste en una varilla, tubería o placa, que no tenga una resistencia a tierra de  $25 \Omega$  o menos se debe complementar con un electrodo adicional de cualquiera de los tipos especificados en 250-81 o 250-83.

---

**Norma eléctrica. Varillas de pararrayos.** No se deben usar conductores de puesta a tierra de los pararrayos, ni tubos, varillas u otros electrodos fabricados utilizados para poner a tierra las bajadas de los pararrayos, en sustitución de los electrodos de tierra indicados en normas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos y de equipo.

**Norma eléctrica. Conexión a electrodos.** El conductor de puesta a tierra de equipo se debe conectar al electrodo de puesta a tierra mediante soldadura exotérmica, zapatas, conectores a presión, abrazaderas u otros medios aprobados y no listados.

**Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.**

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc.  (A)	Tamaño nominal mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	---
20	3,307 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3 (350)
2000	126,7 (250)	202,7 (400)
2500	177,3 (350)	304 (600)
3000	202,7 (400)	304 (600)
4000	253,4 (500)	405,37 (800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405,37 (800)	608 (1200)

**Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C.**

mm <sup>2</sup>	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	AWGkcmil
	TIPOS: TW*, TWD*, CCE TWD-UV	TIPOS: RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS: RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
0,8235	---	---	14	---	---	---	18
1,307	---	---	18	---	---	---	16
2,082	20*	20*	25*	---	---	---	14
3,307	25*	25*	30*	---	---	---	12
5,26	30	35*	40*	---	---	---	10
8,367	40	50	55	---	---	---	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500

**Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados individualmente de 0 a 2000 V nominales, al aire para una temperatura del aire ambiente de 30 °C**

mm <sup>2</sup>	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	AWGkcmil
	TIPOS TW*	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*,	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THW-LS, THWN-2*, XHHW*, XHHW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2	
	Cobre			Aluminio			
0,8235	....	---	18	....	....	....	18
1,307	....	---	24	....	....	....	16
2,082	25*	30*	35*	....	....	....	14
3,307	30*	35*	40*	....	....	....	12
5,26	40	50*	55*	....	....	....	10
8,367	60	70	80	....	....	....	8
13,3	80	95	105	60	75	80	6
21,15	105	125	140	80	100	110	4
26,67	120	145	165	95	115	130	3
33,62	140	170	190	110	135	150	2
42,41	165	195	220	130	155	175	1
53,48	195	230	260	150	180	205	1/0
67,43	225	265	300	175	210	235	2/0
85,01	260	310	350	200	240	275	3/0
107,2	300	360	405	235	280	315	4/0
126,67	340	405	455	265	315	355	250
152,01	375	445	505	290	350	395	300
177,34	420	505	570	330	395	445	350
202,68	455	545	615	355	425	480	400
253,35	515	620	700	405	485	545	500

---

## B. Supresores de tensiones transitorias

JSP 60-JSP 80-JSP100-JSP120-JSP160-JSP200-JSP240-JSP300-JSP400



JSP 60

JSP 120

La nueva familia de productos JSP de JOSLYN ofrece lo mejor en supresores y protección en líneas de demanda eléctrica, ahora con la nueva y avanzada opción de atenuación por EMI/RFI.

La serie completa de JSP ha sido probada para la supresión de corriente y ha sido certificada por laboratorios de terceros totalmente independiente a JOSLYN para verificar que su operación este en los parámetros específicos. La serie JSP es diseñada y probada para actuar como supresor de corrientes de acuerdo a las recomendaciones de ANSI / IEEE y IEC, además de exceder los requerimientos de seguridad de UL 1449 segunda edición de la revisión de 2005 (efectiva en 2/09/2007).

Disponibles en todos los estándares de EUA e Internacionales, con un rango de supresión de los 60 a los 400 kA. Los equipos JSP son la elección ideal para las necesidades de supresión en corriente.

### Características

Diseño contra fallas;

Con fusible individual MOV que elimina la falla en un solo punto, protegiendo contra eventos de sobre-corriente y sobre-voltaje.

---

---

Rango de corto circuito de 200 KAIC;

Permite una conexión directa con la mayoría de los dispositivos eléctricos usados en la industria.

Durabilidad extendida;

Se ha probado en demandas que van desde los 6,500 a los 10,000 amperes usando procedimientos de prueba ANSI / IEEE C62.41.1 2000 y IEC 61643.

Diseño compacto;

Proporciona una protección a la demanda eléctrica en un espacio reducido de 10"x8"x6", diseñado para aplicaciones en interiores y exteriores.

## **VARIANTES**

JSP120-1P120; 120 V, Una Fase 2 líneas + tierra

JSP120-1P240; 240 V, Una Fase 2 líneas + tierra

JSP120-1S240: 120/240 V , Intercambio entre fases 3 líneas + tierra

JSP120-3Y208; 120/208 V, 3 fases WYE, 4 líneas + tierra

JSP120-3Y380; 220/380 V, 3 fases WYE, 4 líneas + tierra

JSP120-3Y415; 240/415 V, 3 fases WYE, 4 líneas + tierra

JSP120-3Y480; 227/480 V, 3 fases WYE, 4 líneas + tierra

JSP120-3Y600; 347/600 V, 3 fases WYE, 4 líneas + tierra

---

---

## **Especificaciones**

Rango de corriente máxima demandada

- 120kA por fase; 60kA por modo.

Rango de corriente demanda repetitiva

- De 4,000 impulsos a 10,000 Amperes/modos usando los procedimientos de prueba ANSI/IEEE C62.41.1 2000 y IEC 61643.

## **Regulaciones**

- UL1449 2da edición, UL 1283, CE en 220, 230 y 240 V.

## **Especificaciones JSP 400**

Rango de corriente máxima demandada

- 400kA por fase; 200kA por modo.

Rango de corriente demanda repetitiva

- De 6,500 impulsos a 10,000 Amperes/modos usando los procedimientos de prueba ANSI/IEEE C62.41.1 2000 y IEC 61643.
-

---

## Regulaciones

- UL1449 2da edición, UL 1283, CE en 220, 230 y 240 V.

Xn25—Xn50—Xn80—Xn100--



Los equipos eléctricos y electrónicos sensibles requieren alimentación limpia y protección contra rayos y la degradación inducida por las fuentes de alimentación. El TransEnd hace eso, Este equipo basado en protectores MOV esta disponible en todos los estándares y configuraciones de bajo voltaje de CA con capacidades de sobre carga en un rango de 25 kA a 100 kA.

### Características

- Provee por modo single-pulse, capacidad de corriente de sobrecarga.
    - Xn50: 50,000 amp, 100,000 amp por fase.
    - (Xn100: 100,000 amp, 200,000 amp por fase.)
  - Protege instalaciones y equipo contra los efectos dañinos de rayos y de transitorios que se generan internamente.
  - Incluye terminales pre cableadas para facilitar su instalación.
  - Con buses internos de conducción en cobre para reducir al mínimo impedancias del sistema y aumentar la fiabilidad.
-



---

## **VARIANTES**

Sus opciones

- XN25-120/240-2G
- XN25-120/208-3GY
- XN25-220/380-3GY
- XN25-277/480-3GY
- XN25-120/240-3GHD
- XN25-240-3DG
- XN25-380-3DG
- XN25-480-3DG

## **Especificaciones**

Especificaciones Mecánicas

Dimensiones: 7"H x 7"W x 5"D

- Peso: 12.7 lbs.

Especificaciones Eléctricas

- Método de conexión: Paralelo.
- Modos de Protección: L-N, L-G, N-G, L-L.
- Indicadores de estado: LEDs para cada fase, indica si la protección esta activa.

Estándares

- UL 1449 segunda edición 2005, revisión (efectivo en 2/9/2007)
- UL 1283
- NEMA LS-1, ANSI/IEEE C62.41

ANSI/IEEE C62.1, ANSI/IEEE C62.45

---

---

### C. Medidores de Parámetros Eléctricos Fijos



El PM130 es un medidor de parámetros eléctricos de bajo costo diseñado para reemplazar los medidores analógicos existentes.

El panel frontal está comprendido por diodos emisores de luz como indicadores para su total visibilidad a pesar de ausencia de luz, además, que cuenta con una barra grafica que muestra el total de la carga en uso.

El total de parámetros y características son alrededor de 57. Las 3 versiones del PM130 están disponibles: la versión volt/Amper (PM130), la versión de potencia (PM130P) y la versión de energía (PM130E).

Todos los modelos son fáciles de instalar en orificios redondos o cuadrados, además fácil de alimentar y cablear para las corrientes.

Cuenta con los protocolos de comunicación RS-485 con Modbus ASCII o DNP3.0 y registros asignables. Incluye un relevador programable como estándar.

#### Características

El PM-130 viene con "PAS", un software fácil de usar y programar, además de ver en tiempo real las mediciones de los parámetros.

---

- 
- Mediciones máximos y mínimos.
  - Máximo y mínimo de la medición.
  - Máx. /Min. Voltaje por fase.
  - Máx. /Min. Corriente por fase.
  - Máx. /Min. Corriente neutral.
  - Máx. /Min. Frecuencia.
  - Máx. /Min. Factor de potencia.
  - Máx. /Min. KW, Kvar, KVA.
  - Máxima demanda de voltaje por fase.
  - Máxima demanda de Amperes por fase.
  - Status de la información.
  - Rotación de fase.Status del relevador.
  - Contadores.Comunicación TXD, RXD.
  - Mediciones en tiempo real.
  - Voltaje L-L.
  - Voltaje L-N por fase.
  - Corriente por fase.
  - Corriente neutral.
  - Frecuencia.
  - Factor de potencia.
  - Potencia activa.
  - Potencia reactiva.
  - Potencia aparente.
  - KW, Kvar, kVA, FP por fase.

PM130 (Volt, Amper, Frecuencia)

Voltaje, corriente, corriente neutral, frecuencia, Max. /Min. Voltaje, máxima demanda corriente, secuencia de fase.

---

---

### PM130P (Versión Power)

Voltaje, corriente, corriente neutral, frecuencia, Max. /Min. Voltaje, máxima demanda corriente, secuencia de fase, Watts, Vars, VA, Factor de potencia (FP), Max. / Min. (Volt, Amps., Neutral, Hz, FP, kw, kvar, kVA), máxima demanda de corriente, máxima demanda de voltaje, voltaje y corriente des balanceado.

### PM130E (Versión Energy)

Voltaje, corriente, corriente neutral, frecuencia, Max. /Min. Voltaje, máxima demanda corriente, secuencia de fase, Watts, Vars, VA, Factor de potencia (FP), Max. / Min. (Volt, Amps., Neutral, Hz, FP, kw, kvar, kVA), máxima demanda de corriente, máxima demanda de voltaje, voltaje y corriente des balanceado, MWh (importado/exportado), Mvarh ((importado/exportado), MVAh, energía por fase, máxima demanda de KW, máxima demanda de kVA.

### PM130EH (Versión Harmonic)

Voltaje, corriente, corriente neutral, frecuencia, Max. /Min. Voltaje, máxima demanda corriente, secuencia de fase, Watts, Vars, VA, Factor de potencia (FP), Max. / Min. (Volt, Amps., Neutral, Hz, FP, kw, kvar, kVA), máxima demanda de corriente, máxima demanda de voltaje, voltaje y corriente des balanceado, MWh (importado/exportado), Mvarh ((importado/exportado), MVAh, energía por fase, máxima demanda de KW, máxima demanda de kVA, distorsión armónica total (THD) en voltaje y en corriente.

### Equipo Auxiliar (Se adquiere por separado)

Transformadores de corriente (T.C.): para realizar mediciones de corriente mayores a 5 Amperes es necesario el uso de un T.C. con la relación del secundario a 5A y el primario dependiendo de la carga o en su lugar el mismo valor del interruptor general inmediato.

---

---

Transformador de potencia (T.P.): en caso de hacer mediciones mayores a los 690 VCA L-L, es necesario el uso de T.P. para obtener la lectura correspondiente.

Importante: es necesario el uso de T.C. y/o T.P. en los casos anteriormente mencionados, de lo contrario el equipo sufrirá severos daños y es posible la destrucción del mismo.

➤ Especificaciones

Voltaje nominal aplicado.

- Aplicando directamente: de 120V hasta 690V L-L y 400V L-N.
- Proporción del T.P. : desde 1 hasta 6,500.
- Rango de lecturas: 1 a 999,000V.
- Corriente, aplicando directamente: 5A o 1A.
- Rango de lecturas: 1 a 60,000A.
- Voltaje de alimentación: según modelo.
- 90 - 144V AC
- 185 - 264V AC
- 85- 265V AC/DC
- Protocolo de Comunicación: Modbus & ASCII, DNP3.0 & ASCII.
- Dimensiones: 114.3 x 114.3 x 109 mm
- Peso: 0.70kg. (1.54lb).
- Garantía: 3 años.
- Ensamblaje: Montado en panel orificio redondo de 4 plg. o cuadrado de 92 x 92 mm.

Serie PM172



---

El PM172 Powermeter garantiza exactitud de datos sobre más de 80 parámetros eléctricos, independientemente de cualquier distorsión de forma de onda presente en el voltaje o corriente.

Dos puertos de comunicación permiten acceso local, remoto y la configuración de las lecturas. Diferentes opciones de comunicación están disponibles incluyendo RS232/RS422/RS485, LAN, Ethernet (TCP / IP), PROFIBUS.

### **Características**

- **Las mediciones se realizan por fase e incluyen el total de carga y armónicos (THD, TDD).**
- **La memoria y time-clock permiten el registro de datos y tiempo de eventos.**
- **Con avanzada TOU para monitoreo de consumos.**
- **Grabaciones rápidas de las formas de onda para la captura de eventos.**

### **Variantes**

- **PM172E-N (Medición básica de parámetros eléctricos)**
- **PM172EH-N (Analizador de calidad de energía).**

### **Las características adicionales incluyen:**

- **Cambio entre fuentes de alimentación 110V - 220 CA/CD.**
  - **2 entradas digitales.**
  - **2 salidas de relé de control.**
  - **Alarma de pulsos y picos.**
  - **Entradas / salidas analógicas.**
-

---

## **Especificaciones**

### **Tensión actual de los insumos insumos**

- 690V CA voltaje nominal de entrada 1 amperio.
- 120V CA voltaje nominal de entrada 5 Ampere.

### **Fuente de alimentación de salida analógica**

- 85 - 265V CA, 88 - 290V CD, Sin salida analógica.
- Opciones CD : dos entradas / salidas analógicas programables (+ / -1, 0-20, 4-20, 0-1, + /-5mA).
- 9,6 - 19V CD
- 19 - 37V CD
- 37 - 72V CD

### **Frecuencia**

- 25Hz
  - 50Hz
  - 60Hz
  - 400Hz
-