

**Universidad de las Ciencias Informáticas**

**Facultad 5**



# **Aplicación para el análisis de la calidad de los parámetros de la energía eléctrica**

Trabajo de diploma para optar por el título de  
Ingeniero en Ciencias Informáticas

**Autores:** Odaisy Suárez Ortega.

Yamilet Cabezas Cabrera.

**Tutores:** Ing. Arian Antonio Núñez Alonso.

Ing. Rodolfo Abrantes Sánchez.

**Ciudad de la Habana, junio de 2010.**

**“Año 52 de la Revolución”**

*No podemos ayudar a otro a subir una montaña sin acercarnos a la cima nosotros mismos.*

**General H. Norman Schwarzkopf**

# Declaración de Autoría

---

---

## Declaración de Autoría

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Firma del Autor:

Odaisy Suárez Ortega

\_\_\_\_\_

Firma del Autor:

Yamilet Cabezas Cabrera

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

Rodolfo Abrantes Sánchez

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

Arian Antonio Núñez Alonso

## Datos de Contacto

### Síntesis del Tutor:

**Nombre y apellidos:** Arian Antonio Núñez Alonso

**Institución:** Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

**Título:** Ingeniero en Ciencias Informáticas.

**e-mail:** [anuneza@uci.cu](mailto:anuneza@uci.cu)

Ingeniero en Ciencias Informáticas, graduado en la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI) en el año 2007 y Profesor Instructor de la UCI, con 2 años de experiencia en su desempeño laboral.

**Nombre y apellidos:** Rodolfo Abrantes Sánchez.

**Institución:** Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

**Título:** Ingeniero Eléctrico.

**e-mail:** [rodolfoas@uci.cu](mailto:rodolfoas@uci.cu)

Ingeniero Eléctrico, graduado en la Universidad de Camagüey en el año 2006 y Asesor Técnico Docente de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), con 3 años de experiencia en su desempeño laboral.

## **Agradecimientos**

*A mis padres por ayudarme siempre.*

*A mi hermana y mi cuñado por el apoyo.*

*A Jabier por estar cuando lo necesité.*

*A mis compañeras que vienen conmigo desde primer año: Adys, Karen, Yisel y Arasay por ayudarme en todo momento.*

*A mi compañera de tesis Odaisy por tener tanta paciencia conmigo.*

*A Yuniel por estar siempre al tanto en la realización de este trabajo de diploma.*

*A los tutores por la ayuda que siempre nos dieron cuando nos hizo falta.*

*A Dayrien por brindar su apoyo incondicional.*

*A todas aquellas personas que siempre me ayudaron durante el transcurso de mi vida universitaria.*

**Yamilet**

## Agradecimientos

---

*A mis padres por darme siempre apoyo, confianza, y porque a ellos les debo la vida y en gran medida quien soy. A mi hermana por ser el ejemplo y la guía de mi camino; a mi hermanito porque a él le debo el ejemplo a seguir. A mi familia en general tanto los Suárez como los Ortega porque ellos siempre brindaron su mano amiga. A mi novio que hizo de mí una nueva mujer llena de vida, agradecerle por el apoyo, la dedicación, la tolerancia, el amor y por ser tan especial en mi vida, además hizo de este trabajo como suyo, ayudándome hasta el último momento. A Sosa, el Yeti y Dayrien que brindaron ayuda incondicional logrando que el trabajo tuviese calidad. A las fantásticas Adys, Karen, Yisel, Arasay, y mi compañera de tesis Yamilet que ha sabido sobrellevarme todo este tiempo, agradecerles por la paciencia, tolerancia y apoyo. A la familia de mi novio que me apoyó siempre e hizo de mi como una más de la familia dándome fuerzas para continuar adelante, brindado su mano incondicional. A mis tutores Rodolfo y Arian, ellos que siempre estuvieron ahí cuando lo necesitamos, confiaron que podíamos llegar a lograr un buen trabajo y todo el tiempo nos dieron fuerzas y razón para continuar sin detenernos. A los profes del tribunal por la comprensión y seguridad que nos dieron.*

*Agradecerle a la UCI por formarme como mujer e ingeniera y a la revolución por darme la oportunidad. A todos les estaré siempre agradecida.*

**Odaisy**

## Dedicatoria

*A mis padres y a mi hermana.*

### **Yamilet**

*A mis padres Olga y Vladimir, a mis hermanos Aleima y José Vladimir porque es por ellos que vivo y trato de ser mejor cada día. A mi novio que ha formado parte de mi vida durante todo este tiempo y ha sabido sobrellevarme siempre, dándome amor, cariño, confianza y seguridad. A mi abuela Emilia que aunque no esté conmigo ahora, ella siempre estuvo presente en cada acto de mi vida, ha sido mi guía y mis ojos cuando no podía ver. A mi familia en general.*

*Dedicarles este trabajo a todas las personas que confiaron en mí en la realización de este trabajo. Dedicárselo a Fidel que abrió las puertas al futuro y a las nuevas generaciones.*

### **Odaisy**

## Resumen

En el Centro de Desarrollo de la facultad 5 específicamente el Centro de Desarrollo “Informática Industrial” en conjunto con la Dirección de Energía de la Universidad de las Ciencias Informáticas surge la idea de investigar sobre las posibilidades de desarrollar una solución informática libre y multiplataforma para el análisis de la calidad de la energía eléctrica, basados en la información que se puede extraer de los datos obtenidos de analizadores fijos.

El presente documento refleja una investigación tanto de aspectos generales como específicos, sobre los sistemas de análisis de la calidad de la energía eléctrica además de la posibilidad de realizar dichos procesos a partir de las variables que se obtienen de los analizadores fijos conectados a la red.

El objetivo de este trabajo es realizar una investigación y presentar una propuesta de solución que permita el análisis avanzado de la calidad de la energía a partir de las variables que se obtienen de analizadores fijos, para contribuir así al mejoramiento de la eficiencia económica, a la mejora de la calidad de servicios, la productividad, confiabilidad y al estado técnico de los sistemas industriales, así como mostrar a partir de valores obtenidos el comportamiento que estos pueden brindar a través de gráficas sencillas.

Como resultado final se obtuvo un prototipo de aplicación que refleja cómo puede ayudar a los interesados, el realizar un análisis a partir de los datos obtenidos de una BD que almacena información referente a las variables que establecen cada parámetro eléctrico que determinan la calidad de la energía eléctrica, estos datos son cogidos del analizador que se esté utilizando.

## Índice

<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>X</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>XI</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1: Fundamentación Teórica .....</b>	<b>5</b>
Introducción.....	5
1.1 Variaciones de frecuencia. ....	5
1.1.1 Valores de referencia para las variaciones de frecuencia. ....	6
1.2 Variaciones lentas de tensión.....	6
1.2.1 Causas que originan las variaciones lentas de tensión. ....	7
1.3 Fluctuaciones de tensión y flicker. ....	7
1.3.1 Fluctuaciones de tensión.....	8
1.3.2 Flicker. ....	8
1.3.3 Valores de referencia de las fluctuaciones de tensión y flicker. ....	9
1.4 Huecos de tensión y cortes breves.....	9
1.4.1 Hueco de tensión. ....	9
1.4.2 Corte breve de tensión.....	10
1.4.3 Valores de referencia de huecos de tensión y cortes breves.....	10
1.4.3.1 Huecos de tensión.....	10
1.4.3.2 Cortes breves. ....	10
1.4.4 Causas que originan los cortes breves y huecos de tensión. ....	11
1.5 Impulsos de tensión.....	11
1.5.1 Parámetros característicos de Impulsos de tensión. ....	12
1.5.2 Causas que originan los Impulsos de tensión. ....	12
1.5.2.1 Fuentes de generación de impulsos exteriores al sistema eléctrico.....	13
1.5.2.2 Fuentes de generación de impulsos interiores del sistema eléctrico.....	13

1.6 Distorsión armónica.....	13
1.6.1 Valores de referencia de Distorsión armónica.....	15
1.6.1.1 Evaluación.....	15
1.6.1.2 Niveles de referencia.....	16
1.7 Desequilibrios de tensión.....	17
1.8 Descripción de los sistemas de análisis de la calidad del suministro eléctrico.....	17
1.8.1 Circutor: Q.2.....	18
1.8.1.1 Aplicaciones de los equipos de Circutor.....	18
1.8.1.2 Tabla de Productos.....	19
1.8.1.3 Ventanas fundamentales de los datos.....	21
1.8.1.4 Software de Gestión Energética.....	22
1.8.2 Fluke.....	23
1.8.2.1 Aplicaciones.....	23
1.8.2.2 Tabla de Productos.....	23
1.8.2.3 Rango de Medición.....	24
1.8.2.4 Análisis del Software.....	24
1.8.3 Satec. (Sistema Avanzado de Tecnología, S.A).....	25
1.8.3.1 Tabla de Productos.....	25
1.8.3.2 PAS. (Power Analysis Software).....	27
1.9 Tipos de Gráficas.....	27
1.9.1 Definiciones de Gráficas.....	27
1.10 Valor Práctico.....	28
1.11 Observaciones del capítulo.....	28
<b>Capítulo 2: Herramientas y Tecnologías.....</b>	<b>30</b>
Introducción.....	30
2.1 C++ como lenguaje de programación para la implementación de la solución propuesta.....	30
2.2 RUP como metodología de desarrollo de software.....	31

2.3 Lenguaje Unificado de Modelado (UML) como soporte de la modelación de la solución propuesta..	32
2.4 Visual Paradigm como herramienta CASE (Computer-Aided Software Engineering) de desarrollo. .	33
2.5 Entorno de Desarrollo Integrado (IDE): Eclipse. ....	34
2.6 QT como framework para el desarrollo de interfaces gráficas de usuario. ....	35
2.7 Biblioteca Qwt. ....	35
2.8 Sistema operativo: GNU/Linux.....	36
2.9 Observaciones del capítulo. ....	37
<b>Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación. ....</b>	<b>38</b>
Introducción.....	38
3.1 Análisis de los parámetros para cuantificar la calidad de la energía eléctrica. ....	38
3.2 Recomendaciones parciales.....	44
3.3 Modelo de dominio. ....	44
3.4 Requerimientos. ....	46
3.4.1 Requerimientos Funcionales.....	46
3.4.2 Requisitos no funcionales. ....	46
3.5 Casos de Usos del Sistema.....	47
3.5.1 Diagrama de Casos de Usos del Sistema. ....	47
3.5.2 Descripción detallada de los Casos de Uso del Sistema. ....	48
3.6 Descripción de la Arquitectura. ....	53
3.7 Diagrama de Clases del Sistema.....	54
<b>Conclusiones .....</b>	<b>57</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>58</b>
<b>Referencia Bibliográfica .....</b>	<b>59</b>

<b>Bibliografía .....</b>	<b>61</b>
<b>Glosario de Términos .....</b>	<b>64</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>68</b>
Anexo 1: Diagrama de despliegue.....	68
Anexo 2: Diagrama de componente. ....	68
Anexo 3: Diagrama de clases del subpaquete Configuración.....	69
Anexo 4: Diagrama de clases del subpaquete Parámetros.....	69
Anexo 5: Diagrama de clases del subpaquete Utils.....	70
Anexo 6: Conexión a la BDH.....	70
Anexo 7: Listado de Eventos.....	71
Anexo 8: Configuración de parámetros.....	71
Anexo 9: Gráficas de Comportamiento.....	73

## Índice de Figuras

Figura 1 Forma de onda de sistemas trifásicos.....	5
Figura 2 Evolución de la tensión. ....	7
Figura 3 Flicker. ....	8
Figura 4 Hueco de tensión. ....	10
Figura 5 Armónicos.....	14
Figura 6 Interrupción y Sobretensión. ....	20
Figura 7 Gráficas de comportamiento. ....	22
Figura 8 La lista de eventos resume la frecuencia de un evento ocurrido durante el período de tiempo seleccionado.....	25
Figura 9 Rápida evaluación de la calidad de energía - Síntesis de los siete parámetros de calidad de energía. ....	25
Figura 10 Haciendo doble clic sobre un evento, el software muestra las tendencias relacionadas con este evento.....	25
Figura 11 Lista de Datos. ....	27
Figura 12 Análisis de los Datos. ....	27
Figura 13 Disciplinas, fases, iteraciones del RUP. ....	32
Figura 14 Modelo del dominio. ....	45
Figura 15 Modelo de casos de uso. ....	48
Figura 16 Descripción de la Arquitectura.....	54
Figura 17 Diagrama de clases del subpaquete Vista. ....	55
Figura 18 Diagrama de clases del subpaquete Control.....	56

## Índice de Tablas

Tabla 1 Circutor. ....	20
Tabla 2 Fluke. ....	24
Tabla 3 Satec. ....	26
Tabla 4 Tabla resumen. ....	29
Tabla 5 Dirección de las variables de los parámetros eléctricos. ....	39
Tabla 6 Descripción del Caso de Uso: Conexión. ....	49
Tabla 7 Descripción del Caso de Uso: Seleccionar Rango de Tiempo. ....	50
Tabla 8 Descripción del Caso de Uso: Listar Eventos. ....	51
Tabla 9 Descripción del Caso de Uso: Graficar Parámetros. ....	52
Tabla 10 Descripción del Caso de Uso: Configurar Datos de Referencia. ....	53

## Introducción

**E**l suministro de energía eléctrica es esencial para el funcionamiento de nuestra sociedad. Históricamente, la mayoría de los equipos eran capaces de operar satisfactoriamente con variaciones relativamente amplias de tensión y frecuencia en el suministro eléctrico. Sin embargo, en los últimos años se han agregado al sistema eléctrico un elevado número de equipos, no tan tolerantes a estas variaciones.

La causa de estos problemas se deben principalmente al auge de la electrónica que en los últimos años han permitido un uso más eficiente de la energía eléctrica y aumentos considerables en la productividad de los procesos industriales, pero, por otra parte, han provocado una situación problemática, a veces grave, donde las corrientes armónicas generadas por los propios equipos electrónicos distorsionan la onda de corriente sinusoidal original y perturban la operación de estos mismos equipos, provocando además, calentamientos excesivos y pérdidas de energía en máquinas eléctricas, conductores y demás equipos del sistema eléctrico.

La calidad de energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de:

- ✓ Forma de onda sinusoidal.
- ✓ Tensión o Voltaje constante.
- ✓ Frecuencia constante.

Las desviaciones respecto a los estándares de calidad ocasionan problemas en el funcionamiento y durabilidad de los equipos eléctricos.

Investigaciones llevadas a cabo en estos últimos años, acerca del correcto desempeño de las instalaciones eléctricas, han llegado a la conclusión de que cualquier desviación de estos estándares de calidad que ocasione problemas en los equipos eléctricos instalados, recibe el nombre de Mala Calidad de Energía.

Una de las consecuencias más evidentes de una mala calidad de energía eléctrica es la presencia de distorsiones armónicas fuera de tolerancias aceptables, lo que conlleva a fallas en las máquinas electrónicas y otros equipos sensibles.

Por esto es imprescindible realizar un estudio de la calidad que informe el estado actual de nuestros circuitos eléctricos, y con esto poder dar las soluciones que permitan evitar las fallas de nuestros equipos.

Por todo lo expuesto anteriormente la **situación problemática** viene dada por el aumento de los medios tecnológicos que funcionan con energía eléctrica, con ello los sistemas eléctricos se han vuelto más vulnerables a las alteraciones en la calidad del suministro, por lo que hay que mantener una adecuada supervisión de esos parámetros que definen la calidad para poder evitar que sean dañados por esas alteraciones. La enorme cantidad de información que se puede generar como resultado de una supervisión continua de varios parámetros eléctricos, debe ser analizada para detectar esas alteraciones, pero esa tarea llega a ser tan engorrosa que escapa de la capacidad humana, por eso una herramienta informática que procese esos parámetros y facilite la supervisión es de incalculable valor para ayudar a los operadores y especialistas de sistemas eléctricos industriales la supervisión de la calidad de la energía eléctrica.

Esta situación permite formular el **problema científico**: ¿Cómo automatizar el análisis avanzado de la calidad de la energía a partir de las variables que se obtienen de analizadores fijos?

Se propone como **objeto de estudio** los sistemas de análisis energéticos y como **campo de acción** los sistemas de análisis de la calidad de la energía.

Para darle solución a esta necesidad se ha trazado como **objetivo principal**: Proponer un sistema que permita el análisis avanzado de la calidad de la energía a partir de las variables que se obtienen de analizadores fijos.

Las **tareas** planteadas para dar cumplimiento a la realización de nuestro análisis y proponer un prototipo de aplicación se enmarcan en:

- ✓ Investigación de los procesos de análisis de la calidad de la energía eléctrica.
- ✓ Identificación de comportamientos anómalos de los parámetros definidos para la calidad de la energía eléctrica.

- ✓ Determinación de las herramientas libres para el desarrollo de un sistema multiplataforma.
- ✓ Análisis de los sistemas que tratan la calidad de la energía eléctrica para examinar el tratamiento de los parámetros eléctricos y su comportamiento.
- ✓ Diseño e implementación del prototipo funcional de la aplicación para el análisis de la calidad de los parámetros eléctricos.

Los **métodos científicos** que se utilizarán en el transcurso de esta investigación para darle solución a las tareas expuestas anteriormente serán:

Métodos Teóricos:

Para la búsqueda de información relacionada con el tema de la calidad de la energía eléctrica se utiliza el método **Analítico–Sintético** que permite la extracción de los elementos más importantes que se relacionan con los sistemas de análisis energéticos.

Otro método que se utiliza es el **Análisis histórico lógico** que permite estudiar de forma analítica el avance de los analizadores fijos de la energía eléctrica.

Para la propuesta de un prototipo de interfaz de aplicación para el análisis de la calidad de la energía eléctrica se recurre al método de la **Modelación** que permite la creación de un modelo (propuestas, alternativas, estrategias).

Métodos Empíricos:

Con el objetivo de seleccionar la información necesaria en la investigación a partir del estudio de documentos y diferentes bibliografías se utiliza el método de **Revisión de la documentación**.

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera: resumen, introducción, tres capítulos de contenido, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, bibliografía consultada, glosario de términos y anexos.

En el Capítulo 1: Fundamentación Teórica, se conceptualizan términos de relevancia de parámetros que definen la calidad de la energía eléctrica y se realiza un estudio del Estado del Arte de los sistemas de análisis de la calidad de la energía eléctrica y sus aplicaciones para procesar las variables que se

obtienen de diferentes analizadores, comparando las gráficas que muestran el comportamiento de la calidad de la energía, sus interfaces y la forma en que se gestiona la información de los parámetros.

En el Capítulo 2: Herramientas y Tecnologías, se describen los lenguajes, las metodologías y las tecnologías a considerar para su posterior utilización en el desarrollo de la aplicación, analizando sus características, ventajas y desventajas; estableciendo comparaciones y seleccionando las mejores propuestas con el objetivo de dar cumplimiento con la mayor eficiencia y calidad posible al objetivo general de la presente investigación.

En el Capítulo 3: Características y presentación de la aplicación, se explica el tratamiento de los parámetros para el análisis de la calidad de la energía eléctrica, además se describe la solución propuesta partiendo del modelo de negocio y se definen los requerimientos funcionales y no funcionales, los Casos de Uso del sistema y su descripción detallada. También se representa la estructura del diagrama de clases del sistema, así como la arquitectura utilizada.

## Capítulo 1: Fundamentación Teórica

### Introducción

**E**n la sociedad y la industria moderna se utilizan un gran número de equipos eléctricos y electrónicos encargados de controlar procesos, transmitir información y procesar datos. Todo esto conlleva a un consumo elevado de energía eléctrica la cual debe cumplir ciertas exigencias. El uso masivo de la energía ha traído como resultado la necesidad de supervisar el comportamiento de la calidad de la energía eléctrica de los equipos eléctricos para que disminuyan las perturbaciones que degraden la calidad de la energía.

Los armónicos es el término más usado para referirse a los problemas de calidad de la corriente. Su presencia significa que la forma de onda del voltaje o corriente está distorsionada, es decir, no es perfectamente sinusoidal. [1]

Los sistemas industriales están diseñados para recibir un suministro de energía de corriente alterna con una forma de onda sinusoidal de una amplitud determinada y relativamente invariable, y son en la mayoría de los casos sistemas trifásicos.



**Figura 1** Forma de onda de sistemas trifásicos.

El desperfecto de la forma de onda de voltaje, el desbalance o desequilibrio entre fases, y las interrupciones eléctricas son la forma en la que se puede manifestar un deterioro de la calidad de la energía eléctrica.

Para poder medir y cuantificar estos deterioros de la calidad de la energía se definen los siguientes parámetros.

### 1.1 Variaciones de frecuencia. [2]

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

---

Se dice que existen variaciones de frecuencia en un sistema eléctrico de corriente alterna cuando se produce una alteración del equilibrio entre carga y generación. La frecuencia, en un sistema eléctrico de corriente alterna, está directamente relacionada con la velocidad de giro, es decir, con el número de revoluciones por minuto de los alternadores. Dado que la frecuencia es común a toda la red, todos los generadores conectados a ella girarán de manera síncrona, a la misma velocidad angular eléctrica.

## 1.1.1 Valores de referencia para las variaciones de frecuencia. [3]

La frecuencia nominal de la tensión es de 60 Hz.

Otras normas como la EN 50.160 recomiendan que en condiciones normales de operación, el valor promedio de la frecuencia fundamental en los sistemas de distribución, durante 10 segundos sea:

Con conexión síncrona y sistema interconectado:

- ✓ 60 Hz  $\pm$  1% (59,4... 60,6 Hz) durante el 95% de una semana.
- ✓ 60 Hz - 6%,+4% (56,4... 62,4 Hz) durante el 100% de una semana.

Con conexión asíncrona aislada de un sistema interconectado y los Grupos de Electrónico de Emergencia (GEE):

- ✓ 60 Hz  $\pm$  2% (58,8... 61,2 Hz) durante el 95% de una semana.
- ✓ 60 Hz  $\pm$  15% (51... 69 Hz) durante el 100% de una semana.

## 1.2 Variaciones lentas de tensión. [2]

Se produce una variación de tensión cuando hay una alteración en la amplitud, y por lo tanto, en el valor eficaz de la onda de tensión.

La amplitud y duración son los parámetros característicos de una variación de tensión. Pues bien, se considera una variación lenta de tensión a aquella cuya duración es superior a un minuto.

En una red eléctrica ideal, la tensión de suministro debería tener un valor concreto y constante igual al de la tensión nominal. Sin embargo, en la práctica, no hay redes ideales, por lo que la tensión de servicio puede presentar valores diferentes en un período de tiempo determinado, si bien cabe esperar que éstos

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

se encuentren casi siempre dentro de unos márgenes razonables de variación respecto de la tensión nominal.

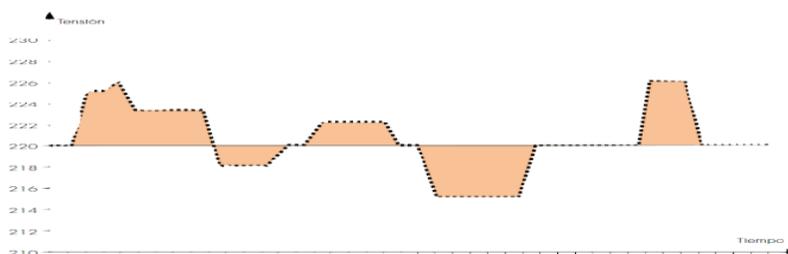
## 1.2.1 Causas que originan las variaciones lentas de tensión. [2]

Para analizar las causas que originan las variaciones lentas de tensión, es útil determinar los factores de los cuales depende el valor de la tensión de una red.

De todos los factores que influyen en las variaciones de tensión, el más importante es la impedancia del receptor, que depende a su vez de la carga conectada. Esta puede variar por diversas razones, entre las cuales cabe destacar las siguientes:

- ✓ El consumo de energía no se realiza de forma constante. A lo largo del día, hay períodos de consumo intenso, a los que se denomina "horas punta", y períodos de bajo consumo, a los que se llaman "horas valle".
- ✓ Los receptores no son iguales y sus diferencias condicionan asimismo las características del consumo. Así, no es lo mismo que el consumo se concentre en una zona con una importante componente industrial, a que lo haga en una mayoritariamente residencial.

Partiendo de un conjunto de valores de tensión y tiempo, la evolución de una variación lenta de tensión puede presentar el aspecto que se indica en la *Figura 1.2*. Como se muestra, los valores correspondientes a cada instante de tiempo se enlazan entre sí, formando un perfil de tensiones en el que cada punto representa el valor real de la tensión en el instante de realizar la medida.



**Figura 2** Evolución de la tensión.

## 1.3 Fluctuaciones de tensión y flicker. [2]

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

---

## 1.3.1 Fluctuaciones de tensión.

Se dice que hay fluctuaciones de tensión cuando se producen variaciones periódicas o series de cambios aleatorios en la tensión de la red eléctrica. A su vez, las variaciones de tensión se definen como las variaciones del valor eficaz o valor de pico de tensión entre dos niveles consecutivos que se mantienen durante un tiempo finito no especificado.

Su duración va desde varios milisegundos hasta unos 10 segundos y con una amplitud que no supera el  $\pm 10\%$  del valor nominal.

La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) clasifica las fluctuaciones de tensión en cuatro tipos:

- ✓ Variaciones rectangulares de tensión de período constante. Por ejemplo, las ocasionadas por interrupciones de cargas resistivas.
- ✓ Escalones de tensión que se presentan de forma irregular en el tiempo y cuya magnitud varía tanto en sentido positivo, como negativo.
- ✓ Cambios en la tensión claramente separados que no siempre llevan aparejados escalones de tensión. Por ejemplo, las originadas por acoplamientos de cargas no resistivas.
- ✓ Series de fluctuaciones esporádicas o repetitivas. Por ejemplo, las producidas por cambios cíclicos o aleatorios de cargas.

## 1.3.2 Flicker.

El flicker es la percepción de la variación de la luminosidad de una lámpara, ocasionada por fluctuaciones de tensión en la red de alimentación eléctrica. Origina en quien lo percibe una sensación desagradable.

El flicker depende fundamentalmente de la amplitud, frecuencia y duración de las fluctuaciones de tensión que lo causan. Estas oscilan entre los 0,5 Hz y los 30 Hz de frecuencia.

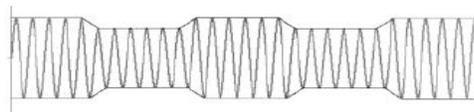


Figura 3 Flicker.

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

---

## 1.3.3 Valores de referencia de las fluctuaciones de tensión y flicker.

### Índices para la evaluación de flicker.

Hay dos índices básicos que se emplean para evaluar la severidad del flicker, es decir, la intensidad de la molestia que éste produce, definida de acuerdo con los criterios de la UIE y de la CEI antes mencionados:

- ✓ Pst. Evalúa la severidad del “flicker” en períodos cortos de tiempo, con intervalos de observación de diez minutos. El valor de Pst se expresa en unidades p.u., de modo que, para valores de Pst superiores a 1, se considera que el “flicker” es perceptible y afecta, por tanto, a la visión.
- ✓ Plt. Evalúa la severidad del “flicker” a largo plazo, con intervalos de observación de dos horas. Se calcula a partir de doce valores consecutivos de Pst de acuerdo con esta expresión:

$$Plt = \frac{\sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} P_{st\ i}^3}}{12}$$

### Niveles de compatibilidad para las fluctuaciones de tensión.

Se considera que el nivel de Compatibilidad Electromagnética (CEM) no debe superar una probabilidad del 95%.

Los valores del nivel de CEM dependen del valor de la tensión del sistema de distribución. Actualmente, los niveles de CEM están referidos a variaciones de tensión rectangulares con diferentes tasas de repetición.

## 1.4 Huecos de tensión y cortes breves. [2]

### 1.4.1 Hueco de tensión.

Se dice que ha tenido lugar un hueco de tensión en un punto de la red eléctrica cuando la tensión de una o más fases cae repentinamente por debajo de un límite establecido (generalmente, el 90%) y se recupera al cabo de un tiempo determinado, que oscila entre los 10 milisegundos y varios segundos.

El límite máximo de este período es el punto más controvertido en la definición de hueco de tensión:

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

---

- ✓ Si se atiende a la causa más típica que lo produce (la aparición y eliminación de fallas), su duración debiera estar relacionada con el tiempo máximo de permanencia de la falla. Por consiguiente, en el caso de las faltas más habituales, sería razonable establecer ese valor máximo en unos pocos segundos.
- ✓ Sin embargo, hay fallas (como las que ocasionalmente se derivan del arranque directo de motores asíncronos) en las que el tiempo de recuperación de la tensión puede llegar a las decenas de segundos. Por ello, algunas definiciones consideran que existe hueco cuando la duración es de hasta un minuto.

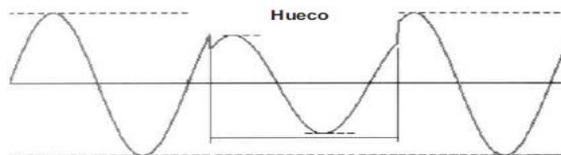
## 1.4.2 Corte breve de tensión.

Se dice que ha tenido lugar un corte breve de tensión cuando se produce la desaparición total de la tensión de las tres fases durante un tiempo superior a 10 milisegundos e inferior a 1 minuto. Es equivalente a un hueco de tensión que afecte a las tres fases y tenga una profundidad del 100%.

## 1.4.3 Valores de referencia de huecos de tensión y cortes breves.

### 1.4.3.1 Huecos de tensión.

Eventos con valores comprendidos entre el 90 % y el 10 % (ó 1 % según criterio escogido) de tensión nominal ( $U_{DIN}$ ).



**Figura 4** Hueco de tensión.

### 1.4.3.2 Cortes breves.

Los cortes breves se pueden apreciar en 2 tipos fundamentales:

- ✓ De corta duración: los que no se prolongan más de 0,4 segundos.
- ✓ De larga duración: su tiempo exceden los 0,4 segundos.

## 1.4.4 Causas que originan los cortes breves y huecos de tensión.

Las causas más típicas de los huecos y cortes de tensión son las fallas en la red eléctrica o en las instalaciones de los clientes.

Las corrientes de cortocircuito que se originan en una falla producen la caída de la tensión en una o más fases durante el tiempo que aquella permanece.

Esta caída de tensión se manifiesta en toda la red, pero su magnitud será mayor a medida que la proximidad a la falla sea mayor.

El origen de las fallas puede ser:

- ✓ Interior al sistema eléctrico: fallos de aislamiento, falsas maniobras, etc.
- ✓ Exterior al sistema: descargas atmosféricas, etc.

Por ello, los huecos y cortes de tensión tienen un carácter fundamentalmente aleatorio. No es posible su eliminación total.

## 1.5 Impulsos de tensión. [2]

Un impulso de tensión es una variación brusca del valor instantáneo de la amplitud de la tensión. Puede llegar a ser varias veces superior al valor nominal de ésta y su duración oscila entre algunos milisegundos y diez segundos, lo que equivale a medio ciclo de la onda sinusoidal.

Por su amplitud y duración, los impulsos de tensión tienen que ser analizados a partir de valores instantáneos de la amplitud de la onda de tensión y no mediante valores promediados, que son los que habitualmente se utilizan para medir otro tipo de perturbaciones que afectan a la amplitud de la onda.

Los impulsos de tensión suelen aparecer de forma esporádica, pero es posible también que se repitan a lo largo del tiempo. Pueden manifestarse en cualquier punto de la red. A partir de éste, tienden a desplazarse a lo largo de la misma con la velocidad de propagación de una onda en un medio conductor. Por ello, en la práctica, suele considerarse que aparecen en todos los puntos de dicha red en el mismo instante en el que es generado, aunque con parámetros diferentes, especialmente en lo que se refiere al

valor de pico (y, por tanto, a su energía asociada), que disminuye cuanto más se aleja del punto de generación.

En consecuencia, es posible que ciertos impulsos generados en líneas de alta tensión se propaguen por ellas, se transmitan a través del acoplamiento inductivo de los transformadores y aparezcan, atenuados en las líneas de tensiones más bajas.

## 1.5.1 Parámetros característicos de Impulsos de tensión.

- ✓ Los parámetros que caracterizan un impulso de tensión son los siguientes:
- ✓ Tiempo de subida: Intervalo de tiempo existente entre el 10% y el 90% de la amplitud máxima del impulso.
- ✓ Tiempo de bajada: Intervalo existente entre el punto de amplitud máxima del impulso y un valor determinado de su decrecimiento, normalmente el 50%.
- ✓ Duración: Diferencia absoluta entre los instantes de inicio y final del impulso.
- ✓ Valor de pico: Amplitud máxima del impulso. Su orden de magnitud es de 1 a 5 veces el valor nominal de la tensión.
- ✓ Energía: Capacidad de disipación de potencia del impulso sobre una impedancia dada. Depende de la duración y del valor de pico.
- ✓ Frecuencia de oscilación: Frecuencia asociada a la oscilación amortiguada de un impulso de forma compleja. Se sitúa por encima de 1 kHz.

## 1.5.2 Causas que originan los Impulsos de tensión.

En función de su origen, se pueden distinguir dos tipos de causas o fuentes generadoras de impulsos de tensión:

- ✓ Fuentes de generación de impulsos exteriores al sistema eléctrico.
- ✓ Fuentes de generación de impulsos interiores del sistema eléctrico.

## 1.5.2.1 Fuentes de generación de impulsos exteriores al sistema eléctrico.

La fuente principal es la descarga atmosférica o rayo.

Puede provocar impulsos, básicamente:

- ✓ Por el impacto directo del rayo en la red eléctrica.
- ✓ Por la inducción producida por la descarga a tierra de un rayo en las proximidades de la red eléctrica.

Los parámetros de los impulsos generados por fuentes externas (es decir, los impulsos “de tipo rayo”) tienen magnitudes diferentes según sea la forma en la que hayan sido ocasionados. En general, son de mayor energía los originados por el impacto directo.

## 1.5.2.2 Fuentes de generación de impulsos interiores del sistema eléctrico.

Existen elementos en la red eléctrica y en los receptores conectados a ella que pueden generar impulsos de tensión. La fuente más habitual es:

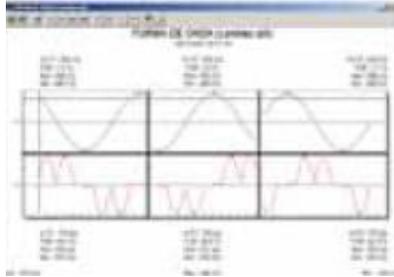
- ✓ Actuación de un elemento de corte (operación de conexión o desconexión): El impulso de tensión se produce como consecuencia de un cambio brusco de la intensidad que circula por la red derivado de la conexión o desconexión de cargas. En los casos de desconexión, se pueden generar impulsos de forma compleja cuando en el elemento de corte se producen “reigniciones” en la extinción del arco eléctrico.

## 1.6 Distorsión armónica. [2]

Se dice que existe distorsión armónica cuando la onda sinusoidal, prácticamente pura, que generan las centrales eléctricas sufre deformaciones en las redes de alimentación a los usuarios.

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

---



**Figura 5** Armónicos.

Para cuantificar el grado de deformación de una onda de tensión o de intensidad que no es sinusoidal pura (aunque sí periódica, con 60 Hz de frecuencia), se recurre a su análisis de frecuencia. Este se lleva a cabo normalmente mediante la transformada rápida de Fourier.

Estos contenidos se refieren a:

- ✓ La componente fundamental de la onda (60 Hz de frecuencia).
- ✓ Las componentes de frecuencias armónicas (múltiplos de 60 Hz), que reciben la denominación de armónicos de tensión o de intensidad. Su presencia debe limitarse.

Igualmente, aparecen en las redes otras componentes de la onda de tensión que se denominan interarmónicos, cuyas frecuencias no son múltiplos enteros de la fundamental. Son de poca importancia, por lo que generalmente no se les tiene en cuenta.

A los armónicos se les designa normalmente por su orden, un número que resulta de la relación existente entre su propia frecuencia y la de la componente fundamental.

Los contenidos o tasas de los diferentes armónicos de tensión que constituyen una onda deformada se expresan en forma de porcentaje respecto a la componente fundamental, de acuerdo con la siguiente relación:

$$u_n (\%) = 100 \frac{U_n}{U_1}$$

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

---

En esta expresión,  $U_n$  es la amplitud del armónico de tensión de onda de tensión orden  $n$  y  $U_1$ , la amplitud de la componente fundamental de la onda de tensión.

## 1.6.1 Valores de referencia de Distorsión armónica.

### 1.6.1.1 Evaluación.

En relación con los armónicos, se han definido tasas que no deben ser sobrepasadas, en el tiempo, en un determinado porcentaje.

- ✓ Tanto la normativa internacional como la española establecen unas tasas para cada armónico cuya probabilidad de no ser sobrepasadas ha de ser, como mínimo, del 95%.
- ✓ También se ha establecido una tasa de distorsión total que tiene en cuenta simultáneamente todos los armónicos de tensión existentes. La probabilidad de que no sea sobrepasada en el tiempo ha de ser también como mínimo, del 95%.

Esta tasa de distorsión total se expresa en forma de porcentaje respecto a la componente fundamental a partir de la siguiente fórmula, en la cual se tiene en cuenta hasta el armónico de orden 25:

$$D_u (\%) = 100 \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{25} U_n^2}}{U_1}$$

O, lo que es igual:

$$D_u (\%) = \sqrt{\sum_{n=2}^{25} u_n^2}$$

El conjunto de las tasas mencionadas constituye el nivel de compatibilidad electromagnética (nivel de CEM) para distorsión armónica. Existen niveles de CEM para las redes de alta, media y baja tensión.

Estos niveles de CEM son valores de referencia, definidos para conseguir una coordinación entre equipos perturbadores y equipos susceptibles, se supone que cubre el 95% de los casos posibles, tanto desde el punto de vista del tiempo, como del espacio.

## 1.6.1.2 Niveles de referencia.

El Comité Electrotécnico Cubano recomienda que en general, una instalación no puede tolerar un porcentaje significativo de armónicos: se usa comúnmente un valor máximo de 5% para los armónicos de la tensión y de 10% para los armónicos de la corriente. Estos son los valores de la distorsión total de armónicos (total harmonic distortion, THD) para la tensión y la corriente, respectivamente.

### ➤ THD: Distorsión total de Armónicos. [3]

El término THD significa Distorsión Armónica Total siendo un indicador muy utilizado para definir el nivel de armónicos contenido en señales alternas.

### ➤ Definición del término THD:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} y_h^2}}{y_1}$$

Donde  $Y_H$  es el valor eficaz (de corriente o de tensión) de cada armónico a partir del segundo (armónicos superiores) y  $Y_1$  el del fundamental.

### ➤ THD de la corriente y de la tensión:

Para los armónicos de la corriente, la ecuación es:

$$\text{THD}_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

La ecuación dada a continuación resulta equivalente a la mostrada arriba, pero es más sencilla y directa cuando se tiene el valor efectivo total.

$$\text{THD}_i = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_1}\right)^2 - 1}$$

Para las tensiones armónicas, la ecuación es:

$$\text{THD}_u = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} U_h^2}}{U_1}$$

## 1.7 Desequilibrios de tensión. [2]

Se dice que existe desequilibrio de tensión, o que hay un sistema trifásico desequilibrado o asimétrico, cuando los módulos de los tres vectores representativos de las tensiones o los desfases relativos existentes entre ellos no son iguales.

El sistema sinusoidal trifásico suele estar representado mediante tres vectores cuyos módulos son iguales, que se encuentran desfasados 120° entre sí.

Para estudiar los desequilibrios de tensión, se descompone dicho sistema, de acuerdo con los teoremas de Fortescue-Storvis, en los tres sistemas siguientes:

- ✓ Sistema directo: Se trata de un sistema trifásico equilibrado que es sincrónico con el sistema de origen.
- ✓ Sistema inverso: Es un sistema trifásico equilibrado, pero opuesto al sistema de origen.
- ✓ Sistema homopolar: Es un sistema constituido por tres vectores cuyos módulos y dirección son iguales.

## 1.8 Descripción de los sistemas de análisis de la calidad del suministro eléctrico.

Para poder analizar la calidad de suministro eléctrico es necesaria la instalación de analizadores de medida eléctrica, más complejos, precisos y completos que un sencillo medidor eléctrico. Un analizador eléctrico de calidad de suministro, debe ser capaz de analizar por sí mismo todos los fenómenos eléctricos no deseados que podrían afectar a la carga y a la fuente suministradora de la energía eléctrica.

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

---

Para determinar si una instalación recibe y consume una señal eléctrica adecuada y determinar las causas y soluciones a los posibles problemas que se puedan dar en determinadas máquinas o sistemas debidos a una señal deficiente se deben realizar mediciones periódicas.

Es por ello que se debe disponer de un analizador para llevar a cabo un correcto análisis de la calidad de la energía eléctrica consumida por una instalación, para esto es fundamental entender y considerar los siguientes puntos:

- ✓ Cuáles son los principales problemas (perturbaciones) que normalmente coexisten en la energía eléctrica que consumen nuestras instalaciones, cuya presencia hay que detectar.
- ✓ Cómo interpretar los datos registrados por el equipo. Determinación y localización del origen de las perturbaciones y aplicación práctica de soluciones.

En la actualidad existen muchos analizadores que miden la calidad de la energía, estos pueden ser equipos portátiles o fijos conectados a la red. Los equipos portátiles no son recomendables ya que no se encuentran constantemente analizando y podrían ser retirados o desconectados, invalidando cualquier tipo de variación de medición de los parámetros.

Existen muchos fabricantes de analizadores en el mercado, asociaciones y universidades con departamentos especializados en analizar la calidad de suministro eléctrico.

## **1.8.1 Circutor: Q.2.**

Los analizadores de calidad de suministro QNA cumplen con las normas internacionales más exigentes. Actualmente, la norma Comisión Electrotécnica Internacional (IEC-61000-4-30) especifica cómo estos tipos de equipos deben realizar las medidas de todo un conjunto de parámetros.

El registro de valores históricos permite conocer la evolución y la tendencia de la tensión suministrada y la potencia consumida en la instalación eléctrica, permitiendo además identificar anomalías que interfieran en el óptimo rendimiento de las máquinas y sistemas conectados a la red.

### **1.8.1.1 Aplicaciones de los equipos de Circutor. [4]**

- **Compañías eléctricas:**

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

En la actualidad una gran cantidad de compañías eléctricas de todo el mundo utilizan los analizadores de calidad de suministro QNA para analizar el comportamiento de la calidad de onda de las redes de distribución. Estos analizadores son utilizados en subestaciones para detectar cualquier evento que pudiera producirse en la red y cuantificar las incidencias que pudiera provocar el mismo.

## ➤ **Grandes consumidores:**

El estudio de la calidad en el punto de conexión a red es de especial importancia para la optimización de los procesos productivos de las empresas. La detección de cualquier perturbación en la red, así como la evaluación del contenido de distorsión armónica en las instalaciones y la energía consumida son parámetros a evaluar por cualquier instalación con el objetivo de mejorar el rendimiento de la misma. Los sistemas de CIRCUTOR engloban las soluciones necesarias de cubrir estas necesidades.

### 1.8.1.2 Tabla de Productos.

	<b>QNA-403</b>	<b>QNA-413</b>	<b>QNA-423</b>	<b>QNA-412</b>
Comunicación.	RS-485	RS-485	RS-485	RS-485
Tensión.	*	*	*	*
Frecuencia.	*	*	*	*
THD U.	*	*	*	*
Descomposición Armónica (V).	hasta 25 armónico	hasta 50 armónico	hasta 25 armónico	hasta 50 armónico
Flicker.	*	*	*	*
Sobretensiones.	*	*	*	*
Huecos de Tensión.	*	*	*	*

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

Interrupciones.	*	*	*	*
Gráfica Vrms Eventos.		*		*

Tabla 1 Circutor.

➤ **Interrupciones: [5]**

Evento de tensión en los que el valor eficaz está por debajo del 10 % (ó 1 % según criterio escogido) de la tensión nominal declarada ( $U_{DIN}$ ).

➤ **Sobretensiones: [5]**

Fenómeno en el que la tensión aumenta por encima del 110 % de la tensión declarada (107 % según criterio elegido). Estas se clasifican en temporales (cuando la duración es relativamente larga) o transitorias (cuando la duración es de unos milisegundos).

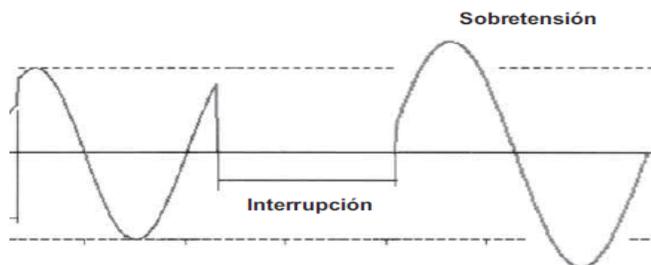


Figura 6 Interrupción y Sobretensión.

➤ **Comunicación RS-485:**

Este tipo de comunicación se utiliza cuando se necesita transmitir a largas distancias o con más altas velocidades que RS-232. Permite conectar el equipo dentro de una red multipunto interna con más periféricos asociados, gestionándose todo desde una única PC.

**Ventajas de RS-485:**

- ✓ Esta interface tiene muchas ventajas con respecto a RS 232, entre las cuales se mencionan:

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

- ✓ Bajo costo: Los Circuitos Integrados para transmitir y recibir son baratos y solo requieren una fuente de +5V para poder generar una diferencia mínima de 1.5v entre las salidas diferenciales. En contraste con RS-232 que en algunos casos requiere de fuentes dobles para alimentar algunos circuitos integrados.
- ✓ Capacidad de interconexión: RS-485 es una interface multi-enlace con la capacidad de poder tener múltiples transmisores y receptores. Con una alta impedancia receptora, los enlaces con RS-485 pueden llegar a tener a lo máximo hasta 256 nodos.
- ✓ Longitud de Enlace: En un enlace RS-485 puede tener hasta 4000 pies de longitud, comparado con RS-232 que tiene unos límites típicos de 50 a 100 pies.
- ✓ Rapidez: La razón de bits puede ser tan alta como 10 Mega bits/ segundo.

## 1.8.1.3 Ventanas fundamentales de los datos.

Los resultados se muestran a través de gráficas sencillas, donde se puede manejar los datos de forma clara.

Para ello tratan los diagramas de barras para mostrar el resultado de las estadísticas de los eventos, porque reúnen los datos en categorías, lo que permite comparar valores de cada categoría rápidamente, además permiten hacer un resumen de estos datos.

Para el comportamiento de los eventos utilizan gráficas de punto porque ofrecen grandes posibilidades para la representación de datos y pueden ser utilizados en múltiples situaciones, incluso para representar los resultados obtenidos por métodos de análisis más complicados.

También utilizan una ventana que contiene las listas de los eventos con los parámetros que se están midiendo en un tiempo determinado.

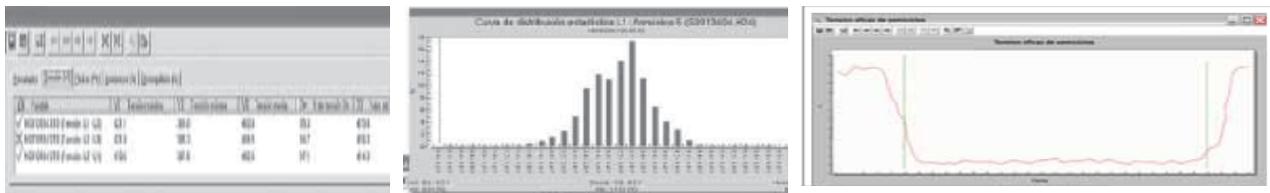


Figura 7 Gráficas de comportamiento.

## 1.8.1.4 Software de Gestión Energética. [6]

Hoy en día empresas e industrias buscan a parte de controlar enérgicamente sus instalaciones, tener un control centralizado de toda la instalación para su gestión y mantenimiento.

Circuitor ofrece una gama de software para esta problemática: Power-Vision y PowerStudio. Mediante PowerStudio se puede leer en tiempo real los valores instantáneos de todos los equipos Circuitor y generan un histórico de datos que se guarda en una PC para su posterior estudio. Además mediante Power-Vision poden descargar los datos almacenados en los equipos que disponen de memoria interna.

### ➤ **PowerStudio:**

La finalidad de este software es el procesamiento de los datos y elaboración de informes, con el objetivo de adoptar medidas preventivas o correctivas en la instalación, por esta razón Circuitor ha desarrollado el software de gestión energético integral PowerStudio SCADA.

En definitiva este software permite la integración de los equipos Circuitor para su gestión, mediante el registro de todos los parámetros comentados, el PowerStudio SCADA genera gráficos y tablas de los diferentes parámetros eléctricos.

Con estos datos se puede visualizar la evolución en el tiempo de cualquier parámetro eléctrico o de proceso, e incluso visualizar el incremento de una variable totalizada en el tiempo (energía).

### ➤ **Power-Vision:**

Power-Vision es un software diseñado para funcionar en entorno Windows, que permite leer, procesar y presentar de forma gráfica o numérica los registros obtenidos del QNA.

Es una herramienta de altas prestaciones que eleva la potencia de información registrada por los equipos.

Este software permite tanto a usuarios expertos como a aquellas personas que lo utilizan por primera vez sacar el máximo rendimiento de forma rápida y sencilla. Se trata de una herramienta de gran potencia, flexibilidad y sencillez.

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

---

Al realizar el análisis, el software indica si durante el periodo de estudio es correcta la calidad del suministro. Si no es correcta, indica la existencia de irregularidades permitiendo localizar en el tiempo la incidencia, su duración, el valor medio, máximo, mínimo, anterior y la causa de la misma.

## Para la gestión de la información el software Power-Vision:

- ✓ Realiza gráficas y listados de todas las variables.
- ✓ Exporta la información a ficheros .txt para luego poderla tratar desde cualquier hoja de cálculo.
- ✓ Imprime los resultados del análisis.
- ✓ Exporta las gráficas y tablas a .bmp.
- ✓ Realiza un estudio gráfico mediante las tablas de los datos obtenidos de un equipo.

### 1.8.2 Fluke.

Diseñado para la detección de problemas en el suministro de energía eléctrica, en los sistemas de distribución industrial de energía y en las redes de baja tensión trifásicas, Fluke proporciona la flexibilidad de personalizar los algoritmos, y la medición de las selecciones. Cuenta con 8 canales (4 corrientes / 4 voltajes o tensiones) y capta los detalles más completos sobre el usuario y permite seleccionar los parámetros para su posterior análisis y presentación de informes.

#### 1.8.2.1 Aplicaciones.

**El análisis detallado de las perturbaciones:** Realiza un análisis y descubre la causa del mal funcionamiento del equipamiento.

#### 1.8.2.2 Tabla de Productos.

	1760 Basic	1760TR Basic	1760	1760TR
Tensión.	*	*	*	*
Frecuencia.	*	*	*	*

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

THD.	*	*	*	*
Interarmónicos (V).	50	50	50	50
Flicker.	*	*	*	*
Sobretensiones.	*	*	*	*
Huecos de Tensión.	*	*	*	*
Interrupciones.	*	*	*	*
Gráfica Vrms Eventos.	*	*	*	*

Tabla 2 Fluke.

### 1.8.2.3 Rango de Medición.

Desarrollado en cooperación con los proveedores de servicios públicos de energía, el Fluke proporciona un análisis estadístico de la calidad de la energía de acuerdo a la norma. Se captura el voltaje y la corriente de datos en forma de onda en todas las fases simultáneamente. Una variedad de parámetros da la calidad de la energía, incluyendo los valores RMS, el parpadeo, huecos de tensión, desequilibrio de voltaje, armónicos de corriente y voltaje hasta el orden 50, interarmónicos, THD, red de señalización, potencia reactiva, transitorios, y factor de potencia.

### 1.8.2.4 Análisis del Software.

El Fluke incluye el software PQ Analyze para el análisis detallado de alimentación de calidad en las PC con sistemas operativos basados en Windows, con el que podrá realizar análisis de la calidad eléctrica y generar los informes pertinentes con suma facilidad. Instalado en un sistema online, el software permite las siguientes funciones remotas: configuración del instrumento, procesamiento del trabajo, comparaciones en tiempo real de los valores medidos y descarga de datos, que podrá estudiar en diagramas de tendencias para analizar el origen de las anomalías o como una relación estadística con distintos formatos. [7]



# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

	PM 130 EH	PM 175	C 191 HM
Comunicación.	RS-485	RS-485	RS-485
Tensión.		*	*
Frecuencia.	*	*	
THD.	*	*	*
Descomposición Armónica (V).	63	*	39
Flicker.		*	*
Interrupciones.	*	*	

**Tabla 3** Satec.

➤ **PM 130 EH: [8]**

Este equipo puede controlar el consumo y tener un control preciso con información muy valiosa. Este modelo está diseñado para medir hasta la armónica 63 por medio de su software PAS, lo que resulta muy útil a la hora de realizar controles preventivos y de mantenimiento. El medidor PM130EH PLUS mide hasta 80 parámetros eléctricos localmente y hasta 100 parámetros vía RS485 con su potente software PAS.

El sistema de comunicación RS-485 permite conectar el equipo a través de protocolos MODBUS ASCII o DNP3.0 con sistemas SCADAs. Esta comunicación potencia aún más las virtudes del equipo y lo integra a una red de medidores, generalmente con el fin de realizar la medición de consumos parciales, ya sea una parte de su línea de producción como el de un equipo o sección de su empresa en particular.

➤ **PM 175:**

El PM175 sirve una amplia gama de usuarios dentro del mercado del IEC: consumidores de los operadores de la subestación, de los integradores de sistema de la energía eléctrica, de los usuarios del generador, industriales y comerciales de la energía.

## ➤ C 191 HM:

El Multímetro de Energía C191HM supervisa y controla cada armónico y los parámetros de la energía. También C191HM ofrece protección de bajo voltaje, control de sobrecorriente, control avanzado de punto de control y alarmas programables para cada corriente / tensión armónica. Armónicos impares que se muestran hasta los 39<sup>o</sup> armónico, incluso armónicos, así como el factor K por fase actual, se muestran a través de las comunicaciones.

### 1.8.3.2 PAS. (Power Analysis Software)

Este programa está disponible para todos los equipos de Satec facilitándole la configuración, visualización, programación, análisis, visualización de oscilografías, análisis armónicos y registro.

#	Parameter	Value	#	Parameter	Value
1	V.L1.L2 AVR	231	21	SVA TOT AVR	61
2	V.L3.L2 AVR	231	22	PF TOT AVR	271
3	V.L3.L3 AVR	231	23	A.MBT AVR	271
4	A.L1 AVR	905	24	FREQ AVR	4
5	A.L2 AVR	905	25	SWRIP.BD.MAX	66
6	A.L3 AVR	905	26	SWRIP.ACC.DMD	1
7	WPL1 AVR	219	27	SVA.BD.MAX	66
8	WPL2 AVR	209	28	SVA.ACC.DMD	—
9	WPL3 AVR	219	29	A.DMD.L1 MAX	64
10	WVR.L1 AVR	9	30	A.DMD.L2 MAX	64
11	WVR.L2 AVR	9	31	A.DMD.L3 MAX	64
12	WVR.L3 AVR	9	32	SWRIP.FORT	125166
13	SVA.L1 AVR	219	33	SWRIP.FORT	—
14	SVA.L2 AVR	209	34	SWRIP.NET	11
15	SVA.L3 AVR	219	35	THD.U.L1 AVR	3
16	PF.L1 AVR	1	36	THD.U.L2 AVR	3
17	PF.L2 AVR	1	37	THD.U.L3 AVR	3
18	PF.L3 AVR	1	38	THD.L1 AVR	3
19	WV.TOT AVR	829	39	THD.L2 AVR	3
20	WVR.TOT AVR	1	40	THD.L3 AVR	3

Figura 11 Lista de Datos.

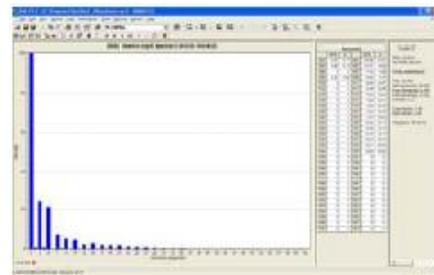


Figura 12 Análisis de los Datos.

## 1.9 Tipos de Gráficas.

Un gráfico es una representación visual mediante elementos geométricos (líneas) de una serie de datos estadísticos. La utilidad de los gráficos reside en la facilidad que proporciona para la comprensión del fenómeno estudiado, su distribución, tamaño, evolución y relaciones existentes entre variables. [9]

### 1.9.1 Definiciones de Gráficas. [10]

#### Gráficas de Barras:

Se usan cuando lo que se busca es resaltar la representación de los porcentajes de los datos que componen un total. Una gráfica de barras contiene barras verticales que representan valores numéricos.

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

---

Son una manera de representar frecuencias que están asociadas en categorías y se pueden acomodar de dos formas: horizontal o vertical.

## **Gráficas Circulares:**

Estas gráficas permiten ver la distribución interna de los datos que representan un hecho en forma de porcentajes sobre un total. Se suele separar el sector correspondiente al mayor o menor valor, según lo que se desee destacar.

## **Gráficas Lineales:**

En este tipo de gráfico se representan los valores de los datos en dos ejes cartesianos ortogonales entre sí. Las gráficas lineales se recomiendan para representar series en el tiempo y es donde se muestran valores máximos y mínimos, también se utiliza para varias muestras en un diagrama.

### **1.10 Valor Práctico.**

En una empresa como la UCI de un alto nivel tecnológico, la gran cantidad de equipos informáticos distorsionan la onda de voltaje y corriente, pero a la vez, son sensibles a dichas distorsiones, por lo que controlar la calidad de la energía garantiza la durabilidad de los equipos y la continuidad de los procesos productivos.

La aplicación en principio está pensada para un módulo que facilite el análisis de la calidad de la energía dentro de los sistemas de supervisión energética.

Se puede extender su aplicación a una amplia gama de dispositivos de diversos fabricantes a diferencia de sus homólogos que funcionan solamente con equipos de un fabricante específico, significando un ahorro al evitar sustituciones tecnológicas.

### **1.11 Observaciones del capítulo.**

Con los elementos expuestos en este capítulo se ha visto que con el aumento de la demanda de energía actual se muestran grandes problemas a escala mundial con la calidad del suministro, lo cual provoca daños a los equipos eléctricos, por lo que se realizó un estudio detallado que amplió conocimientos acerca de los diferentes analizadores de la calidad de la energía existentes en el mundo.

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica

Como resultado de esta investigación se tomaron los principales parámetros que determinan la calidad de la energía y se profundizaron en algunas compañías, enfatizándose en aquellos analizadores que brindan más información, y los softwares que muestran el comportamiento en gráficas fáciles de interpretar.

Entre las empresas analizadas, Circutor es la que más información brinda acerca de los parámetros que miden la calidad de la energía eléctrica por lo que se tomará como guía para la propuesta de aplicación para el análisis de los parámetros eléctricos.

	<b>Circutor</b>	<b>Fluke</b>	<b>Satec</b>
Comunicación.	RS-485	RS-485	RS-485
Tensión.	*	*	*
Frecuencia.	*	*	*
THD U.	*	*	*
Descomposición Armónica (V).	hasta 50 armónico	hasta 50 armónico	hasta 30 armónico
Flicker.	*	*	*
Sobretensiones	*	*	
Huecos de Tensión.	*	*	
Interrupciones.	*	*	*
Gráfica Vrms Eventos.	*		

**Tabla 4** Tabla resumen.

## Capítulo 2: Herramientas y Tecnologías.

### Introducción.

**E**xiste actualmente en el mundo una gran variedad tecnológica que brinda excelentes posibilidades para que grandes y pequeñas empresas puedan dar soluciones efectivas a sus necesidades. En este capítulo se expondrán algunas de las herramientas y tecnologías que se emplearán en el desarrollo del software que dará solución al problema científico de la presente investigación. Con el fin de adoptar las mejores opciones para cumplir el objetivo general de este trabajo de diploma son analizadas todas las herramientas y tecnologías posibles a usar. Además se hace una exposición y fundamentación de la tecnología escogida para modelar, implementar y garantizar el correcto funcionamiento de un software que gestione el análisis de la calidad de la energía eléctrica a partir de las variables que se obtienen de un analizador fijo conectado a la red.

El objetivo del reconocimiento de las tecnologías es definir herramientas que permitan obtener un prototipo funcional donde se validen los conceptos inmersos en la investigación realizada en el capítulo anterior.

### 2.1 C++ como lenguaje de programación para la implementación de la solución propuesta.

Luego de analizar las características que presentan algunos de los lenguajes de programación: Java, C, C++, se hace necesario realizar una comparación entre ellos con el objetivo de seleccionar al más apropiado para implementar el software que será producto de esta investigación.

El lenguaje de programación Java presenta una desventaja con respecto al C y al C++, esta radica precisamente en la velocidad de ejecución. Java es más lento debido a que utiliza muchos de los componentes auxiliares como librerías, base de datos y dispositivos gráficos acelerados, entre otros; además, no se compila directamente en el lenguaje de máquina del CPU en uso, sino que utiliza un programa llamado Máquina Virtual de Java (JVM) que consume grandes recursos de memoria.

En cuanto a la facilidad del lenguaje para expresar los algoritmos, C++ presenta una sobrecarga de operadores que le brinda una expresividad notable cuando se implementan aplicaciones científicas-matemáticas, la sintaxis de clases y objetos permiten manipular convenientemente diversas estructuras de datos y operaciones, las excepciones permiten procesar de un modo claro (aunque a veces con más

## Capítulo 2: Herramientas y Tecnologías

---

código) los casos de errores. La sintaxis de Java es muy similar a la del C++, aunque la eliminación de punteros le otorga a este lenguaje la característica de ser más seguro, pero el proceso de desarrollo de aplicaciones es más complejo. Por su parte C es calificado como altamente expresivo y potencialmente muy económico dada su cantidad de palabras claves, es capaz de soportar estructuras de programación complejas.

“Los lenguajes analizados permiten desarrollar funciones, clases, y paquetes de modo independiente cada cual con sus convenciones particulares. En C++ los conceptos de clases y “espacios de nombres” (namespace) proporcionan dos niveles adicionales de empaquetado, mientras que en Java los equivalentes corresponden a las clases y los paquetes, mientras que C proporciona dos niveles: componentes visibles dentro del código fuente, y componentes visible globalmente (funciones y variables)”. [11]

A pesar de sus desventajas, se ha escogido C++ como lenguaje de programación a emplear para la implementación del software que dará solución al problema científico de la presente investigación basados principalmente por su seguridad y portabilidad.

Una de las razones de programar en C++ es su increíble versatilidad. Con él pueden programarse desde las aplicaciones más simples hasta las más densas; entre ellas los sistemas operativos. Además es portable, por lo cual se podrá compilar en cualquier sistema operativo o sistema informático sin necesidad de cambiar casi el código fuente. Otra de las grandes ventajas de este lenguaje, es que es un lenguaje multi-nivel, pues puede ser usado para programar directamente el hardware (dependiendo del sistema operativo), o para crear aplicaciones con interfaces de usuario. [12].

### **2.2 RUP como metodología de desarrollo de software. [13]**

Una metodología es el conjunto de técnicas y procedimientos que permite conocer los elementos necesarios para definir un proyecto de software. Ayudan a desarrollar un software con alta calidad evitando los siguientes percances:

- ✓ Resultados impredecibles.
- ✓ Detección tardía de errores.
- ✓ La introducción de nuevas herramientas afectará perjudicialmente al proceso.

## Capítulo 2: Herramientas y Tecnologías

- ✓ Cambios de organización también afectarán al proceso.
- ✓ Resultados distintos con nuevas clases de productos.

Se decidió utilizar RUP por ser una metodología que asegura la producción de software de alta calidad y capaz de ajustarse a las necesidades de los usuarios finales con un costo y un calendario predecible.

No por ser pequeño el equipo de desarrollo encargado de dar solución al problema científico de la presente investigación, se podría descartar esta opción de utilizar RUP como metodología de desarrollo; porque con la abundante documentación que genera a partir de los artefactos confeccionados serviría de apoyo si se tiene en cuenta la posibilidad de una posterior integración con otras aplicaciones. Esta característica es útil además para aprovechar los elementos reutilizables en otras aplicaciones que lo requieran.

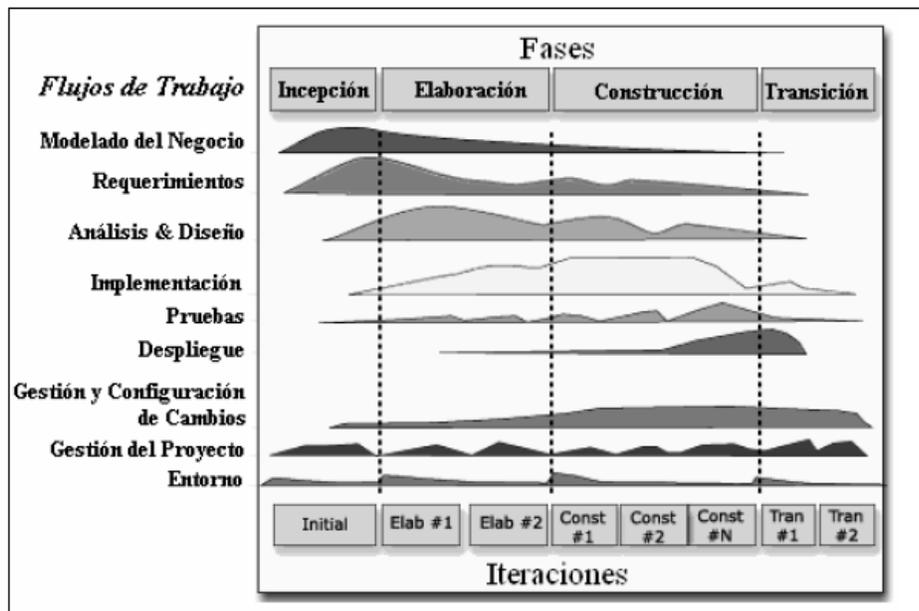


Figura 13 Disciplinas, fases, iteraciones del RUP.

### 2.3 Lenguaje Unificado de Modelado (UML) como soporte de la modelación de la solución propuesta.

## Capítulo 2: Herramientas y Tecnologías

---

Lenguaje Unificado de Modelado (UML, por sus siglas en inglés, Unified, Modeling Language) es un lenguaje gráfico de modelado. Es importante resaltar que es un "lenguaje" para especificar y no para describir métodos o procesos. [14]

UML permite:

- ✓ **Visualizar:** expresa de una forma gráfica un sistema de forma que otro lo puede entender.
- ✓ **Especificar:** especifica cuáles son las características de un sistema antes de su construcción.
- ✓ **Construir:** permite que a partir de los modelos especificados se puedan construir los sistemas diseñados.
- ✓ **Documentar:** Los propios elementos gráficos sirven como documentación del sistema desarrollado que pueden servir para su futura revisión.

Se usa para entender, diseñar, configurar, mantener y controlar la información sobre los sistemas a construir. Permitiendo que diseñadores diferentes, modelando sistemas diferentes, puedan entender cada uno de los diseños de los otros.

UML tiene un vocabulario en el que se identifican:

- ✓ **Elementos:** Abstracciones que constituyen los bloques básicos de construcción.
- ✓ **Relaciones:** Ligan los elementos.
- ✓ **Diagramas:** Es la representación gráfica de un conjunto de elementos y sus relaciones.

Este estándar está presente en casi el 100% de las aplicaciones que se desarrollan, todos los conceptos que se manejan unidos a la metodología RUP y a los artefactos que de ella se obtienen han sido el punto clave en la evolución del desarrollo de aplicaciones. [15]

### 2.4 Visual Paradigm como herramienta CASE (Computer-Aided Software Engineering) de desarrollo.

Una herramienta CASE brinda asistencia técnica a analistas, ingenieros de software y desarrolladores para el análisis de requisitos, modelado visual y documentación durante un fragmento o todo el ciclo de

## Capítulo 2: Herramientas y Tecnologías

---

vida de un proyecto de software. Visual Paradigm es la herramienta apropiada para modelar la solución propuesta porque permite el modelado orientado a objetos, y está, a la vez, orientada al Lenguaje Unificado de Modelado (UML) que fue el escogido en este trabajo de diploma como soporte para la modelación. Es una herramienta multiplataforma y algunas de sus versiones son libres, además está estrechamente relacionada con la metodología de desarrollo de software a utilizar en la presente investigación.

Esta herramienta permite realizar ingeniería tanto directa como inversa, ya que es capaz de generar las clases asociadas a las tablas siguiendo el patrón de diseño Una Clase-Una Tabla. Además es colaborativa, es decir, soporta múltiples usuarios trabajando sobre el mismo proyecto; genera la documentación del proyecto automáticamente en varios formatos como Web o .Pdf, y permite control de versiones. Se destaca por su robustez, usabilidad y portabilidad.

### 2.5 Entorno de Desarrollo Integrado (IDE): Eclipse.

Eclipse es uno de los proyectos de código abierto más interesantes y más usados para el desarrollo de aplicaciones. Es una potente herramienta universal de entorno de desarrollo, permite plugins para varios lenguajes. La plataforma está construida en base a plugins, mecanismo que permite desarrollar, integrar y correr nuevos plugins.

Otros beneficios que aporta el uso de Eclipse son: **[16]**

- ✓ Es una herramienta de código abierto.
- ✓ Eclipse es neutral y adaptable a cualquier tipo de lenguaje, por ejemplo C/C++, Cobol, C#, XML, etc. La característica clave de Eclipse es la extensibilidad.
- ✓ Compilación en tiempo real.
- ✓ La depuración e implementación de aplicaciones resultan mucho más sencillas.
- ✓ Es multiplataforma.

Eclipse emplea módulos para proporcionar toda su funcionalidad al frente de la plataforma de cliente, a diferencia de otros entornos monolíticos donde las funcionalidades están todas incluidas, las necesite el

## Capítulo 2: Herramientas y Tecnologías

---

usuario o no. Este mecanismo de módulos es una plataforma ligera para componentes de software. Adicionalmente le permite extenderse usando otros lenguajes de programación como son C/C++ y Python. Además provee al programador frameworks para el desarrollo de aplicaciones gráficas.

### 2.6 QT como framework para el desarrollo de interfaces gráficas de usuario.

Qt es una framework multiplataforma para desarrollar programas con interfaces gráficas de usuarios, aplicaciones de consola y servidores. Esta biblioteca basada en C++, se puede integrar a varios IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) como son Eclipse, CodeBlock, Kdevelop, etc. Disponible para sistema Linux, Microsoft Window, y algunas versiones sobre Mac OS . Qt además está completamente orientado a objetos.

Qt presenta características esenciales como:

- ✓ Un mecanismo de comunicación entre objetos llamado “señales y ranuras” (“signals and slots”).
- ✓ Las propiedades de cada objeto se pueden diseñar y consultar.
- ✓ Potentes eventos y filtros de eventos.
- ✓ Cadenas contextuales de traducción para una mejor internacionalización.
- ✓ Un sofisticado soporte de temporizadores que hacen posible integrar elegantemente muchas tareas en una GUI orientada a eventos.
- ✓ Un árbol jerárquico de objetos ordenados de un modo natural y con una fácil interpretación.

Qt es una de las librerías más completas, con abundante documentación y facilita el manejo de ficheros.

### 2.7 Biblioteca Qwt.

La biblioteca Qwt contiene componentes Qt GUI y clases de utilidad que son principalmente utilizadas por programas con un trasfondo técnico. Proporciona escalas, deslizadores, diales, brújulas, termómetros, ruedas y botones, para controlar o mostrar valores, listas o rangos de tipo **double**. Está basada en la biblioteca Qt, por lo que aprovecha todas las características de la misma, como son el sistema “SIGNALS and SLOTS”.

## Capítulo 2: Herramientas y Tecnologías

---

Qwt se distribuye bajo los términos de la Licencia de Qwt, versión 1.0. Además esta biblioteca no distribuye paquetes binarios, pero en la actualidad todos los principales distribuidores de GNU/Linux ofrecen uno. Hay que tener en cuenta que estos paquetes a menudo no incluyen los ejemplos. Existen bindings o versiones, para Python (PyQwt) y para Ruby (Korundum / QtRuby). Un ejemplo de aplicación desarrollada con Qwt es LabView. El uso de esta biblioteca ahorra una enorme cantidad de tiempo y esfuerzo, pues de lo contrario se tendrían que desarrollar algunos componentes desde el inicio. Solo se debe adaptar los widgets que proporciona a los requisitos funcionales que deben poseer.

Esta biblioteca es de gran importancia en la solución desarrollada ya que facilitó el trabajo con las gráficas, por la reutilización del código de los ejemplos propuestos adaptándolos a las necesidades planteadas.

### 2.8 Sistema operativo: GNU/Linux.

GNU/Linux es un sistema operativo basado en Unix que puede ser utilizado en ordenadores con arquitecturas Intel (PCs principalmente), etc. Proporciona altas prestaciones con un bajo consumo de recursos.

Funciones Principales: [17]

- ✓ **Sistema multitarea:** En Linux es posible ejecutar varios programas a la vez sin necesidad de tener que parar la ejecución de cada aplicación.
- ✓ **Sistema multiusuario:** Varios usuarios pueden acceder a las aplicaciones y recursos del sistema Linux al mismo tiempo. Y, por supuesto, cada uno de ellos puede ejecutar varios programas a la vez (multitarea).
- ✓ **Shells programables:** Un shell conecta las órdenes de un usuario con el Kernel de Linux (el núcleo del sistema), y al ser programables se puede modificar para adaptarlo a tus necesidades. Por ejemplo, es muy útil para realizar procesos en segundo plano.
- ✓ **Independencia de dispositivos:** Linux admite cualquier tipo de dispositivo (módems, impresoras) gracias a que cada una vez instalado uno nuevo, se añade al Kernel el enlace o controlador necesario

## Capítulo 2: Herramientas y Tecnologías

---

con el dispositivo, haciendo que el Kernel y el enlace se fusionen. Linux posee una gran adaptabilidad y no se encuentra limitado como otros sistemas operativos.

- ✓ **Comunicaciones:** Linux es el sistema más flexible para poder conectarse a cualquier ordenador del mundo. Internet se creó y desarrolló dentro del mundo de Unix, y por lo tanto Linux tiene las mayores capacidades para navegar, ya que Unix y Linux son sistemas prácticamente idénticos.

### 2.9 Observaciones del capítulo.

Durante el presente capítulo se han enunciado y caracterizado los principales componentes tecnológicos a tener en cuenta en el desarrollo de la solución propuesta en este trabajo de diploma. Se han comparado las distintas posibilidades y se ha escogido, entre otras, la metodología de desarrollo de software, el lenguaje de programación, la biblioteca para el desarrollo de interfaces gráficas de usuario y el entorno de desarrollo integrado apropiados para conseguir de manera óptima el objetivo general de la presente investigación. Se ha asumido como principal premisa la de lograr la libertad tecnológica del producto, teniendo siempre en cuenta el soporte sobre diferentes sistemas operativos y el cumplimiento con los principios de la comunidad de software libre.

# Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

---

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación.

### Introducción.

**E**n este capítulo se explica el tratamiento de análisis de las variables que determinan cada parámetro de la calidad de la energía eléctrica, además se representa el diagrama del modelo del dominio explicando los principales conceptos que tienen que ver con la solución. Se identifican los requisitos funcionales y no funcionales de los cuales se derivan los casos de uso, presentándose además el diagrama de casos de uso del sistema y su descripción detallada. También se representa la estructura del diagrama de clases del sistema y el modelo de la arquitectura utilizada.

### 3.1 Análisis de los parámetros para cuantificar la calidad de la energía eléctrica.

**El análisis cuenta con tres espacios fundamentales:**

- ✓ Listar la información de los eventos que le ocurren a los parámetros que determinan la calidad de la energía eléctrica.
- ✓ Graficar el comportamiento estadístico de los parámetros que determinan la calidad de la energía eléctrica.
- ✓ Graficar el comportamiento de las variables que determinan los parámetros de la calidad de la energía eléctrica.

ADDRESS	BYTES	VARIABLE	Type
0280h	2	V L1-N	VN
0286h	2	V L2-N	V
028Ch	2	V L3-N	V
0292h	2	V L1-L2	VC
0294h	2	V L2-L3	VC

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

0296h	2	V L3-L1	VC
0298h	2	VL-L $\Sigma$	VC
02B8h	2	Hz	H
02CEh	4	Hourmeter	HM

**Tabla 5** Dirección de las variables de los parámetros eléctricos.

### Frecuencia:

- ✓ **Listar la información de los eventos que le ocurren a la Frecuencia que determina la calidad de la energía eléctrica.**

El valor de la variable que se guarda en la Base de Datos (BD) con respecto a la frecuencia después de haber sido sometida a un análisis y haber determinado qué valores están en el rango de ocurrencia de eventos, se debe listar en una ventana mostrando la información requerida de estos eventos.

A los datos de estas variables se les hace un análisis donde se compara el valor de la variable con el  $\pm 1\%$  de 60 HZ que es el valor establecido por la norma IEC que recomienda el Reglamento Electrotécnico Cubano (REC) y se notificará como de buen estado, si se sale de este rango se notifica como la ocurrencia de un evento, si se sobrepasan el 4% por encima y el 6% por debajo de 60 HZ se notificará la ocurrencia de un evento de mayor gravedad.

### Valores de comparación:

60 Hz  $\pm 1\%$  (59,4 - 60,6 Hz).

60 Hz - 6%, +4% (56,4 - 62,4 Hz).

Si el valor de la variable cae por debajo del 5% del valor nominal (60Hz) el evento se clasifica como posible interrupción.

En la ventana donde se listarán los eventos se mostrará la información siguiente: Valor, Mensaje: Evento que ocurre en el instante del valor correspondiente.

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

---

- ✓ **Graficar el comportamiento estadístico de la frecuencia que determina la calidad de la energía eléctrica.**

Para el análisis estadístico se utilizará la gráfica de barra donde se graficará el comportamiento de la frecuencia en un tiempo determinado, se podrá realizar el resumen estadístico de cuánto tiempo se mantuvo la frecuencia en buenas, regular y malas condiciones.

Se toman los valores de la variable que determina el comportamiento de la frecuencia, y se verifica que su valor coincida con el  $\pm 1\%$  de 60 HZ que es el valor establecido por la norma IEC que recomienda el Reglamento Electrotécnico Cubano (REC) y se notificará como porcentaje de buen estado del total. Si estos valores se salen de este rango se notifica como porcentaje de ocurrencia de evento. En caso de que sobrepasen el  $+4\%$  por encima o el  $-6\%$  por debajo de 60 HZ se notificará como porcentaje de ocurrencia de un evento de mayor gravedad.

- ✓ **Graficar el comportamiento de la Frecuencia que determina los parámetros de la calidad de la energía eléctrica.**

Para un análisis detallado de los valores de la variable se utilizará una gráfica de línea, donde se representará el comportamiento de la frecuencia en un tiempo determinado con un período de 1 minuto.

En esta gráfica ya estarán los valores de referencia que determinan el buen comportamiento, la presencia de eventos y la ocurrencia de eventos de mayor gravedad. Estos valores son:  $\pm 1\%$  de 60 HZ,  $+4\%$  y el  $-6\%$  de 60 Hz que son los valores que establece la norma IEC recomendada en el REC.

Se hace más fácil el análisis ya que todo el tiempo donde la frecuencia se mantuvo dentro del  $\pm 1\%$  de 60 Hz estuvo en condiciones favorables, cuando sobrepasa estos límites pero aún está en el espacio de  $+4\%$  y el  $-6\%$  de 60 Hz estuvo en presencia de ocurrencia de eventos, y si sobrepasa este rango la ocurrencia de eventos es de mayor grado.

La gráfica estará en función de la frecuencia contra el tiempo, ya que estos se almacenan durante un período determinado por cada minuto.

### **Variaciones de Tensión:**

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

---

- ✓ **Listar la información de los eventos que le ocurren a las Variaciones de Tensión que determinan la calidad de la energía eléctrica.**

Al igual que el parámetro anterior, los datos que se almacenan en la BD con respecto a la tensión son sometidos a un análisis para determinar el comportamiento de la tensión. Este análisis cuenta con una comparación de valores que se toman por referencia, siguiendo lo establecido por el REC.

La forma práctica de determinar la duración de los eventos es la siguiente: si hay más de un dato consecutivo que genera evento en un rango específico se presencia una **variación lenta de tensión**. De lo contrario si el evento es generado por un dato aislado entonces se está en presencia de una **variación rápida de tensión**, ya que los datos se almacenan en la BD en el período establecido de 1 minuto.

Comparación: Variaciones lentas de tensión.

- ✓  $V \geq 1.1 * V_N$     Sobretensión
- ✓  $0.1 * V_N < V \leq 0.9 * V_N$     Subtensión
- ✓  $V \leq 0.1 * V_N$     Interrupción

Siendo V el valor de las variaciones lentas de tensión.

Comparación: Variaciones rápidas de tensión.

- ✓  $V \geq 1.1 * V_N$     Impulso
- ✓  $0.1 * V_N < V \leq 0.9 * V_N$     Hueco
- ✓  $V \leq 0.1 * V_N$     Corte breve

Siendo V el valor de las variaciones rápidas de tensión.

Ya que las comparaciones son las mismas en los dos casos esta ocurrencia solo la determina el tiempo que demoró en restablecerse la tensión.

- ✓ **Graficar el comportamiento estadístico de las Variaciones de Tensión que determinan la calidad de la energía eléctrica.**

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

---

Para el análisis del comportamiento estadístico de este parámetro también se utilizarán las gráficas de barras, donde se mostrará la información de cuánto tiempo se mantuvo la tensión bajo la acción de Hueco, Corte Breve, Impulso, Subtensión, Sobretensión e Interrupción.

El cálculo para obtener esta información será el promedio de cuánto tiempo el voltaje se mantuvo bajo la acción de algún evento.

- ✓ **Graficar el comportamiento de las Variaciones de Tensión que determinan los parámetros de la calidad de la energía eléctrica.**

Para realizar el análisis de las variables que determinan el comportamiento del parámetro de la calidad de la energía eléctrica: “variaciones de tensión”, se grafican los datos que se almacenan en la BD utilizando gráficos de líneas.

Esta información será graficada de la siguiente forma:

En una gráfica Voltaje contra Tiempo se mostrará la información que representa el comportamiento de voltaje entre las líneas VL1-2, VL2-3, VL3-1 y entre línea – neutro VL1-N, VL2-N, VL3-N.

### **Simetría:**

Para este parámetro el analizador no identifica las variables que determinan el comportamiento de la Simetría, pero a partir de los datos que se obtienen del voltaje se pueden calcular los valores referentes a este parámetro para poder realizar su análisis.

Para determinar de forma aproximada el grado de asimetría que existe en un punto donde se registran tensiones de: VL1-L2, VL2-L3, VL3-L1, VL1-N, VL2-N, VL3-N se realiza el siguiente cálculo:

- ✓ **Asimetría Línea-Línea:**

Valor medio =  $(VL1-L2 + VL2-L3 + VL3-L1) / 3$

Desviaciones: La resta se realiza el mayor valor menos el menor.

$(VL1-L2) - \text{Valor medio}$

$(VL2-L3) - \text{Valor medio}$

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

---

(VL3-L1) - Valor medio

Del cálculo de las desviaciones se toma el mayor valor y se comparan modularmente, obteniendo la desviación máxima respecto del valor medio de tensión.

Finalmente se realiza el cálculo que determina el grado de asimetría, con los valores procesados anteriormente.

$$U_{asim} (\%) = \frac{\text{Desviación máxima respecto del valor medio de tensión}}{\text{Valor medio de tensión}} \cdot 100$$

Para obtener el grado de asimetría entre **Línea – Neutro** se realiza el mismo proceso descrito anteriormente pero con los valores de las variables que determinan el voltaje Línea- Neutro (VL1-N, VL2-N, VL3-N), para obtener los valores de: Valor medio de tensión y Desviación máxima respecto del valor medio de tensión.

- ✓ **Listar la información de los eventos que le ocurren a la Simetría que determina la calidad de la energía eléctrica.**

Los resultados obtenidos anteriormente se someten a un análisis antes de ser listados para determinar su estado de B, R, M:

Comparación:

- ✓ (0 – 2) – Bien (**B**)
- ✓ (2 - 5) – Regular (**R**)
- ✓ (5 - 100) – Mal (**M**)

Luego de la comparación se listan los eventos.

- ✓ **Graficar el comportamiento estadístico de la Simetría que determina la calidad de la energía eléctrica.**

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

---

Para el análisis del comportamiento estadístico de este parámetro también se utilizarán los gráficos de barras, donde se mostrará la información del porcentaje que representa cada estado del total.

- ✓ **Graficar el comportamiento de la Simetría que determinan los parámetros de la calidad de la energía eléctrica.**

Para realizar el análisis que determina el comportamiento del parámetro “Simetría” se graficarán en una gráfica de líneas los datos que se obtuvieron del razonamiento realizado anteriormente para determinar el grado de simetría a partir de los valores del voltaje obtenido de la BD.

La gráfica se realizará de grado de simetría contra tiempo. En la misma se mostrarán los comportamientos de estos valores entre Línea- Neutro y Línea- Línea.

### 3.2 Recomendaciones parciales.

El evento Flicker y otros eventos de variaciones rápidas de tensión no pueden ser analizadas porque los datos que se obtienen de la BD donde se almacena la información de las variables que se recogen del analizador son guardadas cada minuto, y estos eventos necesitan la precisión de los datos en un orden de microsegundos y por tanto no se cuenta con información suficiente para detectar la ocurrencia de eventos para estos parámetros.

THD (Armónicos): A este parámetro no se le puede realizar el análisis teniendo en cuenta los valores de las variables que se almacenan en la base de datos del analizador tomado como referencia, porque el analizador no registra estos datos.

La propuesta de solución utiliza los datos del analizador CARLO GAVAZZI WM14-96. Este no cuenta con todos los requisitos para realizar un análisis completo de la calidad de la energía. Se toman los datos de una BD que no está diseñada para almacenarlos por períodos de tiempo lo suficientemente pequeños. Esto sirve como partida para comprobar la viabilidad de la solución e identificar los nuevos objetivos para que llegue a ser un sistema robusto, funcional, flexible, escalable.

### 3.3 Modelo de dominio.

Una de las aproximaciones que existen en la Ingeniería de Software para expresar el contexto de un sistema utilizable son el modelo del negocio y el modelo de dominio.

# Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

En este trabajo se realiza modelo de dominio ya que no se logra determinar el proceso del negocio con fronteras bien establecidas, no se logra ver claramente quienes son las personas que lo inician, los beneficiados con cada uno de estos procesos, pero además quiénes son las personas que desarrollan las actividades en cada uno de estos procesos.

El Modelo de Dominio o Modelo Conceptual es una representación visual de los conceptos u objetos del mundo real significativos para un problema o área de interés. Representa clases conceptuales del dominio del problema. Representa conceptos del mundo real, no de los componentes de software, además es importante señalar que se le considera en RUP un subconjunto del llamado modelo de objetos del negocio.

Este modelo se realiza a través de un diagrama de clases de UML simplificado, en el cual se representan las clases conceptuales que pueden intervenir en el sistema y sus asociaciones preliminares, así como los objetos más importantes en el mismo.

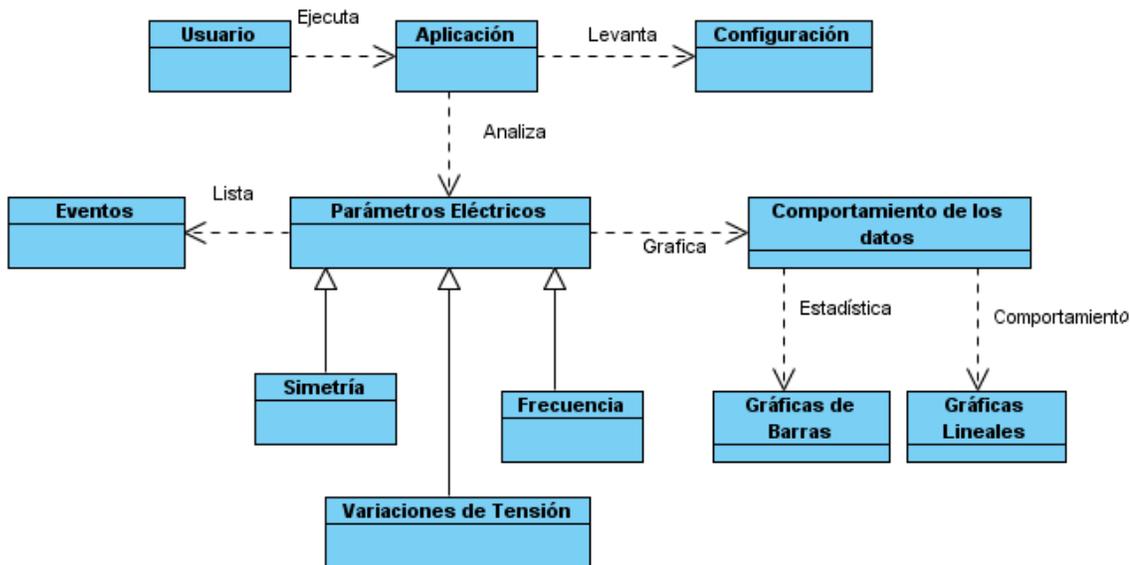


Figura 14 Modelo del dominio.

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

---

### 3.4 Requerimientos.

Los requerimientos de un sistema definen qué es lo que este debe hacer, para lo cual se identifican las funcionalidades requeridas y las restricciones que se imponen. Un requerimiento es una característica de diseño, una propiedad o un comportamiento de un sistema. Estos constituyen la descripción de los deseos o de las necesidades de un producto. Se clasifican en requerimientos funcionales y no funcionales.

#### 3.4.1 Requerimientos Funcionales.

A través de los requerimientos funcionales, se puede expresar una especificación más detallada de las responsabilidades del sistema. Con ellos, se pretende determinar de manera clara y concisa lo que debe hacer el sistema siguiendo un enfoque funcional.

##### Requerimientos Funcionales:

**RF1:** Seleccionar rango de tiempo del análisis: Expresa la necesidad del cliente de escoger la fecha de inicio y fin del análisis.

**RF2:** Listar Eventos: Expresa la necesidad de listar los eventos según el parámetro seleccionado, para mostrar la información que posteriormente se deberá graficar.

**RF2.1** Mostrar listado con la información: Valor y Mensaje.

**RF3:** Graficar Parámetro: Expresa la necesidad de graficar los eventos según el parámetro seleccionado para ofrecer un razonamiento más fácil de interpretar por los especialistas.

**RF3.1** Graficar comportamiento estadístico.

**RF3.2** Graficar comportamiento de las variables.

**RF4:** Configurar datos de referencia: Expresa la necesidad de configurar los datos que plantean las normas por las que se debe regir un análisis para determinar la calidad de la energía eléctrica a partir de parámetros que manifiestan el comportamiento de las variables que se pueden extraer del analizador en cuestión que brinda la información de los datos.

**RF5:** Conexión a la Base Datos: Expresa la necesidad de conectarse a la Base de Datos para adquirir los datos referentes a cada parámetro para realizar su análisis.

#### 3.4.2 Requisitos no funcionales.

Los requerimientos no funcionales pueden ser definidos como propiedades o cualidades que el producto debe tener, son aspectos importantes que este debe cumplir para lograr un aprovechamiento óptimo de

# Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

las funcionalidades del sistema teniendo en cuenta el entorno en el que será utilizado. A continuación se enuncian, separados en categorías, los diferentes requisitos no funcionales:

- ✓ Restricciones de diseño e implementación.

Lenguaje de Programación C++, Entorno de Desarrollo Integrado (IDE): Eclipse, Biblioteca para el desarrollo de interfaces gráficas de usuario: QT.

- ✓ Requerimientos de Software.

En la máquina donde se utilizará la aplicación deberá estar instalado el Sistema Operativo GNU/Linux (en cualquiera de sus distribuciones).

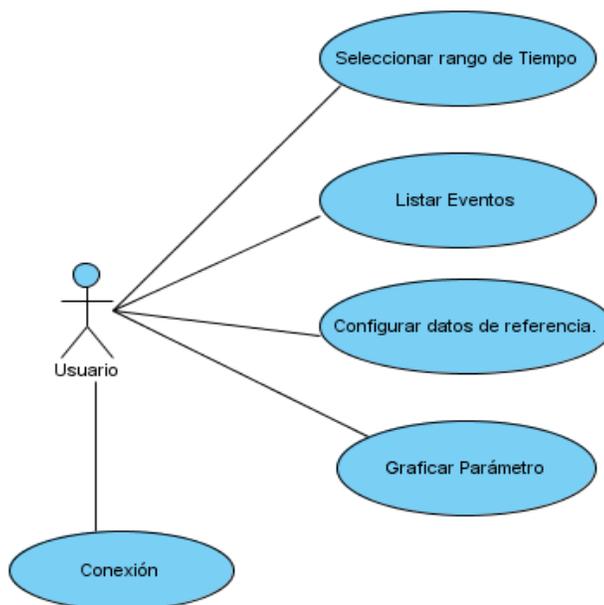
- ✓ Usabilidad.

El usuario tenga un fácil acceso a la información, aun con un mínimo conocimiento de informática.

## 3.5 Casos de Usos del Sistema.

Los casos de uso son artefactos narrativos que describen, bajo la forma de acciones y reacciones, el comportamiento del sistema desde el punto de vista del usuario. Por lo tanto, establece un acuerdo entre clientes y desarrolladores sobre las condiciones y posibilidades (requisitos) que debe cumplir el sistema.

### 3.5.1 Diagrama de Casos de Usos del Sistema.



# Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

Figura 15 Modelo de casos de uso.

## 3.5.2 Descripción detallada de los Casos de Uso del Sistema.

Mediante la descripción detallada de los casos de uso se describe paso a paso la secuencia de eventos que los actores utilizan para completar un proceso usando el sistema.

### Caso de Uso: Conexión.

<b>Objetivo</b>	Obtener los datos de la BD de las variables de cada parámetro.	
<b>Actores</b>	Usuario	
<b>Resumen</b>	En este caso de uso el usuario va a configurar la conexión a la BD con los datos requeridos. Finaliza al establecerse la conexión satisfactoriamente.	
<b>Complejidad</b>	Baja.	
<b>Prioridad</b>	Auxiliar.	
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe iniciar la ejecución del sistema.	
<b>Postcondiciones</b>	Se establece satisfactoriamente la conexión a la BD.	
<b>Flujo de eventos</b>		
<b>Flujo básico</b>		
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>	
1- El usuario ejecuta la aplicación.	1.1 El sistema muestra una ventana con los datos requeridos para la conexión.	
2- El usuario introduce los datos requeridos para establecer la conexión (ip, puerto, usuario, contraseña).		
3- Selecciona el rango de tiempo del análisis.	3.1 Ver Caso de Uso: <b>Seleccionar Rango de Tiempo.</b>	
	4- Valida los datos y si son correctos, muestra la ventana principal.	
	2.1 En caso contrario ver flujo alternativo 1.	
<b>Flujos alternos</b>	1 Muestra un mensaje de alerta indicando	

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

	que no se ha podido efectuar la conexión.	
	2 Regresar al punto 2.	
<b>Relaciones</b>	<b>CU Incluidos</b>	No tiene
	<b>CU Extendidos</b>	No tiene.
<b>Requisitos funcionales</b>	RF 5	

Tabla 6 Descripción del Caso de Uso: Conexión.

### Caso de Uso: Seleccionar Rango de Tiempo.

<b>Objetivo</b>	Capturar los datos según el rango de tiempo seleccionado por el usuario.	
<b>Actores</b>	Usuario	
<b>Resumen</b>	Establecer el rango de tiempo del análisis.	
<b>Complejidad</b>	Baja.	
<b>Prioridad</b>	Alta.	
<b>Precondiciones</b>	Debe existir el acceso a la BD.	
<b>Postcondiciones</b>	Se obtienen un conjunto de datos dentro del rango de tiempo establecido.	
<b>Flujo de eventos</b>		
<b>Flujo básico</b>		
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>	
1- Desea establecer los rangos de tiempo del análisis.	1.1- Muestra una ventana donde se podrá seleccionar la fecha y hora de inicio y fin del análisis.	
2- Introduce los datos y solicita conexión.	2.1- Valida los datos y muestra la ventana principal. 2.2- Si los datos son incorrectos, ver flujo alternativo 1.	
<b>Flujos alternos</b>	1-Muestra una ventana de alerta, indicando que	

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

	los datos son incorrectos. Regresar al punto 2.	
<b>Relaciones</b>	<b>CU Incluidos</b>	No tiene
	<b>CU Extendidos</b>	No tiene.
<b>Requisitos funcionales</b>	RF 1	

**Tabla 7** Descripción del Caso de Uso: Seleccionar Rango de Tiempo.

### Caso de Uso: Listar Eventos.

<b>Objetivo</b>	Mostrar la información de eventos según el tipo de filtrado seleccionado por el usuario.	
<b>Actores</b>	Usuario	
<b>Resumen</b>	Listar la información de las variables de cada parámetro.	
<b>Complejidad</b>	Baja.	
<b>Prioridad</b>	Crítico.	
<b>Precondiciones</b>	La aplicación debe estar iniciada.	
<b>Postcondiciones</b>	Se muestra el listado de eventos con la información requerida.	
<b>Flujo de eventos</b>		
<b>Flujo básico</b>		
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>	
1- Selecciona el parámetro que desea listar toda la información y efectúa el evento doble clic.  2- Selecciona con clic derecho encima de la variable el tipo de filtrado.	1.1- Ejecuta consulta a la BD y muestra la información que existe del parámetro seleccionado.  2.1- Muestra la información de los datos de las variables según el filtrado escogido para el parámetro seleccionado.	
<b>Flujos alternos</b>		
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>	
<b>Relaciones</b>	<b>CU Incluidos</b>	No tiene
	<b>CU Extendidos</b>	No tiene.

# Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

Requisitos funcionales	RF 2
------------------------	------

**Tabla 8** Descripción del Caso de Uso: Listar Eventos.

## Caso de Uso: Graficar Parámetros.

<b>Objetivo</b>	Graficar el comportamiento de los datos según el parámetro seleccionado por el usuario.	
<b>Actores</b>	Usuario	
<b>Resumen</b>	Mostrar el comportamiento estadístico y lineal de las variables de cada parámetro.	
<b>Complejidad</b>	Alta.	
<b>Prioridad</b>	Crítico.	
<b>Precondiciones</b>	La aplicación debe estar iniciada.	
<b>Postcondiciones</b>	Debió haber sido mostrado el comportamiento de los datos en la gráfica seleccionada.	
<b>Flujo de eventos</b>		
<b>Flujo básico</b>		
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>	
1- Accede al menú graficar. 2- Si elige: 2.1- Estadística ir a la Sección de “Estadística”. 2.2- Comportamiento ir a la Sección de “Comportamiento”.	1.1-Muestra un menú contextual con las diferentes opciones (Estadísticas, Comportamiento).	
<b>Sección “Estadística”</b>		
	1- Muestra una gráfica de barras con los datos relacionados del parámetro seleccionado.	
<b>Sección “Comportamiento”</b>		

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

	1- Muestra una gráfica lineal con los datos relacionados del parámetro seleccionado.	
<b>Flujos alternos</b>	No tiene	
<b>Relaciones</b>	<b>CU Incluidos</b>	No tiene
	<b>CU Extendidos</b>	No tiene.
<b>Requisitos funcionales</b>	RF 3	

**Tabla 9** Descripción del Caso de Uso: Graficar Parámetros.

### Caso de Uso: Configurar Datos de Referencia.

<b>Objetivo</b>	El sistema debe permitir que se puedan modificar los datos de referencia para cada parámetro.	
<b>Actores</b>	Usuario	
<b>Resumen</b>	Configurar datos de referencia.	
<b>Complejidad</b>	Media.	
<b>Prioridad</b>	Opcional.	
<b>Precondiciones</b>	La aplicación debe estar iniciada.	
<b>Postcondiciones</b>	Debió haber sido modificados los datos de referencia.	
<b>Flujo de eventos</b>		
<b>Flujo básico</b>		
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>	
1- Accede al menú configurar. 2- Selecciona el parámetro que desea configurar. 3- Introduce los datos de referencia del parámetro seleccionado.	1.1- Muestra un menú contextual con los diferentes parámetros a configurar. 2.1- Muestra la ventana de configuración del parámetro seleccionado. 3.1- Valida los datos introducidos. 3.2- Si los datos son incorrectos, ver flujo alternativo 1. 3.3- Actualiza los datos modificados.	

## Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

---

	3.4- Muestra una alerta de aceptación de la configuración.	
<b>Flujos alternos</b>	1- Muestra una alerta indicando que los datos son incorrectos. 2- Regresar al punto 3.	
<b>Relaciones</b>	<b>CU Incluidos</b>	No tiene
	<b>CU Extendidos</b>	No tiene.
<b>Requisitos funcionales</b>	RF 4	

**Tabla 10** Descripción del Caso de Uso: Configurar Datos de Referencia.

### 3.6 Descripción de la Arquitectura.

La arquitectura de software permite que los desarrolladores trabajen en una línea común, cubriendo todas las restricciones y necesidades que impone el sistema a desarrollar: guía el desarrollo a través del ciclo de vida del proyecto. En la arquitectura aparecen los artefactos más importantes para establecer un esquema de cómo deben ser los próximos artefactos a construir. Constituye un estilo de programación que consiste en la separación de las capas físicas y lógicas del sistema. [20]

El sistema contará con una arquitectura organizada en capas como se muestra en la siguiente figura:



# Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

Los diagramas de clases del diseño son diagramas de estructura estática que muestran las clases del sistema y sus interrelaciones, además especifican el lenguaje elegido para su implementación.

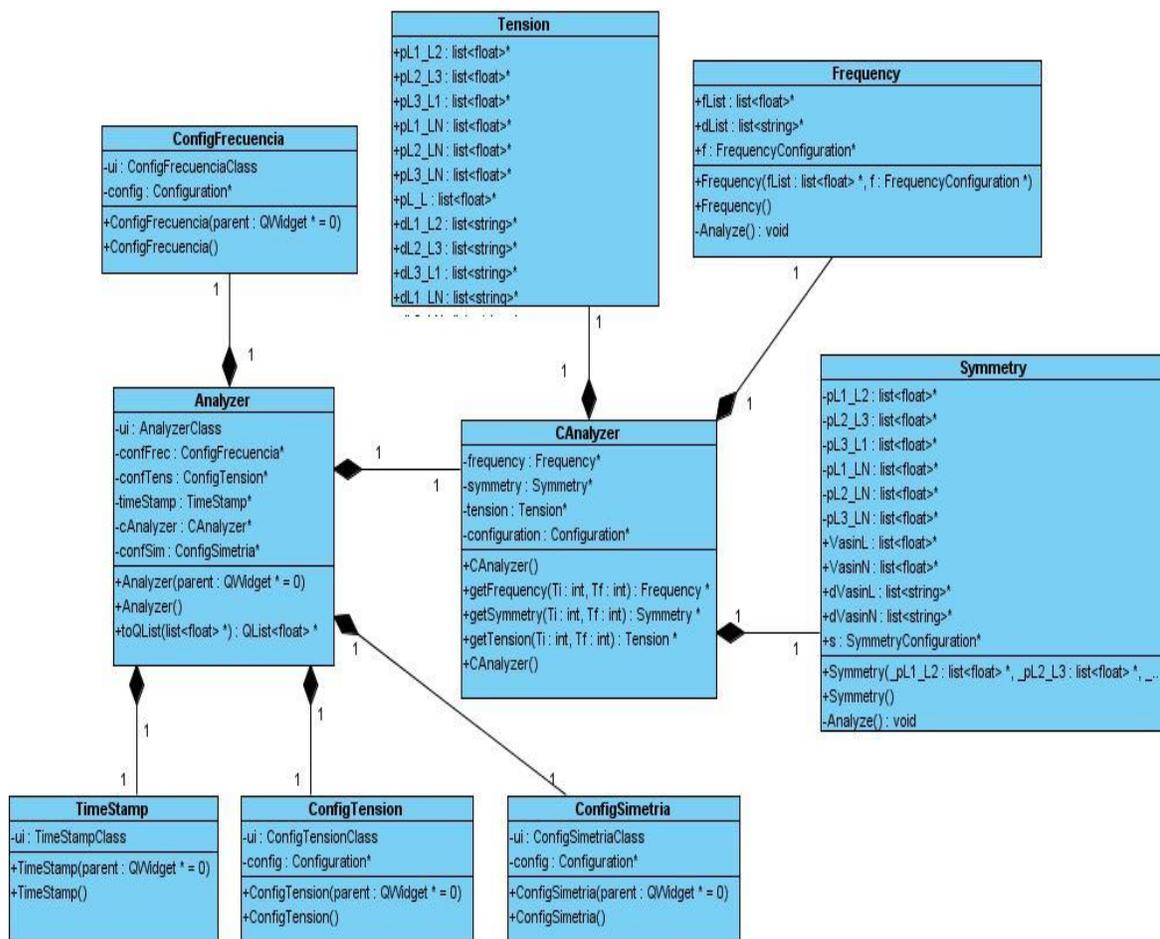


Figura 17 Diagrama de clases del subpaquete Vista.

# Capítulo 3: Características y Presentación de la Aplicación

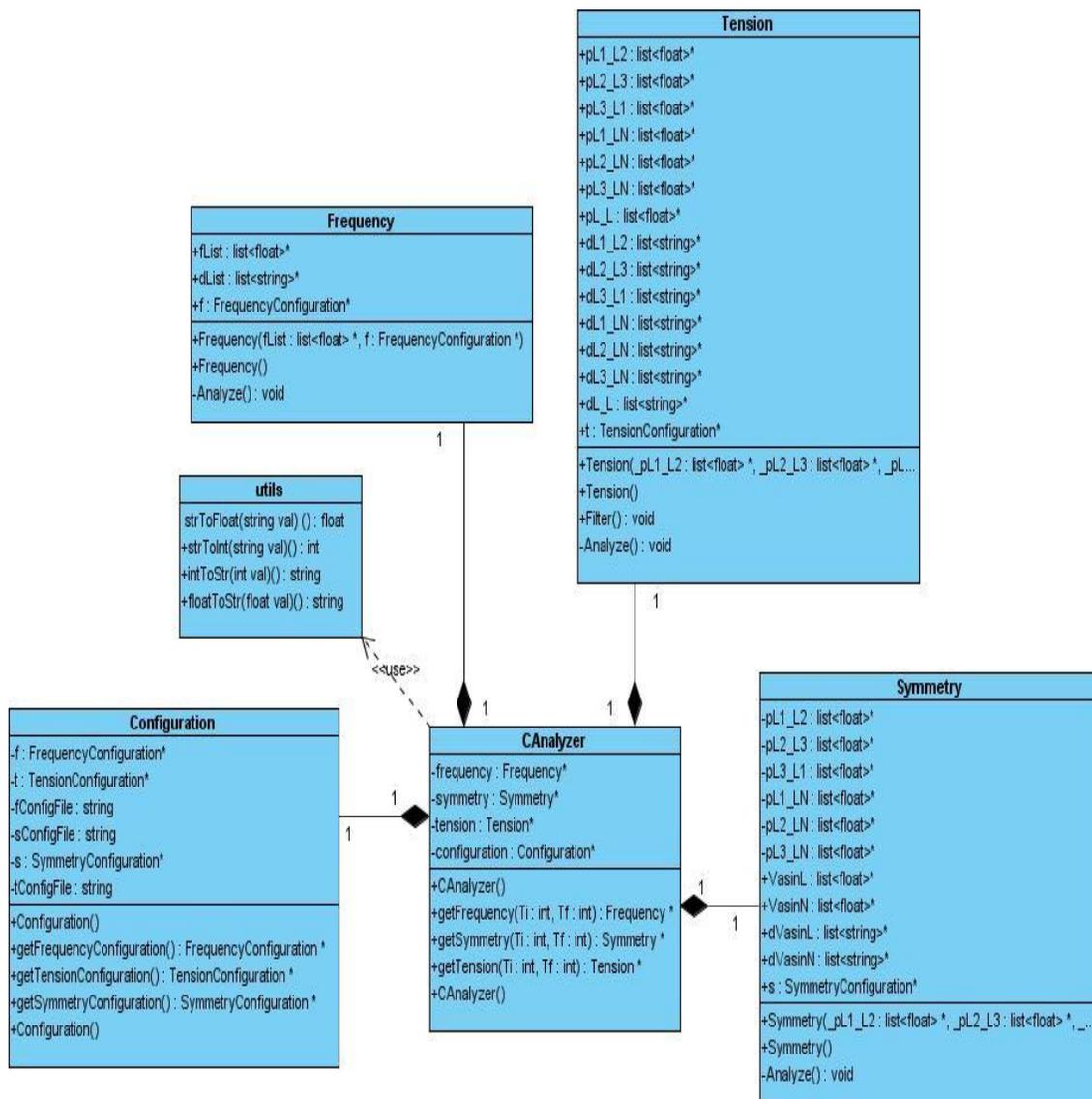


Figura 18 Diagrama de clases del subpaquete Control.

Los restantes diagramas de clases de los subpaquetes se encuentran en los ANEXOS (4, 5, 6).

### Conclusiones

Con esta investigación se demuestra que con la tecnología existente se pueden desarrollar herramientas que permitan obtener criterios avanzados a partir de análisis de la calidad de los parámetros eléctricos.

Se logró modelar y construir una aplicación, amigable, sencilla y de fácil manipulación para los usuarios inexpertos. Tiene buena apariencia, clara estructura de las interfaces y bien distribuidas. Capaz de brindar respuestas en el menor tiempo posible y con calidad sobre la ocurrencia instantánea de varios eventos.

Se logró que la aplicación muestre un análisis detallado tal como se había estipulado. Un análisis que contara con un listado de eventos y graficara el comportamiento de cada parámetro que se estableció como garantía de calidad de la energía eléctrica, así como la realización del análisis para un tiempo establecido por el usuario, con una configuración determinada por el usuario si este no desea utilizar la existente.

### Recomendaciones

**L**a aplicación propuesta resuelve en gran medida algunas necesidades planteadas por el cliente, no obstante quedan funcionalidades que no se implementaron en este prototipo. Por esta razón se recomienda que se desarrolle una segunda versión que incluya un sistema experto capaz de proponer un análisis más avanzado de la calidad de la energía eléctrica, a partir del análisis de otros parámetros que también pueden garantizar dicha calidad.

Implementar un módulo de recolección de los datos que ofrecen los analizadores, capaz de almacenar esta información en la base de datos utilizada por el prototipo.

## Referencia Bibliográfica

1. Aguedo, Juan, 2004, Calidad de energía, 17 de diciembre del 2009.

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=136&rank=1>

2. UNESA, Guía sobre la calidad de la onda en las redes eléctricas.pdf, 18 de Diciembre del 2009.

3. CEC, 2008, Reglamento Electrotécnico Cubano.pdf, Diciembre del 2009.

4. Circutor, Q.2, Analizadores de Calidad de Suministro, 15 de Febrero del 2010

[http://www.circutor.com/pdf/catalogos/Ca\\_Q2\\_01.pdf](http://www.circutor.com/pdf/catalogos/Ca_Q2_01.pdf)

5. Circutor, Q.2, Analizadores de Calidad de Suministro Eléctrico, 15 de Febrero del 2010

[http://img.icnea.net/Forum/E3032/ftp/Q2\\_01\\_E.pdf](http://img.icnea.net/Forum/E3032/ftp/Q2_01_E.pdf)

6. Circutor, Medida y Control eléctrico, 24 de Febrero del 2010, Ca\_M9\_01 pdf.

7. Fluke, Analizador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1760 - Un instrumento de gran flexibilidad para expertos en calidad eléctrica, 25 de Febrero del 2010.

[http://www.fluke.ru/comx/press\\_release.aspx?locale=eses&press=2795](http://www.fluke.ru/comx/press_release.aspx?locale=eses&press=2795)

8. Metering Engineering, 2009, PM 130 EH Plus, 18 de Febrero del 2010

[http://www.metering.com.mx/productos\\_PM130EHPlus.asp](http://www.metering.com.mx/productos_PM130EHPlus.asp)

9. Buzo Sánchez, Isac, 2009, Representaciones Gráficas, 24 de Febrero del 2010

<http://www.slideshare.net/alafito/tipos-de-graficos>

10. 2007, Tipos de Gráficas, 24 de Febrero del 2010.

<http://mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=20060914154441AAQh4mV>

11. Colección de autores, 2006, Ventajas y Desventajas: Comparación de los Lenguajes C, C++ y Java.

[http://www.americati.com/doc/ventajas\\_c/ventajas\\_c.html#id2486678](http://www.americati.com/doc/ventajas_c/ventajas_c.html#id2486678)

12. Curso C++, 7 de Marzo del 2010.

<http://usuarios.multimania.es/absurdosoyyo/tutc.html>

13- Chacón Rueda, Rulio César, marzo 2006, Aplicación de la Metodología RUP para el desarrollo rápido de aplicaciones basado en el estándar J2EE, marzo del 2010.

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_7691.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_7691.pdf)

14. Modelado UML, 7 de marzo del 2010

<https://forja.rediris.es/docman/view.php/282/444/uml20.pdf>.

15- Orallo Hernández, Enrique, El Lenguaje Unificado de Modelado (UML), marzo del 2010.

<http://www.disca.upv.es/enheror/pdf/ActaUML.PDF>

16. Eclipse, 8 de marzo del 2010.

<http://plataformaclipse.com>

17. Ruiz Muñozquiz, Pablo, Sistemas operativos, 10 de marzo del 2010.

<http://www.monografias.com/trabajos/solinux/solinux.shtml>

## Bibliografía

Análisis de la calidad de la energía eléctrica en sistemas trifásicos de distribución, 12 de Febrero del 2010,

<http://www.voltimum.es/news/607/s/An-lisis-de-la-calidad-de-la-energ-a-el-ctrica-en-sistemas-trif-sicos-de-distribuci-n.html>

**AU, Stella.** Paradigma Visual para UML Enterprise Edition, 7 de Marzo del 2010,

<http://www.javalobby.org/forums/thread.jspa?forumID=17&threadID=17168>

**AU, Stella.** Paradigma Visual para UML Enterprise Edition,

<http://www.javalobby.org/forums/thread.jspa?forumID=17&threadID=17168>

**AU, Stella.** Paradigma Visual para UML Enterprise Edition, 7de Marzo del 2010.

<http://www.javalobby.org/forums/thread.jspa?forumID=17&threadID=17168>

Centro de Tecnología Informática de la Universidad de Navarra. Introducción a Java, 7 de Marzo del 2010.

<http://www.unav.es/SI/manuales/Java/indice.html>

**Circutor, Q.2,** Analizadores de Calidad de Suministro, 15 de Febrero del 2010,

[http://www.circutor.com/pdf/catalogos/Ca\\_Q2\\_01.pdf](http://www.circutor.com/pdf/catalogos/Ca_Q2_01.pdf)

**Club Developers.** XP Programación Extrema, Marzo del 2010.

<http://www.clubdevelopers.com/index.php?p=38>

**Colección de autores,** 2006, Ventajas y Desventajas: Comparación de los Lenguajes C, C++ y Java.

[http://www.americati.com/doc/ventajas\\_c/ventajas\\_c.html#id2486678](http://www.americati.com/doc/ventajas_c/ventajas_c.html#id2486678)

**Colección De Autores,** Ventajas y Desventajas: Comparación de los Lenguajes C, C++ y Java. 7 de Marzo del 2010,

[http://www.americati.com/doc/ventajas\\_c/ventajas\\_c.html](http://www.americati.com/doc/ventajas_c/ventajas_c.html)

**Fluke 1760** Three-Phase Power Quality Recorder Topas, 18 de Febrero del 2010,

<http://www.isotest.es/web/Soporte/catalogos/fluke/FLUKE%20TOPAS.pdf>

**García Álvarez, José Antonio E.**, 2007, Qué es el Voltaje, Tensión o Diferencia de Potencial, Madrid, 12 de Enero del 2010,

[http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_voltaje/ke\\_voltaje\\_1.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_voltaje/ke_voltaje_1.htm).

**González, Carlo D**, Introducción a C++ y a la Resolución de problemas, 7 de marzo del 2010.

<http://www.usabilidadweb.com.ar/cpp.php>

**Ivar, Jacobson, Booch, Grady y Rumbaugh, James**, El proceso unificado de desarrollo de software, Volumen I. La Habana, Editorial Félix Varela, 7 de marzo del 2010.

**Joskowicz, José, Ing.** Universidad de Vigo, España, 7 de Marzo del 2010.

<http://iie.fing.edu.uy/~josej/docs/XP%20-%20Jose%20Joskowicz.pdf>.

**López Pérez, Eric**, Ingeniería en Microcontroladores Protocolo RS-485, 18 de Febrero del 2010.

**Mendoza Sánchez, María A**, Metodologías De Desarrollo De Software, 7 de Marzo del 2010.

[http://www.informatizate.net/articulos/metodologias\\_de\\_desarrollo\\_de\\_software\\_07062004.htm](http://www.informatizate.net/articulos/metodologias_de_desarrollo_de_software_07062004.htm)

**Noriega Stefanova, Ernesto**, 2008, Generalidades sobre los armónicos y su influencia en los sistemas de distribución de energía, 18 de Diciembre del 2009,

<http://www.monografias.com/trabajos21/armonicos/armonicos.shtml#origen>.

**QT-español**, 9 de marzo del 2010. <http://www.qt-espanol.org/qt/>

**Rational Rose**, 3 de Marzo del 2010,

[http://www.slideshare.net/vivi\\_jocadi/rational-rose](http://www.slideshare.net/vivi_jocadi/rational-rose).

**Saabedra Gutiérrez, Jorge A**, EL Mundo Informático, Lenguajes de Programación, 8 de Marzo del 2010,

<http://jorgesaavedra.wordpress.com/2007/05/05/lenguajes-de-programacion>

**Sagrado, Carlos**, 2007, Conceptos básicos de Armónicas, 18 de Diciembre del 2009,

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=567&tip=7>.

**Satec Powerful Solutions**, Equipos Analizadores, 18 de Febrero del 2010,

[http://www.sts-e.com/satec\\_prod.html](http://www.sts-e.com/satec_prod.html)

**Satec Powerful Solutions**, Model PM 130 Plus Powermeter Series, 25 de Febrero del 2010,

[http://www.pmsystems.com.au/uploadedfiles/pdf/20080410085017\\_PM130\\_PLUS.pdf](http://www.pmsystems.com.au/uploadedfiles/pdf/20080410085017_PM130_PLUS.pdf)

**S.Pressman, Roger**, 2005, Ingeniería del Software. La Habana: Félix Varela, 7 de Marzo del 2010.

**Sun**, Java en castellano, Catálogo de Patrones de Diseño J2EE. Y II: Capas de Negocio y de Integración 1999-2010, 22 de abril de 2010.

[http://www.programacion.com/java/tutorial/patrones2/8#patrones28\\_implement\\_data](http://www.programacion.com/java/tutorial/patrones2/8#patrones28_implement_data).

**2008**, Curso C++, El lenguaje C++, 7 de marzo del 2010.

[http://www.zator.com/Cpp/E1\\_2.htm](http://www.zator.com/Cpp/E1_2.htm)

## Glosario de Términos

### “A”

**Armónico:** Resultado de una serie de variaciones adecuadamente acomodadas en un rango o frecuencia de emisión.

### “B”

**BD:** Base de datos.

### “C”

**CEI:** Comisión Electrotécnica Internacional.

**CEM:** Compatibilidad Electromagnética. Se denomina Compatibilidad Electromagnética (CEM) a la aptitud de un aparato o de un sistema para funcionar de forma satisfactoria en su entorno electromagnético, y sin producir él mismo perturbaciones electromagnéticas intolerables para todo lo que se encuentre en dicho entorno.

### “F”

**FFT:** Transformada Rápida de Fourier.

**Flicker o Parpadeo:** Fenómeno de variación de la intensidad luminosa que afecta la visión humana, principalmente en el rango de frecuencias de 0 a 25 Hz.

**Fourier:** Algoritmo de cálculo que proporciona los contenidos de las diferentes ondas sinusoidales puras que componen la onda deformada.

**Frecuencia:** Medida que se utiliza generalmente para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo.

### “G”

**GEE:** Grupos de Electrónico de Emergencia.

## “H”

**Herramientas CASE:** CASE es el acrónimo de los vocablos en inglés: Computer Aided Software Engineering, que en español equivalen a: Ingeniería de Software Asistida por Computadoras. Estas herramientas son útiles en todos los aspectos del ciclo de vida de desarrollo del software: realización de modelos y diagramas, diseño de proyectos, cálculo de costes, implementación de parte del código automáticamente con el diseño dado, compilación automática, documentación o detección de errores entre otras.

## “I”

**IDE:** Es el acrónimo de los vocablos en inglés: Integrated Development Environment, que equivalen en español a: Entorno de Desarrollo Integrado. Un IDE es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica GUI. Puede dedicarse en exclusiva a un sólo lenguaje de programación o bien, poder utilizarse para varios.

**IEC:** Comisión Electrotécnica Internacional.

## “L”

**LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench):** Es un entorno de desarrollo basado en programación gráfica. Utiliza símbolos gráficos en lugar de lenguaje textual para describir acciones de programación. Está totalmente integrado para la comunicación con hardware GPIB, VXI, RS-232, RS-485 y tarjetas de adquisición de datos plug-in. Además incorpora librerías para estándares de software como TCP/IP y ActiveX.

## “M”

**Multiplataforma:** Término utilizado frecuentemente en informática para indicar la capacidad o características de poder funcionar o mantener una interoperabilidad de forma similar en diferentes sistemas operativos o plataformas.

## “O”

**Onda Sinusoidal:** Onda regularmente curvada que describe el comportamiento de los tipos más simples de sistemas oscilantes.

## “P”

**PCC:** Punto de conexión común. Es el punto de la red de distribución, el más próximo eléctricamente de un usuario, al que están o pueden ser conectados otros usuarios.

## “Q”

**QNA:** Analizador de la Calidad del Suministro.

## “R”

**REC:** Reglamento Electrotécnico Cubano.

**Requerimientos Funcionales:** Los requisitos funcionales manifiestan las capacidades o condiciones que el sistema debe cumplir, son independientes de las propiedades o cualidades que debe tener el software y permiten establecer un acuerdo con los clientes que debe ser mantenido a lo largo del desarrollo del sistema.

**Requerimientos no funcionales:** Los requerimientos no funcionales son propiedades o cualidades que el producto debe tener. Son las características que hacen al producto atractivo, usable, rápido y confiable.

## “S”

**Scada:** Adquisición de Datos y Control de Supervisión.

**S<sub>C</sub>:** Potencia aparente de una carga. Se expresa en kVA ó MVA.

**S<sub>CC</sub>:** Potencia aparente de cortocircuito. Se expresa en kVA ó MVA.

**Sistemas Trifásicos:** Consta de tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud que presentan una cierta diferencia de fase entre ellas, en torno a 120°, y están dadas en un orden determinado.

### “T”

**Tensión:** Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito.

**THD:** Distorsión Total de Armónicos.

### “U”

**U<sub>ASIM</sub>:** Grado de asimetría de la tensión. Se expresa en %.

**UIE:** Unión Internacional de Electrotermia.

**u<sub>N</sub>:** Tasa porcentual de armónico de orden n.

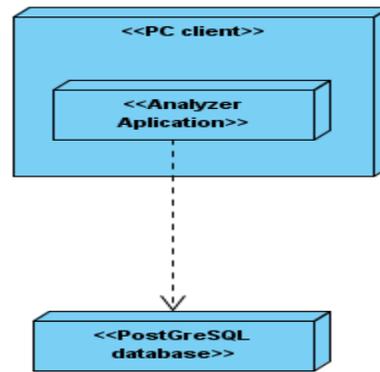
**U<sub>N</sub>:** Amplitud del armónico de orden n de la onda de tensión.

**Unix:** Sistema operativo portable, multitarea y multiusuario.

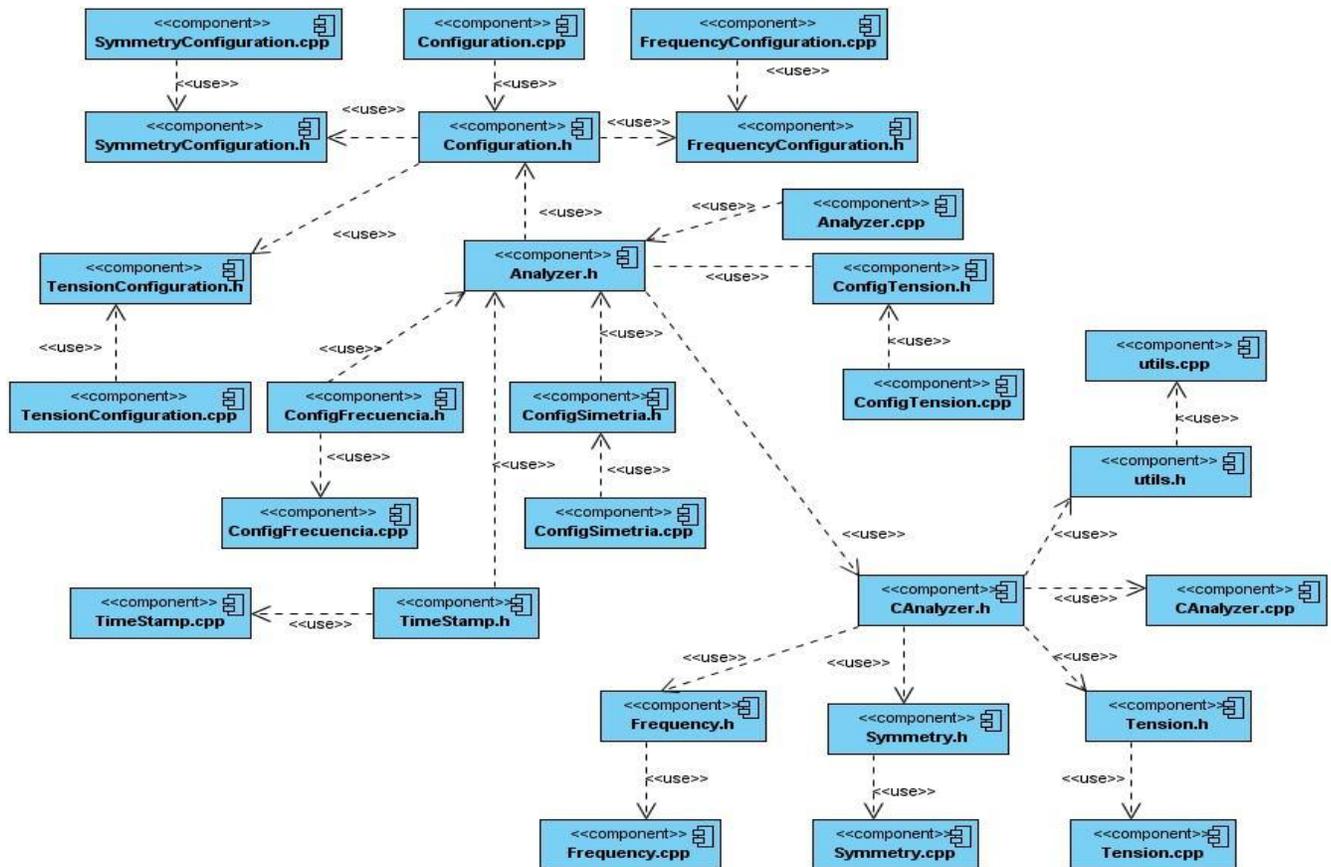
**U<sub>1</sub>:** Amplitud de la componente fundamental de la onda de tensión.

## Anexos

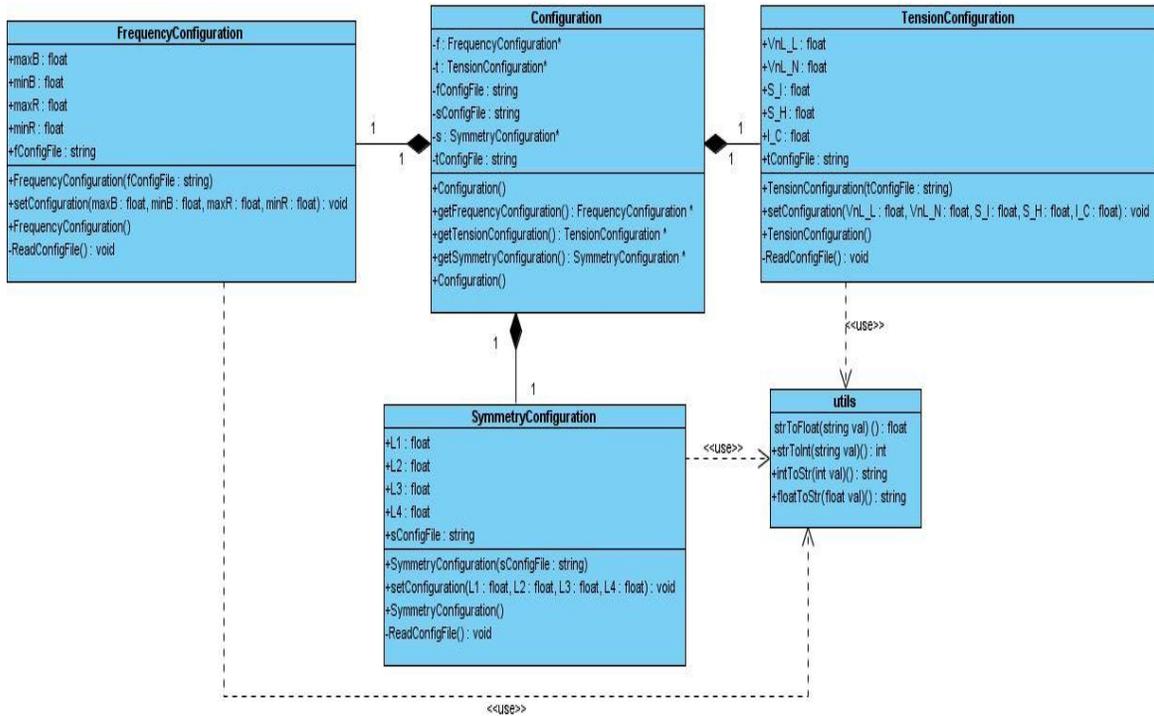
### Anexo 1: Diagrama de despliegue.



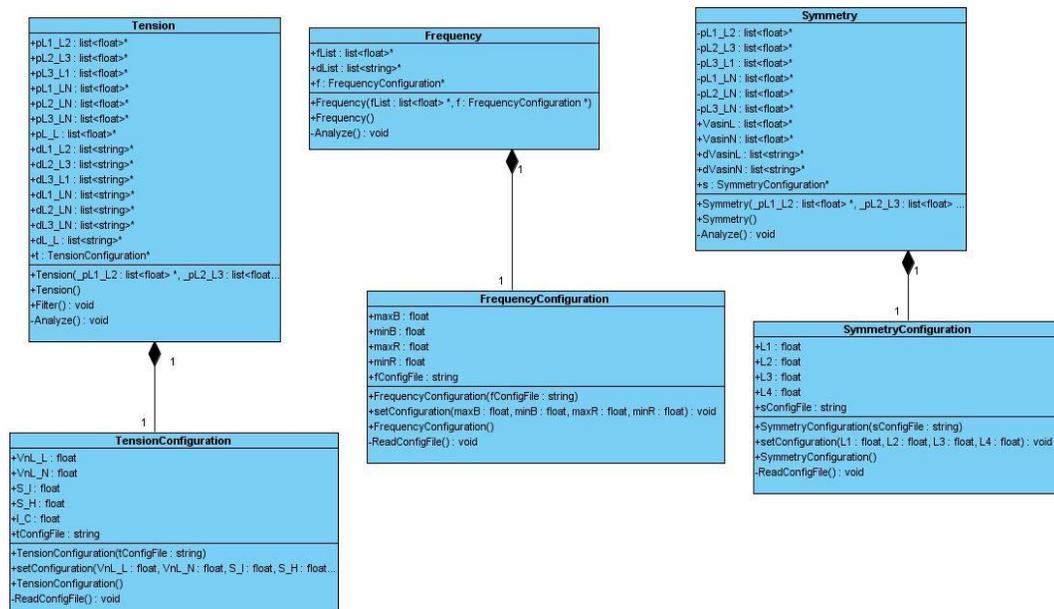
### Anexo 2: Diagrama de componente.



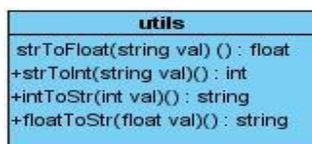
## Anexo 3: Diagrama de clases del subpaquete Configuración.



## Anexo 4: Diagrama de clases del subpaquete Parámetros.



## Anexo 5: Diagrama de clases del subpaquete Utils.



## Anexo 6: Conexión a la BDH.

The screenshot shows a window titled "Analizador" with the following fields and controls:

- Dirección:** Text input field containing "10.7.25.156".
- Puerto:** Spin box containing "5432".
- Usuario:** Text input field containing "postgres".
- Contraseña:** Empty text input field.
- Estampa de tiempo:** A section with three columns: "Fecha", "Hora", and "Minutos".
- Fecha inicio:** Date selector (5/21/10), hour selector (12), and minute selector (0).
- Fecha fin:** Date selector (5/21/10), hour selector (12), and minute selector (9).
- Buttons:** "Cancelar" and "Conectar" buttons at the bottom.

## Anexo 7: Listado de Eventos.

Variables

- Tensión
  - L1-L2
  - L2-L3
  - L3-L1
  - L1-N
  - L2-N
  - L3-N
- Simetría
  - Asim-L
  - Asim-N
- Frecuencia
  - Valor Hz

Listado de eventos:

	Valor	Mensaje
1	45.7338	Mal grado de ...
2	73.1517	Mal grado de ...
3	61.2903	Mal grado de ...
4	7.04226	Regular grado...
5	54.955	Mal grado de ...
6	7.58017	Regular grado...
7	33.8235	Mal grado de ...
8	24.5847	Mal grado de ...
9	11.7117	Mal grado de ...
10	78.0488	Mal grado de ...

Medio Grado de simetría

## Anexo 8: Configuración de parámetros.

**Configuración de Frecuencia**

Rango para valores en buen estado:

Máximo:  Hz

Mínimo:  Hz

Rango para valores en mal estado:

Máximo:  Hz

Mínimo:  Hz

**ConfigTension**

Voltaje nominal del sistema:

Vn L-L  V

Vn L-N  V

La configuración de la TENSION ha cambiado.

Desea salvar los cambios?

Interrupción/Corte breve:

## Anexo 9: Gráficas de Comportamiento.

