



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

**Modelación y simulación del ruido impulsivo presente en los sistemas
PLC usados en las redes energéticas inteligentes o Smart Grids.**

AUTOR:

Ing. Jaime Javier Bravo Rey

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 17 días del mes de Agosto del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Ing. **Jaime Javier Bravo Rey** como requerimiento para la obtención del título de **MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

MSc. Manuel Romero Paz

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 17 días del mes de Agosto del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Jaime Javier Bravo Rey

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación **“Modelación y simulación del ruido impulsivo presente en los sistemas PLC usados en las redes energéticas inteligentes o Smart Grids”**. Previo a la obtención del Título de **Magister en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 17 días del mes de Agosto del año 2018

EL AUTOR

ING. JAIME JAVIER BRAVO REY



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, Jaime Javier Bravo Rey

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **“Modelación y simulación del ruido impulsivo presente en los sistemas PLC usados en las redes energéticas inteligentes o Smart Grids.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 días del mes de Agosto del año 2018

EL AUTOR

ING. JAIME JAVIER BRAVO REY

REPORTE DE URKUND

The screenshot displays the Urkund web interface. At the top, the browser address bar shows the URL: <https://secure.orkund.com/view/39622081-436599-299254#DcqxCqQvEIThd0k9HDvJxkl8lcNCRWFNpZy734L8xU/zJuuJ81fegergZNC9GKfKMNE7lpNHIsI86VqBlySFBHswX...>

The main content area is divided into two sections:

- Documento:** Tesis JAIME BRAVO 4 junio 11.docx (D40451013)
- Presentado:** 2018-06-29 00:27 (-05:00)
- Presentado por:** orlandophilco_7@hotmail.com
- Recibido:** orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com
- Mensaje:** Rnv: Tesis Jaime Bravo [Mostrar el mensaje completo](#)

Below the message, a yellow box indicates: "4% de estas 38 páginas, se componen de texto presente en 10 fuentes."

To the right, a sidebar titled "Lista de fuentes" shows a list of sources with checkboxes:

- [trabajo de titulación2 \(1\).docx](#)
- <http://www.energiasociedad.es/wp-content/uploads/pdf/smartgrids.pdf>
- <http://campusvirtual.unipioto.edu.co/wp-content/uploads/Soluciones-a-través-...>
- <https://es.slideshare.net/alejandrocolini25/plc-20013>
- <http://www.bdigital.unal.edu.co/1762/>

The bottom section of the interface shows a comparison of the document text with a source. The document text is: "UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL SISTEMA DE POSGRADO MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES". The source text is: "UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO". The match is highlighted in blue.

Reporte Urkund del Trabajo de Titulación “Modelación y simulación del ruido impulsivo presente en los sistemas PLC usados en las redes energéticas inteligentes o Smart Grids”, del ing. Jaime Bravo Rey al 4% de coincidencias.

AGRADECIMIENTO

A nuestro Padre Celestial Dios, que me ha brindado la oportunidad de realizar mis objetivos académicos, permitiéndome alcanzar nuevas metas en mi vida profesional, personal y espiritual.

A mi Tutor, sin su apoyo académico no hubiera sido posible la culminación de este trabajo, su guía y dedicación constituyen un ejemplo de desempeño profesional digno de imitar. A mis Profesores de Maestría, que con cada materia fueron inculcando nuevos conocimientos y destrezas, que serán pilares académicos en mi desempeño profesional.

A mi Familia, a mis padres Gemni y Jaime que siempre me han apoyado e incitado a conseguir nuevos retos profesionales, a mis hermanos Paola y Lenin por su constante aliento, a mis sobrinos que supieron amenizar mis jornadas de estudio.

A mi amada esposa Jessica que siempre está a mi lado, dándome fuerza para conseguir mis objetivos, compartiendo mis proyectos; y de manera especial a mi hija Paula Sophia, mi bendición y mi inspiración, junto a mi esposa son mi fortaleza y mi refugio, mi motivación para obtener mejores días.

EL AUTOR

ING. JAIME JAVIER BRAVO REY

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a nuestro Padre Espiritual Dios, por sus bendiciones diarias que me impulsaron en mi arduo camino hacia mis objetivos académicos. A mi Tutor y Docentes por sus conocimientos impartidos durante las clases, que fomentaron mi conocimiento profesional. A mis compañeros de clases que siempre estuvieron prestos a brindarme una idea, un consejo y su amistad.

A mis padres, que son un pilar fundamental en mi vida, por su ejemplo de lucha constante y su formación de valores en mí, que permitieron que sea capaz de conseguir mis objetivos. A mis hermanos que me alentaron a culminar el proyecto, a mis sobrinos y todos mis familiares que supieron darme siempre sus mejores deseos.

A mi esposa Jessica, sin su apoyo incondicional y su amor bondadoso, hubiera sido mucho más arduo el camino, eres parte de mí y este éxito también es tuyo. A mi hija Paula Sophia, mi principal motivación, quedan cortas las palabras para dedicarte este logro, mucho más tuyo que mío, tu llegada a nuestra vidas es una bendición y cada nueva meta es para ti hija mía.

EL AUTOR

ING. JAIME JAVIER BRAVO REY



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

MSc. Manuel Romero Paz

TUTOR

f. _____

Ing. Celso Bohórquez Escobar, MSc.

REVISOR

f. _____

Ing. Orlando Philco Asqui, MSc.

REVISOR

f. _____

MSc. Manuel Romero Paz

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Índice General

Índice de Figuras	XII
Índice de Tablas.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Introducción.	16
1.2. Antecedentes.....	17
1.3. Justificación del Problema.	18
1.4. Definición del Problema.....	19
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.	19
1.5.1. Objetivo General.....	19
1.5.2. Objetivos Específicos.....	19
1.6. Hipótesis.....	20
1.7. Metodología de Investigación.	20
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	21
2.1. Tecnología de Comunicaciones de Línea de Potencia o <i>Power Line Communications</i> (PLC).....	21
2.2. ¿Qué es Powerline (Tecnología PLC)? o Líneas De Alimentación Eléctrica.	22
2.3. Principios Técnicos.....	23
2.4. ¿Cómo surgió esta tecnología?	25
2.5. ¿Cómo funciona Powerline?	25
2.6. Esquema general de funcionamiento	27
2.7. Tipos de tecnología PLC.....	28
2.7.1. Tecnología PLC de Control.....	28
2.7.2. Tecnología PLC de Acceso (Access PLC)	28
2.7.3. Tecnología PLC para LAN (In-house PLC).....	28
2.8. Tipos de PLC industriales según cantidad de entrada y salida.....	29
2.9. Tipos de PLC industriales según su arquitectura.....	29
2.10. Tipos de PLC industriales según su capacidad.....	30

2.11.	Tipos de PLC de redes según su arquitectura	31
2.12.	Tipos de PLC de redes según el tipo de corriente	31
2.13.	Tipos de PLC de redes según su voltaje	32
2.14.	El nivel MAC	32
2.15.	Ancho de banda	33
2.16.	Servicios múltiples.....	33
2.17.	Limitaciones y problemas.....	33
2.18.	Colisiones y medio compartido.....	34
2.19.	Seguridad.....	36
2.20.	Velocidad vs. Número de flujos.....	37
2.21.	Interferencias.....	38
2.22.	Interferencias en la tecnología PLC	39
2.23.	Clasificación del ruido en la línea de transmisión eléctrica.....	40
2.23.1.	Ruido estacionario	40
2.23.2.	Ruido de fondo coloreado (tipo 1).....	40
2.23.3.	Ruido de banda estrecha (tipo 2).....	41
2.23.4.	Ruido impulsivo periódico asíncrono a la frecuencia principal (tipo 3)	41
2.23.5.	Ruido impulsivo periódico Asíncrono	42
2.23.6.	Ruido impulsivo periódico síncrono a la frecuencia principal (tipo 4)	43
2.23.7.	Ruido impulsivo asíncrono (tipo 5)	43
2.24.	Definiciones de redes inteligentes o Smart grid	43
2.25.	Objetivos de una red inteligente	45
2.26.	Smart Grid Technology.....	45
2.27.	¿Qué hace que una red sea "inteligente"?	46
2.28.	¿Qué hace un Smart Grid?	46
2.29.	Beneficios de la red inteligente.....	47
2.30.	¿De qué manera se puede utilizar la red inteligente?.....	48
2.31.	Creación y prueba de la red inteligente	49
2.32.	Funciones de Smart Grid.....	50
2.33.	Arquitectura Smart grid.	51
2.34.	Funcionalidad de Smart grid	52
2.35.	Barreras en el desarrollo de SmartGrids	53

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA UTILIZADA Y PROPUESTA DE ESTUDIO ..	55
3.1. Modelación y simulación del ruido impulsivo en los canales PLC.....	55
3.2. Modelo y simulación del ruido asíncrono impulsivo	57
3.3. Perturbaciones electromagnéticas impulsivas analizadas desde un punto de vista estadístico.....	58
3.4. Parámetros estadísticos en procesos aleatorios utilizados en modelos y simulaciones del ruido asíncrono impulsivo	61
3.5. Procesos estadísticos utilizados en modelamiento de ruido impulsivo... ..	62
3.5.1. Procesos Gaussianos (normales).....	62
3.5.2. Proceso de Poisson.	64
3.5.3. Procesos Poisson-gaussianos.....	64
3.5.4. Procesos de Markov.....	65
3.5.5. Cadenas de Markov.....	65
3.6. Modelo de ruido impulsivo estudiados.....	66
3.6.1. Modelo Middleton.....	66
A	74
B	74
C	74
3.6.2. Modelo de ruido impulsivo en plc usando series de tiempo.....	75
CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....	82
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	83
Bibliografía	84
GLOSARIO.....	90

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1 Arquitectura de la red PLC.....	23
Figura 2. 2: Espectro de frecuencias reservado para cada aplicación.....	23
Figura 2. 3: Dispositivo PLC.....	24
Figura 2. 4: Muestra cómo se puede utilizar Powerline	26
Figura 2. 5: Tecnología PLC, usando su cable de alimentación en vez de un cable par telefónico.....	26
Figura 2. 6 : Redes PLC	36
Figura 2. 7: Voltaje de ruido coloreado	40
Figura 2. 8: Ruido de banda estrecha.....	41
Figura 2. 9: Ejemplo de algunos impulsos medidos en el dominio de tiempo de una red PLC.....	42
Figura 2. 10: Modelo del impulso para la clase de modelo de ruido impulsivo.....	42
Figura 2. 11: Tipos de ruido localizados en el canal de comunicación PLC	43
Figura 2. 12: Elementos de una red inteligente	44
Figura 2. 13: Esquema de una Smart grid	49
Figura 2. 14: Arquitectura de red inteligente simplificada	51
Figura 2. 15: Representación de red de Smart Grid	52

Capítulo 3

Figura 3. 1: Parámetros de una señal.....	57
Figura 3. 2: Representación gráfica de fdp	59
Figura 3. 3: Proceso no estacionario	60
Figura 3. 4: Combinaciones de procesos estacionarios y no estacionarios, (a) Proceso estacionario utiliza los parámetros del proceso no estacionario (b) Modelo de estados finitos con cada estado caracterizado por su conjunto propio estadístico.....	61
Figura 3. 5: Distribución normal proceso Gaussiano	63
Figura 3. 6 : Mezcla de Funciones Gaussiano	64
Figura 3. 7: Cadena de Markov de 4 estados	66
Figura 3. 8: (a) densidad de n impulsos de duración τ ocupando un periodo T_0 , (b) índice impulsivo de tres muestras de duración τ ocupando un periodo $T_0=1$	68
Figura 3. 9: Resultados de simulación	74
Figura 3. 10: Ejemplo de distribuciones Nakagami.....	77
Figura 3. 11: Comparación del ruido medido y modelado a 5 MHz y 25 MHz.	78
Figura 3. 12: Una trama de ruido típica capturada en el modelo experimental.	79
Figura 3. 13: Mediciones exportadas al software Labview.....	79
Figura 3. 14: Trama de ruido del archivo 21_19_22.txt. (LabView).....	81

Índice de Tablas

Capítulo 2

TABLA 2. 1: Valores de rendimientos obtenidos en mediciones reales.....	37
TABLA 2. 2: Cuadro comparativo entre red actual y red inteligente	50

Capítulo 3

TABLA 3. 1: Ruido Impulsivo presente en los canales PLC	55
TABLA 3. 2 Valores generales respecto a los parámetros AK.....	73
TABLA 3. 3 : Valores estadístico como ejemplo de la separación de las series filtradas para diferentes umbrales.	81

RESUMEN

Las comunicaciones son un principio básico entre los seres humanos, desde los tiempos de la prehistoria hasta los tiempos modernos, la necesidad de comunicación ha sido la fuente de inspiración para varios profesionales dentro del campo de las Telecomunicaciones, es así con el fin de brindar mejores servicios y alternativas de transporte de información, que se da lugar a la transmisión de datos a través de la red de energía eléctrica, conocido como Power Line Communications, PLC. El tema proyecto de trabajo de titulación llamado Modelación y simulación del ruido impulsivo presente en los sistemas PLC usados en las redes energéticas inteligentes o Smart Grids, tiene como objetivo primordial analizar por medio de la simulación el comportamiento del ruido impulsivo en los sistemas PLC usados en las redes energética inteligente o Smart grids, entre los principales enfoques teóricos en los que se sustenta el abordaje del problema se topan temas como conocimientos, funcionamiento, tipos, arquitectura, seguridad e interferencia o ruido, acerca de la tecnología de comunicación de línea de potencia o PLC, la metodología que se utilizó en este proyecto de tesis es de tipo exploratoria, descriptiva y explicativa, con lo que se concluyó que el ruido impulsivo es factible de poderlo simular en la herramienta Matlab utilizando modelos y variables estocástico con procesos estadísticos, los cuales deben estar previamente configurados algorítmicamente, dependiendo el modelo de ruido impulsivo que se requiere simular, además estas simulaciones consideran las propiedades físicas y la fuente directa del ruido.

Palabras Claves:

Ruido impulsivo, redes energéticas, simulación.

ABSTRACT

Communications are a basic principle among human beings, from the time of prehistory to modern times, the need for communication has been the source of inspiration for several professionals within the field of Telecommunications, this is in order to provide better services and alternatives for information transport, which results in the transmission of data through the electric power network, known as Power Line Communications, PLC. The thesis project topic called Modeling and simulation of impulsive noise present in PLC systems used in intelligent energy networks or Smart Grids, has as its main objective to analyze by means of simulation the behavior of impulsive noise in PLC systems used in networks Energetic intelligent or Smart grids, among the main theoretical approaches on which the approach of the problem is based, are topics such as knowledge, operation, types, architecture, security and interference or noise, about power line communication technology or PLC , the methodology used in this thesis project is exploratory, descriptive and explanatory, with which it was concluded that impulsive noise is feasible to be simulated in the Matlab tool using stochastic models and variables with statistical processes, which should be pre-configured algorithmically, depending on or the model of impulsive noise that is required to simulate, in addition these simulations consider the physical properties and the direct source of the noise.

Keyword:

Impulsive noise, energy networks, simulation.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

Una red puede ser considerada como un escenario en el cual todos los nodos presentan la necesidad de transmitir, generándose una disputa permanente por acceder al medio.

Smart Grid significa red inteligente, en este caso se refiere a la red eléctrica, AMI por su parte significa infraestructura avanzada de medición, que propone mejorar la infraestructura eléctrica ya instalada de manera que sea medible y monitoreada en línea.

Power Line Communications o Comunicación por líneas de alimentación por sus siglas (PLC), permite establecer procesos de comunicación mediante el uso de las redes eléctricas como medio físico de transmisión, la cual utiliza Home Plug AV un estándar de aplicación de mayor aceptación en la tecnología PLC , utiliza protocolos de comunicación como el CSMA/CA (Acceso Múltiple por Detección de Portadora y Prevención de Colisiones) y TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) para acceder al medio, donde CSMA/CA es utilizado para la transmisión de datos, mientras que el TDMA se encarga de transmitir los paquetes de voz y video, por lo que este sistema está siendo uno de los más pedidos dentro de la industria, porque permite satisfacer las necesidades de los clientes, a pesar de que las condiciones de la red aún no son las más favorables.

Uno de los mayores problemas que presentan las redes PLC, es que Home Plug AV no posee un mecanismo para la optimización de recursos, generando escenarios de inequidad y desperdicio de recursos entre nodos, afectando considerablemente el rendimiento de la red para la prestación servicios de transferencia de datos, acorde con la demanda en el servicio y el aumento en el número de nodos, como se indica anteriormente PLC es una

tecnología emergente pero tiene varios inconvenientes que afectan su desempeño y por lo tanto limitan su implementación.

Existen muchos problemas, pero hay dos que se dan con frecuencia en esta tecnología, los niveles excesivos de ruido, que se clasifican en ruido de fondo, banda ancha, armónico y el impulsivo, el otro problema es con respecto a la atenuación de la señal a las frecuencias de interés, el objetivo de esta investigación es analizar a través de la simulación el comportamiento del ruido impulsivo en los sistemas PLC usados en las redes energética inteligente o Smart grids, para documentar que es lo que provoca el ruido impulsivo o en qué condiciones lo realiza en este tipo de red y dar alternativas que coadyuven a solucionar el problema para que haya una mayor utilización de estas redes en los hogares y empresas.

Para alcanzar el objetivo principal se requiere ir cumpliendo objetivos más pequeños que conduzcan al gran objetivo, uno de ellos es analizar el funcionamiento de las redes PLC de tipo exterior e interior, interpretar los diferentes problemas de ruido en especial el impulsivo, que influyen en el funcionamiento adecuado de las redes PLC y finalmente mostrar y analizar las mediciones realizadas con respecto al ruido impulsivo con el propósito de sostener las conclusiones finales.

1.2. Antecedentes.

Desde el momento que se planteó el problema de investigación a la fecha diversos avances se han hecho en el desarrollo de PLC. El trabajo de Juan Carlos Vega Ferreira (2016) sobre Juegos Cooperativos como Estrategia de Optimización de Recursos en una HAN sobre PLC, el contenido presentado es sobre el desarrollo de una metodología soportada en la teoría de juegos cooperativos de utilidad transferible que permita optimizar la asignación del ancho de banda para cada nodo y clase de servicio.

Los aspectos evaluados fue por una técnica de análisis para saber en qué lugares suceden las fallas más comunes. Se concluyó que la técnica de juegos cooperativos puede ser considerada como una estrategia de mucha

importancia a la hora de distribuir la capacidad de un canal PLC entre todos los nodos que forman parte de la red.

El trabajo de grado, Medición del ruido en la línea de transmisión eléctrica generado por electrodomésticos, para aplicaciones de PLC realizada por Gerardo Salvador Sánchez (2009) consistió en medir el ruido de modo que una vez obtenida la muestra se pueda analizar y saber el comportamiento en frecuencia de las señales de corriente y voltaje.

Gracias a esta tesis se concluye que el ruido depende de qué tipo de electrodoméstico utilice este sistema el cual tendrá su respectivo comportamiento en frecuencia.

Según el trabajo de grado realizado por Octavio Moreno Coy (2009) sobre el Modelamiento de patrones recurrentes de ruido en redes de distribución de baja tensión de energía eléctrica, este buscó analizar el comportamiento del ruido en este canal de comunicación y de esta manera tratar de determinar la existencia de algún patrón recurrente de aparición del ruido impulsivo apoyado en el uso de series de tiempo.

Se concluye con esta investigación que esta es una de las primeras aproximaciones a un modelo que permita determinar la probabilidad de ocurrencia de un evento impulsivo.

Ninguno de los trabajos hasta la actualidad ha sugerido mecanismos para la optimización de recursos acorde a las necesidades para cada nodo y clase de servicio, orientados a la tecnología PLC.

1.3. Justificación del Problema.

Este proyecto puede dar como beneficio importante aumentar la confiabilidad en los equipos, también este sistema PLC permite realizar cambios sin modificar el cableado. Tendrá un buen recibimiento y favorecerá a varios sectores dentro de la industria, ya que su elaboración es más

sencilla por lo que el tiempo perdido en esto será menor a los de los otros instrumentos.

Hay que recalcar que con el pasar del tiempo van apareciendo nuevas metodologías para poder tener mayor funcionamiento en estos sistemas, por lo que tendrán un impacto positivo en la sociedad por las buenas propuestas que ofrece.

1.4. Definición del Problema.

El sistema PLC posee varios problemas para su funcionamiento, el que se va a investigar es el ruido impulsivo, que es generado por diferentes elementos como transformadores, cargadores y luces en una red eléctrica.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

Los objetivos a desarrollar en este trabajo de investigación son los siguientes:

1.5.1. Objetivo General.

Analizar a través de la simulación el comportamiento del ruido impulsivo en los sistemas PLC usados en las redes energética inteligente o Smart grids.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Determinar el funcionamiento de las redes PLC en redes energéticas inteligentes o SMART GRIDS utilizadas a nivel interior.
- Analizar distintos modelos utilizados en el análisis del ruido impulsivo
- Simular las mediciones realizadas del ruido impulsivo para sostener las conclusiones finales.

Hipótesis.

Es posible minimizar el impacto del ruido impulsivo presente en los sistemas PLC usados en las redes energéticas inteligentes o Smart Grids.

1.6. Metodología de Investigación.

La metodología de la investigación se la realiza identificando y aplicando los tres tipos de investigación como la exploratoria, descriptiva y explicativa, ya que se pretende en esta investigación, describir una situación o explicar la misma, con lo que se empezaría a realizar un análisis exploratorio que permita acercarse al fenómeno a estudiar con una adecuada información literaria, luego se describirá el fenómeno estudiado a partir de sus características, midiendo las variable o conceptos con el fin de especificar las propiedades más importantes del fenómeno bajo análisis , finalizando con una explicación de correlación o interacción de una o dos variables que pudieran intervenir en el estudio.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Tecnología de Comunicaciones de Línea de Potencia o *Power Line Communications (PLC)*

A lo largo de esta investigación se presenta la extensión general de la tecnología Power Line Communications (PLC), en español puede entenderse como “Comunicaciones de Línea de Potencia”. Tecnología en la cual se hace uso de las líneas de distribución eléctrica para la transmisión de datos. Esta tecnología parece tener un futuro competente, sin embargo son relativamente pocos los lugares que la tienen implementada debido a que es necesario comprar equipos nuevos en distintos ámbitos, como repetidores y puentes de transformadores, etc. En la actualidad ya es una realidad que las redes eléctricas son usadas para transmitir voz y datos y conexión a internet a gran velocidad y utilizar la línea telefónica en cualquier toma eléctrica. Asimismo, existen problemas que no están resueltos del todo. Adicionalmente se explica cómo funciona la tecnología PLC, tomando en cuenta los tipos que existen en la actualidad estos que son (PLC de control, PLC de acceso y PLC para redes de área local LAN), en este tipo de tecnología se tiene beneficios como también los problemas que la amenazan, comparándola con otras tecnologías de redes.

Su origen no es reciente y ha sido objeto de una larga evolución. La primera mención de dicha aparición data de 1950, momento en que la comunicación a través de estas líneas se pudo realizar de manera unidireccional. Debido a esta circunstancia y a las bajas velocidades obtenidas se utilizaba principalmente para el envío de telemetría en líneas de suministro eléctrico.

No fue hasta 1990 cuando se utilizó por primera vez en un entorno residencial. Por su baja velocidad de transmisión y el hecho de ser esta unidireccional, sus aplicaciones eran bastante reducidas y su foco se centró en la automatización de casas inteligentes, pues permitía el envío de señales utilizando el cableado existente, sin la necesidad de obras.

En 1997 apareció a disposición del público la tecnología para efectuar transmisiones bidireccionales, abriendo las puertas a la creación de una red local que substituyera o complementará a las clásicas.

La empresa pionera y entonces líder del mercado de los PLC, que posibilitó la creación de las redes locales sobre el tendido eléctrico en el hogar como hoy se conoce, fue una empresa española, radicada en Valencia llamada DS2. En esos momentos dicha empresa proporcionaba la mayoría de los circuitos integrados que incorporaban los fabricantes de equipamiento comercial, para crear sus sistemas completos. Como en todos los orígenes, existían diversos sistemas incompatibles entre sí por lo que se hizo necesaria una estandarización. De manera que los equipos fueran interoperables entre sí (Rodríguez, 2010).

2.2. ¿Qué es Powerline (Tecnología PLC)? o Líneas De Alimentación Eléctrica.

La tecnología PLC (Power Line Communications), es una tecnología surgida hace unos 30 años, cuando las compañías eléctricas utilizaban las líneas de alta tensión para sus propios sistemas de control. Sin embargo, debido a limitantes tecnológicos no fue utilizada sino hasta la década de los 90 para comunicación de alta velocidad.

La idea básica de la tecnología PLC es la utilización de la infraestructura de la red eléctrica para la transmisión de datos y así ofrecer servicios de telefonía, Internet y video.

PLC es una tecnología de gran cobertura y rápida instalación, puesto que solo se requiere de un equipo modem PLC que se conecte a la red eléctrica para poder acceder a los servicios ofrecidos.

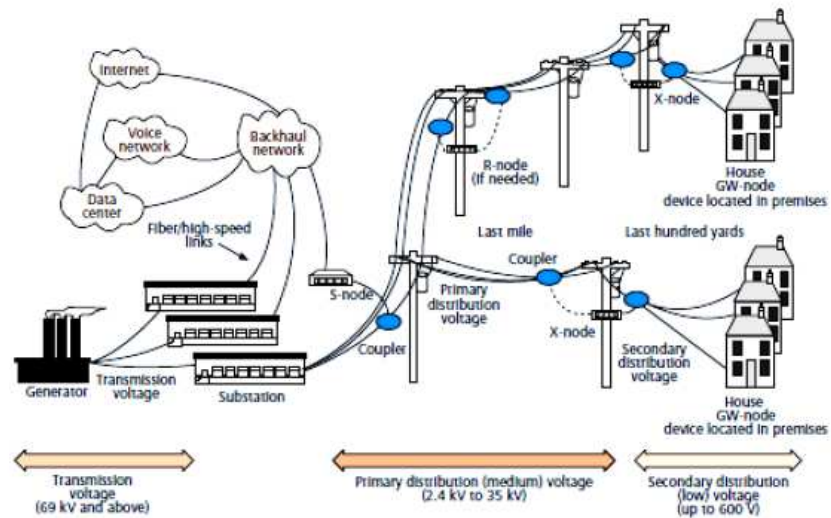


Figura 2. 1 Arquitectura de la red PLC
Fuente: (Sánchez, 2009)

2.3. Principios Técnicos

En la concepción y diseño de los PLC se hizo necesario tener en cuenta el medio de transmisión de la señal utilizado. Dicho medio, el cableado de distribución eléctrica, no está diseñado realmente para la transmisión de información principalmente para domicilio u oficinas y ya tiene presente una señal continua de alto voltaje y potencia: la onda de 110 o 200 v y 50 y 60 Hz presente en todos los enchufes (Castro S. J., 2013).

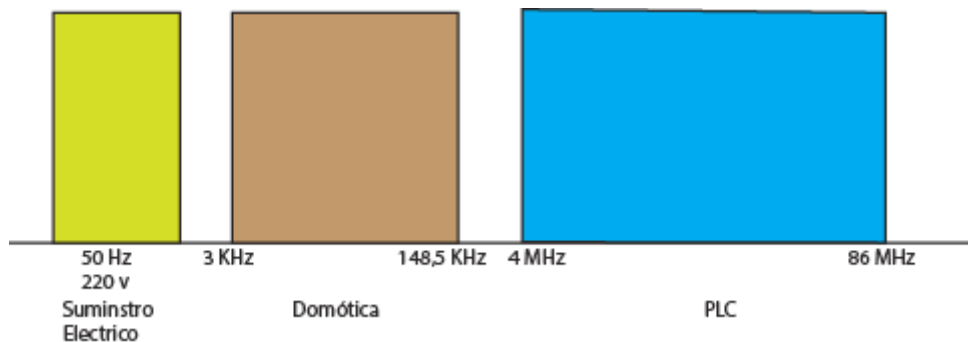


Figura 2. 2: Espectro de frecuencias reservado para cada aplicación
Fuente: (Castro S. J., 2013)

Como se puede ver y fruto de esa primera aplicación de transmisión de datos por la red de distribución eléctrica, existe una reserva del espectro, entre los 3 KHz y los 148,5 KHz, para aplicaciones de control de sistemas de domótica. A partir de los 4 MHz se reserva espectro para aplicaciones de transmisión de datos, es decir que para redes PLC. La máxima frecuencia de transmisión de los sistemas PLC varía con la norma y se ha ido incrementando según se ha ido perfeccionando el equipamiento y consiguiendo mayores velocidades de transmisión. Como se puede ver son frecuencias muy superiores a aquellas para las cuales estaba pensado el cableado existente, lo cual provoca problemas que se derivan en una limitación del alcance de información transmitida y una reducción efectiva de la velocidad ofrecida al usuario.

El PLC de uso común, dispone típicamente de un conector Ethernet RJ45 y un enchufe apto para ser conectado en la toma de corriente. En algunos casos puede disponerse también de funcionalidad de red inalámbrica Wi-Fi que puede complementar o substituir al conector Ethernet.



Figura 2. 3: Dispositivo PLC
Fuente: (Castro S. J., 2013)

Cuales sean las conexiones ofrecidas al usuario, El PLC tiene dos funciones primordiales: inyectar la señal en el cableado, superponiéndola a la ya existente en este, con la finalidad de hacerla llegar a otros sistemas y extraer la señal aislándola de la previamente existente y el ruido para

obtener la información transmitida por otros elementos de la red (Castro S. J., 2013).

2.4. ¿Cómo surgió esta tecnología?

La tecnología PLC, apareció hace casi 20 años, cuando unas compañías presentaron una solución que permitía conectar a Internet cualquier ordenador. Esta idea tenía todas las de ganar, ya que las empresas proveedoras de energía tenían la oportunidad de ofrecer servicios de telecomunicación a sus clientes en un mismo producto. Pero su puesta en práctica no fue muy exitosa.

La tecnología PLC es efectiva siempre y cuando el estado de la red sea el adecuado, en aquel entonces comprobaron que el deterioro del cobre usado en los cables de red eléctrica, así como los “parches”, arreglos, empalmes y soldaduras afectaban directamente al traslado de datos. También existía el problema de tener que instalar múltiples repetidores para salvar distancias superiores a 100 metros.

Años después, la tecnología PLC ha resurgido en los hogares ofreciendo una solución totalmente efectiva para aquellas personas que no pueden obtener buenas señales usando una red Wi-Fi o que prefieren usar cable para navegar (Castro S. J., 2013).

2.5. ¿Cómo funciona Powerline?

Como se aprecia en el gráfico una casa de tres pisos tiene su instalación a Internet en el primer piso (representada por el globo terráqueo). El router que el distribuidor de Internet entrega está acoplado por un pequeño cable Ethernet a un adaptador powerline que se acopla a un enchufe de electricidad. Este dispositivo funciona en una red powerline dispositivo centrico y es el transmisor principal de señalización. El resto de adaptadores funcionan como receptores. En la gráfica del hogar se observan seis adaptadores powerline en total los que acceden al rutiador para la

distribución de Internet a través de la corriente eléctrica de la casa (Castro S. J., 2012).

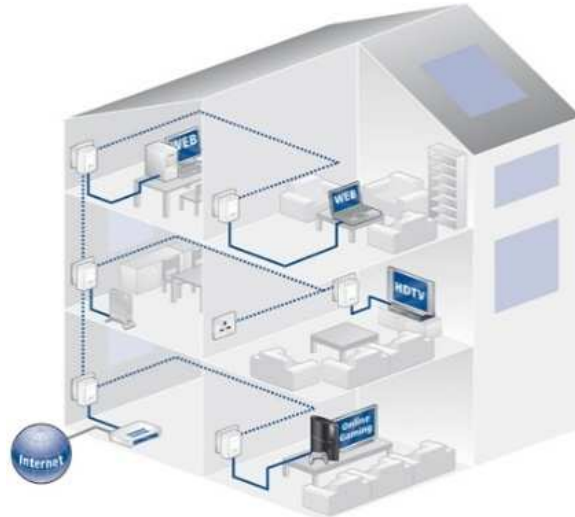


Figura 2. 4: Muestra cómo se puede utilizar Powerline
Fuente: (Vialfa, 2007)

Varios adaptadores incorporan señalización inalámbrica y funcionan como puntos de acceso (o repetidores), como se muestra en la gráfica de abajo ofreciendo una ventaja adicional. (Vialfa, 2007)

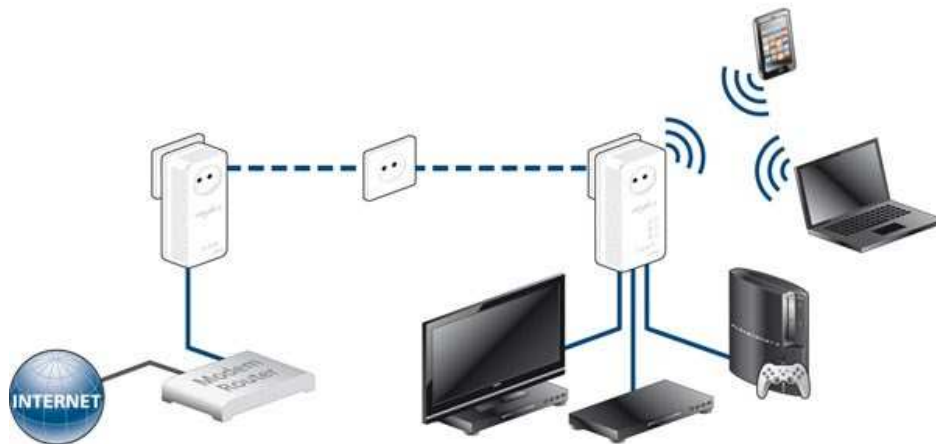


Figura 2. 5: Tecnología PLC, usando su cable de alimentación en vez de un cable par telefónico.
Fuente: (Vialfa, 2007)

2.6. Esquema general de funcionamiento

En el esquema anterior se puede apreciar como sobre la señal de 110 v y 50 Hz existente en el cableado (onda roja) se suma la señal a transmitir (onda verde), que transportará la información que se desea comunicar.

Tras propagarse por el cableado, la señal deberá ser extraída por el PLC remoto, aplicando un filtro (en concreto un filtro paso alto, que permita el paso de las frecuencias altas, las cuales son utilizadas para la transmisión de la información, y bloquee las frecuencias bajas, que son las propias del suministro eléctrico y otros servicios como sistemas de automatismos de domótica) que aisle la señal emitida.

Como la comunicación se realiza en un medio no pensado para ello, es frecuente la aparición de interferencias, atenuaciones y errores de transmisión. Es por ello que los sistemas incluyen información redundante y algoritmos de corrección de errores para permitir paliar en lo posible los errores.

Consecuencia de esto es que la velocidad de transmisión anunciada por los equipos es aproximadamente el doble de la real percibida por el usuario, debido a la redundancia introducida y a los protocolos de control necesarios para el funcionamiento del sistema. En la práctica la velocidad obtenida será sensiblemente menor, en la mayoría de los casos, a consecuencia de los errores de transmisión. En este documento, salvo mención expresa, las velocidades que se dan son referidas a la velocidad máxima de línea, no la de usuario.

Debido al medio de comunicación compartido, el ancho de banda disponible se ha de repartir entre todos los equipos conectados, por lo que las velocidades ofrecidas no lo serán para cada uno de los elementos de la red, si no a repartir entre ellos. Para evitar colisiones se incorpora un protocolo de contención y ordenación del canal, pero a pesar de todo el rendimiento puede degradar con el número de dispositivos pues será

necesaria mayor comunicación para el control de la transmisión y la posibilidad de colisiones aumentará (Vialfa, 2007).

2.7. Tipos de tecnología PLC

Según como se use la tecnología PLC se puede dividir en tres diferentes tipos:

- De control
- De acceso y
- De Red de Área Local LAN

2.7.1. Tecnología PLC de Control

Esta tecnología es utilizada en empresas de electricidad para administrar y verificar los equipos utilizando líneas de energía como líneas de transmisión, una vez difundida su utilización en la industria y en los hogares, se dio lugar a lo que se conoce como “domótica” (tecnología de la automatización y el control del hogar).

Los sistemas que utilizan en esta tecnología permiten controlar la climatización, los juegos de luces, las persianas, el gas, la alarma, etc. La tecnología PLC de control opera debajo de los 500 KHz.

2.7.2. Tecnología PLC de Acceso (Access PLC)

Los equipos necesarios para implementar la tecnología PLC de acceso incluyen unidades concentradoras (cerca de los transformadores de baja tensión) y unidades terminales de red (en el domicilio del usuario final), además de otras unidades no necesarias en todos los casos, como las unidades repetidoras.

2.7.3. Tecnología PLC para LAN (In-house PLC)

Existen múltiples tecnologías pero la más conocida es la alianza HomePlug Powerline que creó un modelo o patrón definido nacido en la

industria norteamericana para fijar una red de alta velocidad vía líneas de energía. Por tal razón se describe con más detalle la forma en que trabaja esta tecnología.

La transmisión de datos por línea eléctrica es normalmente un ambiente ruidoso y alterado. Debido a estas variaciones en tiempo y frecuencia, la tecnología de HomePlug comprende un método efectivo y confiable facultando altas velocidades pero que se va ajustando según lo ruidoso y variable que sea el canal.

2.8. Tipos de PLC industriales según cantidad de entrada y salida

Micro PLC

Este un tipo de PLC que puede comprender desde una hasta sesenta y cuatro entradas y salidas.

PLC pequeño

Este tipo de PLC puede comprender desde sesenta y cinco hasta doscientas cincuenta y cinco entradas y salidas.

PLC mediano

Este tipo de PLC puede comprender desde doscientas cincuenta y seis hasta mil veintitrés entradas y salidas.

PLC grande

Este tipo de PLC puede comprender más de mil veinticuatro entradas y salidas.

2.9. Tipos de PLC industriales según su arquitectura

A continuación se detallan los tipos de PLC industriales clasificados de acuerdo a su arquitectura:

PLC nano

Es un tipo de PLC sencillo y económico relativamente. Está diseñado con componentes básicos, como la fuente de alimentación, el cerebro, que es el CPU y las entradas y salidas integradas. A parte de las integradas por defecto, pueden manejar entradas y salidas digitales y diferentes módulos. Este PLC puede soportar entradas y salidas de manera reducida, normalmente cien o menos. Evidentemente es un PLC de estructura pequeña.

PLC compacto

Este viene por defecto con la fuente de alimentación, el CPU y los módulos de entrada y salida, que se encuentran conjugados en un módulo principal. Este tipo de PLC es en composición más grande que el nano. Este puede soportar también más entradas y salidas, en total un número aproximado de quinientas de estas. En estos PLC's se presenta la característica de poder soportar módulos especiales. Entradas y salidas análogas, expansiones, interfaces de operación, y otros como los contadores rápidos y los de comunicación.

PLC modular

Es el tipo de PLC más complejo pues puede soportar miles de entradas y salidas. Cuenta igualmente que los anteriores con la fuente de alimentación, el CPU, los módulos de entrada y de salida. A estos se le añade el rack, lugar donde se colocan todos los elementos del mismo.

2.10. Tipos de PLC industriales según su capacidad

Ahora se detallan los tipos de PLC industriales de acuerdo a su capacidad:

PLC de nivel 1

Este tipo de PLC controla preferiblemente variables discretas, y una que otra analógicas. Son capaces de comprender operaciones aritméticas, y de comunicación elemental.

PLC de nivel 2

Este tipo de PLC controla cualquier tipo de variables, ya sean discretas o analógicas. Constituidas con entradas y salidas inteligentes. Una comprensión matemática más avanzada que la del nivel 1. Son capaces de establecer conexiones de red entre otros PLC's o entre computadores.

2.11. Tipos de PLC de redes según su arquitectura

Los tipos de PLC de redes según su arquitectura son los siguientes:

PLC de banda estrecha

Este tipo de PLC trabaja a baja frecuencia, pero alcanza un rango amplio, abarcando más de un kilómetro, este rango puede llegar a ampliarse aún más con el uso de los repetidores. Este es el más usado en empresas.

PLC de banda baja

Estos trabajan con una alta frecuencia y mayor velocidad, pero alcanza un rango más cerrado que el de banda estrecha. Este es muy utilizado en los hogares.

2.12. Tipos de PLC de redes según el tipo de corriente

De acuerdo al tipo de corriente los tipos de PLC de redes son los siguientes:

PLC sobre corriente alterna

Conocidos como PLC sobre AC, por sus sigla en inglés respondiendo a Alternating Current.

PLC sobre corriente continua

Conocidos como PLC sobre DC por sus sigla en inglés respondiendo a Direct Current.

2.13. Tipos de PLC de redes según su voltaje

Los tipos de redes de PLC según su voltaje son los siguientes:

PLC de alto voltaje

Van de 110 a 380 kV, este tipo de PLC se utiliza para grandes clientes en grandes regiones. Abarcan largas distancias y comprende muchos suplementos de cables.

PLC de voltaje medio

Estos van de 10 a 30 kV, abarcan áreas extensas poco menor que los de alto voltaje.

PLC de bajo voltaje

Estos comprenden un voltaje de 230V, estos suministran la red a clientes finales o individuales (Equipo de redacción, 2016).

El nivel físico (PHY)

El PHY de HomePlug utiliza multiplexación por división de frecuencias ortogonales. Es decir, es la misma técnica utilizada por la tecnología DSL. Sin embargo, en contraste con dicha tecnología, HomePlug transmite en ráfagas en lugar de un modo continuo. HomePlug utiliza además FEC mediante la codificación Viterbi y Reed Solomon, y turbo product coding (TPC) para los campos de datos de control (Ferreyra, 2004).

OFDM divide el canal de banda ancha en múltiples subcanales ortogonales de baja velocidad.

La modulación de cada canal puede hacerse de distintas formas pero el más usado es DQPSK.

2.14. El nivel MAC

Este protocolo, al igual que en CSMA/CD, cuando un nodo tiene un paquete a transmitir, primero escucha para asegurarse de que ningún otro

nodo esté transmitiendo. Si el canal está libre, entonces transmite el paquete. Si no, elige un factor al azar; el cual determina la cantidad de tiempo que el nodo debe esperar hasta que se le permite transmitir su paquete. La detección de la colisión, como se emplea en Ethernet, no se puede utilizar ya que cuando un nodo está transmitiendo no puede oír ningún otro nodo en el sistema, puesto que su propia señal se tapaná cualquier otra que llegue a él (Ferreyra, 2004).

2.15. Ancho de banda

La tecnología PLC de acceso permite navegar por internet a alta velocidad. Las implementaciones comerciales ofrecen en la actualidad anchos de banda comparables a los de otras tecnologías de banda ancha (ADSL o cable), mientras que en algunas implementaciones experimentales se habla de velocidades bastante mayores (Ferreyra, 2004).

2.16. Servicios múltiples

Entre las aplicaciones que provee la tecnología PLC se encuentran además del acceso a internet la telefonía integrada con datos, la creación de redes privadas, las aplicaciones multimedia (videoconferencia, televisión interactiva, radio y música, juegos en red).

2.17. Limitaciones y problemas

La comunicación por el par de cables del suministro eléctrico es posible, ya que en definitiva se trata de un conductor orientado a la transmisión de señales eléctricas. Sin embargo, originalmente fue diseñado para la transmisión de suministro eléctrico en corriente alterna, esto es, altos voltajes y frecuencias bajas (50 Hz en Europa y 60 Hz en Estados Unidos). Esto provoca que no se puedan transmitir señales de muy alta frecuencia por ellos con garantías de calidad, lo que limita severamente la velocidad de transmisión (Simal T. , 2012).

Por otro lado, el cableado de suministro eléctrico no tiene en consideración la aparición de diferentes interferencias. Para un sistema a él

conectado, no le es notable la presencia de inferencias que pueda modificar ligeramente al forma, amplitud o frecuencia de la señal, siempre que no sean tan elevadas que puedan provocar deterioros como el sobrecalentamiento o quema del sistema o fuente de alimentación, pues estas variaciones serán filtradas por los diversos componentes electrónicos del equipo y típicamente por la etapa transformadora/rectificadora de la fuente de alimentación. Es por ello que no se ha considerado en su tendido la necesidad de un trazado, trenzado o blindaje que aislé o amortigüe las interferencias externas, ni una metodología de ensambladuras que no provoquen ruido o atenuaciones, ni normativa orientada a los equipos enchufados a dicha red para que no inyecten perturbaciones.

Son estas dos características de las líneas de suministro eléctrico, lo que condiciona el funcionamiento de los sistemas PLC, Puesto que para alcanzar altas velocidades es necesaria la transmisión a frecuencias mayores de aquellas para las que fue pensado el cableado. Conjuntamente se utilizan complejos sistemas de modulación de la señal para alcanzar cada vez mayores velocidades. Sin embargo estas modulaciones hacen la señal más sensible a interferencias lo cual puede afectar negativamente en entornos muy opuestos.

En general existen unos cuantos puntos a tener en cuenta que se detallarán en los apartados siguientes.

2.18. Colisiones y medio compartido

Los PLC funcionan a través de un medio repartido. En el mismo conductor se transmite y se recepta la información, pero todos los PLC conectados compiten por el ingreso al medio cuando deben transmitir la información (Simal T. , 2012).

Como consecuencia de todo esto es que probablemente la velocidad ofrecida por el sistema se degrade para casa usuario, si no al total de información transmitida por ellos. Por consiguiente, se obtiene un sistema HomePlug AV, con velocidad ofrecida de 200 Mb/s, para los usuarios se dispone de 100 Mb/s aproximadamente (normalmente de 80 Mb/s y una

media entre 40 – 45 Mb/s). El cual debe ser compartido entre todos ellos. Tal comportamiento no se realiza de forma igualitaria, si no que aquel equipo que desea transmitir debe esperar a que el medio este liberado y pueda hacerlo, pudiendo usar todo el ancho del medio si no hubiera otro equipo que transmitiera (Simal T. I., 2012).

El segundo resultado es que es necesario implantar un método de arbitraje en el ingreso al medio. Los sistemas PLC utilizan igual medio que las redes Wi-Fi: CSMA/CA. El mecanismo determinado en el CSMA/CA es un ajuste del CSMA/CD utilizado en las redes Ethernet, pero reformado para obtener en consideración la limitación de las redes de cableado de distribución eléctrica, por lo tanto un canal que transmite no puede descubrir un embate con otra transmisión simultánea. El algoritmo indica que un dispositivo que necesita transmitir, antes de hacerlo ha de escuchar para evidenciar si existe otra estación enviando datos. Por lo tanto de no ser así podrá transmitir, pero si ya hubiera algún dispositivo transmitiendo debe esperar un tiempo casual y transcurrido este, volverá a comprobar si el medio está ocupado por otra transmisión. Este algoritmo presenta varios problemas. Uno es que existe un evento donde dos o más dispositivos comprueben a la vez si se está transmitiendo y al detectar que el canal esta libre, empiecen a emitir de forma simultánea. Este inconveniente deberá ser tratado por protocolos superiores como TCP que se encargarán de detectar pérdidas de información y solicitar la retransmisión de esta. De la misma forma al ser el tiempo de espera, cuando se detecta el canal ocupado, tomado de forma aleatoria se consigue disminuir en parte la dificultad de la concurrencia de los dispositivos al comprobar la utilización del canal (Simal T. I., 2012).

Observando el funcionamiento del protocolo CSMA/CA, se aprecia que el rendimiento de la comunicación decaerá con el número de terminales, pues mayor será la probabilidad de colisiones, y por tanto de esperas para la retransmisión de la información, y también se incrementará en número de colisiones no detectadas.

Por tanto PLC no es un sistema que escale bien para un número elevado de terminales.

2.19. Seguridad

Hay que considerar que en las redes basadas en PLC la señal se transmite por el cableado eléctrico existente, por lo que en cualquier conector se dispone de una toma de red en la que podrán extraer la información transmitida. De igual forma es sencillo efectuar una ensambladura en cualquier punto del cableado y conseguir por tanto acceso a la información. Lo más significativo es que el ingreso a los datos no es visible ni localizable, por lo que no es posible controlar los ingresos no autorizados (Simal T. I., 2012).

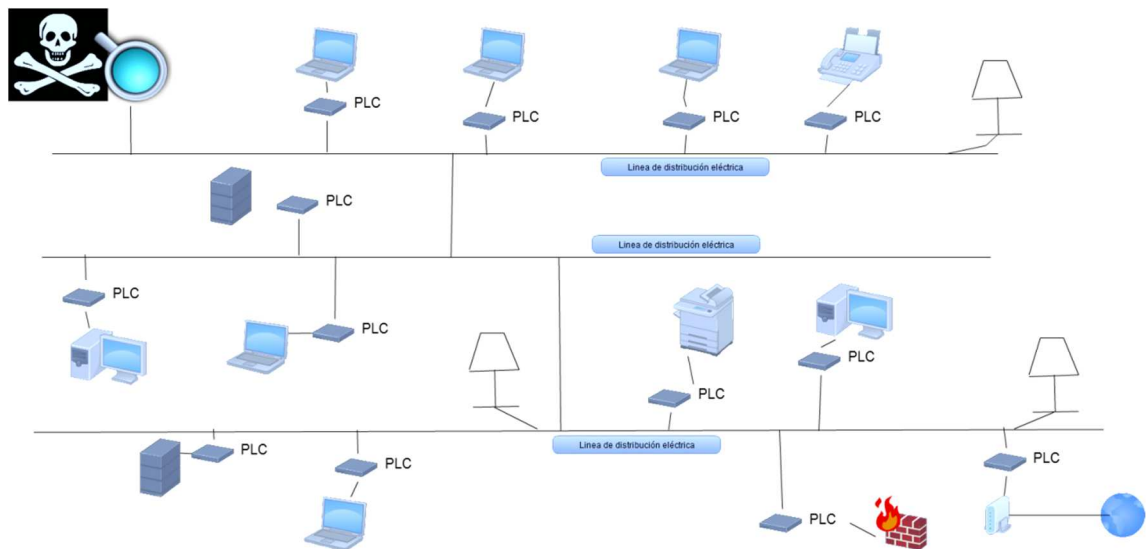


Figura 2. 6 : Redes PLC

Fuente: (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte España, 2012)

Es por esta naturaleza del medio de transmisión, por lo que en la norma HomePlug AV se incluyó el cifrado de la información transmitida mediante una codificación AES de 128 bits. Así mismo se instauró un mecanismo de distribución de claves, de forma que esta cambiara dinámicamente y se evita el peligro de que pudiera ser interceptada y conocida por un observador ajeno a la red, pues su validez será efímera.

2.20. Velocidad vs. Número de flujos

Una de las consecuencias que normalmente sorprenden al usuario es que el rendimiento de una red PLC aumenta con el número de flujos presentes en la comunicación. En un documento publicado por la propia HomePlug Alliance, sobre la versión HomePlug AV2, se expresan los siguientes valores de rendimiento obtenidos en mediciones reales efectuadas en pruebas piloto en hogares de Estados Unidos.

TABLA 2. 1: Valores de rendimientos obtenidos en mediciones reales.

RENDIMIENTO UDP (Mb/s)						
Porcentaje de clientes	99%	98%	96%	75%	5%	Máximo Físico
1 Flujo	59	67	82	138	493	1256
3 Flujos iguales	90	93	99	141	367	1256

Fuente: HomePlug Alliance, 2017

En la tabla se muestra el porcentaje de clientes que reciben al menos el ancho de banda especificado. Para la prueba de tres flujos, se configuro un escenario en el que un punto emite a tres clientes diferentes.

Como se puede ver el rendimiento obtenido puede ser muy variable, dependiendo del cableado, ruido, etc. De hecho se observa que sobre una velocidad de nivel físico máxima de 1256 Mb/s, el rendimiento máximo obtenido solo llego a 493 Mb/s para el 5% de los clientes, habiendo algunos que obtuvieron tan solo una velocidad de 59 Mb/s.

También se observa que el aumento del número de flujos mejora el rendimiento del sistema para la mayoría de los clientes. En una situación real lo más normal no es enviar un solo flujo de información, si no que el servidor, o internet estará ofreciendo diversos flujos a los diferentes clientes

que así lo estén demandando. Sin embargo en un sistema de distribución de video, si es posible que se produzcan casos de un solo flujo o un número reducido de estos.

Las pruebas aportadas por la alianza ilustran un ejemplo de distribución de video, un solo flujo, de la fuente de video al cliente que lo visualiza, o tres flujos, desde un mismo servidor de video a tres clientes que lo estén visualizando. Hay que ser prudente al evaluar los resultados, puesto que si la red se utiliza para transmisión de datos y no de video, los flujos serán múltiples, con origen no concentrado en un solo punto, y emisión y carga aleatoria. Eso hará que se optimice la carga en cuanto al número de flujos, pero también se produzcan congestiones y colisiones en el acceso simultáneo al medio (Simal T. , 2012).

No obstante no suele ser el caso y un diferencial en la mayoría de los casos aísla la señal de nuestros PLC del exterior.

2.21. Interferencias

El motivo más importante de la disminución de la eficacia del rendimiento de las redes basadas en PLC está producida por el ruido o interferencia presente en la red. La red eléctrica no se la ha realizado para la transmisión de información, si no para la distribución de potencia eléctrica, ocupación para la que no es esencial considerar la interferencia presente en la instalación (Simal T. I., 2012).

Este tipo de interferencia posee dos fuentes principales: la topología y naturaleza del cableado y los elementos conexos a la red eléctrica. Los dos elementos pueden implantar interferencias en la señal. El primero en modo de pérdidas y reflexiones de señal, y el segundo en modo de ruido de la señal. De los dos el más significativo es el introducido por elementos conectados a la red de suministro eléctrico. Principalmente los transformadores y cargadores de baja calidad, basados en fuentes conmutadas o tiristores de bajo costo, introducen ruido en la línea que puede tener gran atribución en la transmisión de la información. El tipo de ruido más significativo es el llamado ruido impulsivo, principalmente el indicado

como *REIN* (Repetative Electrical Impulse Noise), inducido por cargadores de móviles, teléfonos inalámbricos, luces de navidad, etc (Simal T. , 2012).

En un ambiente de muchos computadores y monitores (es decir más de 20), y distintos cargadores/transformadores de móviles y routers ADSL, se ha probado experimentalmente que la producción de un PCL pudiera disminuir al orden de los Kb/s (Simal T. , 2012).

2.22. Interferencias en la tecnología PLC

Valle y otros (2005) indican que la tecnología PLC usa la estructura eléctrica ya existente. El cableado eléctrico es construido para otros fines diferentes a la transmisión de datos, no poseen aislamiento por lo que entregara radiación debido a la ausencia de simetría, induciendo interferencia electromagnética sobre todos los servicios inalámbricos existentes.

Las redes de distribución eléctrica presentan un ambiente típico con interferencias, en especial para propósitos de comunicaciones. Esto incluye tanto la red outdoor, como la red indoor, pese a que se debe hacer una distinción entre la transmisión en una y en otra.

Las redes de media tensión están alimentadas por líneas de alta tensión sobre transformadores. Éstas a su vez, a través de transformadores de baja tensión, forman sectores para alimentar barrios o industrias. Hasta frecuencias de 20 KHz, los transformadores son buenas barreras. Desacoplan las interferencias de las redes de alta tensión, de las de media, y éstas de las de baja.

Una gran parte de las interferencias es causada por maquinarias y dispositivos eléctricos en su operación rutinaria. Hay muchos picos de tensión diferentes debido a un amplio rango de eventos de cambio. En particular, las redes son estructuras abiertas a las señales

electromagnéticas. Esto hace que haya numerosas señales originadas por las radiaciones de servicios de radio, principalmente en el rango de ondas medias y cortas.

2.23. Clasificación del ruido en la línea de transmisión eléctrica

Según Medina (2008) se clasifica el ruido como un conjunto conformado por cinco tipos, distinguidos por su origen, duración de tiempo, ocupación del espectro e intensidad, los cuales son:

2.23.1. Ruido estacionario

Presente durante segundos u horas formado principalmente por ruido coloreado, ruido de banda estrecha y ruido periódico.

2.23.2. Ruido de fondo coloreado (tipo 1)

Presenta una densidad de espectro de menor potencia que varía con la frecuencia, esto causa una sobre posición de algunas fuentes de ruido de pequeña intensidad. Los parámetros de este ruido varían en un cierto tiempo en términos de minutos y horas.

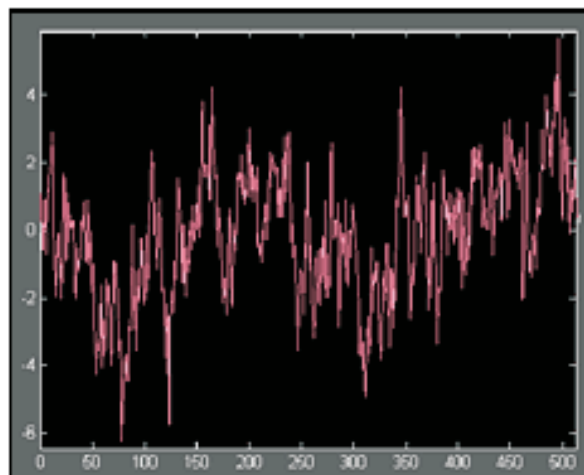


Figura 2. 7: Voltaje de ruido coloreado
Fuente: (Paz, 2011)

2.23.3. Ruido de banda estrecha (tipo 2)

Consiste en señales continuas con amplitud modulada. Se caracteriza porque su frecuencia central es mucho mayor que el ancho de banda.

Es causado principalmente por el ingreso de las estaciones de radiodifusión sobre la banda media y onda corta. Su amplitud generalmente varía durante el día (por la mañana y tarde es alto y durante la noche es bajo).

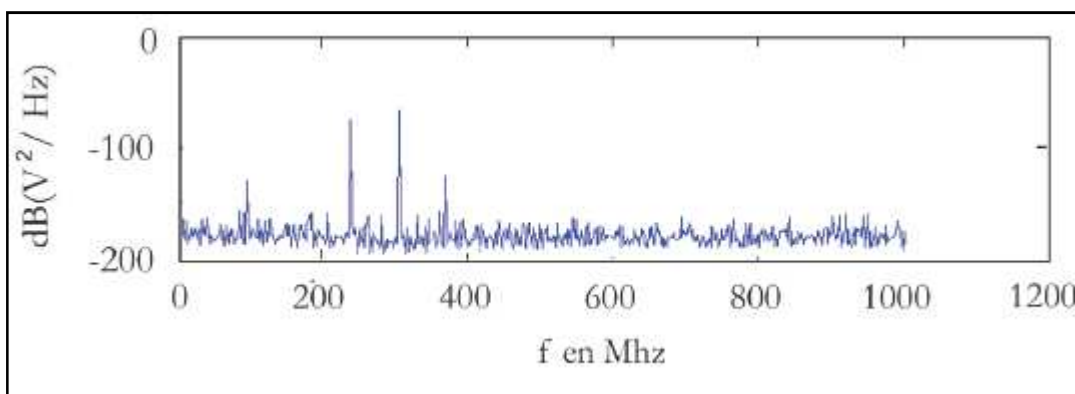


Figura 2. 8: Ruido de banda estrecha
Fuente: (Balbuena & Ugalde, 2013)

2.23.4. Ruido impulsivo periódico asíncrono a la frecuencia principal (tipo 3)

Son impulsos de corta duración que van aproximadamente entre los 10-100 μ seg, en los cuales la densidad espectral de potencia decrece con la frecuencia.

Se suele presentar en impulsos con una variable repetitiva entre 50 Hz y 200 kHz, su espacio de frecuencia presenta líneas discretas con espaciamiento de frecuencia según tasa de repetición. Este tipo de ruido es causado principalmente por fenómenos de conmutación o cambios presentados en el suministro eléctrico.

2.23.5. Ruido impulsivo periódico Asíncrono

Con duraciones que van de milisegundos a nanosegundos formado principalmente por ruido impulsivo periódico y ruido impulsivo asíncrono, generados por conmutaciones (apagado y encendido).

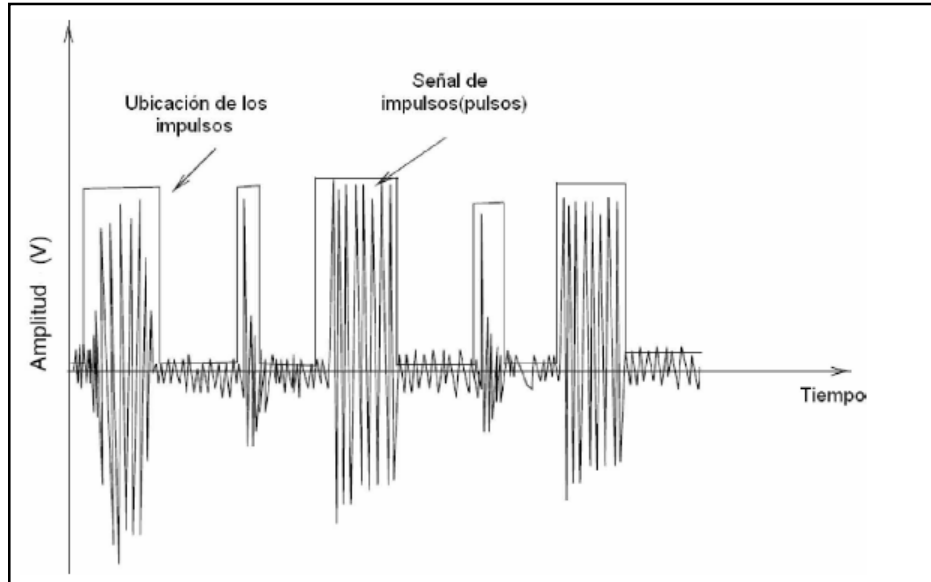


Figura 2. 9: Ejemplo de algunos impulsos medidos en el dominio de tiempo de una red PLC

Fuente: (Tapasco & Restrepo, 2007)

Una aproximación a los modelos de estos impulsos es un pulso tren con ancho de pulso t_w , amplitud de pulso A , tiempo entre pulso t_a y una función de pulso general $p(t/t_w)$:

$$n_{imp}(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} A_i \cdot p\left(\frac{t - t_{a,i}}{t_{w,i}}\right)$$

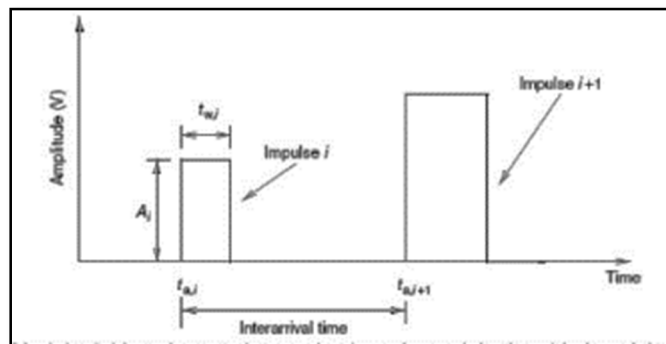


Figura 2. 10: Modelo del impulso para la clase de modelo de ruido impulsivo

Fuente: (Riqueth & Martinez, 2008)

2.23.6. Ruido impulsivo periódico síncrono a la frecuencia principal (tipo 4)

Se manifiesta en forma de impulsos con un índice de repetición de 50 Hz a 100 Hz y .es síncrono con la frecuencia principal de la corriente eléctrica (60 Hz). Tales impulsos tienen una duración corta del orden de nanosegundos o microsegundos (Romero, 2017).

Este tipo de ruido es causado generalmente por las fuentes de alimentación de muchos aparatos eléctricos que funcionan en sincronía con la frecuencia principal y tiene una densidad de potencia espectral que decrece con la frecuencia.

2.23.7. Ruido impulsivo asíncrono (tipo 5)

Son impulsos individuales ocasionados por eventos aleatorios de encendido y apagado, estos impulsos tienen duración de nanosegundos hasta pocos milisegundos. Su densidad de potencia espectral puede alcanzar valores superiores a 50Db sobre el nivel del ruido de fondo, siendo este la causa principal de error en las comunicaciones digitales sobre redes PLC.

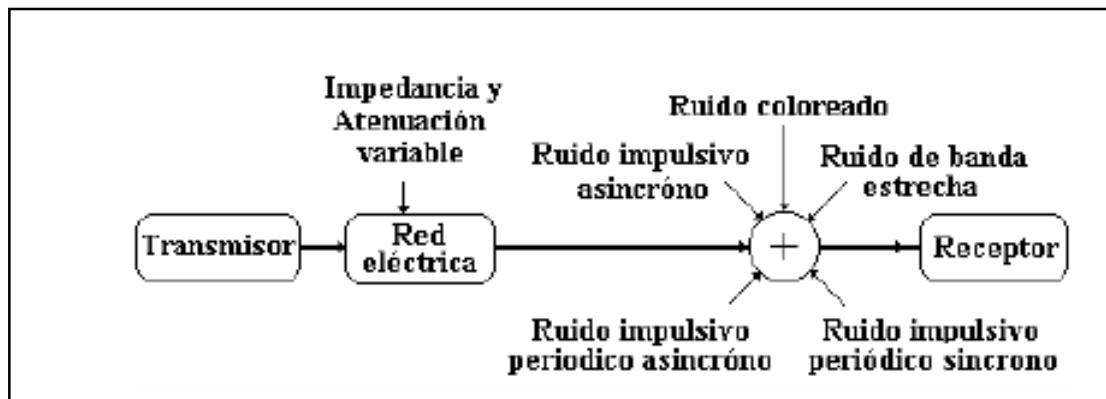


Figura 2. 11: Tipos de ruido localizados en el canal de comunicación PLC
Fuente: (Medina, 2008)

2.24. Definiciones de redes inteligentes o Smart grid

La red inteligente es un término general que abarca la modernización de las redes de transmisión y distribución que existen dentro de la red eléctrica actual.

La red inteligente es una red de computadoras e infraestructuras de energía que monitorean y administran el uso de energía. Cada productor de energía -por ejemplo, una compañía eléctrica regional- mantiene centros operacionales que reciben información de uso de dispositivos colectores colocados en toda la zona servida. En una configuración típica, un vecindario contiene un único dispositivo colector que recibirá actualizaciones periódicas de cada cliente en el vecindario a través de una red de malla inalámbrica. El dispositivo colector reporta las lecturas de uso a los centros operativos usando un medio de comunicación de larga distancia como una línea telefónica o Internet. Las utilidades gestionan la transmisión y realizan la facturación basándose en estas lecturas (McDaniel & McLaughlin, 2009).

El Smart Grid, es considerado como la red eléctrica de próxima generación, que utiliza flujos bidireccionales de electricidad e información para crear una red de distribución de energía automatizada ampliamente distribuida (Fang, Misra, & Xue, 2011).

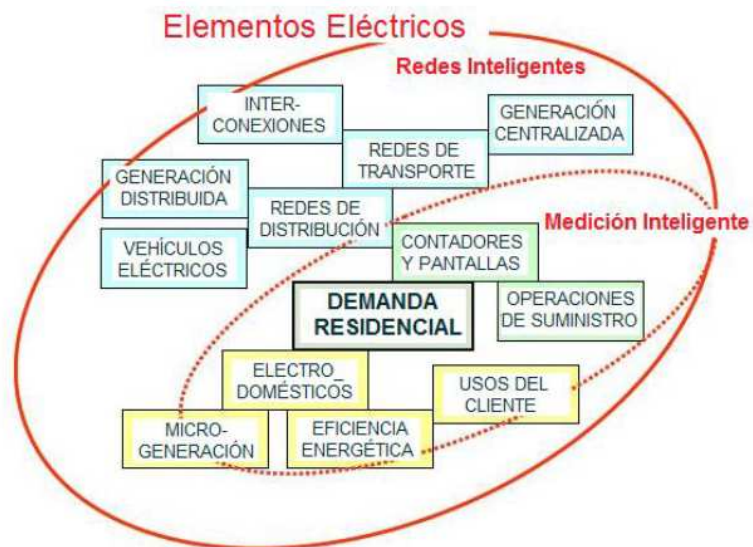


Figura 2. 12: Elementos de una red inteligente
Fuente: (Fang, Misra, & Xue, 2011)

2.25. Objetivos de una red inteligente

Según Lorente de la Rubia (2011) los objetivos mas significativos con que cuenta una red inteligente son los siguientes:

- Mejora y facilita la conexión y el rendimiento de los generadores de todos los tamaños y tecnologías;
- Admite a los usuarios optimizar la operación del sistema;
- Entrega a los usuarios mayor cantidad de información y posibilidades para la elección de la oferta;
- Disminuye o mitiga el impacto medioambiental del sistema eléctrico de suministro;
- Conserva y mejora los niveles existentes de alta fiabilidad, calidad y seguridad de suministro del sistema;
- Conserva y mejora la eficiencia de los servicios existentes;
- Promueve la incorporación de los mercados hacia el mercado europeo integrado (Lorente de la Rubia, 2011).

2.26. Smart Grid Technology

La red interconectada más grande de la Tierra, la red eléctrica centenaria es tan compleja e inextricable ligada a la participación humana y al esfuerzo que se ha llamado un ecosistema. Para satisfacer los requisitos de sostenibilidad, la industria eléctrica está preparada para pasar de una red centralizada y controlada por los productores a una que sea menos centralizada y más interactiva con el consumidor. Smart grid promete cambiar el modelo de negocio entero de la industria y su relación con todas las partes interesadas, involucrando y afectando a los servicios públicos, reguladores, proveedores de servicios de energía, proveedores de tecnología y automatización y todos los consumidores de energía eléctrica. La transmisión y distribución eficaces de la electricidad es un requisito fundamental para proporcionar a los ciudadanos, las sociedades y las economías los recursos energéticos esenciales.

A corto plazo, una cuadrícula más inteligente funcionará de manera más eficiente, lo que le permitirá ofrecer el nivel de servicio se espera más asequible en una era de costes crecientes, al tiempo que ofrece beneficios sociales considerables, como un menor impacto en nuestro medio ambiente.

A más largo plazo, se debe esperar que la Red Inteligente estimule el tipo de transformación. Se espera que dentro del espacio tecnológico las redes inteligentes representen una oportunidad para proveedores de tecnología más grandes que la Internet. Dada la nueva conciencia, la comprensión, las herramientas y la educación posible gracias a una red más inteligente, todos los consumidores podrán tomar decisiones que ahorran dinero, mejoran la comodidad personal, mejoran el medio ambiente, o los tres (Sorinel, 2010).

2.27. ¿Qué hace que una red sea "inteligente"?

La tecnología digital que permite la comunicación bidireccional entre la utilidad y sus clientes, y la detección a lo largo de las líneas de transmisión es lo que hace que la red sea inteligente. Al igual que Internet, la red inteligente consistirá en controles, computadoras, automatización y nuevas tecnologías y equipos que trabajan juntos, pero en este caso, estas tecnologías trabajarán con la red eléctrica para responder digitalmente a nuestro rápido cambiante de la demanda eléctrica (smartgrid.gov, 2009).

2.28. ¿Qué hace una Smart Grid?

La red inteligente (Smart grid) representa una oportunidad sin precedentes para mover la industria de la energía en una nueva era de la fiabilidad, la disponibilidad y la eficiencia que contribuya a nuestra salud económica y ambiental. Durante el período de transición, será fundamental para llevar a cabo las pruebas, mejoras en la tecnología, la educación del consumidor, el desarrollo de normas y reglamentos, y el intercambio de información entre

los proyectos para asegurar que los beneficios de la red inteligente se convierten en una realidad (smartgrid.gov, 2009).

2.29. Beneficios de la red inteligente

Los beneficios asociados con la red inteligente incluyen:

- Una transmisión más eficiente de la electricidad
- Más rápido restablecimiento de la electricidad después de las perturbaciones eléctricas
- Operaciones y Gestión reducción de los costes de los servicios públicos, y por último, reducir los costos de energía para los consumidores
- Los picos de demanda reducida, lo que también ayudará a las tarifas eléctricas más bajas
- La mayor integración de los sistemas de energía renovable a gran escala
- Una mejor integración de los sistemas de generación de energía del cliente-propietario, incluyendo los sistemas de energía renovables
- Mejora de la seguridad.

Hoy en día, una interrupción de la electricidad tal como un apagón puede tener un efecto de un dominó serie de fallos que pueden afectar a la banca, las comunicaciones, el tráfico y la seguridad. Una red más inteligente añadirá flexibilidad a nuestro sistema de energía eléctrica y que sea mejor preparados para hacer frente a situaciones de emergencia, tales como tormentas, terremotos, grandes erupciones solares, y los ataques terroristas. Debido a su capacidad interactiva de dos vías, la red inteligente permitirá el desvío automático cuando el equipo falla o se produce interrupciones. Esto reducirá al mínimo las interrupciones y minimizar los efectos cuando suceden. Cuando se produce un corte de energía, las tecnologías de redes inteligentes van a detectar y aislar los cortes, que

contiene antes de que sean apagones a gran escala. Las nuevas tecnologías también ayudarán a asegurar que la recuperación de la electricidad se reanuda de forma rápida y estratégicamente después de un enrutamiento de electricidad de emergencia a los servicios de emergencia en primer lugar, por ejemplo.

Además, la red inteligente tendrá una mayor ventaja de los generadores de energía de propiedad del cliente para producir energía cuando no se dispone de los servicios públicos. Mediante la combinación de estos recursos "generación distribuida", una comunidad podría mantener su centro de salud, departamento de policía, semáforos, Sistema de teléfono, y de un supermercado que opera en situaciones de emergencia. Además, la red inteligente es una forma de abordar una infraestructura de energía de envejecimiento que necesita ser actualizado o reemplazado. Es una forma de abordar la eficiencia energética, para traer una mayor conciencia de los consumidores acerca de la conexión entre el uso de la electricidad y el medio ambiente. Y es una manera de traer el aumento de la seguridad nacional de nuestro sistema de energía en el dibujo mayores cantidades de electricidad de cosecha propia que es más resistente a los desastres naturales y ataques (smartgrid.gov, 2009).

2.30. ¿De qué manera se puede utilizar la red inteligente?

La red inteligente no se trata sólo de los servicios públicos y las tecnologías; se trata de darle la información y las herramientas necesarias para tomar decisiones sobre su consumo de energía.

Puede gestionar actividades tales como la banca personal desde su ordenador personal, imaginar la gestión de su energía eléctrica de una manera similar.

Una red más inteligente permitirá a un nivel sin precedentes de participación de los consumidores. Por ejemplo, ya no tendrá que esperar a que su estado de cuenta mensual para saber la cantidad de electricidad que

utiliza. Con una red más inteligente, puede tener una idea clara y oportuna de la misma. "medidores inteligentes" y otros mecanismos, le permitirá ver la cantidad de electricidad que utiliza, cuando lo utiliza, y su coste. Combinado con precios en tiempo real, esto le permitirá ahorrar dinero al usar menos energía cuando la electricidad es más cara. Mientras que los beneficios potenciales de la red inteligente suelen ser discutidos en términos de economía, seguridad nacional y los objetivos de energías renovables, la red inteligente tiene el potencial de ayudar a ahorrar dinero al ayudarle a administrar su uso de la electricidad y elegir el mejor momento para comprar electricidad.

2.31. Creación y prueba de la red inteligente

La red inteligente consistirá en millones de piezas y controles, computadoras, líneas eléctricas, y las nuevas tecnologías y equipos. Tomará algún tiempo para todas las tecnologías para ser perfeccionados, los equipos instalados y probados sistemas antes de que entre completamente en línea. Y no va a ocurrir de golpe, la red inteligente está evolucionando, pieza por pieza, durante la próxima década más o menos. Una vez madura, la red inteligente es probable que lleve el mismo tipo de transformación que Internet que ha llevado a la manera de vivir, trabajar, jugar y aprender (smartgrid.gov, 2009).

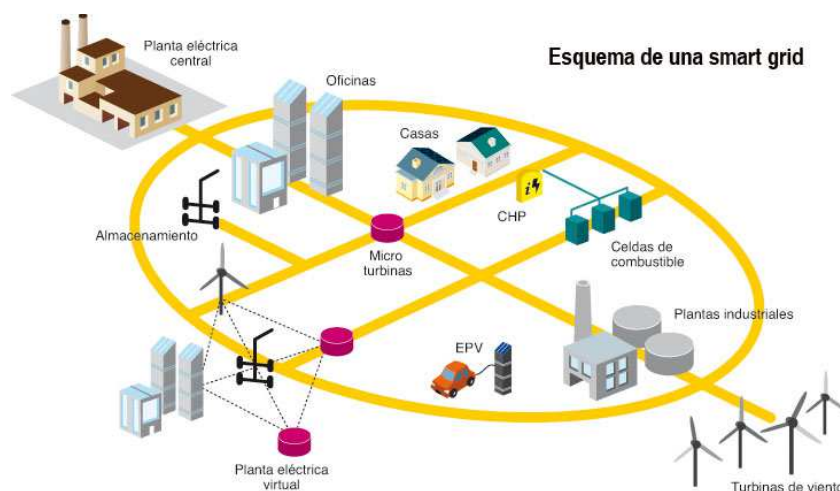


Figura 2. 13: Esquema de una Smart grid

Fuente: (smartgrid.gov, 2009)

2.32. Funciones de Smart Grid

Las funciones más destacadas de una red Smart grid son:

1. Auto-curación.
2. Motivar a los consumidores a participar activamente en las operaciones de la red.
3. Proporcionar un poder de mayor calidad (desperdiciado de interrupciones).
4. Mejorar opciones de generación.
5. Habilitar los mercados de la electricidad.
6. Funcionar más eficientemente.
7. Permitir una mayor penetración de fuentes de generación de energía intermitente.

TABLA 2. 2: Cuadro comparativo entre red actual y red inteligente

Red existente	Red inteligente
Electromecánica	Digital
Comunicación unidimensional	Comunicación bidimensional
Generación centralizada	Generación distribuida
Jerárquico	Red
Pocos sensores	Sensores por todas partes
Red "ciega"	Red monitorizada
Restauración manual	Auto-curación
Fallas y apagones	Adaptable
Manual comprobar/probar	Remoto comprobar/probar
Pocas opciones de clientes	Muchas opciones de clientes
Información del precio de electricidad escasa	Información total del precio de electricidad

FUENTE: Asociación Nacional de Normalización y Certificación

2.33. Arquitectura Smart grid.

- Interactivo con los consumidores y los mercados
- Optimizado para aprovechar al máximo los recursos y el equipo
- Predictivo en lugar de reactivo, para prevenir emergencias antes que resolver después
- Distribución de activos e información a través de los límites geográficos y organizacionales
- Integrado para combinar toda la información crítica
- Más seguro de las amenazas de todos los peligros

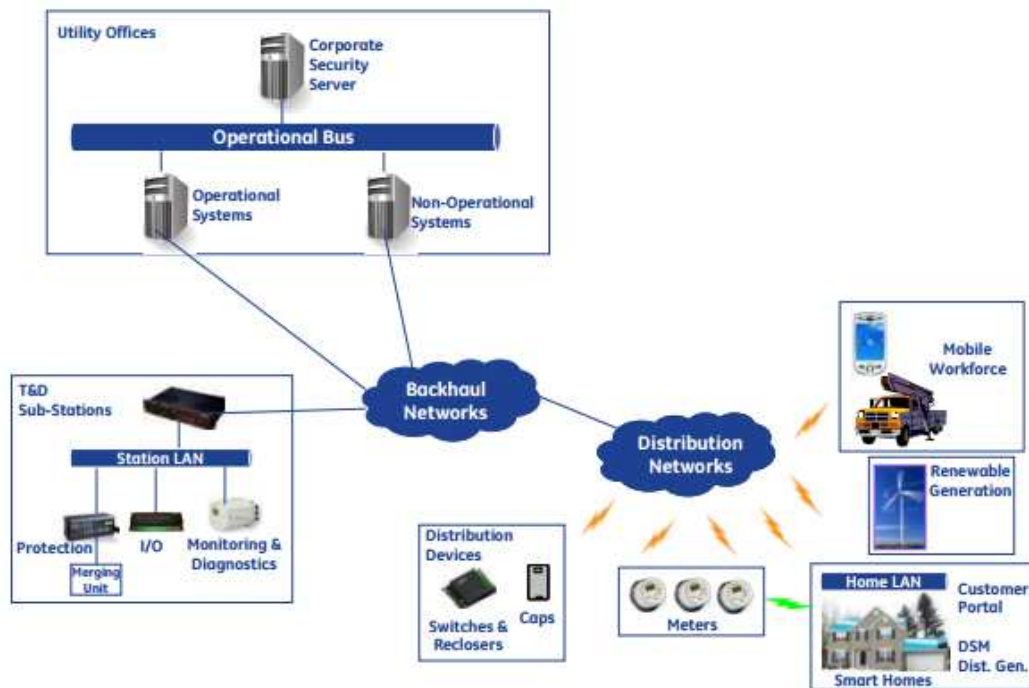


Figura 2. 14: Arquitectura de red inteligente simplificada

Fuente: (Flynn, 2008)

La típica red inteligente consta de:

- Operacionales y no operacionales que reciben datos de varios dispositivos inteligentes a través de la red.
- Varias redes de backhaul de alta velocidad que comunican datos desde varias pasarelas o concentradores de datos.

- Una red de subestaciones que normalmente consta de al menos dos redes de área local (LAN) reales o virtuales - operacional y no operacionales.
- Las redes Backhaul también se conectan a varias redes de distribución que se comunican con dispositivos inteligentes en todo el sistema de distribución, incluidos los medidores.
- La LAN doméstica - También llamada una red de área residencial (Home Area Network, HAN) consiste en múltiples soluciones de comunicaciones de IG para interactuar con la LAN local del cliente, incluyendo termostatos inteligentes, computadoras personales, dispositivos DSM, generación distribuida. Esta conexión se realiza a veces a través de la parte de comunicaciones del medidor o directamente a la red de distribución.
- Dispositivos eléctricos inteligentes (IEDs): son los dispositivos inteligentes ubicados en la subestación, los conmutadores de polos o pastillas, transformadores, condensadores, contadores residenciales, etc. (Flynn, 2008).

2.34. Funcionalidad de Smart grid

Es importante revisar los distintos tipos de funcionalidad de Smart Grid para comenzar el análisis de la metodología de seguridad. Para esta discusión, se muestra un diagrama de bloques Smart Grid simplificado.

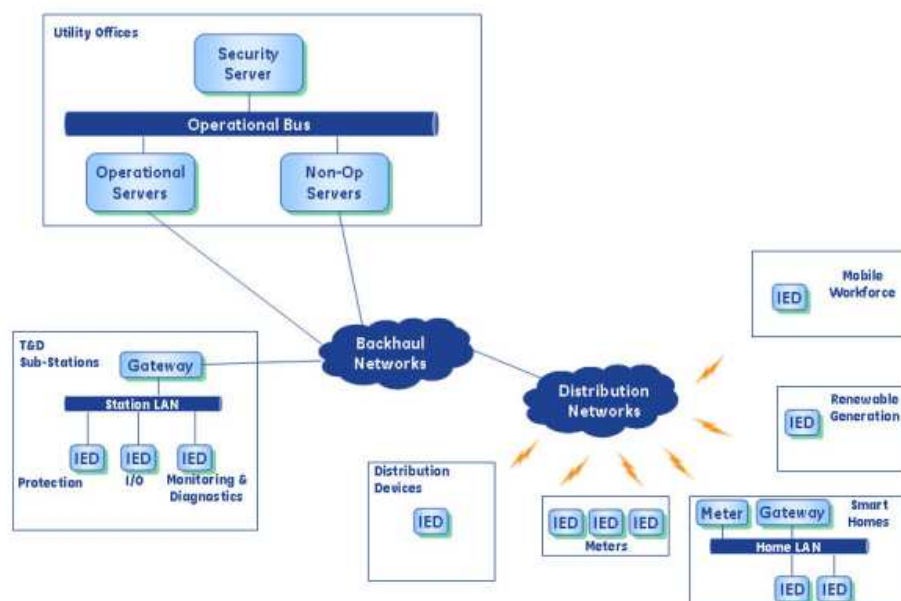


Figura 2. 15: Representación de red de Smart Grid
Fuente: (Flynn, 2008).

La red anterior se ha simplificado al caracterizar los dos tipos de datos en dos bloques, típicamente basados en el tiempo de respuesta en tiempo real para los datos operativos y otros datos no operativos que se caracterizan a menudo como "casi en tiempo real". Los datos operativos consisten principalmente en datos SCADA para las estaciones maestras del sistema. Los datos no operativos consisten en todos los demás tipos de datos necesarios para el mantenimiento, la ingeniería, la planificación, la medición, la gestión de activos, la gestión de interrupciones, etc. (Flynn, 2008).

Aunque puede ser prácticamente imposible predecir todas las futuras funcionalidades que los sistemas Smart Grid pueden proporcionar, es posible categorizar las diversas funciones. Las funciones se muestran a continuación:

- Seguridad cibernética
- Seguridad física
- Acceso a la información
- Control del dispositivo
- Configuración del sistema o del dispositivo final
- Gestión y rendimiento de la red
- Sistema de automatización
- Procesamiento de bases de datos
- Cálculos de datos

2.35. Barreras en el desarrollo de SmartGrids

Madurez tecnológica y riesgo de movilidad

La falta de tecnologías estándar aumentan el riesgo de inversión, y las escasas pruebas piloto de escala suficiente hacen que las estimaciones y supuestos considerados no sean fiables.

Los costos de inversión y operación son aún demasiado altos (no existen aún economías de escala) y por otra parte los beneficios que pretenden conseguir son difícilmente cuantificables e imputables a cada agente.

Falta de concienciación

Por parte de los reguladores del papel que juegan las SmartGrids en los objetivos de fomento de las renovables, eficiencia energética, reducción 7 de CO2 y la necesidad de fomentar la inversión en las redes eléctricas.

Normativa y regulación

En algunos casos impone limitaciones o barreras técnicas y en otras no genera incentivos suficientes para la inversión

Acceso a las fuentes de financiación

Cuando se cambia el modelo de negocio y se aumentan los riesgos de una actividad regulada, aumentan los costes de financiación, lo que hace menos rentables las inversiones.

Confidencialidad y privacidad de los datos

El detalle y volumen de la información que estará disponible sobre cada consumidor puede generar graves perjuicios si se usa de manera inadecuada (Energía y sociedad, 2010)

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA UTILIZADA Y PROPUESTA DE ESTUDIO

A continuación se procederá a detallar la metodología que se utilizará en este trabajo de investigación, así como la propuesta de estudio.

3.1. Modelación y simulación del ruido impulsivo en los canales PLC

En esta parte de la tesis se requiere analizar el comportamiento del ruido en redes de distribución de baja tensión de energía eléctrica que en realidad es un canal de conmutación y tratar de demostrar con la simulación la existencia de este patrón concurrente que afecta a los canales en el tiempo de operatividad de la transmisión de la información.

De acuerdo a lo estudiado en el marco teórico se hace referencia a tres de los tipos de ruido impulsivos, para esto se ha realizado un cuadro conceptual número 3.1, que ayudará para el análisis, donde se muestra el nombre o tipo de ruido, su densidad espectral de potencia PSD, la causa que lo origina y la variación que tienen en el tiempo.

TABLA 3. 1: Ruido Impulsivo presente en los canales PLC

Tipo de ruido	Densidad espectral de potencia PSD	Causa del ruido	Variación en el tiempo
Ruido asincrónico impulsivo	superior a los 50db	causado por transientes de conmutación en la red	algunos microsegundos hasta unos pocos milisegundos
Ruido periódico impulsivo asincrónico	50kHz a los 200kHz	causado por fuentes de alimentación conmutadas.	De tipo repetitivo
Ruido periódico impulsivo sincrónico	60Hz o 120Hz	causado por las fuentes de alimentación que operan en sincronía con la línea eléctrica.	corta duración microsegundos

FUENTE: Autor

El fenómeno principal a analizar es la señal eléctrica en la tecnología de canal PLC, para esto se requieren de herramientas que ayuden a medir algunos parámetros como el tiempo y la frecuencia, al analizar el tiempo también se permite entre otros determinar algunos parámetros

característicos de la señal como la duración, valor pico, tiempo de llegada, tiempo de entre llegadas de las señales, factor de atenuación y número de pulsos.

La investigación de masterado, “EL RUIDO IMPULSIVO, UN PROBLEMA EN LAS TELECOMUNICACIONES” del Dr. José de Jesús Medel Suarez, en la Ciudad de México indica que las comunicaciones por medio de la línea eléctrica tienen múltiples problemas por resolver entre los que destacan el ruido impulsivo. Tiene múltiples niveles de efectos por lo que su aplicación de manera masiva no se ha llegado a convertir en un hecho en la ingeniería sin que antes se resuelva de manera predictiva este problema (Medel, 2016).

El ruido impulsivo tiene diferentes propiedades entre las que destaca la aparición y de manera impulsiva con decaimiento exponencial del tipo sinusoidal con ruido adherido, que en amplitud es mayor a los 5 volts que son los considerados para realizar la transmisión de información por la línea eléctrica. Destruyendo así cualquier posibilidad de comunicación cuando una carga es adicionada a la línea eléctrica.

Dentro de los sistemas eléctricos de baja y mediana potencia, se encuentra que la conducción de la señal en corriente alterna se realiza en promedio a 60 Hz con una tolerancia de 5 Hz ya sean a la baja o al alta. Esto nos da una señal que tiene una forma sinodal estándar. A esta señal se le adiciona señales aleatorias con amplitudes acotadas y que la afectan negativamente; sin que se pierda su estructura general. Aunado a ello, cuando se conectan dispositivos eléctricos (motores y transformadores) que requieren cambiar la condición de inercia o estacionariedad del proceso, entonces demandan un mayor consumo de la línea eléctrica, lo cual se convierte en una condición impulsiva esporádica con decaimiento y duración, aleatorios.

3.2. Modelo y simulación del ruido asíncrono impulsivo

El ruido impulsivo asíncrono emite impulsos que son provocados principalmente por eventos aleatorios transitorios de encendido y apagado en la red eléctrica. Estos suelen durar desde microsegundos hasta unos pocos milisegundos. La capacidad espectral de potencia de este tipo de ruido alcanza valores de más de 50 dB por encima del ruido de fondo, siendo este la mayor causa de errores en las comunicaciones digitales sobre las redes PLC, adicionalmente una de las principales características de este tipo de ruido es su gran amplitud y corta duración en el tiempo (Romero, 2017).

Una característica general del ruido impulsivo asíncrono se basa en el comportamiento estadístico tanto en amplitud como en el tiempo (Santiago, 2003). El ruido impulsivo asíncrono se divide en dos grupos el primero emite unos pocos impulsos que se reduce la intensidad del impulso rápidamente, el segundo se caracteriza por emitir una gran cantidad de impulsos de aproximadamente igual amplitud que termina súbitamente, se los conoce también como “burst” (Romero, 2017).

De acuerdo con Moreno (2009), para analizar la señal eléctrica en un canal PLC se requiere determinar los siguientes parámetros característicos como; duración, valor pico, tiempo de llegada, tiempo entre llegada de señales, factor de atenuación y números de pulsos, en la siguiente figura se muestra los diferentes parámetros de esta señal (Moreno, 2009).

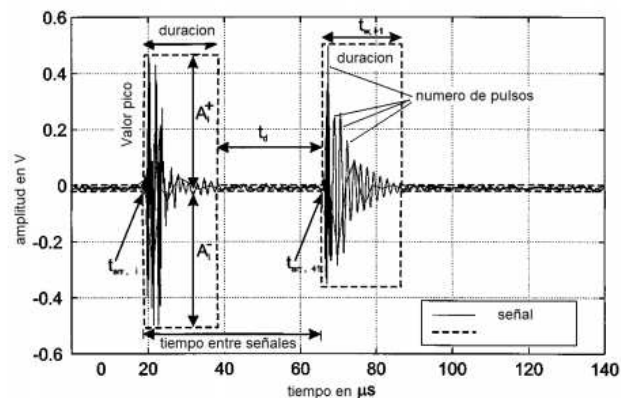


Figura 3. 1: Parámetros de una señal
Fuente: (Moreno, 2009)

Santiago (2003) describe que el ruido impulsivo asíncrono emite perturbaciones electromagnéticas impulsivas el cual se analiza desde un punto de vista estadístico sobre el parámetro más importante que es la amplitud ya que este parámetro es el que causa daño a los equipos, las características que se determinan de la amplitud son: Función de Densidad de Probabilidad (FDP), la Función de distribución en probabilidad (FDP) y la Distribución de Probabilidad en Amplitud (DPA), lo que entregaran información sobre la amplitud y el comportamiento de la señal.

3.3. Perturbaciones electromagnéticas impulsivas analizadas desde un punto de vista estadístico.

El eco de impulso tiene característica aleatoria y se lo modela por procesos y variables estocásticas, que permiten detallar diferentes fenómenos físicos. Para su acertada comprensión se hará un preámbulo a conceptos estadísticos básicos que nos permitan conocer el procedimiento del ruido (Romero, 2017).

Aplicación de consistencia de posibilidad (fdp)

La función de densidad de una magnitud casual continua describe la posibilidad relativa según la magnitud aleatoria tomara un preciso valor, la probabilidad de que la magnitud caiga en una zona fija del área muestral se da por (Romero, 2017):

$$F_X(x) = Prob(X \leq x)$$

La probabilidad de una variable aleatoria continua puede especificarse si existe una función denominada función de densidad de probabilidad (o simplemente función de densidad , tal que el área debajo del gráfico de esta función cumpla los requisitos para que sea una medida del valor de probabilidad. Para variables aleatorias discretas, la probabilidad se obtiene de la sumatoria de $f(x)$. En el límite esta sumatoria se transforma en un integral (Rodriguez L. , 2007).

Sea X una variable aleatoria continua.

Se dice que f es una función de densidad de probabilidad si y solo si,

$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x) dx, \quad \text{siendo } a, b \in \mathcal{R}$$

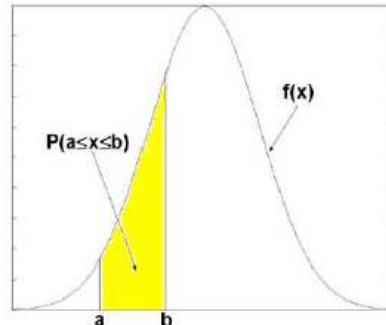


Figura 3. 2: Representación gráfica de fdp
Fuente: (Rodríguez L. , 2007)

Cada función de densidad de probabilidad debe cumplir las siguientes propiedades

- | | |
|---|---|
| 1) $f(x) \geq 0, \quad -\infty < x < +\infty$ | $f(x)$ no puede tomar valores negativos |
| 2) $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1$ | El área total debajo de $f(x)$ debe ser igual a 1 |

Rodríguez (2007) indica que esta propiedad implica que la probabilidad para variables aleatorias continuas solamente puede calcularse para intervalos de la variable. La probabilidad que la variable aleatoria tome un valor real específico es cero. Este resultado debe entenderse de la siguiente definición (Rodríguez L. , 2007):

$$\lim_{a \rightarrow b} P(a \leq X \leq b) = P(b \leq X \leq b) = P(X = b) = \int_b^b f(x) dx = 0$$

Por lo tanto, en el cálculo de la probabilidad para variables aleatorias continuas, es igual incluir o no incluir los extremos del intervalo.

$$P(a \leq X \leq b) = P(a < X < b)$$

Función de Distribución de probabilidad (FDP)

Romero (2017) indica que la función de distribuir la posibilidad de una magnitud aleatoria X es una función que asigna a todo suceso determinado en la magnitud casual la posibilidad de que dicho suceso ocurra. La distribución de posibilidad está definida por arriba del conjunto de todos los sucesos, en el cual cada suceso es la categoría de la magnitud casual (Romero, 2017).

Este oficio también llamado función acumulativa se determina como: $W_{DPA}(A)$, que se determina por:

$$W_{DPA}(A) = \int_A^{\infty} W_I(x, u_I, \sigma^2) dx$$

Distribución de Probabilidad en Amplitud (DPA)

Romero (2017) determina como la amplitud de envolvente que pasa un nivel de umbral "A", prefijado durante un tiempo T, el cual es normalmente el intervalo de la medición. La DPA se determina por:

$$DPA = 1 - W_{DPA}(A)$$

Proceso estadístico no estacionario

Los procesos no estacionarios por definición son variables en el tiempo esto implica que los parámetros estadísticos que los describen tales como la media, varianza y desviación estándar cambian con el tiempo (Romero, 2017), el habla y la música son un ejemplo de esto ya que son procesos no estacionarios más comunes, esto se representa de la siguiente manera:



Figura 3. 3: Proceso no estacionario
Fuente: (Romero, 2017).

Adicionalmente estos procesos pueden ser modelados por combinaciones de procesos tanto estacionarios como no estacionarios como se muestra la siguiente figura 3.4

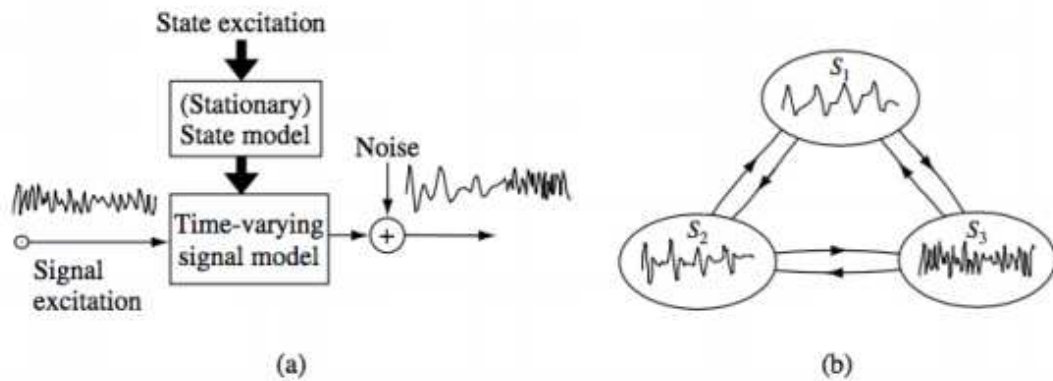


Figura 3. 4: Mezcla de diferentes modos estacionarios y no estacionarios.
Fuente: (Romero, 2017).

3.4. Parámetros estadísticos en procesos aleatorios utilizados en modelos y simulaciones del ruido asíncrono impulsivo

Estos parámetros permiten caracterizar fácilmente la conducta del proceso aleatorio del fenómeno de ruido impulsivo, los cuales son los siguientes:

Cantidad requerida o media: Dada una variable aleatoria X con repartición de posibilidades $f(x)$, la cantidad requerida de X es:

Proceso discreto: $\mu = (X) = \sum x(x)$

Proceso continuo: $\mu = (X) = \int_{-\infty}^{\infty} x * f(x)$

Varianza: Cualquier magnitud casual con repartición de posibilidad $f(x)$ y media μ , Cualquier varianza de X está determinado por:

Proceso discreto: $\sigma^2 = [(X - \mu)^2] = \sum (x - \mu)^2 x f(x)$

Proceso continuo: $\sigma^2 = [(X - \mu)^2] = \int (x - \mu)^2 * f(x)dx$

La Viscosidad espectral de energía o Potencia: Mediante este procedimiento es posible notar las componentes frecuenciales definidas del fenómeno, esta se obtiene aplicando transformada de Fourier a la señal, lo que en términos matemáticos es un suceso cauto que se expresa como (Romero, 2017):

$$(f) = [(f) * (f)] = \sum_{m=-inf}^{inf} (k) \exp(-2j\pi fm)$$

3.5. Procesos estadísticos utilizados en modelamiento de ruido impulsivo.

Los procesos estadísticos utilizados en modelamiento de ruido impulsivo sirven para realizar grandes series de muestreo, en el cual se recolecta, organiza, describe y grafican la información en un tiempo determinado, con lo que se puede analizar cuál ha sido las características del comportamiento del ruido en una cierta línea eléctrica PLC, ya que al ser datos numéricos que se van registrando estadísticamente permiten inferencias estimadas en el cálculo de probabilidades con el que se puede interpretar el fenómeno ruido.

Los diferentes tipos de modelamiento de ruido impulsivo utilizan diferentes procesos estadísticos de ruido impulsivo que va a depender mucho del tipo de ruido impulsivo capturado y el análisis deseado, entre los que se nombra en este proyecto de tesis están los procesos estadísticos Gaussianos, Proceso de Poisson, Procesos Poisson-gaussianos, Procesos de Markov y cadenas de Markov.

3.5.1. Procesos Gaussianos (normales).

Este proceso se caracteriza por poseer una distribución exponencial en el cual la mayor parte de sucesos ocurren alrededor de la media, y la probabilidad de ocurrencia disminuye exponencialmente a medida que el resultado se aleja de la media, este proceso se modela en función de densidad:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma^2}\right]$$

Esta ecuación también es denotada como $N(x, \mu_x, \sigma^2)$, donde el valor máximo de la FDP ocurre en μ y está dado por:

$$f_x(\mu_x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}$$

En el gráfico se observa que la distribución normal tiene un aspecto de campana

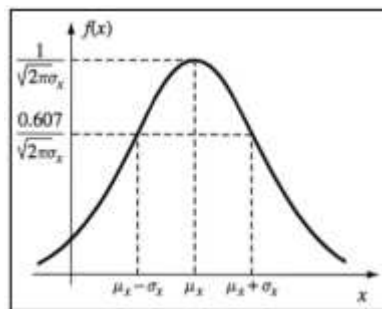


Figura 3. 5: Modo Gaussiano
Fuente: (Romero, 2017).

Adicionalmente la distribución normal de procesos Gaussiano es muy versátil aun para modelar fenómenos que no sean precisamente Gaussianos mediante combinaciones de diferentes procesos gaussianos, cada uno con sus correspondientes medias y varianzas, por lo cual una mezcla de M funciones de densidad viene dada por (Romero, 2017):

$$f(x) = \sum_{i=1}^M P_i N(x, \mu_i, \Sigma_{xii})$$

Donde $N(x, \mu_x, \Sigma_{xii})$ es una FDP multivariada con vector de media μ_x y matriz de covarianza Σ_{xii} , donde P_i es el peso del i -ésimo componente sobre la suma de FDP (Romero, 2017). En la siguiente figura 3.6 se puede observar un resultado aproximado.

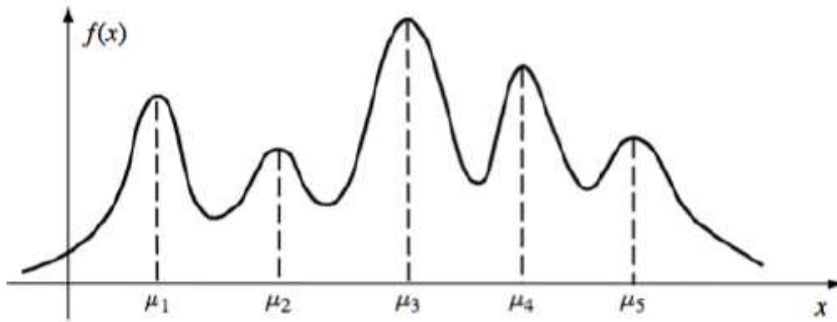


Figura 3. 6 : Combinación de actuación Gaussiano

Fuente: (Romero, 2017).

3.5.2. Proceso de Poisson.

Este proceso es de tipo de tiempo continuo y ayuda a modelar eventos discretos en intervalos de tiempo, se lo utiliza fuertemente en modelamiento de ruido impulsivo.

3.5.3. Procesos Poisson-gaussianos

Una vez obtenidas las características del ruido impulsivo anteriormente descritas, una mezcla muy utilizada para modelar el ruido impulsivo es representado el evento de impulsos de acuerdo a un proceso de Poisson y la amplitud del ruido impulsivo se modela de acuerdo a una distribución de Gauss, para modelar la respuesta finita en tiempo del ruido impulsivo es modelado por la respuesta al impulso de un filtro lineal mediante la siguiente expresión (Romero, 2017):

$$f(m) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_k h(m - \tau k)$$

Por lo cual:

$h(m)$ es la respuesta al impulso del filtro.

A_k es un procedimiento gaussiano de media cero con varianza σ^2

τ representa la ocurrencia de los impulsos de acuerdo a la repartición de Poisson (Romero, 2017).

3.5.4. Procedimiento de Markov.

El procedimiento de Markov se lo usa para formar camino de procedimientos casuales, en donde se puede pronosticar la observancia del aspecto presente con el anterior. Un procedimiento de Markov discreto de primer mandato se conceptualiza como la fase o valor del procedimiento para un tiempo m depende únicamente del monto del proceso en el estado anterior $(m-1)$ y es individual de los estados antes de $(M-1)$, en términos probabilísticos se define un proceso de Markov como (Romero, 2017):

$$[x(m)] = x_m | (m-1) = x_{m-1}, \dots, x(m-N) = X_{n-N} = f[x(m) = x_{m-1} | x(m-1) = x_{m-1}]$$

3.5.5. Cadenas de Markov.

El procedimiento discreto de Markov (m) con N posibles estados, son modelados por una vinculación de Markov de N estados, en donde cada estado se liga con los N cantidades que (m) puede tomar, en estas vinculaciones el dominio Markoviana se define como (Romero, 2017):

$$(m-1, = [x(m) = j | x(m-1) = i] \quad (24)$$

Donde $(m-1,)$ es la posibilidad en el tiempo $(m-1)$ que el procedimiento esté en el estado i -ésimo y pase a la fase j -ésimo. la posibilidad marginal de que un procedimiento esté en la posición j en el tiempo m , $P_j(m)$ se define como:

$$(m) = \sum_{i=1}^N P_{(m-1)} a_{ij}(m-1, m)$$

Una cadena de Markov está dirigida por las siguientes características: Números de estados (N); Vector de probabilidad de estados y Matriz de transición de estados, en la figura 3.7 se observa una cadena de Markov de 4 estados de un proceso en tiempos discretos.

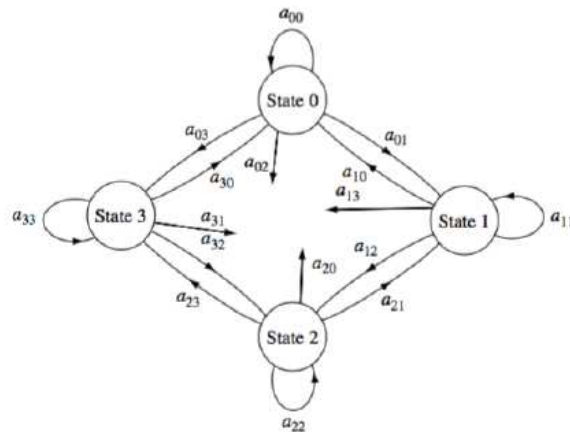


Figura 3. 7: Cadena de Markov de 4 estados
Fuente: (Romero, 2017).

3.6. Modelo de ruido impulsivo estudiados

En las diferentes investigaciones bibliográficas estudiadas uno de los modelos más utilizados en el análisis del ruido impulsivo es el de Middleton donde utiliza un FDP función de distribución de probabilidad de una muestra aleatoria y procesos estadísticos Poisson-Gaussianos. (Romero, 2017).

3.6.1. Modelo Middleton

El ruido impulsivo fue analizado, estudiado y propuesto primeramente por (Middleton, 1979) en el cual describe que se fracciona la interferencia impulsivo y se revisa que este es originado primero por interferencia del hombre cuando son acoplados los dispositivos a la red eléctrica y segundo por origen natural tales como tormentas eléctricas, radiación solar, fenómenos atmosféricos, entre otros. El modelo estadístico que desarrolló Middleton fueron tres el de clase A, B y C el de clase A es el más utilizado, en la actualidad este modelo admite de una forma fácil y práctica, delinear con satisfacción el ruido impulsivo completamente en todos los que lo integran.

De acuerdo a Middleton (1979) el ruido que se presenta en las líneas eléctricas es el de tipo A. El modelo de ruido impulsivo clase A es el más apropiado para medios de transmisión hostiles como es el caso del canal

PLC. La función de densidad de probabilidad (FDP) normalizada de este tipo de ruido está dado por (Middleton, 1979):

$$F_z(z) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\alpha_m}{2\pi\delta_m^2} e^{-\left(\frac{z^2}{2\delta_m^2}\right)}$$

Este modelo proporciona una FDP (Función de Distribución de probabilidad) de una muestra aleatoria de ruido nk como sigue (Romero, 2017):

$$(N_k) = \sum_{m=0}^{\infty} m(nk, 0, \sigma^2 m)$$

Donde $(xk, 2)$ representa una función de densidad gaussiana de media μ y varianza σ^2 donde la n -ésima muestra nk es tomada. Las ventajas de este modelo se listan a continuación (Romero, 2017):

- a. Brinda descripciones cualitativas y cuantitativas acerca del ruido impulsivo generado por el humano o por causas naturales.
- b. Proporciona un marco de referencia en donde se puedan medir correctamente las características de este tipo de ruido.
- c. Produce un resultado matemática sencillo que se puede realizar de manera sencilla computacionalmente hablando.
- d. Ha sido aprendido e implementado desde los años setenta, posibilitando así la labor de caracterización y análisis de muestras, puesto que los algoritmos que lo utiliza ya están realizados (Romero, 2017).

Distorsión del ruido tipo A se define como: interferencia de un ancho de banda más angosto que el ancho de banda del canal, esto produce alteraciones despreciables (físicamente hablando) en el receptor o punto de medida. Middleton también separa los tipos de interferencias que puede

darse en un canal, en concreto se encuentran dos formas de fuentes emisoras de ruidos (Romero, 2017).

a. Ruido inteligente: este es generado por los humanos y se transporta datos,

b. Ruido no inteligente: Se atribuye a fenómenos naturales como el ruido atmosférico por dar un ejemplo o también puede ser otorgado a ruido realizado por el hombre, como la radiación de líneas de potencia por citar un ejemplo (Romero, 2017).

Parámetros generales del modelo:

λ (Índice impulsivo): Es la cantidad promedio de eventos impulsivos que suceden durante la duración del ruido, cuando este valor se hace más pequeño la cantidad de eventos durante el periodo de la muestra disminuyen, a medida que este valor se incrementa, el número de eventos (Poisson) se incrementa y el evento pasa de ser impulsivo a aproximarse a gaussiano. En la figura 3.8 se detalla lo que es representado en esta variable.

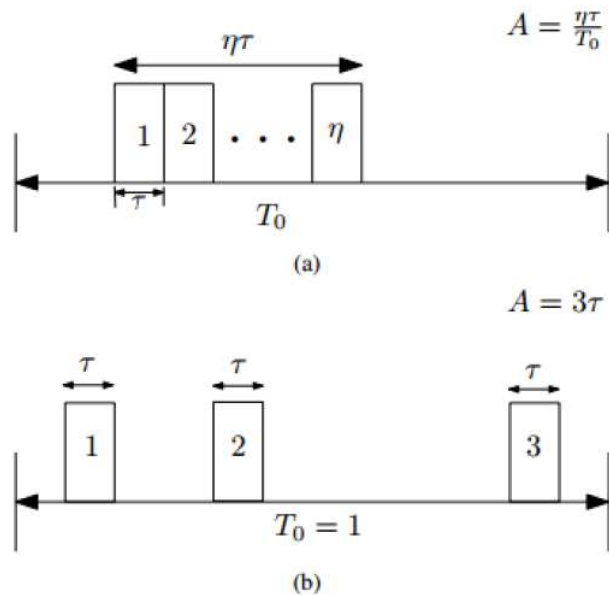


Figura 3. 8: (a) densidad de n impulsos de duración τ ocupando un periodo T_0 , (b) índice impulsivo de tres muestras de duración τ ocupando un periodo $T_0=1$.

Fuente: (Romero, 2017).

Γ_A' : Razón de intensidad entre la componente Gaussiana contra la intensidad de la componente impulsiva del ruido, matemáticamente se define como $\sigma^2 G / \Omega 2A$.

$\Omega 2A$ Intensidad de la componente impulsiva.

Los resultados generales del modelo de Middleton para el ruido tipo A se pueden resumir, de manera fácilmente comprensible en su ecuación característica y su función de densidad de probabilidad, las cuales se muestran a continuación:

Función característica.

$$\widehat{F}_1(i a \lambda)_A = e^{-A_A} \sum_{m=0}^{inf} \frac{A_A^m}{m!} e^{-\frac{\hat{\sigma}_{mA}^2 a^2 \lambda^2}{2}} \mid a^2 = [2\Omega_{2A}(1 - \Gamma_A')]^{-1} \mid 2\hat{\sigma}_{mA}^2 = \frac{\frac{m}{A_A} + \Gamma_A'}{1 + \Gamma_A'}$$

Densidad de probabilidad

$$P_1(\epsilon > \epsilon_0) \cong e^{-A_A} \sum_{m=0}^{inf} A_A^m e^{-\frac{\epsilon_0^2}{2\hat{\sigma}_{mA}^2}} \mid (0 < \epsilon_0 < inf)$$

Donde ϵ , representan un nivel mínimo de voltaje.

En la práctica este modelo se lleva a cabo de la siguiente manera:

Se Analiza la red PLC para instalar equipos de medición, como osciloscopio y filtro pasa alto. Luego se captura la información con el osciloscopio tipo DSO Osciloscopio digital de almacenamiento conectado a una computadora portable, de la siguiente forma:

Se mide directamente en la fuente el ruido que generaron cada una de las cargas conectadas, para lo cual se conecta el filtro pasa alto, para medir frecuencias a partir de 1khz y desechar las frecuencias más pequeñas, el filtro separa la frecuencia de entrada 60hz para no mostrarla a la salida y que muestre el ruido con respuesta a escala de los 500mv.

Se mide cuatro variables por equipo que generan ruido, a. Enlace a la toma. b. Aislamiento a la multitoma. c. Prendido del equipo. d. Aislamiento del equipo. La información recogida del osciloscopio se lo realiza mediante la elaboración de un algoritmo en Matlab (Romero, 2017).

Se estima los parámetros A, K (Índice impulsivo y Parámetro impulsivo) del modelo Middleton El método que se utilizó fue el desarrollado por Middleton se lo realiza de la siguiente manera (Romero, 2017):

a. Se tabulan todas las mediciones obtenidas de cada equipo generador de ruido, esto corresponde a la conexión, encendido, operación y desconexión de cada uno de los generadores. b. la toma de muestra recomendada es de entre 1600 y 2000 ya que es un ciclo de red en un tiempo de 10ns c. Se utiliza un algoritmo para las mediciones TEXAS UNIVERSITY, *UT Austin interference modeling and mitigation Toolbox. 2015.* usando la función *RFI_EstMethodofMoments*. d. Para el análisis estadístico de los valores, se eliminan los valores negativos del parámetro k (dado que estos carecen de sentido físico). e. Con las cantidades alcanzadas se procede a simular cada fuente de ruido (cada equipo) y se a analizar los resultados. f. Se continua a valorar la media que genera para A, K y se simulan (Romero, 2017).

Se generan las Muestras de la siguiente forma:

La muestra es generada a través de un algoritmo que contiene cuatro actividades, el más sobresaliente destacado objetivo es el implementar de la ecuación del modelo de Middleton desarrollada íntegramente donde la ecuación bloquea al número de términos de la función de densidad especificados por un valor predefinido, donde las actividades se hacen de la siguiente forma (Romero, 2017):

Middleton (1979) define las variables de entrada: El modelo de Middleton requiere de cuatro variables de entrada, estos son: 1. A: Índice impulsivo. 2. K: Parámetro impulsivo, 3. N: Número de términos de la sumatoria de la

ecuación. 4. M: Número de muestras que se van a generar. b. producir sucesiones con función de densidad de posibilidad acoplado al modelo de Middleton: Esta fase se determina el vector de pesos (la función calculada en cada uno de los puntos), donde los términos del mismo están calculados basados en la función de Middleton, con la función: $Pdf = E^{-A} * A^{M/M}$ Donde el vector M, es un vector de largo M en pasos de 1. Se produce un vector casual que se basa en el vector de pesos: En esta sucesión se realiza un vector "SelectionMat" con la función radnsample, que coge una muestra casual con reemplazo completo en los términos en la longitud del vector (Romero, 2017).

Si en el periodo, la ubicación i del vector producido es idéntico a la j -ésima iteración, por lo tanto el dato de la interferencia en ese sitio se desprende por el j -ésimo término de la sumatoria de la función de posibilidad de la función de Middleton Clase A. Por lo tanto la varianza es: $1/A + Gamma/1 + Gamma$ Para N grande, j/N se aproxima a $E^{-A} * A^{j/l}$ c. Finalmente se produce la muestra de interferencia basados en el vector antes producido: Se computan los datos en la muestra, para ello, a través de un ciclo FOR se computa la función de Middleton para cada uno de los índices, el vector de salida noise_data, se produce asignando al vector de escape, de acuerdo a la distribución calculada, su correspondiente media y varianza (Romero, 2017).

Estimación de parámetros de la muestra.

Se utiliza el mismo toolbox, de acuerdo a (Middleton, 1979) con la función RFI_EstMethodofMoments, el funcionamiento del algoritmo para la estimación de los parámetros se detalla a continuación. Se estima el conjunto de parámetros $P3(AA, \Gamma A', \Omega 2A)$ donde estos se obtienen acorde a los instantes de la función de densidad, por lo tanto los instantes de la función se dan por (Romero, 2017):

$$E_a^{2k} = \frac{k!^2 2^{2k}}{(2k)!} [(-1)^k \frac{d^{2k}}{d\lambda^{2k}} \hat{F}_1(i a_A \lambda)]$$

Donde calculando para $k=0, 1, 2, 3$ se tiene:

$$E_A^{<0>} = 1 \mid E_A^{<2>} = 1$$

$$E_A^{<4>} = \frac{\Omega_{4A}}{\Omega_{2A}^2 + (1 + \Gamma'_A)^2} + 2$$

$$E_A^{<6>} = \frac{\Omega_{6A}}{\Omega_{2A}((1 + \Gamma'_A)^3)} + \frac{9\Omega_{4A}}{\Omega_{2A}^2(1 + \Gamma'_A)^2} + 6$$

Al tener los valores de las tres variables en global, se ejecuta un reemplazo adecuada del parámetro Ω_{2k} , por una función correcta que requiere de Ω_{2A} , en esta fase (Romero, 2017).

$$\Omega_{2k,A} \rightarrow A_A k! \left(\frac{\Omega_{2A}}{A_A} \right)^k \mid k \geq 2$$

Y se sustituye estas cantidades en las ecuaciones que se cambian en:

$$E_A^{<2>} = 2\Omega_{2A}(1 + \Gamma'_A)$$

$$E_A^{<4>} = 8\Omega_{2A}^2 \left(\frac{1}{A_A} (1 + \Gamma'_A)^2 \right)$$

$$E_A^{<6>} = 48\Omega_{2A}^3 \left(\frac{1}{A_A^2} + \frac{3(1 + \Gamma'_A)}{A_A} + (1 + \Gamma'_A)^3 \right)$$

El resultado para Ω_{2A} , con la sustitución $Z=1+ \Gamma_A$ se obtiene por los parámetros de una manera sencilla computacionalmente hablando y estos son (Romero, 2017):

$$\Omega_{2A} = \frac{3(e_4 - 2e_2^2)}{4(e_6 + 12e_2^3 - 9e_2e_4)}$$

$$A_A = \frac{9(e_4 - 2e_2^2)^2}{2(e_6 + 12e_2^3 - 9e_2e_4)}$$

$$\Gamma'_A = \frac{2e_2(e_6 + 12e_2^3 - 9e_2e_4)}{3(e_4 - 2e_2^2)^2} - 1$$

Por lo tanto las ecuaciones resultantes son las que se van a emplear en el programa de Matlab para así estimar los parámetros de las muestras recogidas mediante la medición (Romero, 2017).

Resultados y gráficos de simulación

Finalmente se presentan los valores más relevantes a manera de síntesis de todas las medidas realizadas respecto a los parámetros A,K.

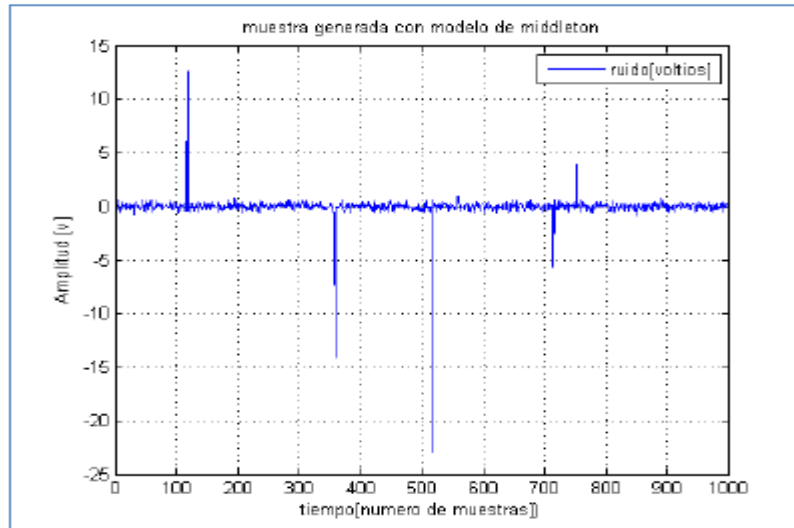
En la siguiente tabla se presentan los resultados generales de los parámetros A y K de todos los equipos que se encuentran en la toma corriente conectados.

TABLA 3. 2 Valores generales respecto a los parámetros AK

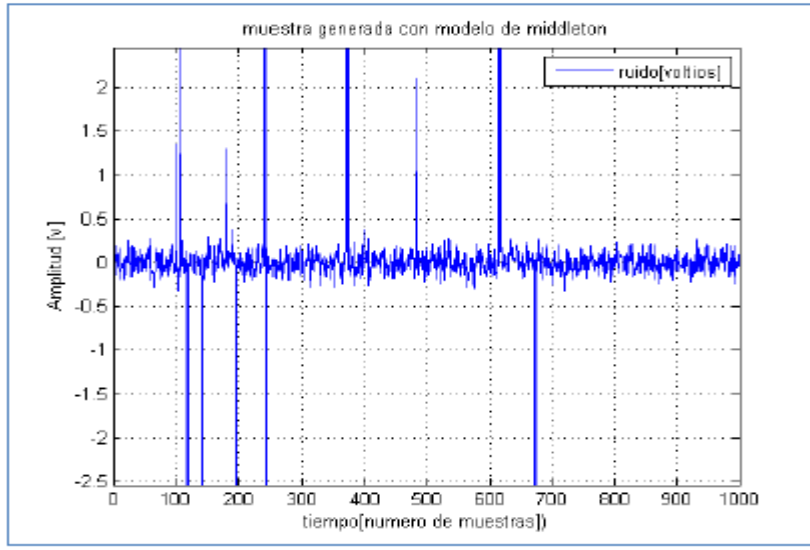
	A	K
Media	0,00886374	0,017900433
Desviación estándar	0,01254833	0,033143950
Varianza de la muestra	0,00015746	0,001098521
Rango	0,05000285	0,157398410
Mínimo	0,00009715	0,000001590
Máximo	0,05010000	0,157400000

Fuente: (Romero, 2017).

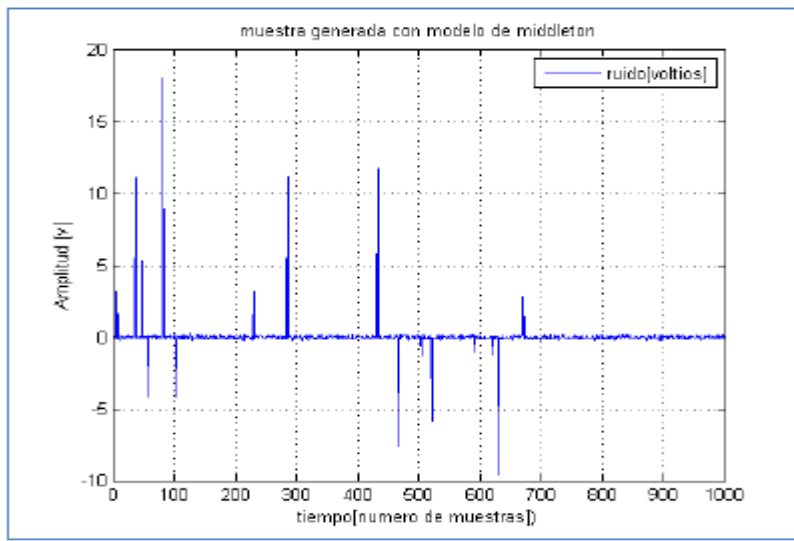
Como resultado, se logra el rango de los valores obtenidos en la medición (Rango de la muestra), igual como los valores típicos observados en las muestras (media de la muestra), como se puede comprobar a región seguido a través de la simulación, estas cantidades coinciden con el tipo de muestras adquiridas, especialmente en la conexión de los artefactos.



A



B



C

Figura 3. 9: Resultados de simulación
Fuente: (Romero, 2017).

Los gráficos anteriormente expuestos refieren a diferentes mediciones tanto de equipos y tiempo tomadas, en el grafico A uno de ellos trata de una medición realizada en la toma corriente de equipos que poseen bobinas grandes o motores, donde estos generan impulsos con amplitudes promedio de 15 a 40 voltios aproximadamente, en esta medición se caracteriza por que solo hay pocos pulsos no más de 5 y son de corta duración.

En el grafico B y C son mediciones tomadas con los equipos ya en funcionamiento en este caso los equipos ya están con energía, no hay valores picos tan altos por lo general menores a 20Vp, pero generan más impulsos y la duración del ruido es mayor con lo que se denomina ruido largo de impulso medio.

3.6.2. Modelo de ruido impulsivo en plc usando series de tiempo

Moreno (2009) determina que primeramente se debe identificar la red PLC para determinar su comportamiento en función de frecuencia, distancia y topología de la red, con lo que expuso algunos modelos que dependen del comportamiento de la red.

Se determina el valor promedio de la atenuación como una función de la frecuencia y la distancia manteniendo al mínimo la desviación estándar σ_{AO} :

$$\sigma_{AO} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_i - \mu_{A_i})^2}$$

Luego describe matemáticamente el nivel del ruido en la banda de 2 a 30mhz, recomienda el modelo exponencial (Moreno, 2009):

$$\mu_N = a_1 \cdot e^{-k \cdot f} + a_2$$

Donde μ_N es el valor de ruido promedio en dBm, f es la frecuencia en MHz y k , a_1 y a_2 son los coeficientes hallados utilizando mínimos cuadrados (Moreno, 2009).

Luego determina la Relación señal a ruido SNR

$$\begin{aligned} P_{tx} - A &= P_{rx} \\ SNR &= P_{rx} - N_{rx} \\ SNR &= P_{tx} - A - N_{rx} \end{aligned}$$

Donde P_{tx} es la potencia de la señal transmitida en dBm/Hz en un ancho de banda específico, A es la atenuación del canal en dB y N es la potencia de ruido en dB en el receptor para el ancho de banda especificado. Se reemplaza los cálculos de atenuación y ruido (Moreno, 2009).

$$\mu_{SNR} = P_{tx} - [c \cdot f \cdot D + d \cdot f + e \cdot D + g] - [a_1 \cdot e^{-k \cdot f} + a_2]$$

La ecuación para la desviación estándar es:

$$\sigma_{SNR} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (SNR_i - \mu_{SNR})^2}$$

A continuación el Modelo de ruido impulsivo en plc usando series de tiempo utiliza como procesos estadísticos para modelar el ruido impulsivo el modelo de función de distribución de probabilidad del tipo Nakagami (Para capturar la trama del ruido).

Se representa por medio de:

$$p(r) = \frac{2}{\Gamma(m)} \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m r^{2m-1} e^{-\frac{mr^2}{\Omega}}$$

Donde r es la variable aleatoria, p es la probabilidad de la variable, $\Gamma(\cdot)$ es la función gamma, m es el momento de la función y Ω es la media de la potencia de la variable aleatoria.

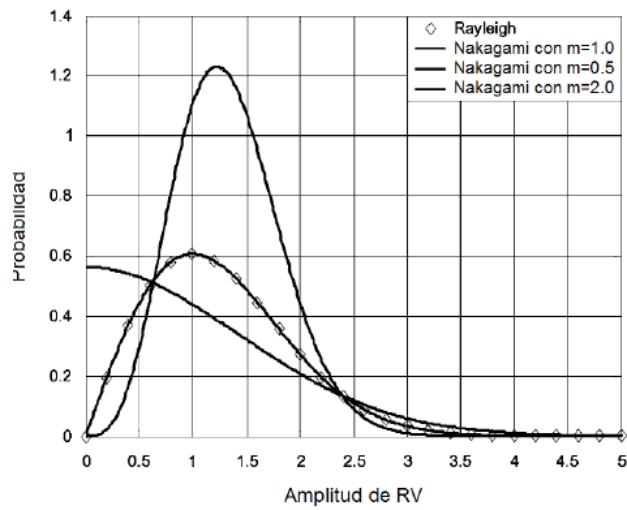


Figura 3. 10: Ejemplo de distribuciones Nakagami.
Fuente: (Guan, 2005)

Cuando $m=1$ la distribución Nakagami es igual a una distribución Rayleigh. Con $m>1$ la fdp Nakagami tiene una menor varianza y mayor media que una fdp Rayleigh. Cuando $m<1$ la fdp se comporta de manera contraria, teniendo una mayor varianza y menor media.

Al aplicar a las mediciones la fdp Nakagami se determinó que el ruido de fondo se puede modelar con un $m<1$ a bajas frecuencias (hasta 5 MHz) y con $m \approx 1$ para altas frecuencias (hasta 25 MHz).

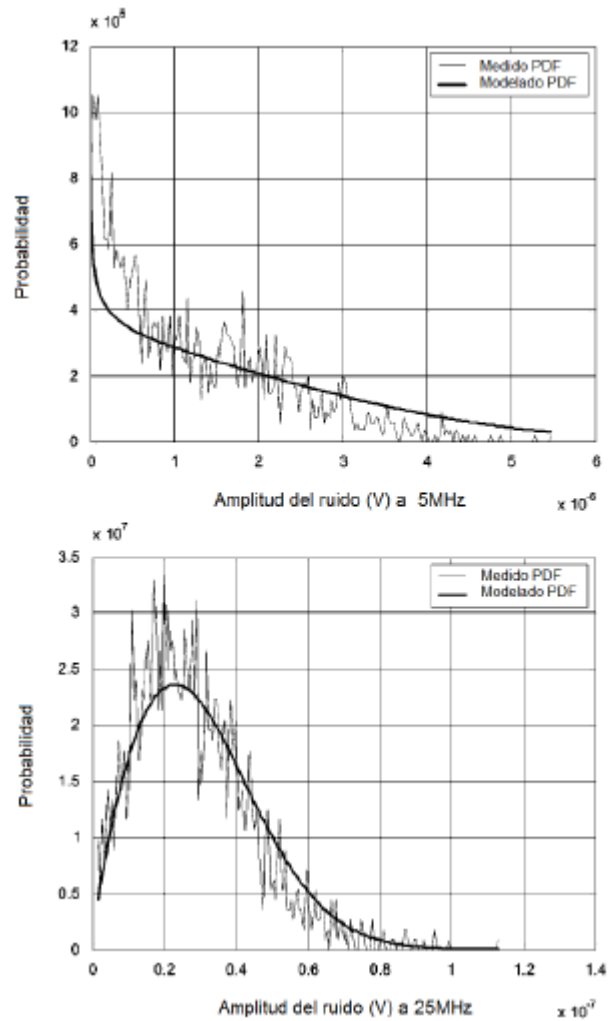


Figura 3. 11: Comparación del ruido medido y modelado a 5 MHz y 25 MHz.
Fuente: Adaptado de: (Guan, 2005)

En la Captura de datos es escogen tramas de ruido con una Conexión del computador, Osciloscopio de Almacenamiento Digital DSO,acoplador de impedancias y Software de captura NI LabView SignalExpress Tektronix Edition. Versión 2.5.1.

Para este caso se puede seleccionar ventanas de captura de 20 segundos, resolución de 100mV/d, 16ms de tasa de muestreo, capacidad de almacenamiento de 1250 muestras por ventana y umbral de disparo de 145mV (este valor se selecciona a partir de las observaciones del ruido de fondo de las mediciones). También se activa la función de detección de pico

la cual según el fabricante mejora la captura de señales con ruido (Moreno, 2009).

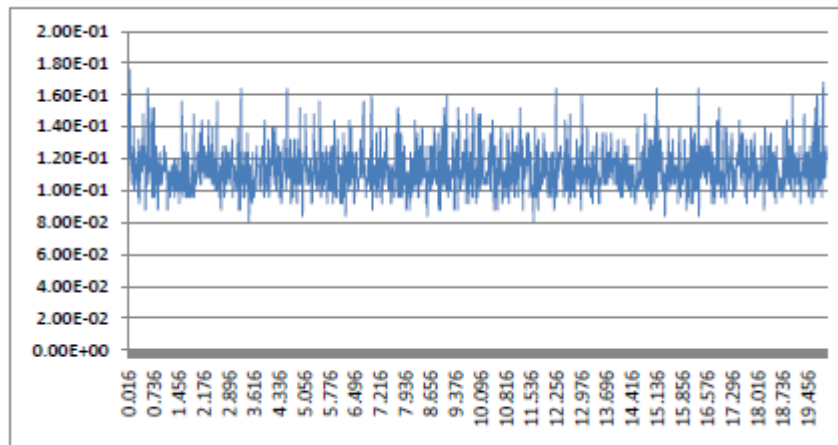


Figura 3. 12: Una trama de ruido típica capturada en el modelo experimental.
Fuente: (Guan, 2005)

Las mediciones las puede capturar el osciloscopio DSO se pueden exportar al software LabVIEW signal express V2.5.1 (Tektronix Edition). Este software permite concatenar cada una de las ventanas de medición, la configuración y automatización del equipo de medición y el análisis previo de los datos. Además permite exportar los datos a un archivo plano txt.

El entorno de captura y representación de los datos fue:

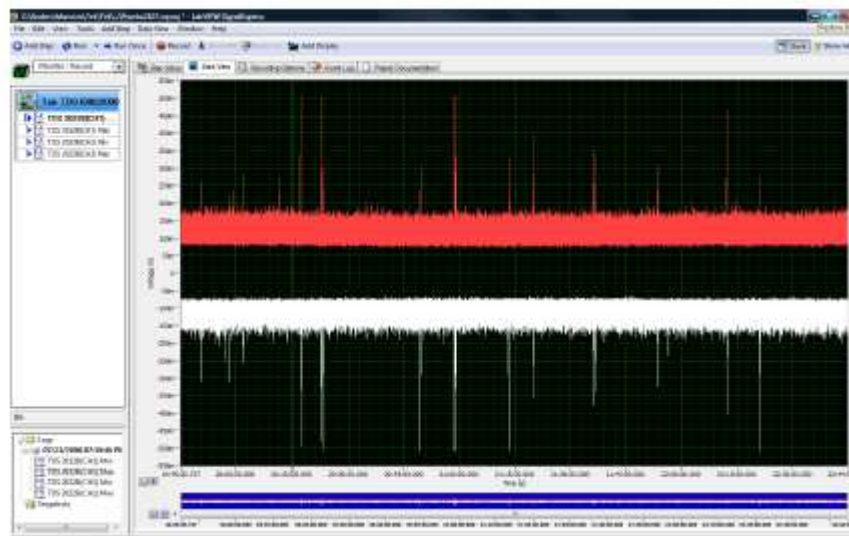


Figura 3. 13: Mediciones exportadas al software Labview
Fuente: (Moreno, 2009)

La estructura de los archivos fue:

channel names:

07/21/2008 07:39:46 PM - TDS 2022B(CH1) Min **Fecha y hora de inicio de la medición, equipo y canal**

start times:

7/21/2008 19:45:32.485215 **Hora de inicio de la ventana**

dt:

0.016000 **Delta de la medición**

data:

-1.160000E-1 **Datos**

-1.120000E-1

-1.120000E-1

-9.200000E-2

-1.240000E-1

La estructura presentada se debe repetir para cada una de las ventanas de 20 segundos que el sistema captura y que en algunos casos pueden llegar a ser más de 2000 ventanas, lo cual hace necesario el procesamiento de los archivos buscando extraer y organizar los datos. Para esto se requiere de una herramienta que permita cargar los archivos usando eficientemente la memoria del equipo de cómputo y el posprocesamiento matemático de los datos. Por lo tanto se sugiere MatLab el cual permite desarrollar algún programa que tome cada archivo y extraiga los valores superiores a un umbral definido por el usuario. El programa debe ser capaz de ordenar los datos, indicando la tasa de muestra, el valor mínimo, el valor máximo y entregar el archivo en formato txt para su posterior análisis.

En el análisis de los datos se debe considerar solo los datos de eventos impulsivos, luego se calcula la tendencia usando modelos que se ajusten a cada una de las series y de esta manera se puede observar si pudiera ver un patrón en los datos y cuál puede ser el que mejor se ajusta.

La serie contiene valores de voltaje en función del tiempo como los que se observan en la Figura 3.14, además, permite observar los niveles de

ruido de la trama y en especial el ruido impulsivo, sin embargo no permite identificar claramente el tiempo de separación entre los ruidos impulsivos, además se filtran los valores menores al umbral que se usó que es de 0.2v

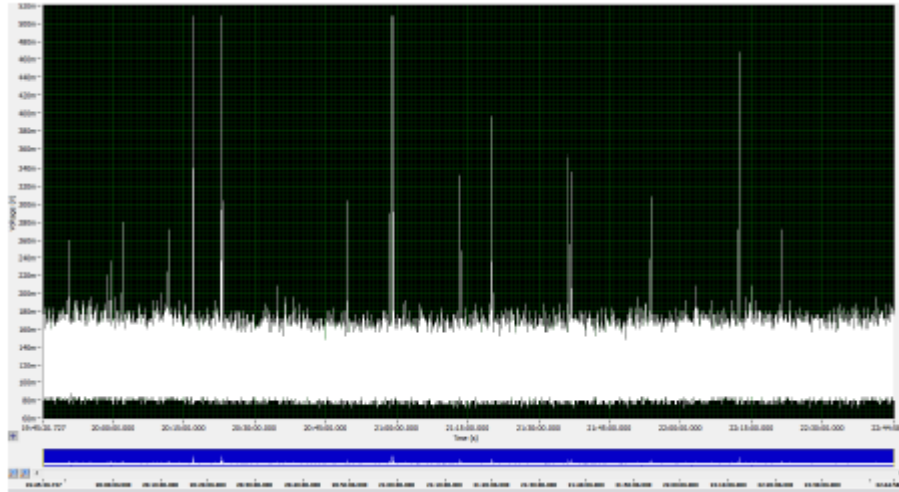


Figura 3. 14: Trama de ruido del archivo 21_19_22.txt. (LabView)
Fuente: (Moreno, 2009)

Cada uno de los archivos se le debe realizar un análisis estadístico de tal manera que busque definir la media y la varianza en la amplitud.

Adicionalmente se observa el comportamiento de los tiempos de separación entre los ruidos impulsivos, se puede calcular los tiempos entre la ocurrencia de los mismos, lo cual permite visualizar la separación entre dos ruidos impulsivos. Los tiempos de separación entre impulsos también pueden variar al modificar el umbral. Los valores de la media y de la varianza cambian dependiendo del umbral que se seleccione como se presenta en la Tabla 3.3 de ejemplo, esto se debe a que al cambiar el umbral disminuye el número de valores seleccionados en el archivo.

TABLA 3. 3 : Valores estadístico como ejemplo de la separación de las series filtradas para diferentes umbrales.

No	Nombre del archivo	Umbral 0.2		Umbral 0.3		Umbral 0.4	
		Media [s]	Varianza [s ²]	Media [s]	Varianza [s ²]	Media [s]	Varianza [s ²]
1	21_19_22.txt	413	144770	607.32	352800	961.782	1485800
2	21_1922m.txt	397	215510	544.23	219080	699.53	537700

Fuente: (Moreno, 2009)

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

CONCLUSIONES

Es factible simular el ruido impulsivo en un canal PLC utilizando la herramienta de simulación Matlab a través de algoritmos previamente programados, donde se utilizan modelos de procesos y variables estocásticas como parámetros y procesos estadísticos, previamente configurados algorítmicamente de acuerdo al modelo que se desea simular del ruido impulsivo en la red PLC.

Con los dos modelos estudiados para simular el ruido se logra simular de forma práctica el ruido impulsivo en una red PLC, adicionalmente estos modelos caracterizan la simulación considerando las propiedades físicas del canal y adicionalmente la fuente directa del ruido.

Es indudable que el ruido generado en una red PLC es un problema que ha sido abordado y analizado por muchos autores y desde muchos puntos de vista siendo las herramientas y modelos estadísticos los más apropiado para predecir en el comportamiento del ruido impulsivo en una red PLC.

Se puede también concluir que en la simulación el canal PLC separa la red eléctrica de la comunicación usando filtros pasa altos, este implementa funciones de la capa física del modelo OSI y además incluyen modulación y codificación.

En los dos modelos estudiados se requiere que para obtener los datos, diversos autores recomiendan realizar un montaje tipo experimental con largos tiempos y diferentes condiciones de captura de la información.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un montaje tipo experimental con largos tiempos y diferentes condiciones de captura de la información.

Se recomienda realizar simulaciones de los modelos estudiados con variaciones en los niveles de las muestras, para determinar las diferencias en los resultados obtenidos.

Se recomienda el estudio de los modelos de procesos y variables estocásticas como parámetros y procesos estadísticos, de forma que se logre una correcta comprensión de la elaboración de la simulación.

Bibliografía

- Arasa, C. S. (2009). *El metodo didactico a traves de las TIC*. Valencia: Culturals Valencials.
- Balbuena , C. B., & Ugalde, F. G. (2013). *erformance of an Error Control System with Turbo Codes in Powerline Communications*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432014000300004
- Canaleta, X., Sánchez, F., Jacob, I., Velázquez, Á., & Marqués, M. (2014). *TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería. ISBN 978-84-8158-690-9 Declaración AENUI-CODDII por la inclusión de asignaturas específicas de ciencia y tecnología informática en los estudios básicos de la enseñanza secundaria y bachillerato. . Vigo: Universidad de Vigo.*
- Castro, S. J. (2012). *Eveliux*. Obtenido de <http://www.eveliux.com/mx/PLC-Powerline-Communications-Comunicaciones-por-la-red-de-electricidad.html>
- Castro, S. J. (2013). *EVELIUX*. Obtenido de EVELIUX: <http://www.eveliux.com/mx/PLC-Powerline-Communications-Comunicaciones-por-la-red-de-electricidad.html>
- Cervera, D. (2010). *Investigacion, informacion y buenas practicas*. España: GRAO.
- Diaz, M. d. (2006). *Metodologia de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias*. Madrid: Alianza Editorial.
- Energia y sociedad. (2010). *SmartGrid Redes Inteligentes*. Obtenido de <http://www.energiaysociedad.es/wp-content/uploads/pdf/smartgrids.pdf>
- Equipo de redacción, G. e. (2016). *LOS TIPOS*. Obtenido de LOS TIPOS: <http://www.lostipos.com/de/plc.html>

- Fang, X., Misra, S., & Xue, G. (2011). *Smart Grid — The New and Improved Power Grid: A Survey*. Obtenido de IEEE Xplore Digital Library:
<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6099519/>
- Ferreira, T. M. (2004). *docplayer*. Obtenido de <http://docplayer.es/user/2140873/>
- Fischmeister, S. (2015). *Introduction to Programming Embedded Systems*.
Pennsylvania: Department of Computer and Information Science
UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA.
- Flynn, B. (2008). *Cyber Security for Process Control Systems Summer School*.
Obtenido de Smart Grid Security :
http://www.iti.illinois.edu/sites/default/files/docs/tcip/Wireless_Smart_Grid_Security-Byron_Flynn.pdf
- G. S., Fusario, R., Lechtaler, A. C., Guibout, J. G., & Garino, C. G. (2007).
Comportamiento de la Tecnología PLC en la Red Eléctrica. Obtenido de
SEDICI: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/21596>
- Guan, S. C. (2005). Modeling and analysis of noise effects on broadband power-line communications. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 630-637.
- Gutierrez, D. J. (2000). *Metodología de enseñanza para adultos y jóvenes*. La Habana.
- Hawk, T. A. (s.f.). *Smart Grid Security*. Obtenido de cmu.edu:
http://mews.sv.cmu.edu/teaching/14814/s12/files/adHawks_14814s12_22.pdf
- Inga Ortega, E. M. (2012). *Redes de comunicacion en Smart Grid*. Obtenido de
Ingenius - Revista de ciencia y tecnología:
<http://revistas.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/view/7.2012.05/254>
- Kamal, R. (2014). *Embedded Systems: Architecture, Programming and Design*.
McGraw Hill Education.

- Lorente de la Rubia, J. (2011). *Estudio sobre el estado actual de las "Smart Grids"*.
Obtenido de http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12120/PFC_Javier_Lorente_de_la_Rubia.pdf?sequence=1
- Maschwitz, E. M. (2010). *Metodología del aprendizaje*. Guatemala: Digecade.
- McDaniel, P., & McLaughlin, S. (02 de Junio de 2009). *Security and Privacy Challenges in the Smart Grid*. Obtenido de IEEE Xplore Digital Library: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5054916/>
- McManus, S. (2013). *Scratch Programming covers Scratch 2.0 and Scratch 1.4*. In Easy Steps.
- Medel, J. (2016). El Ruido Impulsivo un problema en las telecomunicaciones con base en las líneas eléctricas de potencia.
- Medina, J. A. (2008). *Comportamiento de Sistemas de Comunicación PCL provocado por interferencias electromagnéticas conducidas*. Obtenido de <http://www.sepi.esimez.ipn.mx/electronica/archivos/170.pdf>
- Middleton, D. (1979). Procedures for determining the properties of the first-order caonical models of Class A and ClassB electromagnetic interface. *IEEE*, vol 21 190-208.
- Midleton, D. (1979). Canonical Non Gaussian Models: Their implications for measurement and for prediction receiver performace . *IEEE transactions of communications* , 20-220.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte España. (2012). <http://recursostic.educacion.es>. Obtenido de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/eu/equipamiento-tecnologico/redes/1067-monografico-plc-en-entornos-escolares>

- Monereo, C. (1999). *Estrategias de enseñanzas y aprendizajes*. Barcelona: Grao.
- Moreira, M. A. (2004). *Los medios y la tecnología de la educación*. Piramides.
- Moreira, M. A. (2010). *Políticas educativas y buenas prácticas con TIC*. Barcelona: GRAO.
- Moreno, O. (2009). *Modelamiento de patrones recurrentes de ruido en redes de distribución de baja tensión de energía eléctrica*. Bogotá: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Nicolás Martínez Valcárcel. (2004). *Los modelos de enseñanza y la práctica de aula*. Murcia: Universidad de Murcia.
- O., C. (2011). *Un análisis de las actividades didácticas con TIC en las aulas de educación secundaria*. Pixel-Bit.
- Ocaña, A. L. (2012). *Metodología de Aprendizaje significativo, problemático y desarrollador*. Cuba: ISBN.
- Paz, P. H. (2011). *Ruido e interferencia en canales de comunicaciones por línea de distribución eléctrica*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10893/1484>
- Perez, G. (1993). *Contribución de la historia y de la filosofía de la ciencia al desarrollo de un modelo de enseñanza como investigación*. Valencia: Universitat de Valencia.
- Pineda, D. M. (2003). *Manual de estrategias de enseñanza/aprendizaje*. Medellín - Colombia: Pregon.
- Rangel, M. G., & Quijada-Monroy, V. d. (2015). El Aula invertida y otras estrategias con uso de TIC. Experiencia de aprendizaje con docentes. *XIV CONGRESO INTERNACIONAL Y XVII NACIONAL DE MATERIAL DIDACTICO INNOVADOR "NUEVAS TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS"* (pág. 15). Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana Casa Abierta al Tiempo.

- Riqueth, D. E., & Martínez, V. M. (2008). *PLC (POWER LINE COMUNICACION)*.
Obtenido de SlideShare: <http://es.slideshare.net/alejandronicolini25/plc-20013>
- Rodríguez, L. (2007). *Probabilidad y estadística básica para ingenieros*. Guayaquil: ESPOL.
- Rodríguez, P. (2010). *xataka smart home*. Obtenido de xataka smart home: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/eu/equipamiento-tecnologico/redes/1067-monografico-plc-en-entornos-escolares?start=3>
- Romero, J. (2017). *Modelamiento de ruido impulsivo asincrónico con cargas lineales en redes PLC*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas.
- Sánchez, G. S. (2009). *Medición del ruido en la línea de transmisión eléctrica generado por electrodomésticos, para aplicaciones de PLC*. Puebla, Mexico: Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla.
- Santiago, R. C. (2003). *Análisis de la impedancia y emisiones conducidas en la línea de CA de uso residencial y de laboratorio*. México : Instituto Politecnico Nacional.
- SIICEX Sistema Integrado de Información de Comercio. (2015). *SIICEX*. Obtenido de <http://www.siicex.gob.pe/siicex/documentosportal/1025163015radB52B3.pdf>
- Simal, T. (2012). *Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España*. Obtenido de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/eu/equipamiento-tecnologico/redes/1067-monografico-plc-enentornos-escolares?start=4>

- Simal, T. I. (2012). *MONOGRÁFICO: PLC en entornos escolares*. Obtenido de Observatorio Tecnológico:
<http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/eu/equipamiento-tecnologico/redes/1067-monografico-plc-en-entornos-escolares?start=4>
- smartgrid.gov. (2009). *The smart grid*. Obtenido de
https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html
- Socas, M. (2011). *Jean Piaget y su influencia en la educacion*.
- Sorinel, C. (2010). *Smart Grid Technology*. Obtenido de MyIDEAS:
<https://ideas.repec.org/a/ovi/oviste/v10y2010i1p613-617.html>
- Tapasco, E. C., & Restrepo, J. A. (2007). *Comportamiento de la Tecnología PLC en la Red Eléctrica*. Obtenido de
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/731/6213822C824a.pdf?sequence=1>
- Tejedor, F. J. (2004). *Competencias de los profesores en el uso de las TIC*.
Salamanca.
- Valle, J. Á., González, V. G., Fernández, D. G., Fernández, D. R., Gutierrez, M. R., Valencia, D. M., & Moriyón Hernández, G. G. (2005). *Transmisión de datos por la red eléctrica*. Obtenido de <http://www.victorgarcia.org/files/PLC-v2.0RC.pdf>
- Vargas, G. G. (1996). La pedagogía ante la tecnología como estructura del mundo de la vida. *Nómadas (Col)*.
- Vialfa, C. (2007). *CCM*. Obtenido de CCM: <http://es.ccm.net/faq/3295-la-tecnologia-plc>

GLOSARIO

A

ASINCRONICO: Que no posee sincronismo.

ARQ (Automatic Repeat-reQuest): Son protocolos que se usan para el control de errores garantizando la integridad en la transmisión de datos.

B

B – ISDN. (Red Digital de Servicios Integrados de Banda ancha): Es una red capaz de transportar amplios rangos de servicios que incluyen señales de video; redes SONET, SDH, ATM.

Banda Ancha: Es la facilidad de transmisión con un ancho de banda mayor que el disponible en las comunicaciones de voz, este término se lo usa para denotar equipos que se encuentran por arriba de los niveles T1/E1.

BackHaul: Redes de retorno que conectan redes de datos, redes de telefonía celular, y otros tipos de redes de comunicación, utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas.

C

Canal Virtual: Conexión simple establecida entre una UNI o una NNI que define una ruta entre dos puntos en una red ATM.

ITU (Unión Internacional de Telefonía) que contiene Standards Internacionales realizando recomendaciones a fabricantes y operadores en equipos de redes de telecomunicaciones.

Circuito Virtual: sección de un trayecto virtual que establece una conexión virtual simple entre dos puntos de terminación.

D

dB. (deciBel): Razón entre dos señales eléctricas que representan niveles de potencia en Watt.

Demultiplexación: Es la recuperación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado demultiplexor.

E

Encapsulación: Es un mecanismo que consiste abstraer las funciones lógicas de una red ocultando información a las capas de nivel superior.

Ethernet: Es un estándar de redes de computadoras de área local (LANs) basada en tramas de datos.

F

Fibra Óptica: Medio de transmisión que envía pulsos de luz a lo largo de la longitud de un hilo muy fino mediante la emisión de un láser o LED.

FDM (Frequency Division Multiple Access): Técnica de multiplexación en la cual el acceso al medio se realiza dividiendo el espectro disponible en canales que corresponden a distintos rangos de frecuencia sin interferirse entre sí.

FEC (Forward Error Correction): mecanismo de corrección de errores en el receptor sin retransmisión de la información original.

I

IEEE 802.11: Es un estándar que define el uso de los dos niveles inferiores del modelo OSI; capa física y capa de enlace de dato, especificando sus normas de funcionamiento en una red de área local inalámbrica.

J

Jerarquía Digital Síncrona (SDH): Conjunto de protocolos de transmisión de datos a altas velocidades.

L

LAN (Local Área Network): Red que interconecta varios computadores dentro de un área pequeña de trabajo para el intercambio de datos entre sí.

LOS (Line of Sight): Es un término utilizado en comunicaciones mediante radiofrecuencia que hace referencia a que existe línea de vista entre dos puntos de una red.

M

MAC (Media Access Control): es el conjunto de mecanismos y protocolos de comunicaciones a través de los cuales varios "interlocutores" (dispositivos en una red, como computadoras, teléfonos móviles, etcétera) se ponen de acuerdo para compartir un medio de transmisión común (por lo general, un cable eléctrico o fibra óptica, o en comunicaciones inalámbricas el rango de frecuencias asignado a su sistema).

MAN (Metropolitan Area Network): Red que proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo, sobre medios de transmisión tales como fibra óptica y par trenzado, son redes de altas velocidades que da cobertura a una área geográfica extensa.

Multiplexación: mediante el dispositivo multiplexor se combinan dos o más canales de información en un solo medio de transmisión para su posterior transmisión al medio.

N

Nodo: Es un punto en la red el cual puede ser de inserción o de unión de elementos que convergen en un mismo lugar para la transmisión de datos.

NLOS (Non Line of Sight): Es un término utilizado en comunicaciones mediante radiofrecuencia que hace referencia a que no existe línea de vista entre dos puntos de una red.

O

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing): Multiplexación que envía un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias transmitiendo información en cada una de ellas moduladas en QAM o en PSK.

P

PDH: Es una tecnología que nos permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio, usando técnicas de multiplexación por división de tiempo.

Preamplificador: equipo electrónico que aumenta el nivel de la señal ante de ser enviada por el medio de transmisión.

PLC: Power Line Communication, comunicación de datos a través de las líneas eléctricas

S

Smart Grid: Red Inteligente

T

TDM (Time Division Multiple Access): Técnica de modulación que consiste en ocupar un canal de transmisión a partir de distintas fuentes, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de transmisión.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, JAIME JAVIER BRAVO REY con C.C: # 1104015548 autor del Trabajo de Titulación: Modelación y simulación del ruido impulsivo presente en los sistemas PLC usados en las redes energéticas inteligentes o Smart Grids, previo a la obtención del título de **Magister en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, a los 17 días del mes de Agosto del año 2018

f. _____

Nombre: JAIME JAVIER BRAVO REY

C.C: 1104015548



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Modelación y simulación del ruido impulsivo presente en los sistemas PLC usados en las redes energéticas inteligentes o Smart Grids.	
AUTOR(ES)	Ing. Jaime Javier Bravo Rey	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Celso Bohórquez Escobar; MSc. Orlando Philco Asqui/ MSc. Manuel Romero Paz	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
FACULTAD:	Sistema de Posgrado	
CARRERA:	Maestría en Telecomunicaciones	
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de agosto de 2018	No. DE PÁGINAS: 93
ÁREAS TEMÁTICAS:	Telecomunicaciones	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Ruido impulsivo, redes energéticas, simulación.	
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): El tema proyecto de tesis llamado Modelación y simulación del ruido impulsivo presente en los sistemas PLC usados en las redes energéticas inteligentes o Smart Grids, tiene como objetivo primordial analizar por medio de la simulación el comportamiento del ruido impulsivo en los sistemas PLC usados en las redes energética inteligente o Smart grids, entre los principales enfoques teóricos en los que se sustenta el abordaje del problema se topan temas como conocimientos, funcionamiento, tipos, arquitectura, seguridad e interferencia o ruido, acerca de la tecnología de comunicación de línea de potencia o PLC, la metodología que se utilizó en este proyecto de tesis es de tipo exploratoria, descriptiva y explicativa, con lo que se concluyó que el ruido impulsivo es factible de poderlo simular en la herramienta matlab utilizando modelos y variables estocástico con procesos estadísticos, los cuales deben estar previamente configurados algorítmicamente, dependiendo el modelo de ruido impulsivo que se requiere simular, además estas simulaciones consideran las propiedades físicas y la fuente directa del ruido.		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0999419812	E-mail: Javier.bravo.rey@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: MSc. Manuel Romero Paz	
	Teléfono: +593-994606932	
	E-mail: manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec	