



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**"ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA HOMEPLUGAV (HPAV) PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED MEDIANTE LÍNEAS DE POTENCIA EN LA  
TRANSMISIÓN DE CONTENIDOS MULTIMEDIA PARA HOGARES"**

**TESIS DE GRADO:**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERA EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**Presentado por:**

**CARLA YOLANDA PÉREZ GUEVARA**

## **AGRADECIMIENTO**

Mis más sinceros agradecimientos a todos mis profesores en especial al Ing. Paúl Romero Director de Tesis de Grado Ing. Danny Velasco Miembro de Tesis de Grado y al Ing. Wladimir Castro.

Por la ayuda brindada en esta investigación, ya que con sus conocimientos me supieron guiar para alcanzar los objetivos propuestos.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a Dios por tantas bendiciones en mi vida y una de esas tantas bendiciones es mi familia mis padres Washington Pérez y Lilian Guevara, mis queridos hermanos Lenin, Alex y Anabel.

Este trabajo investigativo también se lo dedico a mis queridos amigos y a Raúl, ya que sin su apoyo no hubiese alcanzado una de mis más grandes metas.

**FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA**

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Iván Ménes <b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
Ing. Raúl Rosero <b>DIRECTOR DE LAS ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS</b>	.....	.....
Ing. Paúl Romero <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Ing. Danny Velasco <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
Lcdo. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	.....	.....
NOTA DE LA TESIS	.....	

## **RESPONSABILIDAD DEL AUTOR**

“Yo, Carla Yolanda Pérez Guevara, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”

---

**Carla Yolanda Pérez Guevara**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AES</b>	Advanced Encryption Standard
<b>ANSI</b>	American National Standards Institute
<b>AFE</b>	Analog Front End
<b>ATS</b>	Arrival Time Stamp
<b>AV</b>	Audio/Video
<b>ACS</b>	Auto Connection Service
<b>AGC</b>	Automatic Gain Controller
<b>BPSK</b>	Binary Phase Shift Keying
<b>BPL</b>	Broadband over Powerline
<b>CCO</b>	Central Coordinator
<b>CSMA/CA</b>	Collision Sense Multiple Access/Collision Avoidance
<b>CID</b>	Connection ID
<b>CM</b>	Connection Manager
<b>CSPEC</b>	Connection Specification

<b>CF</b>	Contention Free
<b>CL</b>	Convergence Layer
<b>DAK</b>	Device Access Key
<b>DPL</b>	Digital Power Line
<b>DNL</b>	Discovered Networks List
<b>DSL</b>	Discovered Station List
<b>EAP</b>	Extensible Authentication Protocol
<b>FFT</b>	Fast Fourier Transform
<b>FTP</b>	File Transfer Protocol
<b>FEC</b>	Forward Error Control
<b>FDM</b>	Frequency Division Multiplexing
<b>HVAC</b>	heating, ventilation, and air conditioning
<b>HDTV</b>	High Definition Television
<b>HLE</b>	Higher Layer Entity
<b>HPAV</b>	Home Plug AV
<b>HPAV</b>	HomePlug AV

<b>AVLN</b>	HomePlug AV Logical Network
<b>HTTP</b>	Hypertext Transfer Protocol
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>INL</b>	Interfering Network List
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>IPTV</b>	Internet Protocol Television
<b>IFFT</b>	Inverse Fast Fourier Transform
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>MPDU</b>	MAC Protocol Data Unit
<b>MSDU</b>	MAC Service Data Unit
<b>MAC</b>	Medium Access Control
<b>MIMO</b>	Multiple-input Multiple-output
<b>NN</b>	Neighboring Network
<b>NEK</b>	Network Encryption Key
<b>NMK</b>	Network Membership Key
<b>NPW</b>	Network Password

<b>OFDM</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
<b>PCF</b>	Persistent Contention Free
<b>PB</b>	PHY Block
<b>PPDU</b>	PHY Protocol Data Unit
<b>PHY</b>	Physical Layer
<b>PLC</b>	Power Line Communications
<b>PLT</b>	Power Line Transmission/Telecommunications
<b>PCO</b>	Proxy Coordinator
<b>QAM</b>	Quadrature Amplitude Modulation
<b>QOS</b>	Quality of service
<b>QOS</b>	Quality of Service
<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>SACK</b>	Selective Acknowledge
<b>SAP</b>	Service Access Point
<b>SNR</b>	Signal-to-Noise Ratio
<b>SDTV</b>	Standard Definition Television

<b>SOF</b>	Start of Frame
<b>STA</b>	Station
<b>TIC</b>	Tecnologías de la información y la comunicación
<b>TIA</b>	Telecommunication Industry Association
<b>TV</b>	Television
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access
<b>TDM</b>	Time Division Multiplexing
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol
<b>TXOP</b>	Transmit Opportunity
<b>TCC</b>	Turbo Convolutional Code
<b>UCP</b>	User Datagram Protocol
<b>VLAN</b>	Virtual LAN
<b>VOIP</b>	Voice over IP

## ÍNDICE GENERAL

**PORTADA**

**AGRADECIMIENTO**

**DEDICATORIA**

**INDICE DE ABREVIATURAS**

**INDICE GENERAL**

**INDICE DE FIGURAS**

**INDICE DE TABLAS**

**INTRODUCCIÓN**

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>- 22 -</b>
<b>MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>- 22 -</b>
1.1.    Introducción .....	- 22 -
1.2.    Antecedentes .....	- 22 -
1.3.    Justificación.....	- 24 -
1.3.1.    Justificación teórica .....	- 24 -
1.3.2.    Justificación aplicativa.....	- 26 -
1.4.    Objetivos .....	- 27 -
1.4.1.    Objetivo General.....	- 27 -
1.4.2.    Objetivos Específicos .....	- 27 -
1.5.    Hipótesis.....	- 27 -
1.6.    Metodología .....	- 27 -

1.6.1. Deductivo – Inductivo.....	- 28 -
1.6.2. Método Analítico .....	- 28 -
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>- 29 -</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>- 29 -</b>
2.1. Introducción .....	- 29 -
2.2. Definiciones y Consideraciones .....	- 29 -
2.2.1. Transmisión de datos a través de Líneas de Potencia.....	- 30 -
2.2.2. Power Line Communications .....	- 33 -
2.2.2.1. Principios técnicos.....	- 33 -
2.2.2.2. Modulaciones PLC .....	- 37 -
2.2.2.3. Protocolos de Comunicación .....	- 39 -
2.2.2.4. Importancia de PLC.....	- 41 -
2.2.2.5. Características de PLC .....	- 42 -
2.2.2.6. Servicios y Aplicaciones del PLC .....	- 42 -
2.2.3. Estándar IEEE1 901-2010 .....	- 45 -
2.2.4. Home Plug Powerline Alliance.....	- 47 -
2.2.4.1. Historia .....	- 48 -
2.2.4.2. Versiones .....	- 50 -
2.2.4.3. HomePlug 1.0 .....	- 50 -
2.2.4.3.1. HomePlug AV .....	- 51 -
2.2.4.3.2. HomePlug AV2 .....	- 51 -
2.2.4.3.3. HomePlug verde PHY .....	- 51 -
2.2.4.3.4. HomePlug BPL.....	- 52 -
2.3. Home Plug AV .....	- 53 -

2.3.2.	Arquitectura de HPAV.....	- 56 -
2.3.2.1.	Capa Física (PHY).....	- 57 -
2.3.2.2.	Protocolos MAC / Servicios.....	- 60 -
2.3.2.3.	MAC Control Plane.....	- 63 -
2.3.2.4.	MAC Data Plane.....	- 64 -
2.3.2.5.	Coordinador central (CCo).....	- 66 -
2.3.2.6.	Capa de Convergencia (CL).....	- 67 -
2.3.3.	HPAV Seguridad .....	- 70 -
2.3.4.	Redes Múltiples .....	- 72 -
2.3.5.	Coexistencia.....	- 73 -
2.3.5.1.	Coexistencia con HomePlug 1.0.....	- 73 -
2.3.5.2.	Coexistencia con BPL .....	- 74 -
2.4.	Ventajas y Desventajas con respecto a otras tecnologías.....	- 74 -
2.5.	Limitaciones de la tecnología HomePlugAV .....	- 75 -
2.5.2.	Colisiones y medio compartido .....	- 75 -
2.5.3.	Velocidad vs. Número de flujos .....	- 76 -
2.5.4.	Interferencias .....	- 78 -
	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>- 79 -</b>
	<b>ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CON TECNOLOGÍA</b>	
	<b>HOME PLUG AV .....</b>	<b>- 79 -</b>
3.1.	Introducción .....	- 79 -
3.2.	ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL .....	- 79 -
3.1.1.	Análisis de Requerimientos .....	- 81 -
3.2.	DISEÑO DE LA RED .....	- 83 -

3.2.1.	Objetivos Técnicos .....	- 83 -
3.2.2.	Diseño Lógico de la red .....	- 83 -
3.2.3.	Direccionamiento.....	- 85 -
3.2.4.	Diseño Físico de la Red .....	- 86 -
3.2.5.	Diseño Final.....	- 88 -
3.3.	IMPLEMENTACIÓN DE LA RED .....	- 89 -
3.3.1.	Instalación de los Equipos .....	- 89 -
3.3.1.1.	Adaptador Powerline .....	- 89 -
3.3.1.2.	Coordinador Central de la red.....	- 90 -
3.3.1.3.	Conexión de la TV.....	- 90 -
3.3.1.4.	Conexión del Teléfono.....	- 92 -
3.3.1.5.	Conexión a Juegos .....	- 93 -
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>- 94 -</b>
<b>ANÁLISIS Y MONITOREO DE LA RED .....</b>		<b>- 94 -</b>
4.1.	Ejecución de pruebas.....	- 94 -
4.2.	Parámetros de Evaluación.....	- 94 -
4.3.	Monitoreo.....	- 95 -
4.3.1.	Ping .....	- 95 -
4.3.2.	Test de Ancho de Banda y Throughput .....	- 97 -
4.3.3.	Jitter .....	- 99 -
4.4.	Análisis e Interpretación de Resultados .....	- 101 -
	Latencia y Paquetes perdidos .....	- 101 -
4.4.1.	Throughput.....	- 101 -
4.4.2.	Jitter .....	- 102 -

4.5.	Instrumentos de Evaluación y Validación.....	- 103 -
4.5.1.	JPERF .....	- 103 -
4.5.2.	PingTerminal .....	- 103 -
4.6.	Interpretación de Resultados .....	- 103 -
4.6.1.	Conectividad a Internet.....	- 103 -
4.6.2.	Establecer los niveles de operación y funcionamiento de la red .....	- 104 -
4.6.3.	Comprobar con los niveles óptimos de operación de la red. ....	- 105 -
4.6.4.	Comparación de Resultados.....	- 105 -
4.6.5.	Evaluación de la Red mediante la Técnica de Ponderación .....	- 109 -

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **RESUMEN**

## **SUMMARY**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura II.1. Transmisión por Líneas de Potencia.....	- 30 -
Figura II. 2. Espectro de Frecuencias .....	- 34 -
Figura II.3. Conector Powerline Ethernet.....	- 35 -
Figura II.4. Transporte de Información con PLC .....	- 36 -
Figura II.5. Modulaciones de Banda Estrecha.....	- 38 -
Figura II.6. Modulaciones OFDM y FSK.....	- 39 -
Figura II.7. Modelo OSI .....	- 40 -
Figura II.8. Red Power Line Communication.....	- 43 -
Figura II.9. Aplicaciones de Power Line Communications .....	- 44 -
Figura II.10. Certificación IEEE.....	- 45 -
Figura II.11. Logo Home Plug Powerline Alliance .....	- 47 -
Figura II.12. Adaptador Home Plug 1.0 .....	- 50 -
Figura II.13. HomePlug verde PHY .....	- 52 -
Figura II.14. HomePlug BPL.....	- 53 -
Figura II.15. Ejemplo de Red HPAV.....	- 54 -
Figura II.16. Arquitectura de HPAV .....	- 56 -
Figura II.17. Transmisor-receptor OFDM HPAV .....	- 58 -
Figura II.18. Distribución de un beacon-period.....	- 61 -
Figura II.19. Segmentación MAC y Generación MPDU.....	- 65 -
Figura II.20. Coordinación de Red .....	- 72 -
Figura II.21. Red HPAV para prueba .....	- 77 -
Figura III.22. Esquema de enchufes del Hogar .....	- 81 -
Figura III.23. Diseño Lógico de la red.....	- 84 -
Figura III.24. Diseño de direccionamiento Ip.....	- 86 -
Figura III.25. Adaptador PLA-407 ZyXEL.....	- 87 -
Figura III.26. Diseño final de red .....	- 88 -
Figura III.27. Adaptadores utilizados .....	- 89 -
Figura III.28. CCo de la red.....	- 90 -

Figura III.29. Adaptador powerline para TV .....	- 91 -
Figura III.30. Conexión a TV .....	- 91 -
Figura III.31. Conexión al Teléfono .....	- 92 -
Figura III.32. Conexión de Juegos.....	- 93 -
Figura IV.33. Ping enlace de TVIP.....	- 95 -
Figura IV.34. Ping enlace de VOIP .....	- 96 -
Figura IV.35. Ping de enlace de Juegos.....	- 96 -
Figura IV. 36. Ancho de Banda y Throughput: Enlace TVIP .....	- 97 -
Figura IV.37. Ancho de Banda y Throughput: Enlace VOIP .....	- 98 -
Figura IV.38. Ancho de Banda y Throughput: Enlace Juegos .....	- 98 -
Figura IV.39. Jitter Enlace TVIP .....	- 99 -
Figura IV.40. Jitter Enlace VOIP.....	- 100 -
Figura IV.41. Jitter Enlace Juegos .....	- 100 -
Figura IV.42. Latencia observada vs recomendada.....	- 106 -
Figura IV.43. Paquetes perdidos: Observados vs Recomendada.....	- 107 -
Figura IV.44. Throughput: Observada vs Recomendada .....	- 108 -

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Rendimiento UDP.....	- 76 -
Tabla III.II. Direccionamiento IP de la red.....	- 85 -
Tabla IV.III. Análisis Cualitativo Parámetro1 y 2.....	- 101 -
Tabla IV.IV. Análisis Cualitativo Parámetro 3.....	- 102 -
Tabla IV.V. Jitter presente en la red .....	- 102 -
Tabla IV.VI. Tiempo de Respuesta y paquetes perdidos hacia la web.....	- 104 -
Tabla IV.VII. Matriz de Valores observados.....	- 104 -
Tabla IV.VIII Valores recomendados.....	- 105 -
Tabla IV.IX. Tabla comparativa de los parámetros.....	- 105 -
Tabla IV.X. Ponderación de los parámetros .....	- 109 -
Tabla IV.XI. Calificación de la Latencia.....	- 109 -
Tabla XII. Calificación de los Paquetes Perdidos.....	- 110 -
Tabla IV.XIII. Ponderación del Throughput .....	- 110 -
Tabla IV.XIV. Ponderación de los resultados .....	- 111 -

## INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de comunicaciones, el hacer uso de la red eléctrica como medio físico de transmisión ha sido considerado como una excelente alternativa en la prestación de servicios de interconexión de última milla. El uso de adaptadores de red basados en HPAV permiten fácilmente el diseño de redes LAN y comunicaciones de banda ancha a través de la red eléctrica, convirtiendo cualquier toma corriente en un punto de conexión para el usuario, sin la necesidad de cableados adicionales a los existentes.

En el Ecuador la red eléctrica es una estructura que hasta el momento ha sido utilizada exclusivamente para el transporte de energía eléctrica. Sin embargo, es posible hacer uso de esta gran red en procesos de comunicación y transmisión de información tales como: voz, datos y video; teniendo en cuenta de que desde el inicio la red eléctrica no había sido concebida para tal fin.

Por tal razón, la tecnología Home Plug AV se convierte en un tema de investigación con el objetivo de conocer la viabilidad del uso de esta tecnología en el país, debido a que algunas de las redes domiciliarias de energía eléctrica no son implementados de manera correcta, lo cual conlleva a que las redes eléctricas presenten altos niveles de ruido, desconociendo los efectos que se pueden producir en el momento de hacer uso de esta tecnología.

La confiabilidad es sin duda uno de los aspectos de mayor interés dentro del análisis global en las redes LAN, considerando el efecto que éste produce sobre el usuario final. La confiabilidad puede ser definida según diversos puntos de vista, permitiendo con ello, incorporar otras formas de evaluación dependiendo del objeto de interés en particular.

Básicamente, los parámetros más comunes para evaluar la confiabilidad de una red son: Throughput, utilización del canal y diversas medidas de retardo.

Throughput se define como la capacidad de un enlace de transportar información útil. En otras palabras, representa “la cantidad de información útil que puede transmitirse por unidad de tiempo”. Este puede variar en una misma conexión de red dependiendo del protocolo usado para la transmisión (TCP o UDP) y el tipo de datos de tráfico (HTTP, FTP, etc.).

Uno de los objetivos más importantes de analizar el throughput está relacionado con la calidad del servicio (QoS) en la red, el cual juega un papel importante a la hora de evaluar la eficiencia de una red centrada en aplicaciones sensibles al tiempo, tales como: video y audio, entre otras.

Por tal razón, el objetivo principal de esta investigación consiste en desarrollar y definir si la red es confiable para transmitir contenido multimedia todo esto a partir de diferentes resultados obtenidos en una red LAN que emplea la tecnología Home Plug AV, la cual será implementada físicamente mediante el uso de adaptadores PLC-Ethernet, los cuales están soportados bajo el uso del estándar HomePlug y el estándar IEEE 1901; según las configuraciones de la red de acceso y condiciones de la red eléctrica; lo cual refleja un paso importante en éste tipo de estudios, considerando que actualmente no existe un modelo que permita realizar esta predicción bajo el uso de esta tecnología.

El capítulo I se expone el planteamiento del problema, los objetivos y lineamientos con los cuales hemos de desarrollar la investigación del proyecto.

En el capítulo II se realiza una introducción a los conceptos generales necesarios a tomar en cuenta para el diseño de la red y de las características esenciales de los elementos para realizar su implementación.

En el capítulo III se realiza todo el proceso de análisis, diseño e implementación de la red basada en los requerimientos y en el estudio de campo que comprende.

En el capítulo IV se establece los parámetros que prueban el funcionamiento de la red, que después de un seguimiento se procede a analizarlos para obtener las conclusiones acerca de su funcionamiento, y con la ayuda de esto es posible comprobar la hipótesis.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **1.1.Introducción**

En el presente capítulo se plantea el problema por el cual se ha optado por el proyecto de implementación de una red con la tecnología Home Plug AV en un hogar de la ciudad de Riobamba, además se detalla los lineamientos y directrices que ayudarán a desarrollar el proyecto de una forma eficaz y objetiva. Se define las metas principales de este proyecto para cumplir con la planificación establecida.

#### **1.2.Antecedentes**

Las tecnologías de red candidatas para proporcionar servicios de red residenciales se pueden clasificar en redes inalámbricas, redes cableadas y redes sin nuevos cables.

Las redes inalámbricas, como 802.11, Bluetooth y HomeRF, se pueden construir interconectando múltiples puntos de acceso inalámbricos. El gran beneficio de utilizar redes inalámbricas es la capacidad de movimiento sin perder la conectividad de red. Bluetooth pertenece a las redes de área personal, y su cobertura es muy limitada. Por otra parte, HomeRF ha estado en el mercado durante algunos años, todavía no ha sido ampliamente aceptada. Por lo tanto, la tecnología de red inalámbrica más interesante y ampliamente aceptada es la familia 802.11.

Dentro de las redes cableadas destaca Ethernet. Este tipo de redes utiliza un sistema de cableado llamado cableado estructurado, que es el que se instala actualmente en nuevas instalaciones de negocios. Sin embargo, este tipo de infraestructura de telecomunicaciones no es habitual encontrarla en los hogares, ni siquiera en los de nueva construcción.

En la categoría de redes sin nuevos cables o también denominadas No-new-wires que son capaces de aprovechar las infraestructuras de cableado ya existentes, están las redes de línea telefónica, redes de cable coaxial y las redes de líneas de baja tensión. Utilizar como infraestructura la línea telefónica existente, puede parecer atractivo, pero está limitado por las conexiones telefónicas disponibles en el hogar. Por otra parte en la mayoría de los hogares es muy limitada una infraestructura utilizando el cable coaxial de TV existente.

Las redes de comunicación en líneas de baja tensión (Power Line Communication, PLC) fueron introducidas en el mercado de Estados Unidos en 2002, y posteriormente se han extendido ampliamente en Europa. Con múltiples conexiones en casi todas las habitaciones, la red eléctrica es una infraestructura muy amplia alcanzando a la mayoría de hogares en el

mundo. Si se utiliza esta infraestructura para transmitir señales de datos se puede alcanzar un sinnúmero de aplicaciones, ya que implica la capacidad de ofrecer cualquier servicio basado en IP a través de tomacorrientes convencionales de hogares y oficinas ya que las líneas de baja tensión residenciales son la infraestructura de red más dominante.

La HomePlug Alliance ha desarrollado los estándares y tecnologías PLC HomePlug. La versión 1.0 soporta tasas de datos de 14 Mbps, comparable con la tasa de 802.11b; la versión 1.0 Turbo, soporta velocidades de hasta 85 Mbps; por último HomePlug AV tiene una tasa de datos de hasta 150 Mbps.

Entre las muchas aplicaciones que pueden utilizarse en las redes de comunicación en líneas de baja tensión son: los juegos en red o las transmisiones de contenidos multimedia entre varios usuarios son algunas de las más comunes y frecuentes.

Lo que se pretende realizar en este proyecto investigativo es llevar a cabo un estudio real sobre la capacidad de una red PLC HomePlug AV para la transmisión de servicios multimedia en el hogar.

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Justificación teórica**

HomePlug PowerLine Alliance es una asociación sin ánimo de lucro de las industrias que lideran el sector de la transmisión de información en líneas de baja tensión (PLC, Power Line Communications). La asociación fue creada en marzo de 2000 y su primer estándar industrial salió a la luz en junio de 2001.

HomePlug AV (HPAV, donde las siglas AV se refieren a Audio/Vídeo) es el estándar que actualmente se utiliza en la especificación y diseño de los dispositivos electrónicos utilizados en este tipo de comunicaciones. Se trata de una evolución natural de la especificación anterior, denominada Turbo HomePlug1, cuyo principal objetivo era proporcionar acceso a Internet de banda ancha. El estándar HPAV sin embargo, además de garantizar un acceso a Internet de elevado caudal, está diseñado para permitir también la distribución de contenidos de audio y/o vídeo de alta definición en el hogar.

Aunque la especificación formal del estándar es relativamente reciente (mediados del 2005), ya existe un puño de fabricantes que distribuyen equipos con tecnología HPAV a precios razonablemente asequibles. Ello da a entender el elevado interés que los sectores productivos de las TIC están teniendo por este nicho del mercado. En efecto, su principal baza es que en todos los rincones de un hogar hay enchufes disponibles, que por otra parte deben ser forzosamente utilizados ya que la mayoría de los equipos de comunicaciones van alimentados.

Por esta razón, esta tesis se basa en el estudio investigativo de una nueva tecnología con sus respectivos estándares y sus aspectos teóricos que permita el acceso a Internet en los hogares ecuatorianos a través de la tecnología Home Plug Av (HPAV) como una opción ya que se encuentra en etapas de pruebas en otros países y alcanzando buenos resultados en la práctica.

### **1.3.2. Justificación aplicativa**

Está demostrando que todo tiene que estar ya conectado en casa y ante la imposibilidad de algunos equipos de conectarse vía WiFi como por ejemplo las televisiones y teléfonos ip la tecnología Home Plug AV propone aprovechar una instalación que ya tenemos colocada en casa: los cables eléctricos.

Ya sea la televisión y/o teléfono ip pueden estar dentro de una habitación, o en la sala, cuarto de entretenimiento, etc. y para esto sería necesario trazar una red con cable, pero si constantemente cambiamos de lugar la televisión y teléfono nos vemos en serios problemas ya que no podemos estar trazando cable por toda la casa u oficina; no sería más fácil utilizar un infraestructura ya trazada como la red eléctrica que todos los hogares tienen en todo el mundo.

La principal ventaja de las redes de línea eléctrica es que los usuarios pueden establecer fácilmente una red de datos.

Al implementar una red utilizando la tecnología Home Plug Av en los hogares de la ciudad de Riobamba, se pretende demostrar que se puede establecer una red de datos confiable sin la necesidad de realizar trabajos de construcción que interfieren con el normal desenvolvimiento y pueden ocasionar problemas estéticos y estructurales en las construcciones, implementando esta red podremos obtener aplicaciones de banda ancha tales como la distribución de televisión ip, teléfono ip, juegos y contenido de Internet de una manera más fácil por todo el hogar.

## **1.4.Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Estudiar la tecnología HomePlug AV para la Implementación de una red bajo el soporte de líneas de Potencia en la transmisión de contenidos multimedia para hogares.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Analizar conceptos, definiciones, normas, estándares, teorías, aplicaciones, ventajas y desventajas relacionadas con la tecnología HomePlug AV.
- Realizar el análisis y diseño de una red utilizando la tecnología Home Plug Av.
- Implementar un prototipo de red de datos destinado para hogares utilizando la tecnología Home Plug Av.

## **1.5.Hipótesis**

El uso de la tecnología HomePlug AV, sobre el cableado eléctrico domiciliario permitirá establecer una red de datos confiable con la finalidad de transmitir contenidos multimedia para hogares.

## **1.6.Metodología**

La realización del estudio e implementación de una red con tecnología Home Plug AV involucra la utilización de diversos métodos que permitirán el desarrollo esquemático de la investigación, entre ellos se opta por los siguientes.

### **1.6.1. Deductivo – Inductivo**

El método deductivo al ir de lo general a lo particular permite la elaboración de un esquema general de todos los factores globales involucrados y como estos pueden impedir el correcto funcionamiento de la red.

A través del método inductivo se deduce la hipótesis, ya que con ello se probará que los valores cuantitativos obtenidos del rendimiento de la red se asemejan a los establecidos en estudios previos referentes al tema

### **1.6.2. Método Analítico**

Mediante el monitoreo y análisis de la red será posible determinar los valores cuantitativos con él que se desempeña la red además de validarlos con valores de referencia.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Introducción**

El presente capítulo se abarca temas conceptuales muy importantes acerca de la tecnología Home Plug AV explicando de manera resumida los aspectos generales que se debe tener en cuenta al hablar de su implementación. Además se quiere que este capítulo ayude a asimilar conceptos fundamentales para quien decida leer este documento.

#### **2.2. Definiciones y Consideraciones**

A lo largo de los años la Home Plug Alliance ha ido desarrollando ciertos estándares y tecnologías para la transmisión de datos a través de las redes eléctricas una de estas tecnologías es la Home Plug AV que es el tema principal de esta investigación, para lo cual es necesario entender ciertas definiciones y consideraciones por ejemplo cómo se realiza la

transmisión de datos a través de líneas potencia, la tecnología Power Line Communications, las diferentes creaciones de Home Plug así como también las ventajas y las desventajas de la misma que se presentan a continuación.

### **2.2.1. Transmisión de datos a través de Líneas de Potencia**

El avance de la computación y su integración con las telecomunicaciones han propiciado el surgimiento de nuevas formas de comunicación, además de que tratan de estandarizarse y acoplarse a nuevos métodos de transmisión de internet.

La transmisión de datos a través de Líneas de Potencia se trata, fundamentalmente, de transmitir voz, datos y video a través de la red eléctrica, el punto clave es adecuar una red ya desarrollada y desplegada, cuya cobertura supera a cualquier otra, para convertirla en un acceso a Internet de alta velocidad que alcance a todos los hogares.



**Figura II.1. Transmisión por Líneas de Potencia**

Gracias al avance de la tecnología se ha logrado que el usuario pueda utilizar las líneas de potencia para dos tipos de servicios: electricidad y telecomunicaciones de una manera satisfactoria.

Una de las principales ventajas de la transmisión de datos a través de líneas de potencia es que se permite la integración de nuevas tecnologías de calidad como HDTV, VoIP con mayores facilidades en el hogar.

La evolución de las redes de telecomunicación ha dependido del desarrollo de materiales conductores, la explotación del espectro radioeléctrico y el diseño de artefactos para generar y recibir las radiaciones electromagnéticas.

Desde hace mucho tiempo atrás se empezó con la especulación de la posibilidad de aprovechar también la red eléctrica como red de comunicaciones. Y esta especulación finalmente tuvo buenos resultados ya que en 1997 se presentó un sistema que permitía el acceso a Internet desde la red eléctrica, que pasó a denominarse PLC (Power Line Communications).

Los primeros problemas para la utilización de esta tecnología fueron el ruido inherente a la red eléctrica de baja tensión, capaz de alterar la información transmitida, así como problemas legales de regulación del espectro de frecuencias en las que trabaja y de las emisiones electromagnéticas del sistema, dadas las potenciales interferencias sobre otros aparatos electrónicos.

En los últimos años, la tecnología ha evolucionado muy rápido, permitiendo velocidades de acceso competitivas con tecnologías alternativas y en la actualidad ya existen ofertas

comerciales de servicios de telecomunicaciones basados en PLC en algunos países, así como multitud de pruebas piloto en otros muchos.

En la actualidad la posibilidad de construir una arquitectura de red dentro del hogar hace de este tipo de comunicaciones a través de redes eléctricas en un tema de suma importancia, ya que facilitaría alta velocidad, conexión de ordenadores, televisión bajo demanda, juegos en línea, teléfonos ip, control de electrodomésticos, etc. Para lograr esto es necesario contar con dispositivos que ofrezcan una transmisión robusta a través de la red eléctrica con una tasa de transmisión suficiente para dichos servicios.

Se conoce que en nuestro país el acceso a la red eléctrica está más extendido que el acceso a la red telefónica. Así pues sería una muy buena idea el utilizar una sola red para transmitir electricidad y datos con esto se podría tener múltiples servicios sin necesidad de trazar distintas infraestructura de red.

En nuestro país no existen todavía leyes sobre redes de banda ancha PLC ya que aún no se implementan. Existen proyectos en el cual se pretende aplicar esta tecnología pero aún son proyectos sin ejecución ni implementación como por ejemplo:

La Empresa Eléctrica Quito prepara un proyecto para la implementación de un sistema PLC de transmisión de datos, cuyo objetivo es generar recursos con la prestación de sus instalaciones a empresas de telecomunicaciones e Internet.

Además, esta tecnología permitiría a la empresa controlar de manera exacta el consumo de energía de los usuarios. De ese modo podría, entre otras cosas, evitarse el contrabando de

electricidad, prescindir del costo de la contratación de personas para la lectura de medidores y establecer planes de ahorro de energía.

### **2.2.2. Power Line Communications**

Según Víctor Hugo Serna [<sup>1</sup>] PLC (Power Line Communications) o PLM (Power Line Modem) se refiere a cualquier tecnología que permita transferir datos a velocidad de banda estrecha (<100kbps) o banda ancha (>1Mbps) y a través de la red eléctrica usando una tecnología avanzada de modulación.

Según Roberto Triviño [2] PLC es el acrónimo de Power Line Communication que traducido al español vendría a ser Comunicación por la Línea Eléctrica, también conocida por: PLT (Power Line Transmission/Telecomunicaciones), DPL (Digital Power Line) en sus inicios o bien como es llamada en Estados Unidos, BPL (Broadband Power Line) es una tecnología que permite ofrecer servicios de telecomunicación a través de la red de suministro de energía eléctrica.

En conclusión 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.

#### **2.2.2.1.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, que no

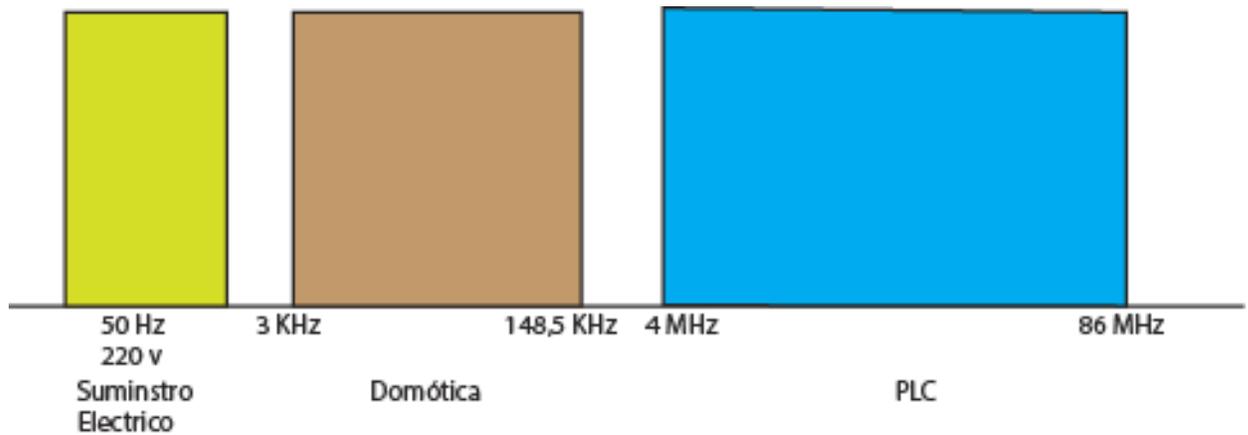
---

<sup>1</sup> Comunicaciones a través de la red eléctrica – PLC, Víctor Hugo Serna, 2011, pag 62

<sup>2</sup> Implementación de un laboratorio de pruebas de transmisión de datos sobre líneas de potencia eléctrica para el centro de investigación científica CITIC, Roberto Triviño, 2006, pag. 2

está diseñado realmente para la transmisión de información y ya tiene presente una señal continua de alto voltaje y potencia: la onda de 200 v y 50 Hz presente en todos los enchufes.

En la siguiente imagen se puede ver el espectro de frecuencias reservado para cada aplicación.



**Figura II. 2. Espectro de Frecuencias**

Como se puede ver, 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 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.

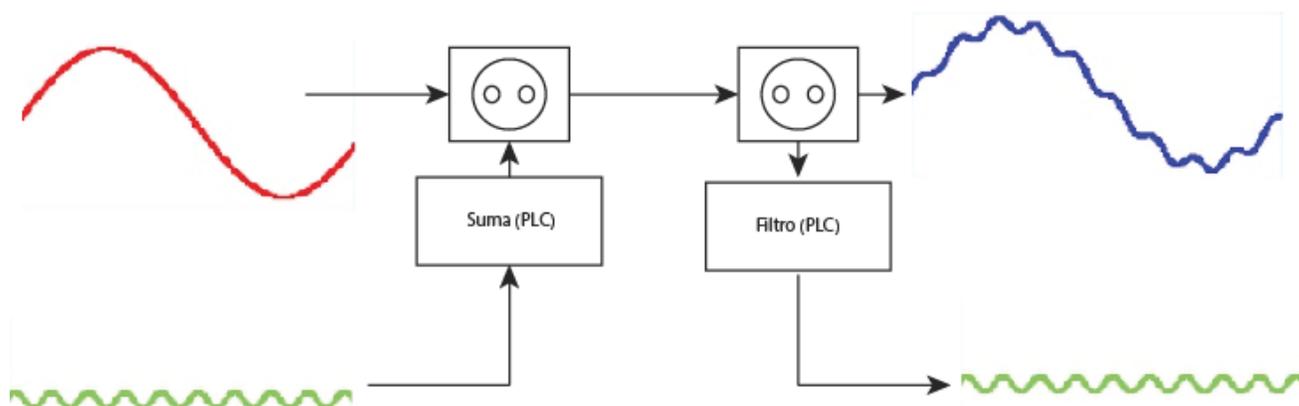
El PLC de uso común dispone típicamente de un conector Ethernet RJ45 y un enchufe apto para ser conectado en la toma de corriente. En algunos casos puede disponerse también de funcionalidad de red inalámbrica WiFi que puede complementar o substituir al conector Ethernet.



**Figura II.3. Conector Powerline Ethernet**

En cualquier caso, sean 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.



**Figura II.4. Transporte de Información con PLC**

En la figura anterior se puede apreciar como sobre la señal de 220 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 aísle 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 evitar 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.

#### **2.2.2.2. Modulaciones PLC**

Por el hecho de que las redes eléctricas no fueron creadas para transmitir comunicaciones; los problemas que ocasionan son: Atenuación con la frecuencia, Variaciones con la impedancia, Multicamino y Condiciones desfavorables de ruido. Las modulaciones en banda estrecha más utilizadas son: ASK, FSK, PSK.

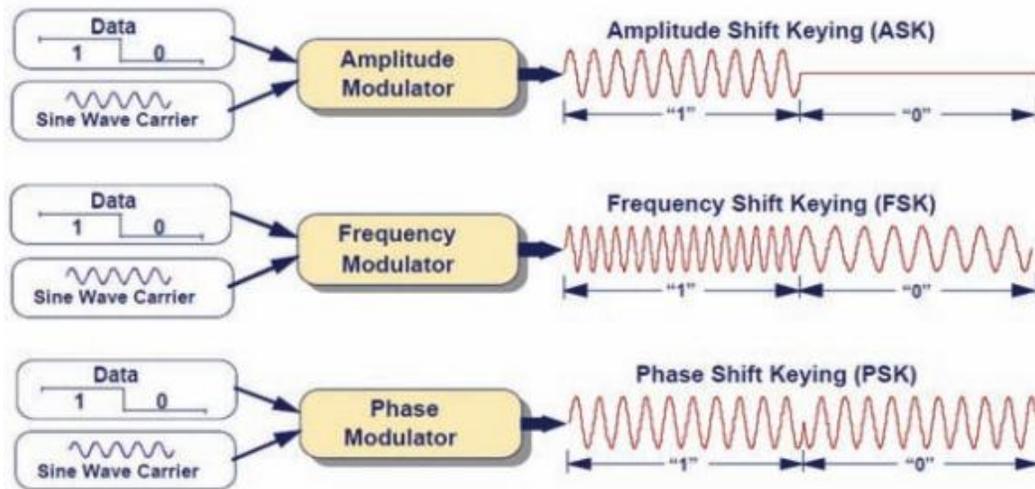


Figura II.5. Modulaciones de Banda Estrecha

En la banda ancha se solucionan estos problemas con modulaciones eficientes: SS (Spread Spectrum) y OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). La modulación por división de frecuencia ortogonal (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing), también conocida como ‘Modulación por multitono discreto’ (DMT), trabaja dividiendo el espectro disponible en múltiples subportadoras

En la siguiente figura se presenta dos modulaciones más populares, OFDM en la parte superior y FSK en la parte inferior, es un ejemplo sencillo e ilustrativo de transmisión de 8 bits a través de modem en un ancho de banda de 85kHz.

Se aprecia cómo utilizando solo 2 tonos cada 85kHz de ancho de banda (parte inferior de la figura) un modem de banda estrecha necesita 4 símbolos para transmitir 8 bits de datos más el bit de redundancia. Por tanto es más lento transmitir una misma información con modulación FSK que con modulación OFDM.

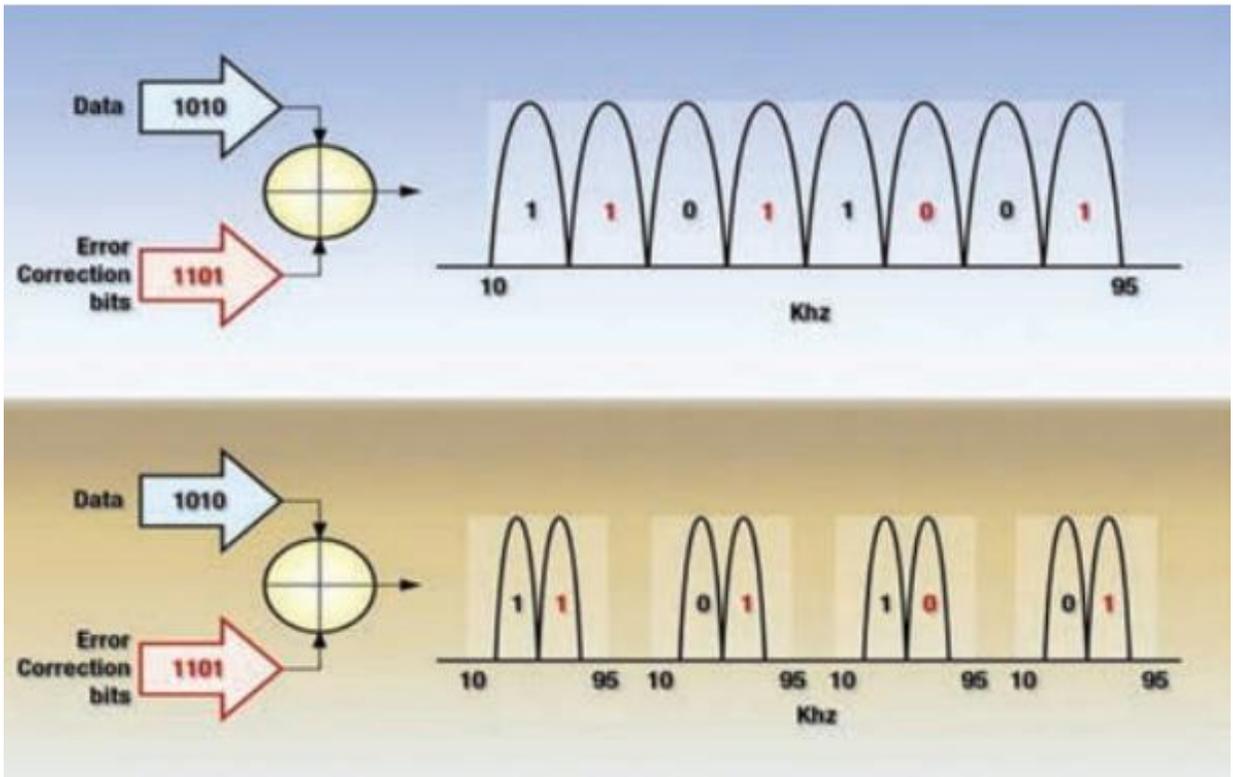


Figura II.6. Modulaciones OFDM y FSK

Es decir que para este tipo de transmisión es mejor utilizar la técnica de modulación OFDM ya que permite transmitir grandes cantidades de datos digitales sobre una onda de radio, además que reduce la diafonía (efecto de cruce de líneas) durante la transmisión de la señal.

### 2.2.2.3. Protocolos de Comunicación

Para comunicar nodos PLC se debe usar un lenguaje específico y roles de comunicación, por ej: el protocolo específico de comunicación. De acuerdo con el modelo ISO/OSI (International Organization for Standardization/Open System Interface), los protocolos de comunicación están clasificados en 7 capas.

- Cada capa se ocupa de un aspecto específico de la comunicación.
- Cada capa proporciona una interfaz para la capa superior. El conjunto de las operaciones define el servicio proporcionado por esta capa.
- En un mensaje enviado por la capa superior se transmite a la capa inmediatamente inferior hasta la capa más inferior.
- En cada nivel se puede añadir una cabecera al mensaje.
- La capa más baja transmite el mensaje a través de la red al nodo receptor. El mensaje recibido comunica con la capa más baja del receptor.
- Cada capa retira la cabecera, se encarga del mensaje usando el protocolo previsto por la capa y pasa a la capa inmediatamente superior y por último, a la capa más alta del receptor.

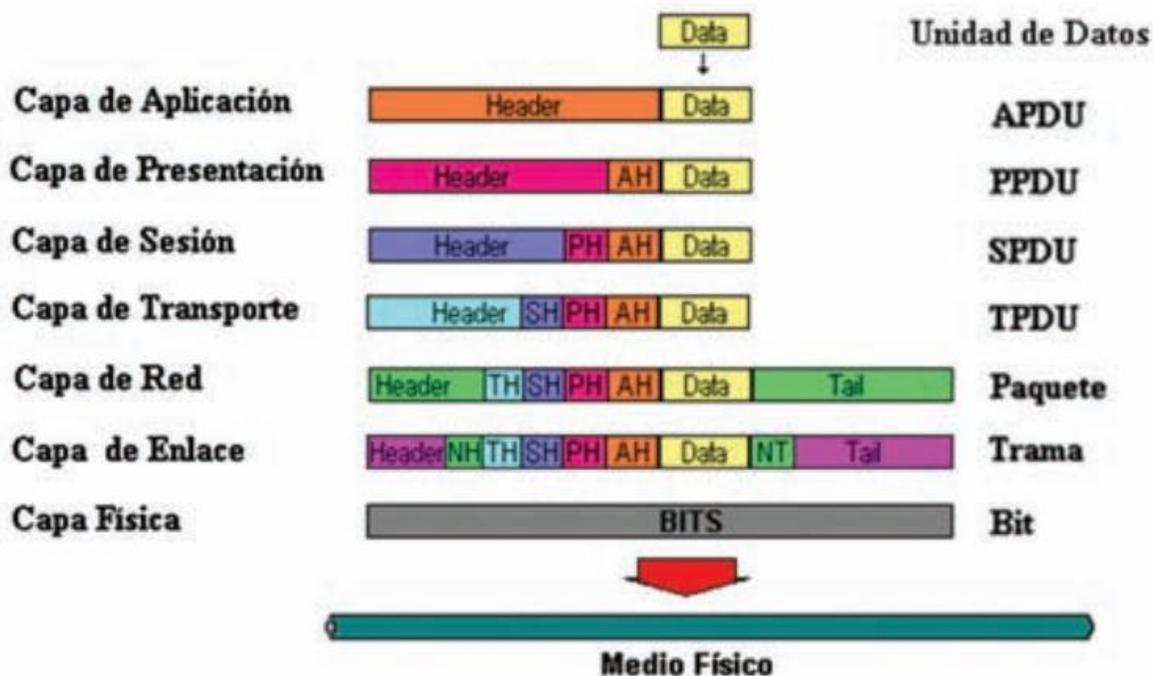


Figura II.7. Modelo OSI

En la figura anterior se muestra el esquema recordatorio del modelo OSI con sus distintas capas. Pero, a menudo las comunicaciones PLC necesitan menos de 7 capas.

#### **2.2.2.4.Importancia de PLC**

En la actualidad se ha hecho necesario disponer de sistemas de comunicación con muchas facilidades y de bajo costo, Power Line Communications es uno de los servicios que trae estos beneficios y sobre todo pretende proveer de internet a todos los lugares del mundo.

En el caso de nuestro país uno de los objetivos principales es implementar una infraestructura de conectividad, que permita a todos los sectores de la sociedad acceder de manera justa y democrática a las tecnologías de las información y comunicaciones, por medio de la Agenda Nacional de Conectividad del Ecuador dentro de los próximos años se desarrollará un proyecto piloto para uso de la red eléctrica de acceso a Internet con tecnología Power Line Communication (PLC/PLT). [3]

Al llegar a implementarse una infraestructura de conectividad con tecnología PLC en el Ecuador, se daría solución a la prestación de servicios de telecomunicaciones a lugares donde no están disponibles otras tecnologías, considerando que la red eléctrica posee una cobertura de cerca del 90% del territorio nacional, a diferencia de las redes convencionales de telecomunicaciones que tienen una cobertura aproximada del 15%.

Power Line Communication PLC/PLT ofrece llevar Internet a alta velocidad a donde llega la luz eléctrica sin necesidad de crear nuevas redes y con gran comodidad para el usuario, que

---

<sup>3</sup>Diagnóstico de las Políticas de TIC en el Ecuador, Abril de 2005

sólo tiene que enchufar a través de interfaces PLC/PLT. Por tanto, esta tecnología parte con incuestionables ventajas sobre otras tecnologías de acceso a Internet.

#### **2.2.2.5. Características de PLC**

La más importante de las características del PLC es el proceso de instalación que es rápida y muy sencilla, ya que solo se necesita de una toma de corriente para obtener internet.

Otra de las características es que no se necesita trazar una infraestructura adicional para implementar la red de datos, basta con utilizar el cableado eléctrico que la mayoría de hogares posee.

Las velocidades de transmisión de 15,85 Mbps en el tramo final y hasta 200 Mbps en el futuro, lo que posibilita la comercialización de servicios que necesitan gran ancho de banda.

Con la tecnología PLC se obtiene el servicio de Internet de alta velocidad, videoconferencia, telefonía ip, televisión ip, y cualquier otro servicio basado en IP.

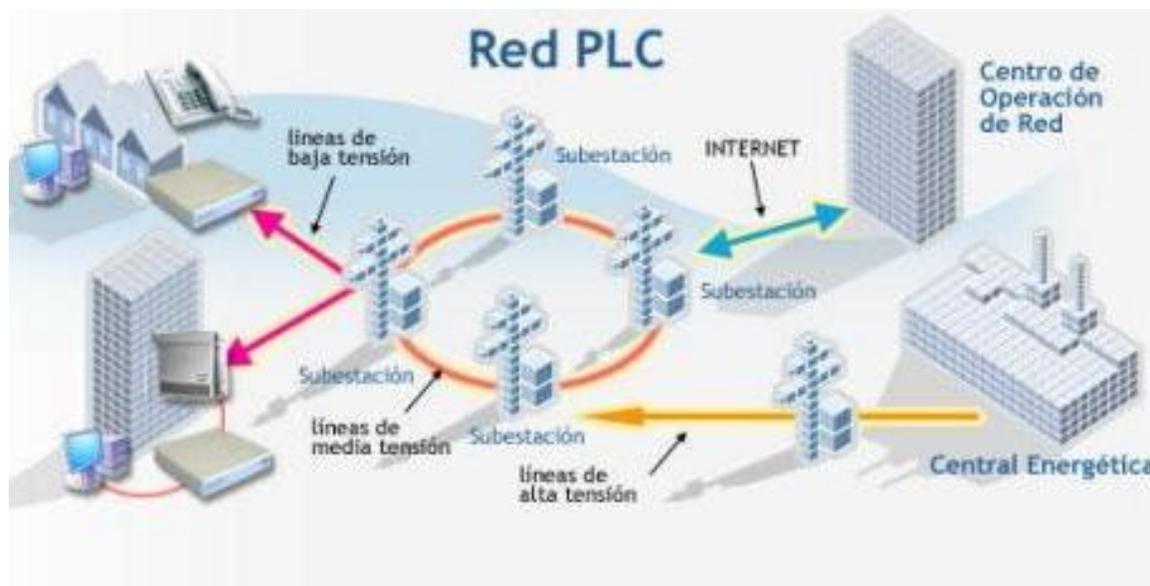
#### **2.2.2.6. Servicios y Aplicaciones del PLC**

##### **Servicios**

Como se muestra en la siguiente figura la red de internet vía Power Line Communications puede ser disponible de dos maneras:

- Usando las líneas de potencia eléctrica para traer Internet a la casa u oficina desde el servidor del proveedor de internet por powerline a través de un Internet Home Gateway.

- Y la otra es distribuyendo una conexión de Internet en la casa u oficina a todas las tomas eléctricas. No importa como llegue el internet puede venir a través de cable, satélite o microonda.



**Figura II.8. Red Power Line Comunication**

### **Aplicaciones**

Como se muestra en la figura que se presenta a continuación por medio de PLC se puede tener varios tipos de aplicaciones que se describen a continuación

Una red Powerline utiliza el cableado existente en el hogar para realizar networking, lo que necesita es conectar los dispositivos a un modem o bridge Powerline y la conexión se realiza, y así se puede crear una LAN y comunicar:

- Computadoras personales

- Impresoras
- Televisores
- Equipos de Música
- Puertos de Acceso a Internet
- Telefonía

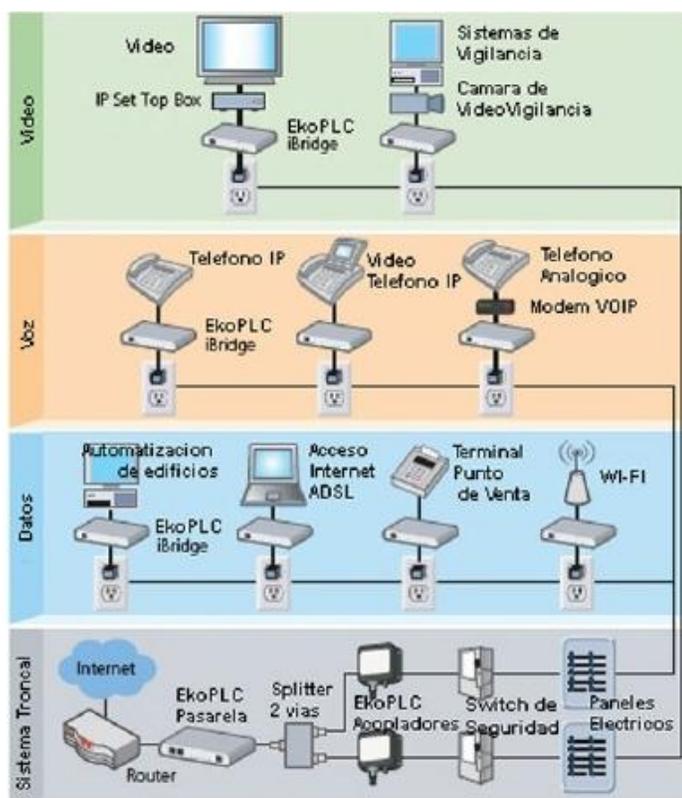


Figura II.9. Aplicaciones de Power Line Communications

No existe un estándar PLC, por lo que las tecnologías PLC disponibles son todas propietarias. Para las aplicaciones descritas anteriormente se tiene la tecnología HomePlug que se describirá a continuación.

### 2.2.3. Estándar IEEE1 901-2010

El estándar IEEE 1901-2010 es un estándar de alta velocidad (hasta 500 Mbit / s en la capa física) dispositivos de comunicación a través de líneas de energía eléctrica, por lo que se llama Banda Ancha sobre Línea Eléctrica (BPL) dispositivos. La norma utiliza frecuencias de transmisión por debajo de 100 MHz. Esta norma es utilizable por todas las clases de dispositivos BPL, incluidos los dispositivos BPL utilizados para la conexión first-mile/last-mile (<1500m a la premisa) a los servicios de banda ancha, así como dispositivos BPL utilizados en los edificios para redes de área local, aplicaciones inteligentes de energía, plataformas de transporte (vehículo), aplicaciones y otros datos de distribución (<100 metros entre los dispositivos)[<sup>4</sup>].

El IEEE Std 1901-2010 fue publicado en diciembre de 2010. Más de 90 organizaciones han contribuido desde 1901 IEEE del Grupo de Trabajo puso en marcha en 2005. La mitad de las organizaciones eran de EE.UU., una cuarta parte de Japón y el último trimestre de Europa.



Figura II.10. Certificación IEEE

---

<sup>4</sup> "IEEE Standard Association Press Release"<http://standards.ieee.org/news/2011/bpl.html>

El estándar IEEE Std 1901-2010 es la especificación dominante Powerline Communication reemplazar una docena de líneas de alta tensión especificaciones anteriores. Incluye una convivencia obligatoria Inter-System Protocolo de Internet (ISP). El IEEE 1901 ISP impide la interferencia cuando las implementaciones diferentes BPL se operan en las proximidades de uno al otro [<sup>5</sup>].

Los productos para redes que cumplen plenamente con los estándares IEEE 1901 proporcionarán velocidades de datos de más de 500 Mbps en aplicaciones LAN. En aplicaciones first-mile/last-mile, IEEE 1901-dispositivos compatibles alcanzará distancias de hasta 1500 metros. La tecnología especificada por la norma IEEE 1901 utiliza sofisticadas técnicas de modulación para transmitir datos a través de líneas de corriente alterna estándar de cualquier tensión en las frecuencias de transmisión de menos de 100 MHz.

En el sector del transporte, por ejemplo, las tasas de la norma y el rango de datos que sea posible ofrecer un entretenimiento / V a los asientos de los aviones, trenes y otros vehículos de transporte público. Los vehículos eléctricos pueden descargar una nueva lista de reproducción entretenimiento para el sistema de A / V con el vehículo cargado toda la noche.

En el hogar, PLC complementará las LAN inalámbricas, proporcionando un enlace a través de las paredes y otros obstáculos de RF, así como a través de distancias más allá de los límites normales de las redes inalámbricas. Se complementarán las redes inalámbricas en

---

<sup>5</sup>Jean-Philippe Faure (mayo de 2011). "Las realidades de la ratificación de IEEE 1901"

hoteles y otros edificios de varios pisos por transportar datos multimedia a través de las distancias más largas y permitiendo inalámbrica para completar el enlace de comunicación en los últimos metros.

IEEE 1901 también beneficiará a empresas de servicios públicos, proveedores de servicios y empresas de electrónica de consumo - cualquier persona con un interés en las tecnologías de redes inteligentes - así como smart-metro proveedores y fabricantes de electrodomésticos [6].

#### **2.2.4. Home Plug Powerline Alliance**

La Home Plug Powerline Alliance es una asociación comercial de fabricantes de productos electrónicos, proveedores de servicios y minoristas que establece normas y estándares para las tecnologías que transmiten datos por líneas de potencia.



**Figura II.11. Logo Home Plug Powerline Alliance**

La Alianza ha desarrollado estándares para aplicaciones tales como: acceso a televisión, juegos e internet. También desarrolló una especificación para medidores de energía inteligentes en el hogar y las comunicaciones entre sistemas eléctricos y

---

<sup>6</sup>IEEE 1901 FINAL DE BANDA ANCHA POR STANDARD POWER LINE <http://standards.ieee.org/news/2011/bpl.html>

electrodomésticos. Las pruebas de la alianza de interoperabilidad y certifica los productos basados en las especificaciones HomePlug y normas IEEE1901.

Según la página web de la Home Plug la misión de la Alianza:

La misión de la Alianza es propiciar y promover la rápida disponibilidad, adopción y aplicación de rentable, redes domésticas interoperables y basadas en estándares líneas de alta tensión y sus productos [7].

La Home Plug Powerline Alliance fue fundada en el 2000 y la principal meta era crear un estándar para la utilización del cableado eléctrico existente de la casa para la comunicación entre productos y conectarse a internet. Uno de los mayores retos técnicos era encontrar una manera de reducir la sensibilidad al ruido eléctrico que está inevitablemente presente en las líneas eléctricas. Cuando un aparato está encendido o apagado, se crea ruido eléctrico que puede interferir con la transferencia de datos a través del cableado. Sensibilidad ruido era problemático en tecnología Powerline ha resuelto este problema. Además, la tecnología Powerline temprana no fiable puede comunicarse a través de diferentes fases eléctricas. HomePlug resuelto este problema mediante el aumento de las frecuencias portadoras de comunicación para que la señal sea transportada por el conductor neutro, que es común a todas las fases.

#### **2.2.4.1.Historia**

La primera especificación HomePlug, HomePlug 1.0, fue lanzado en junio de 2001. La especificación HomePlug AV, el cual fue lanzado en el año 2005. La especificación

---

<sup>7</sup> Misión de la Home Plug Powerline Alliance <https://www.homeplug.org/about>

HomePlug verde PHY fue lanzado en junio de 2010 y los objetivos de energía inteligente y las aplicaciones Smart Grid.

El 30 de septiembre de 2010, el IEEE -1901 Broadband Powerline Norma fue aprobada y HomePlug AV, como la tecnología de línea de base para el FFT-OFDM PHY dentro de la norma, se ratifica ahora y validado como un estándar internacional. La Alianza HomePlug Powerline es un organismo de certificación para productos IEEE 1901. Los tres principales especificaciones publicadas por HomePlug (HomePlug AV, HomePlug verde PHY y HomePlug AV2) son interoperables y compatibles. En noviembre de 2011, hay cuatro fabricantes de chips que se envían interoperables HomePlug AV chipsets con soporte IEEE 1901 (Broadcom, Atheros Qualcomm, Sigma Designs, y SPiDCOM) y millones de unidades se envían cada mes a lo largo del mundo. Muchos productos HomePlug AV está enviando a los vendedores clave, tales como ATRIE Tecnología P Limited, Cisco, devolo, ZyXEL, D-Link, Logitech, NETGEAR y Western Digital. Los principales proveedores de servicios de IPTV, como France Telecom, British Telecom y Deutsche Telekom también el envío de grandes volúmenes de productos HomePlug. En noviembre de 2011, la especificación HomePlug verde PHY fue adoptada por siete empresas clave de automóviles estadounidenses y alemanes, Ford, General Motors, Audi, BMW, Daimler, Porsche y Volkswagen, como un estándar para la conectividad plug-in de vehículos eléctricos.

Las nuevas versiones de HomePlug apoyar el uso de Ethernet en topología de bus. Esto se consigue por medio de OFDM modulación que permite que varios soportes de datos distintos para coexistir en el mismo cable. Además, la tecnología HomePlug de OFDM puede desactivar (máscara) las subportadoras que se superponen previamente

asignado espectro radioeléctrico de una determinada región geográfica, evitando así interferencias. En América del Norte, por ejemplo, HomePlug AV sólo utiliza 917 de 1155 subportadoras.

#### **2.2.4.2. Versiones**

A lo largo del tiempo la Home Plug Poweline Alliance ha ido desarrollando varias versiones que se las describe a continuación:

#### **2.2.4.3. HomePlug 1.0**

La primera especificación HomePlug, HomePlug 1.0, proporciona un pico PHY-velocidad de 14 Mbit/s. Fue introducido por primera vez en junio de 2001 y desde entonces ha sido sustituido por HomePlug AV. El 28 de mayo 2008 Telecommunications Industry Association (TIA) incorporado tecnología HomePlug Powerline 1,0 en el recién publicado TIA-1113 estándar internacional. TIA-1113 define las operaciones de módem en el usuario local cables eléctricos. La nueva norma es el primer multi-megabit estándar de comunicaciones de línea eléctrica aprobada por una American National Standards Institute (ANSI) acreditado por la organización.



**Figura II.12. Adaptador Home Plug 1.0**

Adaptadores HomePlug 1.0 Turbo cumplen con la especificación HomePlug 1.0, pero emplean un más rápido, el modo de propiedad que aumenta la tasa de PHY-pico a 85 Mbit/s.

#### **2.2.4.3.1. HomePlug AV**

La especificación HomePlug AV, que fue presentado en agosto de 2005, proporciona suficiente ancho de banda para aplicaciones como la televisión de alta definición y VoIP . HomePlug AV ofrece una velocidad de datos máxima de 200 Mbs en la capa física, y alrededor de 80 Mbs en la capa MAC. Dispositivos HomePlug AV están obligados a coexistir y, opcionalmente, para interactuar con los dispositivos HomePlug 1.0.

#### **2.2.4.3.2. HomePlug AV2**

La especificación HomePlug AV2 se introdujo en enero de 2012, es interoperable con HomePlug AV y dispositivos HomePlug GreenPHY y IEEE 1901 compatible con el estándar. Cuenta con Gigabit PHY clase de cambio, el apoyo a MIMO PHY, funciones de repetición y los modos de ahorro de energía.

#### **2.2.4.3.3. HomePlug verde PHY**

El HomePlug verde PHY especificación es un subconjunto de HomePlug AV que se destina para el uso en la red inteligente . Cuenta con velocidades máximas de 10 Mbit/s, y está diseñado para entrar en contadores inteligentes y pequeños electrodomésticos tales como HVAC termostatos, electrodomésticos y plug-in de los vehículos eléctricos por lo que los datos pueden ser compartidos a través de una red doméstica y con el poder utilidad.

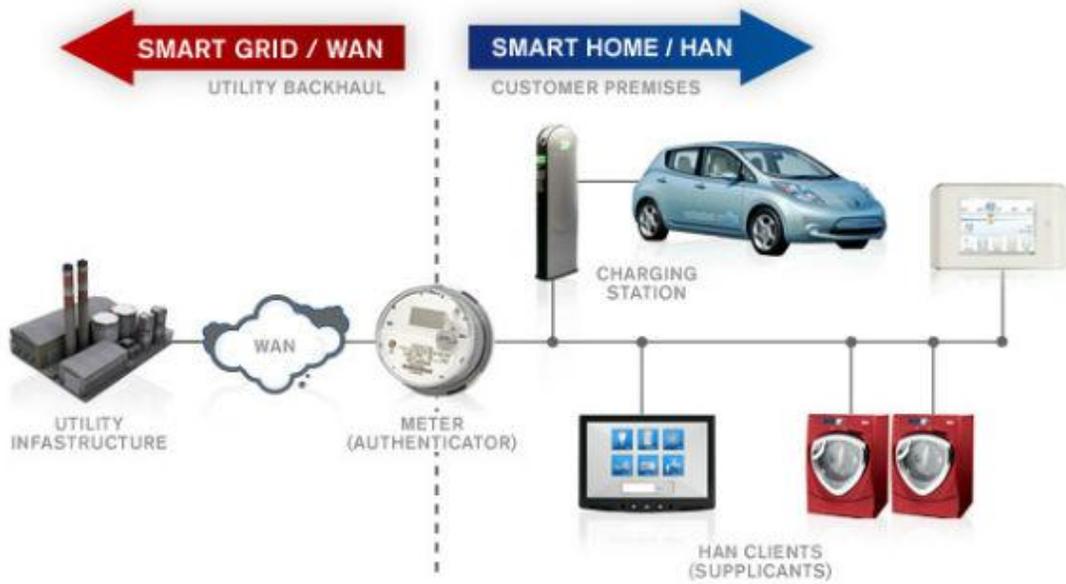


Figura II.13. HomePlug verde PHY

De banda ancha de alta capacidad no es necesario para tales aplicaciones; los requisitos más importantes son de baja potencia y coste, la comunicación fiable, y un tamaño compacto. GreenPHY usa hasta 75% menos energía que AV.

#### 2.2.4.3.4. HomePlug BPL

Acceso de banda ancha de línea eléctrica (BPL) se refiere a una tecnología de banda ancha to-the-home de acceso. La Alianza HomePlug HomePlug formó el Grupo de Trabajo de Acceso BPL, cuya primera carta fue elaborar el Documento de Requisitos de Mercado (MRD) para una especificación HomePlug BPL acceso. La Alianza hizo una invitación abierta a la industria de BPL para participar en el desarrollo o aportaciones para su consideración en el MRD. Después de varios meses de colaboración entre las empresas, ISPs y otros grupos de la industria BPL, el MRD se completó en junio de 2005. Trabajo

HomePlug BPL sobre el acceso ha sido aportado posteriormente y se combina con el estándar IEEE 1901.

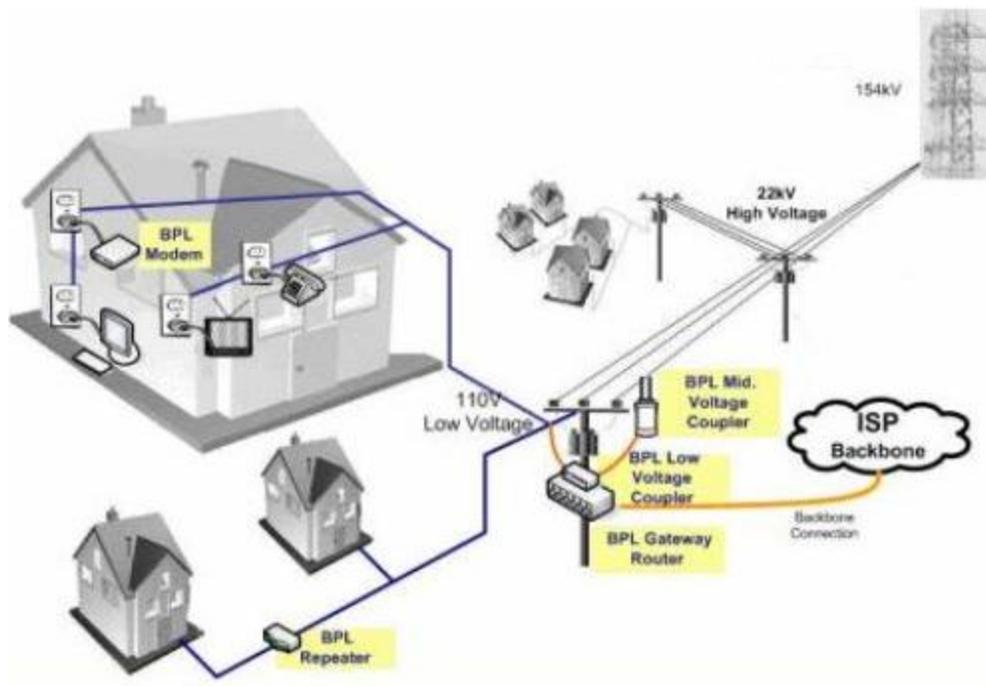


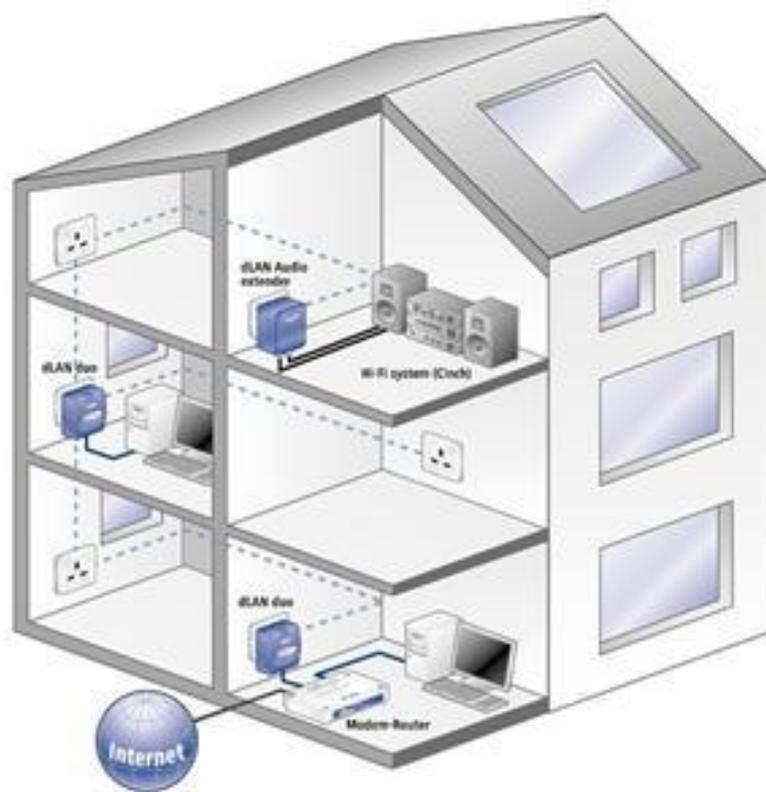
Figura II.14. HomePlug BPL

### 2.3. Home Plug AV

HomePlug AV (HPAV) representa la generación de tecnología de la HomePlug Powerline Alliance que ofrece una alta calidad, multi-stream, la creación de redes de entretenimiento orientado sobre el cableado existente de CA dentro de la casa, mientras que centra en la interoperabilidad con HomePlug 1.0. HPAV emplea avanzadas tecnologías PHY y MAC que proporciona 200 Mbps (millones de bits por segundo) de la red para video, audio y datos [<sup>8</sup>].

---

<sup>8</sup>HomePlug AV White Paper



**Figura II.15. Ejemplo de Red HPAV**

La capa física (PHY) utiliza esta la tasa de 200 Mbps para proporcionar una velocidad de 150 Mbps con información sólida, ya que esta es la capacidad de comunicaciones a través de canales ruidosos en las líneas eléctricas.

La capa de control de acceso a medios (MAC) está diseñada para ser altamente eficiente; apoyando tanto TDMA y acceso CSMA basada en la sincronización de CA. El acceso TDMA ofrece calidad de servicio (QoS) garantiza la reserva incluyendo ancho de banda garantizado, alta fiabilidad y un control estricto de la latencia y jitter.

El acceso CSMA proporciona cuatro niveles de prioridad. Línea de CA proporciona sincronización de los ciclos adaptación del canal superior en la cara de la línea común ciclo sincronizado ruido. La Coordinadora Central (COC) controla las actividades de la red, la asignación de tiempo para CSMA utilizar y programar el uso de TDMA.

HomePlug AV también ofrece capacidades avanzadas compatibles con las normas de redes nuevas. Las funciones avanzadas de administración de red y las instalaciones son capaces de soportar usuario plug-and-play de configuración, así como proveedor de servicios de instalación y configuración.

HPAV ofrece fuertes medidas de seguridad sobre la base de 128-bit AES y prevé dinámica (automática) cambio de las claves de cifrado y de varias experiencias de usuario diferentes en el establecimiento de la seguridad y la admisión de las estaciones de la red. El diseño permite que una estación de participar en múltiples redes de AV.

HPAV es compatible con HomePlug 1.0 y ofrece varias obligatorios y opcionales de coexistencia que permite múltiples modos de funcionamiento de la red, servicio de nodo oculto y Banda Ancha sobre Línea Eléctrica (BPL) co-existencia.

HPAV aspira a ser la red de elección para la distribución de datos y entretenimiento multi-stream, incluyendo HDTV, SDTV y audio audiophile calidad en toda la casa. Está diseñado para proporcionar la mejor conectividad en el más alto QoS de las tecnologías de redes domésticas que compiten para estas aplicaciones. HomePlug AV permite a todos los dispositivos con un cable de alimentación para tener acceso a la red a través de HPAV.

HPAV fue diseñado para proporcionar esta capacidad a un costo que es competitivo con otras tecnologías de la competencia [9].

### 2.3.2. Arquitectura de HPAV

En la figura se representa el diagrama de la arquitectura de un sistema HPAV. Como puede observarse, la arquitectura define los planos de datos y de control. En el primer caso, se observa la clásica división en capas de los sistemas de comunicación basados en los estándares relativos a las redes de área local (LAN), lo que facilita notablemente la integración del dispositivo con los terminales informáticos que hay actualmente en el mercado.

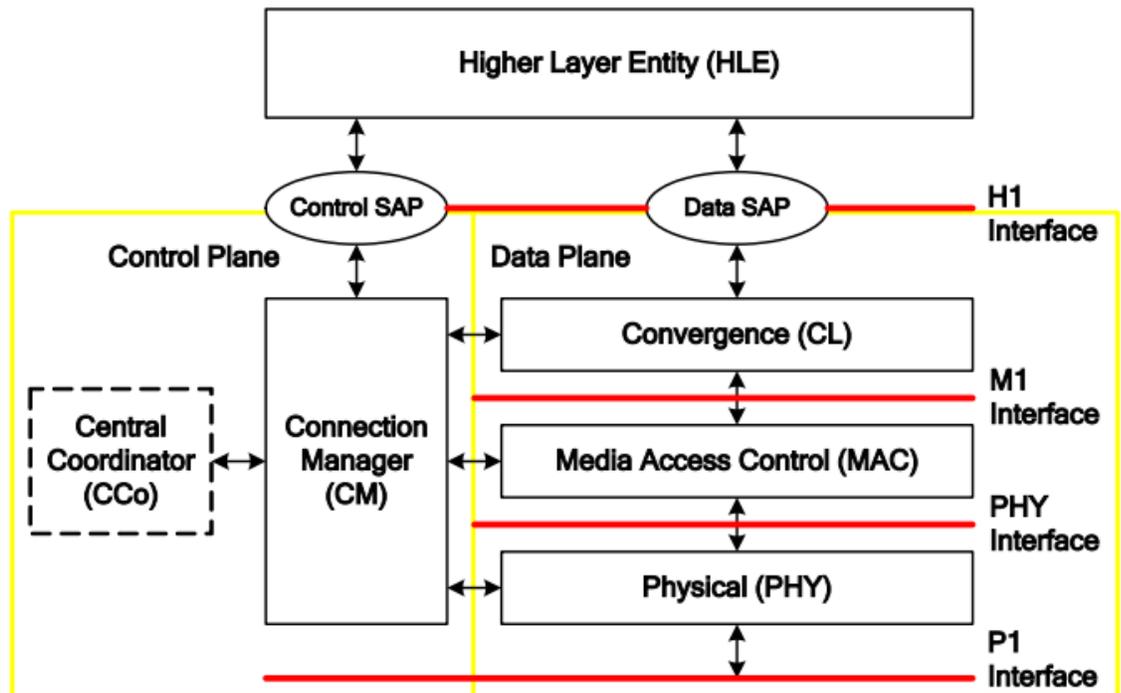


Figura II.16. Arquitectura de HPAV

<sup>9</sup>HomePlug AV White Paper

El plano de control tiene la peculiaridad de ser monolítico, es decir, la gestión de la conexión se hace entendiendo los niveles físico, de acceso y de convergencia como un todo, mediante la utilización de técnicas de crosslayer. Ello permite diseñar la unidad de gestión de la conexión de forma mucho más eficiente y flexible a la hora de adaptarla a innovaciones posteriores.

La arquitectura HPAV exige que de entre todos los modem-PLC que conformen una misma red, uno de ellos deben hacer las veces de estación central. Dicha estación será la única que poseerá un Coordinador Central (CCo) encargado de reservar el ancho de banda necesario para las conexiones con requerimientos de QoS (tanto las sincrónicas como las asincrónicas pero con prioridades).

### **2.3.2.1. Capa Física (PHY)**

La transmisión de señales por el medio físico opera en la banda de frecuencias comprendida entre los 2 y los 28 MHz. Los mecanismos de modulación son tales que, con este pequeño ancho de banda son capaces de transmitir 200 Mbps (velocidad de canal). El uso de Turbo Códigos Convolutivos para la detección y recuperación automática de errores reduce la tasa real de bits de información transmitida en aproximadamente 150 Mbps.

Los símbolos se transmiten mediante OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) con un total de 917 portadoras ortogonales disponibles. Este tipo de modulación multiportadora tiene dos grandes ventajas: la primera es que, al utilizar tantas portadoras, el periodo temporal de los símbolos es lo suficientemente largo para hacer la transmisión inmune a los efectos producidos por los desvanecimientos y el ruido impulsivo,

ambos fenómenos muy habituales en los entornos PLC. Además, cada uno de esos 917 tonos puede a su vez modularse independientemente utilizando desde un simple BSK hasta un 1024-QAM. Cada portadora elige su modulación en función de la relación señal a ruido que ella misma observa, por lo que el sistema es capaz de adaptarse fácilmente a los cambios repentinos de la función de transferencia del canal de comunicaciones. Lógicamente, el plano de control (y más concretamente la unidad denominada Gestor de la Conexión) es la que se encarga de medir constantemente las características del canal para adaptar convenientemente la señal generada.

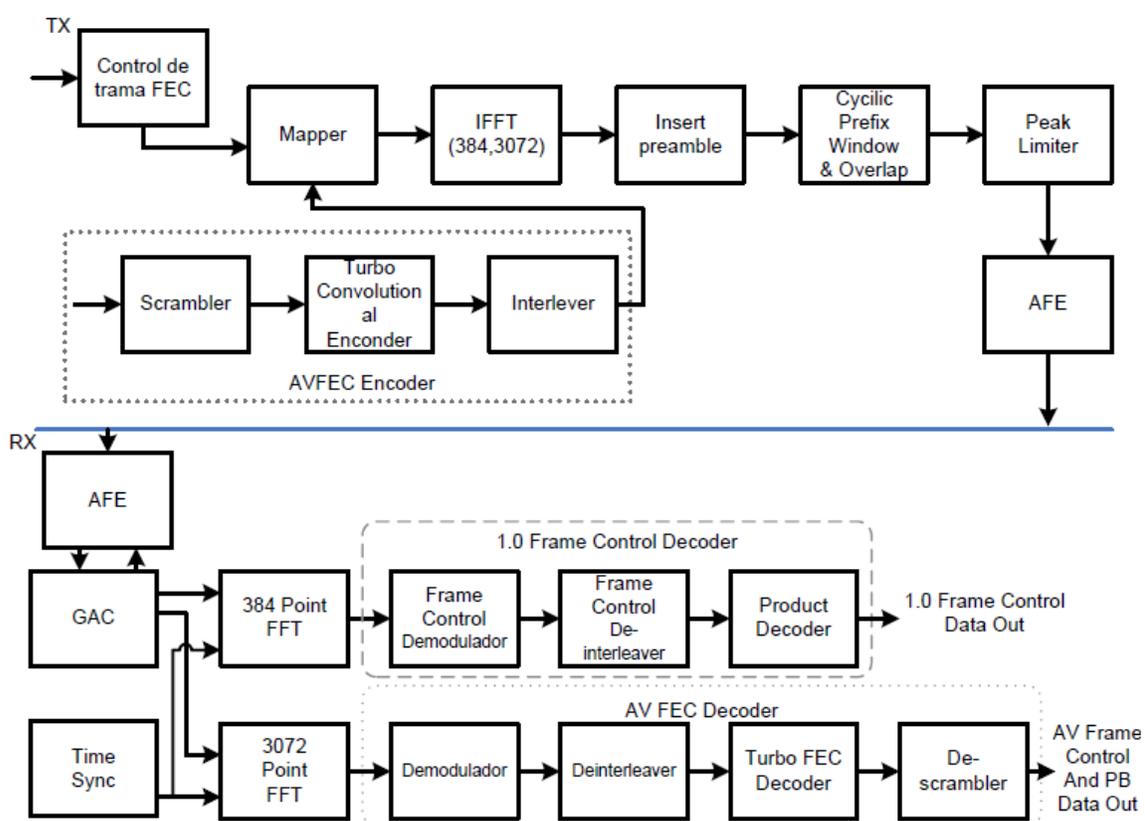


Figura II.17. Transmisor-receptor OFDM HPAV

La figura anterior muestra una representación en diagrama de bloque de la capa física de un transmisor y receptor HPAV.

En el lado transmisor, la capa PHY recibe sus entradas desde el control de acceso al medio (MAC). Hay entradas separadas para HPAV datos, información HPAV control y la información de control HomePlug 1.0 (este último con el fin de apoyar la compatibilidad HomePlug 1.0). HPAV información de control es procesada por el bloque de bastidor codificador de control, que tiene una trama de control incrustado FEC bloque Interleaver y Diversidad. La corriente HPAV datos pasan por un Scrambler, un Turbo Encoder FEC y un Interleaver. Las salidas de los tres flujos de conducir a una estructura común de modulación de OFDM, que consiste en una Mapper, un procesador IFFT, Preámbulo y la inserción de prefijo cíclico y un limitador. Esta salida alimenta la eventual Analog Front End (AFE) módulo que acopla la señal al medio de Powerline.

En el receptor, un AFE opera en conjunción con un controlador automático de ganancia (AGC) y una sincronización de tiempo para alimentar la información de datos separado y los circuitos de recuperación de datos. El Control de Tramas HPAV es recuperado por procesamiento la corriente recibida a través de una FFT 3072-punto, un demodulador marco de control y un decodificador de cuadro de control. El HomePlug Control de 1,0 Frame, si está presente, se recupera por una FFT de 384 puntos. En paralelo, el flujo de datos se recupera después de procesar a través de una FFT 3072-punto para HPAV, un demodulador con estimación SNR, De-entrelazado, Turbo decodificador FEC, y un De-mezclador para datos HPAV.

El PHY HPAV prevé la aplicación de mecanismos flexibles de la política del espectro para permitir la adaptación en mayor o menor red geográfica y los entornos regulatorios. Las muescas de frecuencia pueden aplicarse fácilmente y dinámicamente, incluso en distintos dispositivos. Región específica keep-out regiones se pueden establecer a través de software. La capacidad de hacer cambios suaves a alterar la máscara del dispositivo de tonos (tonos activado) permite implementaciones que pueden adaptarse dinámicamente sus keep-out regiones.

Finalmente, decir que a todo el entramado de bits de información se le añade un conjunto de bits de control para la corrección de errores “hacia delante” (FEC, Forward Error Correction). Estos bits de control se calculan utilizando turbo códigos convolucionales y permiten recuperar tramas de bits recibidos erróneamente sin necesidad pedir la retransmisión de la trama.

#### **2.3.2.2. Protocolos MAC / Servicios**

El nivel de acceso al medio de HPAV puede llegar a establecer tres tipos diferentes de modos de transferencia:

- Transferencias orientadas a la conexión, con requerimientos de Calidad de Servicio como el ancho de banda garantizado, la limitación del jitter y de la latencia máxima. Este servicio se proporciona utilizando un sistema TDMA (Time Division Multiple Access) periódico en tiempo.
- Transferencias no orientadas a la conexión (connectionless), que comparten un mismo canal de comunicaciones (contention) pero capaces de establecer

prioridades para arbitrar el acceso al medio. Este modo de transferencia es utilizado por servicios asíncronos pero con requerimientos de Calidad de Servicio. Se proporciona mediante un esquema CSMA/CA basado en prioridades.

- Transferencias no orientadas a la conexión (connectionless), que comparten un mismo canal de comunicaciones (contention). Este modo de transferencia es utilizado por los servicios best-effort mediante un esquema CSMA/CA tradicional.

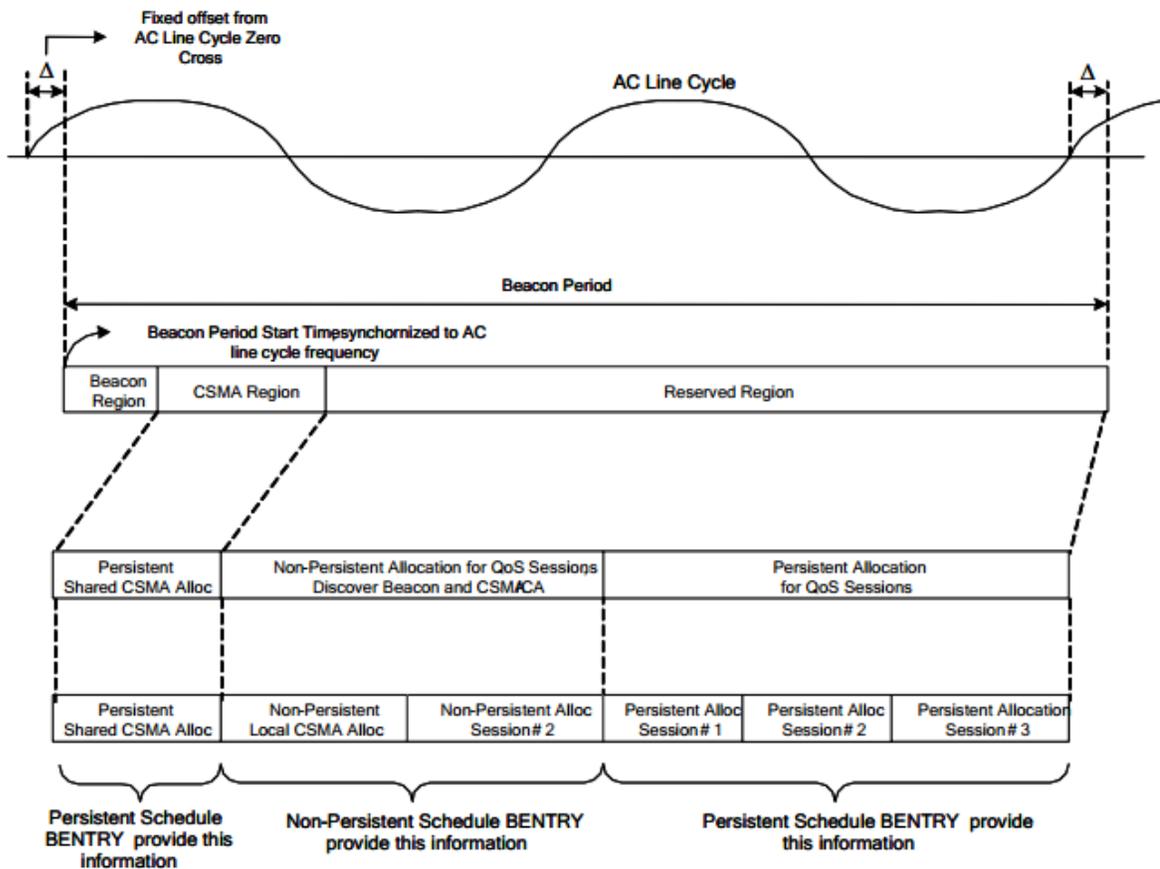


Figura II.18. Distribución de un beacon-period

Para proporcionar estos modos de transferencia, HPAV-MAC implementa una arquitectura de gestión centralizada como se muestra en la figura anterior. El modem-PLC encargado de realizar dicha gestión debe activar su CCo como se muestra en la figura de la Arquitectura del Sistema. El CCo es el encargado de establecer y gestionar el uso de los beacon-period, un periodo de tiempo base2 que a su vez se divide en tres regiones temporales:

- ✓ Beacon region.
- ✓ CSMA region.
- ✓ Contention-free region.

La primera zona temporal (beacon region) es utilizada por la CCo para advertir a todos los modem-PLC conectados a la red sobre la distribución de conexiones pre-establecidas que emplearán el resto del periodo (regiones CSMA y Contention-free) para la transmisión de sus datos. La distribución anunciada es persistente en el sentido en que el CCo se compromete a no alterar dicha organización durante un número consecutivo de beacon-periods. Dada la importancia de este periodo para el buen funcionamiento del HPAV-MAC, la baliza que se utiliza es una señal eléctrica de una gran robustez y fiabilidad.

La región contention-free se gestiona mediante un sistema TDMA. Los niveles superiores (TCP o incluso IP, al menos en la versión 6 del protocolo) de un model-PLC cualquiera dialogan con su módulo Gestor de la conexión (CM) para negociar los requerimientos de QoS demandados por la aplicación: ancho de banda garantizado, transmisión libre de errores, latencia limitada y control de jitter. Terminada la negociación, la CM se comunica

con el CCo del modem-PLC central y le hace saber sus necesidades de Calidad de Servicio. Si la CCo tiene capacidad para aceptar la conexión, le pide al modem-PLC que estime la capacidad del canal, emitiendo un tono de prueba por cada una de las portadoras de la modulación OFDM. El resultado de dicha estimación se envía a la CCo que finalmente determina el número de ranuras temporales que le asigna al modem-PLC durante el contention-free region. Las ranuras temporales no utilizadas para el transporte de tráfico con Calidad de Servicio son utilizadas dinámicamente por el resto de modem-PLC para la transmisión de tramas CSMA/CA en modo no-persistente. Si éstas últimas no se utilizan, las conexiones con requerimientos de Calidad de Servicio pueden, con el permiso de la CCo, usar dicho ancho de banda para aumentar su capacidad. Finalmente, la región CSMA proporciona el intervalo de tiempo en el que los modem-PLC pueden luchar por la posesión del canal mediante un esquema CSMA/CA basado en prioridades y de forma persistente.

### **2.3.2.3.MAC Control Plane**

El control de acceso a medios (MAC) contiene un administrador de conexión integrado (CM). HLEs proporcionar una especificación de conexión (CSPEC) que detalla los requisitos de calidad de servicio para los datos de aplicación. Para el tráfico puentado, CSPECs puede ser generado dinámicamente por el servicio de conexión automática (ACS) o por una capa superior Gestor de la QoS que coordina QoS en varios segmentos de red, de lo contrario el tráfico se transmite como CSMA tráfico priorizado.

El Plano de Control proporciona una interfaz perfecta para la capa de aplicación. Requisitos de la aplicación se reciben en el SAP H1 Control en el CSPEC y son interpretadas por el

CM. El CM es responsable de la evaluación de la CSPEC y el establecimiento de la conexión apropiada en conjunción con la CM en la estación en el otro extremo de la conexión y con la CCO. Es la responsabilidad del gestor de conexiones para garantizar que los mecanismos apropiados AV están comprometidos con el fin de proporcionar a la aplicación con el ancho de banda que requiere. También debe controlar el nivel de servicio que la conexión está recibiendo y tomar medidas correctivas si la garantía de calidad de servicio no se está prestando.

El MAC también mantiene un reloj que está sincronizado con el reloj del CCO (el CCo incluye una marca de tiempo en el faro). Esto significa que la totalidad de las acciones de la red HPAV un reloj de red común para uso de HLEs que tienen fuertes limitaciones de tiempo (por ejemplo, para sincronizar altavoces de sonido envolvente).

#### **2.3.2.4.MAC Data Plane**

En el plano de datos, el MAC acepta MSDU (por ejemplo, Ethernet paquetes) que llegan de la capa de convergencia y los encapsula con un encabezado, Sello opcional llegada (ETA) y Suma de verificación para crear un marco de MAC. Las tramas MAC después se ponen en cola en la Corriente del marco apropiado MAC. Es responsabilidad del MAC para garantizar que las MSDU relacionados con una conexión dada son entregados a la PHY en el momento oportuno para la transmisión durante el tiempo asignado para la conexión. Para este propósito, se mantiene colas individuales para los datos de cada conexión, para cada nivel de prioridad de tráfico CSMA y para cada nivel de prioridad de mensajes de control.

Cada flujo de trama de MAC se divide en segmentos de 512 octetos cada uno de los cuales se cifran y se encapsula en una serializado Bloquear PHY (PB). El PBS se empaqueta en un MPDU que se entrega a la PHY. El transmisor PHY se aplica la corrección de errores hacia adelante y coloca la PPDU resultante sobre la línea eléctrica como se describe en la sección anterior PHY.

Como el receptor reconstruye la MSDU, que reconoce selectivamente el PBS; aquellos que no están reconocida positivamente se retransmiten durante la TXOP siguiente. El selectivo Reconocimiento (SACK) es una parte integral de la asignación TDMA. Cuando todo el PBs componer una MSDU se han recibido correctamente, los segmentos se descifran y el MSDU resultante se pasa a la capa de convergencia para la entrega a la HLE apropiado.

Los mensajes de control se procesan de una manera análoga.

Desde FEC y Confirmación Selectiva (SACK) se realizan en bloques relativamente pequeñas de datos, la FEC es más robusto y retransmisiones reducen al mínimo. Estas dos características contribuyen a la capacidad HPAV para operar a la capacidad del canal cerca.

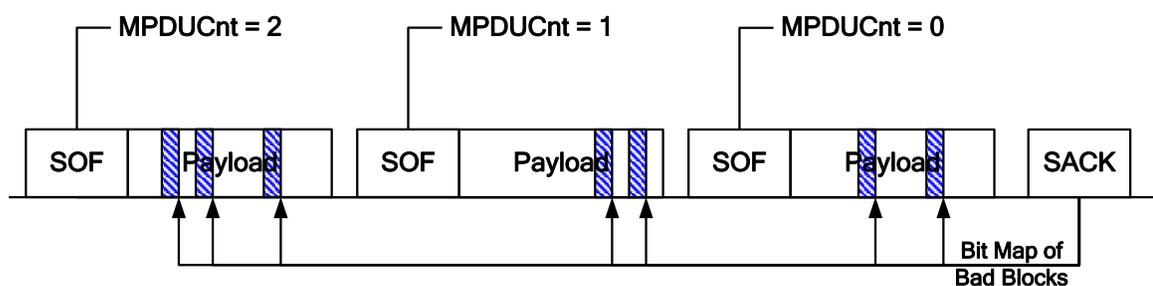


Figura II.19. Segmentación MAC y Generación MPDU

### **2.3.2.5.Coordinador central (CCo)**

Cada CCo es responsable de controlar una AV Logical Network (AVLN), la cual está constituida por varios modem-PLC que comparten un Network Membership Key (NMK), gracias al cual cada miembro de la AVLN puede comunicarse con el resto de miembros de forma privada y segura.

La CCo es responsable de las siguientes tareas:

- Gestión dinámica del ancho de banda.
- Emitir periódicamente en modo broadcast una baliza indicando el AVLN de la que es responsable.
- Aprender la topología de su propia AVLN y la de todas las demás que comparten el mismo canal de comunicación. Para ello, le basta con escuchar la información de las AVLN que todas las estaciones transmiten en modo broadcast.
- Activar el modo de ahorro de energía en situaciones de baja carga.

De la primera función ya se ha hablado. Falta por mencionar que en caso de haber más de una AVLN, los correspondientes CCo de cada red deben coordinarse para compartir (dinámicamente) el canal- común- de comunicaciones. Por lo general, el mecanismo consiste en dividir el beacon-period en partes proporcionales al número de terminales de cada AVLN.

El mapa de la red le permite determinar la presencia de otro modem-PLC en la misma AVLN que pudiera asumir en un futuro el papel de CCo3 mediante un protocolo de

handover. Los criterios a seguir para el intercambio de funciones son, en estricto orden de prioridad:

1. Selección del usuario.
2. Capacidad del CCo.
3. Número de estaciones descubiertas en el mapa de la AVLN.
4. Número de AVNL descubiertas.

Cuando todas las estaciones están inactivas, el CCo también es responsable de activar el modo power-saving. En este modo tan solo se activa una pequeña zona temporal de la región CSMA (para que puedan iniciar una transmisión) y contention-free (para que puedan escuchar las balizas de control). Durante el resto del beacon-period, los transmisores y receptores deben apagarse, ahorrando energía y evitando posibles interferencias innecesarias con otras señales.

#### **2.3.2.6. Capa de Convergencia (CL)**

La capa de convergencia (CL) sirve como interfaz entre los HLEs y el Mac en el plano de datos. Se acepta cargas de datos a través de puntos de acceso de servicio (SAP) en la interfaz H1 y los procesa según sea necesario antes de entregarse a retirarse a la MAC a través de la interfaz de M1. Los únicos datos SAP especificados por AV Ethernet II es la clase de pila. Esta pila es compatible con formatos de paquetes según lo especificado por IEEE 802,3 con o sin IEEE 802.2 (LLC), IEEE extensiones 802.1H (SNAP), y / o etiquetado de VLAN. Utilizando el formato de Ethernet hace que sea fácil para AVLNs a la interfaz a otras LAN.

Entre los servicios que ofrece la CL en el lado de transmisión son la clasificación y conexión automática. Si se solicita una conexión, la CL también asocia una marca de tiempo de llegada (ATS) con la carga de datos. En el lado de recepción, la CL ofrece (opcional) de suavizado y asegura que el MSDU recibidos se enviarán al Punto de Acceso H1 apropiada Servicio (SAP). En ambos lados, proporciona la información del administrador de conexión suficiente para controlar el nivel de QoS proporcionado por la conexión.

Cuando se establece una conexión, el CM proporciona el clasificador con un conjunto de reglas que permitan que el clasificador para asociar únicamente los paquetes entrantes con la conexión. Por ejemplo, un conjunto de reglas puede especificar la fuente y direcciones de destino MAC y la fuente TCP y puertos de destino de la conexión.

El clasificador examina cada paquete recibido en la interfaz de H1 y los intentos para que coincidan con una conexión utilizando las reglas de clasificación que se han proporcionado a la misma. Si se encuentra una coincidencia que se etiqueta el paquete con la ID de la Conexión (CID) de la conexión apropiada, de lo contrario el clasificador se suelte el paquete para su transmisión en la región CSMA en el nivel de prioridad apropiado.

Si la estación transmisora opcional soporta la conexión automática de servicio (ACS), todos los paquetes que son liberadas por el clasificador sin estar asociado a una conexión será examinado por los ACS que evalúen el flujo de datos (s) entre un origen y un destino y tratar de identificar los flujos que son dignas de una conexión. Esta evaluación y la identificación puede basarse en una combinación de los siguientes:

- Las políticas establecidas por un HLE (o fabricante),
- Plantillas tales como el tráfico asociado con los puertos se sabe que tienen un uso particular,
- Heurística tales como el volumen y la regularidad de los datos que se están transmitiendo.

Hasta que el ACS identifica una conexión, libera los paquetes para su transmisión en el período CSMA nada más finalizar la inspección del paquete.

Si el ACS identifica un flujo de datos en particular como conexión digno, se comporta de una manera análoga a un HLE y pide a la CM para establecer una conexión, proporcionando reglas clasificadores, etc. Cuando el CM establece la conexión, el clasificador se iniciará la asociación de la paquetes con la conexión recién creada y la AEC ya no los ve. El ACS es, sin embargo, responsable del servicio de la conexión de la misma manera que lo haría un HLE.

En la estación receptora, la CL demultiplexa los paquetes recibidos. Si los paquetes están asociados con una conexión para la cual suavizado (alias de fluctuación) se ha solicitado, el CL amortiguar los paquetes para el momento apropiado de modo que todos los paquetes son liberados a la HLE en un intervalo fijo después de llegar a la H1 interfaz en el transmisor, que el receptor conoce de la ATS que recibió con el paquete y el reloj de la red sincronizada.

En ambos extremos de una conexión, el CLS proporcionar información suficiente para la CM que puede supervisar el nivel de calidad de servicio que se proporciona a una conexión

para asegurar que las garantías están siendo satisfechas. El CM se tomen medidas correctivas especificadas por el CSPEC si hay violaciones a las garantías de calidad de servicio.

### **2.3.3. HPAV Seguridad**

Los procedimientos de admisión de control garantizan que sólo los dispositivos autorizados podrán tener acceso a la AVLN. La capacidad de una estación para mantener varias claves de seguridad le permite participar en AVLNs múltiples.

Todo el tráfico de datos y casi todo el tráfico de control dentro de la AVLN-con la excepción de un conjunto estrictamente limitado de mensajes de control que simplemente no se pueden cifrar-se fija por 128-bit AES, proporcionando un alto nivel de seguridad. Este cifrado utiliza la clave de cifrado de red (NEK) y se realiza en segmentos individuales como las MPDU se crean. El NEK puede ser automáticamente y cambiar dinámicamente.

Con el fin de unirse a un AVLN, una estación debe obtener una clave de afiliación Red (NMK). Si ya posee una NMK puede unirse a la red inmediatamente, de lo contrario se debe contar con el NMK. Esta provisión puede producirse en una variedad de maneras, incluyendo:

- El valor por defecto NMK que se programa en todas las estaciones de AV. Si bien NMK predeterminado proporciona un enchufe sin problemas, y la experiencia de juego para el usuario cuando el equipo se instala inicialmente, no proporciona ninguna privacidad ya que es conocido por todos los puestos de HPAV certificado.

- El usuario puede definir e introducir una contraseña de red (NPW) directamente en una estación nueva. Este NPW es ordenado para crear el NMK, una clave de 128 bits de cifrado AES. El usuario debe introducir un NPW en al menos una estación para definir inicialmente el NMK para la AVLN.
- Todas las estaciones de AV también están programados con una clave de dispositivo de acceso único (DAK). El usuario puede introducir esta clave en cualquier estación programada adecuadamente ya en la estación de AVLN y que se utilice el DAK para cifrar el NMK y difundirlo. Puesto que sólo la nueva estación tiene la DAK, será la única estación que es capaz de descifrar el mensaje de difusión y por lo tanto y sólo se recibirá el NMK nuevo.
- El uso asimétrico Público / Privado clave de cifrado, las estaciones de AV puede proporcionar al usuario la posibilidad de unirse a la nueva estación a la AVLN sin necesidad de recordar o escribir contraseñas. Esto puede ser tan simple como hacer que el usuario presione un botón o hacer una selección de menú en la nueva estación y en una estación ya en el AVLN.

Cuando una estación tiene el NMK correcta y en realidad se une a la AVLN, se da la clave de cifrado de red actual (NEK) que se utiliza para cifrar los datos durante la segmentación en el MAC.

El diseño también permite la gestión de claves de cifrado de seguridad de capa superior y las Normas de autenticación como 802.1xy EAP.

### 2.3.4. Redes Múltiples

AV incorpora mecanismos para facilitar la coordinación de las redes vecinas (NN). Una vez detectado, la vecina de CCo cooperativamente puede programar transmisiones en sus propias redes sin causar interferencia en la otra. En el caso de AVLNs múltiples, cada CCo mantiene una lista de redes de interferencia (INL). El INL identifica todos los CCo cercanos que el CCo puede oír. Cada CCo pondrá en comunicación es INL a la del CCo otro. HPAV requiere que un CCo debe reconocer todos los INLS que es consciente de y no interferir con esas redes.

Cuando el CCo en un AVLN descubre otra CCo, trata de coordinar con el CCo descubierto. Negocia para una ranura en el faro región que tenga que ser ampliado para dar cabida a otro faro de ranura y por el tiempo que requiere para su región PCF. Cuando las negociaciones, ambos CCOS sincronizar un cambio de horario que resulta en cada AVLN que tiene un espacio para su Región PCF propio, que se identifica por sus vecinos como una Región Stayout en sus balizas. Toda la acción NNs una región común CSMA. Un ejemplo se muestra en la siguiente Figura.

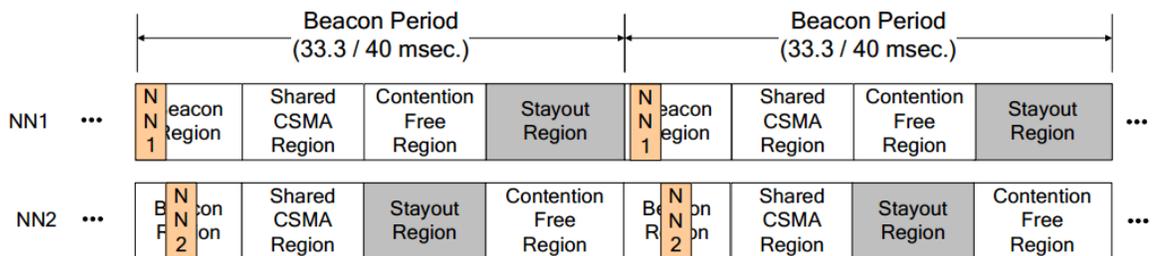


Figura II.20. Coordinación de Red

Cuando AVLNs múltiples coexisten, cada uno tiene una cuota de ancho de banda, es decir, una parte del período de Beacon que utiliza para su Región PCF. La cuota se define por las políticas que son adecuados para la región reguladora en la que el AVLN está en funcionamiento. La cuota predeterminada es partes iguales.

Después de derechos de emisión se hacen para la Región Beacon y para una región mínima compartido CSMA, un CCO puede asignar la mayor cantidad de ancho de banda restante como está disponible para el servicio de sus conexiones. Incluso puede exceder su cuota si el ancho de banda disponible. Si un AVLN está usando más de su cuota-que depende del número de NN-debe renunciar a su ancho de banda de cuota si se solicita por sus vecinos, incluso si tiene que volver a configurar (squeeze) o conexiones de liberación con el fin de encajar en su cuota. No se requiere a caer por debajo de su cuota o para liberar ancho de banda a otra NN si la liberación causaría que NN superar su cuota.

### **2.3.5. Coexistencia**

#### **2.3.5.1.Coexistencia con HomePlug 1.0**

El PHY AV permite la coexistencia e interoperabilidad con los dispositivos HomePlug 1.0. La especificación requiere coexistencia pero la interoperabilidad es opcional. Coexistencia significa que los dispositivos AV son capaces de las comunicaciones de bajo nivel con 1,0 dispositivos necesarios para compartir el medio, pero no necesariamente la capacidad de comunicar los datos de carga útil. Un dispositivo opcionalmente interoperable tiene la capacidad de comunicar datos de carga útil con dispositivos de 1,0.

La coexistencia se logra con el uso de preámbulos que todos los dispositivos (AV y 1,0) se pueden utilizar para la sincronización, así como la adición de 1,0 Marco de los controles.

Los controles de fotogramas adicionales y 1,0 mecanismos de coexistencia sólo se activan cuando uno o más dispositivos de 1,0 se detectan.

### **2.3.5.2.Coexistencia con BPL**

HPAV emplea coexistencia BPL a través de uno de dos métodos: la coexistencia de los Servicios, y la coexistencia de las tecnologías. Coexistencia de servicios establece una extensión eficiente e integrada de servicios, mientras que la coexistencia de tecnologías permite el uso simultáneo de la línea eléctrica por tecnologías diferentes.

La coexistencia de método Services utiliza TDM con baliza de señalización y mensajería para coordinar las redes en el hogar y BPL. Coordinación de la Red permite la asignación de tiempo flexible y la reutilización. Asignación flexible proporciona una mayor eficiencia y rendimiento para las dos redes al permitir ya sea la red para utilizar el tiempo no utilizado en la otra red. Además, ambas redes se puede comunicar lo que permite la integración a nivel de servicio de los proveedores de dispositivos en el hogar

La coexistencia de Tecnologías método utiliza FDM para permitir diferentes tecnologías de coexistir. Paralelamente a la tecnología única de compartir la línea eléctrica, carece de la capacidad de compartir el ancho de banda no utilizado con la red de otros.

## **2.4. Ventajas y Desventajas con respecto a otras tecnologías**

La existencia del tendido eléctrico, reduce los gastos de implantación de la tecnología y permite aplicar tarifas más ventajosas para los clientes.

El alcance de la red eléctrica sobrepasa a cualquier red telefónica. Cualquiera que tenga cerca un enchufe es un cliente potencial. Además, la compañía eléctrica en muchos casos

dispone de redes de fibra óptica que aprovechan el tendido de su red principal, y que serían usables en la Home Plug AV.

## **2.5. Limitaciones de la tecnología HomePlugAV**

Originalmente fue diseñado para la transmisión de suministro eléctrico en corriente alterna, esto es, altos voltajes y frecuencias bajas. Esto provoca que no se puedan transmitir señales de muy alta frecuencia.

No se ha considerado en su tendido de la red eléctrica la necesidad de un trazado, trenzado o blindaje que aisle o amortigüe las interferencias externas, ni una metodología de empalmes que no provoquen ruido o atenuaciones, ni normativa orientada a los equipos enchufados a dicha red para que no inyecten perturbaciones.

### **2.5.2. Colisiones y medio compartido**

Los HPAV operan sobre un medio compartido. En el cable se permite tanto la transmisión como la recepción de información, pero todos los PLC conectados han de competir por el acceso al medio cuando tengan información a transmitir.

La primera consecuencia de esto es que la velocidad ofrecida por el sistema no es aplicable a cada usuario, si no al total de información transmitida por ellos. Así pues, si tenemos un sistema HomePlug AV, que sin extensiones propietarias ofrece 200 Mb/s, tendríamos disponible para los usuarios disponibles 150 Mb/s aproximadamente.

La segunda consecuencia es que resulta necesario implementar un método de arbitraje en el acceso al medio. Los sistemas HPAV utilizan el protocolo CSMA/CA, vemos 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.

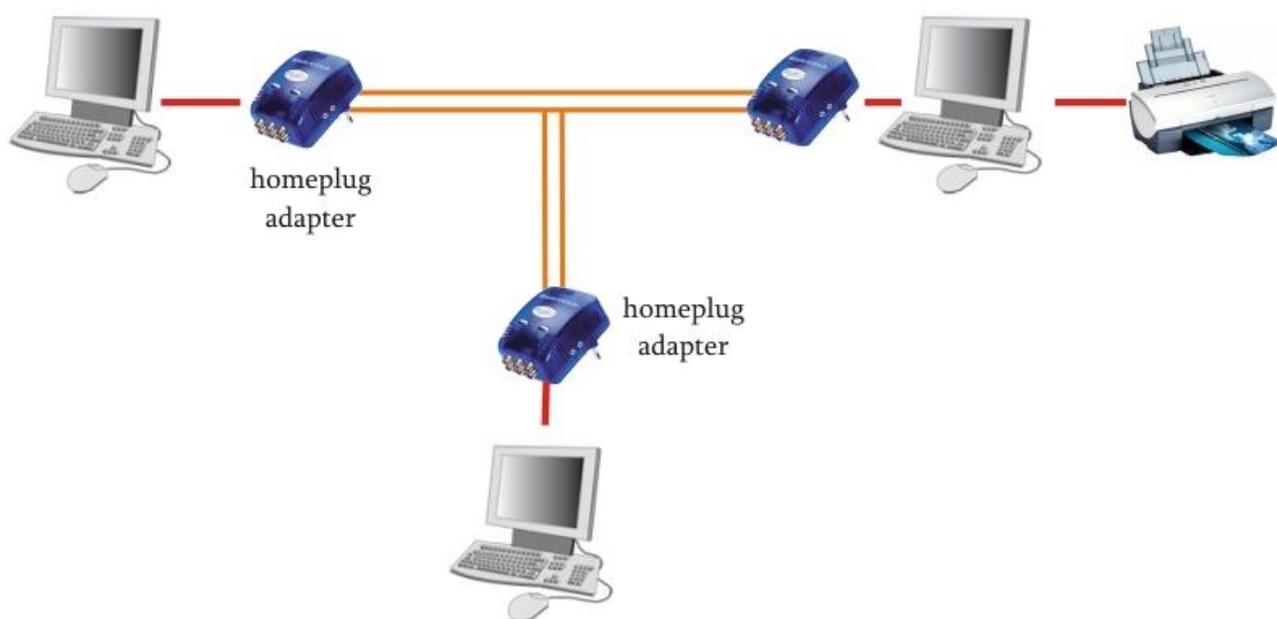
### 2.5.3. Velocidad vs. Número de flujos

Una de las consecuencias que normalmente sorprenden al usuario es que el rendimiento de una red basada en el cableado eléctrico 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 pilotos en hogares de Estados Unidos:

**Tabla II.I. Rendimiento UDP**

	<b>Rendimiento UDP (Mb/s)</b>					
Porcentaje de clientes	99%	98%	96%	75%	5%	Max. Físico
1 Flujo	59	67	82	138	493	1256
3 Flujos iguales	90	93	99	141	367	1256

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.



**Figura II.21. Red HPAV para prueba**

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 cauto 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.

#### **2.5.4. Interferencias**

La causa más importante de la reducción del rendimiento de las redes basadas en red de cableado eléctrico está causada por el ruido presente en la red. La red no está pensada para la transmisión de información, si no para el suministro de potencia eléctrica, función para la que no es necesario tener en cuenta el ruido presente en la instalación.

Dicho ruido tiene dos fuentes principales: la topología y naturaleza del cableado y los elementos conectados a la red eléctrica.

Ambos elementos pueden introducir perturbaciones en la señal. El primero en forma de pérdidas y reflexiones de señal, y el segundo en forma de perturbaciones de la señal. De ambos 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 coste, introducen perturbaciones en la línea que pueden tener una gran influencia en la transmisión de datos.

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CON TECNOLOGÍA HOME PLUG AV**

#### **3.1. Introducción**

En este capítulo se describe el proceso del análisis y diseño de la red. Iniciamos con las consideraciones previas acerca de la red eléctrica, con una especial atención en los principales requerimientos.

#### **3.2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL**

La era de las telecomunicaciones y las nuevas tecnologías de información incentivan a un cambio hacia el nuevo paradigma de comunicación de que es necesario que todos los

nuevos equipos tengan acceso a internet es así que ahora es posible tener televisiones y demás aparatos para el hogar conectados a internet.

En nuestro país hay empresas que se dedican a proveer paquetes de internet que contiene conexión a internet, TvIP, VoIP, pero para esto es necesario trazar una nueva infraestructura y esto puede producir gastos de instalación.

Entonces nos podemos dar cuenta de que en el mundo entero existe una red que llega a lugares donde ninguna otra podría llegar, es el cableado eléctrico, es por esto que se ha decidido realizar este trabajo investigativo.

La gran diversidad de diseños y formas de construcción de redes eléctricas hace que el trabajo que se presenta a continuación, sea el desarrollado por la autora de este diseño en base al plano eléctrico que se muestra en la siguiente figura de la casa en donde se va a montar la red con la tecnología Home Plug AV.

La red eléctrica del hogar en donde se pretende implementar la tecnología tiene 10 años de antigüedad se asume que se encuentra en buenas condiciones ya que el objetivo no es analizar la red eléctrica sino analizar la tecnología HPAV en cableados eléctricos comunes y corrientes de la ciudad de Riobamba.

Actualmente en el hogar solo se cuenta con internet en una PC por medio de modem, pero se desea transmitir televisión Ip a una de las habitaciones, juegos en red para otra de las habitaciones y se desea tener un teléfono Ip en la sala.

En la siguiente Figura se muestra el esquema de los enchufes del hogar, los cuales serán necesarios para la implementación de la red.

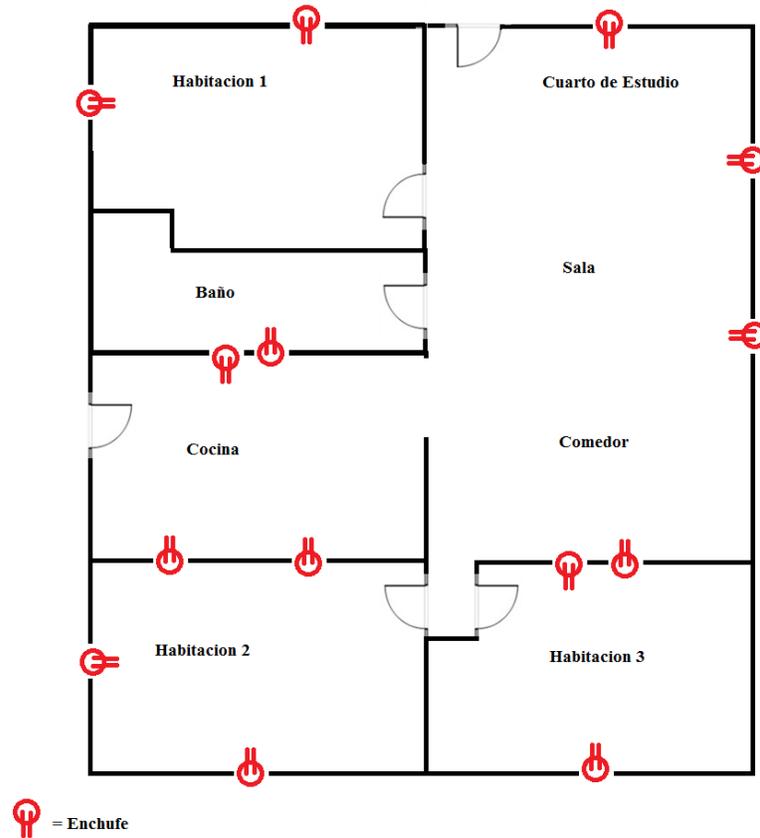


Figura III.22. Esquema de enchufes del Hogar

### 3.1.1. Análisis de Requerimientos

Lo que se pretende transmitir en la red con la tecnología Home Plug AV es contenido multimedia en este caso es: televisión ip, juegos en red y teléfono ip; para ello es necesario tener en cuenta ciertos requerimientos:

La cantidad de información por unidad de tiempo que puede enviarse a través de las líneas de transmisión o ancho de banda utilizado debe ser lo suficiente para satisfacer las necesidades ya sea de video, voz y datos que acceden al mismo tiempo.

El tiempo que espera el usuario desde el momento en que hace su requerimiento hasta que la información es recibida, es decir el tiempo de respuesta debe ser lo más pequeño posible ya que la misma determinara la rapidez de la Red esto quiere decir que no haya retardos, asegurando así la continuidad ya sea de video o de voz.

La implementación de la Red se llevará a cabo con equipos que permitan tener flexibilidad y adaptabilidad en cuanto a incorporación de nuevos dispositivos sin necesidad alterar el rendimiento de la infraestructura de Red actual.

Una de las ideas principales tras la tecnología HPAV es el uso de la infraestructura existente de red eléctrica; si bien se podrían realizar ajustes a la red eléctrica sería poco deseable, pues subirían los costos y la complejidad de la implementación de esta tecnología. Los equipos deben ofrecer cobertura suficiente para abarcar los tramos más distantes de la red.

El tendido eléctrico para este tipo de proyectos no debe ser muy antiguo (20 años o más) ya que la principal consecuencia es la facilidad con la que se puede bloquear la comunicación HPAV solo con el ruido.

Para asegurar una posición en el mercado de telecomunicaciones el sistema HPAV a instalar, debe ser capaz de manejar el tráfico generado por los usuarios al final del proyecto. Además, soportar el tráfico que a futuro pueda generarse por el uso de nuevas aplicaciones

aun no desarrolladas o adoptadas, para ello debe proveer alta capacidad de transmisión y otras consideraciones de QoS (Calidad de Servicio). Si con el pasar del tiempo no se puede soportar las nuevas aplicaciones es previsible que muchos usuarios opten por cambiar de proveedor para satisfacer sus necesidades.

## **3.2. DISEÑO DE LA RED**

### **3.2.1. Objetivos Técnicos**

El objetivo técnico es proporcionar una red confiable para la transmisión de contenido multimedia, mediante el diseño de una red de datos en base a líneas de potencia utilizando la tecnología Home Plug AV.

Al decir que la red es confiable, se tiene ciertos parámetros que debería cumplir, como por ejemplo ser

### **3.2.2. Diseño Lógico de la red**

- **Topología Lógica**

Para este diseño se ha considerado la topología tipo árbol o topología jerárquica con dos niveles, debido a que la tecnología lo requiere así, el diseño consta de un repetidor siendo el central el encargado de emitir la señal de internet a los tres receptores.

Con el fin de simplificar el diseño, implementación y administración de las redes, home plug utiliza un modelo jerárquico de dos niveles para describir la red. Aunque la práctica de este método suele estar asociado con el proceso de diseño de una red, es importante

comprender el modelo para poder determinar qué equipo y que características se van a necesitar en la red.

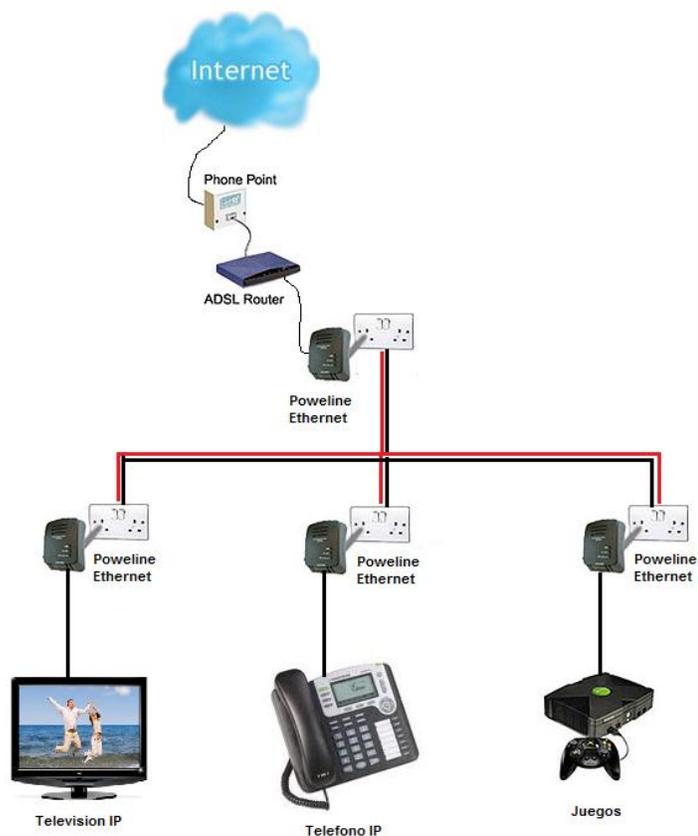


Figura III.23. Diseño Lógico de la red

El modelo se compone de dos capas:

- **Capa de Transmisor**

En la capa de transmisor se encuentra ubicado el CCO que es el encargado de recibir internet por parte del modem y es el que a su vez enviará a los demás dispositivos por medio de las líneas de potencia.

- **Capa de Receptores**

En la capa de receptores se encuentran los dispositivos que reciben las señales digitales que son enviadas a través de la red eléctrica, a su vez estos dispositivos son conectados a la televisión, teléfono o demás aparatos que se desea conectar a internet.

### 3.2.3. Direccionamiento

En base a los requerimientos de la red se necesita asignar tres direcciones ip para cada una las funcionalidades que se pretende proporcionar al implementar la red ya sea para la televisión ip, el teléfono ip y los juegos.

**Tabla III.II. Direccionamiento IP de la red**

<b>Nombre</b>	<b>Dirección Ip</b>	<b>Máscara</b>
PC	192.168.1.2	255.255.255.0
Televisión Ip	192.168.1.3	255.255.255.0
Teléfono IP	192.168.1.4	255.255.255.0
Juegos	192.168.1.5	255.255.255.0

A continuación se presenta la figura del diseño del direccionamiento ip, para la red que estará implementada bajo líneas de potencia.

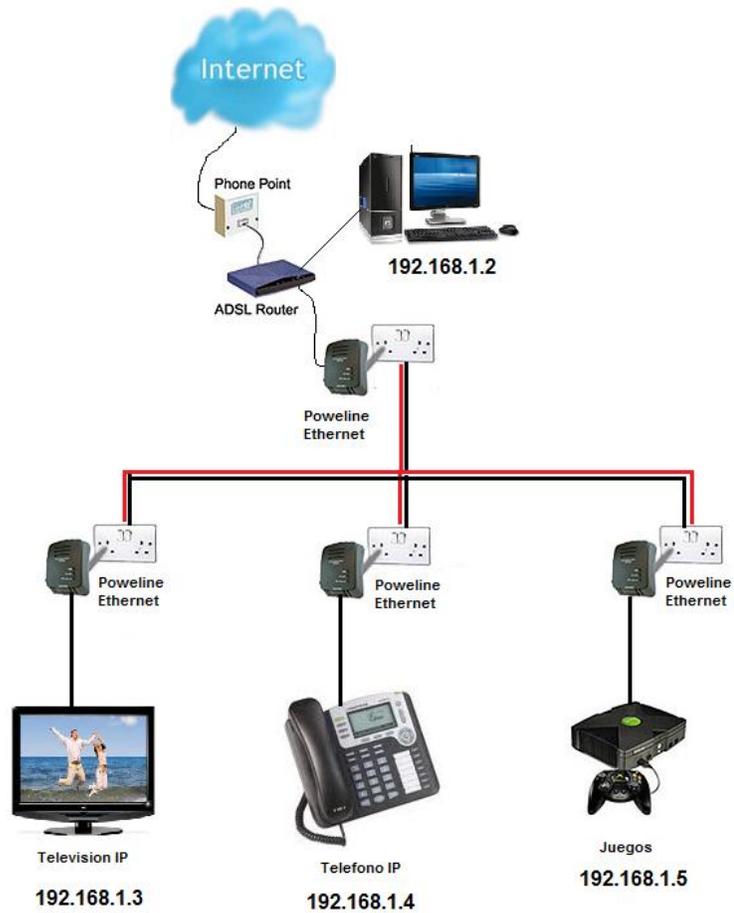


Figura III.24. Diseño de direccionamiento Ip

### 3.2.4. Diseño Físico de la Red

#### Infraestructura de Capa 1 y Capa 2

El diseño físico consiste en la elección de los dispositivos que son necesarios para la implementación de la red.

Porque existe en el mercado ecuatoriano y por sus prestaciones se ha escogido el adaptador Powerline ZyXEL ya sea como transmisor y como receptores ya que es necesario que los dos equipos sean de las mismas especificaciones.



**Figura III.25. Adaptador PLA-407 ZyXEL**

El Adaptador PLA-407 ZyXEL presenta las siguientes características:

- Plug-and-play para alza rápida de las tasas de transferencia de datos de hasta 200 Mbps
- Se conecta a redes powerline y proporciona alimentación con toma de corriente adicional
- Construido en filtro de ruido para reducir la interferencia de energía
- QoS compatible con alta definición de video streaming y aplicaciones de red
- Ahorro de energía modo ahorra el consumo de energía
- Cifrar botón para facilitar la configuración de seguridad de red
- Multi-color LED identifica rendimiento de la red powerline

### 3.2.5. Diseño Final

Una vez realizado los respectivos estudios y diseño de la red tenemos como resultado la siguiente red.

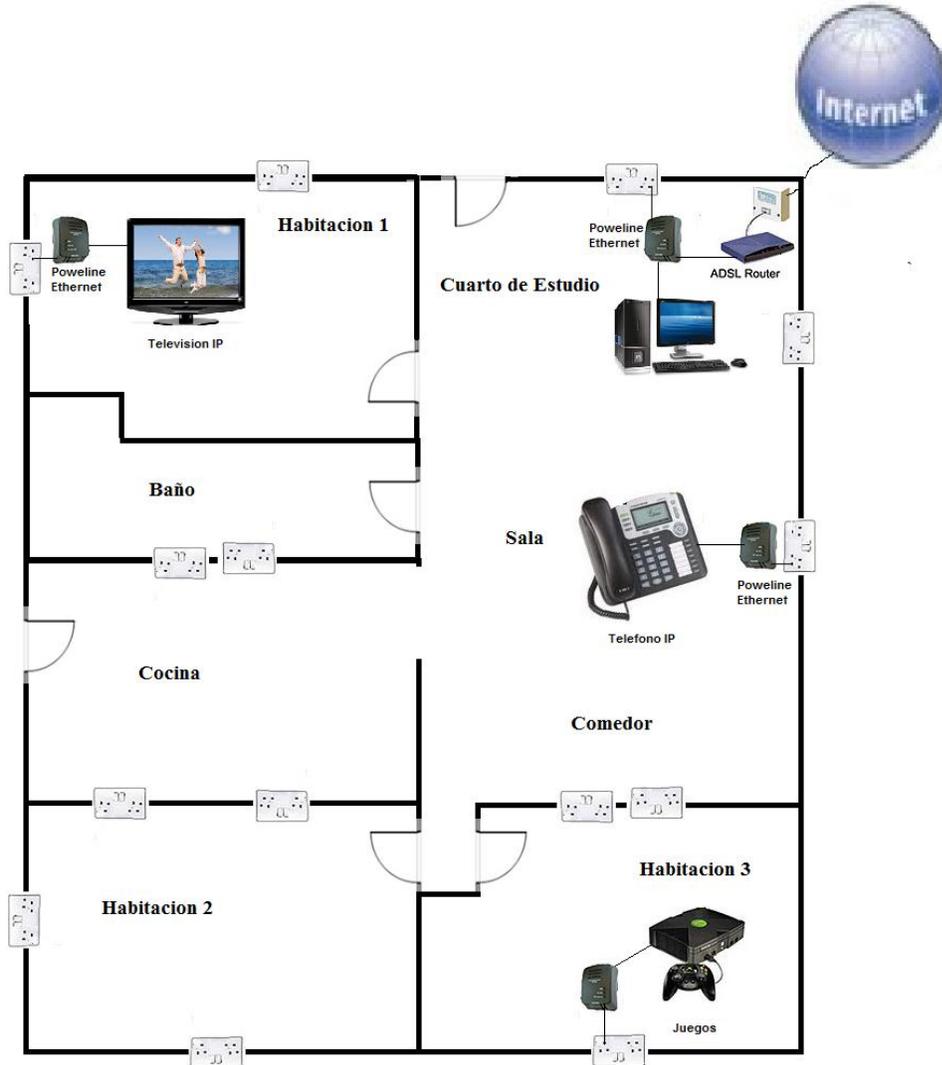


Figura III.26. Diseño final de red

### 3.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA RED

#### 3.3.1. Instalación de los Equipos

Una vez determinada las características de los equipos y distribuidos correctamente de acuerdo al diseño propuesto se procede a la implementación de la red mediante líneas de potencia para la transmisión de contenido multimedia.

##### 3.3.1.1. Adaptador Powerline

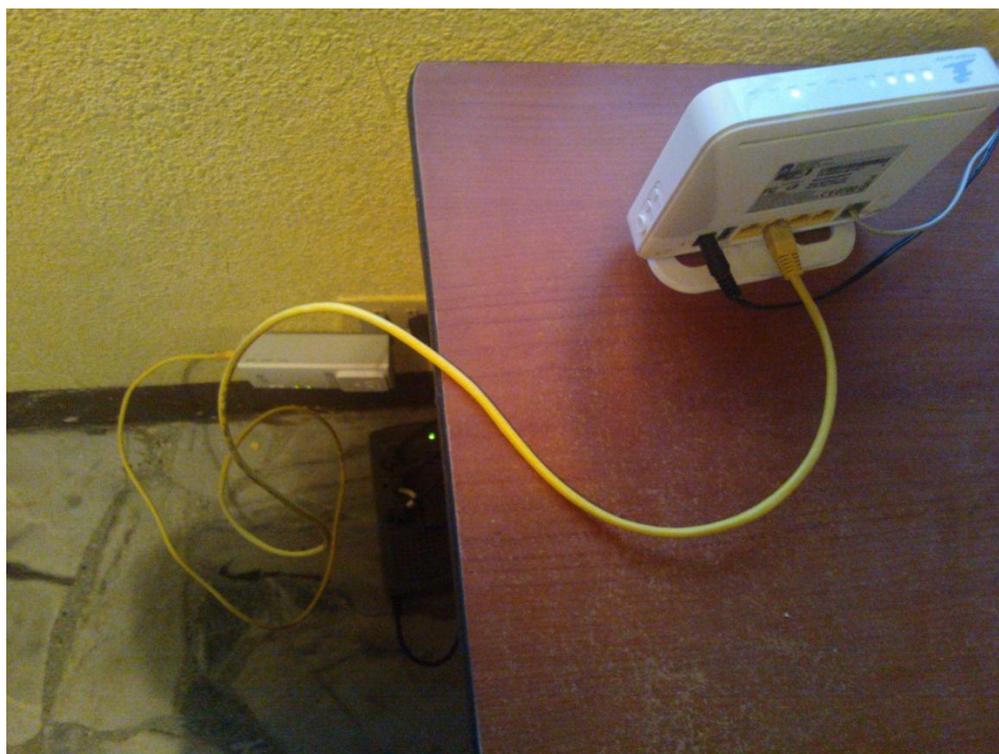
En la siguiente figura se muestran los adaptadores utilizados en cada uno de los enlaces de acuerdo al diseño propuesto.



Figura III.27. Adaptadores utilizados

### **3.3.1.2. Coordinador Central de la red**

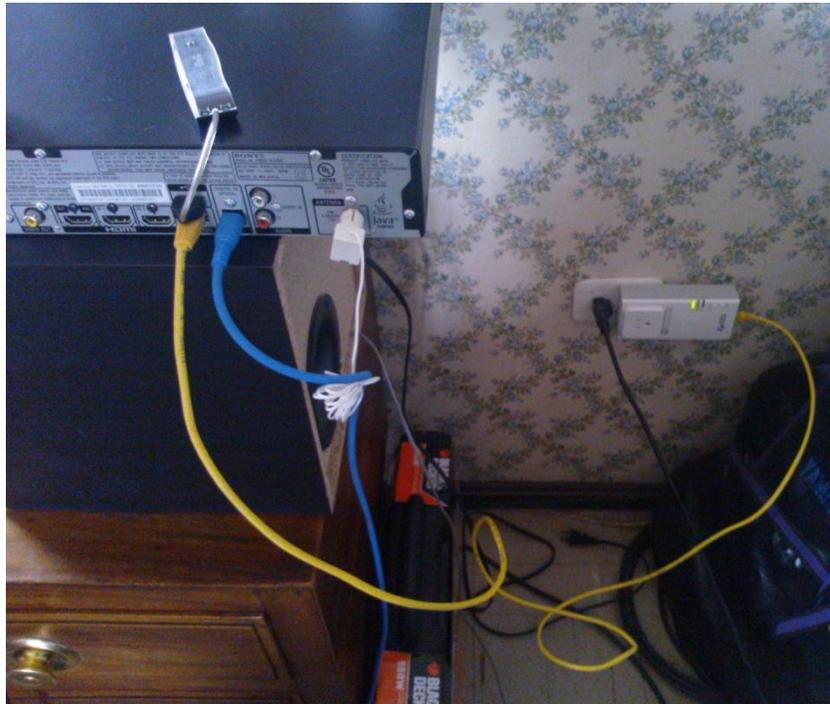
En la arquitectura HPAV de entre todos los adaptadores que conforman la misma red, uno de ellos hará las veces de estación central. Dicho adaptador será el que está conectado al modem que provee internet y emite los datos hacia los otros adaptadores.



**Figura III.28. CCo de la red**

### **3.3.1.3. Conexión de la TV**

Como se muestra en las siguientes figuras para obtener TvIP se conectó el adaptador de Powerline ZyXEL a un dispositivo llamado Set to box, este dispositivo recibe los datos que son transmitidos a través de la red eléctrica.



**Figura III.29. Adaptador powerline para TV**



**Figura III.30. Conexión a TV**

### 3.3.1.4. Conexión del Teléfono

A continuación se muestra la conexión del teléfono, este se encuentra situado en la sala del hogar y recibe los datos por medio del adaptador Powerline.

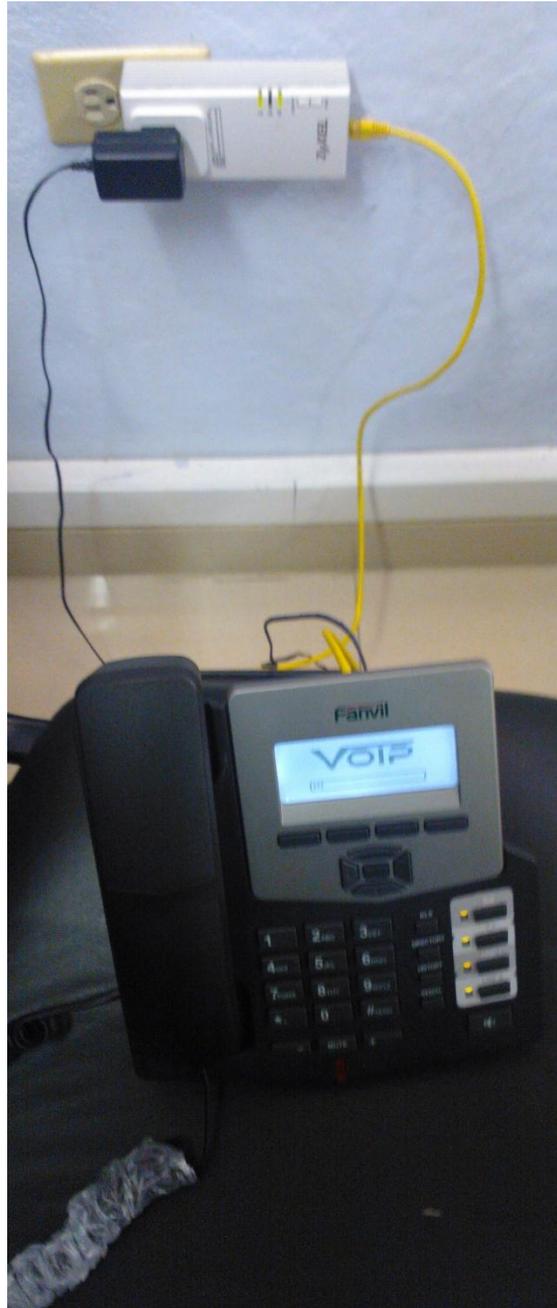


Figura III.31. Conexión al Teléfono

### 3.3.1.5. Conexión a Juegos

Uno de los requerimientos es tener conexión a internet en una de las habitaciones para juegos, ya que se cuenta un Play Station 3; en la siguiente figura se muestra la conexión del adaptador Powerline al dispositivo de juegos.



Figura III.32. Conexión de Juegos

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y MONITOREO DE LA RED**

#### **4.1. Ejecución de pruebas**

Finalizado el diseño de los equipos se procede a realizar una simulación para verificar el funcionamiento de la red, para lo cual se realiza las respectivas pruebas que valide el funcionamiento de la misma.

#### **4.2. Parámetros de Evaluación**

Para la definir los parámetro de evaluación se ha considerado tomar en cuenta los principales parámetros que muestran la operatividad y conectividad de las redes son:

- Ping, Latencia y Paquetes Perdidos
- Test de Ancho de Banda y Throughput
- Jitter

### 4.3. Monitoreo

#### 4.3.1. Ping

Ping utiliza Internet Control Message Protocol (ICMP) Echo mensajes para determinar si un host remoto está activo o inactivo, para determinar el tiempo de ida y vuelta además de datos de paquetes perdidos.

#### Enlace de la Televisión Ip

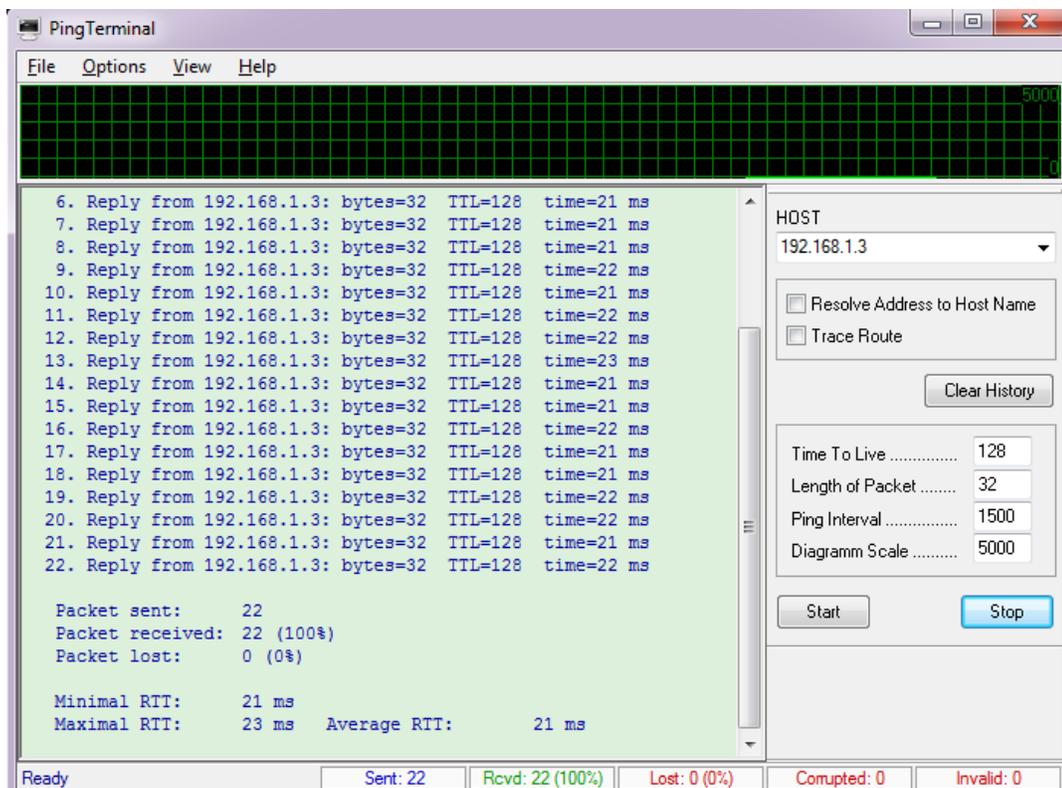


Figura IV.33. Ping enlace de TVIP

## Enlace del Teléfono Ip

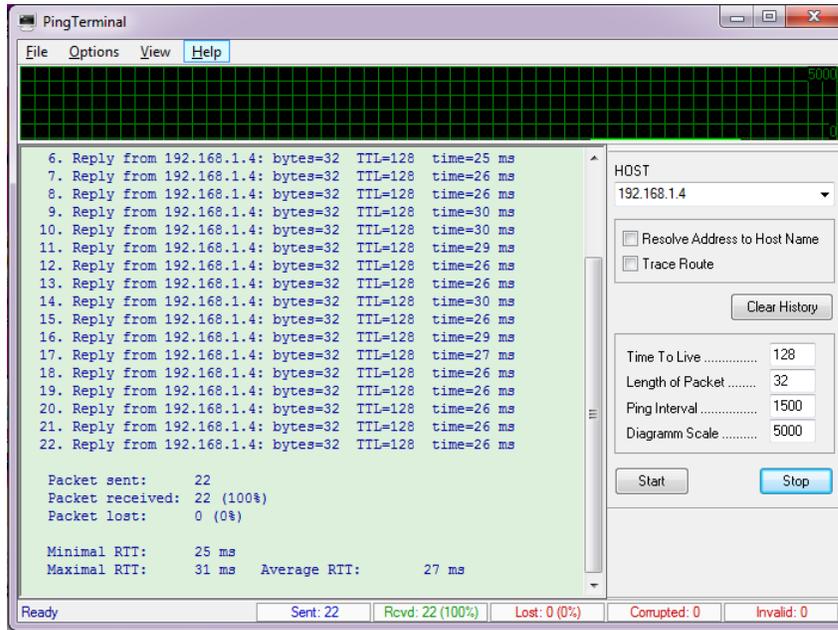


Figura IV.34. Ping enlace de VOIP

## Enlace de Juegos

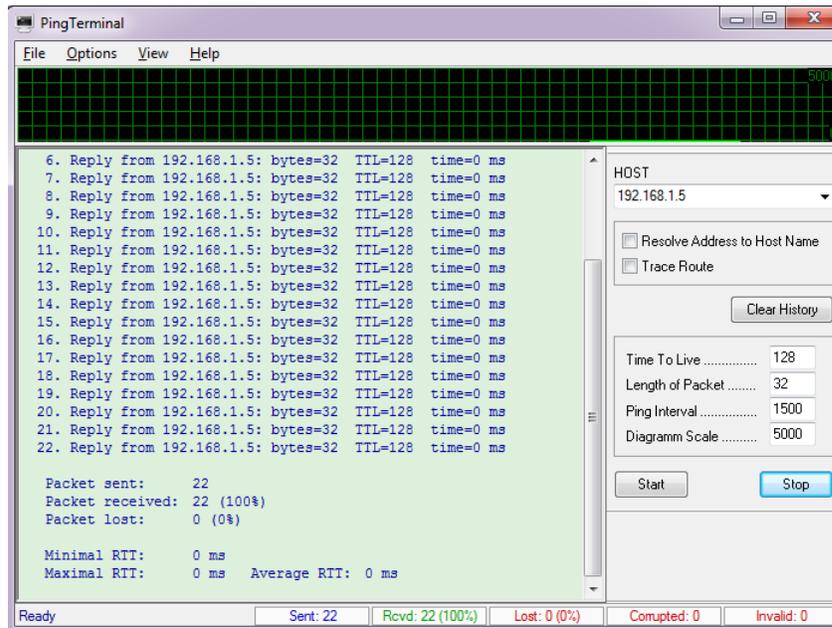


Figura IV.35. Ping de enlace de Juegos

### 4.3.2. Test de Ancho de Banda y Throughput

El Throughput al ser la cantidad de datos transferidos de un lugar a otro en una cantidad especificada de tiempo, en el monitoreo de la red con la herramienta JPERF se mide el ancho de banda y throughput que dispone los enlaces finalmente descubrir cuellos de botella en la red. Normalmente, se miden en kbps, Mbps y Gbps.

### Enlace de la Televisión Ip

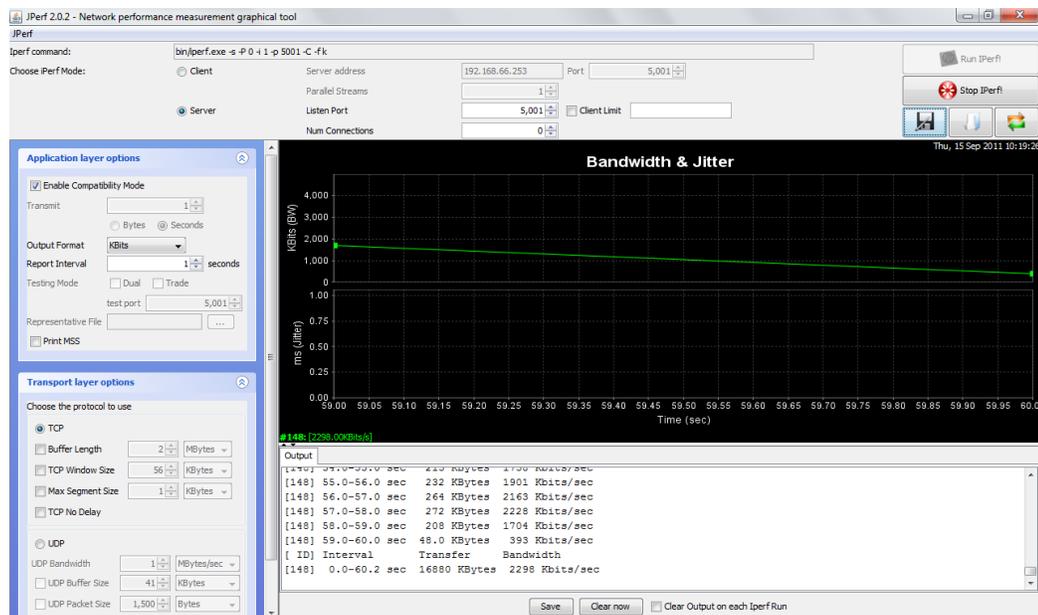


Figura IV. 36. Ancho de Banda y Throughput: Enlace TVIP

## Enlace de Teléfono Ip

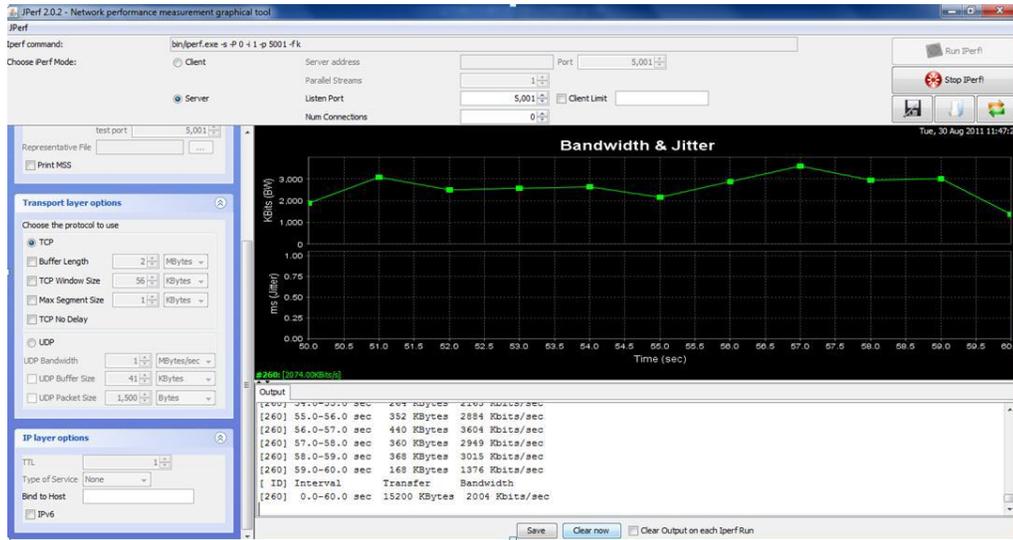


Figura IV.37. Ancho de Banda y Throughput: Enlace VOIP

## Enlace de Juegos

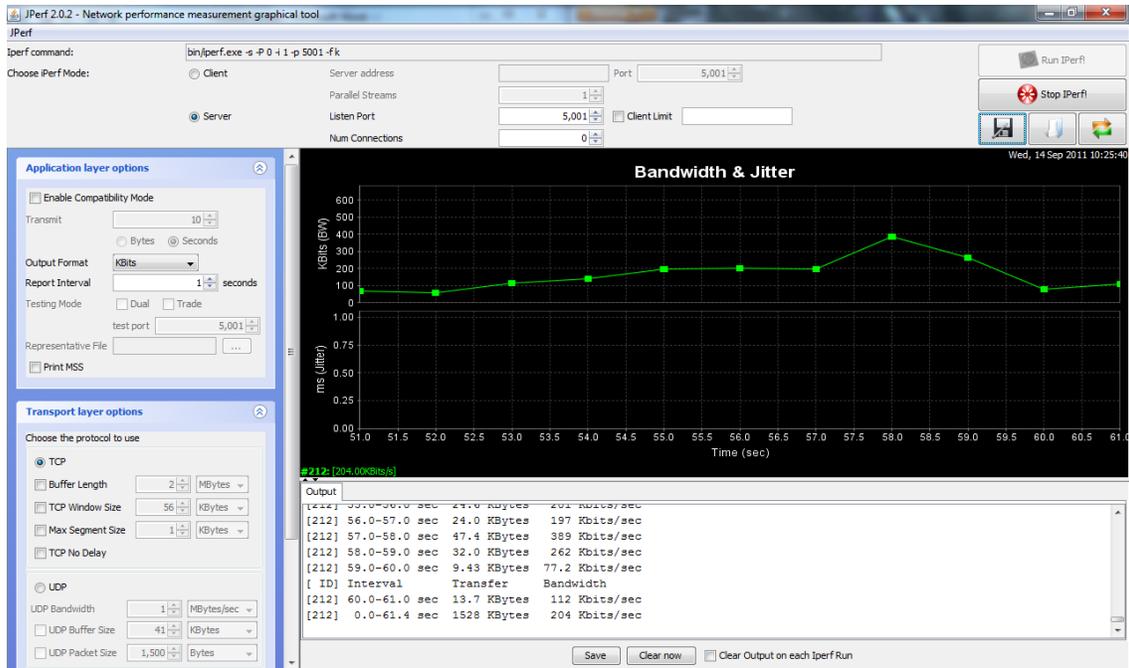


Figura IV.38. Ancho de Banda y Throughput: Enlace Juegos

### 4.3.3. Jitter

El Jitter es un efecto de las redes de datos no orientadas a conexión y basadas en conmutación de paquetes. El Jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.

Siendo este un parámetro que afecta significativamente el rendimiento de la red en las aplicaciones de tiempo real se lo monitorea con la ayuda de la herramienta JPERF.

### Enlace de la Televisión Ip

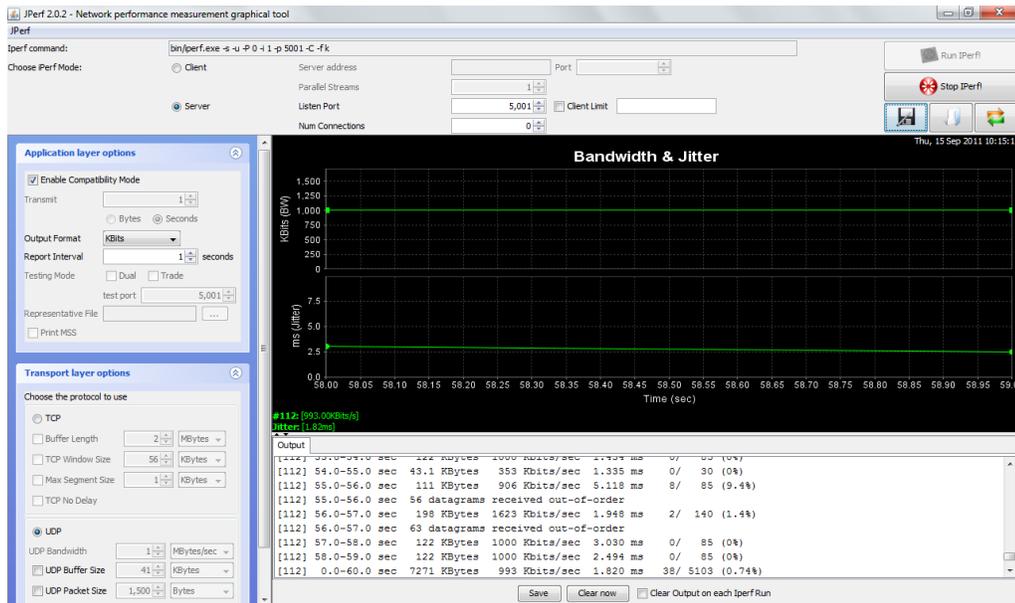


Figura IV.39. Jitter Enlace TVIP

## Enlace de Teléfono Ip

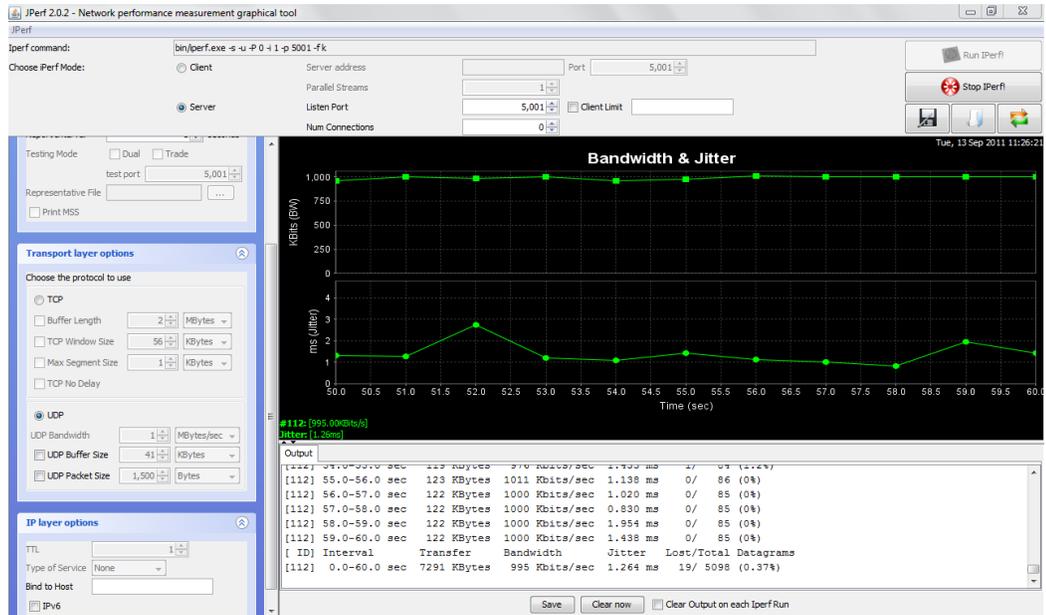


Figura IV.40. Jitter Enlace VOIP

## Enlace de Juegos

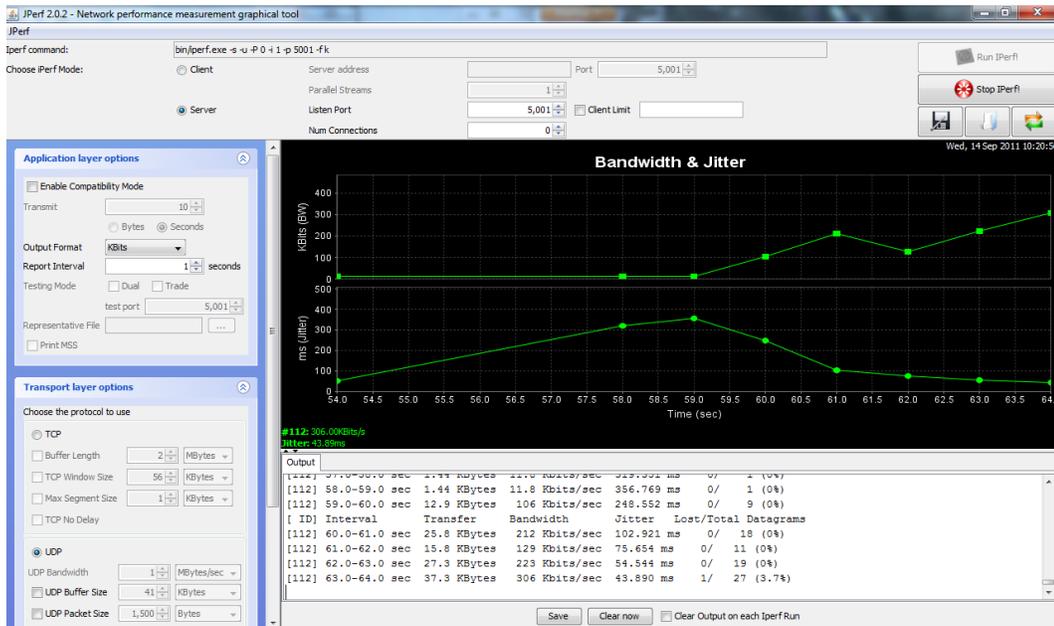


Figura IV.41. Jitter Enlace Juegos

#### 4.4. Análisis e Interpretación de Resultados

En base a los resultados obtenidos del monitoreo de la red es posible analizar su comportamiento mediante parámetros de medición como:

- Parámetro 1: Latencia
- Parámetro 2: Paquetes Perdidos
- Parámetro 3: Throughput

##### Latencia y Paquetes perdidos

Una vez obtenidos los valores del PING se procede a analizarlos e identificar el nivel de operación de la red.

Tabla IV.III. Análisis Cualitativo Parámetro1 y 2

Enlaces	N° de paquetes enviados	Paquetes Perdidos (%)	Tiempo de respuesta (ms)		
			Min	Max	Promedio
Televisión Ip	50	0	1	53	2
Teléfono Ip	50	0	0	128	25
Juegos	50	0	1	537	164

##### 4.4.1. Throughput

Siendo el throughput uno de los parámetros más importantes se obtiene los siguientes datos:

**Tabla IV.IV. Análisis Cualitativo Parámetro 3**

Enlace	Tasa de Transmisión (Mbps)	Intensidad de la Señal (dBm)	Throughput (Kbps)	Throughput (%)
Televisión Ip	5.5	-56	2298	41.78%
Teléfono Ip	2	-82	2004	97.85%
Juegos	1	-97	204	20.40%

#### 4.4.2. Jitter

La red está diseñada específicamente para el uso de aplicaciones en tiempo real como videoconferencias o VoIP es por eso que se analiza este parámetro para indicar el nivel con el cual operara estos tipos de aplicaciones.

#### ✓ Valores recomendados

El Jitter entre el punto inicial y final de la comunicación debiera ser inferior a 100 ms y la perdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser inferior al 1%.

**Tabla IV.V. Jitter presente en la red**

Enlaces	Jitter (ms)	Paquetes perdidos (%)
Televisión Ip	1.82	0.74
Teléfono Ip	1.264	0.37
Juegos	43.89	3.7

## **4.5. Instrumentos de Evaluación y Validación**

### **4.5.1. JPERF**

Jperf es una herramienta de prueba de red de uso general que puede crear flujos de datos TCP y UDP y medir el rendimiento de una red.

Jperf permite al usuario configurar los distintos parámetros que pueden ser utilizados para realizar pruebas en una red, alternativamente, para optimizar el ajuste o una red. Jperf tiene un cliente y servidor de la funcionalidad, y se puede medir el rendimiento entre los dos extremos, ya sea unidireccional o bidireccionalmente.

### **4.5.2. PingTerminal**

Es una herramienta gráfica para poder realizar ping hacia otros equipos de red, muy sencilla de utilizar.

## **4.6. Interpretación de Resultados**

Para la obtención de datos se toma una muestra de acuerdo a cada parámetro como se indica:

- ✓ Latencia: 50 paquetes
- ✓ Paquetes perdidos: 50 paquetes
- ✓ Throughput: 60 segundos

### **4.6.1. Conectividad a Internet**

Ejecutamos PING con 50 paquetes desde las estaciones receptoras hacia la web tomando en cuenta a [www.google.com](http://www.google.com) por ser el motor de búsqueda más popular. (Anexo1).

**Tabla IV.VI. Tiempo de Respuesta y paquetes perdidos hacia la web**

Enlace	N° de Paquetes enviados	Paquetes perdidos (%)	Tiempo de Respuesta		
			Min	Max	Promedio
Televisión	50	0	82	1968	174
Teléfono	50	0	80	986	190
Juegos	50	0	81	263	107

Según la Tabla anterior se muestra los resultados del ping desde los enlaces hacia a google, comprobando que existe conectividad al internet.

#### **4.6.2. Establecer los niveles de operación y funcionamiento de la red**

Según los datos obtenidos a través del Jperf y la herramienta PING tenemos como resultado un promedio de los valores en cada parámetro como se muestra:

**Tabla IV.VII. Matriz de Valores observados**

	Latencia(ms)	Paquetes Perdidos (%)	Throughput (Kbps)
Televisión	2	0	2298
Teléfono	25	0	2004
Juegos	164	0	204

En condiciones normales la red opera según los valores en la Tabla anterior se observa que el porcentaje de paquetes perdidos en los tres enlaces es nula garantizando la entrega confiable de los paquetes, la latencia y el throughput varía considerablemente de acuerdo a cada enlace debido a la distancia y numero de adaptadores conectados.

#### 4.6.3. Comprobar con los niveles óptimos de operación de la red.

Según estudios realizados acerca de los parámetros que indican el rendimiento de la red los valores recomendados que deben existir para un buen funcionamiento son los siguientes:

**Tabla IV.VIII Valores recomendados**

<b>Latencia (ms)</b>	<b>Paquetes perdidos</b>	<b>Throughput</b>
<150	< 1%	50% de la tasa de transmisión

Una vez establecidos los valores de funcionamiento de la red implementada es necesario comprobarlos con los recomendados para así respaldarlos.

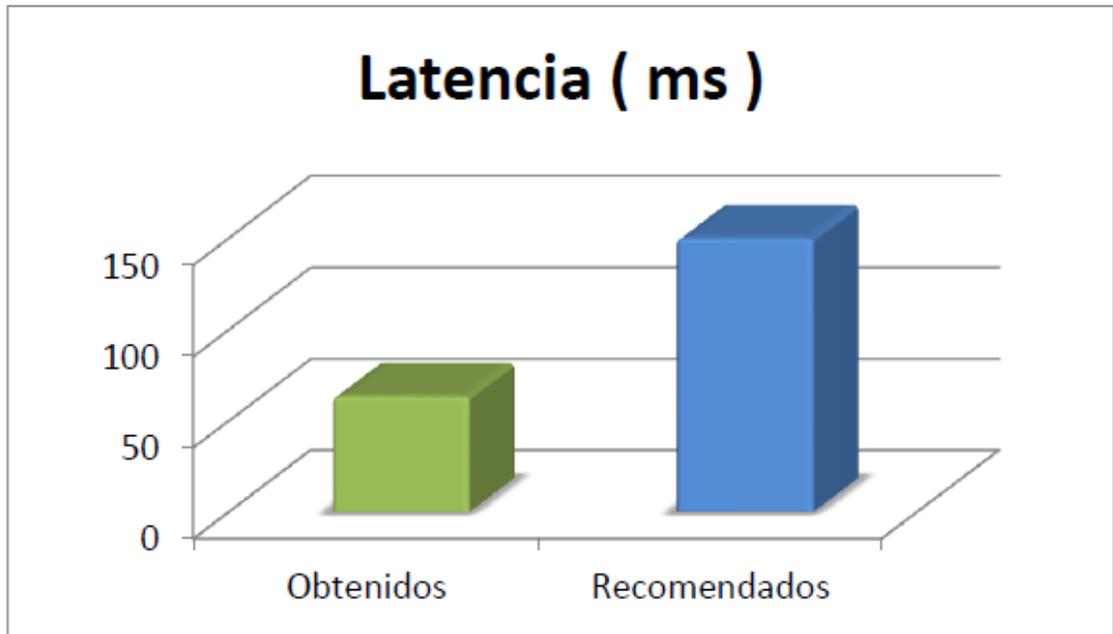
De la muestra de 50 paquetes el 1% es el 0.5 paquetes perdidos.

**Tabla IV.IX. Tabla comparativa de los parámetros**

	<b>Latencia (ms)</b>		<b>Paquetes perdidos</b>		<b>Throughput (Kbps)</b>	
	<b>Obt.</b>	<b>Rec</b>	<b>Obt.</b>	<b>Rec</b>	<b>Obt.</b>	<b>Rec</b>
<b>Televisión</b>	2	<150	0	0.5	(41.78%)	≥2816
<b>Teléfono</b>	25	<150	0	0.5	2004 (97.85%)	≥1024
<b>Juegos</b>	164	<150	0	0.5	204 (20.40%)	≥ 500
<b>Promedio</b>	63.7	<150	0	0.5	1502	≥1446,66

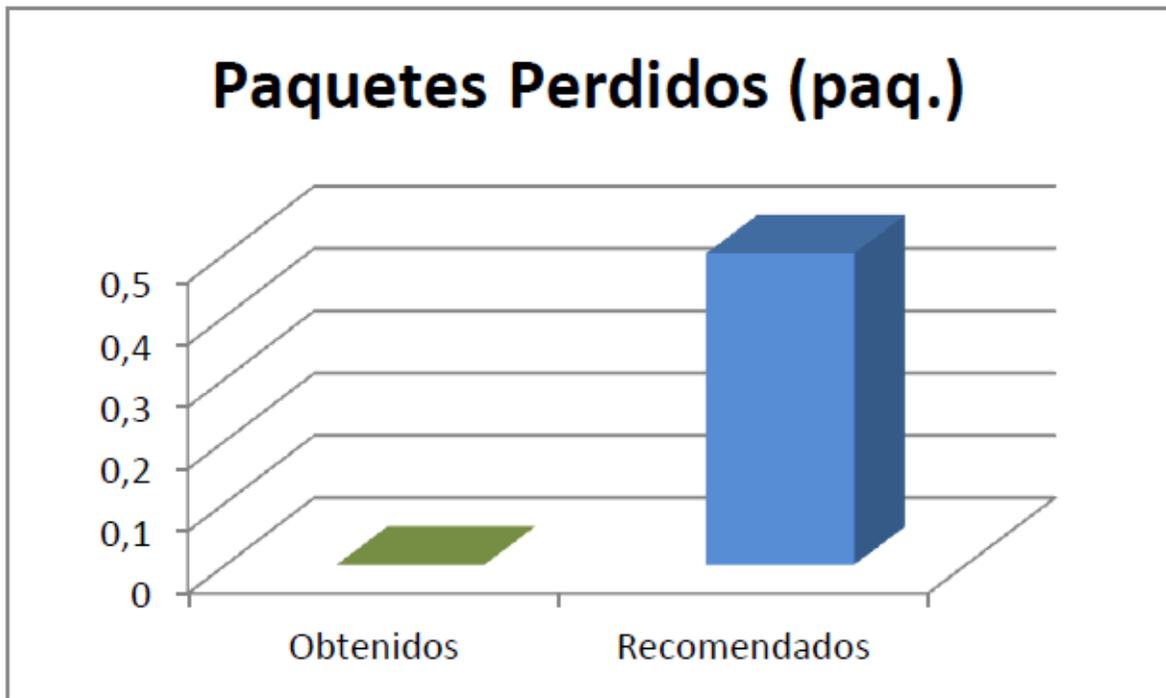
#### 4.6.4. Comparación de Resultados

Se compara los datos obtenidos del monitoreo de la red versus los valores recomendados respecto a los parámetros que miden el rendimiento de la red, con la finalidad de verificar si los valores obtenidos están dentro del rango aceptable para el funcionamiento.



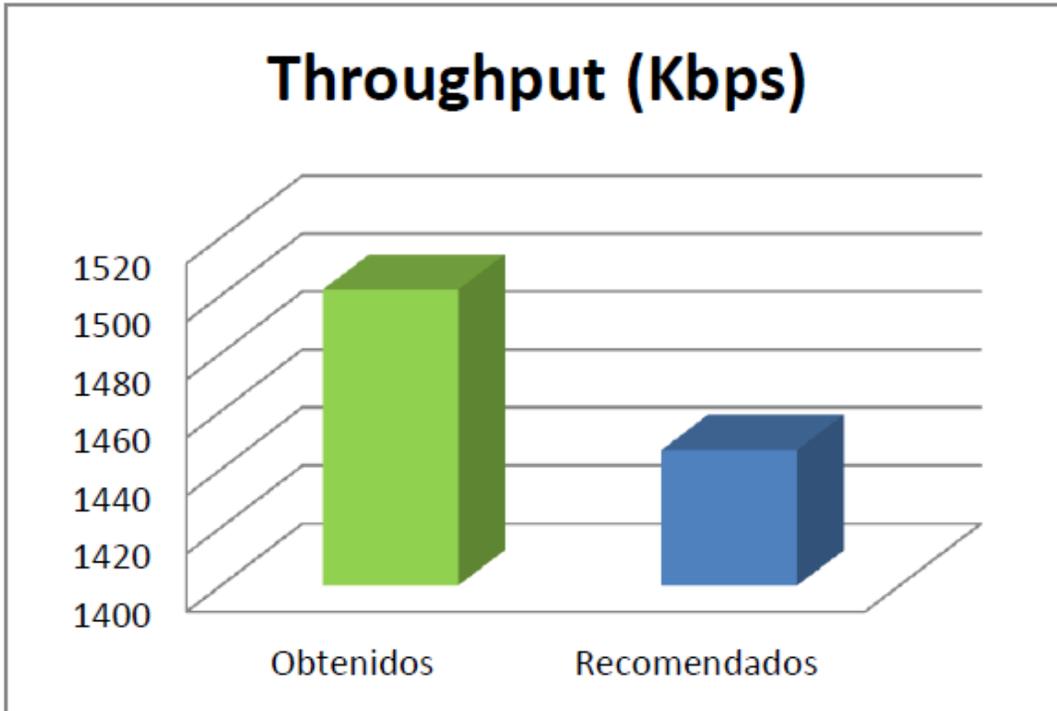
**Figura IV.42. Latencia observada vs recomendada**

Mediante la herramienta Ping se mide el tiempo de respuesta entre los repetidores, obteniendo un promedio logramos definir la latencia de la red implementada, y como se observa ésta es menor a la recomendada.



**Figura IV.43. Paquetes perdidos: Observados vs Recomendada**

La pérdida de paquetes es un factor importante dentro del desempeño de la red ya que influye mucho en la calidad de la transmisión de datos orientados o no a la conexión, según la muestra de los 50 paquetes el 1% es el máximo porcentaje de pérdida aceptable en una comunicación que representa el 0,5 paquetes, y la red presenta una pérdida de 0%.



**Figura IV.44. Throughput: Observada vs Recomendada**

Según las tasas de transmisión configurados en cada enlace teórico se determina un promedio y se obtiene el 50% siendo este el valor recomendado alcanzando un throughput de 1446,66 Kbps, de igual manera al medir el throughput mediante la herramienta Jperf en uno de los enlaces se alcanza un promedio de 1502 Kbps demostrando así que throughput medido es mayor que el 50 % recomendado.

En conclusión se ha demostrado que los tres parámetros se encuentran dentro del rango de funcionamiento aceptable demostrando que los valores con los que actualmente opera la red son normales, respaldando la verificación de la hipótesis.

#### 4.6.5. Evaluación de la Red mediante la Técnica de Ponderación

Se toma en cuenta la asignación de los valores en una escala del 0 al 10 siendo el cero un puntaje inaceptable y 10 es un valor óptimo, además de la asignación de los pesos a los parámetros de acuerdo a la importancia que presenta cada uno en el rendimiento de la red.

**Tabla IV.X. Ponderación de los parámetros**

<b>Variables</b>	<b>Recomendados</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Inaceptable</b>	<b>Valor asignado</b>
Latencia	<150 ms	100 – 200 ms	>200ms	40
Paquetes perdidos	<1%	= 1%	>1%	25
Throughput	>50%	50% - 20%	>20%	35

Para establecer los valores de calificación de la latencia, se propone un rango recomendado de 0 - 150 ms, en una escala del 10 al 4, tomando en consideración que el 4 es el valor máximo recomendado, si la latencia esta entre 150 - 200 ms se considera aceptable a lo contrario de latencias mayores a 200ms se los considera inaceptables asignándole una valoración nula.

**Tabla IV.XI. Calificación de la Latencia**

<b>Latencia (ms)</b>	<b>Valor Ponderado</b>
0 – 50	10 – 8
50 – 100	8 – 6
100 -150	6 – 4
150 - 200	4 – 1
>200	0

La calificación de los paquetes perdidos se establece en la escala del 10 al 4, donde el 10 es el 0% de paquetes perdidos y el 4 es el 1% de los paquetes, los cuales están dentro del rango de valores aceptables a lo contrario de paquetes perdidos mayores al 1% que a los cuales se les asigna una valoración nula.

**Tabla XII. Calificación de los Paquetes Perdidos**

<b>Paquetes perdidos (%)</b>	<b>Valor Ponderado</b>
0 – 0.5	10 – 7
0.5 – 1	7 – 4
>5	4 - 0

Para calificar el throughput, se propone un rango recomendado entre 90 – 50% de la tasa transmisión de cada enlace, en una escala del 10 al 4, tomando en consideración que el 4 es el valor máximo recomendado, si se encuentra entre el 50- 20% se considera en funcionamiento a lo contrario de throughput menores al 20% se los considera inaceptables asignándole una valoración nula.

**Tabla IV.XIII. Ponderación del Throughput**

<b>Throughput (%)</b>	<b>Valor Ponderado</b>
90 – 80	10 – 8
80 – 60	8 – 6
60- 50	6 – 4
50 – 20	4 – 1
< 20	0

Para la ponderación de los parámetros se tomó los valores de la Tabla IV.XIV asignándoles una calificación de acuerdo a las valoraciones anteriormente explicadas obteniendo los siguientes datos.

**Tabla IV.XV. Ponderación de los resultados**

<b>Parámetros</b>	<b>Peso</b>	<b>Puntaje de cada Enlace</b>					
		<b>Televisión</b>		<b>Teléfono</b>		<b>Juegos</b>	
		<b>Calificación</b>		<b>Calificación</b>		<b>Calificación</b>	
<b>Latencia</b>	40%	9.9	3.96	9	3.6	2.5	1
<b>Paquetes perdidos</b>	25%	10	2.5	10	2.5	10	2.5
<b>Throughput</b>	35%	4	1.4	9.3	3.25	1	0.35
<b>TOTAL</b>	100%		7.86		9.35		3.85
<b>Promedio</b>		<b>7.02</b>					

Mediante la técnica de ponderación se concluye que el rendimiento de la red alcanza una valoración del 7.02 sobre 10, equivalente al 70.02 % del rendimiento máximo.

## CONCLUSIONES

1. HPAV es una buena tecnología tanto para usuarios domésticos como para usuarios profesionales por ser de mayor calidad técnica (simplicidad, ubicuidad de la red eléctrica, se instalan sólo los equipos necesarios, movilidad, ausencia de obras, coexistencia con otras tecnologías, fácil despliegue, velocidades elevadas y reducción de costos.
2. Los parámetros que indican el rendimiento de la red son latencia, paquetes perdidos y throughput, dentro de la red inalámbrica se obtuvo valores de latencia 63,7 ms, 0% de paquetes perdidos y el throughput de 1502 Kbps con los cuales la red opera normalmente.
3. Existen estudios publicados en donde se recomienda valores nominales para los parámetros que indican el rendimiento de una red siendo estos latencia menor a 150ms, el porcentaje de paquetes perdidos debe ser menor al 1% que representa 0,5 paquetes de la muestra y el throughput debe ser mayor o igual al 50 % de la tasa de transmisión el cual es 1446.67 Kbps, demostrando que los valores obtenidos de la red inalámbrica comunitaria opera dentro de lo recomendado.
4. La tecnología HPAV puede alcanzar una penetración muy alta en zonas urbanas, los últimos avances realizados en la tecnología ofrecen altas prestaciones en términos de velocidad de transmisión, retardos, confiabilidad y pérdida de paquetes. Permiten por tanto el uso de aplicaciones exigentes como VoIP, Videoconferencia, juegos en línea, entre otras.

5. HPAV posee potencial para el crecimiento de la infraestructura de red para soportar ambientes inteligentes y servicios multimedia. Las investigaciones están encaminadas a optimizar la utilización del canal y mejorar el desempeño de la red.
6. La red HPAV es capaz de proveer una red robusta y de alta velocidad para conexión. Pero, el nivel de asociación y autenticación de PLT es un obstáculo en el desarrollo de la tecnología con el propósito de ofrecer servicios de banda ancha al usuario.
7. Esta tesis demuestra los conceptos para un desarrollo práctico de las consideraciones de calidad de servicio como requisito al establecer comunicaciones de datos sobre HPAV con un marco de seguridad.

## RECOMENDACIONES

1. Hay que tomar en cuenta que los empalmes así como el cableado deteriorado provocarán pérdidas, lo cual será mucho más acusado en instalaciones antiguas.
2. Igualmente, la topología de la red eléctrica influirá de forma importante. Cada una de las ramificaciones del tendido eléctrico causará pérdidas y reflexiones que se reflejarán en interferencias para los equipos HPAV.
3. Por otro lado, sistemas motorizados como fotocopiadoras, equipos de aire acondicionado, refrigerados, fluorescentes en mal estado, etc. provocarán interferencias en la línea, sobre todo en los momentos de arranque.
4. Las redes HPAV podrán ser utilizadas de manera efectiva en la interconexión de pocos equipos, esto es, en un mismo segmento aislado solo se dispondrán un número reducido de equipos, cuanto menor, mejor y recomendándose no llegar a 10 sistemas PLC a no ser que los equipos a estos conectados hagan muy poco uso de la red.
5. Por el anterior punto será óptimamente utilizado para dar cobertura de red a sistemas que no tienen acceso a la red cableada habitual, bien por imposibilidad, distancia al punto de red más cercano o costo. También será indicado para dar cobertura a pequeños grupos a través de un solo punto de red o para unir segmentos de red aislados sin necesitar obra de tendido de cableado.

6. Es necesario, a la hora de evaluar la compra de un equipo con tecnología HPAV, tener en cuenta su capacidad en relación al tamaño de la tabla de direcciones MAC. Esto es una característica importante en cualquier elemento de red, pero más aún en los PLC que no suelen estar diseñados para dar servicio a un gran número de dispositivos.
  
7. La tecnología HPAV es una solución muy útil que solventa diversos problemas con un reducido costo, pero que tiene sus limitaciones. En ningún caso puede suplir una red cableada, por la mayor capacidad de las redes convencionales, ni una red inalámbrica, por la movilidad que otorgan estas últimas. Sin embargo pueden ofrecer soluciones de conectividad en puntos sin acceso a la red a bajo costo y alta efectividad, de manera discreta y económica. Así mismo pueden ofrecer una solución de red en situaciones en las que el tendido de redes convencionales no es posible o deseable, bien por el impacto visual, de coste o cualquier otra razón particular.

## RESUMEN

Se realizó el estudio de la tecnología Home Plug Audio/Video (HPAV) para la implementación de una red mediante las líneas de potencia para la transmisión de contenido multimedia en un hogar de la ciudadela Juan Montalvo de Riobamba.

Se utilizó el método de investigación deductivo que permitió discernir los aspectos generales que intervienen y afectan en la ejecución de la red como factores: seguridad, ruido, confiabilidad y económica, el método inductivo en el cuál se observó los parámetros específicos que miden el rendimiento de la red como el retardo, los paquetes perdidos y el throughput que se refiere a la capacidad de transmitir datos válidos y finalmente el método analítico permitió analizar los valores con los cuales la red opera.

Para la implementación se opta por los adaptadores de ZyXEL que son compatibles con alta definición de video, voz y datos para transmitir a través de la red eléctrica domiciliaria, convirtiendo los enchufes convencionales en conexiones a telecomunicaciones, para el monitoreo se utiliza el software PingTerminal y JPERF que crean flujos de datos en la red.

Una vez que la red se implantó, se midió los parámetros de rendimiento, paquetes perdidos y el Throughput, se compara y se verifica que la red opera al 70.02 % del rendimiento máximo en la transmisión de datos.

Concluyo que usando esta tecnología evitar trazar nuevo cableado disminuyendo costos y tiempo de instalación y recomiendo utilizar HPAV como alternativa para proveer datos donde otro tipo de tecnología no tiene acceso y no se recomienda utilizar con más de 10 dispositivos en una misma red.

## SUMMARY

It was conducted the study of technology Plug Home Audio / Video (HPAV) for the implementation of a network using power lines for transmission of multimedia content in a home belonging to neighborhood "Juan Montalvo" of Riobamba.

It was used the deductive research method, the same that allowed to discern general aspects involved in the implementation and impact of the network as factors: safety, reliability, and economic, the inductive method in which specific parameters were observed that measures network performance as delay, lost packets and the throughput with respect to the ability to transmit the valid data and finally, the analytical method allowed to analyze the values with which the network operates.

For implementation is chosen ZyXEL adapters that are compatible with high definition video, voice and data to be transmitted through the grid home, turning conventional plugs in telecommunications connections to the monitoring software is used PingTerminal and JPERF that create data streams in the network.

Once implanted network, measured performance parameters, lost packets and the throughput is compared and verified that the network operates at 70.02% of the maximum performance in data transmission.

I conclude that using this technology avoid drawing again reducing wiring costs and installation time and I recommend using HPAV, as alternative, to provide data where no other technology has access, and is not recommended to use more than 10 devices on a single network.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1. LEE, M., Y OTROS.,** Revista Internacional de Sistemas de Comunicación., Universidad de Florida., “HomePlug 1.0 Powerline Communication LANs –Protocol Description and Comparative Performance Results”., N° 2000., Florida – Estados Unidos., 2002., Pp 447-473
- 2. PIÑERO, P., Y OTROS.,** Revista de la ETSIT-UPCT., ETS de Ingeniería de Telecomunicaciones – Universidad Politécnica de Cartagena., “Transmisión eficiente en modo multicast en redes HomePlug-AV”., N° 2171-2042., Cartagena – España., 2012., Pp 90 - 91
- 3. BROWN, P.,** ‘Power line communications - past, present, and future, Proceedings of International Symposium on Power line Communications and its Applications, Inglaterra – Reino Unido., 1999, pp. 1-8.

**4. ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI).**,  
HomePlug AV Specification Assessment., California – Estados Unidos.,  
2009., Pp. 20 – 40

**5. MUÑOZ, J. Y OTROS.**, Evaluación de la Tecnología HomePlug  
AV para la Provisión de Servicios Multimedia en el Hogar.,  
Departamento de Tecnologías de la Información y las  
Comunicaciones - Universidad Politécnica de Cartagena.,  
Cartagena., España., 2012., Pp. 1-3

**6. BERTERREIX, G Y BONET, M.**, Transmisión de datos por la Red  
Eléctrica (PLC) en banda angosta., Facultad de Ingeniería Universidad  
Nacional de Comahue., Buenos Aires - Argentina., TESIS., 2006., Pp.14 -  
17

**7. JARA V.**, “Estudio de Factibilidad para la Implementación de una  
Red LAN con Tecnología Power Line Communication para la Universidad  
Técnica de Ambato”., Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones –  
Escuela Politécnica del Ejercito., Ambato – Ecuador., TESIS., 2005., Pp.  
13 - 20

## **BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

### **8. HOME PLUG 1.0 POWERLINE COMMUNICATION LANS – PROTOCOL DESCRIPTION AND COMPARATIVE PERFORMANCE RESULTS**

<http://www.cise.ufl.edu/~nemo/papers/IJCS2003.pdf>

2013/02/10

### **9. HOME PLUG ALLIANCE**

<https://www.homeplug.org/home/>

2012/12/20

### **10. HOMEPLUG AV SPECIFICATION ASSESSMENT**

<http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=0000>

[00000001018983](http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=0000)

2012/ 12/18

### **11. PLC: TRANSMISIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LÍNEAS ELÉCTRICAS**

<http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=114>

[2012/12/12](http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=114)

## **12. POWER LINE COMMUNICATIONS**

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/salvador\\_s\\_g/capitulo](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/salvador_s_g/capitulo)

[2.pdf](#)

2012/12/15

## **13. POWER LINE COMMUNICATIONS - PAST PRESENT AND FUTURE**

[http://www.isplc.org/docsearch/Proceedings/1999/pdf/0566\\_001.pdf](http://www.isplc.org/docsearch/Proceedings/1999/pdf/0566_001.pdf)

2013/01/18

## **14. TECNOLOGÍA PLC DE BANDA ANCHA PARA LAS COMUNICACIONES DEL HOGAR**

<http://www.conelectronica.com/PLC/Tecnolog%C3%AD-a-PLC-de-Banda->

[Ancha-para-las-Comunicaciones-del-Hogar.html](#)

[2012/01/16](#)

## ANEXOS

### Ping a Google

### Enlace de Televisión IP

```
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=80ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=78ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=81ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=79ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=80ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=80ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=79ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=80ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=77ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=78ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=84ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=85ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=81ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=114ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=82ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=82ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=78ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=79ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=80ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=84ms TTL=49

Estadísticas de ping para 74.125.229.212:
    Paquetes: enviados = 50, recibidos = 50, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 76ms, Máximo = 497ms, Media = 95ms

C:\Users\Monita>
```

### Enlace de Teléfono Ip

```
Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe

Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=84ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=85ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=88ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=84ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=100ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=87ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=85ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=87ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=189ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=84ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=88ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=87ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=90ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=129ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=87ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=87ms TTL=47

Estadísticas de ping para 74.125.229.211:
    Paquetes: enviados = 54, recibidos = 54, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 82ms, Máximo = 1968ms, Media = 174ms

Control-C
^C
C:\Users\familia>
```

## Enlace de Juegos

```
cs: Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=84ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=82ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=93ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=122ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=89ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=118ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=81ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=96ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=89ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=91ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=113ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=112ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=102ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=84ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=100ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=129ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=112ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=112ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=81ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=110ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=95ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=100ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=90ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=263ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=98ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=90ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=118ms TTL=48

Estadísticas de ping para 74.125.229.52:
    Paquetes: enviados = 50, recibidos = 50, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 81ms, Máximo = 263ms, Media = 107ms

C:\Users\familia>
```