

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

TESIS DE GRADO

TEMA:

**TRANSMISIÓN DE DATOS A TRAVÉS
DE LA RED ELÉCTRICA**

APLICATIVO:

**COMUNICACIÓN DE 2 PC's A TRAVÉS
DE LA RED ELÉCTRICA**

AUTOR:

FERNANDO VLADIMIR TAPIA ROSERO

DIRECTOR DE TESIS:

ING. JORGE CARAGUAY P.

Ibarra, Diciembre del 2005

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a los seres que más amo en este mundo: mi esposa Jimena y mi hija Dommenika, por ser la fuente de mi inspiración y motivación para culminar con éxito esta carrera y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por la inteligencia y sabiduría que me dio al nacer, a mis Padres, gestores de mi educación, a la Universidad Técnica del Norte, que me brindo la oportunidad de prepararme para la vida profesional y personal, a mi tutor, Ing. Jorge Caraguay por su colaboración, confianza y sugerencias en el desarrollo de este proyecto y a todos quienes me brindaron su apoyo.

CERTIFICACION

Certifico que el Señor Egresado Fernando Vladimir Tapia Rosero desarrollo completamente la Tesis de Grado titulada “TRANSMISION DE DATOS A TRAVES DE LA RED ELECTRICA”, previa la obtención del título de Ing. En Sistemas Computacionales.

Ing. Jorge Caraguay Procel

DIRECTOR DE TESIS

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	1
PREFACIO	2
CAPITULO I	4
METODOS DE COMUNICACIÓN	4
1.1 Telemática - Síntesis Histórica	6
1.2 Métodos de Comunicación	7
1.2.1 Comunicación a través de Cables	8
1.2.1.1 Cables de Pares.....	9
1.2.1.2 Cable Coaxial.....	11
1.2.1.2.1 Conectores para Cable Coaxial	13
1.2.1.3 Fibra Óptica.	13
1.2.2 Comunicación a través de Radio - Enlace.....	16
1.2.2.1 Infrarrojos.	19
1.2.2.2 Ondas de Radio.	20
1.2.2.3 Sistemas de Onda Corta.....	21
1.2.2.4 Sistemas de Microondas.....	22
1.2.2.5 Radio - Enlaces Vía Satélite.....	23
1.3 Comparación y evaluación de los métodos de comunicación.....	24
1.3.1 Análisis de servicios de los métodos de comunicación	25
1.4 Estructura de los Sistemas Teleinformáticas	27
1.4.1 Consideraciones preliminares.....	28
1.4.2 Estándares de Comunicación	30

Transmisión de datos a través de la Red Eléctrica

1.5 Técnicas de Comunicación.....	31
1.6 Protocolos de Comunicación.....	32
1.6.1 Funciones más importantes:.....	33
1.6.2 Funcionamiento de un protocolo.....	33
1.6.3 Clasificación de los Protocolos	34
1.6.3.1 Clasificación de protocolos según topología de la red: ..	35
1.6.3.2 Clasificación según la forma de afrontar el problema: ...	35
1.6.3.3 Clasificación según el tipo de terminales:	35
1.6.3.4 Clasificación según su normalización:	36
1.7 Futuro de las Comunicaciones	40
CAPITULO II.....	42
LAS REDES ELÉCTRICAS.....	42
2.1 Electricidad	44
2.2 Medios de generación de Electricidad.....	44
2.3 Características y fenómenos de la Electricidad.....	49
2.3.1 Voltaje.....	49
2.3.2 Intensidad de Corriente.....	50
2.3.3 Resistencia	51
2.3.4 Corriente alterna (CA).....	52
2.3.5 Corriente continua (CC).....	53
2.3.6 Impedancia.	54
2.3.7 Tierra.....	55
2.4 Distribución de la Energía Electricidad.....	56
2.5 Servicios y características de las redes eléctricas en Ecuador.	59

Transmisión de datos a través de la Red Eléctrica

2.5.1. Generadores de electricidad en el Ecuador.....	61
2.5.2 Distribuidores concesionados de energía eléctrica	63
CAPITULO III.....	67
TRANSMISION DE INFORMACION POR LA RED ELECTRICA	67
3.1 Reseña Histórica - Las Redes Eléctricas como medio de Comunicación..	69
3.2 Las redes eléctricas medio de comunicación en la actualidad.....	71
3.3 Análisis de características necesarias para la comunicación.....	74
3.3.1 La línea de transmisión.....	75
3.3.2 Modulación empleada.....	76
3.3.3 Interferencias en la línea de transmisión.	79
3.3.4 Estructura y elementos de red PLC	80
3.3.5 Aspectos de Normalización	81
3.4 Los Protocolos X.10	82
3.4.1 Conclusión	83
3.5 Análisis de elementos necesarios para la comunicación	84
3.6 Comparación con los métodos de comunicación de redes LAN	87
CAPITULO IV	89
METODOLOGIAS PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS	89
4.1 Base teórica para la comunicación.....	91
4.1.1 La modulación de Señales.....	92
4.1.1.1 Codificación MANCHESTER.....	96
4.1.2 Características principales de la modulación.....	97
4.2 Problemas en la Transmisión	99

Transmisión de datos a través de la Red Eléctrica

4.2.1 Atenuación.....	100
4.2.2 Reflexión de señales.....	101
4.2.3 Dispersión, fluctuación de fase y latencia.....	103
4.2.4 Ruido.....	105
4.2.4.1 NEXT-A y NEXT-B.....	106
4.2.4.2 Ruido térmico.....	107
4.2.4.3 EMI/RFI	109
4.2.5 Colisiones.....	113
4.3 Análisis del nivel de ruido en una línea de Transmisión.....	115
4.3.1 Descripción de los mecanismos que generan ruido o pérdidas .	116
4.4 Capacidad de transmisión de un canal.....	118
4.5 Transmisión analógica y digital	125
4.5.1 Transmisión Asíncrona.....	127
4.5.2 Transmisión Sincronía	128
4.5.3 Transmisión de datos en serie.....	129
4.5.4 Transmisión en paralelo.....	129
4.5.5 Modos de transmisión de datos según la dirección	130
4.5.5.1 Simplex.....	130
4.5.5.2 Half Duplex.....	131
4.5.5.3 Full Duplex.....	131
4.5.6 Ventajas de la transmisión digital.....	131
4.6 Técnicas de detección de errores.....	132
4.6.1 Técnica del eco.....	132
4.6.2 Técnicas de detección automática de errores	133
4.6.2.1 Verificación de paridad en dos coordenadas	133

Transmisión de datos a través de la Red Eléctrica

4.6.2.2 Verificación por redundancia cíclica (CRC).....	134
4.6.2.3 Detección de errores del Protocolo TCP	135
CAPITULO V	138
EQUIPO PROTOTIPO DE TRANSMISIÓN PLC.....	138
5.1 Descripción de la comunicación entre dos PC's.	140
5.2 Problemas de implementación.	142
5.3 Comunicación PLC.....	143
5.3.1 Red basada en PLC (Power Line Communications)	146
5.4 Diseño de modelo electrónico de comunicación PLC.	147
5.4.1 Generador de voltaje a duración de pulsos de reloj	151
5.4.2 Conversor Digital Analógico.....	152
5.4.3 Convertidor de potencia analógico digital	152
5.4.4 Modulador de Frecuencia	153
5.5 Modem PLC e interpretación de datos.....	154
5.5.1 Comparación con Modem ADSL	159
5.5.1.1 Arquitectura de Canales	162
5.5.2 Prototipo para comunicaciones Powerline.....	165
5.6 Software de control para envío de información.	172
5.7 Análisis de desempeño y resultados del prototipo.	175
5.8 Determinación de limitantes del prototipo.	177
CAPITULO VI	178
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	178
6.1 Verificación de la Hipótesis.	179

Transmisión de datos a través de la Red Eléctrica

6.2 Conclusiones.....	179
6.3 Recomendaciones.....	183
ANEXOS	185
Anexo A – Especificaciones y Estándares de Red.....	186
Anexo B – Análisis FODA tecnología PLC.....	188
Anexo C – Códigos Reed Solomon.....	189
Anexo D – Glosario	193
INDICE GENERAL DE FIGURAS	196
INDICE GENERAL DE TABLAS	199
BIBLIOGRAFÍA	200

INTRODUCCION

Las redes de comunicación se han convertido en una plataforma obligatoria a la que deben estar interconectados todos los equipos de computación, para poder ser miembros de grupos de trabajo, o acceder a información de fuente externa como la que se brinda en la red de Internet.

La instalación de una estructura de red, ya sea de características locales o de área extensa, presenta un conjunto de limitantes que convergen principalmente en el factor económico. De los variados métodos de comunicación, el alámbrico resulta ser el más conveniente por su importe, sin embargo se presenta la dificultad del despliegue de cables hacia cada uno de los puntos de la red, debido a que las ubicaciones físicas donde se implementará, no fueron diseñadas con ductos y/o tuberías que permitan el transporte de los cables.

El avance de la tecnología en especial informática, registra un crecimiento porcentual mayor que la tecnología normal, infiriendo que en un mediano plazo se crearán nuevos métodos de comunicación, más veloces y transparentes para los usuarios, a tal punto que simplemente al comprar un equipo de computación y encenderlo ya estará perteneciendo a un grupo de red.

El presente trabajo de carácter investigativo presenta la posibilidad de que la red eléctrica se constituya en el soporte físico de una red de comunicaciones entre computadores. Sustentado en una investigación experimental, se demostrará la comunicación entre equipos de computación a través de la red eléctrica.

Transmisión de datos a través de la Red Eléctrica

Para esta investigación se parte de un estudio comparativo de los métodos actuales de comunicación, logrando definir las características individuales de estos, permitiendo establecer de esta manera el avance y mejoramiento de este servicio.

La investigación en este campo es de mucha utilidad, para tener los criterios y conocimientos idóneos al momento de escoger el método apropiado de comunicación en proyectos de esta índole.

El trabajo se desarrolla en seis capítulos, que en resumen contendrán:

- **Capítulo 1:** Se analiza los métodos de comunicación existentes, logrando determinar las características, ventajas desventajas de cada uno de ellos.
- **Capítulo 2:** Estudio general de la energía eléctrica, como base de la investigación, detallando la metodología de distribución en nuestro país.
- **Capítulo 3:** Se refiere al uso de las redes de energía eléctrica como medio de comunicación de datos, esquemas de transmisión que se han establecido para este método. Análisis de factibilidad orientado al cumplimiento del objetivo general.
- **Capítulo 4:** Analiza la parte teórica de los métodos de comunicación, estableciendo las partes esenciales de cada modelo de transmisión, y su aporte al diseño del esquema de transmisión a través del cableado de la red eléctrica.

Transmisión de datos a través de la Red Eléctrica

- **Capítulo 5:** Incorpora la creación de un sistema prototipo de comunicación compuesto por hardware que demostrará el análisis teórico de los modelos considerados en este estudio.
- **Capítulo 6:** Finaliza con las conclusiones y recomendaciones que se dan a este trabajo, así como sus apéndices que ayudan a investigar sobre este tema.

Se utiliza sintaxis especial en los siguientes casos:

- Los textos con negrilla, establece los temas, ubica a las direcciones o a la estructura sobre la que se está utilizando dentro de un directorio.

Ejm: **Modelo Matemático de comunicación**

- Los textos establecidos con letra cursiva, hacen referencia a las figuras y cuadros presentados como resumen del tema expuesto, o también algún significado de relevancia citado.

Ejemplo:

Figura # 1.12 Representación Esquemática PLC

CAPITULO I



METODOS DE COMUNICACIÓN

INTRODUCCIÓN

La Evolución de la Comunicación desde la perspectiva tecnológica ha hecho que el hombre cree instrumentos cada día más poderosos y veloces para satisfacer su necesidad de comunicación.

Sólo basta una retrospectiva para definir la evolución de la comunicación: Desde rudimentarios métodos como la escritura jeroglífica, pasando por la invención del alfabeto y del papel, dando un leve salto hasta la llegada de la imprenta, y apenas uno más para la aparición del teléfono, la radio y la televisión.

La creciente integración de computadoras y comunicación como un solo sistema, ha llevado al desarrollo de una industria que apenas tiene dos décadas de antigüedad, pero que va alcanzando rápido crecimiento y se estiman muchos más grandes avances en el futuro, que situaran la industria de la comunicación de datos dentro del lugar de las más poderosas en el mundo

Este capítulo tiene como objetivo brindar una visión general de los esquemas que utiliza la tecnología telemática para la transmisión de información entre equipos de computación, estableciendo comparaciones y características de cada sistema de comunicación.

1.1 Telemática - Síntesis Histórica

La telemática se ocupa del estudio de los sistemas de comunicación entre ordenadores. Se trata por lo tanto de una disciplina integradora de las telecomunicaciones y la informática. Su aparición viene motivada por la progresiva convergencia de las telecomunicaciones y el proceso electrónico de datos.

Los primeros ordenadores disponibles comercialmente resultaban demasiado primitivos para permitir las comunicaciones. La evolución de la tecnología y las mejoras del software aumentaron las prestaciones de los equipos. Se mejoraron los dispositivos de almacenamiento y se desarrollaron sistemas operativos capaces de soportar varias tareas en tiempo compartido. De esta forma, podían mantenerse varias tareas del sistema activas mientras se atendía a otros usuarios de forma interactiva.

La década de los sesenta resultó de elemental importancia para el desarrollo de la telemática. Los trabajos llevados a cabo por la Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados (ARPA) configuraron un primer modelo de sistema teleinformática, que heredaba de los sistemas telefónicos la idea de una red de comunicaciones, proveedora de servicios a una serie de centros usuarios.

Desde 1970 asistimos a un espectacular crecimiento de las redes. Aparecieron arquitecturas concebidas para sistemas distribuidos: SNA¹ de IBM (1974), DNA² de Digital (1976) etc. Este gran desarrollo trajo como consecuencia la necesidad del establecimiento de estándares que hicieran posible la comunicación entre sistemas producidos por distintos fabricantes, lo que conduce a los denominados sistemas abiertos.

En 1977 el comité técnico número 97 (TC-97) de la Oficina Internacional de Estándares

¹ (*Standard Network Architecture*), protocolo de red utilizado por IBM para conectividad con sus hosts o mainframes

² (*Digital Network Architecture*) Arquitectura de sistema distribuido creada por Digital Equipment Corporación

ISO³ creó un nuevo subcomité (SC-16) encargado de resolver esta situación de carencia de una filosofía y estructura de comunicaciones común. El objetivo de este subcomité fue el establecimiento de una arquitectura que proporcionara el marco de definición. El desarrollo y la validación de estándares en la nueva generación de sistemas de información distribuida, de ahí se concluye que dos computadores están interconectados, si estos son capaces de intercambiar información.

1.2 Métodos de Comunicación

Las telecomunicaciones se iniciaron con el envío de señales telefónicas mediante cables sujetos por poleas. Si bien este método se sigue usando ampliamente, otros métodos de transmisión se han vuelto comunes hoy en día, como los cables de fibra óptica, las señales de radio⁴ y microondas enviadas por satélite o transmisores terrestres.

El tipo de medio de transmisión de señal utilizado para una función dependerá en gran medida de la infraestructura local disponible. En los países de gran desarrollo la estructura de telecomunicaciones suele ser extensa y bien conservada. En los países de menor desarrollo, puede ser necesario que se realice arreglos especiales si la infraestructura local es insuficiente para sus necesidades.

En la mayoría de las telecomunicaciones se utilizan cables físicos, dependiendo de la clase y disponibilidad de los datos a transmitirse. La capacidad de transmisión de los datos (canal de comunicación) que presentan los cables, se pueden medir por el número de "bytes" que se transmiten por segundo. Como un byte es una unidad pequeña de este esquema, los

³ ISO - Organismo de estandarización internacional de nivel más alto

⁴ Tecnología que posibilita la transmisión de señales mediante la modulación de ondas electromagnéticas.

índices de transferencia normalmente se ofrecen en kilo bytes (1,024 bytes) o mega bytes (1'048.576 bytes).

Un medio físico se convierte en un canal cuando se le acopla un transmisor en un extremo, un receptor en el otro y, si es necesario para evitar el excesivo deterioro de la señal transmitida, unos repetidores intermedios (*Ver Figura # 1.1*) El concepto de canal, tiene asociado un sentido de transmisión que tratándolo adecuadamente pueden coexistir dos o más canales sobre un mismo soporte físico.

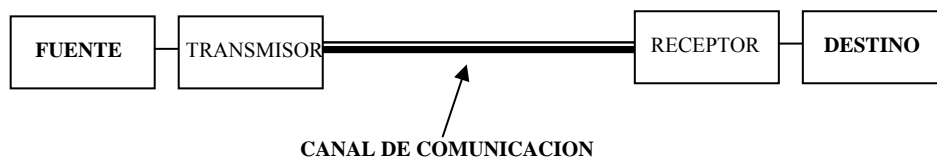


Figura # 1.1 Esquema de módulos comunicaciones

1.2.1 Comunicación a través de Cables

El objetivo principal de una red de ordenadores es el transporte de un flujo de bits de un equipo a otro. Para que dicho objetivo pueda llevarse a cabo es necesario un medio físico que sirva de soporte a la señal que viajará a través del mismo y que es en definitiva la portadora⁵ de la información.

Dado que el tipo de señal (eléctrica, señales luminosas, ondas de radio, etc.) en que debe transformarse la señal eléctrica que suministra un ordenador va a depender directamente del medio por el cual debe propagarse, los principales medios y sus características más significativas son:

⁵ Señal que se utiliza en comunicaciones, sirve de base para transmitir la información.

1.2.1.1 Cables de Pares.

Está formado por dos hilos de cobre aislados y torsionados entre sí formando una trenza. El cable resultante está cubierto por una capa aislante externa. El diámetro de los hilos de cobre oscila entre 0.6 y 1.2 milímetros. El motivo de trenzar el par de hilos de cobre aislados es reducir la interferencia eléctrica con respecto a los pares cercanos que se encuentran a su alrededor, evita cruces por diafonía⁶.

Los hilos son referenciados con respecto a su grosor utilizando los números de (AWG) American Wire Gauge, estableciendo que el numero AWG entre mayor sea, corresponde al cable mas delgado. Los alambres delgados tienen más resistencia que los gruesos (Ver *Tabla # 1.1*)

AWG	Diámetro mm	Resistencia Ohms / Km.
16	1.29032	13.1724
18	1.02362	20.9428
20	0.81280	33.2920
22	0.64516	52.9392
24	0.51054	84.1976
26	0.40386	133.8568

Tabla # 1.1 Resistencia eléctrica de cables según grosor

1.2.1.1.1 Categorías del sistema de cableado para UTP⁷

Cada categoría especifica las características eléctricas del cable: atenuación⁸, capacidad de la línea e impedancia⁹. Existen actualmente 8 categorías dentro del cable UTP (Ver *Tabla # 1.2*), de las cuales las reconocidas son:

⁶ Cantidad de ruido que induce un cable a otro.

⁷ (UTP - Unshielded Twisted Pair) Basado en cable de par trenzado no apantallado.

- Categoría 5e: Esta denominación se aplica a los cables UTP de 100 ohmios¹⁰ y el hardware de conexión relacionado cuyas características de transmisión se especifican hasta 100 MHz. (Ver Tabla # 1.3).
- Categoría 3: Esta denominación se aplica a los cables UTP de 100 ohmios y el hardware de conexión relacionado cuyas características de transmisión se especifican hasta 16 MHz.
- Los cables de las Categorías 1, 2, 4 y 5 y el hardware de conexión no se consideran como parte de ANSI/TIA/EIA11 en sus apartados 568-B.1 y 568-B.2, por lo tanto sus características de transmisión no se especifican.

Tipo	Aplicación	Conector	Vueltas por metro	Frecuencia BW
Categoría 1	Voz solamente (cable telefónico)	RJ45	0	56KHz
Categoría 2	LocalTalk [Apple]	RJ45	0	1 MHz
Categoría 3	Ethernet	RJ45	10-16	16 MHz
Categoría 4	Token Ring	RJ45	16-26	20 MHz
Categoría 5	Fast Ethernet	RJ45	26-33	100 MHz
Categoría 5E	Fast Ethernet	RJ45	33-42	100 MHz
Categoría 6	Fast Ethernet y Gigabit	RJ45	-	250 MHz
Categoría 7	Categoría propuesta	RJ45	-	600 MHz

Tabla # 1.2 Categorías Cable UTP

⁸ Pérdida de energía de una señal conforme se propaga a su destino por un medio de transmisión.

⁹ Oposición que presenta un circuito al paso de la corriente alterna.

¹⁰ unidad de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades

¹¹ Especificaciones para los conductores de cobre

Frecuencia (Mhz)	Atenuación Máxima @ 20°C		Paradifonía dB-Mínimo	Pérdidas de Retorno SRL dB-Mínimo	Impedancia Característica Ohmios (±15%)
	dB/100m	dB/kft			
0,772	1,8	5,5	64	-	-
1	2	6,2	62	23	100
4	4,1	12,3	53	23	100
8	5,8	17,6	48	23	100
10	6,5	19,7	47	23	100
16	8,2	25,1	44	23	100
20	9,3	28,3	42	23	100
25	10,4	31,8	41	22	100
31,25	11,7	35,7	39	21	100
62,5	17	51,8	35	18	100
100	22	67	32	16	100
<i>Nota: Las características anteriores están de acuerdo con las Normas TIA/EIA 568-A</i>					
Velocidad de Propagación Nominal: 0,63 (exterior), 0,70 (interior)					

Tabla # 1.3 Características cable UTP relación frecuencia de trabajo

1.2.1.2 Cable Coaxial¹².

El cable coaxial (*Ver Figura # 1.2*) consta de un conductor con forma de hilo de diámetro D1 en su parte central formando el núcleo del cable, el cual se encuentra rodeado por un material aislante. El material aislante se encuentra rodeado a su vez por un conductor cilíndrico de diámetro D2 que normalmente es una malla de tejido conductor trenzado. El conductor externo está cubierto por una capa de plástico protector. El cable que une un televisor con la antena instalada en el tejado constituye un ejemplo típico de cable coaxial.

El hecho de que este tipo de cables presente una gran inmunidad a interferencias electromagnéticas externas, puede explicarse por el apantallamiento electrostático¹³ que el conductor externo produce en el núcleo del cable.

¹² Cable con estructura de blindaje metálico que rodea a un alambre central.

¹³ Espacio libre de campos magnéticos que un conductor externo produce en el núcleo del cable.

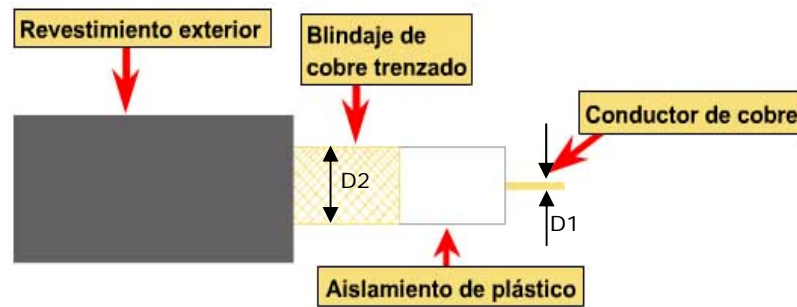


Figura # 1.2 Estructura del Cable Coaxial

El cable coaxial donde la información se transmite de forma digital sin modulación¹⁴ de una señal portadora se denomina como banda base, y al cable coaxial empleado para la transmisión de señales analógicas se le denomina de banda ancha, termino que proviene del medio telefónico y cuyo significado en el entorno de las redes de ordenadores se asocia a las redes de cables utilizadas para la transmisión analógica.

En la Tabla # 4 se indica los principales tipos de cable coaxial y sus características.

TIPO	IMPED.	DIÁMET.	FREC.	CAPACITAN.	ATENUACIÓN	APLICACION
RG-58	$50 \pm 2 \Omega$	0.200	3GHz	100 nF / Km.	1 MHz - 2,0 dB / 100m 100 MHz - 17,0 dB / 100m	En equipos de radiofrecuencia y en TV. Para conexión de redes de área local 10 B.2. 10Base2
RG-59	$75 \pm 3 \Omega$	0.246	3GHz	68 nF / Km.	1 MHz - 1,5 dB / 100m 100 MHz - 12,0 dB / 100m	Bajada acometida para sistema de TV Cable.
RG-62	$93.0 \pm 5 \Omega$	0.249	3GHz	43 nF / Km.	1 MHz - 0,95 dB / 100m 100 MHz - 9,0 dB / 100m	ARCnet, Para radio frecuencia y conexión de terminales de computación. Conexión de equipos de instrumentación donde se necesita baja atenuación.

Tabla # 1.4 Tipos de cable coaxial

¹⁴ Conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora.

1.2.1.2.1 Conectores para Cable Coaxial

- **BNC:** Bueno para baja frecuencia, no impermeable.
- **TNC:** Similar al anterior, impermeable, útil en altas frecuencias, utilizado en telefonía celular.
- **Tipo F:** roscado, uso interior, hasta 900 MHz.
- **Tipo UHF:** también llamado PL59, sólo VHF, mayor tamaño, roscado, no impermeable.
- **Tipo N:** impermeable, roscado, útil en UHF.
- **SMA:** roscado, pequeño, uso interior, bajas pérdidas.
- **MC-Card:** conectores miniatura usados en microondas, especialmente en las tarjetas PC Cards (PCMCIA), no tiene rosca y esta dotado de un pin central.
- **MMCX:** conector micro miniatura, no tiene rosca y esta dotado de un pin central.

1.2.1.3 Fibra Óptica.

Los descubrimientos en el campo de la tecnología óptica han hecho posible la transmisión de información mediante pulsos de luz.

Un pulso de luz puede utilizarse para indicar un bit de valor 1, mientras que la ausencia de pulso indicará la existencia de un bit de valor 0. La luz visible tiene una frecuencia de alrededor de 10¹⁴ MHz, por lo que el ancho de banda de un sistema de transmisión óptica presenta un potencial enorme.

Un sistema de transmisión óptica consta de tres componentes: el medio de transmisión, la fuente de luz y el detector.

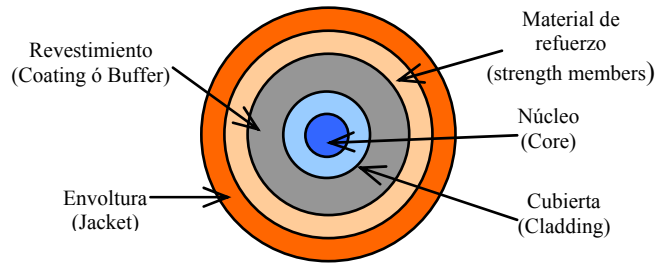


Figura # 1.3 Estructura del Cable de Fibra Óptica

El medio de transmisión se fabrica a base de una fibra ultra delgada de vidrio llamada núcleo, recubierto por un revestimiento exterior con índice de refracción¹⁵ menor que el del núcleo (Ver Figura # 1.3).

La fuente de luz puede ser un diodo LED¹⁶, o un diodo láser; cualquiera de los dos emite pulsos de luz cuando se le aplica una corriente eléctrica. El detector es un fotodiodo¹⁷ que genera un pulso eléctrico en el momento en el que recibe un rayo de luz.

Al colocar un LED o diodo láser en el extremo de una fibra óptica y un fotodiodo en el otro, obtenemos una transmisión de datos unidireccional que acepta una señal eléctrica, la convierte y la transmite por pulsos de luz, y después reconvierte la salida en una señal eléctrica en el extremo del receptor.

- **Características principales de la transmisión de información por fibra óptica:**
 - **Elevado ancho de banda:** La utilización de fuentes de luz coherente y monocromática¹⁸, pueden facilitar unas frecuencias de portadora del orden de 105 MHz.
 - **Bajas pérdidas:** Las fibras para uso comercial presentan una atenuación del orden de 0.2 db/Km. Además, la respuesta de atenuación en la fibra (respuesta

¹⁵ Desviación que sufren las ondas cuando la luz pasa de un medio a otro diferente

¹⁶ Diodo emisor de luz

¹⁷ Semiconductor construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja.

¹⁸ Luz que solo esta compuesta por componentes de un solo color.

en frecuencias) es independiente de la frecuencia en toda la banda de paso. Esta característica deriva del elevado ancho de banda de la fibra.

- **Peso, flexibilidad y tamaño:** Un cable conteniendo 8 o 10 fibras tiene un diámetro exterior de 15mm, incluyendo las protecciones de alrededor, un peso de 50Kg. / Km. y un radio de curvatura del orden de 150mm., lo cual contribuye a la facilidad de su tendido.
- **Seguridad de transmisión de la información:** Por sus propias características, sería un trabajo sumamente dificultoso intervenir una fibra óptica.
- **Interferencia electromagnética nula.**

La siguiente tabla muestra la comparación de las características que posee cada cable:

CARÁCTER.	COAXIAL FINO	COAXIAL GRUESO	PAR TRENZADO	FIBRA ÓPTICA
Precio	Mayor que el par trenzado	Mayor que el coaxial fino	Mas Económico	Mas caro
Longitud útil	185 metros	500 metros	100 metros	2 Km.
Velocidad de Transmisión	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps / 4-100 Mbps	100 Mbps a 1 Gbps
Conector	BNC	BNC	RJ45	SC o ST
Flexibilidad	Muy flexible	Menor que el coaxial fino	Mas flexible	Muy flexible
Facilidad de instalación	Fácil	Fácil	Fácil	Complicado
Susceptible a interferencias	Buena resistencia	Buena resistencia	Regulara mala resistencia	No es susceptible
Extras	Soporte Electrónico Mas barato que UTP		Usa mismo soporte que telefonía	Admite voz, datos y video
Usos principales	Instalaciones Medianas a grandes con alta seguridad	Instalaciones Medianas a grandes con alta seguridad	UTP-Instalaciones pequeñas STP-Token Ring de cualquier tamaño	Cualquier tamaño que necesita alta velocidad, seguridad y/o tráfico

Tabla # 1.5 Características tipos de cables de comunicación

1.2.2 Comunicación a través de Radio - Enlace

La radio es una tecnología que posibilita la transmisión de señales mediante la modulación de ondas electromagnéticas¹⁹.

Estas ondas pueden propagarse tanto a través del aire como del espacio vacío y no requieren un medio de transporte.

Una onda de radio se crea siempre y cuando un objeto cargado oscila²⁰ con una frecuencia situada en la parte de radiofrecuencia (RF) del espectro electromagnético (*Ver tabla # 1.6*). Por contraste, otros tipos de emisiones que caen fuera de la gama de RF son: rayos gamma, rayos X, rayos cósmicos, rayos infrarrojos, rayos ultravioleta y luz visible.

Cuando una onda de radio atraviesa un hilo conductor, induce en él un movimiento de carga eléctrica (voltaje) que puede ser transformado en señales de audio o de otro tipo que transporten información.

Aunque la palabra radio se usa para describir este fenómeno, las transmisiones que conocemos como televisión, radio, radar y telefonía móvil están todas incluidas en la clase de emisiones de radiofrecuencia.

Las ondas electromagnéticas se pueden transmitir eficazmente mediante una antena que tenga dimensiones comparables a la longitud de onda de la señal que se envíe.

¹⁹ Combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, perpendiculares se propagan a través del espacio

²⁰ conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda senoidal.

Banda	Denominación	Características	Frecuencia	Uso Típico
VLF	Very Low Frequency	Propagación por onda de tierra, atenuación débil. Características estables	3-30 KHz	Enlaces de radio a gran distancia
LF	Low Frequency	Similar a la anterior, pero de características menos estables.	30-300 KHz	Enlaces de radio a gran distancia, ayuda a la navegación aérea y marítima
MF	Mid Frequency	Similar a la precedente pero con una absorción elevada durante el día. Propagación prevalentemente Ionosférica durante la noche.	300-3000 KHz	Radiodifusión.
HF	High Frequency	Propagación prevalentemente Ionosférica con fuertes variaciones estacionales y en las diferentes horas del día y de la noche.	3-30 MHz	Todo tipo de comunicaciones a media y larga distancia.
VHF	Very High Frequency	Prevalentemente propagación directa, esporádicamente propagación Ionosférica o Troposférica.	30-300 MHz	Enlaces de radio a corta distancia, Televisión, Radiodifusión en Frecuencia Modulada
UHF	Ultra High Frequency	Exclusivamente propagación directa, posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales.	300-3000 MHz	Enlaces de radio, Radar, Ayuda a la navegación aérea, Televisión.
SHF	Super High Frequency	Como la anterior	3-30 GHz	Radar, Enlaces de radio
EHF	Extra High Frequency	Como la anterior	30-300 GHz	Radar, Enlaces de radio

Tabla # 1.6 División del espectro frecuencial

El ancho de banda máximo que se puede transmitir es proporcional a la frecuencia de la portadora. En síntesis a mayor frecuencia mayor ancho de banda disponible, pero menor alcance; en frecuencias bajas las ondas son guiadas por la superficie terrestre y reflejadas por las capas ionosféricas²¹; con frecuencias altas, las ondas de radio se comportan como la luz, por lo que se requiere línea visual entre el transmisor y el receptor.

- Métodos de propagación de las ondas de radio:
 - Onda Directa
 - Onda terrestre
 - Onda Reflejada
 - Reflexiones en la ionósfera

²¹ Una o varias capas de aire ionizado en la atmósfera

- Refracción en un obstáculo
- Efecto de la curvatura terrestre

- Elementos de un sistema de Radiocomunicación
 - Transmisor
 - Guía de onda
 - Antenas
 - Receptor
 - Fuentes de alimentación

- Factores que determinan el alcance
 - Potencia de salida del TX (típica entre 0.1 y 4 W)
 - Sensibilidad del RX
 - Frecuencia de operación, a mayor frecuencia, mayor atenuación
 - Ganancia de las antenas, con mayor frecuencia, la antena tendrá mayor ganancia para el mismo tamaño.
 - Pérdidas en el sistema: espacio, alimentadores, conectores.

- Métodos de comunicación por Radio-Enlace
 - Infrarrojos.
 - Ondas de Radio
 - Sistemas de onda corta.

- Sistemas terrestres de microondas.
- Sistemas basados en satélites de comunicaciones.

1.2.2.1 Infrarrojos.

Los infrarrojos son ondas electromagnéticas que se propagan en línea recta, siendo susceptibles de ser interrumpidos por cuerpos opacos. Su uso no precisa de licencia administrativa y no se ven afectados por interferencias radioeléctricas externas, pudiéndose alcanzar distancias de hasta 200 metros entre cada emisor y receptor.

INFRALAN²² es una red basada en infrarrojos compatible con las redes Token Ring a 4 Mbps, pudiendo utilizarse independientemente o combinada con una red de área local convencional.

- **Características fundamentales:**
 - Reflexión directa.
 - Utilización de transductores²³ que modulan la luz infrarroja no coherente. deberán estar alineados o tener una reflexión directa.
 - No pueden atravesar obstáculos.
 - Rapidez en la instalación, ya que no es necesario tener ningún permiso.
 - Imposibilidad de establecer enlaces en medios abiertos debido al cambio de las condiciones climatológicas, que pueden actuar a modo de obstáculos.

²² Red de comunicación a través de dispositivos infrarrojos

²³ Dispositivo que transforma / convierte un determinado tipo de energía de entrada en otra de salida.

1.2.2.2 Ondas de Radio.

Un enlace vía ondas radiales consta en tres componentes fundamentales: El transmisor, el receptor y el canal aéreo. El transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, el canal aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

La propagación de las ondas radiales es el fenómeno provocado por la ionósfera, que es la capa de la atmósfera que permite la recepción de señales a grandes distancias gracias a la refracción que ésta produce.

La ionósfera posee varias capas, llamadas D, E, F1 y F2. La capa E está a 96 kilómetros de altura y es la que envía la mayoría de las señales de onda corta.

Las capas de F1 y F2 están a mucho más altura, 160 y 320 kilómetros respectivamente, y trabajan mejor en las frecuencias superiores de la región de onda corta. La capa D es la más cercana a la tierra, cerca de 80 kilómetros de altura. (Ver Figura # 1.4)

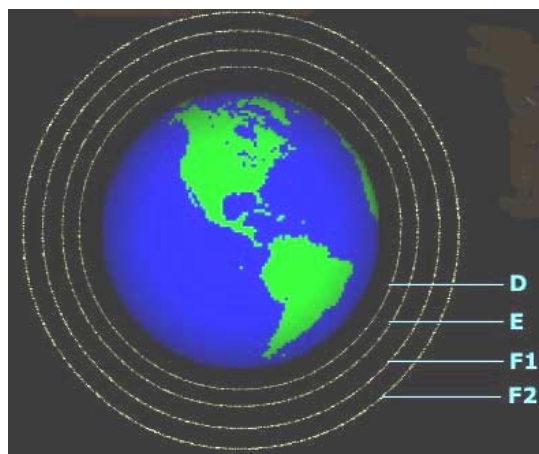


Figura # 1.4 Capas de la Ionósfera

En lugar de reflejar señales detrás de la tierra sobre el horizonte, la capa D trabaja contra nosotros absorbiendo señales de radio en el borde inferior de bandas de onda corta de modo que estén demasiado débiles para alcanzar la capa E. Pero la capa D desaparece rápidamente de noche, de modo que las más bajas frecuencias sobreviven más rápidamente durante las horas de la noche y de esta forma actúa la capa E.

Si la frecuencia es demasiado alta la onda no se refracta para volver a la tierra suficientemente. Se llama Frecuencia Máxima Utilizable (MUF) a aquella en la que es factible su propagación entre dos puntos de la tierra. Sin embargo, debido a la gran variabilidad que existe en la densidad del electrón de la región de F2, las MUF's no son límites absolutos y pueden darse excepciones al cálculo.

Las señales que lleguen a la capa de F2 deben atravesar la región de la capa E de la ionósfera. La capa E también es capaz de "reflejar" las señales de HF y si el MUF de la capa E es demasiado alto, las señales en la capa F son bloqueadas por la capa E. Este fenómeno es llamado ECOF; es decir las frecuencias por debajo del ECOF no atravesarán la capa E. Las señales pueden propagarse entre dos puntos de la tierra vía capa E de la misma manera que cuando lo hacen vía capa F2, pero la distancia de tierra máxima del salto de la capa E es sólo aproximadamente de 2000 Km.

1.2.2.3 Sistemas de Onda Corta.

Estos sistemas trabajan con frecuencias de 3 a 30 MHz, los enlaces son poco fiables debido a su gran atenuación y vulnerabilidad a interferencias. Su ventaja radica en que

se pueden emplear para cubrir grandes distancias con poca potencia de salida y que no precisan de visibilidad directa entre antenas para la propagación de las señales portadoras de la información. Esta propagación puede producirse en línea recta, adaptándose a la superficie terrestre o por rebotes en la ionósfera.

Su uso en la transmisión de datos está actualmente limitado a circunstancias especiales, ya que su pequeña capacidad de transmisión las excluye de las grandes vías de comunicación.

1.2.2.4 Sistemas de Microondas.

La transmisión mediante microondas se lleva a cabo en una escala de frecuencia comprendida entre los 2 y 40 GHz. Para el enlace telefónico de larga distancia se utiliza este sistema en la banda comprendida entre los 4 y 6 GHz, en larga distancia no es recomendable utilizar frecuencias superiores debido a que aumenta su atenuación. Para este tipo de frecuencias es necesario que las antenas emisora y receptora no tengan obstáculos entre ellas (visibilidad directa), lo que obliga a utilizar antenas repetidoras en distancias del orden de los 50 Km.

En la actualidad se comercializan redes locales cuyas estaciones están enlazadas entre sí por ondas de radio, empleando una sección poco utilizada del espectro electromagnético como son las frecuencias de 18 GHz., obteniéndose rendimientos superiores a las tecnologías que utilizan cables coaxiales para interconectar las máquinas de una red.

El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe ser

libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que en estos enlaces, el camino entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

1.2.2.5 Radio - Enlaces Vía Satélite.

Los satélites artificiales han revolucionado el mundo de las telecomunicaciones, convirtiéndose en un medio ideal para la difusión de imágenes en directo y un sistema sumamente eficaz para los enlaces de datos de larga distancia.

En general, un satélite situado en órbita geoestacionaria²⁴ a unos 35000 Km. de la superficie terrestre, está constituido por uno o más dispositivos receptor - transmisor, que hacen las funciones de un enorme repetidor de microondas. Las frecuencias con las que emiten las antenas terrestres y las frecuencias con las que emite el satélite son distintas a fin de evitar interferencias entre las señales de subida y las de bajada.

Con objeto de prevenir un posible caos en el cielo se han establecido acuerdos internacionales sobre las frecuencias utilizables para las transmisiones con satélites. Las bandas de 3.7 a 4.2 GHz y 5.925 a 6.425 GHz se han asignado como frecuencias de telecomunicación vía satélite para flujos de información provenientes del satélite o hacia el satélite, respectivamente. En la actualidad a estas bandas se las conoce como la banda 4/6 GHz, las cuales se encuentran superpobladas. Existen otras bandas superiores (12/14 GHz, 20/30 GHz) disponibles también para las comunicaciones, pero el costo del equipo necesario para poder utilizarlas resulta elevado.

²⁴ Órbita en la cual el período de traslación de un satélite, coincide con el período de rotación del astro en torno al cual orbita.

Una de las principales ventajas de las comunicaciones por satélite es su enorme capacidad de transmisión. Por ejemplo, un satélite es capaz de soportar miles de canales telefónicos. Por otra parte, los satélites proporcionan una cobertura territorial muy amplia y con un coste independiente de la distancia, esta característica tiene un gran atractivo para las empresas con sucursales en todo el mundo, tanto para transmisiones de datos como telefónicas.

No obstante, los satélites de comunicaciones no carecen de inconvenientes; Por un lado, la información debe ir convenientemente cifrada o codificada para que no puedan plantearse problemas de seguridad, ya que cualquiera que sintonice la frecuencia del satélite cuando está en su radio de acción puede recibir la información. Por otra parte, las condiciones climatológicas adversas pueden afectar a la señal en su camino de subida o de bajada, además, como una señal debe recorrer una gran distancia (alrededor de 36000 Km. de ida, y otros tantos de vuelta), puede aparecer un retardo considerable de una estación a otra, lo que puede originar problemas en los protocolos de línea y aumentar el tiempo de respuesta que percibe el usuario.

1.3 Comparación y evaluación de los métodos de comunicación

Para lograr establecer la comunicación entre un emisor y un receptor se deberá considerar y establecer el conjunto de elementos físicos y lógicos que proporcionan la interconexión determinando entre estos un conjunto de parámetros que deberán ser analizados para lograr la comunicación.

Las características más representativas de un medio de comunicación son las siguientes:

- **Alcance.** El área de conexión se limita a una extensión geográfica, generalmente parte desde unos pocos metros a distancias grandes a nivel mundial.
- **Velocidad de transmisión.** En redes, la velocidad es elevada en comparación con otros circuitos de comunicación, variando entre 1 y 100 Mbps.
- **Conectividad.** Además de que todos los dispositivos conectados a una red pueden comunicarse entre sí, también se incluye la capacidad de conexión con otras redes locales o de área extensa como pueden ser la red telefónica conmutada o las redes SNA²⁵, X.25²⁶, TCP/IP, etc.
- **Propiedad Privada.** Una red de área local es propiedad de la organización o empresa en lugar de ser un elemento público para otros usos externos. Por lo general, la organización es propietaria de la red y todo el conjunto de dispositivos conectados a ella.
- **Fiabilidad.** Estas redes presentan una baja tasa de error en las transmisiones de datos en comparación con el resto de modalidades de comunicación.
- **Compartición de recursos.** Permiten la integración en la misma red de una gran diversidad de dispositivos. Los recursos de almacenamiento, las impresoras y los elementos de comunicación pueden ser utilizados por todas las estaciones de trabajo.

1.3.1 Análisis de servicios de los métodos de comunicación

¹⁰ (Systems Network Architecture). Arquitectura de red de IBM

²⁶ Protocolo de empaquetamiento conmutado estándar de conexión de terminales de redes públicas.

En la actualidad, las técnicas y equipos de última milla en nuestro país posee niveles medios de rendimiento si se piensa solo en la transmisión de datos por el medio físico, más no es así si se piensa en servicios agregados de gran necesidad de ancho de banda como TV, Video Conferencias y aplicaciones multimedia.

Independiente de eso el costo del servicio permite que solo unas pocas empresas puedan pagarlos, por lo que la mayoría de los usuarios se ven obligados a utilizar el tradicional par de cobre de la red telefónica con módems analógicos de transmisión asíncrona, hacia el futuro notaremos que las empresas de TV por cable ofrecerán capacidades adicionales al Servicio de TV y que el mercado y la competencia permitirán al usuario tener mayor capacidad de ancho de banda a un costo menor.

Las técnicas de acceso a última milla vía conexión inalámbrica se encuentra en fases de desarrollo, pudiendo observarse que en la actualidad los niveles de servicio que pueden ser accedidos en promedio solo permiten la transmisión de datos a velocidades relativamente bajas, sin embargo esta es una de las grandes opciones para el futuro, de igual manera la falta de estándares dificulta realmente el diseño de equipos compatibles por lo que pueden confrontarse problemas de compatibilidad al cubrir la última milla con módems inalámbricos.

Tecnología	Costo del Sistema	Instalación de Cable	Ventajas	Desventajas
Fibra Óptica	Elevado	Si	Máxima calidad, red estable, máximo ancho de banda.	Extremadamente caro Cableado intensivo
ADSL ²⁷	Elevado	No	Gran ancho de banda, buena estabilidad, cableado sólo en algunos casos	Muy dependiente de la calidad de la línea Dificultad para redes locales
Cable	Medio	Si	Buena estabilidad, gran ancho de banda	Calidad muy dependiente del número de usuarios Dificultad para redes locales
LMDS ²⁸	Elevado	No	Fácil acceso, facilidad para redes locales, sin necesidad de cableado	Alto costo del equipamiento
PLC ²⁹	Bajo	No	Fácil acceso, fácil instalación de redes locales, sin necesidad de cableado	Bajo prueba Dependiente del número de usuarios conectados al transformador

Tabla # 1.7 Comparación métodos de comunicación

1.4 Estructura de los Sistemas Teleinformáticas

Una de las primeras y más importantes redes abiertas es la **Arpanet** (USA) que evolucionó desde 1963. Su nombre viene de *Advanced Research Projects Agency*, que pertenecía al **DOD** o *Department of Defense*. A finales de los años 60 esta red conectaba los departamentos de ciencias de varias universidades y algunas empresas privadas. Actualmente cubre medio globo terrestre y mucho del presente conocimiento sobre redes es consecuencia directa del proyecto arpanet.

Arpanet diferencia en una red los siguientes elementos:

- **Host:** Máquinas que ejecutan procesos de usuario (aplicaciones). En esta definición se incluyen los mecanismos de acceso a la sub-red. Algunos servicios habituales son los servicios de archivos, que permiten a los usuarios almacenar y acceder a los archivos de un ordenador y los servicios de aplicaciones, que realizan tareas en beneficio directo del usuario final. Por ejemplo podemos identificar los siguientes tipos de host:
 - Manejador de Base de Datos (Nivel de almacenamiento).
 - Procesador de aplicaciones o reglas del negocio (Nivel lógico)
 - Interface del usuario (Nivel de presentación)
 - Es posible que un ordenador cumpla simultáneamente las funciones de cliente y de servidor.

- **Sub-Red:** Mecanismos que permiten el paso de información de un host a otro. En la mayor parte de las redes de área extendida, una sub-red consiste de dos componentes diferentes:

- **Líneas de transmisión:** también se denominan circuitos o canales. Es el medio físico a través del cual se realiza la transmisión de los datos.
- **I.M.P. (Interface Message Processor):** también llamados nodos, conmutadores de paquetes, ordenadores de comunicaciones, intercambiadores de datos, sistemas intermedios, etc. Son ordenadores especializados que sólo ejecutan programas de comunicaciones, su misión es habilitar una conexión entre en dos o más líneas de transmisión. Cuando los datos llegan por una línea de entrada, el elemento de conmutación deberá seleccionar una línea de salida para reexpedirlos.

En términos generales, puede decirse que hay dos tipos de diseños para la sub-red de comunicación:

- Canales punto a punto (*point to point*).
- Canales de difusión o multipunto (*broadcast*).

1.4.1 Consideraciones preliminares

Utilización del sistema de transmisión: la necesidad de hacer un uso eficiente de los servicio de transmisión que suelen compartirse entre varios dispositivos de comunicación. Existen variedad de técnicas (conocidas como multiplexación³⁰) para repartir la capacidad del medio de transmisión entre varios usuarios.

- **Generación de señales:** Las formas de comunicación dependen en última instancia de la transmisión de señales electromagnéticas a través de un medio. Una vez establecida la interfaz, se requiere la generación de señales para la

comunicación. Las propiedades de la señal, tales como forma de onda e intensidad, deben hacer que ésta resulte adecuada para propagarse por el medio de transmisión e interpretable como datos por el receptor.

- **Sincronización:** Debe hacer alguna forma de sincronización entre transmisor y receptor. El receptor debe poder determinar cuando una señal empieza a llegar y cuando termina. Debe conocer también la duración de cada elemento de la señal.
- **Gestión de intercambio:** Incluye aspectos como decidir si ambos usuarios pueden transmitir simultáneamente o por turno, la cantidad de datos que pueden incluirse en un envío, el formato de los datos y las medidas a tomar en caso de error.
- **Detección y corrección de errores:** Necesario en circunstancias en las que no pueden tolerarse fallos. Por ejemplo: Transferencia de ficheros.
- **Direccionamiento y encaminamiento:** Cuando un elemento de comunicación es compartido por más de dos dispositivos, el sistema emisor debe identificar el destino deseado. El sistema de transmisión debe garantizar que únicamente el sistema receptor recibe los datos. El sistema de transmisión puede ser una red que permita varias rutas posibles entre fuente y destino, debiéndose elegir un camino entre los posibles.
- **Recuperación:** Concepto distinto a la corrección de errores. Las técnicas de recuperación son necesarias en aquellos casos en los que el intercambio de información, por ejemplo, acceso a bases de datos o transferencia de ficheros, queda interrumpido debido a fallos en el sistema. El objetivo es reanudar el intercambio en el punto de interrupción o al menos restaurar el estado de los sistemas involucrados.

- **Formato de mensajes:** Ambas partes deben estar de acuerdo con el formato de los datos que se transmiten. Por ejemplo, deben utilizar el mismo código binario para los caracteres.

1.4.2 Estándares de Comunicación

En la industria se aceptó hace ya bastante tiempo, la necesidad de estándares que gobernarán las acciones y las características físicas y eléctricas de los equipos de comunicación. Este punto de vista, sin embargo ha tardado en imponerse en la industria de los ordenadores.

Entre las organizaciones más importantes que han colaborado en el desarrollo de estándares en la área de comunicaciones tenemos:

- **ISO** (*International Organization for Standardization*): Agrupa a 89 países, se trata de una organización voluntaria, no gubernamental, cuyos miembros han desarrollado estándares para las naciones participantes. Uno de sus comités se ocupa de los sistemas de información. Han desarrollado el modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection) y protocolos estándar para varios niveles del modelo.
- **CCITT** (*Comité Consultatif International de Télégraphique et Téléphonique*): Organización de la Naciones Unidas constituida, en principio, por las autoridades de Correos, Telégrafos y Teléfonos (PTT) de los países miembros. Estados Unidos está representado por el departamento de Estado. Se encarga de realizar recomendaciones técnicas sobre teléfono, telégrafo e interfaces de comunicación de datos, que a menudo se reconocen como estándares. Trabaja en colaboración

con ISO (que en la actualidad es miembro de CCITT).

- **EIA** (*Electronic Industries Association*): Asociación vinculada al ámbito de la electrónica. Es miembro de ANSI. Sus estándares se encuadran dentro del nivel 1 del modelo de referencia OSI.
- **ANSI** (*American National Standard Institute*): Asociación con fines no lucrativos, formada por fabricantes, usuarios, compañías que ofrecen servicios públicos de comunicaciones y otras organizaciones interesadas en temas de comunicación. Es el representante estadounidense en ISO. Que adopta con frecuencia los estándares ANSI como estándares internacionales. La aceptación mayoritaria de los diferentes estándares ha supuesto un crecimiento de la oferta de equipos compatibles de diversos fabricantes, proporcionando a los usuarios una mayor libertad de elección, favoreciendo la competencia entre fabricantes e incrementando la demanda de equipos compatibles.

Sin embargo los estándares llevan también aparejados ciertos inconvenientes, como puede ser la introducción de retraso tecnológico, que ralentiza nuevos desarrollos y la multiplicidad de estándares no compatibles. (Ver mas información en Anexo A)

1.5 Técnicas de Comunicación

El modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) es la propuesta que hizo la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) para estandarizar la interconexión de sistemas abiertos.

Un sistema abierto se refiere a que es independiente de una arquitectura específica. Se compone el modelo, por tanto, de un conjunto de estándares ISO relativos a las comunicaciones de datos.

El modelo en sí mismo no puede ser considerado una arquitectura, ya que no especifica el protocolo que debe ser usado en cada capa, sino que suele hablarse de modelo de referencia.

Este modelo está dividido en siete capas y cada una contiene una pila de protocolos que intervienen para establecer una comunicación efectiva. (Ver Tabla # 1.8)

Capa	Descripción	Ejecutante
7	Aplicación	Ej. HTTP, SMTP, SNMP, FTP, Telnet, SSH y SCP, NFS, RTSP, Feed, Webcal
6	Presentación	Ej. XDR, ASN.1, SMB, AFP
5	Sesión	Ej. TLS, SSH, ISO 8327 / CCITT X.225, RPC, NetBIOS
4	Transporte	Ej. TCP, UDP, RTP, SCTP, SPX
3	Red	Ej. IP, ICMP, IGMP, X.25, CLNP, ARP, RARP, BGP, OSPF, IGRP, EIGRP, IPX, DDP
2	Enlace de datos	Ej. Ethernet, Token Ring, PPP, HDLC, Frame Relay, ISDN, ATM, IEEE 802.11, FDDI
1	Físico	Ej. cable, radio, fibra óptica

Tabla # 1.8 Pilas de protocolos usados en el modelo OSI

1.6 Protocolos de Comunicación

Se le llama protocolo de red o protocolo de comunicación al conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red. En este contexto, las entidades de las cuales se habla son programas de computadora o automatismos de otro tipo, tales y como dispositivos electrónicos capaces de interactuar en una red.

Los protocolos que son implementados en sistemas de comunicación que tienen un amplio impacto suelen convertirse en estándares, debido a que la comunicación es un factor fundamental en numerosos sistemas, y para asegurar tal comunicación se vuelve necesario copiar el diseño y funcionamiento a partir del ejemplo pre-existente.

1.6.1 Funciones más importantes:

- **Control de errores.-** Protege integridad de los datos del usuario y de los mensajes de control.
- **Control de Flujo y Congestión.-** Permite a la red compartir sus recursos entre un gran número de usuarios, entregando a cada uno un servicio satisfactorio sin que sus operaciones corran peligro.
- **Estrategias de encaminamiento** Permite optimizar la utilización de los recursos de la red, aumentando la disponibilidad de los servicios de la red al proveer caminos alternativos entre nodos terminales.

1.6.2 Funcionamiento de un protocolo

- Un proceso recibe un mensaje lo procesa y envía una respuesta, sin que exista relación entre éste evento y otro anterior o posterior.
- El proceso origen, conocerá la dirección del proceso destino y la incluirá en el mensaje.
- Esta dirección, identificará únicamente a un procesador, quién conocerá al proceso destino.
- El origen cuando despacha un mensaje, entre un estado de espera de respuesta en una de sus puertas.

- El proceso destino ejecuta la función especificada en el mensaje, construye la respuesta (con resultados y dirección del origen) y envía el mensaje respuesta por una puerta de salida, (quedando libre para aceptar otro mensaje).
- La respuesta llega al origen, quien realiza un chequeo para asegurarse que viene del lugar correcto antes de aceptarla, luego, pasa al estado "no espera respuesta" en esa puerta de entrada.

Este es un protocolo muy simple, necesita de la sintaxis para definición de formatos de los mensajes y una semántica muy simple.

Debe considerarse el hecho que, la red introduce demoras causadas por congestión, encaminamiento, etc., e incluso puede ocurrir pérdida del mensaje.

Para esto, el proceso que realiza la consulta deberá tener un reloj (timer) el que será activado al enviar el mensaje. El reloj enviara una señal al expirar el tiempo indicado en la activación indicando que la respuesta no llegó en el tiempo esperado por lo que el mensaje deberá ser retransmitido.

1.6.3 Clasificación de los Protocolos

Los protocolos que son implementados en sistemas de comunicación que tienen un amplio impacto suelen convertirse en estándares, debido a que la comunicación es un factor fundamental en numerosos sistemas, y para asegurar tal comunicación se vuelve necesario copiar el diseño y funcionamiento a partir del ejemplo pre-existente.

Existen consorcios empresariales, que tienen como propósito precisamente el de proponer recomendaciones de estándares que se deben respetar para asegurar la interoperabilidad de los productos.

Ejemplos de lo anterior son la IEEE³¹ que propone varios estándares para redes físicas, y la W3C (World Wide Web Consortium) que gestiona la definición aceptada sobre la Web.

1.6.3.1 Clasificación de protocolos según la topología de la red:

- **Directos.-** No pasan por agentes intermedios, como en una red dedicada. La conexión es directa, al igual que con las redes de difusión.
- **Indirectos.-** Pasan por agentes intermedios, como en las redes de conmutación o en dos redes interconectadas.

1.6.3.2 Clasificación según la forma de afrontar el problema:

- **Monolíticos.-** Se pretende resolver el problema de la comunicación de una vez.
- **Estructurado.-** Se divide el problema en capas o niveles que se desarrollan como protocolos independientes. Los niveles más bajos los realizan unos protocolos, sobre los que se apoyan otros que resuelven problemas de nivel más alto. Se crea una jerarquía de protocolos.

1.6.3.3 Clasificación según el tipo de terminales:

- **Simétricos.**- Ambos extremos son de idéntico comportamiento.
- **Asimétricos.**- Comportamientos distintos, con relaciones del tipo cliente-servidor.

1.6.3.4 Clasificación según su normalización:

- **No normalizados.** Son protocolos diseñados para un problema de comunicación o tipo de red específico. Todos los primeros protocolos que se crearon son no normalizados.
- **Normalizados.** Son aquellos que son definidos por organizaciones de normalización, para convertirse en estándares de uso nacional o internacional.

Los protocolos actuales tienden a ser estructurados y normalizados y entre los principales tenemos:

- **FTP.**- es uno de los diversos protocolos de la red Internet, concretamente significa File Transfer Protocol (Protocolo de Transferencia de Archivos) y es el ideal para transferir grandes bloques de datos por la red. Se precisa de un Servidor de FTP y un cliente FTP, puede darse el caso de que los servidores sean de libre acceso para todo el mundo y entonces estamos hablando de login³² anónimo o FTP anónimo. La mayoría de las páginas Web a nivel mundial son subidas a los respectivos servidores mediante este protocolo. Por defecto utiliza los puertos 20 y 21. El puerto 20 es el utilizado para el flujo de datos entre el cliente y el servidor y el puerto 21 para el flujo de control, es decir, para enviar las órdenes del cliente al servidor.

- **HTTP.-** protocolo de la Web (www), usado en cada transacción. Las letras significan Hyper Text Transfer Protocol, es decir, protocolo de transferencia de hipertexto. El hipertexto es el contenido de las páginas web, y el protocolo de transferencia es el sistema mediante el cual se envían las peticiones de acceder a una página web, y la respuesta de esa web, remitiendo la información que se verá en pantalla. También sirve el protocolo para enviar información adicional en ambos sentidos, como formularios con mensajes y otros similares.

Es un protocolo sin estado, es decir, que no guarda ninguna información sobre conexiones anteriores. Al finalizar la transacción todos los datos se pierden. Por esto se popularizaron las cookies³³, que son pequeños ficheros guardados en el propio ordenador que puede leer un sitio web al establecer conexión con él, y de esta forma reconocer a un visitante que ya estuvo en ese sitio anteriormente. Gracias a esta identificación, el sitio web puede almacenar gran número de información sobre cada visitante, ofreciéndole así un mejor servicio.

La versión actual de HTTP es la 1.1, y su especificación está en el documento RFC-2616³⁴ y dispone de una variante cifrada mediante SSL³⁵ llamada HTTPS.

- **IPX/SPX.-**cuyas siglas provienen de Internetwork Packet Exchange/Sequenced Packet Exchange (Intercambio de paquetes interred/Intercambio de paquetes secuenciales), es un protocolo de red utilizado por los sistemas operativos Novell Netware³⁶. Como UDP/IP³⁷, IPX es un protocolo de datagramas³⁸ usado para comunicaciones no orientadas a conexión. IPX y SPX derivan de los protocolos IDP y SPP de los servicios de red de Xerox.

SPX es un protocolo de la capa de transporte (nivel 4 del modelo OSI) utilizado en redes Novell Netware. La capa SPX se sitúa encima de la capa IPX (nivel 3)

y proporciona servicios orientados a conexión entre dos nodos de la red. SPX se utiliza principalmente para aplicaciones cliente/servidor.

Mientras que el protocolo IPX es similar a IP, SPX es similar a TCP³⁹. Juntos, por lo tanto, proporcionan servicios de conexión similares a TCP/IP. IPX se sitúa en el nivel de red del modelo OSI y es parte de la pila de protocolos IPX/SPX. IPX/SPX fue diseñado principalmente para redes de área local (LANs), y es un protocolo muy eficiente para este propósito (típicamente su rendimiento supera al de TCP/IP en una LAN). El uso de IPX está disminuyendo desde que Internet hizo a TCP/IP casi universal. Los ordenadores y las redes pueden usar múltiples protocolos de red, así que casi todos los sitios con IPX estarán usando también TCP/IP para permitir la conectividad con Internet. Ahora también es posible utilizar productos de Novell sin IPX, ya que desde hace algunas versiones soportan ambos, tanto IPX como TCP/IP.

- **POP3.-** (Post Office Protocol 3) Tercera versión del protocolo diseñado para la gestión, el acceso y la transferencia de mensajes de correo electrónico entre dos máquinas, habitualmente un servidor y una máquina de usuario. Es netamente un protocolo para la administración de correo en Internet.

Los servidores POP3 permiten tener acceso a una sola bandeja de entrada a diferencia de los servidores IMAP⁴⁰, que proporcionan acceso a múltiples carpetas en los servidores. El puerto que utiliza es generalmente el 110

- **TCP/IP.-** Familia de protocolos de Internet es un conjunto de protocolos de red que implementa la pila de protocolos en la que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre redes de computadoras. En ocasiones se la

denomina conjunto de protocolos TCP/IP, en referencia a los dos protocolos más importantes que la componen: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP), que fueron los dos primeros en definirse, y que son los más utilizados de la familia. Existen tantos protocolos en este conjunto que llegan a ser más de 100 diferentes, entre ellos se encuentra el popular HTTP que es el que se utiliza para acceder a las páginas web, además de otros como el ARP para la resolución de direcciones, el FTP para transferencia de archivos, y el SMTP y el POP para correo electrónico, entre otros.

El TCP/IP es la base de Internet, y sirve para enlazar computadoras que utilizan diferentes sistemas operativos, incluyendo PC, minicomputadoras y computadoras centrales sobre redes de área local (LAN) y área extensa (WAN). TCP/IP fue desarrollado y demostrado por primera vez en 1972 por el departamento de defensa de los Estados Unidos, ejecutándolo en ARPANET, una red de área extensa del departamento de defensa.

1.6.4 Formato del segmento TCP

El flujo de bytes que produce una determinada aplicación se divide en uno o más segmentos TCP para su transmisión (*Ver Figura # 1.5*). Cada uno de estos segmentos viaja en el campo de datos de un datagrama IP. Para facilitar el control de flujo de la información los bytes de la aplicación se numeran. De esta manera, cada segmento indica en su cabecera el primer byte que transporta.

0										10										20										30	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
Puerto TCP origen															Puerto TCP destino																
Número de secuencia																															
Número de acuse de recibo																															

HLEN	Reservado	Bits código	Ventana
Suma de verificación		Puntero de urgencia	
Opciones (si las hay)			Relleno
Datos			
...			

Figura # 1.5 Datagrama TCP

1.7 Futuro de las Comunicaciones

La evolución de la industria ha presentado al mercado una gran cantidad de estándares y formatos tecnológicos. Dentro de esta conjunto, el cliente se encuentra con diversas alternativas que prometen solucionar sus problemas.

Cada esquema posee sus ventajas y desventajas. Así por ejemplo, soluciones de alta velocidad a nivel de desktop pueden ser implementadas sobre ATM⁴¹ o Fast Ethernet⁴², entre otras. Sin embargo, existen restricciones de costos, desempeño de aplicaciones específicas, infraestructura previamente instalada y del personal técnico.

La gran base de redes LAN instaladas en el mundo y de computadores residenciales presenta una tasa creciente de interconexión a Internet como se puede observar en la *tabla # 1.9* Muy pronto se observará el surgimiento de una diversidad de aplicaciones de banda ancha hasta el usuario, soportadas por un robusto backbone⁴³ TCP-IP.

Regiones	Población (2005 Est.)	% Pobl. Mundial	Usuarios Internet	Crecimiento (2000-2005)	% Uso Mundial
Africa	896'721.874	14.0 %	23'867.500	428.7 %	2.5 %
Asia	3.622'994.130	56.4 %	327'066.713	186.1 %	34.2 %
Europa	731'018.523	11.4 %	273'262.955	165.1 %	28.5 %
Oriente Medio	260'814,179	4.1 %	21'422.500	305.4 %	2.2 %
Norte América	328'387.059	5.1 %	223'779.183	107.0 %	23.4 %
Latinoamérica / Caribe	546'723.509	8.5 %	70'699.084	291.3 %	7.4 %
Oceania	33'443.448	0.5 %	17'655.737	131.7 %	1.8 %
TOTAL MUNDIAL	6.420'102.722	100.0 %	957'783.672	165.3 %	100.0 %

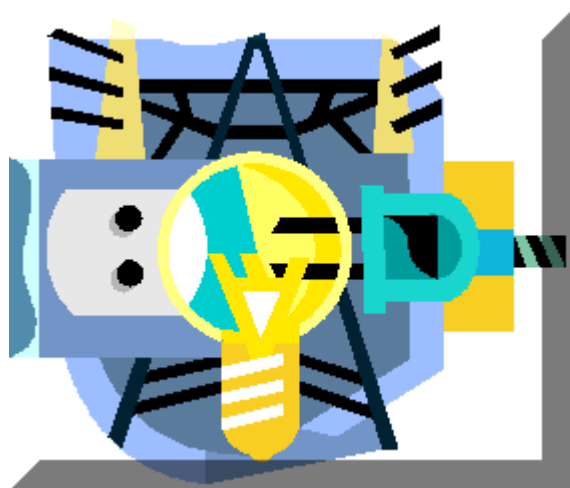
Tabla # 1.9 Usuarios Internet

Esta tendencia, alimentada por Internet y por la difusión de TCP-IP como protocolo de capa 3 en redes LAN, representa una clara señal para los administradores y planificadores de redes. La clásica problemática planteada hace algunos años atrás sobre la conveniencia de emplear Frame Relay⁴⁴, ATM (*Modo de transferencia asincrónico*) u otro protocolo de enlace para montar un backbone de alta velocidad, carece en la actualidad de sentido. La respuesta es simple: emplear TCP-IP en capa 3 y los formatos de capa 2 más convenientes de acuerdo a la velocidad y necesidad de servicio de la red y los usuarios.

Esta solución tecnológica ha demostrado su flexibilidad de crecimiento con la tremenda expansión de Internet a nivel mundial y promete imponerse con fuerza en el ámbito nacional.

El inevitable surgimiento de un backbone IP de alta velocidad vendrá de la mano de nuevas aplicaciones y servicios para los usuarios. En este ambiente, surgirán nuevas empresas que aprovecharán este importante cambio tecnológico y comenzarán a utilizar la infraestructura de red Internet para ofrecer una amplia gama de servicios de telecomunicaciones.

CAPITULO II



LAS REDES ELÉCTRICAS

INTRODUCCION

Podemos afirmar que la electricidad es una herramienta fundamental para poder subsistir en medio de este mundo con tantos avances tecnológicos que tienen a la electricidad como el motor indispensable para éstos.

En este capítulo se presenta un resumen donde se puede destacar que la electricidad ha sido tema de investigación durante siglos y hasta en la actualidad demuestra notables avances ya sea en su generación como en los sistemas de distribución.

Además se presenta un análisis de la cobertura eléctrica en nuestro país, enfocándose al sistema administrativo y legal de este servicio.

2.1 Electricidad

Todos los elementos de la naturaleza están compuestos de átomos y una de las partículas principales de todos los átomos son los electrones, los cuales se pueden desplazar de un átomo a otro, incluso entre materiales diferentes, formando "corrientes eléctricas" que recorren miles de kilómetros por segundo. La unidad para medir la corriente eléctrica es el "amperio", que equivale aproximadamente a un flujo de $6'250.000'000.000'000.000$ (6.25×10^{18}) electrones cada segundo.

En el año 1551 Cardan observó las diferencias existentes entre las propiedades magnéticas de la magnetita⁴⁵ y las propiedades eléctricas del ámbar⁴⁶.

En 1747 Franklin distinguió entre carga⁴⁷ positiva y carga negativa. Los primeros estudios cuantitativos de la electricidad se deben a Priestley y Coulomb, quienes independientemente descubrieron la ley de atracción y de repulsión de las cargas eléctricas.

El físico italiano Alessandro Volta en 1795 resolvió el problema de almacenamiento de energía construyendo la primera pila eléctrica. En 1820 el físico Danés Hans Ch. Oersted descubrió el efecto de una corriente eléctrica sobre una aguja imantada, poniendo en manifiesto la existencia de un campo magnético alrededor de un hilo conductor, y en 1831 el inglés Michael Faraday consiguió la producción de corrientes eléctricas inducidas mediante un campo magnético variable. Las ecuaciones del campo electromagnético⁴⁸ de Maxwell, en 1865, supusieron el establecimiento del electromagnetismo clásico que, salvo algunas restricciones, está todavía vigente, a pesar de la teoría cuántica y de la relatividad.

2.2 Medios de generación de Electricidad.

La generación de electricidad en términos generales, consiste en transformar alguna clase de energía, "no eléctrica", sea esta química, mecánica, térmica, luminosa, etc. en energía eléctrica.

Dependiendo de la fuente primaria de energía utilizada, las centrales generadoras se clasifican en:

- **Térmicas.-** es una instalación industrial empleada para la generación de electricidad a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de algún combustible fósil como petróleo, gas natural o carbón.

Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica.

En la actualidad se construyen numerosas centrales termoeléctricas de las denominadas de ciclo combinado, que son un tipo de central que utiliza gas natural como combustible para producir el vapor que mueve una turbina de vapor. A continuación, aprovechando de la energía de los gases de escape de la combustión se mueve una turbina de gas. Cada una de estas turbinas está acoplada a su correspondiente alternador para generar la electricidad como en una central termoeléctrica clásica.

- **Hidroeléctricas.-** es aquella que genera electricidad mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua embalsada en una presa situada a más alto nivel que la central.

El agua es conducida mediante una tubería de descarga a la sala de máquinas de la central, donde mediante enormes turbinas hidráulicas se produce la

generación de energía eléctrica en alternadores cuya potencia, dependiendo del desnivel entre la presa y la central, puede ser de varios centenares de megavatios.

- **Nucleares.-** genera energía eléctrica a partir de energía nuclear, que se caracteriza por el empleo de materiales fisionables que mediante reacciones nucleares proporcionan calor. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica.

Las centrales nucleares constan de uno o varios reactores, que son vasijas impermeables a la radiación en cuyo interior se albergan varillas u otras configuraciones geométricas de minerales con algún elemento fisil⁴⁹ (que puede convertirse en fisil por reacciones nucleares), usualmente uranio. En el proceso de fisión radiactiva, se establece una reacción que es sostenida y moderada mediante el empleo de elementos auxiliares dependientes del tipo de tecnología empleada.

- **Eólicas.-** se utiliza para mover aerogeneradores, que son molinos que a través de un generador producen energía eléctrica. Suelen agruparse en parques eólicos, concentraciones de aerogeneradores necesarias para que la producción de energía resulte rentable. Este tipo de generadores se ha popularizado rápidamente debido a que la energía eólica presenta las siguientes ventajas:
 - Es un tipo de energía renovable, a diferencia de la quema de combustible fósil.

- Se considera una "energía limpia" (respetuosa con el medio ambiente), ya que no requiere una combustión que produzca residuos contaminantes ni destruir recursos naturales.
- **Solares termoeléctricas.**- es una instalación que a partir del calentamiento de un fluido mediante radiación solar, y su uso en un ciclo termodinámico convencional se produce la potencia necesaria para mover un alternador para generar electricidad como en una central térmica clásica.

Constructivamente, es necesario concentrar la radiación solar para que se puedan alcanzar temperaturas elevadas, de 300 ° C hasta 1000 ° C, y obtener así un rendimiento aceptable en el ciclo termodinámico, que no se podría obtener con temperaturas más bajas. La captación y concentración de los rayos solares se hacen por medio de espejos con orientación automática que apuntan a una torre central donde se calienta el fluido, o con mecanismos más pequeños de geometría parabólica. El conjunto de la superficie reflectante y su dispositivo de orientación se denomina "helióstato".

- **Solares fotovoltaicas.**- Forma de obtención de energía solar a través de dispositivos semiconductores tipo diodo que al recibir radiación solar se excitan, provocan saltos electrónicos y una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.

El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas, y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos. A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan las placas fotovoltaicas se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red, operación que es muy rentable

económicamente pero que precisa todavía de subvenciones para una mayor viabilidad.

En entornos aislados, donde se requiere poca corriente eléctrica y el acceso a la red está penalizado económicamente por la distancia, como estaciones meteorológicas o repetidores de comunicaciones, se emplean las placas fotovoltaicas como alternativa económicamente viable.

Alemania es en la actualidad el segundo productor mundial de energía solar fotovoltaica tras Japón, con cerca de 5 millones de metros cuadrados de colectores de sol, aunque sólo representa el 0,03% de su producción energética total. Las ventas de paneles fotovoltaicos han crecido en el mundo al ritmo anual del 20% en la década de los noventa.

- **Mareomotrices** .- es la que resulta de aprovechar las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de La Tierra y La Luna, y que resulta de la atracción gravitatoria de esta última sobre las masas de agua de los mares. Esta diferencia de alturas puede aprovecharse interponiendo partes móviles al movimiento natural de ascenso o descenso de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje. Mediante su acoplamiento a un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más útil y aprovechable. Es un tipo de energía renovable limpia.

La energía mareomotriz tiene la cualidad de renovable, en tanto que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación, y limpia, ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes

gaseosos, líquidos o sólidos. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han evitado una proliferación notable de este tipo de energía.

2.3 Características y fenómenos de la Electricidad

2.3.1 Voltaje

El voltaje, a veces denominado fuerza electromotriz (FEM), es una fuerza, o presión eléctrica que se produce cuando se separan los electrones y los protones. La fuerza que se crea realiza un empuje hacia la carga opuesta y en dirección contraria al de la carga del mismo signo. El voltaje se representa a través de la letra "V" y a veces a través de la letra "E", que corresponde a fuerza electromotriz. La unidad de medición del voltaje es el voltio (V), y se define como la cantidad de trabajo, por unidad de carga, que se necesita para separar las cargas.

$$V = \frac{T}{Q}$$

La diferencia de potencial entre dos puntos (1 y 2) de un campo eléctrico es igual al trabajo que realiza dicho campo sobre la unidad de carga positiva para transportarla desde el punto 1 al punto 2.

Es independiente del camino recorrido por la carga y depende exclusivamente del potencial de los puntos 1 y 2 en el campo; se expresa por la fórmula:

$$V_1 - V_2 = E \times r$$

Donde:

$V_1 - V_2$: es la diferencia de potencial

E : es la Intensidad de campo en newton/culombio

r : es la distancia en metros entre los puntos 1 y 2

Igual que el potencial, en el Sistema Internacional de Unidades la diferencia de potencial se mide en voltios.

Si dos puntos que tienen una diferencia de potencial se unen mediante un conductor, se producirá un flujo de corriente eléctrica. Parte de la carga que crea el punto de mayor potencial se trasladará a través del conductor al punto de menor potencial y, en ausencia de una fuente externa (generador), esta corriente cesará cuando ambos puntos igualen su potencial eléctrico.

2.3.2 Intensidad de Corriente

Es el flujo de cargas que se crea cuando los electrones se desplazan. En los circuitos eléctricos, la corriente se debe al flujo de electrones libres. Cuando se aplica voltaje y existe un camino para la corriente, los electrones se desplazan a lo largo del camino desde la terminal negativa (que los repele) hacia la terminal positiva (que los atrae).

La corriente se representa a través de la letra "I", la unidad de medición de la corriente es el *Amperio (Amp)*, que se define como la cantidad de cargas por segundo que pasan por un punto en el camino.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Para lograr que este movimiento de electrones se de en un sentido o dirección, es necesario una fuente de energía externa. Cuando se coloca un material eléctricamente neutro entre dos cuerpos cargados con diferente potencial (tienen diferente carga), los electrones se moverán desde el cuerpo con potencial más negativo hacia el cuerpo con potencia más positivo.

El flujo de electrones va del potencial negativo al potencial positivo. Sin embargo se toma por convención que el sentido de la corriente eléctrica va desde el potencial positivo al potencial negativo

2.3.3 Resistencia

Los materiales a través de los cuales circula la corriente presentan distintos grados de oposición, o resistencia, al movimiento de los electrones. Los materiales que presentan muy poca o ninguna resistencia se denominan conductores. Aquellos que no permiten que la corriente circule, o que restringen severamente la circulación, se denominan aisladores.

El grado de resistencia depende de la composición química de los materiales. La resistencia se representa por medio de la letra "R". La unidad de medición de la resistencia es el ohmio (Ω). El símbolo proviene de la letra mayúscula griega " Ω ", omega.

La resistencia eléctrica de un conductor es la medida de la oposición que dicho conductor presenta al movimiento de los electrones en su seno, o sea la oposición que presenta al paso de la corriente eléctrica y depende de la longitud del conductor, de su sección y de la temperatura del mismo.

Se calcula por la siguiente expresión:

$$R = \frac{l\rho}{s}$$

Donde:

R = Resistencia

l = Longitud

s = Sección

ρ = Resistividad (Característica para cada material y temperatura)

2.3.4 Corriente alterna (CA)

Esta es una de las dos formas en que circula la corriente. La *corriente alterna (CA)* y los voltajes varían con el tiempo, cambiando su polaridad o dirección. La CA circula en una dirección, luego invierte su dirección y repite el proceso (Ver Figura # 2.1).

El voltaje de CA es positivo en una terminal y negativo en la otra, luego invierte su polaridad, de modo que la terminal positiva se transforma en negativa, y la terminal negativa se transforma en positiva. Este proceso se repite de forma continua.

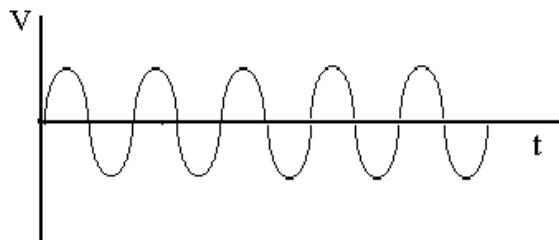


Figura # 2.1 Onda de la Corriente Alterna

Las líneas de transmisión son dependientes del flujo o intensidad de corriente y no del flujo de energía, por lo que si mediante un transformador elevamos el voltaje hasta altos valores (alta tensión), la misma potencia puede ser distribuida a largas distancias con bajas intensidades de corriente y por tanto con bajas pérdidas.

Una vez en el punto de utilización o en sus cercanías el voltaje puede ser de nuevo reducido para su uso doméstico de forma segura.

2.3.5 Corriente continua (CC)

Esta es la otra forma en que circula la corriente. Las corrientes continuas (CC) siempre circulan en la misma dirección, y los voltajes de CC siempre tienen la misma polaridad (*Ver Figura # 2.2*). Una terminal es siempre positiva y la otra es siempre negativa. Estas direcciones no se modifican ni se invierten.

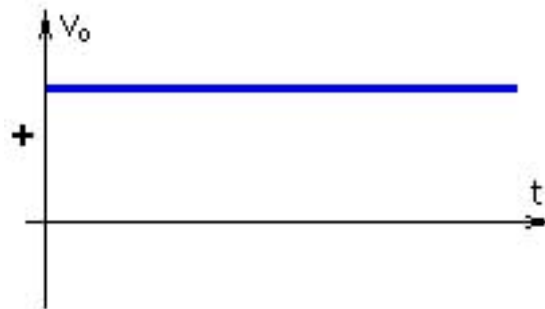


Figura # 2.2 Onda de la Corriente Continua

Tras el descubrimiento de Thomas A. Edison de la generación de electricidad en las postrimerías del siglo XIX, la corriente continua comenzó a emplearse para la transmisión de la energía eléctrica. Ya en el siglo XX este uso decayó en favor de la corriente alterna por sus menores pérdidas en la transmisión a largas distancias, si

bien se conserva en la conexión de redes eléctricas de diferente frecuencia y en la transmisión a través de cables submarinos.

La corriente continua es empleada en infinidad de aplicaciones y aparatos de pequeño voltaje alimentados con baterías (generalmente recargables) que suministran directamente corriente continua, o bien con corriente alterna como es el caso, por ejemplo, de los ordenadores, siendo entonces necesario previamente realizar la conversión de la corriente alterna de alimentación en corriente continua.

2.3.6 Impedancia.

Es la oposición que presenta un circuito al paso de la corriente alterna. Es un valor vectorial compuesto en su parte real por un valor de resistencia y en su parte imaginaria por un valor de reactancia y se calcula de la siguiente manera:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Donde:

Z = Impedancia medida en Ohms (Ω)

R = Resistencia medida en Ohms (Ω)

X = Reactancia total medida en Ohms (Ω)

La reactancia es el valor de la oposición al paso de la corriente (solo corriente alterna) que tienen los condensadores (capacitores) y las bobinas (inductores). En este caso existe la reactancia capacitiva debido a los condensadores y la reactancia inductiva debido a las bobinas.

Se presenta la impedancia cuando en un mismo circuito se tienen estos elementos combinados (resistencias, condensadores y bobinas) y por ellas circula corriente alterna.

La impedancia tiene unidades de Ohmios (Ohms). Y es la suma de una componente resistiva (debido a las resistencias) y una componente reactiva (debido a las bobinas y los condensadores).

$$Z = R + jX$$

La jota (j) que precede a la X, nos indica que ésta (la X) es un número imaginario. No es una suma directa.

Lo que sucede es que estos elementos (la bobina y el condensador) causan una oposición al paso de la corriente alterna (además de un desfase), pero idealmente no causa ninguna disipación de potencia, como si lo hace la resistencia (La ley de Joule).

En la bobina, las corrientes, el condensador y las corrientes se ve que hay un desfase entre las corrientes y los voltajes, que en el primer caso es atrasada y en el segundo caso es adelantada.

El desfase que ofrece una bobina y un condensador es opuesto, y si estos llegan a ser de la misma magnitud, se cancelarían y la impedancia total del circuito sería igual al valor de la resistencia.

2.3.7 Tierra

El término conexión a tierra puede ser un concepto difícil de entender totalmente ya que se usa para distintos propósitos. Conexión a tierra significa el punto de referencia, o el nivel de 0 voltios, cuando se realizan mediciones eléctricas.

El voltaje se crea mediante la separación de las cargas, lo que significa que las mediciones de voltaje se deben realizar entre dos puntos. El multímetro (que mide el voltaje, la corriente y la resistencia) posee dos cables con ese fin. El cable negro se denomina conexión a tierra o *conexión a tierra de referencia*. La terminal negativa de una batería también se denomina 0 voltios o conexión a tierra de referencia.

2.4 Distribución de la Energía Electricidad

La red de transporte de energía eléctrica es la parte del Sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar la energía generada en las centrales hidroeléctricas, térmicas, de ciclo combinado y/o nuclear a través de grandes distancias hasta los puntos de consumo.

Uno de los grandes problemas de la electricidad es que no puede almacenarse, sino que debe ser transmitida y utilizada en el momento mismo que se genera. Este problema no queda resuelto con el uso de acumuladores o baterías, como las que utilizan los coches y los sistemas fotovoltaicos, pues sólo son capaces de conservar cantidades pequeñas de energía y por muy poco tiempo.

Conservar la electricidad que producen las grandes plantas hidroeléctricas y termoeléctricas es un reto para la ciencia y la tecnología. En algunos lugares, se aprovechan los excedentes de energía eléctrica o la energía solar para bombear agua

a depósitos o presas situados a cierta altura; el agua después se utiliza para mover turbinas y generadores, como se hace en las plantas hidroeléctricas.

En cuanto se produce la electricidad en las plantas, una enorme red de cables tendidos e interconectados a lo largo y ancho del país, se encargan de hacerla llegar, casi instantáneamente, a todos los lugares de consumo: hogares, fábricas, talleres, comercios, oficinas, etc.

Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las Torres de alta tensión.

Al estar estas formadas por estructuras hechas de perfiles de acero, como medio de sustentación del conductor se emplean aisladores de disco y herrajes para soportarlos.

El transporte y la distribución de electricidad son actividades reguladas y remuneradas por una tarifa regulada por ley.

Los comercializadores deben pagar por la utilización de la red de transporte y de distribución para suministrar a sus clientes una tarifa de acceso a la red. También especifica los requisitos legales que debe cumplir el distribuidor en cuanto a la calidad de suministro, el nivel de calidad zonal y las sanciones.

Todo cliente cualificado puede delegar en su comercializador la solicitud del contrato de acceso a la red ante el distribuidor correspondiente

En la *Figura # 2.3* se esquematiza la estructura de una red eléctrica para su distribución.

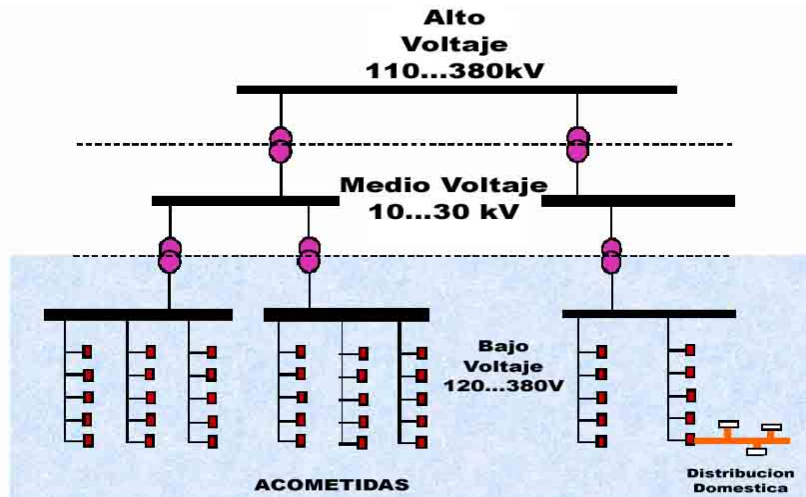


Figura # 2.3 Modelo de referencia de la red de distribución eléctrica

Para llevar la electricidad de la planta generadora a todos los consumidores primeramente la electricidad pasa del generador al transformador, el cual aumenta el voltaje de 25,000 voltios a 400,000. Cuando la electricidad va a viajar largas distancias es mejor que tenga un alto voltaje.

Esta electricidad a 400,000 voltios es transportada por gruesos cables de cobre y aluminio con muy baja resistencia (dejando que toda la electricidad fluya sin restricciones). Estos cables llegan a subestaciones cerca de las ciudades y grandes fábricas donde otro transformador convierte el alto voltaje de regreso a un bajo voltaje.

De estas subestaciones, la electricidad a bajo voltaje y con ayuda de otro transformador el voltaje es transformado a 220 voltios para grandes aparatos eléctricos, o bien, a 110 voltios para pequeños.

- **Red de transmisión troncal o de alto voltaje.-** formada por instalaciones de transmisión a muy alta tensión (400,000 y 230,000 voltios), que permite movilizar grandes cantidades de energía entre regiones alejadas. Esta red es alimentada por las centrales generadoras y abastece a las redes de sub transmisión. Las

distancias de transporte son grandes, lo que implica altos voltajes para minimizar las pérdidas (una región, un país, entre países).

- **Redes de sub-transmisión.-** tienen una cobertura regional y utilizan las altas tensiones de transmisión (69,000 a 161,000 voltios). Suministran la energía a las redes de distribución en media tensión. Distribuyen la energía dentro de un área de consumo determinada.
- **Red de medio voltaje:** redes de distribución en media tensión (2,400 a 34,500 voltios). Permiten distribuir la energía dentro de zonas geográficas relativamente pequeñas y entregan la energía a las redes de distribución en baja tensión.
- **Red de bajo voltaje:** es la que distribuye la energía a los locales de usuario final, a los voltajes de utilización final (110V-220V-380V)
- **Red de distribución doméstica:** comprende el cableado de energía y las tomas dentro de los locales del usuario final.

2.5 Servicios y características de las redes eléctricas en Ecuador.

De acuerdo a estudios realizados por CEDATOS - GALLUP para el Banco Mundial entre los años 2003 y 2004, Ecuador es el país latinoamericano que menos ha progresado en materia de privatización y modernización para el sector eléctrico. En 1996 se dio paso a la ley que desintegraba el antiguo INECEL, que por entonces monopolizaba la gran mayoría de actividades en el sector habiéndose creado siete empresas entre las que se seguiría manejando las actividades de generación y transmisión de energía.

El Estado en diversas ocasiones ha realizado esfuerzos por atraer inversión extranjera abriendo el sector a la competencia privada o la participación en las empresas del Fondo de Solidaridad, muy frecuentemente estos esfuerzos han sido contrarrestados por fuertes presiones políticas y el creciente desinterés de los inversionistas extranjeros en ingresar a mercados que presenten un mayor riesgo.

Esto ha determinado que actualmente menos del 20% de la capacidad de producción de energía del país provenga del sector privado, siendo las empresas del Fondo las que tienen la mayor participación.

Se considera que la generación de energía eléctrica ha estado en línea con la demanda, pero para poder crecer más, el país requiere de nuevas inversiones, especialmente si se considera la naturaleza de su infraestructura de generación, mayoritariamente hidroeléctrica.

La realidad del Ecuador en este sentido es que durante los últimos diez años más del 60% de la energía ha sido originada en sistemas hidroeléctricos, habiéndose observado un pico de 80.6% en 1994. Es preocupante sin embargo el hecho de que siendo el sector muy dependiente de la generación hidroeléctrica no se hayan realizado mayores inversiones para contrarrestar los efectos de los estiajes de los meses de verano, a pesar de que se considera que existen suficientes reservas de energía termoeléctrica.

En base a estudios de planificación realizadas por el CONELEC, se ha determinado que se requiere un incremento de capacidad de generación del 5.7% anual (*Ver Tabla # 2.1*), en consecuencia existe un importante reto e interesantes oportunidades para el sector privado para incorporar nueva generación.

PERIODO DE PRESENTACIÓN	DEMANDA	CONSUMO
-------------------------	---------	---------

DE LA SOLICITUD	PROMEDIO MENSUAL (KW)	ANUAL (MWh)
Hasta Diciembre 2002	1000	7000
Enero – Junio 2003	930	6500
Julio – Diciembre 2003	860	6000
Enero – Junio 2004	790	5500
Julio – Diciembre 2004	720	5000
Enero 2005 en adelante	650	4500

Tabla # 2.1 Demanda de Energía Eléctrica en el Ecuador

Debido a que no ha habido mayores inversiones en el sector en los últimos años en tanto que se estima que se necesitará al menos 100 megavatios adicionales por año para poder atender la demanda de energía, es claro que nuevas inversiones son necesarias, pero para ello es el Estado quien debe generar el ambiente político y legal idóneo para hacer del Ecuador un mercado de menos riesgo que el percibido actualmente en el exterior.

Las instalaciones de generación existentes, deben lograr una tendencia a la modernización, para ser más eficientes y lograr que el precio de la energía sea más económico para el cliente, respetando las condiciones de calidad, seguridad y confiabilidad del suministro.

2.5.1. Generadores de electricidad en el Ecuador

El Ecuador tiene un amplio potencial energético, evaluándose que en el Ecuador existe un potencial económicamente rentable de 22.000 MW producidos en centrales hidroeléctricas, de los cuales apenas 1.700 se han instalado en la actualidad. (Ver Tabla # 2.2).

Capacidad Instalada en Centrales Eléctricas en el Ecuador (MW)							
Año	Hidráulica	Térmica Gas	Térmica Gas Natural	Térmica MCI	Térmica Vapor	Importación	Total
1995	1 504	315		253	478		2 550
1996	1 504	509		151	575		2 739
1997	1 507	770		137	712		3 126
1998	1 526	726		494	598		3 344
1999	1 707	821		348	475	20	3 371
2000	1 707	821		348	475	20	3 371
2001	1 715	475		347	671	40	3 248
2002	1 746	534	159	431	581	40	3 491
2003	1 746	616	162	505	446	290	3 765
2004	1 746	616	166	510	446	290	3 775

MCI=Motor de Combustión Interna

Tabla # 2.2. Energía Eléctrica generada en el Ecuador

Estableciéndose que a pesar de existir un gran potencial hidráulico para la generación de energía, este simplemente contribuye con el 52.10% de la demanda total solicitada por el país. (Ver Figura # 2.4)

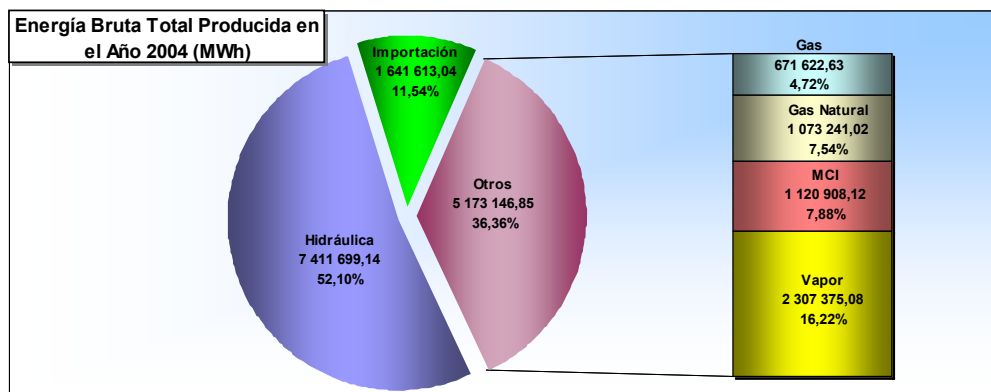


Figura # 2.4 Energía eléctrica producida

La cobertura nacional del servicio de energía eléctrica según el último censo de población y vivienda realizado por el INEC, el porcentaje total de viviendas con energía

eléctrica alcanzó el 89.67%, de donde el área Urbana posee el 93,30% y la zona rural el 79,08%.

Las principales compañías generadoras de electricidad se detallan en la Tabla # 2.3

COMPAÑIA	CAPACIDADION DE GENERACION
Compañía de Generación Hidroeléctrica Agoyán "HIDROAGOYAN S.A."	246 MW
Compañía de Generación Hidroeléctrica Paute "HIDROPAUTE S.A."	1075 MW
Compañía de Generación Termoeléctrica Esmeraldas "TERMOESMERALDAS S.A."	125MW
Compañía de Generación Termoeléctrica Pichincha "TERMOPICHINCHA S.A."	82MW
Empresa Generadora del Austro	69.23 MW
Hidroeléctrica Nacional, Hidronación S.A.	213MW

Tabla # 2.3 Empresas generadoras de Energía Eléctrica del Ecuador

2.5.2 Distribuidores concesionados de energía eléctrica

La industria del Sector Eléctrico se desarrolla mediante un sistema de bolsa de energía, a la que concurren las diferentes generadoras con su oferta y las distribuidoras con su demanda para vender y comprar respectivamente, este sistema se denomina Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). También pueden comprar en este mercado los Grandes consumidores.

El precio de la energía en el mercado ocasional es variable, y depende de las condiciones de la oferta y la demanda en cada hora, en este lapso de tiempo la demanda es cubierta por un conjunto de plantas seleccionadas en función al mérito económico establecido por los costos variables de producción, las centrales que son

despachadas para cubrir la demanda de esa hora son remuneradas con el costo marginal de esa hora, también se remunera la potencia disponible.

A lo largo de todo el país se han establecido 19 empresas eléctricas mismas que se describen en la Tabla # 2.4 y se encuentran enlazadas a las fuentes generadoras a través del sistema nacional interconectado "SNI" (*Ver Figura # 2.5*).

EMPRESA	PROVINCIAS DE COBERTURA
Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil (CATEG)	Guayas
Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro - Norte S.A.	Tungurahua, Pastaza, Napo, Morona Santiago
Empresa Eléctrica Azogues C.A.	Cañar
Empresa Eléctrica de Bolívar S.A. (EMELBO S.A.)	Bolívar
Empresa Eléctrica del Ecuador Inc. (EMELEC)	Guayas
Empresa Eléctrica Los Ríos C.A.	Los Ríos
Empresa Eléctrica Manabí S.A. (EMELMANABI S.A.)	Manabí
Empresa Eléctrica Milagro C.A.	Guayas, Cañar, Los Ríos, Chimborazo
Empresa Eléctrica Península de Santa Elena C.A.	Guayas
Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. (ELEPCO S.A.)	Cotopaxi
Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S. A.	Galápagos
Empresa Eléctrica Quito S.A.	Pichincha, Napo
Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (CENTROSUR)	Azuay, Cañar, Morona Santiago
Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.	Loja, Zamora Chinchipe
Empresa Eléctrica Regional El Oro S.A.	El Oro, Azuay
Empresa Eléctrica Regional Esmeraldas S.A. (EMELESA)	Esmeraldas
Empresa Eléctrica Regional Guayas - Los Ríos S.A. (EMELGUR)	Guayas, Los Ríos, Manabí, Cotopaxi, Azuay
Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. (EMELNORTE S.A.)	Carchi, Imbabura, Pichincha, Esmeraldas, Sucumbíos
Empresa Eléctrica Regional Sucumbíos S.A.	Sucumbíos, Napo, Francisco de Orellana

Tabla # 2.4. Empresas distribuidoras de Energía Eléctrica del Ecuador

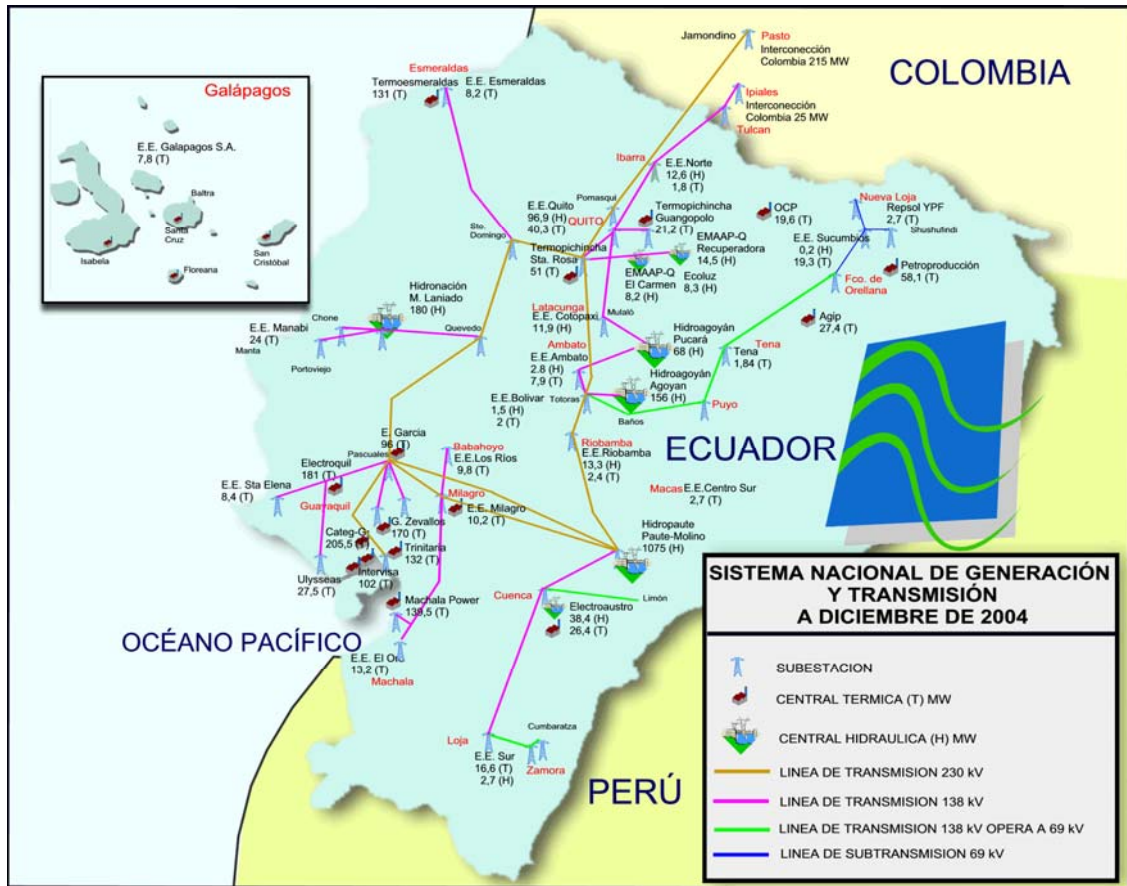
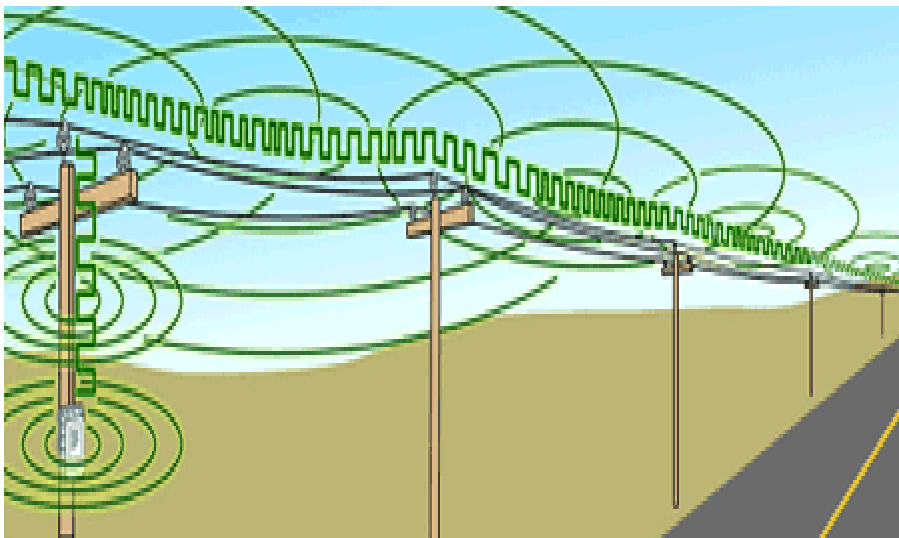


Figura # 2.5 Sistema general de generación y transmisión

CAPITULO III



TRANSMISION DE INFORMACION POR LA RED ELECTRICA

INTRODUCCION

El desarrollo de la computación y su integración con las telecomunicaciones en la telemática han propiciado el surgimiento de nuevas formas de comunicación, que en poco tiempo se estandarizan y acoplan definitivamente a la lista de métodos existentes de comunicación como lo podemos verificar con la invención de la comunicación a través de fibra óptica.

Cada día existe más demanda de servicios de telecomunicación entre computadoras y el enfoque al que se orientan los proyectos de investigación converge en establecer una comunicación con mejores características técnicas y menores costos de implementación.

La creación de un método de comunicación que aproveche la estructura física existente en el sistema de distribución eléctrica es el objetivo de este capítulo, donde se detalla el desarrollo que presenta esta tecnología en la actualidad.

3.1 Reseña Histórica - Las Redes Eléctricas como medio de Comunicación.

El uso de la red eléctrica como canal de comunicación de datos no es una novedad, la idea de comunicarse a través de la red eléctrica, surgió en 1920, año del que datan al menos dos patentes relacionadas con las comunicaciones PowerLine (como se conocen mundialmente las comunicaciones por la red eléctrica).

En 1922, empezó a operar el primer sistema de frecuencia portadora (CFS) en las líneas de alta tensión, en el rango de frecuencias que va de 15 hasta 500kHz. Entonces, en 1951 el ingeniero británico Paúl Brown desarrolló un sistema para transmitir voz y datos a través de la red eléctrica, luego otros ingenieros intentaron mejorar el sistema pero no pudieron resolver el problema que producía el ruido eléctrico que se generaba con la conexión o desconexión de los distintos equipos instalados, como bombas, lavarropas, equipos de aire acondicionado, etc.

La solución encontrada por Brown consiste en utilizar varias frecuencias, enviando pequeños paquetes de información a través de cada una de ellas, para luego volver a integrar las partes, previa corrección de errores. Este sistema es similar al de los paquetes TCP/IP de Internet, y de hecho también puede servir para conectarse a la Web.

El potencial del invento es enorme, pues los cables de electricidad llegan a muchísimos más hogares que las líneas telefónicas. Esto permitirá que las compañías eléctricas funcionen como operadoras de telefonía y telecomunicaciones, y además que la conexión hogareña a Internet se efectúe por medio de cualquiera de los tomacorrientes eléctricos normales ubicados en los distintos lugares de las casas.

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. Por ello las telecomunicaciones son fruto de los cambios de la física desde antes de la primera revolución industrial, aunque su desarrollo se hace presente desde el siglo XIX.

Los aportes científicos y tecnológicos de la electrónica, microelectrónica, ciencia de materiales y el espacio, óptica, cibernética, entre otros, ya en el siglo XX incidieron directamente en el perfeccionamiento de las primeras redes y la diversificación de servicios.

Desde la década de los años 40 del pasado siglo, se ha especulado con la posibilidad de aprovechar también la red eléctrica como red de comunicaciones. Finalmente, 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 rápidamente, 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 experiencias piloto en otros muchos

3.2 Las redes eléctricas medio de comunicación en la actualidad.

La posibilidad de construir una arquitectura de red dentro del hogar hace de las comunicaciones PLC un tema de actualidad con especial importancia, ya que facilitaría la implantación de la red del hogar sin cableado específico. El objetivo último de la búsqueda de nuevas soluciones para edificar la red del hogar está en la oferta por parte de las diferentes compañías de servicios de valor añadido, como el acceso a Internet a alta velocidad, conexión de ordenadores, televisión bajo demanda, control de electrodomésticos.

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.

Esquemas de modulación como FSK⁵⁰ o ASK⁵¹, altamente robustas en este entorno, y empleadas tradicionalmente en los dispositivos PowerLine que operan bajo el cumplimiento de la normativa europea EN 50065-1- quien regula este tipo de comunicaciones.

Se conoce que el acceso a la red eléctrica está más extendido que el acceso a la red telefónica, no importa el nivel de desarrollo del país. Así pues, como en la transmisión de voz y datos se utiliza un cable de cobre, pronto surgió la idea de transmitir voz y datos por el mismo cable que daba suministro eléctrico.

Las pioneras en el uso de esta tecnología fueron, como era de esperar, las propias compañías eléctricas, que desarrollaron los PLC para cuestiones de mantenimiento y gestión de sus propias redes eléctricas, mediante transmisiones unidireccionales (hacia la compañía). Emplearon módems PLC para recoger datos acerca del consumo y de la facturación. Son lentos (9600 bps), pero esta velocidad es suficiente para

estudiar las cargas en las líneas y generar las facturas de los clientes, que era la principal necesidad.

Debido a la explosión de las tecnologías de la información las compañías eléctricas, deseosas de ampliar su ámbito de negocio, están desarrollados proyectos de transmisión de datos a alta velocidad a través del tendido eléctrico. La razón para esto se puede ver en varios aspectos fundamentales:

- 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 PLC.
- La liberalización del último tramo de conexión a la red telefónica, el bucle local o de abonado, lo que situaba a las compañías eléctricas en una posición firme para competir frente a las telefónicas.

Según análisis de las empresas Endesa e Iberdrola de España, las compañías eléctricas están empezando a desarrollar proyectos para implementar las PLC y hacerlas una realidad.

En estos proyectos se lleva trabajando desde hace cuatro años y actualmente ya hay consumidores conectados en Brasil, Alemania y Corea.

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 ésta 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, la tecnología PLC 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.

Para la implementación de esta tecnología en nuestro país se presentarían los siguientes inconvenientes:

- Existiría la competencia y oposición entre los sectores encargados de proveer servicios de energía eléctrica y telecomunicación ya que se dispone de las mismas ventajas de las tecnologías aplicadas es decir la red eléctrica llega al usuario final.
- La capacidad de transmisión de las redes PLC es de baja tensión, lo que en nuestro país sería un inconveniente debido a los picos frecuentes de voltaje.
- Siendo estos inconvenientes para los usuarios pero una gran oportunidad de mercado y negocio para las instituciones eléctricas y de telecomunicaciones.
- El CONATEL organismo encargado de la gestión y regularización de las frecuencias el PLC se desarrollaría en un entorno o medio alterado por ruido, por lo tanto la calidad de la transmisión de la señal es contaminada, debido a una variedad de cargas y a los efectos imprevisibles sobre la propagación de la señal, lo que hace necesario de una parte un proceso de normalización que

aclare la situación y el entorno normativo de carácter técnico para el aprovechamiento de nuevas tecnologías, y nuevos mercados que puedan satisfacer las necesidades de una sociedad cada vez mas progresiva y exigente.

- INECEL que es el ente encargado de prohibir la implementación de nuevas tecnologías que afecten a las ya implementadas siendo estas las interferencias, propagación de ruidos entre otras.
- La puesta en práctica de esta implementación de la transmisión de alta calidad con tecnología PLC sigue siendo hoy en la actualidad algo difícil de implementar y comercializar en nuestro país.

3.3 Análisis de características necesarias para la comunicación.

La red eléctrica consta de tres partes bien diferenciadas, donde en los tramos de de baja tensión, equivalentes a la "última milla" o bucle de abonado en las redes telefónicas, son los que conectan los hogares a las subestaciones de distribución.

Estas subestaciones proporcionan electricidad a un centenar de viviendas como mucho, es por esta característica que este tramo este el único que puede utilizar el PLC bajo condiciones básicas, aunque si puede ser escalable a los tramo de media y alta tensión.

PLC también conocida por DPL (Digital Power Line) o bien como BPL (Broadband Power Line) proporciona una transmisión bifilar⁵² usando como línea de transmisión

por el conocido “cable de la luz” que ha sido pensado para transportar energía en vez de información.

Para trabajar con las PLC se utiliza una red conocida como High Frequency Conditioned Power Network (HFPCN), para transmitir simultáneamente energía e información.

Las señales de baja frecuencia (50 ó 60 Hz, según la red) son las encargadas de la transmisión de la energía, mientras que las señales de más alta frecuencia pueden utilizarse para la transmisión de datos, circulando ambas simultáneamente a través del hilo de cobre.

Una serie de unidades acondicionadoras son las que se encargan del filtrado y separación de ambas señales y propagarlas bien hacia los usuarios finales.

3.3.1 La línea de transmisión

Básicamente se trata de dos conductores próximos entre sí, cuya finalidad es la de guiar la onda electromagnética que se propaga de modo “transversal electromagnético” (TEM); se requiere que la red eléctrica donde opera el sistema cuente con un neutro y una fase, los vectores campo eléctrico E y campo magnético H son perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación, es decir a los conductores de la línea. La onda electromagnética, en general de alta frecuencia, desde un generador (un transmisor de alta frecuencia) hasta una carga (generalmente un receptor).

El análisis es independiente del tipo de línea, que puede ser: bifilar, coaxial o de cintas paralelas. Los conductores que forman la línea se caracterizan por poseer:

- Resistencia a la corriente continua y otra resistencia variable con la frecuencia, debido al efecto "pelicular" por el cual la corriente circula por la superficie del conductor y no por el centro. Ambas resistencias en conjunto definen la resistencia distribuida medida en Ω (ohmios) / metro
- En transmisiones de alta frecuencia, los conductores de la línea se encuentran concatenados por un campo magnético variable, lo que da lugar a una inductancia distribuida.
- Entre los dos conductores que forman la línea existe una diferencia de potencial que da origen a un campo eléctrico; por este motivo aparece una capacidad distribuida a lo largo de la línea.

Debido a que el dieléctrico⁵³ no es perfecto, presenta componentes de pérdida en paralelo con la línea caracterizando así una conductancia distribuida.

Todas estas características definen al elemento de línea de longitud Δx , por lo que cada elemento de línea Δx estará compuesto por:

R = resistencia por unidad de longitud.

L = inductancia⁵⁴ por unidad de longitud.

C = capacidad por unidad de longitud.

G = conductancia⁵⁵ por unidad de longitud.

3.3.2 Modulación empleada

La señal PLC se modula entre 1,6 y 40Mhz dependiendo del sistema, actualmente no hay un estándar si no un grupo de sistemas diferentes e incompatibles entre si, básicamente se usan 3 tipos de modulación:

- **DSSSM** (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation). Puede operar con baja densidad de potencia espectral (PSD). Funciona transmitiendo simultáneamente por varias frecuencias diferentes. De esta forma, se incrementa la probabilidad de que los datos transmitidos lleguen a su destino. Además, los patrones de bits redundantes, llamados “chips”, se incluyen en la señal. En cualquier momento, se reciben partes de la señal simultáneamente en las distintas frecuencias en el receptor. Para poder recibir y decodificar la señal completa de modo satisfactorio, la estación receptora debe conocer el patrón de decodificación correcto. Realizar el seguimiento y la decodificación de los datos durante la transmisión es extremadamente difícil.
- **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplex). División de frecuencia por multiplexación ortogonal, Es una técnica de modulación FDM que permite transmitir grandes cantidades de datos digitales sobre una onda de radio. OFDM divide la señal de radio en muchas sub-señales que son transmitidas simultáneamente hacia el receptor en diferentes frecuencias (*Ver Figura # 3.1*). Además reduce la diafonía (efecto de cruce de líneas) durante la transmisión de la señal.

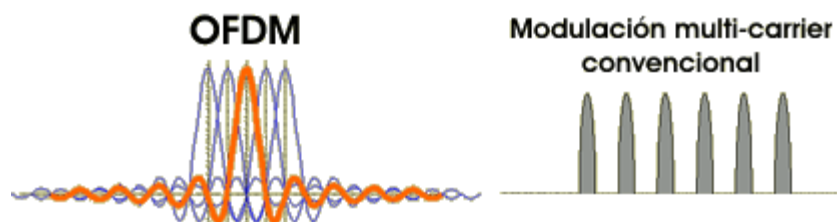


Figura # 3.1 Señal de ondas de modulación OFDM

- **GMSK** (Gaussian Minimum Shift Keying). Es una técnica de modulación frecuencia de la portadora con señales NRZ⁵⁶, utiliza un filtro de respuesta

gausseana en el tiempo y en frecuencia para introducir interferencia entre símbolos en forma controlada. Así se logra que las variaciones de frecuencia y de fase sean continuas.

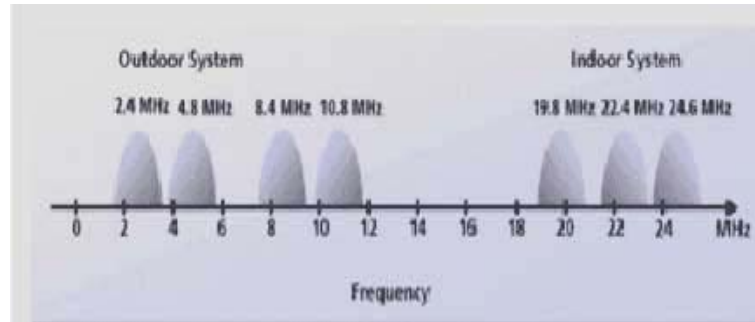


Figura # 3.2 Sistema PLC, plan de bandas

La figura # 3.2 muestra el sistema con OFDM que también utiliza tres enlaces en cada sentido pero al hacerlo mediante un sistema multiportadora es más eficiente y flexible.

Los fabricantes se diferencian según el número de portadoras empleado tenemos:

- **Sistema de Codengy:** 84 Portadoras, de 4,5 MHz a 21 MHz. Capacidad total máxima 14 Mb/s.
- **Sistema de DS2:** 1280 portadoras hasta 30 MHz. Flujo de datos de 45 Mb/s; 27 Mb/s en bajada y 18 Mb/s en subida. (Ver Figura # 3.3)

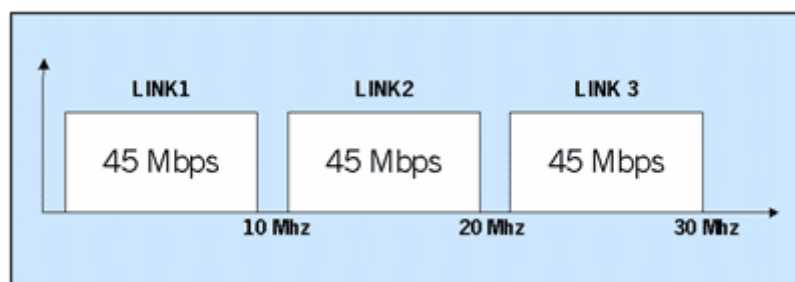


Figura # 3.3 Sistema DS2

La principal ventaja de este sistema es que se puede adaptar fácilmente a los cambios en las condiciones de transmisión de la línea eléctrica y que se pueden utilizar filtros para proteger los servicios que puedan resultar interferidos. (Ver Figura # 3.4)

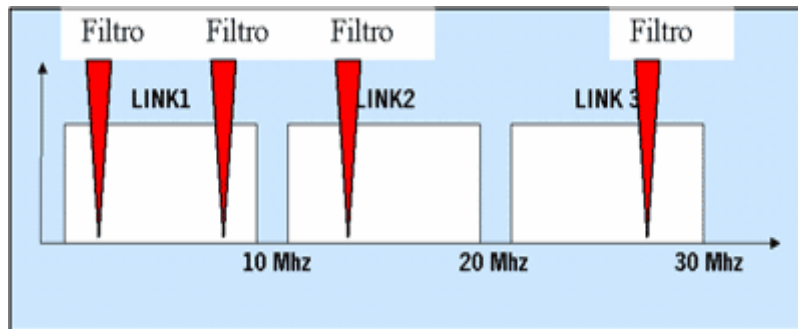


Figura # 3.4 Sistema OFDM con filtros

La forma de implementar estos filtros es variada y en general los fabricantes hablan de un sistema de control de espectro (Spectral Density Control) diferente según el fabricante. La penalización por colocar filtros consiste en una disminución del ancho de banda máximo y velocidad binaria alcanzable por el sistema.

3.3.3 Interferencias en la línea de transmisión.

Las líneas conductoras son muy sensibles a las interferencias que se produzcan en las frecuencias de transmisión de datos (alrededor de los 30 MHz). La red eléctrica no está protegida contra las ondas de radio; Tampoco contra el ruido electromagnético que puede introducir en la red los aparatos domésticos (Ver Figura # 3.5).

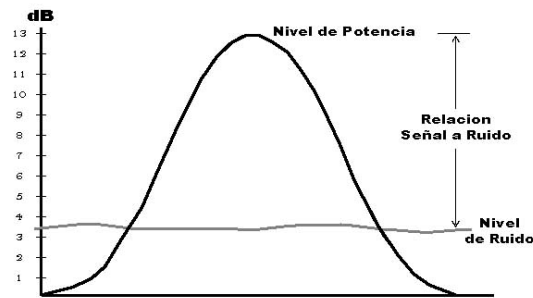


Figura # 3.5 Ruido existente en línea de poder

Los datos en la red eléctrica serían literalmente retransmitidos hacia el exterior, a través de la línea y a través del aire; lo que duplica las posibilidades de intervención.

3.3.4 Estructura y elementos de red PLC

En el segmento de bajo voltaje las distancias entre 200 metros desde el transformador al usuario es el mas común en el área urbana, siendo un medio compartido con numerosas ramificaciones para servir a los usuarios. Esto hace que el medio no presente las características necesarias para la comunicación debido a:

- La atenuación a las frecuencias de interés con la distancia.
- Las reflexiones que se producen en estas ramificaciones, lo que hace que la función de transferencia del canal presente desvanecimientos selectivos (Ver Figura # 3.6). Además esta característica tiene una variación temporal dependiendo de la carga (en el sentido de consumo de energía en cada momento, o equivalentemente qué dispositivos están conectados).

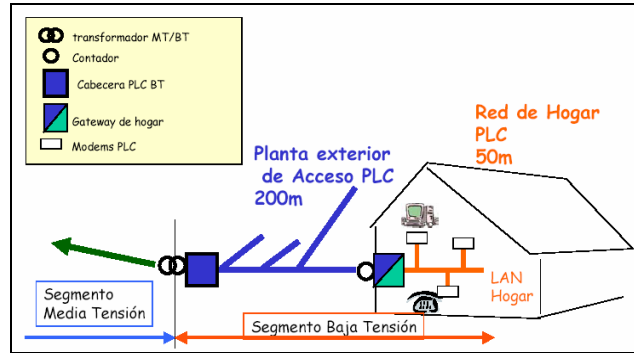


Figura # 3.6 Características de los segmentos de baja tensión

Todo esto lleva a que sea necesario utilizar sistemas de modulación muy robustos y adaptativos a las PLC. Una solución sería poner dispositivos que regeneren la información dispuestos para todos los usuarios.

Si consideramos el segmento de distribución doméstica encontramos características del medio muy similares a los de la “primera milla”, pero aliviadas por las dimensiones: la distancia a cubrir es menor (del orden de 50m); el número de ramas también es menor y más corto; pero en cualquier caso sigue siendo un medio hostil, no diseñado para el transporte de información que requiera un gran ancho de banda.

3.3.5 Aspectos de Normalización

Los organismos involucrados en actividades de normalización en la actualidad son el PLC Forum que presenta sus iniciativas a los foros europeos. Más enfocado en los aspectos de PLC en el hogar, está el grupo de Interés especial, que agrupa a numerosas empresas del sector, particularmente en EE.UU., y que ha editado su especificación de interfaz, basada en modulación OFDM, pero que al operar en la banda de 4-22MHz interfiere con las bandas definidas por ETSI⁵⁷.

3.4 Los Protocolos X.10

La tecnología X-10 es un estándar de comunicación para transmitir señales de control entre equipos de automatización del hogar a través de la red eléctrica. Por ser un protocolo estandarizado y debido a que no se necesita instalar cables adicionales, este tipo de transmisión fue adoptado por varias marcas de equipos de automatización y seguridad en todo el mundo haciéndolos compatibles entre si.

Las señales de control se basan en la transmisión de ráfagas de pulsos de RF (120 Khz) que representan información digital. Estos pulsos se sincronizan en el cruce por cero de la señal de red (50 Hz). Con la presencia de un pulso en un semiciclo y la ausencia del mismo en el semiciclo siguiente se representa un '1' lógico y a la inversa se representa un '0'. A su vez, cada comando se transmite 2 veces, con lo cual toda la información transmitida tiene cuádruple redundancia. De esta manera la comunicación es eficaz inclusive en líneas de tensión que tengan ruido.

Las principales características de esta gama de productos son las siguientes:

- **Central de gestión.-** El sistema no tiene unidad central; los diferentes módulos sensores se comunican entre ellos directamente.
- **Topología.-** La topología es la propia de la red eléctrica, al utilizarla como medio de transmisión, que comparando con los esquemas topológicos de redes conocidas es similar al de tipo Bus.
- **Capacidad del sistema.-** El protocolo X-10 permite un uso máximo de 256 direcciones (es decir, permite el control de un máximo de 256 grupos de equipos domésticos).

- **Medios de transmisión.-** Los módulos se comunican entre sí mediante tecnología de corrientes portadoras. También se encuentran disponibles mandos de controladores de canal que funcionan mediante infrarrojos o vía radio. El único cableado necesario serán las posibles conexiones entre un módulo y elementos tales como sensores, electro válvulas, etc.
- **Interfaz de usuario.-** No existe un equipo independiente que funcione como interfaz de usuario. Cada uno de los productos descritos disponen de sus correspondientes elementos de presentación (indicadores luminosos) y de actuación (pulsadores).
- **Instalación.-** Para la instalación de este sistema basta con conectar los dispositivos a la red eléctrica. Sin embargo, la disponibilidad de ciertas aplicaciones puede precisar de cierta instalación para evitar conexiones eléctricas incorrectas o desaconsejable (evitar, por ejemplo, el uso de varios módulos de actuación sobre una misma base de enchufe).
- **Costos.-** Se estima que el coste de introducir pequeñas aplicaciones en el hogar no resulta elevado. Sin embargo, la implementación de las aplicaciones habitualmente disponibles en un sistema domótico de capacidad media puede encarecer el coste final respecto a éste.

La tecnología utilizada no sigue ninguna normativa europea sobre transmisión de datos mediante redes de baja tensión. Esta gama de productos siguen el estándar americano para las comunicaciones domésticas por corrientes portadoras X-10.

3.4.1 Conclusión

El Protocolo X-10 es actualmente una de las tecnologías más extendidas para aplicaciones domóticas⁵⁸ debido al bajo costo de los equipos, a la multitud de dispositivos disponibles y a la facilidad de instalación y configuración.

Orientar el uso de los protocolos X-10 al objetivo de la investigación no presenta mayor eficacia ya que la relación que existe es el medio físico que utilizan para la comunicación, ya que el esquema que utiliza X-10 para el envío de mensajes es muy simples y no alberga mayor control en el envío de datos, por esta razón no es aplicable para lograr cumplir con la comunicación entre dos computadores.

3.5 Análisis de elementos necesarios para la comunicación

Se debe especificar que no se usa toda la red eléctrica para la transmisión de datos, solamente los tramos de baja tensión, lo que hace que la señal sólo pueda viajar cerca de 100 metros antes de que el ruido la degrade demasiado. Por esta razón se han de instalar repetidores de unidades acondicionadoras, para que la señal pueda viajar más lejos. Generalmente no hará falta el uso de los repetidores, puesto que las subestaciones de distribución local no están alejadas de sus usuarios directos (*Ver Figura # 3.7*).

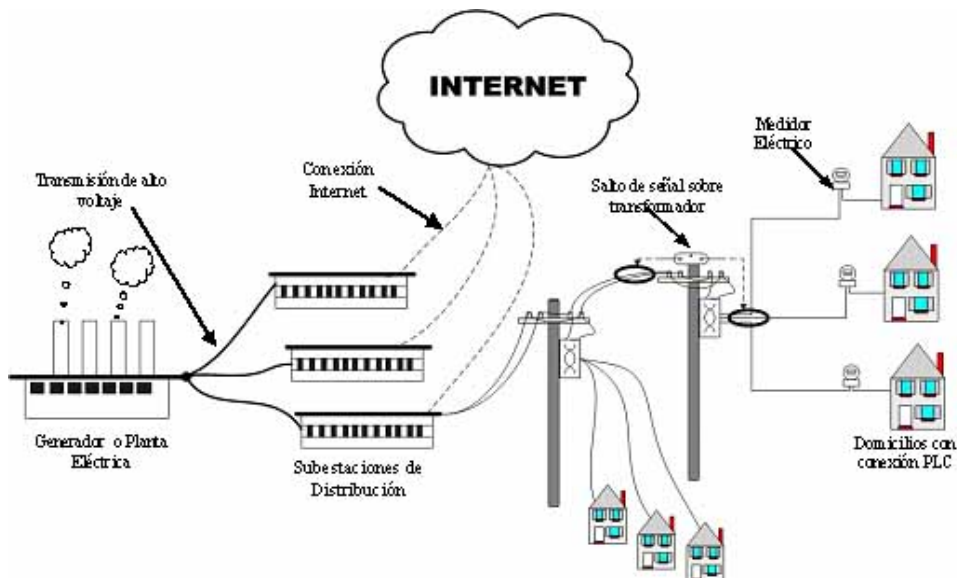


Figura # 3.7 Arquitectura del Sistema PLC

Las comunicaciones a través de líneas eléctricas utilizan en las casas módems especiales y concentradores próximos a las estaciones transformadoras de baja tensión. De allí se conectan a los proveedores de telecomunicaciones. Si la distancia es superior a 300 metros desde el domicilio, se debe utilizar repetidores.

Cada nodo agrupa unas 200 casas que comparten el ancho de banda y cada equipo conectado a la red es controlado por una dirección IP individual.

Las unidades acondicionadoras situadas en los hogares de los abonados, que también pueden recibir el nombre de módem eléctricos, tienen en su interior dos filtros. El primero de ellos, el de baja banda, libera la corriente eléctrica de 50 Hz para su distribución a todos los enchufes de la casa. Este filtro además sirve para limpiar los ruidos generados en la red por los electrodomésticos conectados en casa del usuario.

Si se dejaran pasar esos ruidos, al unirse a los procedentes de otros usuarios de la red, acabarán por introducir distorsiones muy significativas. Además el filtro de alta banda es el que libera los datos y facilita el tráfico bidireccional entre el cliente y la red.

En las unidades acondicionadoras es donde se efectúa también el mecanismo que posibilita la alta velocidad de transmisión de los datos. Básicamente se trata de algo muy similar a lo que se hace en el ADSL.

En caso de encontrar un error de transferencia, rápidamente se efectúa un cambio de frecuencia de transmisión de datos, de tal modo que se juega con el espectro de frecuencias disponible para aumentar la velocidad de la transmisión en un medio bastante hostil, por otra parte, para ser usado como una red de datos.

El enfoque para lograr esto se basa en una remodelación de los niveles inferiores de la arquitectura OSI, principalmente el nivel de acceso físico. Este nivel se tiene que ajustar a un medio con unos niveles de ruido muy elevado y cambiante, de forma dinámica y rápida. En estas condiciones se sabe que tras una cantidad determinada de datos estos estarán corruptos, por lo que se transmiten paquetes cortos, con avanzados sistemas de detección y predicción de errores.

Los módulos proporcionan la comunicación de datos half-duplex⁵⁹ bidireccional sobre los voltajes de hasta 250vca, y para la frecuencia de 50 o 60 hertzios. La comunicación de datos de los módulos es transparente a los terminales y al protocolo de los datos del usuario independientes.

El uso de la técnica de la modulación de DSSS (Espectro Disperso de Secuencia Directa); asegura alta inmunidad de ruido y la comunicación de datos confiable, y no hay molestia de los circuitos de interfaz del edificio.

- **Módem PLC.-** Es el dispositivo instalado en el hogar del abonado y permite la transmisión de información.

- **Repetidor.-** Es el dispositivo que se conecta con el módem del usuario. Su función principal es la de regenerar la señal PLC y permite la conexión de hasta 256 módems.
- **Dispositivo Head End.-** Este dispositivo situado en los centros de las compañías eléctricas se conecta con los repetidores. Estos equipos están preparados para conectarse con redes IP (Ethernet) y existen dos tipos de equipos Head End, de Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT) teniendo un alcance de 600m. MT y 300m. BT.

3.6 Comparación con los métodos de comunicación de redes LAN

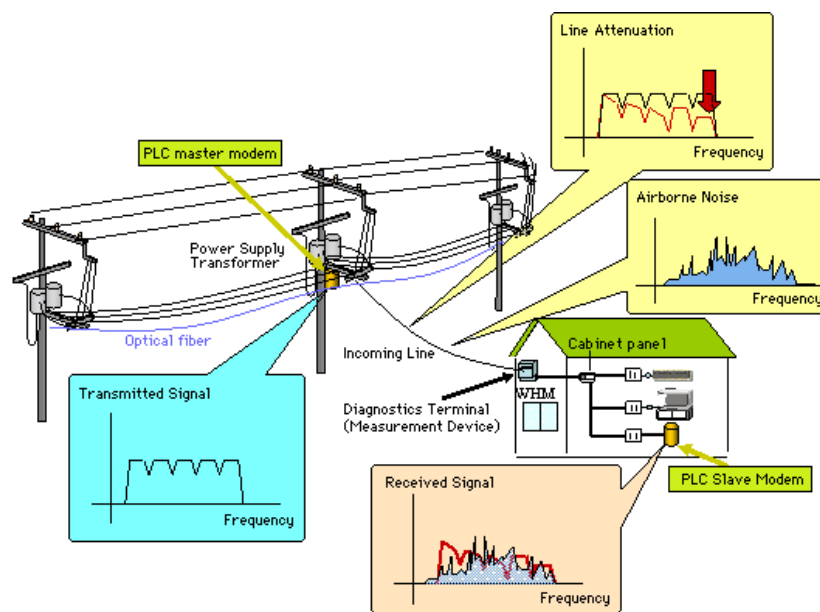
PLC proporciona amplias ventajas sobre el resto de otras tecnologías de telecomunicaciones. Entre sus cualidades se destaca:

- Su ubicuidad ya que cualquier lugar de la casa con un enchufe es suficiente para estar conectado.
- Utiliza infraestructura ya desplegada como son los cables eléctricos;
- Proporciona altas velocidades.
- Presenta un costo competitivo.
- Una instalación rápida y conexión permanente.
- Además suministra múltiples servicios con la misma plataforma tecnológica IP; Es decir, con un solo módem se puede acceder a Internet, telefonía, televisión interactiva y seguridad.

- Existen tecnologías que transforman los cables eléctricos existentes en un cableado LAN (Local Área Network) lo que hace diferente a la PLC es la alta velocidad de transmisión de datos que se puede conseguir y el hecho de que esté diseñada para trabajar en el exterior del hogar o del edificio. Por tanto, podrían instalarse sistemas sofisticados de automatización doméstica que permitiesen el acceso y el control remotos de aparatos electrodomésticos, alarmas antirrobo, etc.
- Cualquier lugar de la casa con un enchufe es suficiente para estar conectado . (Ahorrando al usuario los costes y molestias en instalación y tendido de cables). Los enchufes eléctricos son suficiente para disponer de una red local en la vivienda u oficina.
- La tecnología PLC permite la transmisión simultanea de voz y datos (se puede navegar por Internet y hablar por teléfono al mismo tiempo).
- Coste competitivo en relación con tecnologías alternativas.

Dentro del interior de las viviendas, su competidor más directo son las redes de área local inalámbrica cuya implantación es cada vez mayor debido principalmente al incremento del número de dispositivos móviles. Ya sean redes ópticas, donde la transmisión se efectúa mediante luz infrarroja, o bien a través de radiofrecuencia, sistema mayoritariamente empleado en LAN inalámbricas.

CAPITULO IV



METODOLOGIAS PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS

INTRODUCCION

Este capítulo detalla los fundamentos teóricos presentes en un medio de transmisión de datos, los principios en los que se basa su funcionamiento y los análisis de rendimiento. Aborda especialmente el proceso de transmisión de datos, desde la fuente que origina la información a transmitirse, hasta el destino de la misma.

Se describen, por tanto, funcionalidades de la capa física y presentándose argumentos de los tipos y características de los canales, métodos de acceso y técnicas de multiplexación. También se analizan funcionalidades del nivel de enlace, como el control de flujo y el control de errores en la transmisión.

En síntesis el objetivo es mostrar los fundamentos técnicos por el cual las redes se encuentran estructuradas en la actualidad y entender los problemas a los que se enfrentan los diseñadores de las redes de siguiente generación.

4.1 Base teórica para la comunicación.

En la *Figura # 4.1* se muestra diagrama en bloques básico que describe un sistema de comunicación (desde la fuente hasta el receptor, pasando por el transmisor). El bloque Formateo convierte la información digital de la fuente en símbolos. Esto incluye el muestreo de la señal analógica, codificación y la conversión a PCM (Pulse Code Modulación, Modulación de Pulsos Codificados). La fuente podría ser también un mensaje de texto. En este caso el formateo consistiría en la asignación de un número a cada carácter (por ejemplo el código ASCII).

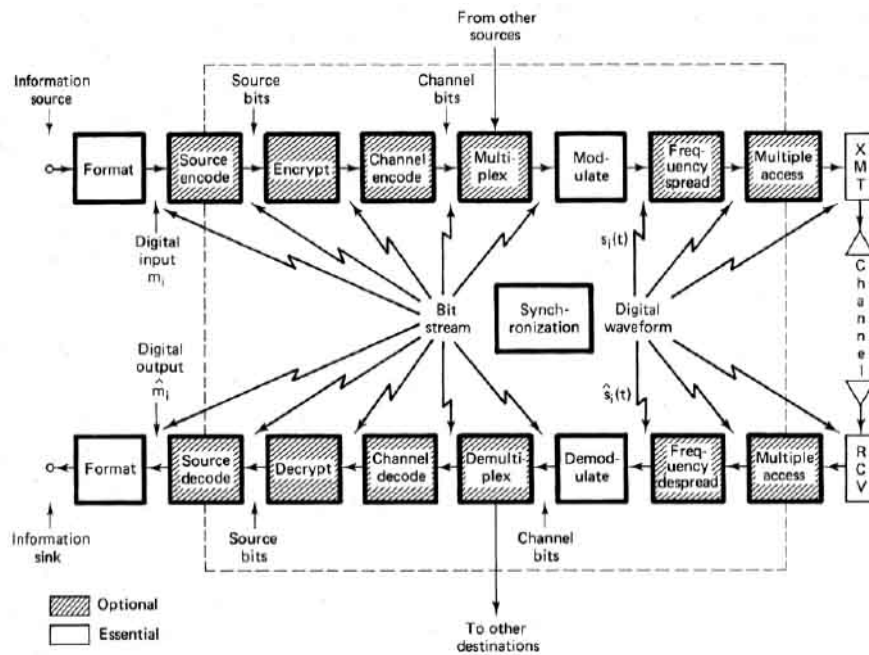


Figura # 4.1 Diagrama básico de un sistema de comunicación digital

El bloque Codificación de Fuente remueve la información redundante. Esto es, información innecesaria que ocupa ancho de banda o bien reduce la velocidad de transmisión.

La encriptación protege al mensaje contra la intervención de usuarios no autorizados, codificándolo según algún tipo de algoritmo y mediante el uso de una clave. La codificación de canal permite reducir la probabilidad de error que se desarrolla normalmente de dos maneras: eligiendo un conjunto de formas de onda adecuado y agregando bits extra que sirvan para la corrección de errores en el receptor (por ejemplo los bits de paridad).

El multiplexado permite la confluencia de señales provenientes de otras fuentes de manera que pueda compartir el canal de comunicación. La modulación permite transmitir la información en un espectro adecuado al canal de comunicación (espectro pasabanda)

Una vez que un bit llega a un medio, se propaga y puede sufrir atenuación, reflexión, ruido, dispersión o colisión. Todos los efectos descritos hasta el momento que pueden ocurrir con un bit se aplican a las diversas unidades de datos del protocolo (PDU) del modelo OSI.

Ocho bits equivalen a 1 byte y múltiples bytes equivalen a una trama. Las tramas forman paquetes, los mismos que transportan el mensaje que se desea comunicar.

4.1.1 La modulación de Señales

La modulación digital es un proceso mediante el cual se transforman los símbolos digitales en formas de onda adecuadas para la transmisión sobre el canal de comunicación. Técnicamente la modulación es la alteración sistemática de una onda portadora de acuerdo con el mensaje (señal modulada) y puede ser también una codificación.

Codificación significa convertir los 1 y los 0 en algo real y físico, tal como:

- Un pulso eléctrico en un cable
- Un pulso luminoso en una fibra óptica
- Un pulso de ondas electromagnéticas en el espacio.

Dos métodos para lograr esto son la codificación TTL y la codificación Manchester (Ver Figura # 4.2)

La codificación TTL (lógica transistor-transistor) es la más sencilla. Se caracteriza por una señal alta y una señal baja (a menudo +5 o +3,3 V para 1 binario y 0 V para 0 binario). En el caso de las fibras ópticas, el 1 binario puede ser un LED⁶⁰ o una luz láser brillante, y el 0 binario oscuro o sin luz. En el caso de las redes inalámbricas, el 1 binario puede significar que hay una onda portadora y el 0 binario que no hay ninguna portadora.

La codificación Manchester es más compleja, pero es inmune al ruido y es mejor para mantener la sincronización. En el caso de la codificación Manchester, el voltaje del cable de cobre, el brillo del LED o de la luz láser en el caso de la fibra óptica o la energía de una onda en el caso de un sistema inalámbrico hacen que los bits se codifiquen como transiciones. En la *Figura # 4.2* se observa que la codificación Manchester da como resultado que los 1 se codifiquen como una transición de baja a alta y que el 0 se codifique como una transición de alta a baja. Dado que tanto los 0 como los 1 dan como resultado una transición en la señal, el reloj se puede recuperar de forma eficaz en el receptor.

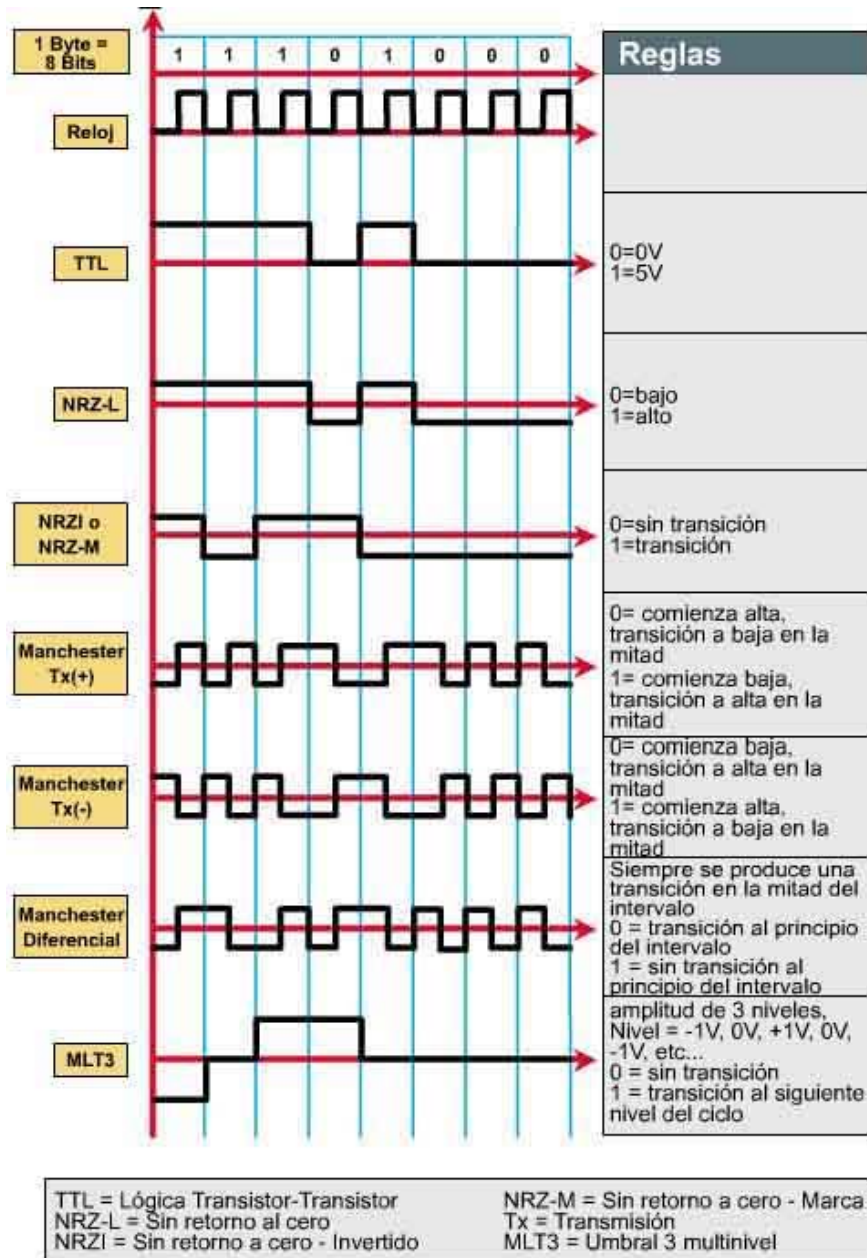


Figura # 4.2 Esquemas de codificación

La modulación, que específicamente significa tomar una onda y cambiarla, o modularla, para que transporte información, está relacionada estrechamente con la codificación. Los métodos para modificar, o modular, una onda "portadora" para codificar bits son:

- AM (amplitud modulada), la amplitud o altura, de una onda sinusoidal portadora se modifica para transportar el mensaje.
- FM (frecuencia modulada), la frecuencia, u ondulación, de la onda portadora se modifica para transportar el mensaje.
- PM (modulación de fase), la fase, o los puntos de inicio o fin de un ciclo determinado de la onda se modifica para transportar el mensaje.

También existen otras formas de modulación más complejas, la *Figura # 4.3* muestra tres maneras a través de las cuales se pueden codificar los datos binarios en una onda portadora mediante el proceso de modulación. El 11 Binario se puede comunicar en una onda ya sea por AM (onda encendida/onda apagada), FM (la onda presenta numerosas oscilaciones para los unos, pocas para los ceros), o PM (un tipo de cambio de fase para los 0, otro tipo de cambio para los 1).

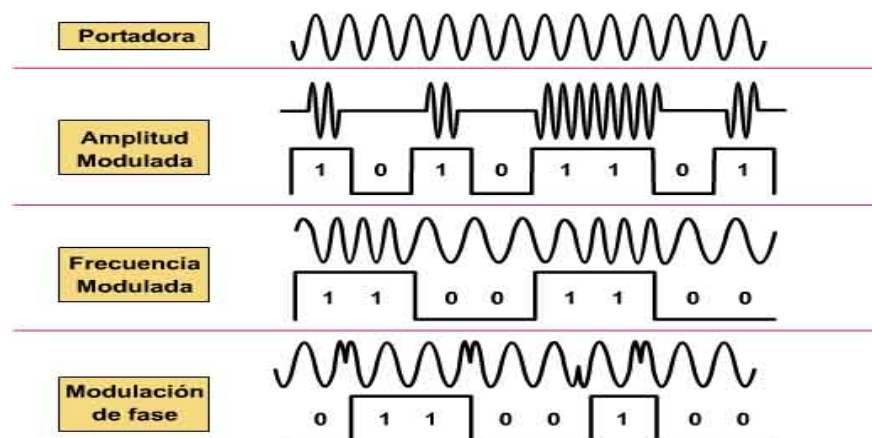


Figura # 4.3 Tipos de modulación

Los mensajes se pueden codificar de varias formas:

- Como voltajes en el caso de cobre; las codificaciones Manchester y NRZI son populares en el caso de las redes basadas en cobre. (Ver *Figura # 4.4*)

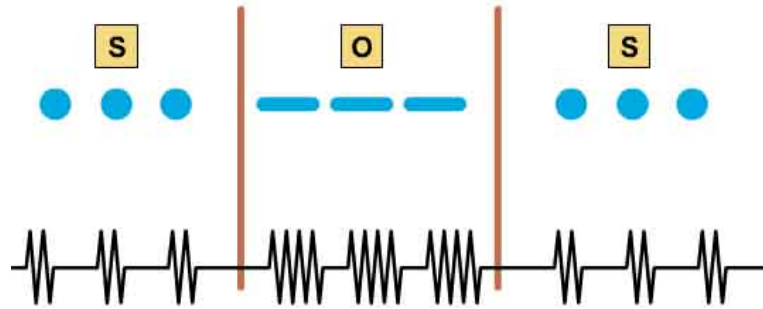


Figura # 4.4 Codificación de señales como voltaje

- Como luz guiada; las codificaciones Manchester y NRZ son populares en el caso de redes basadas en fibra óptica.
- Como ondas EM radiadas; una amplia variedad de esquemas de codificación (variaciones en AM, FM y PM) se utilizan en el caso de las redes inalámbricas (Ver Figura # 4.5).

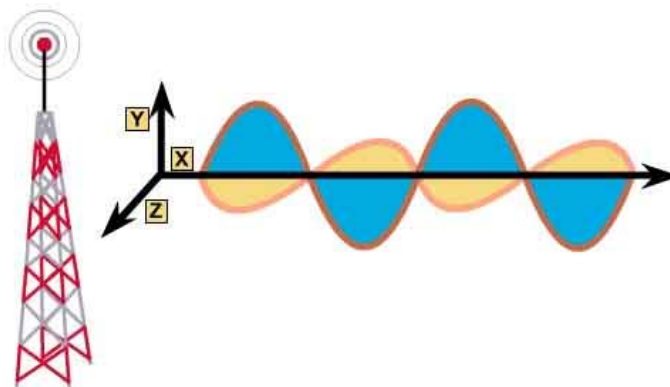


Figura # 4.5 Codificación de señales como ondas electromagnéticas

4.1.1.1 Codificación MANCHESTER.

Es un método de codificación eléctrica de una señal binaria en el que en cada tiempo de bit hay una transición entre dos niveles de señal. Es una codificación auto

sincronizada, ya que en cada bit se puede obtener la señal de reloj (Ver Figura # 4.6). Una desventaja es que consume el doble de ancho de banda que una transmisión asíncrona.



Figura # 4.6 Codificación Manchester

Hay dos convenciones contrarias en la interpretación de la codificación:

- En el artículo original de E.G. Thomas de 1949 y en otros muchos autores que lo siguen, cómo Andrew S. Tanenbaum, el 1 es una transición alto-bajo y el 0 bajo-alto.
- Otros autores como Stallings, y el estándar IEEE 802.3 consideran que el 1 es la transición bajo alto y el 0 la contraria.

4.1.2 Características principales de la modulación

- Facilita la propagación de la señal de información por cable o por el aire.
- Ordena el radio espectro, distribuyendo canales a cada información distinta.
- Disminuye dimensiones de antenas.
- Optimiza el ancho de banda de cada canal
- Evita interferencia entre canales.
- Protege a la Información de las degradaciones por ruido.

- Define la calidad de la información transmitida.

Frecuentemente se utilizan dispositivos electrónicos semiconductores con características no lineales diodos, transistores, resistencias, inductancias, capacitores y combinaciones entre ellos. Estos realizan procesos eléctricos cuyo funcionamiento es descrito de su representación matemática.

$$s(t) = A \text{ seno } (wt + \alpha)$$

s(t): señal de banda base en función del tiempo

A: es la amplitud de la portadora (voltios)

w: es la frecuencia angular de la portadora (rad/seg)

t: Tiempo en segundos

α : ángulo de fase de la portadora (rad)

Existen básicamente dos tipos de modulación: la modulación ANALÓGICA, que se realiza a partir de señales analógicas de información, por ejemplo la voz humana, audio y video en su forma eléctrica y la modulación DIGITAL, que se lleva a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales, por ejemplo una computadora.

- **Modulación Analógica:** AM, FM, PM
- **Modulación Digital**
 - **ASK.-** La amplitud de la onda es alterada de acuerdo con la variación de la señal de información. Exige un medio en que la respuesta de amplitud sea estable, ya que este tipo de modulación es bastante sensible a ruidos y distorsiones.

- **FSK.-** Consiste en un procedimiento de 2 osciladores con Frecuencias Diferentes para dígitos 0 y 1. Normalmente es usada para transmisión de datos en bajas velocidades y puede ser:
 - **Coherente:** Donde no ocurre variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor.
 - **No Coherente:** Donde puede ocurrir variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor.
- **PSK.-** Consiste en un procedimiento de la onda portadora en función de un bit de dato (0, 1). Un bit 0 corresponde a la fase 0; en cuanto al bit 1, corresponde a la fase 1. Por tanto, este ángulo está asociado con un dato al ser transmitido y con una técnica de codificación usada para representar un bit.
- **DPSK.-**Variación de la modulación PSK, que tiene como característica un procedimiento de la fase de acuerdo con un dígito a ser transmitido.
- **QAM.-** Es caracterizada por la superposición de 2 portadoras en cuadratura moduladas en amplitud. Con eso al colocar 4 bits dentro de un tronco de señal y operar con tasas de 2400 baudios, se alcanza tasas de 9600 bps.

4.2 Problemas en la Transmisión

En el diseño de un sistema de comunicación o de cualquier sistema se coloca frente a dos clases generales de restricciones: por un lado, los factores tecnológicos, es decir, los factores vitales de la ingeniería y por otra parte, las limitaciones físicas

fundamentales impuestas por el propio sistema, o sean, las leyes de la naturaleza en relación con el objetivo propuesto.

Las limitaciones fundamentales en la transmisión de la información por medios eléctricos son el ancho de banda y el ruido.

Los principales efectos que sufre la señal al propagarse son:

4.2.1 Atenuación.

Es la pérdida de la fuerza de la señal como, por ejemplo, cuando los cables superan una longitud máxima. Esto significa que una señal de voltaje de 1 bit pierde amplitud a medida que la energía pasa desde la señal hacia el cable. (Ver *Figura # 4.7*).

La selección cuidadosa de los materiales, por ejemplo utilizando cobre en lugar de carbono, y la geometría (la forma y el posicionamiento de los cables) puede disminuir la atenuación eléctrica. Es inevitable que se produzca un cierto nivel de pérdida cuando hay resistencia eléctrica presente.

La atenuación también se produce en las señales ópticas, ya que la fibra óptica absorbe y dispersa parte de la energía luminosa a medida que el pulso luminoso, un bit, se desplaza a través de la fibra. Esto se puede reducir considerablemente al determinar la longitud de onda, o el color, de la luz seleccionada. Esto también se puede reducir dependiendo de si usa fibra monomodo o multimodo, y según el tipo de vidrio que se utilice para la fibra. Inclusive con la aplicación de estas opciones, la pérdida de señal es inevitable

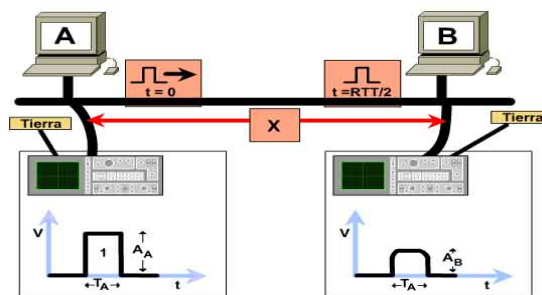


Figura # 4.7 Gráfico representativo de la atenuación de señal

La atenuación también se produce con las ondas de radio y las microondas, ya que éstas son absorbidas y dispersadas por moléculas específicas de la atmósfera. La atenuación puede afectar a una red dado que limita la longitud del cableado de la red a través de la cual se puede enviar un mensaje. Si el cable es demasiado largo o demasiado atenuante, un bit que se envía desde el origen puede parecer un bit cero para el momento en que llega al destino.

La atenuación se puede solucionar a través de los métodos networking elegidos y seleccionando estructuras (distribución cables) que estén diseñadas para acomodar bajas cantidades de atenuación. Una de las formas que existen para resolver el problema es cambiar el medio y utilizar un repetidor luego de una distancia determinada. Existen repetidores para bits eléctricos, ópticos e inalámbricos.

4.2.2 Reflexión de señales.

La reflexión se produce en las señales eléctricas cuando los pulsos de voltaje, o bits, tropiezan con una discontinuidad, se pueden producir reflexiones de la energía (Ver *Figura # 4.8*). Si no se controla cuidadosamente, esta energía puede interferir con bits posteriores.

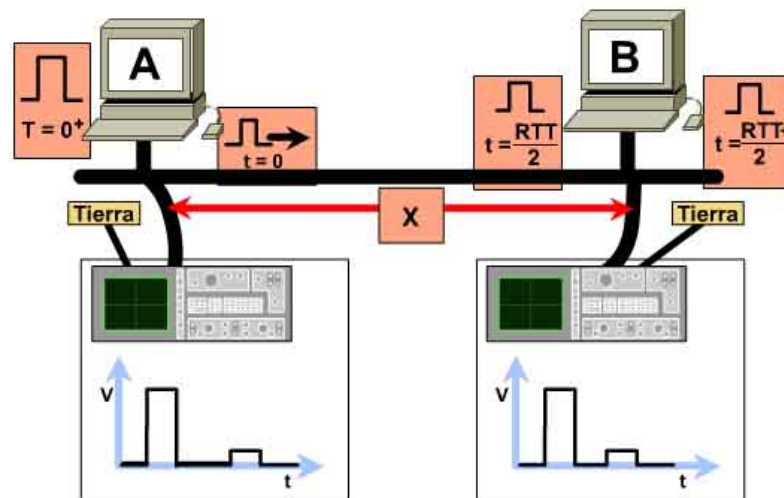


Figura # 4.8 Gráfico representativo de la reflexión de señal

La reflexión también se produce en el caso de las señales ópticas. Las señales ópticas se reflejan si tropiezan con alguna discontinuidad en el vidrio (medio), como en el caso de un conector enchufado a un dispositivo. Este fenómeno también se produce en el caso de las ondas de radio y las microondas, ya que detectan distintas capas en la atmósfera.

Esto puede provocar problemas en la red. Para un óptimo rendimiento de la red, es importante que los medios de la red tengan una impedancia específica para que concuerden con los componentes eléctricos de las tarjetas NIC⁶¹. A menos que los medios de red tengan la impedancia correcta, la señal experimentará cierta reflexión y se creará interferencia. Entonces se pueden producir múltiples pulsos reflejados. Ya sea que el sistema sea eléctrico, óptico o inalámbrico, la falta de acople en la impedancia puede provocar reflexiones. Si se refleja suficiente energía, el sistema binario de dos estados se puede confundir debido a toda la energía adicional que se genera a su alrededor. Esto se puede solucionar asegurándose de que la impedancia de todos los componentes de networking esté cuidadosamente acoplada.

4.2.3 Dispersión, fluctuación de fase y latencia.

La dispersión, la fluctuación de fase y la latencia en realidad son tres cosas diferentes que le pueden ocurrir a un bit. Se presentan en grupo porque todas afectan al mismo elemento: la temporización del bit.

Para comprender cuáles son los problemas que se pueden producir mientras millones y miles de millones de bits se desplazan por un medio en un segundo, la temporización es un elemento muy importante.

La dispersión es cuando la señal se ensancha con el tiempo. Esto se produce debido a los tipos de medios involucrados. Si es muy grave, un bit puede comenzar a interferir con el bit siguiente y confundirlo con los bits que se encuentran antes y después de él. Como se envía miles de millones de bits por segundo, se debe tener cuidado de que las señales no se dispersen. (*Ver Figura # 4.9*).

La dispersión se puede solucionar con el diseño de cables adecuado, limitando las longitudes de los cables y detectando cuál es la impedancia adecuada. En el caso de la fibra óptica, la dispersión se puede controlar usando luz láser con una longitud de onda muy específica. En el caso de las comunicaciones inalámbricas, la dispersión se puede reducir al mínimo mediante las frecuencias que se usan para realizar la transmisión.

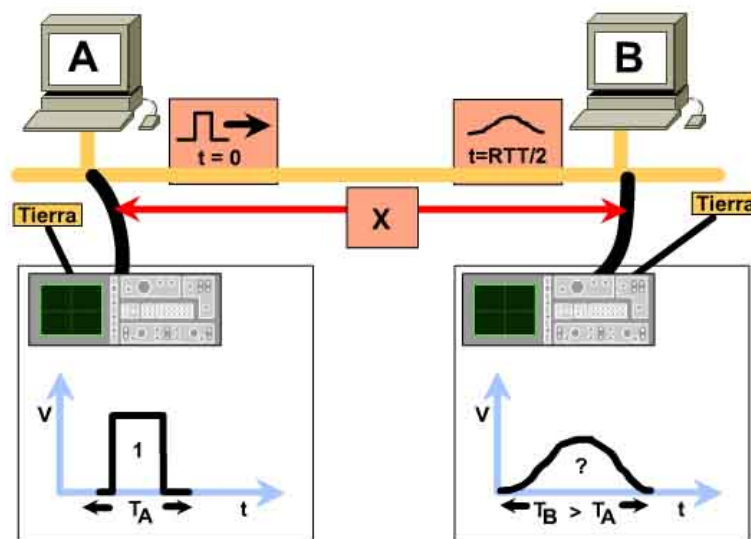


Figura # 4.9 Gráfico representativo de la dispersión por retardo de señal

Todos los sistemas digitales están cronometrados, lo que significa que los impulsos de reloj son lo que controlan todo. Los pulsos de reloj hacen que una CPU calcule, que los datos se guarden en la memoria y que la NIC envíe bits. Si el reloj del host origen no está sincronizado con el host destino, lo que es muy probable, se producirá una fluctuación de fase de temporización. Esto significa que los bits llegarán un poco antes o más tarde de lo esperado. La fluctuación de fase se puede solucionar mediante una serie de complicadas sincronizaciones de reloj, incluyendo sincronizaciones de hardware y software, o de protocolo.

La latencia, también denominada retardo, tiene dos causas principales. En primer lugar, la teoría de la relatividad de Einstein establece que, "ningún elemento puede trasladarse a mayor velocidad que la de la luz en el vacío ($3,0 \times 10^8$ m/s)".

Las señales inalámbricas de networking se trasladan a una velocidad levemente inferior a la velocidad de la luz en el vacío. Las señales de networking en medios de cobre se trasladan a una velocidad de $1,9 \times 10^8$ m/s a $2,4 \times 10^8$ m/s. Las señales de

networking en la fibra óptica se trasladan a aproximadamente $2,0 \times 10^8$ m/s. De modo que para trasladarse a una determinada distancia, el bit tarda por lo menos una pequeña cantidad de tiempo para llegar hasta su destino.

En segundo lugar, si el bit atraviesa cualquier dispositivo, los transistores y los dispositivos electrónicos introducen más latencia. La solución para el problema de la latencia es el uso cuidadoso de los dispositivos de inter-networking, distintas estrategias de codificación y diversos protocolos de capa.

Las redes modernas normalmente operan a velocidades de 1 Mbps a 1000 Mbps. Si los bits se diseminan por dispersión, los 1 se pueden confundir con los 0 y los 0 con los 1.

Si hay grupos de bits que se enrutan de forma distinta y no se presta atención a la temporización, la fluctuación de fase puede provocar errores cuando el computador que los recibe trata de recomponer los paquetes en un mensaje. Si hay grupos de bits que se demoran, los dispositivos de networking y los otros computadores destino pueden verse perdidos al recibir miles de millones de bits por segundo.

4.2.4 Ruido.

El ruido son adiciones no deseadas a las señales de voltaje, ópticas o electromagnéticas. Ninguna señal eléctrica se produce sin ruido; sin embargo, lo importante es mantener la relación señal/ruido (S/N) lo más alta posible. La relación S/N es un cálculo de ingeniería y medición que involucra la división de la potencia de la señal por la potencia del ruido. Esto indica qué tan fácil será descifrar la señal deseada, a pesar del ruido no deseado pero inevitable. Es decir cada bit recibe

señales adicionales no deseadas desde varias fuentes. Demasiado ruido puede corromper un bit, haciendo que un 1 binario se transforme en un 0 binario, o un 0 en un 1, destruyendo el mensaje. La Figura # 4.10 muestra cinco fuentes de ruido que pueden afectar a un bit del cable.

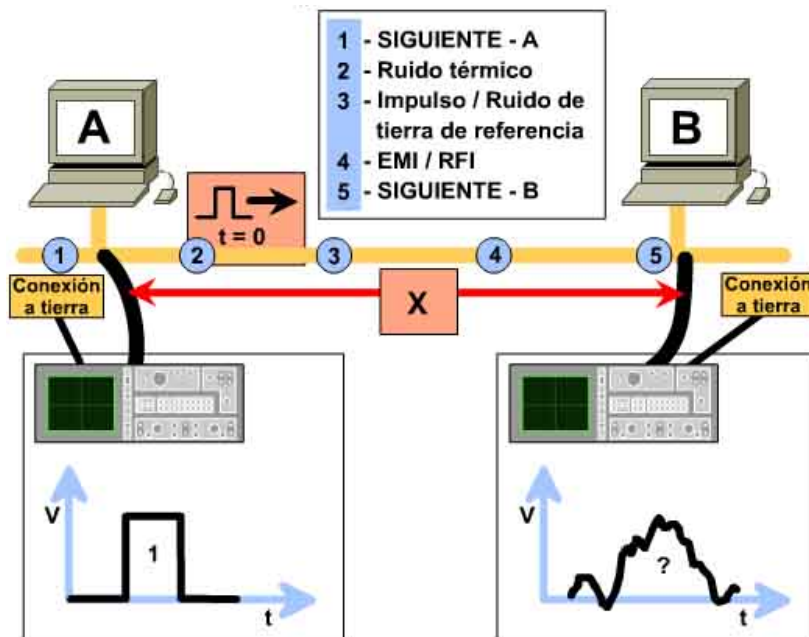


Figura # 4.10 Gráfico representativo del ruido inyectado

4.2.4.1 NEXT-A y NEXT-B.

Cuando el ruido eléctrico del cable tiene origen en señales de otros alambres del cable, esto se denomina diafonía. NEXT significa paradiafonía. Cuando dos alambres están colocados uno muy cerca del otro y no están trenzados, la energía de un alambre puede trasladarse al alambre adyacente y viceversa. Esto puede provocar ruido en ambos extremos de un cable terminado. Existen en realidad muchas formas de diafonía que se deben tener en cuenta al desarrollar redes.

NEXT se puede manejar a través de la tecnología de terminación, el cumplimiento estricto de los procedimientos de terminación estándar, y el uso de cables de par trenzado de buena calidad.

NEXT-A es paradiafonía en el computador A y NEXT-B es paradiafonía en el computador B.

4.2.4.2 Ruido térmico.

El ruido térmico, debido al movimiento aleatorio de electrones, no se puede evitar pero por lo general es relativamente insignificante en comparación con las señales.

Los ruidos de la línea de alimentación de CA y de la conexión a tierra de referencia son problemas cruciales en la red.

La electricidad se transporta a los aparatos y a las máquinas a través de cables ocultos en las paredes, los pisos y los techos. Como consecuencia, dentro de estos edificios, el ruido de la línea de alimentación de CA se encuentra en todo el entorno (Ver Figura # 4.11).

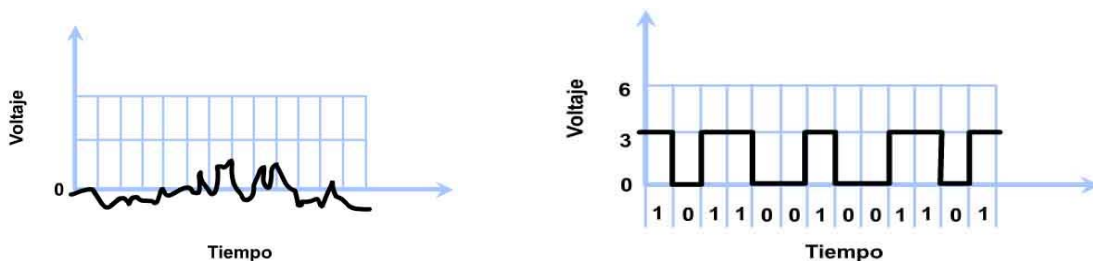


Figura # 4.11 Ruido eléctrico y señal digital

Lo ideal es que la conexión a tierra de referencia de señal se encuentre completamente aislada de la conexión a tierra eléctrica. El aislamiento mantendría la fuga de electricidad de CA y los picos de voltaje fuera de la conexión a tierra de referencia de señal. Pero el chasis de un dispositivo informático sirve como la conexión a tierra de referencia de señal y como la conexión a tierra de la línea de alimentación de CA.

Como existe una conexión entre la conexión a tierra de referencia de señal y la conexión a tierra eléctrica, los problemas con la conexión a tierra eléctrica pueden producir interferencia en el sistema de datos.

Este tipo de interferencia puede resultar difícil de detectar y rastrear. Normalmente parten del hecho de que los contratistas e instaladores eléctricos no toman en consideración la longitud de los cables neutros y de conexión a tierra que llegan a cada tomacorriente eléctrico. Cuando estos cables son largos, pueden actuar como una antena para el ruido eléctrico. Es este ruido el que interfiere con las señales digitales (bits) que un computador debe poder reconocer y procesar. (Ver Figura # 4.12)

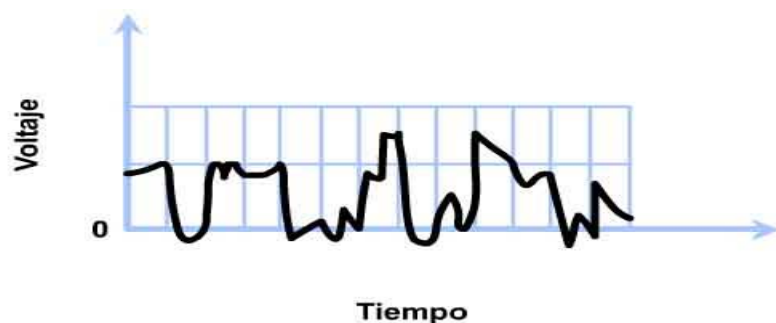


Figura # 4.12 Señal digital y Ruido eléctrico

Se puede ver que el ruido de la línea de alimentación de CA que proviene de un monitor de vídeo cercano o de una unidad de disco duro puede ser suficiente para provocar errores en un sistema informático. Lo hace al interferir (cambiar la forma y el nivel de voltaje) con las señales deseadas e impidiendo que las compuertas lógicas de un computador detecten los extremos iniciales y finales de las ondas rectangulares.

Este problema se puede complicar además cuando un computador tiene una mala conexión a tierra.

4.2.4.3 EMI/RFI (Interferencia electromagnética/interferencia radiofrecuencia)

Las fuentes externas de impulsos eléctricos que pueden atacar la calidad de las señales eléctricas del cable incluyen los sistemas de iluminación, los motores eléctricos y los sistemas de radio. Estos tipos de interferencia se denominan interferencia electromagnética (EMI) e interferencia de la radiofrecuencia (RFI).

Cada alambre dentro de un cable puede actuar como una antena. Cuando esto sucede, el alambre efectivamente absorbe las señales eléctricas de los demás alambres y de las fuentes eléctricas ubicadas fuera del cable. Si el ruido eléctrico resultante alcanza un nivel lo suficientemente alto, puede tornarse difícil para las NIC discriminar el ruido de la señal de datos.

Esto es un problema especialmente porque la mayoría de las LAN utilizan frecuencias en la región de frecuencia de 1 a 100 Megahertz (MHz), que es donde las señales de la radio FM, las señales de televisión y muchos otros aparatos tienen también sus frecuencias operativas.

El ruido eléctrico, sin importar el origen, afecta las señales digitales. Si se desea enviar datos, representados por el número binario 1011001001101, a través de la red. Su computador convierte el número binario en una señal digital.

La señal digital se desplaza a través de los medios de red hacia el destino. El destino resulta estar cerca de un tomacorriente eléctrico que es alimentado por cables largos neutros y de conexión a tierra. Estos cables actúan como una antena para el ruido eléctrico.

Como el chasis del computador destino se utiliza tanto para la conexión a tierra como para la conexión a tierra de referencia de señal, este ruido interfiere con la señal digital que recibe el computador.

La figura # 4.13 muestra lo que sucede con la señal cuando se combina con este ruido eléctrico. En lugar de leer la señal como 1011001001101, el computador lee la señal como 1011000101101, lo que hace que los datos se tornen poco confiables (dañados).

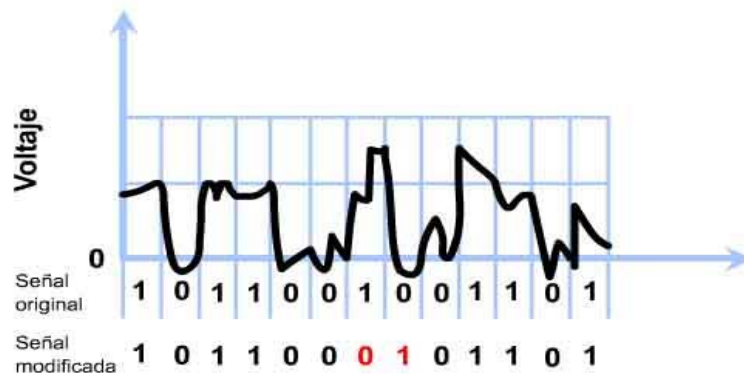


Figura # 4.13 Interpretación de la señal

A diferencia de los sistemas que utilizan cable de cobre, los sistemas que utilizan fibras ópticas e inalámbricas experimentan alguna de estas formas de ruido pero son

inmunes a otras. Por ejemplo, la fibra óptica es inmune a NEXT y al ruido de la línea de alimentación de CA de la conexión a tierra de referencia, y los sistemas inalámbricos son particularmente propensos a la interferencia electromagnética e interferencia de la radiofrecuencia.

No se puede hacer nada con respecto al ruido térmico, salvo suministrar a las señales una amplitud lo suficientemente grande como para que esto no tenga importancia. Para evitar el problema de la conexión a tierra de referencia de señal / CA, es importante trabajar en estrecha relación con la compañía eléctrica, esto le permitirá obtener la mejor y más corta conexión a tierra eléctrica.

Una forma de hacerlo es instalar un transformador único dedicado en su área de instalación de LAN con lo que se puede controlar la conexión de otros dispositivos a su circuito de alimentación. Restringiendo la forma y el lugar en que se conectan los dispositivos tales como motores o calentadores eléctricos con alto consumo de corriente, se puede eliminar una gran parte del ruido eléctrico generado por ellos.

Se debe solicitar la instalación para cada área de oficina de paneles separados de distribución de electricidad, también conocidos como disyuntores. Como los cables neutros y de conexión a tierra de cada tomacorriente se juntan en el disyuntor, al tomar esta medida aumentarán las posibilidades de acortar la longitud de la conexión a tierra de señal.

Instalar paneles individuales de distribución de electricidad para cada grupo de computadoras aumentará el costo primario del cableado eléctrico, esto reducirá la longitud de los cables de conexión a tierra y limitará varios tipos de ruido eléctrico que "entierran" las señales.

Hay varias formas de limitar la EMI (interferencia electromagnética) y la RFI (interferencia de la radiofrecuencia). Una forma consiste en aumentar el tamaño de los cables conductores, otra es mejorar el tipo de material aislante empleado. Sin embargo, estos métodos aumentan el tamaño y el costo de los cables, sin mejorar demasiado la calidad.

Por lo tanto es más común que los diseñadores de redes especifiquen un cable de buena calidad y que brinden especificaciones para la longitud máxima recomendada para los cables que conectan los nodos.

Dos de las técnicas que los diseñadores de cables han usado con éxito para manejar la EMI y la RFI, son el blindaje y la cancelación. En el caso de un cable que utiliza blindaje, una malla o un papel metálico recubre cada par de alambres o grupo de pares de alambres (Ver Figura # 4.14).

Por lo tanto, la cancelación es la técnica más comúnmente empleada para proteger los cables de las interferencias indeseables.

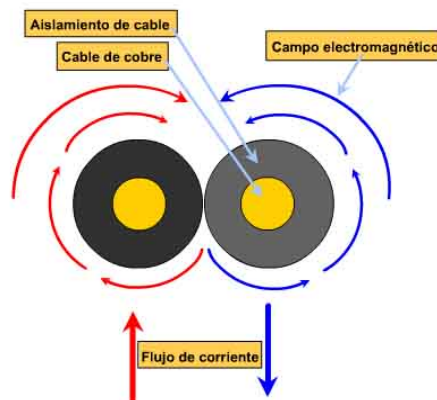


Figura # 4.14 Flujo de corriente eléctrica

Cuando la corriente eléctrica fluye a través de un cable, crea un pequeño campo magnético circular a su alrededor. La dirección de estas líneas de fuerza magnética se determina por la dirección en la cual fluye la corriente a lo largo del cable.

Si dos cables forman parte del mismo circuito eléctrico, los electrones fluyen desde la fuente de voltaje negativo hacia el destino a lo largo de un cable. Luego los electrones fluyen desde el destino hacia la fuente de voltaje positivo a lo largo del otro cable.

Cuando dos cables de un circuito eléctrico se colocan uno cerca del otro, los campos magnéticos de un cable son el opuesto exacto del otro. Así, los dos campos magnéticos se cancelan entre sí. También cancelarán cualquier otro campo magnético externo, el hecho de trenzar los cables puede mejorar el efecto de cancelación.

Si se usa la cancelación en combinación con cables trenzados, los diseñadores de cables pueden brindar un método efectivo para proporcionar un auto blindaje para los pares de alambres dentro de los medios de la red.

4.2.5 Colisiones.

Una colisión se produce cuando dos bits de dos computadores distintos que intentan comunicarse se encuentran simultáneamente en un medio compartido.

En el caso de medios de cobre, se suman los voltajes de los dos dígitos binarios y provocan un tercer nivel de voltaje (*Ver Figura # 4.15*). Esto no está permitido en el sistema binario, que sólo entiende dos niveles de voltaje. Los bits se "destruyen".

Algunas tecnologías como, por ejemplo, Ethernet, se encargan de un determinado nivel de colisiones, administrando los turnos para transmitir en el medio compartido

cuando se produce una comunicación entre hosts. En algunos casos, las colisiones son parte normal del funcionamiento de una red. Sin embargo, un exceso de colisiones puede hacer que la red sea más lenta o pueden detenerla por completo.

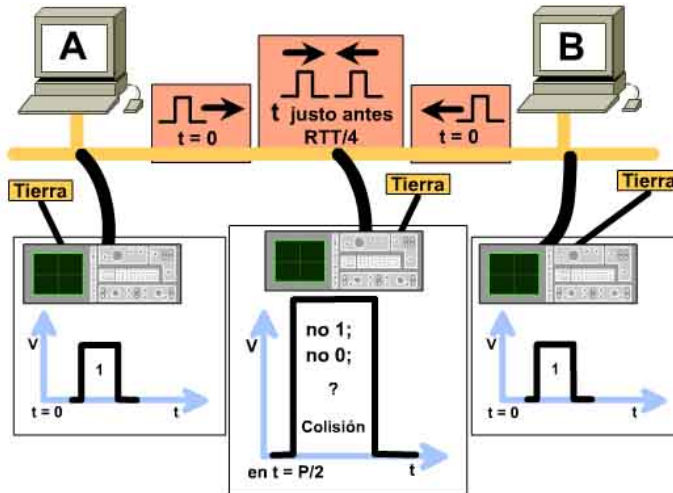


Figura # 4.15 Gráfico representativo de colisiones

Hay muchas formas de abordar las colisiones, una de estas formas es detectarlas y simplemente aplicar un conjunto de normas para abordar el problema cuando se produce, como en el caso de Ethernet.

Otra de las formas de abordar el problema es impedir las colisiones permitiendo que sólo un computador pueda transmitir a la vez en un entorno de medios compartidos. Esto requiere que el computador tenga un patrón de bits especial denominado token para transmitir, como en el caso de token-ring y FDDI.

4.3 Análisis del nivel de ruido en una línea de Transmisión.

Los factores fundamentales que controlan el índice y la calidad de la transmisión de información son el ancho de banda B y la potencia S de la señal.

El ancho de banda de un canal es el rango de frecuencias que éste puede transmitir con razonable fidelidad; por ejemplo, si un canal puede transmitir con razonable fidelidad una señal cuyas componentes de frecuencia ocupan un rango de 1,000 hasta un máximo de 5,000 Hz (5 KHz.) el ancho de banda será de 4 kHz.

Para comprender el papel de B , se considera la posibilidad de aumentar la velocidad de transmisión de la información mediante la compresión en el tiempo de la señal.

Si una señal se comprime en el tiempo un factor de dos, se podrá transmitir en la mitad del tiempo, y la velocidad de transmisión se duplica. Sin embargo, la compresión por un factor de dos hace que la señal "oscile" dos veces más rápido, lo que implica que las frecuencias de sus componentes se dupliquen.

Para transmitir sin distorsión esta señal comprimida, el ancho de banda del canal debe duplicarse. De esta forma, el índice de transmisión de la información es directamente proporcional a B . Con más generalidad si un canal de ancho de banda B puede transmitir N pulsos por segundo, entonces, para transmitir KN pulsos por segundo se necesita un canal de ancho de banda KB . Para reiterar, el número de pulsos/segundo que pueden transmitirse a través de un canal es directamente proporcional a su ancho de banda B .

La potencia S de la señal desempeña un papel dual en la transmisión de información. Primero, S esta relacionada con la calidad de la transmisión. Al incrementarse S , la potencia de la señal, se reduce el efecto del ruido de canal, y la información se recibe

con mayor exactitud, o con menos incertidumbre. Una mayor relación de señal a ruido S/N permite también la transmisión a través de una distancia mayor. En cualquier caso, una cierta S/N mínima es necesaria para la comunicación

4.3.1 Descripción de los mecanismos que generan ruido o pérdidas

- **Pérdida por limitación de banda.** Todos los sistemas usan filtros en el transmisor asegurar que la señal a transmitir esté confinada dentro de un cierto ancho de banda y no con las señales de otros usuarios, cumpliendo además con las normas regulatorias para el caso. Este filtrado reduce la cantidad de energía que podría transmitirse, por lo cual resulta una pérdida de señal.
- **Interferencia inter-símbolo (ISI).** Se debe a que el ancho de banda del canal de comunicación es finito, por lo tanto los pulsos de comunicación no pueden mantener exactamente su forma rectangular y se deforman. Dicha deformación hace que los pulsos se ensanchen y cada uno se interfiera con el pulso siguiente, produciéndose una degradación de la señal en el proceso de detección.
- **Ruido de fase del oscilador local.** Cuando se usa un oscilador local para recuperar la señal existe un jitter⁶² o fluctuaciones de fase que producen justamente un llamado ruido de fase. Este ruido de fase produce una degradación en la calidad del detector, lo que se traduce en una pérdida de señal. Si este jitter ocurre en el transmisor, esto provocará un spread⁶³ del espectro de transmisión, que deberá corregirse con filtrado y por lo tanto también producirá una pérdida de señal.

- **Productos de inter-modulación de portadoras.** Cuando se transmiten varias portadoras sobre un canal y hay efectos no lineales, se produce una interacción multiplicativa entre las distintas portadoras, generándose todas las combinaciones posibles de sumas y restas entre portadoras. Estos productos de inter-modulación generan pérdidas de señal.
- **Pérdida debida a la modulación.** Se refiere a la potencia de la portadora, que en realidad no es potencia útil pues la potencia útil está en la señal modulada, ya que se invierte potencia extra para la transmisión de la portadora que en sí misma no lleva información.
- **Eficiencia de la antena.** Las antenas son transductores que convierten señales electrónicas en campos electromagnéticos y viceversa. Se usan además para focalizar la energía electromagnética en una cierta dirección. Cuanto mayor es la apertura de la antena mayor es la densidad de potencia en una dada dirección. La eficiencia de la antena se describe a través de la relación entre la apertura efectiva y la apertura física. Hay varios mecanismos que contribuyen a disminuir la eficiencia de una antena. La combinación de estos efectos dan como resultado una eficiencia típica de entre el 50 y el 80%.
- **Pérdida atmosférica y ruido.** La atmósfera es responsable de generar pérdidas en la señal como así también ruido obviamente indeseado. El grueso de la atmósfera se extiende hasta los 20km. Aún dentro de esta altura relativamente baja se producen importantes efectos adversos. Por un lado se producen absorciones debidas al O_2 y al vapor de agua. Y por otra parte, estas dos moléculas también son generadoras de ruido. Una de las principales causas de pérdidas y ruido atmosférico son las lluvias.

- **Pérdida espacial.** Se debe al decrecimiento de la intensidad del campo electromagnético en función del cuadrado de la distancia.
- **Interferencia de canal adyacente.** Es la interferencia originada en canales de frecuencias próximas.
- **Ruido galáctico, estelar y terrestre.** Es el ruido generado por todo cuerpo celeste, como estrellas y planetas, debido a la radiación de energía. Donde G representa la ganancia de potencia. Si la potencia de salida es menor que la potencia de entrada normalmente se habla de pérdida o atenuación y en tal caso la fórmula da un valor negativo y en lugar de la letra G se usa la A de atenuación o la P de pérdida. Cuando la potencia de salida es mayor que la potencia de entrada entonces se habla de una ganancia de signo positivo o bien de una atenuación de signo negativo.

4.4 Capacidad de transmisión de un canal.

En 1928 Harry Nyquist, un investigador en el área de telegrafía, publicó una ecuación llamada la Razón Nyquist que media la razón de transmisión de la señal en baudios.

La razón de Nyquist es igual a $2B$ símbolos (o señales) por segundo, donde B es el ancho de banda del canal de transmisión. Así, usando esta ecuación, el ancho de banda de un canal telefónico de 3,000 Hz puede transmitir hasta $2 \times 3,000$, o 6,000 baudios o Hz.

Claude Shannon después de la investigación de Nyquist estudio el como el ruido afecta a la transmisión de datos. Shannon tomo en cuenta la razón señal-a-ruido del

canal de transmisión (medido en decibeles o dB) y derivó el teorema de Capacidad de Shannon.

$$C = B \log_2(1 + S/N) \text{ bps}$$

Un típico canal telefónico de voz tiene una razón de señal a ruido de 30 dB ($10^{(30/10)} = 1000$) y un ancho de banda de 3,000 Hz. Si sustituimos esos valores en el teorema de Shannon:

$$C = 3.000 \log_2(1 + 1000) = 30.000 \text{ bps}$$

Debido a que $\log_2(1001)$ es igual al logaritmo natural de $\ln(1001) / \ln(2)$ y es igual a 9.97, el teorema demuestra que la capacidad máxima de un canal telefónico es aproximadamente a 30,000 bps.

Debido a que los canales de comunicación no son perfectos, ya que están delimitados por el ruido y el ancho de banda (*Ver Figura # 4.16*). El teorema de Shannon-Hartley estipula que es posible transmitir información libre de ruido siempre y cuando la tasa de información no exceda la capacidad del canal.

Si el nivel de S/N es menor, o sea la calidad de la señal es más cercana al ruido, la capacidad del canal disminuirá.

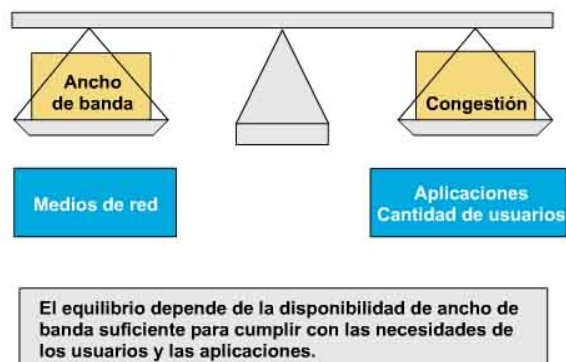


Figura # 4.16 Ancho de banda y congestión

Esta capacidad máxima es inalcanzable, ya que la fórmula de Shannon supone unas condiciones que en la práctica no se dan. No tiene en cuenta el ruido impulsivo, ni la atenuación ni la distorsión. Representa el límite teórico máximo alcanzable.

De la fórmula de Shannon;

$$C = B \log_2(S/N + 1) = \text{bps} \quad \text{bps} = B \log_2(10^{(\text{dB}/10)} + 1)$$

Lo que significa que si queremos rebasar el límite de Shannon debemos de aumentar el nivel de S/N.

Las leyes físicas establecen un límite para la velocidad de transmisión en un canal ruidoso, con un ancho de banda determinado

Es importante determinar con exactitud la cantidad de latencia que existe en la ruta entre el origen y el destino para las LAN y las WAN.

En el caso específico de una LAN Ethernet, un buen entendimiento de la latencia y de su efecto en la temporización de la red es de importancia fundamental para determinar

si CSMA/CD podrá detectar las colisiones y negociar las transmisiones de forma adecuada. (Ver Figura # 4.17)

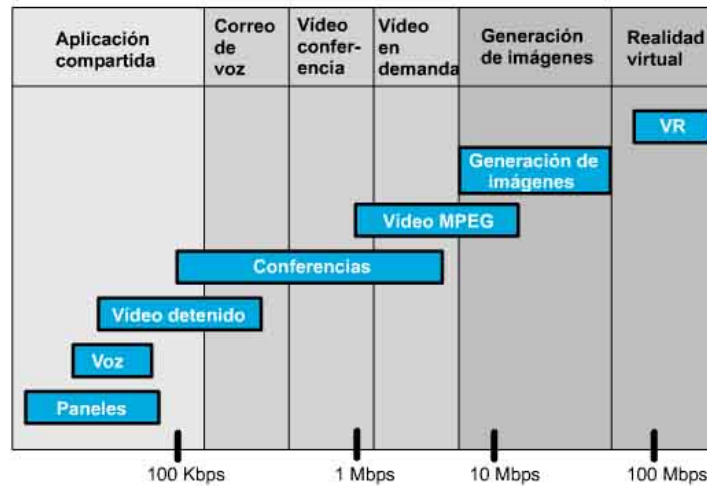


Figura # 4.17 Ancho de banda requerido en transmisiones

La latencia consiste en por lo menos tres componentes (Ver Figura # 4.18). En primer lugar, está el tiempo que le lleva al NIC colocar pulsos de voltaje en el cable y el tiempo que le lleva al NIC receptor interpretar estos pulsos. A esto se le denomina a veces "retardo NIC" (típicamente es de 1 microsegundo para las NIC 10BASE-T NIC).

En segundo lugar, se produce un retardo de propagación ya que la señal tarda cierto tiempo (aunque sea muy breve) en transportarse a lo largo del cable (en el caso de cable de par trenzado no blindado Categoría 5, este retardo es de aproximadamente 0,556 microsegundos por 100 m). Cuanto más largo sea el cable, mayor será el retardo de propagación; además, cuanto más lenta sea la velocidad nominal de propagación (NVP) del cable, mayor será el retardo de propagación.

En tercer lugar, se agrega una latencia adicional proveniente de los dispositivos de red ya sea de Capa 1, 2 ó 3 que intervienen en el recorrido entre los dos computadores que procuran comunicarse entre sí.

Esta latencia también puede variar de acuerdo con la configuración de estos dispositivos. El tiempo de transmisión propiamente dicho (o sea, el tiempo que el host tarda en enviar los bits) también se debe tomar en cuenta para entender la temporización de las redes.

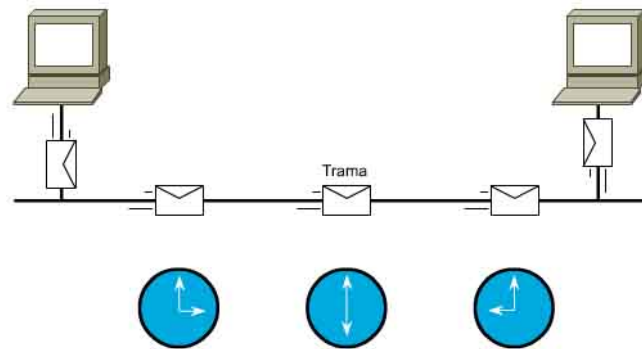


Figura # 4.18 Gráfico representativo de latencia

La latencia no depende únicamente de la distancia y de la cantidad de dispositivos. Por ejemplo, si dos estaciones de trabajo están separadas por tres switches correctamente configurados, las estaciones de trabajo pueden experimentar una latencia menor de la que se produciría si estuvieran separadas por dos routers correctamente configurados.

Todas las redes cuentan con lo que se denomina un "tiempo de bit". En muchas tecnologías LAN tales como Ethernet, el tiempo de bit se define como la unidad básica de tiempo en la que se puede transmitir un bit de datos.

Para que los dispositivos electrónicos u ópticos puedan reconocer un dígito binario, se debe definir un lapso mínimo durante el cual el bit se considera "encendido" o "apagado".

El tiempo de transmisión equivale al número de bits enviados multiplicado por el

tiempo de bit de una tecnología determinada. El tiempo de transmisión también puede considerarse como el tiempo requerido para la transmisión física de una trama (las tramas pequeñas se transmiten en menos tiempo, mientras que las grandes requieren más tiempo para su transmisión). En la siguiente tabla se muestran los tiempos de transmisión para cuatro tamaños de trama 10BASE-T diferentes.

TAMAÑO DE TRAMA EN BYTES	TIEMPO DE TRANSMISIÓN EN MICROSEGUNDOS
64	51.2
512	410
1000	800
1518	1214

Tabla # 4.1 Tiempo de transmisión de 10BASE-T

Cada bit Ethernet de 10 Mbps cuenta con una ventana de 100ns para su transmisión (el tiempo de bit). Un byte equivale a 8 bits. Por lo tanto, la transmisión de 1 byte tarda un mínimo de 800 ns. La transmisión de una trama de 64 bytes (ésta es la trama 10BASE-T más pequeña compatible con CSMA/CD) lleva 51.200 ns, o sea 51,2 microsegundos (64 bytes a 800ns por byte equivale a 51,200ns y 51.200ns dividido entre 1000 equivale a 51,2 microsegundos). La transmisión de una trama completa de 100 bytes desde la estación origen requiere 800 microsegundos sólo para completar la trama.

El tiempo requerido para que la trama llegue a la estación destino depende de la latencia (retardo) adicional introducida por la red. Esta latencia puede ser causada por retardos NIC, retardos de propagación y retardos provenientes de dispositivos de Capa 1, 2 ó 3.

Ethernet full duplex permite la transmisión de un paquete y la recepción de un paquete distinto al mismo tiempo. Esta transmisión y recepción simultánea requiere del uso de dos pares de hilos dentro del cable y una conexión conmutada entre cada nodo. Esta conexión se considera de punto a punto y está libre de colisiones.

Debido a que ambos nodos pueden transmitir y recibir al mismo tiempo, no existen negociaciones para el ancho de banda. Ethernet full duplex puede utilizar un medio compartido existente siempre y cuando el medio cumpla con los estándares de Ethernet mínimos.

Para transmitir y recibir de forma simultánea, se necesita un puerto dedicado para cada nodo. Las conexiones full duplex pueden utilizar medios 10BASE-T, 100BASE-TX o 100BASE-FX para crear conexiones punto a punto. Las tarjetas de interfaz de red (NIC) ubicadas a ambos extremos deben tener capacidades full duplex.

ESTANDAR	DISTANCIA
10BASE-T/100BASE-TX	100 metros
10BASE-T/ 100BASE-FX	2 kilómetros

Tabla # 4.2 Ethernet full duplex

Un switch Ethernet full duplex aprovecha los dos pares de hilos que se encuentran dentro del cable. Esto se realiza creando una conexión directa entre el transmisor (TX) en un extremo del circuito y el receptor (RX) en el otro extremo.

Con estas dos estaciones conectadas de esta manera, se crea un dominio libre de colisiones debido a que se produce la transmisión y la recepción de los datos en circuitos separados no competitivos.

Ethernet generalmente puede usar únicamente 50%-60% del ancho de banda de 10-Mbps disponible debido a las colisiones y la latencia. Ethernet full duplex ofrece 100% del ancho de banda en ambas direcciones. Esto produce un rendimiento potencial de 20-Mbps: 10-Mbps TX y 10-Mbps RX.

4.5 Transmisión analógica y digital

En las redes de computadores, los datos a intercambiar siempre están disponibles en forma de señal digital. No obstante, para su transmisión podemos optar por la utilización de señales digitales o analógicas. La elección no será, casi nunca, una decisión del usuario, sino que vendrá determinada por el medio de transmisión a emplear. (*Ver Tabla # 4.3*)

No todos los medios de transmisión permiten señales analógicas ni todos permiten señales digitales. Como la naturaleza de nuestros datos será siempre digital, es necesario un proceso previo que adecue estos datos a la señal a transmitir. Los casos posibles son:

- **Información digital y transmisión de señal digital.-** para obtener la secuencia que compone la señal digital a partir de los datos digitales se efectúa un proceso denominado codificación a través de métodos como por ejemplo NRZ, NRZI, RZ, Manchester.
- **Información digital y transmisión de señal analógica.-** al proceso por el cual obtenemos una señal analógica a partir de unos datos digitales se le denomina modulación. Esta señal la transmitimos y el receptor debe realizar el proceso contrario, denominado demodulación para recuperar la

información. El módem es el encargado de realizar dicho proceso. Algunos esquemas simples de modulación son FSK, ASK, PSK. (Ver Tabla # 4.4)

		Señal A	
		Analógica	Señal Digital
Datos	Análogos	Se propaga a través de amplificadores; es indiferente si la señal se usa para representar datos analógicos o para datos digitales.	Asume que la señal analógica representa datos digitales. La señal es propagada por medio de repetidores; en cada repetidor, se recuperan datos digitales de la señal de entrada y se usan para generar una nueva señal analógica de salida.
	Datos Digitales	No se utiliza.	La señal digital representa un flujo de 1s y 0s, el cual puede representar datos digitales o codificación de datos analógicos. La señal se propaga por medio de repetidores; en cada repetidor, flujos de 1s y 0s se recuperan de la señal de entrada y se utilizan para generar una nueva señal digital de salida.

Tabla # 4.3 Transmisión Analógica – Digital (Datos - Señal)

	Transmisión Analógica	Transmisión Digital
Señal Analógica	<p>Dos alternativas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La señal ocupa el mismo espectro que los datos analógicos 2. Los datos analógicos están codificados para ocupar una porción diferente del espectro. 	<p>Los datos analógicos son codificados utilizando un codec para producir un flujo de bits digital.</p>
Señal Digital	<p>Los datos digitales son codificados utilizando un módem para producir una señal analógica.</p>	<p>Dos alternativas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La señal consiste de dos niveles de voltaje para representar los dos valores binarios. 2. Los datos digitales están codificados para producir una señal digital con propiedades deseadas.

Tabla # 4.4 Transmisión Analógica – Digital (Tratamiento de señal)

4.5.1 Transmisión Asíncrona.

Es también conocida como Star/stop. Requiere de una señal que identifique el inicio del carácter y a la misma se la denomina bit de arranque. También se requiere de otra señal denominada señal de parada que indica la finalización del carácter o bloque.

Al inicio del carácter se añade un elemento que se conoce como "Start Space" (espacio de arranque) y al final una marca de terminación.

Generalmente cuando no hay transmisión, una línea se encuentra en un nivel alto. Tanto el transmisor como el receptor, saben cual es la cantidad de bits que componen el carácter (Ver Figura # 4.19 y el numero de bits es 7).

Los bits de parada son una manera de fijar qué delimita la cantidad de bits del carácter y cuando se transmite un conjunto de caracteres, luego de los bits de parada existe un bit de arranque entre los distintos caracteres.

A pesar de ser una forma comúnmente utilizada, la desventaja de la transmisión asincrónica es su bajo rendimiento, puesto que como en el caso del ejemplo, el carácter tiene 7 bits pero para efectuar la transmisión se requieren 10. O sea que del total de bits transmitidos solo el 70% pertenecen a datos.

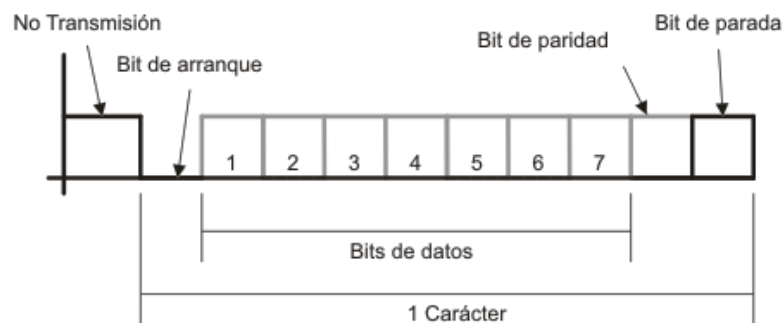


Figura # 4.19 Bloque de bits en transmisión asincrónica

4.5.2 Transmisión Sincronía

Este tipo de transmisión se caracteriza porque antes de la transmisión de propia de datos, se envían señales para la identificación de lo que va a venir por la línea, es mucho más eficiente que la asíncrona pero su uso se limita a líneas especiales para la comunicación de ordenadores, porque en líneas telefónicas deficientes pueden aparecer problemas.

Por ejemplo una transmisión serie es sincrona (sincronizada) si antes de transmitir cada bit se envía la señal de reloj y en paralelo es sincrona cada vez que transmitimos un grupo de bits.

4.5.3 Transmisión de datos en serie

En este tipo de transmisión los bits se trasladan uno detrás del otro sobre una misma línea, también se transmite por la misma línea.

Este tipo de transmisión se utiliza a medida que la distancia entre los equipos aumenta a pesar que es más lenta que la transmisión paralelo y además menos costosa. Los transmisores y receptores de datos serie son más complejos debido a la dificultad en transmitir y recibir señales a través de cables largos.

La conversión de paralelo a serie y viceversa la llevamos a cabo con ayuda de registro de desplazamiento.

La transmisión serie es sincrona si en el momento exacto de transmisión y recepción de cada bit esta determinada antes de que se transmita y reciba y asíncrona cuando la temporización de los bits de un carácter no depende de la temporización de un carácter previo.

4.5.4 Transmisión en paralelo.

La transmisión de datos entre ordenadores y terminales mediante cambios de corriente o tensión por medio de cables o canales; la transferencia de datos es en paralelo si transmitimos un grupo de bits sobre varias líneas o cables.

En la transmisión de datos en paralelo cada bit de un carácter se transmite sobre su propio cable. En la transmisión de datos en paralelo hay un cable adicional en el cual enviamos una señal llamada strobe ó reloj; esta señal le indica al receptor cuando están presentes todos los bits para que se puedan tomar muestras de los bits o datos que se transmiten y además sirve para la temporización que es decisiva para la correcta transmisión y recepción de los datos.

La transmisión de datos en paralelo se utiliza en sistemas digitales que se encuentran colocados unos cerca del otro, además es mucho más rápida que la serie, pero además es mucho más costosa.

4.5.5 Modos de transmisión de datos según la dirección

Según el sentido de la transmisión podemos encontrarnos con tres tipos diferentes (Ver Figura # 4.20).

4.5.5.1 Simplex.

Este modo de transmisión permite que la información discorra en un solo sentido y de forma permanente, con esta formula es difícil la corrección de errores causados por deficiencias de línea. Como ejemplos de la vida diaria tenemos, la televisión y la radio.

4.5.5.2 Half Duplex.

En este modo, la transmisión fluye como en el anterior, o sea, en un único sentido de la transmisión de dato, pero no de una manera permanente, pues el sentido puede cambiar. Como ejemplo tenemos los Walkis Talkis.

4.5.5.3 Full Duplex.

Es el método de comunicación más aconsejable, puesto que en todo momento la comunicación puede ser en dos sentidos posibles y así pueden corregir los errores de manera instantánea y permanente. El ejemplo típico sería el teléfono.

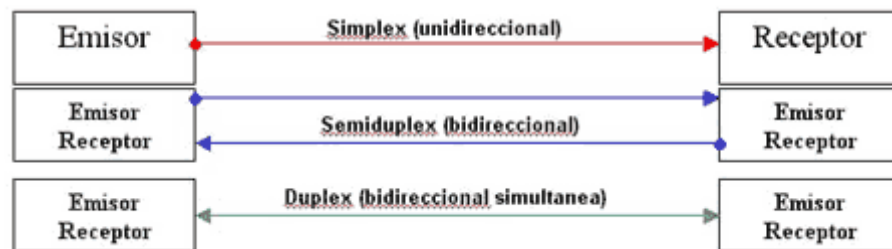


Figura # 4.20 Modos de transmisión de datos según la dirección

4.5.6 Ventajas de la transmisión digital.

- La ventaja principal de la transmisión digital es la inmunidad al ruido. Las señales analógicas son más susceptibles que los pulsos digitales a la amplitud no deseada, frecuencia y variaciones de fases.

- Se prefieren a los pulsos digitales por su mejor procesamiento y multicanalizaciones que las señales analógicas. Los pulsos digitales pueden guardarse fácilmente, mientras que las señales analógicas no pueden.
- Los sistemas digitales utilizan la regeneración de señales, en vez de la amplificación de señales, por lo tanto producen un sistema más resistente al ruido que su contraparte analógica.
- Las señales digitales son más sencillas de medir y evaluar.
- Los sistemas digitales están mejores equipados para evaluar un rendimiento de error (por ejemplo, detección y corrección de errores), que los sistemas analógicos.

4.6 Técnicas de detección de errores.

No existe ningún sistema de comunicación de datos que pueda impedir que ocurran errores durante la transmisión, aunque la mayoría de estos pueden detectarse mediante diseños apropiados que permiten saber si la información recibida es la misma que se transmitió originalmente.

Entre las técnicas para la detección de errores podemos describir las siguientes:

4.6.1 Técnica del eco

Es una forma simple de detección de errores usada en situaciones interactivas. Cuando una estación recibe una transmisión, la almacena y retransmite de nuevo a la estación emisora (eco), ésta compara el eco con el mensaje original y de esta forma

se puede determinar si se presentó un error y corregirlo. Esta técnica tiene la desventaja de requerir al menos el doble de transmisiones, y además está la posibilidad de una "corrección" espontánea durante la retransmisión.

4.6.2 Técnicas de detección automática de errores

Estas técnicas consisten en la adición al dato por enviar de un marco de verificación de secuencia o FCS (frame check sequence), el cual es obtenido a partir de los datos a transmitir por medio de un algoritmo.

Una vez recibido el mensaje, la estación receptora aplica el mismo algoritmo a los datos recibidos y compara el FCS obtenido de esta forma con el que se adicionó a los datos originales. Si son iguales se toma el mensaje, de lo contrario se supone un error.

Estas técnicas están basadas en dos métodos comunes:

4.6.2.1 Verificación de paridad en dos coordenadas

Cuando se transmiten datos a un dispositivo que cuente con un buffer, es posible extender la verificación de paridad simple añadiendo un bloque de verificación de carácter (Block Check Character BCC) (*Ver Figura # 4.21*) al final del bloque de datos, el cual realizará la segunda verificación de paridad a todo el bloque.

Carácter	Bits del carácter							Bit de paridad
1	1	0	0	1	1	0	0	1
2	0	0	1	1	1	0	1	0
3	0	1	1	0	0	0	0	0
4	1	1	0	1	0	1	1	1
5	1	0	1	0	1	0	1	0
6	0	0	1	1	0	0	0	0
7	1	1	0	0	0	0	1	1
BCC	0	1	0	0	1	1	0	1

Verificación de paridad en dos coordenadas.

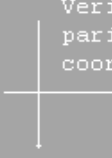


Figura # 4.21 Verificación de paridad en dos coordenadas

En la Figura # 4.22 se muestra los casos de error que se pueden dar con la técnica de verificación de paridad en dos coordenadas.

1 error detectado (por las 2 paridades)	2 errores detectados (sólo paridad vertical)	Errores ocultos
0 1 1 0	0 1 1 0	0 1 1 0
1 1 1 0	1 1 0 0	1 0 1 0
0 0 1 1	0 1 0 1	0 1 0 1
1 0 0 1	1 0 0 1	1 0 0 1

Figura # 4.22 Ejemplo de errores detectados

4.6.2.2 Verificación por redundancia cíclica (CRC)

Esta técnica es ampliamente usada, debido a que es fácil de implementar en los circuitos integrados a muy gran escala (VLSI) que forman el hardware. Un mensaje puede verse como un simple número binario, el cual puede ser dividido por una cantidad que consideraremos constante, al efectuar la división (a módulo 2) se obtiene un cociente y un residuo, este último es transmitido después del mensaje y es comparado en la estación receptora con el residuo obtenido por la división de los datos recibidos y el mismo valor constante.

Si son iguales los residuos se aceptan los mensajes, de lo contrario se supone un error de transmisión. En el proceso de datos comercial es ampliamente usada la verificación por redundancia cíclica de 16 bits de longitud, aunque también es posible usar 32 bits lo cual puede ser más efectivo.

4.6.2.3 Detección de errores del Protocolo TCP

Durante la etapa de transferencia de datos, una serie de mecanismos claves determinan la fiabilidad y robustez del protocolo. Entre ellos está incluido el uso del número de secuencia para ordenar los segmentos TCP recibidos y detectar paquetes duplicados, checksums⁶⁴ para detectar errores, y asentimientos y temporizadores para detectar pérdidas y retrasos.

Durante el establecimiento de conexión TCP, los números iniciales de secuencia son intercambiados entre las dos entidades TCP. Estos números de secuencia son usados para identificar los datos dentro del flujo de bytes, y poder identificar (y contar) los bytes de los datos de la aplicación. Siempre hay un par de números de secuencia incluidos en todo segmento TCP, referidos al número de secuencia y al número de asentimiento.

Un emisor TCP se refiere a su propio número de secuencia cuando habla de número de secuencia, mientras que con el número de asentimiento se refiere al número de secuencia del receptor. Para mantener la fiabilidad, un receptor asiente los segmentos TCP indicando que ha recibido una parte del flujo continuo de bytes. Una mejora de TCP, llamada asentimiento selectivo (SACK, selective acknowledgement) permite a un receptor TCP asentir los datos que se han recibido de tal forma que el remitente solo retransmita los segmentos de datos que faltan.

A través del uso de números de secuencia y asentimiento, TCP puede pasar los segmentos recibidos en el orden correcto dentro del flujo de bytes a la aplicación receptora. Los números de secuencia son de 32 bits (sin signo), que vuelve a cero tras el siguiente byte después del $2^{32}-1$. Una de las claves para mantener la robustez y la seguridad de las conexiones TCP es la selección del número inicial de secuencia (ISN, Initial Sequence Number).

Un checksum de 16 bits, consistente en el complemento a uno de la suma en complemento a uno del contenido de la cabecera y datos del segmento TCP, es calculado por el emisor, e incluido en la transmisión del segmento. Se usa la suma en complemento a uno porque el acarreo final de ese método puede ser calculado en cualquier múltiplo de su tamaño (16-bit, 32-bit, 64-bit...) y el resultado, una vez plegado, será el mismo.

El receptor TCP recalcula el checksum sobre las cabeceras y datos recibidos. El complemento es usado para que el receptor no tenga que poner a cero el campo del checksum de la cabecera antes de hacer los cálculos, salvando en algún lugar el valor del checksum recibido; en vez de eso, el receptor simplemente calcula la suma en complemento a uno con el checksum incluido, y el resultado debe ser -0. Si es así, se asume que el segmento ha llegado intacto y sin errores.

Hay que fijarse en que el checksum de TCP también cubre los 96 bit de la cabecera que contiene la dirección origen, la dirección destino, el protocolo y el tamaño TCP. Esto proporciona protección contra paquetes mal dirigidos por errores en las direcciones.

El checksum de TCP es una comprobación bastante débil. En niveles de enlace con una alta probabilidad de error de bit quizá requiera una capacidad adicional de

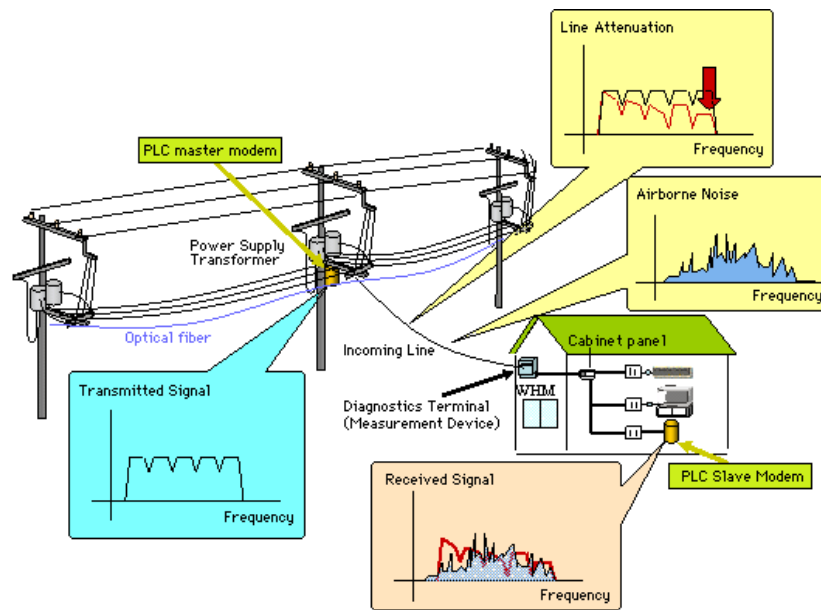
corrección/detección de errores de enlace. Si TCP fuese rediseñado hoy, muy probablemente tendría un código de redundancia cíclica (CRC) para control de errores en vez del actual checksum.

La debilidad del checksum está parcialmente compensada por el extendido uso de un CRC en el nivel de enlace, bajo TCP e IP, como el usado en el PPP o en Ethernet. Sin embargo, esto no significa que el checksum de 16 bits es redundante: sorprendentemente, inspecciones sobre el tráfico de Internet han mostrado que son comunes los errores de software y hardware que introducen errores en los paquetes protegidos con un CRC, y que el checksum de 16 bits de TCP detecta la mayoría de estos errores simples.

Los asentimientos de los datos enviados o la falta de ellos, son usados por los emisores para interpretar las condiciones de la red entre el emisor y receptor TCP. Unido a los temporizadores, los emisores y receptores TCP pueden alterar el comportamiento del movimiento de datos.

TCP usa una serie de mecanismos para conseguir un alto rendimiento y evitar la congestión de la red (la idea es enviar tan rápido como el receptor pueda recibir). Estos mecanismos incluyen el uso de ventana deslizante, algoritmo de comienzo lento, algoritmo de control de congestión, la retransmisión rápida, la recuperación rápida, y más.

CAPITULO V



EQUIPO PROTOTIPO DE TRANSMISIÓN PLC

INTRODUCCION

La verificación del objetivo de este tema de investigación requiere la elaboración de un equipo prototipo que permita verificar la certeza de la hipótesis propuesta.

En el contenido de este capítulo se expone particularmente el funcionamiento de la tecnología de comunicación a través de la red eléctrica generalizando a conexión de gran cobertura y enfatizando a una red local, determinándose las características de funcionamiento, limitantes y aspectos parametrizantes de la inclusión de esta tecnología al listado de métodos de comunicación existente.

5.1 Descripción de la comunicación entre dos PC's.

El combinar señales y electricidad en un solo medio del transporte, requiere de la instalación de un conjunto de dispositivos que permitirán crear el formato y las características de comunicación y protección necesarias, al momento de conectar el computador a este medio de comunicación.

Como se muestra en la *Figura # 5.1*, el esquema de conexión demostrativo de la comunicación por la línea de poder, presenta algunos elementos que se describen en fases de funcionamiento.

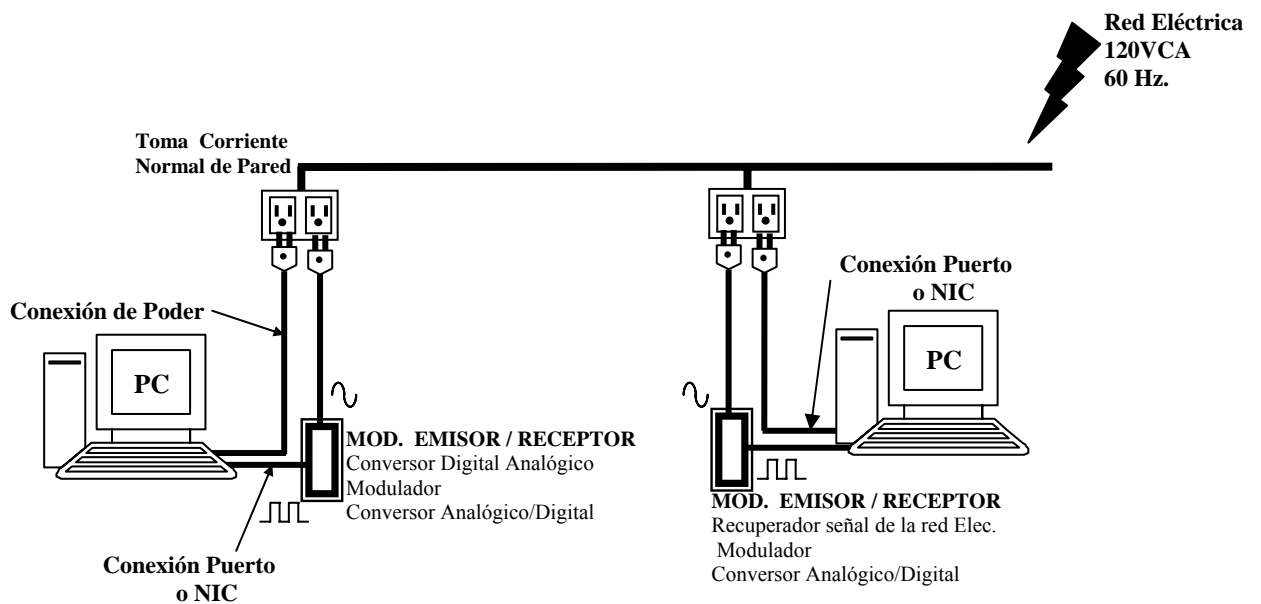


Figura # 5.1 Esquema de comunicación PLC

Fase 1: Preparación de información a transmitir.- La información a ser transmitida deberá ser emitida por el computador emisor por uno de sus canales de salida como NIC, puertos seriales, paralelos o USB.

Para la demostración de funcionamiento del prototipo se enviara los datos por la NIC, que brinda mayor facilidad de tratamiento de los datos ya que las tramas de información emitida se presentaran ya formateadas con el protocolo TCP/IP (Ver *Figura # 5.2*), que permitirá desarrollar la comunicación directa como un entorno de red.

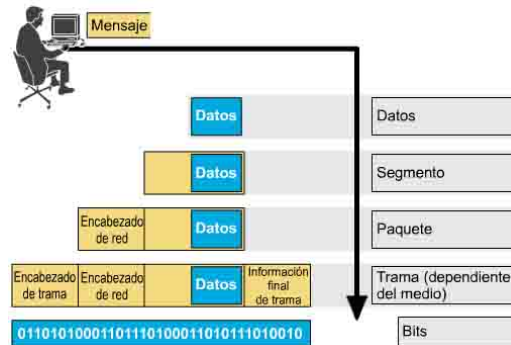


Figura # 5.2 Encapsulado y formateo de datos

El objetivo de utilizar la tarjeta de red en la demostración de este método de comunicación, se debe a que se tratará a esta conexión como una red simple de dos nodos que no utilizara equipo de conmutación y que suponga la utilización de un cable UTP cruzado (Ver *Figura # 5.3*).

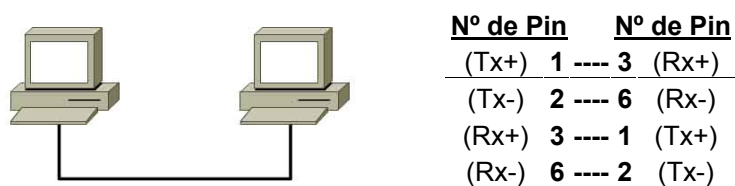


Figura # 5.3 Red simple de dos nodos con cable cruzado

Fase 2: Uso de la línea eléctrica como canal de comunicación.- en la fase 1 se estableció la conexión que servirá de punto de referencia para que la señal que circula por el cable UTP sea inyectada a la red eléctrica.

La señal digital presente en el cable UTP que circula en sentido bidireccional debe ser electrónicamente transformada a un esquema de señal que sea fácil de transmitir por el canal eléctrico, aplicándose procedimientos que cambien a formato de onda analógica de alta frecuencia para ser transmitida.

Los equipos necesarios para el tratamiento de la información son conversores analógico / digital (A/D), digital / analógico (D/A), moduladores y de-moduladores de frecuencia que en conjunto conforman un modem PLC.

5.2 Problemas de implementación.

La comunicación PLC que desde un punto de vista general, utilizará Modems que realizarán la conversión de la información a un esquema que se pueda transmitir por la línea eléctrica, y de manera inversa el otro modem recibe e interpreta la información recibida, podemos decir que dicho mecanismo de transmisión ya es comprobable en las comunicaciones que realizamos a través de la estructura de red telefónica, teniendo como diferencia que la línea telefónica está regularizada a 60 VDC y el rango de frecuencia utilizado es diferente.

El ensamblaje del prototipo presenta el mayor problema, debido a que los dispositivos electrónicos requerido no existen en nuestro país, teniendo que recurrir a la compra de módulos desarrollados como es el caso del modulador que requiere de un tratamiento especial, debido a que uno de sus principales componentes, el cristal oscilador posee características de manejo muy delicadas y requiere de herramientas altamente tecnológicas, inexistentes en nuestro medio.

Ampliando el campo de acción de este método de comunicación, pretendiendo crear una red de computadores ubicados en una área geográfica mas amplia como una ciudad, se debería recurrir a equipos de conmutación y de regeneración de señal, los mismos que debido al sistema político al que estamos sometidos, debería ser asumido por las empresas encargadas de la distribución y comercialización de energía eléctrica.

5.3 Comunicación PLC.

Mas detalladamente y desde el punto de vista técnico, La comunicación PLC requiere de un modem cabecera en el centro de transformación eléctrica que ilumina el edificio para enviar la señal.

La tecnología Power Line Communications basa su estructura de funcionamiento, en la utilización de los cables eléctricos de baja tensión como medio de transporte desde un centro transformador, Hasta el cliente, permitiendo entregar servicios de transferencia de datos como, por ejemplo, acceso a Internet Banda Ancha.

Básicamente, esto transforma al cableado de baja tensión, en una red de telecomunicaciones donde los enchufes de cada hogar u oficina, se vuelven puntos de conexión.

La arquitectura de esta red consta de dos sistemas formados por tres elementos:

Outdoor o de Acceso.- cubre el tramo de lo que en telecomunicaciones se conoce "ultima milla", y que para el caso de la red PLC comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador de distribución hasta el medidor de la energía eléctrica.

Este primer sistema es administrado por un equipo cabecera (primer elemento de la red PLC) que conecta a esta red con la red de transporte de telecomunicaciones o backbone. De esta manera este equipo cabecera inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte.

Indoor.- cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todas las tomas de corrientes o enchufes ubicados en el interior de los hogares. Para ello, este sistema utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.

Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo repetidor, segundo elemento de la red PLC. Este equipo, que normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica, está compuesto de un modem terminal y equipo cabecera.

El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo cabecera del sistema outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del repetidor e inyecta la señal en el tramo indoor.

Modem Terminal O Modem Cliente.-, que recoge la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe.

De esta manera tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la transmisión de información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir el conductor eléctrico. (*Ver Figura # 5.4*)

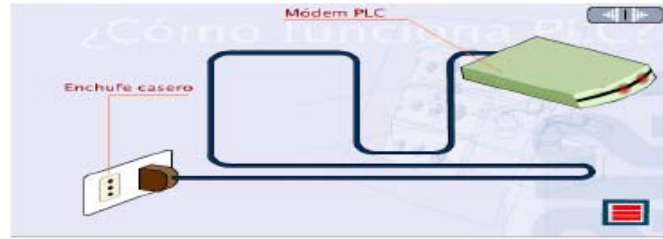


Figura # 5.4 Modem PLC conexión al enchufe casero

Descrito el sistema y los componentes de la red PLC, es necesario recurrir al espectro de frecuencia para explicar el hecho de que la energía eléctrica y la transmisión de datos puedan compartir un mismo medio sin producirse interferencias.

Como se observa en la *Figura # 5.5*, la energía eléctrica funciona a una frecuencia de 50Hz, aunque eventuales impurezas en su forma de onda puedan producir armónicas que incorporan ruidos hasta los 1000 Hz.

Por su parte en la tecnología PLC el equipo cabecera (equipo emisor) emite señales de baja potencia (50mW) en un rango de frecuencias que van desde 1.6 Mhz hasta los 35 Mhz, es decir en una frecuencia varios miles de veces superior a los 50 Hz en donde opera la energía eléctrica.

Al otro extremo del medio de transmisión (el cable eléctrico) existe un receptor (equipo terminal) que es capaz de identificar y separar la información que ha sido transmitida en el rango de frecuencia indicado.

El hecho de que ambos servicios, los de energía eléctrica y los de transmisión de datos, operen en frecuencias muy distintas y distantes, permite que estos puedan compartir el medio de transmisión sin que uno interfiera sobre el otro.

De esta manera, la tecnología PLC permite aprovechar una propiedad propia del conductor eléctrico que hasta la fecha se encontraba sin aprovechar: la banda de frecuencia no utilizada por la energía eléctrica.



Figura # 5.5 Frecuencia utilizada por PLC

5.3.1 Red basada en PLC (Power Line Communications)

El usar para transmitir el cableado eléctrico tradicional de 120v permite que en estas redes podamos aplicar muchos protocolos de transmisión lo que concede acceso a Internet desde nuestra red de comunicaciones con poner un punto de acceso de Internet, o tener todos los electrodomésticos en comunicación. Simplemente con tener un sistema de habla telefónica por Internet podemos hablar por teléfono a unos costes muy reducidos o enviar faxes con la interfaz adecuada.

Estas redes abren un nuevo horizonte de interconexión entre elementos, ya sean los electrodomésticos tradicionales, ordenadores o instrumentos de domótica de última generación. Todo a un muy bajo coste y con un rango muy elevado de posibilidades como aplicar una IP a cada elemento de nuestra casa en la red y comunicarnos con él para encender una cafetera o apagar unas luces.

5.4 Diseño de modelo electrónico de comunicación PLC.

Para trabajar con las PLC se utiliza una red conocida como High Frequency Conditioned Power Network (HFPCN), para transmitir simultáneamente energía e información. Las señales de baja frecuencia (50 ó 60 Hz, según la red) son las encargadas de la transmisión de la energía, mientras que las señales de más alta frecuencia pueden utilizarse para la transmisión de datos, circulando ambas simultáneamente a través del hilo de cobre.

Una serie de unidades acondicionadoras son las que se encargan del filtrado y separación de ambas señales y propagarlas bien hacia los usuarios finales o hacia las estaciones base (Ver Figura # 5.6). En las estaciones base se recogen los datos de los tramos de baja tensión y se transmiten a una conexión a Internet a través de fibra óptica u otros medios.

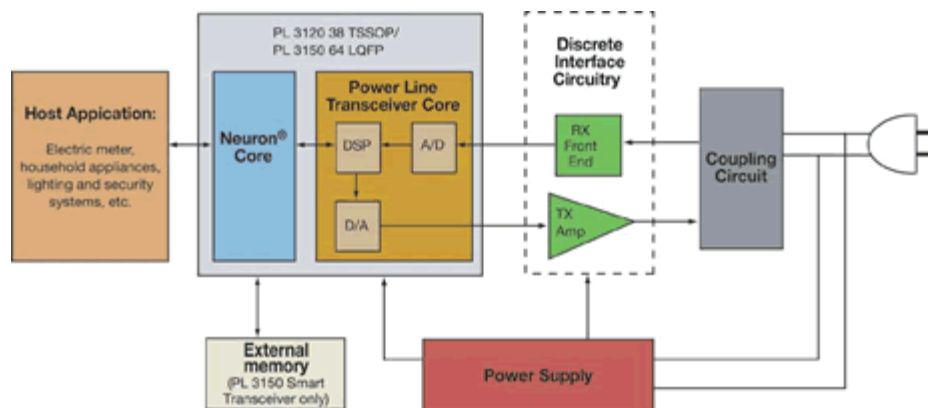


Figura # 5.6 esquema de bloques de PLC

Separarán la electricidad, que alimenta a los electrodomésticos, de las señales de alta frecuencia, que van a un módulo o unidad de servicio, donde se reconvierten en canales de vídeo, datos, voz, etc. Como ya se dijo, no se usa toda la red eléctrica para

la transmisión de datos, solamente los tramos de baja tensión, lo que hace que la señal sólo pueda viajar cerca de 300m antes de que el ruido la degrade demasiado.

Por esta razón se han de instalar repetidores de unidades acondicionadoras, para que la señal pueda viajar más lejos. Generalmente no hará falta el uso de los repetidores, puesto que las subestaciones de distribución local no están alejadas de sus usuarios directos.

Las unidades acondicionadoras situadas en los hogares de los abonados, que también pueden recibir el nombre de módem eléctricos, tienen en su interior dos filtros.

- El primero de ellos, el de baja banda, libera la corriente eléctrica de 50/60 Hz para su distribución a todos los enchufes de la casa. Este filtro además sirve para limpiar los ruidos generados en la red por los electrodomésticos conectados en casa del usuario. Si se dejaran pasar esos ruidos, al unirse a los procedentes de otros usuarios de la red, acabarán por introducir distorsiones muy significativas.
- En segundo lugar, el filtro de alta banda es el que libera los datos y facilita el tráfico bidireccional entre el cliente y la red.

En las estaciones acondicionadoras es donde se efectúa también el mecanismo que posibilita la alta velocidad de transmisión de los datos. Básicamente se trata de algo muy similar a lo que se hace en el ADSL.

En caso de encontrar un error de transferencia, rápidamente se efectúa un cambio de frecuencia de transmisión de datos, de tal modo que se juega con el espectro de frecuencias disponible para aumentar la velocidad de la transmisión en un medio bastante hostil, por otra parte, para ser usado como una red de datos.

El enfoque para lograr esto se basa en una remodelación de los niveles inferiores de la arquitectura OSI, principalmente el nivel de acceso físico. Este nivel se tiene que ajustar a un medio con unos niveles de ruido muy elevado y cambiante, de forma dinámica y rápida.

En estas condiciones se sabe que tras una cantidad determinada de datos estos estarán corruptos, por lo que se transmiten paquetes cortos, con avanzados sistemas de detección y predicción de errores.

En caso de detección de error se retransmite el dato tras acordar otro canal de comunicación en otra frecuencia. El envío de paquetes se realiza mediante un método de paso de testigo, de forma que solo un elemento pudiese estar transmitiendo a la vez (el poseedor del testigo).

De esta forma se soluciona también el que otro nodo empezase a transmitir en medio mitad de la transferencia de otro nodo (por mal interpretación de lo que viaja por la red de datos que parecen ruido o viceversa) dado que si no tiene el testigo no puede transmitir.

La clave de la comunicación a través del cableado eléctrico la constituye la unidad de acondicionamiento, que separa los datos y señales eléctricas, encaminando todas las señales hacia el receptor. La electricidad va a través de una vía de baja frecuencia que también filtra el ruido para que los datos tengan mejor calidad.

En casa, los electrodomésticos podrán ser controlados a través de Internet, e incluso se podrían detectar sus averías de forma remota. Las instalaciones de domótica, hoy prohibitivas, serán algo común. La radio, la televisión y los juegos a la carta llegarán a cualquier enchufe.

En la oficina, montar una red local es tan sencillo como conectar el módem PLC al tendido eléctrico, sin necesidad de nuevos cables o redes inalámbricas. Del mismo modo se pueden instalar redes privadas virtuales y hacer más sencillo el teletrabajo.

La función de conversión la realiza un circuito electrónico integrado. Según el principio que aplica tendrá diferente velocidad de conversión (muestras/seg.), es decir la máxima frecuencia con que pueden obtenerse nuevos resultados.

Hay de distintos tipos según sean los requerimientos de velocidad y precisión: aproximaciones sucesivas, doble rampa, paralelo (flash)

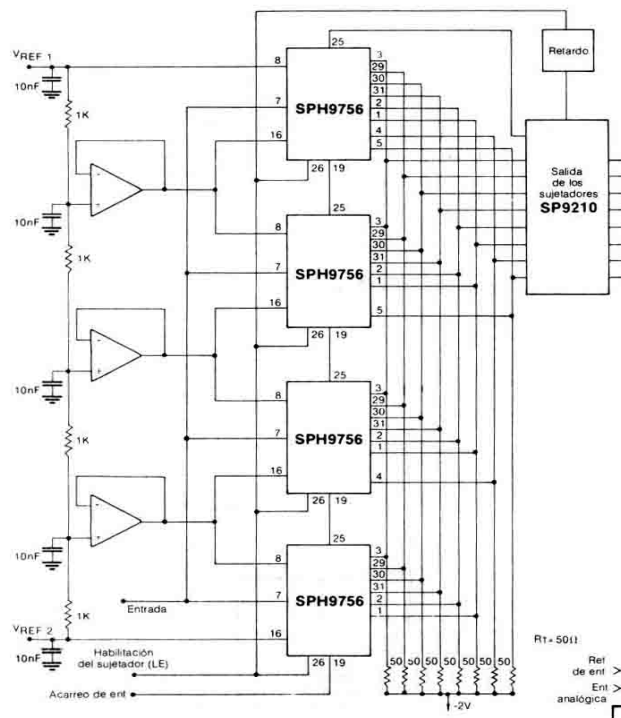


Figura # 5.7 Conversor Analógico / Digital de 8 Bits en paralelo

En la Figura # 5.7 se muestra el conversor analógico digital utiliza cuatro dispositivos de conversión A/D híbridos de 8 bits tipo SPH9756 y se utiliza una cadena de referencia para definir los voltajes de referencia y se emplea tres amplificadores

5.4.2 Conversor Digital Analógico

Tres elementos CD4007A (Ver Figura # 5.9) llevan a cabo las funciones de conmutación utilizando un nivel lógico de 10 voltios.

Se proporciona de alimentación al canal positivo para el amplificador seguidor y alimenta el regulador de voltaje CA3085. La red resistiva tipo escalera esta constituida por resistores de película de metal-oxido con una tolerancia del 1%.

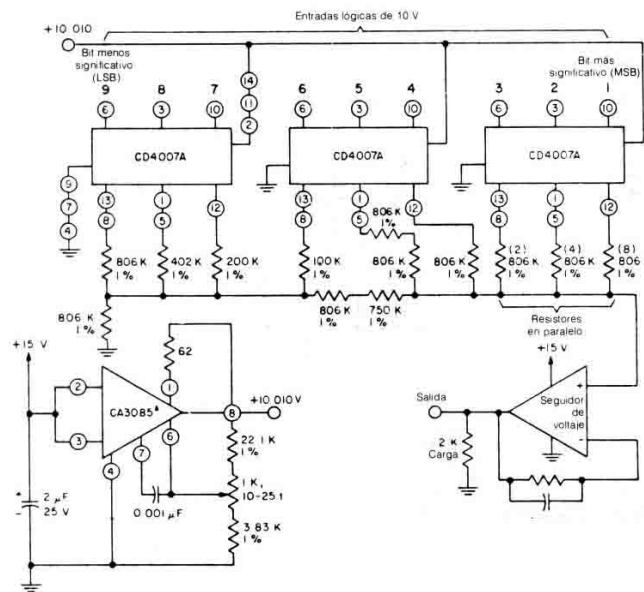


Figura # 5.9 Conversor Digital / Analógico

5.4.3 Convertidor de potencia analógico digital

El amplificador de potencia ICH8510 es excitado por un AD7520. Entre estos se utiliza un amplificador sumador para separar el bloque de ganancia, incluido en los resistores del circuito integrado tipo lasca del AD7520, de la etapa de ganancia del amplificador de potencia, cuya ganancia solamente se ajusta por los resistores externos. La

característica del diseño permite una exactitud para 8 bits y una resolución para 10 bits. (Ver Figura # 5.10)

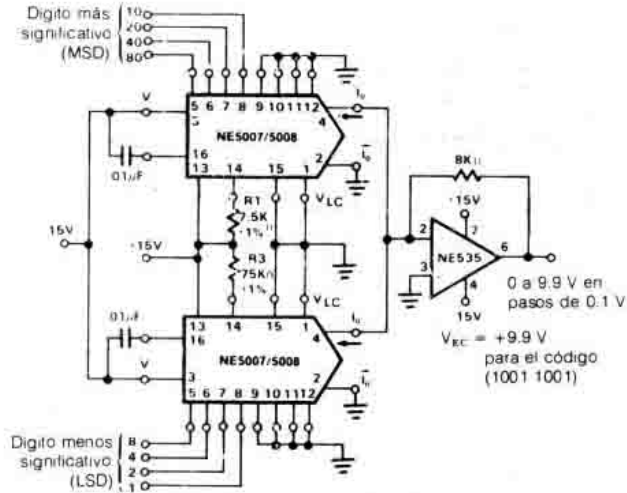


Figura # 5.10 Conversor Analógico / Digital

5.4.4 Modulador de Frecuencia

El Circuito Modulador de frecuencia de la Figura # 5.11 genera una salida con nivel TTL de 1MHz. aproximadamente para excitar circuitos divisores tipo CMOS o TTL. La estabilidad del circuito a temperatura ambiente es excelente. El circuito se desarrollo para ofrecer “ventanas” de secuencias temporizadas para el funcionamiento de ondas continuas.

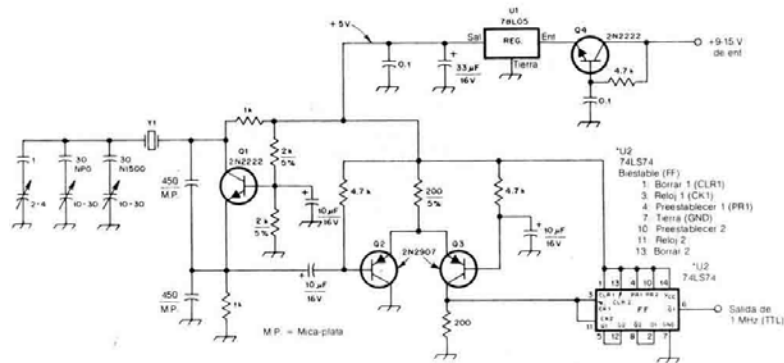


Figura # 5.11 Modulador de frecuencia

5.5 Modem PLC e interpretación de datos.

Entre los aspectos técnicos que hacen difícil el desarrollo de un sistema de comunicaciones PowerLine, destaca el ruido que añade el canal a la señal que se transmite. Definido como aquellas perturbaciones presentes en la red eléctrica durante una fracción de tiempo pequeña. La amplitud de dichos impulsos puede alcanzar incluso los 2 Kv.

Pueden ser eventos aislados, producidos por el encendido y apagado de dispositivos eléctricos, o eventos periódicos, más habituales y críticos que los primeros, ya que son impulsos de mayor duración que los primeros, y ocurren a la frecuencia de la red (fAC=50 Hz.) o armónicos superiores

En las comunicaciones powerLine, tan importante como conseguir una alta eficiencia espectral de transmisión a la hora de escoger un esquema de modulación, es obtener una tasa de error de bit (BER) pequeña. Dos modulaciones muy robustas en canales altamente ruidosos como es el caso de las comunicaciones PowerLine, son p/4-DQPSK y GMSK.

- **Throughput.-** define la cantidad de datos que pueden enviarse a través de un modem en un cierto período de tiempo. Un modem de 9600 baudios puede tener un throughput distinto de 9600 BPS debido al ruido de la línea o a la compresión de datos (que puede incrementar la velocidad hasta 4 veces el valor de los baudios). Para mejorar la tasa efectiva de transmisión o throughput se utilizan técnica de compresión de datos y corrección de errores.

- **Compresión de datos.-** describe el proceso de tomar un bloque de datos y reducir su tamaño. Se emplea para eliminar información redundante y para empaquetar caracteres empleados frecuentemente y representarlos con sólo uno o dos bits.
- **Control de errores.-** la ineludible presencia de ruido en las líneas de transmisión provoca errores en el intercambio de información que se debe detectar introduciendo información de control. Así mismo puede incluirse información redundante que permita además corregir los errores cuando se presenten.

El modem implementado constituye el nivel físico completo de un sistema de comunicaciones PowerLine. Está basado en un DSP⁶⁵ INT51X1, el cuál lleva a cabo todo el procesado en banda base de la señal.

Por su gran capacidad de cálculo, y su diseño enfocado al procesado de señal, los DSPs se presentan como una opción muy ventajosa para la implementación de un modem. Se ha implementado de forma sencilla el esquema tanto de modulación y demodulación, de modo que admita una integración posterior de niveles superiores de un esquema OSI en cualquier aplicación pensada para comunicaciones PowerLine.

Dicha implementación, junto a las etapas de conversión analógica - digital y digital - analógica, constituyen el modulador y el demodulador en banda base. La obtención de la señal compleja centrada en la frecuencia de transmisión adecuada a partir de sus componentes en fase y cuadratura de banda base que resultan a la salida de los conversores, en el caso del modulador, o la obtención de las mismas, en el caso del demodulador, así como la adecuación o recepción de la señal analógica de la red eléctrica. El diagrama de bloques del sistema completo se incluye en la figura # 5.12

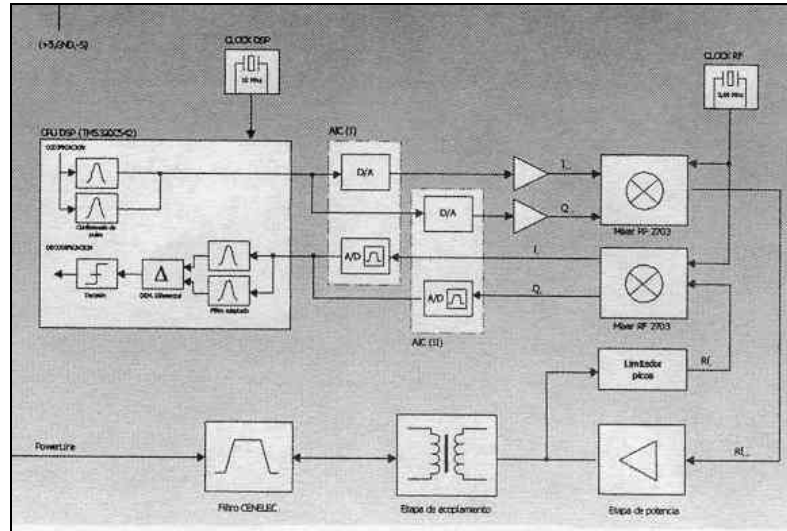


Figura # 5.12 Diagrama de bloques Modem

La Implementación de un Modem PowerLine para Transmisión de Datos Digitales, surgió para dar respuesta a las arquitecturas que se plantean para edificar la futura red del hogar para aquellos casos en particular donde el tendido de nuevos cables en la vivienda suponga una dificultad añadida, bien sea por imposibilidad física o por necesidades estéticas.

Es entonces cuando los sistemas PowerLine, que utilizan la red eléctrica como canal de comunicaciones, pueden jugar un papel definitivo en un futuro muy cercano, sobre todo para las viviendas de antigua creación.

Esto, que surge como una solución evidente, y que sólo parece presentar ventajas, no ha tenido apenas desarrollo hasta ahora. La principal razón de ello, ha sido el desconocimiento de la red desde el punto de vista de canal de comunicación. Es un medio diseñado para proveer de la potencia necesaria a los hogares y resto de edificios, y que como canal de comunicación de datos, es altamente ruidoso.

El receptor del modem está formado por los circuitos reseñados a continuación. El receptor debe llevar a cabo dos funciones importantes: el reconocimiento de la portadora y la conversión de los datos de analógicos a digitales. Las señales de portadora o de datos que entran en el receptor a través del ecualizador de retardo llegan de uno de los transformadores de línea.

a) Ecualizador de retardo.-El ecualizador de retardo compensa los efectos de la distorsión de retardo de la señal "FS" que llega de las líneas. El circuito se puede conectar o desconectar de modo opcional.

b) Filtro de predetención.-Este circuito recibe señales analógicas del ecualizador de retardo o directamente del transformador. Este filtro rechaza las frecuencias que se encuentran en el exterior de la banda de datos. Su función consiste en evitar que el ruido entre en el receptor.

c) Ecualizador de atenuación.-Compensa la distorsión de amplitud y se puede desconectar cuando se trata de líneas acondicionadas de alta calidad, en cuyo caso funciona como preamplificados.

d) Preamplificador.-Su misión consiste en proporcionar una ganancia fija de 20dB para las señales de bajo nivel que llegan del ecualizador de atenuación. Si dichas señales son fuertes, el preamplificador funciona como prelimitador. En este caso, «recorta» los picos de las señales fuertes. La salida de este circuito se aplica tanto al limitador como al amplificador detector de señal.

e) Limitador.-El limitador recibe las señales del preamplificador y las convierte en una onda cuadrada simétrica.

f) Formador de impulsos.-Recibe una onda cuadrada simétrica del limitador y genera un impulso positivo de una duración fija por cada transición de la onda cuadrada.

g) Filtro de postdetección.-Este circuito genera un nivel de tensión de salida de c.c. cuya amplitud esta determinada por la frecuencia de los impulsos que llegan del formador de impulsos. Por ejemplo, una señal de 2.200 Hz de la línea genera impulsos mas frecuentes en el formador de impulsos y. por consiguiente, una salida de c.c. mayor en el filtro, que una señal de 1.200 Hz de la línea.

h) Decodificador.-El decodificador compara la salida de cc del filtro de postdetección con una referencia preestablecida. Si el nivel de cc indica que se trata de una señal de 2.200 Hz, el decodificador pone la línea «RD» del adaptador en la condición de space (+12 V). Si el nivel de cc del filtro indica que se trata de una señal de 1.200 Hz, la línea "RD» se pone en condición de «mark» (-12 V).

i) Amplificador detector de señal (detector de portadora).-Este amplificador de ganancia fija posee ajustes de ganancia seleccionables mediante swichs. Además, en conjunción con las ganancias fijas, el puente selecciona el nivel umbral correspondiente. La función del circuito consiste en determinar la presencia o ausencia de una señal de datos recibida. El umbral seleccionadle determina la energía mínima de la señal para que sea reconocible; mientras que los ajustes de ganancia determinan la cantidad de amplificación que se va a realizar. Los ajustes para líneas de peor calidad reducen el umbral e incrementan la ganancia. Los ajustes para líneas de alta calidad elevan el umbral y reducen la ganancia.

j) Detector de nivel.-El detector de nivel genera impulsos de disparo para el circuito temporizador del detector de señal de línea mientras la salida del amplificador detector de señal indique la presencia de una señal recibida. Si el modem esta preparado para

el funcionamiento con 2 hilos, estos impulsos se desactivarán cuando se conecte el paso amplificador de la señal «RTS».

k) Temporización del detector de señal de línea.-Este circuito mantiene la línea de detección de portadora de datos del adaptador en el estado de "ON" (+12 v) mientras reciba impulsos del detector de nivel. Además proporciona un retardo de «conexión» y de «desconexión» para filtrar las transiciones a conexión o a desconexión en la línea de datos recibidos (RD).

La señal inducida, en ningún caso es perjudicial para la salud de las familias residentes en comunidades o pisos inyectados y por supuesto, tampoco trae ningún riesgo para los aparatos conectados en las viviendas ni por sobre tensiones ni interferencias.

Las ventajas del PLC son evidentes; Cuando se requiere una instalación de telefonía, no es necesario hacer ningún tipo de cableado. Cualquier enchufe de la vivienda u oficina puede ser válido aunque, depende mucho de la calidad del cable, de los empalmes o incluso de la sección del cable. A mayor sección, mayor inducción y transmisión de la señal.

5.5.1 Comparación con Modem ADSL

El fundamento del modem PLC se podría considerar como de idéntico principio que un modem ADSL. En ambos casos se aprovechan infraestructuras preexistentes, y son tecnologías que no estaban pensadas ni diseñadas para transmitir datos a alta velocidad bajo la estructura física que trabajan.

El ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) es una nueva tecnología estandarizada y escalable de módem que convierte las líneas telefónicas existentes de par trenzado en caminos de acceso para multimedia y comunicaciones de datos a alta velocidad. La tecnología ADSL que pertenece a la familia de tecnologías denominadas globalmente xDSL (x Digital Subscriber Line), es la más prometedora en cuanto a velocidad-prestaciones.

Dichas velocidades incrementan la capacidad de acceso existente por un factor muy importante sin requerir un nuevo cableado. ADSL puede transformar la red de información pública existente que se encuentra limitada a voz, texto y gráficos de baja resolución en un sistema potente capaz de soportar multimedia incluyendo vídeo con total movimiento al domicilio de cualquier abonado telefónico PSTN⁶⁶.

Actualmente el acceso a Internet a alta velocidad se considera una de las primeras aplicaciones para ADSL.

ADSL puede proporcionar en la práctica velocidades elevadas. Los módem analógicos actuales sólo ofrecen velocidades bajas de 28,8Kbps, 56 Kbps y con RDSI se puede llegar hasta 128Kbps pero esto es poco comparado con las velocidades de los módem ADSL que pueden llegar hasta 9 Mbps. Se requerirán décadas para que los nuevos cableados de banda ancha (cable coaxial de 75 ohmios, fibra óptica, etc.) alcancen a todos los posibles abonados. Por tanto, el éxito de estos nuevos servicios dependerá de alcanzar al mayor número de abonados posible durante los próximos años lo cual se cumple con el par telefónico.

ADSL utiliza como elementos de red en cada extremo del usuario después de la línea telefónica de cobre existente un "splitter"⁶⁷ del POTS" para separar las transmisiones

de voz y datos (si no se utiliza ADSL-Lite) y detrás se coloca el módem ADSL compatible con uno de los puntos de presencia del NSP.

Como ADSL funciona punto a punto, no necesita control de acceso al medio y cada usuario obtiene toda la velocidad disponible de forma continua. Sin embargo, la velocidad de los módem ADSL depende de la distancia de la línea y las líneas más

Los módem de cable y los módem ADSL presentan capacidades comparables y ambos pueden operar sobre infraestructuras basadas en IP de banda ancha. Entre los factores diferenciales que se pueden identificar figuran:

- **Seguridad.** Todas las señales circulan a todos los usuarios de los módem de cable en una única línea coaxial, lo cual facilita las posibles escuchas clandestinas intencionadas ó accidentales. ADSL es inherentemente más seguro ya que proporciona un servicio dedicado sobre una única línea telefónica. Las escuchas clandestinas intencionadas requieren invadir la propia línea (a menudo subterránea) y conocer la configuración del módem establecida durante la inicialización, no es imposible, pero si más difícil. El cifrado y la autenticación son dos mecanismos de seguridad importantes en ambos módem pero de vital importancia en los módem de cable.
- **Fiabilidad.** Si se corta una línea CATV de los módem de cable se deja sin servicio a todos los usuarios de esa línea (este problema necesita atención de gestión de red). Los amplificadores en redes CATV (con cable coaxial) suelen presentar algunos problemas. Un fallo de un módem ADSL sólo afecta a un abonado y las líneas telefónicas son bastante fiables ante agentes climáticos.

- **Escalabilidad.** Aunque los módem de cable presentan un mayor ancho de banda de la red al abonado (hasta 30 Mbps), dicho ancho de banda se comparte entre todos los usuarios de la línea y por tanto variará en algunos casos de forma muy acusada.

El primer usuario de un módem de cable de una línea dada tendrá un servicio excelente. Cada usuario adicional añadido crea ruido, carga el canal, reduce la fiabilidad y degrada la calidad de servicio para todos en la línea. La calidad de servicio también se degradará cuando los usuarios de Internet en vez de enviar texto y baja tasa de gráficos envíen multimedia y alta tasa de gráficos.

ADSL no sufre de degradación debido al tráfico ó número de usuarios de la red de acceso. Sin embargo, ADSL debe trabajar con un concentrador de acceso de algún tipo que podrá congestionarse durante las horas punta.

Si la salida del concentrador no es superior que la velocidad de un único módem de cable tendrá idéntica degradación. Sin embargo, es probable que sea más fácil añadir capacidad al concentrador que dividir los nodos coaxiales que es el remedio comparable en líneas/redes HFC (Hybrid Fiber/Coax) sobre los que operan los módem de cable.

5.5.1.1 Arquitectura de Canales - División Del Ancho De Banda

Los módem ADSL utilizan técnicas avanzadas de procesamiento digital de señales, algoritmos especiales y se han hecho necesarios diversos avances en el área de los dispositivos electrónicos como transformadores, filtros analógicos, convertidores A/D, etc. para poder comprimir tanta información con la capacidad de una línea telefónica de par trenzado ordinarias sin interferir con los servicios de telefonía regulares. Las líneas telefónicas de gran longitud pueden atenuar las señales a 1 MHz. (el flanco de salida de la banda utilizada por ADSL) unos 90 dB, lo cual obliga a las secciones analógicas de los módem ADSL a conseguir elevados rangos dinámicos, separación de canales y mantener bajas las figuras de ruido.

Externamente ADSL parece simple ("conductos" de datos síncronos transparentes a varias velocidades de datos sobre líneas telefónicas ordinarias). Internamente existe una sofisticada tecnología moderna.

Para crear los diferentes canales, los módem ADSL dividen el ancho de banda disponible de una línea telefónica de una de las siguientes formas:

- FDM (Frequency Division Multiplexing) que asigna una banda para los datos salientes y otra banda para los datos entrantes. El camino de entrada se divide por multiplexación por división de tiempo (ó TDM) en uno ó más canales de alta velocidad y uno ó más canales de baja velocidad. El camino de salida también se multiplexa en los canales de baja velocidad correspondientes.
- Cancelación de Eco que asigna la banda saliente solapada con la entrante y separa las dos por medio de la "cancelación de eco local", una técnica utilizada por ejemplo los módem analógicos V.32 (9,6 Kbps) y V.34 (28,8 Kbps) ITU-T.

Esto significa que ambos POTS y ADSL pueden transmitirse en el mismo hilo de Cobre, eliminando la necesidad de tener una línea separada del POTS para las comunicaciones de voz. Con las técnicas FDM y cancelación de eco, ADSL divide una región de 4 KHz para el POTS (Plain Old Telephone Service) en el extremo DC de la banda. Un módem ADSL organiza la corriente de datos total creada multiplexando canales entrantes, canales dúplex y canales de mantenimiento en bloques y añade un código de corrección de errores a cada bloque.

El receptor entonces corrige los posibles errores que puedan ocurrir durante la transmisión hasta los límites que permita el código y la longitud del bloque. La unidad también puede, a opción de los usuarios crear súper-bloques entremezclando los datos dentro de sub-bloques; esto permite al receptor corregir cualquier combinación de errores dentro de un espacio específico de bits. Esto permite tanto la transmisión de datos como señales de vídeo de forma efectiva.

El Forum ATM y DAVIC (Digital Audio-Visual Council) han reconocido a la tecnología ADSL como un protocolo de transmisión del nivel físico para medios de transmisión UTP (Unshielded Twisted Pair). Tanto el ANSI (American National Standards Institute), Grupo de Trabajo T1E1.4 como el ETSI (European Technical Standards Institute) han aprobado estándares para ADSL. En 1994 se formó el Forum ADSL para promover la tecnología ADSL y facilitar el desarrollo de arquitecturas de sistemas ADSL, protocolos, e interfaces para las principales aplicaciones ADSL. El Forum ADSL agrupa a proveedores de servicios, fabricantes de equipos/proveedores de sistemas y fabricantes de componentes semiconductores a nivel mundial.

5.5.2 Prototipo para comunicaciones Powerline

El diseño, elaboración e implementación de un prototipo de modem PLC de comunicación que se constituirá en el elemento físico único del sistema PowerLine no es de fácil elaboración. El DSP implementa el esquema tanto de modulación y demodulación, de modo que admita una integración posterior de niveles superiores de un esquema OSI en cualquier aplicación pensada para comunicaciones PowerLine.

El DSP, junto a las etapas de conversión analógico-digital y digital - analógico, constituyen el modulador y el demodulador en banda base.

La obtención de la señal compleja centrada en la frecuencia de transmisión adecuada a partir de sus componentes en fase y cuadratura de banda base se presenta a la salida de los conversores, en el caso del modulador, y la obtención de las mismas, en el caso del demodulador se debe al gracias a un esquema adicional que incluye tanto la etapa de IF como la etapa de potencia.

El prototipo contiene en su parte frontal un JACK que albergara al conector RJ45 del extremo del Patch Cord proveniente de la conexión con la tarjeta de red instalada en el computador (*Ver Figura # 5.13*). Esta será la ruta de enlace entre el modem PLC y el computador.

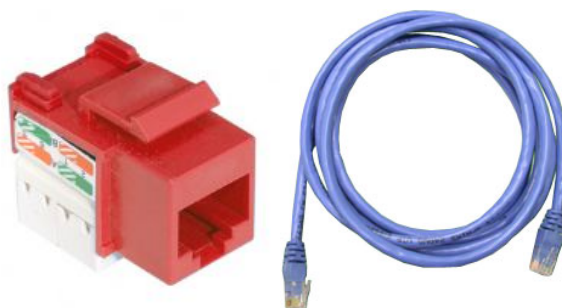


Figura # 5.13 Jack para conector RJ45 y Patch Cord

Además en se puede encontrar un conjunto de 3 indicadores luminosos LED que mostraran el estado de la conexión como se indica al detalle a continuación (Ver *Figura # 5.14*):

- **Diodo Verde.**- Se mostrara encendido si establece conexión PLC con otro modem.
- **Diodo Rojo.**- Parpadeara al momento de que en una conexión PLC establecida se transmita información.
- **Diodo Amarillo.**- Se encenderá al momento de tener conexión con el computador, es decir la conexión entre la NIC y el modem PLC, además titilara cuando exista transmisión de información.



Figura # 5.14 Vista exterior prototipo desarrollado

En la parte interior se encuentran montados en la placa de circuito impreso los siguientes elementos electrónicos.

- Puente rectificador compuesto de dos diodos rectificadores que estandarizan la señal senoidal de la onda corriente alterna (AC), al uso de valores positivos de

voltaje, que permitirán además utilizar esta energía como alimentación de corriente directa (DC) para los demás elementos electrónicos.

- Complementando la etapa de rectificación se incorpora un conjunto de filtros condensadores electrolíticos y electrostáticos que rellenan los picos presentes en la onda producto de la rectificación de los diodos.
- Transformador de acople 6V/200mA DIP POWER LOW PROFILE LI-TAI reductor de voltaje de 4 entradas en el bobinado primario y 4 salidas en el bobinado secundario, que permite regenerar las señales TX de transmisión y RX de recepción, desarrollado por SDIAMOND ELECTRONICS CO. LTD. (Ver *Figura # 5.15*)



Figura # 5.15 Vista de elementos montados en placa impresa

- El modulador de señal, elemento principal del prototipo es diseñado por la empresa INTELLON, quien creó y patentó la tecnología inicial de HomePlug⁶⁸ 1.0, por tal razón la mayor parte del modem PLC esta expuesta en esta placa mostrada en la *Figura 5.16*, se constituye en tecnología cerrada y de difícil

imitación por lo que el diseño de este prototipo es mediante el uso de esta placa ya ensamblada.

Este modulador funcionan en frecuencias de 1 MHz a 30 MHz, dado que la frecuencia de la corriente alterna que llega a los hogares es de 60 Hz, el uso de frecuencias más altas para la transmisión de datos garantiza, en cierta medida, la estabilidad de la señal.

Sin embargo, se incluye en el sistema electrónico montado en el circuito impreso, un modulo que provee modulación más robusto para la corrección de errores, puesto que los conductores eléctricos varían de instalación en instalación y es necesario que la resistencia de los materiales esté homologada para una mejor comunicación, como es el caso de las redes Ethernet, donde la resistencia es uniforme.

OFDM (Multiplexado Ortogonal para la División de Frecuencias) son un grupo de técnicas de transmisión de datos en el cableado eléctrico.

Su función es dividir el espectro de frecuencias disponible en varios pequeños espectros, algo muy similar a lo que ocurre en ADSL y los servicios de televisión por cable.

Del lado del usuario final, un aparato separa las distintas frecuencias y selecciona la apropiada para el envío y recepción de datos, además de contener un filtro para separar las altas frecuencias de las bajas, en donde reside la transmisión de la energía eléctrica.

El circuito integrado INT51X1 de Intellon y patentado por PowerPacket (Ver Figura # 5.16) utiliza tecnología de modulación OFDM que forma la base de la especificación HomePlug 1.0.1.

Provee comunicación fiablemente a 14 Mbps encima del difícil ambiente de la línea de poder, además este circuito Integrado (CI) combate la atenuación, fuentes de los ruidos, y multi-camino que disminuyen la asignando de frecuencias utilizable, según la proporción de ruido en la señal (SNR).

La sincronización se logra en canales bajos de SNR sin el uso de conductor de portadora.

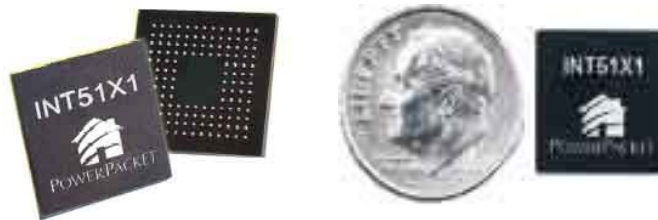


Figura # 5.16 Modulador de la empresa Intellon

La MAC lleva a cabo un esquema de CSMA/CA ordenando y con solicitud de repetición automática (ARQ) para la entrega fiable de paquetes de Ethernet vía el encapsulamiento del paquete.

Brinda calidad de servicio (QoS⁶⁹) para que las características mantenga el ancho de banda necesario para la carga de multimedia incluyendo voz, datos, audio, y video.

Un cuarto nivel utiliza el método de acceso randomico, dando prioridad estrictamente a métodos de control. Acción que permitirá adelante en la línea de poder minimiza las demandas en los recursos del receptor y aumentando al máximo el rendimiento de la red.

El IC se disputa libremente la capacidad de acceso entendiendo para este concepto la transmisión de múltiples etiquetas encima de la línea de poder sin abandonar el mando del medio. Utilizando la disputa libre de acceso una sola estación puede actuar como un director para la red entera.

Los diseñadores del sistema incluyen en el PowerPacket un control específico de información, dentro del flujo de paquetes para el mando óptimo a través de la conexión con EEPROM⁷⁰ (Ver Figura # 5.17). Esta interfase EEPROM permite la interacción normal con manejadores controladores comunes de Ethernet.

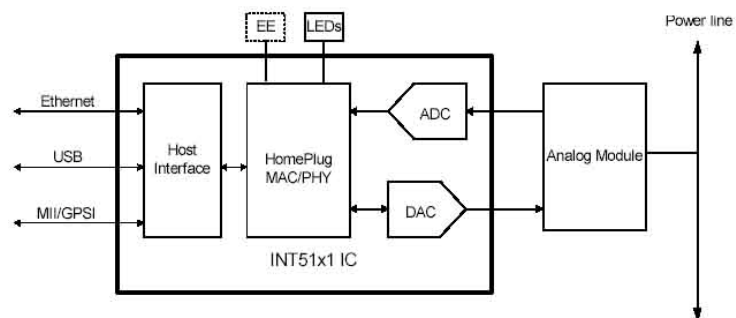


Figura # 5.17 Diagrama funcional del circuito integrado INT51X1

Utiliza modulación OFDM adaptiva con 1.280 portadoras. Dispone de monitorización continua de la relación señal ruido del canal, en base a la cual se adapta la tasa de

bits por portadora. Cuenta con corrección de errores mediante Reed Solomon⁷¹ y encriptación. (Ver ANEXO C)

Como conclusión acerca de los elementos necesarios para la creación de el prototipo, es de gran importancia indicar, que en el medio tecnológico que se desenvuelve nuestro país, es imposible desarrollar un prototipo con las características del mencionado en este tema, ya que las tecnologías utilizadas en este tipo de equipos son de carácter propietario y no de uso abierto para pretender improvisar con elementos de reemplazo.

CARACTERISTICAS

- Un Solo Chip powerline de red de computadoras se convierte en un transceiver⁷² que permite la conexión con interfaces Ethernet y USB.
- Integra un conversor analógico digital ADC de 10-bit y un conversor digital analógico DAC de 10-bit y mando de control automático de la medida AGC (Automatic Gauge Control)
- Consumo bajo de energía

Adicionalmente podemos encontrar que la onda de transmisión introducida a nivel de la red eléctrica no interfiere con la señal tradicional de los 60 Hz (Ver Figura # 5.18).

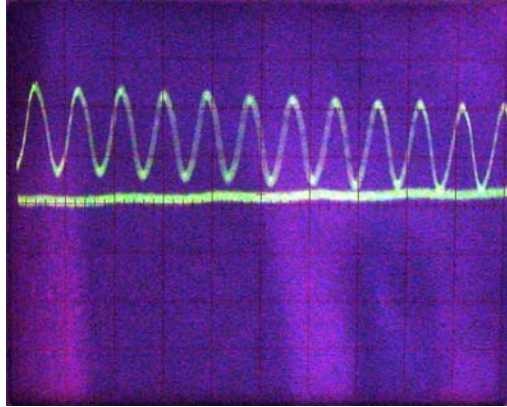


Figura # 5.18 Onda de comunicación PLC y de la Energía eléctrica

5.6 Software de control para envío de información.

Sustentado en la concepción y funcionamiento del prototipo, se determinó que el esquema de comunicación PLC se convierte en un intermediario que trata a la conexión de manera similar a una red de dos computadoras enlazadas a través del esquema del cable cruzado *PEER TO PEER* sin la necesidad de equipo de conmutación (switch o hub).

Resumiendo esto obliga a que el sistema operativo cualquiera que sea, gobierne y negocie la manipulación de la información. Por esta razón no se necesita de software específico que permita la administración de la red bajo esquema PLC.

Con el anterior antecedente se debe mencionar que la configuración de los equipos conectados en esta red PLC deberán cumplir con el conjunto de componentes y características necesarias para crear una conexión de red (*Ver Figuras # 5.19 y 5.20*).

- Hardware de conexión (NIC)
- Tipo de cliente
- Protocolo de comunicación

- Servicios a prestar

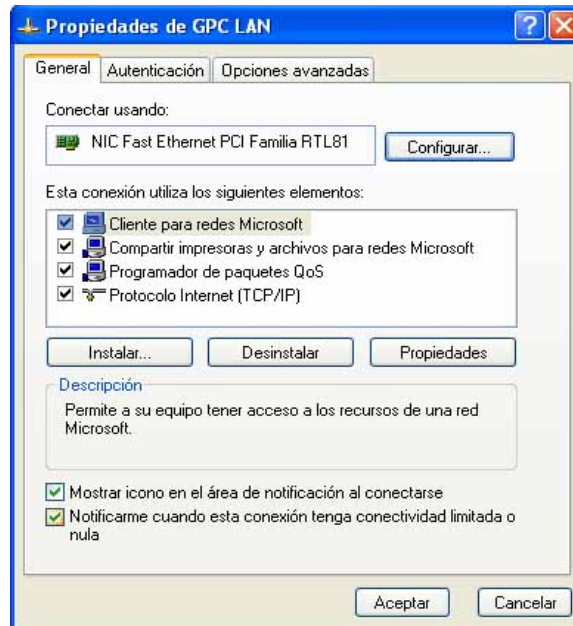


Figura # 5.19 Configuración de red

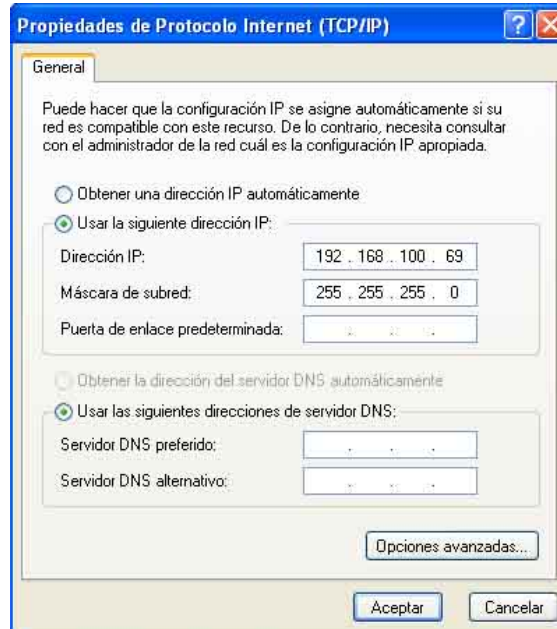


Figura # 5.20 Configuración del protocolo

Realizada la configuración se realizó un conjunto de pruebas para indicar que la conexión PLC está establecida y en funcionamiento (Ver el esquema de conexión en la Figura # 5.21).

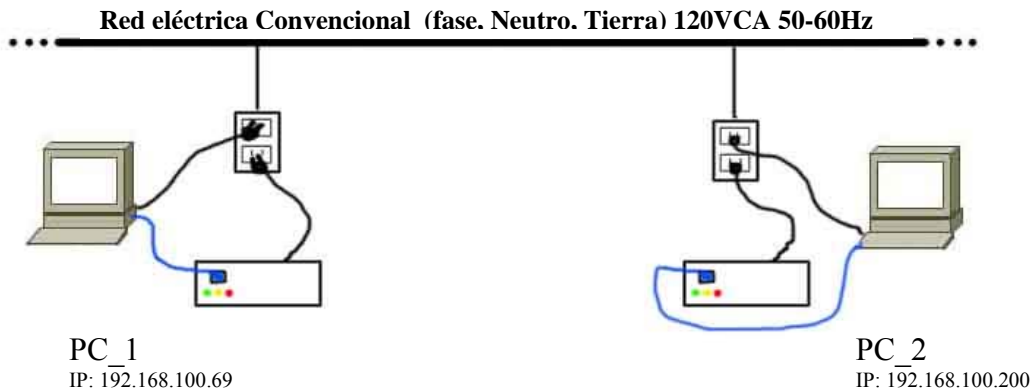


Figura # 5.21 Esquema de pruebas

Al tener configurado de manera correcta el icono Entorno de Red en el escritorio aparecerán los nombres de los dos computadores conectados. De esta manera el tratamiento de la conexión PLC resulta transparente para el usuario ya que el funcionamiento de entorno de red será el mismo (Ver Figura # 5.22), cualquiera que sea el sistema operativo.

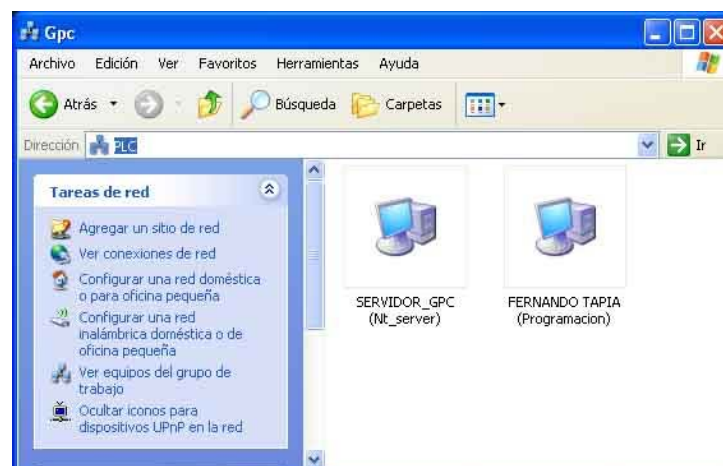


Figura # 5.22 Entorno de Red de Windows XP en conexión PLC

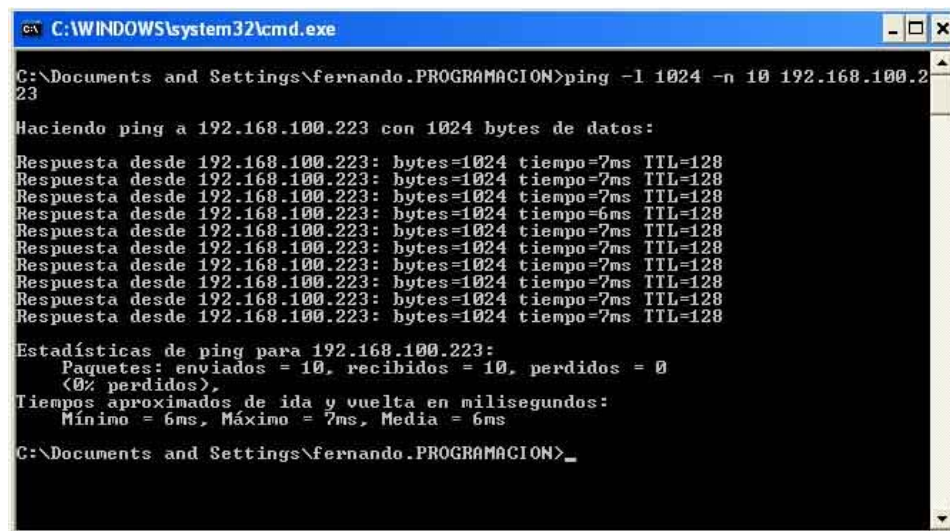
5.7 Análisis de desempeño y resultados del prototipo.

El funcionamiento mostrado por el prototipo cumple de manera satisfactoria con todas las expectativas propuestas y deja una clara visión del alcance que recibirá esta tecnología en un corto periodo.

Para ratificar el desempeño mostrado por el prototipo de comunicación se muestra a continuación los resultados obtenidos de un conjunto de pruebas a la conexión PLC.

- **PING a la dirección IP del computador remoto**

Ejecutamos el comando PING referenciado a la dirección IP del equipo remoto, en este ejemplo la dirección es 192.168.100.200. Si la configuración de red esta correcta y no hay ningún problema la ventana de resultado mostrara la estadística de la conexión. (Ver Figura # 5.23)



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\fernando.PROGRAMACION>ping -l 1024 -n 10 192.168.100.223
Haciendo ping a 192.168.100.223 con 1024 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.100.223: bytes=1024 tiempo=7ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.100.223: bytes=1024 tiempo=7ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.100.223: bytes=1024 tiempo=6ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.100.223: bytes=1024 tiempo=7ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.100.223: bytes=1024 tiempo=7ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.100.223: bytes=1024 tiempo=7ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.100.223: bytes=1024 tiempo=7ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.100.223: bytes=1024 tiempo=7ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.100.223: bytes=1024 tiempo=7ms TTL=128
Estadísticas de ping para 192.168.100.223:
    Paquetes: enviados = 10, recibidos = 10, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 6ms, Máximo = 7ms, Media = 6ms
C:\Documents and Settings\fernando.PROGRAMACION>_
```

Figura # 5.23 Resultado obtenidos por el comando ping

Los resultados mostrados corresponden a los tiempos de respuesta del envío de 10 paquetes de bytes, mostrando los tiempos de respuesta en la siguiente tabla:

Bytes enviados	Paquetes	Tiempo de respuesta
32	10	1 ms
1.024	10	6 ms
2.048	10	10 ms
4.096	10	16 ms

Tabla # 5.1. Tiempo de respuesta de comunicación PLC

- **Velocidad de conexión detectada por el Sistema Operativo**

El sistema operativo utilizado en las pruebas es Windows versión XP, que al igual que otras versiones incorpora un conjunto de mensajes de información que indican el estado de una conexión de red, presentando que la comunicación establecida entre el computador y el modem PLC es de 10 Mbps (*Ver Figura # 5.24*), velocidad menor en comparación a los 100Mbps que se alcanzaría en el esquema tradicional de red.



Figura # 5.24 Estado de red mostrado por el sistema Operativo

- **Distancia de cobertura y obstáculos presentes.**

La distancia efectiva hasta donde se establece la conexión es de 200 metros, presentándose un incremento en el tiempo de respuesta y disminución del ancho de banda del canal a medida que aumenta la distancia, fenómeno característico debido al incremento de ruido en la línea.

La existencia de dispositivos de protección como UPS y reguladores de voltaje no afectan al normal funcionamiento de la conexión PLC.

En conexión a redes pertenecientes a distintas acometidas y por tanto sobrepasado a diferentes contadores o medidores de consumo eléctrico, se pierde la conexión debido a la concepción de funcionamiento de estos medidores o contadores, además la conexión de los modems no difiere de la polaridad de fase y neutro como se conecte.

5.8 Determinación de limitantes del prototipo.

- La red de energía eléctrica no fue específicamente creada para la transmisión de datos es por ello que la mayor limitante considerable están en el medio físico de la conexión
- El diseño del prototipo es enfocado a la conexión entre dos computadores por lo tanto su funcionamiento se limita a este grupo de equipos. Si se desea incrementar el número de equipo inmersos a esta red se hace necesario la utilización de equipo que permita direccionar el envío de información.
- La velocidad desarrollada por PLC no supera los 100Mbps establecidos en la actualidad como básicos para redes LAN.

CAPITULO VI



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Verificación de la Hipótesis.

La hipótesis propuesta en este tema de investigación es totalmente verificable; los resultados obtenidos por el prototipo de comunicación PLC, permiten afirmar con certeza que la interconexión de equipos de computación a través de la estructura existente de red eléctrica es posible. Además el funcionamiento de este modelo de comunicación es de características idénticas a cualquier esquema utilizado para implementación de una red LAN.

Sin embargo para ampliar el espacio de cobertura de esta tecnología hacia una red de mayor tamaño como una MAN, se requiere de equipos adicionales que permitan conmutar y regenerar la información que circula por los cables eléctricos.

Para la presentación y difusión de esta nueva tecnología existe un tiempo de espera donde se determinara las normas técnicas y legales que permitan a la tecnología PLC convertirse en un esquema establecido de comunicación y por tanto un potente e idóneo rival frente a las demás tecnologías.

6.2 Conclusiones.

La tecnología Powerline Communications (PLC), al utilizar las redes de energía eléctrica como medio para permitir la comunicación entre equipos de computación, en un mediano plazo se convertirá en el mayor esquema de comunicación debido a las ventajas tecnológicas como económicas que presenta frente a las otras tecnologías de comunicación. Sin embargo para la implementación de una LAN, estará restringida a la existencia de un módem PLC por cada computador. Por consiguiente, si el costo de un módem PLC en la actualidad alcanza los \$ 250 USD (dólares americanos), es muy

poco probable que esta inversión sea atractiva para la instalación de redes pequeñas, pero si muy conveniente en esquemas de comunicación de gran escala.

Las obras civiles de instalación de torres, postes, transformadores y tendido de cables conductores hasta los hogares ya se encuentran realizadas y operativas actualmente en la región urbana, por lo tanto la implementación de la comunicación PLC, será considerablemente más económico para el usuario final.

Es deducible que este esquema de comunicación es de concepción similar al de una conexión a través de la línea telefónica, la misma que consta en sus extremos de modems, los que modulan y demodulan una señal para transmitirla a través de un par de cables por la que circula una corriente eléctrica.

La tecnología PLC albergará un conjunto de equipos de computación enlazados de manera idéntica a una red LAN, por lo que la demanda del mercado de banda ancha será rápidamente abastecida por esta tecnología, ya que no presentara la misma limitante de extensión y cobertura de las redes de telecomunicaciones tradicionales.

La aplicación de esta tecnología, permitirá ampliar la cobertura de las redes de telecomunicaciones, específicamente a sectores rurales, permitiendo brindar un crecimiento social a este sector

Esta tecnología es sencilla y tiene algunos puntos de similitud con el sistema ADSL, para su implementación bastara con acondicionar parte de las actuales infraestructuras eléctricas para que puedan transmitir señales regulares de baja frecuencia y otras por encima de la banda de 1 MHz, sin que se vea afectado el rendimiento eléctrico. Las señales de baja frecuencia (50 ó 60 Hz, según la red) son

las encargadas de la transmisión de la energía, mientras que las señales de más alta frecuencia pueden utilizarse para la transmisión de datos, circulando ambas simultáneamente a través del hilo de cobre.

Sin embargo, no todo es perfecto en esta tecnología. La red eléctrica no ha sido diseñada para transmitir datos, sólo para transmitir energía, y esto hace que presente varias limitaciones. En primer lugar, hay que elegir un tipo de modulación que sea el más adecuado para la red eléctrica.

Otro de los problemas reside en el número máximo de hogares por transformador; Como las señales de datos de PLC no pueden sobrevivir a su paso por un transformador, sólo se utilizan en la última milla.

Si se juntan estos dos factores, se comprueba que es necesario que todos los transformadores vengan dotados de servidores de estación base PLC. Y cuanto menor es el número de usuarios por cada transformador, más se elevan las inversiones necesarias. Es por eso que en nuestro país será rentable la instalación, debido a que el número de usuarios por transformador suele ser mayor de 100.

Debido a que esta tecnología aún se encuentra en etapa de experimentación y las implantaciones hechas en el mundo se establecen a manera de prueba, no se ha aplicado un proceso de estandarización para el diseño del equipo; actualmente la mayoría son soluciones propietarias.

No se han emitido regulaciones en términos legales para su operación e implantación, no se ha fijado el papel que jugarán las compañías de electricidad en todo este negocio, como redes de transporte o comercializadoras directas del servicio; pero sobre todo, aún no se cuenta con información suficiente para regular las emisiones electromagnéticas que puedan afectar la salud.

La introducción en el mercado de la tecnología PLC no sólo resulta novedoso en cuanto a las formas disponibles de ofrecer al usuario el servicio de conexión a Internet (acceso telefónico, inalámbrico, satelital, por cable y ahora eléctrico), sino que provocará una alteración en las estrategias competitivas actuales entre las compañías de telecomunicaciones.

Las velocidades logradas a través de redes estructuradas nivel 5, son de hasta 100 Mbps, muy superiores a los 45 Mbps de velocidad máxima en la actualidad para una red PLC que se encuentre operativa en el interior de un inmueble. Por lo tanto sigue siendo más viable desarrollar un proyecto de red tradicional utilizando cable UTP, tarjetas de red Ethernet y un HUB o SWITCH como concentrador para redes locales e implementar la tecnología Powerline communications para redes de mayor cobertura.

Como resumen de conclusiones tenemos que PLC presenta:

- **Economía de instalación**
 - Sin obra civil
 - Cada instalación en un transformador da acceso entre 150-200 hogares

- **Modelo económico**
 - Con los costes de la tecnología actual: despliegue viable
 - Se presentan escenarios de reducción de costes a medio plazo

- **Anchos de banda muy superiores a ADSL**
 - El límite de velocidad para ADSL es 2Mb
 - PLC puede llegar a ofrecer velocidades superiores a los 10Mb

- **Emisiones electromagnéticas**
 - Equiparables a ADSL y muy inferiores a la telefonía móvil.

- **Monopolio en el bucle local**
 - Cualquier enchufe en casa se convertirá en un acceso a los servicios

Algunos factores nos parecen decisivos de cara al éxito de la tecnología son:

- Lanzamiento rápido: tecnologías competidoras como VDSL, G.SHDL, ADSL2, ADSL2+.
- Precio competitivo frente a ADSL.
- Demostrar que la tecnología es segura.
- Buena calidad VoIP (voz sobre IP).
- Velocidades y demás parámetros de conexión aceptables según lo ofertado.
- Estabilidad frente a interferencias.
- Marco legal y administrativo propicio.
- Evolución de la actual tecnología y abaratamiento de los dispositivos PLC.

(Ver análisis FODA en ANEXOS B)

6.3 Recomendaciones.

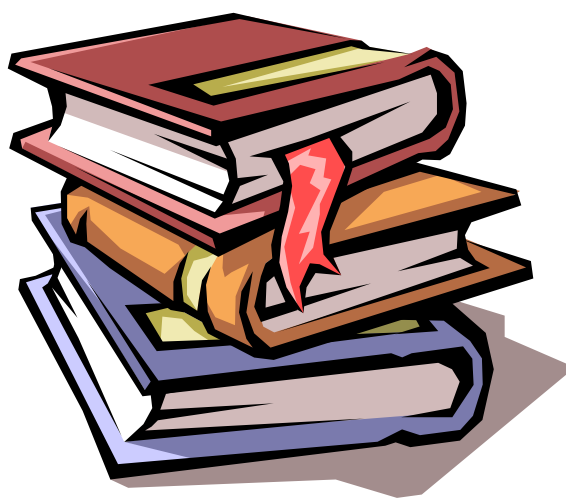
Las redes de energía eléctrica existentes en Ecuador abarcan más del 89% de cobertura en relación a la población. Aprovechando esta ventaja, las entidades gubernamentales podrían crear un plan tecnológico de desarrollo social apoyado en la tecnología PLC, ya que esta última permitiría solucionar en gran medida la falta de cobertura existente por las redes de telecomunicaciones tradicionales como la telefónicas, que cubre el 32% de la población, de las cuales más de la mitad se

encuentran en Quito y Guayaquil, solución que se la realizará a través de enlaces tecnológicos, creando redes híbridas (unión entre redes de telecomunicaciones, ya sean estas de cobre, coaxial, fibra óptica o inalámbricas con redes PLC), las cuales tendrán como único fin, alcanzar a la mayor cantidad de usuarios posibles, brindándoles acceso a la tecnología, sin importar sector geográfico y nivel socioeconómico al cual pertenezcan.

Los servicios que se cubriría en especial serían los de acceso a Internet y telefonía mismos que serán entregados a los usuarios finales a través de los enchufes de energía eléctrica que se encuentran en sus hogares.

Estos servicios se deberán comercializar a través de una tarifa que sea accesible para el común de las personas. Los servicios de conexión a Internet deberán ofrecer velocidades iguales o superiores a las ofrecidas por empresas de telecomunicaciones en el mercado nacional, lo cual genere libre competencia.

Como resultado final del estudio desarrollado, se puede inferir que la necesidad de ampliar las redes de telecomunicaciones, es una necesidad real, la cual es una limitante para el desarrollo del país. Si bien las tecnologías de información, son herramientas de apoyo al desarrollo social, político, económico y tecnológico del Ecuador, aún no existe gran cobertura de las redes de telecomunicaciones, para transportar dichas señales, concentrándose en regiones exclusivas su mayor desarrollo.



ANEXOS

ANEXO A

Especificaciones y Estándares de Red y Grupos de Trabajo.

Standard	Media	Descripción
OSIRIS rf Wireless Home Automation Residential Gateway and Nodes	RF	Nodos de todos los tipos que combinan su arquitectura de red para cubrir grandes áreas con tan solo 1mW de salida, todos ellos están identificados (como una red TCP/IP) y todos son emisores y receptores. El carácter abierto de su hardware y software hacen posible cualquier tipo de instalación.
BatiBUS Club International (BCI)	Par Trenzado	Sensores de unión y actuadores para construir sistemas que controlen HVAC (Acondicionamiento), seguridad física y personal, acceso. Programada su convergencia con EIB y EHS..
Bluetooth	RF	Bluetooth es el nombre de guerra para unas especificaciones embebidas en un chipset de bajo coste, uniones cortas entre PC,s móviles, teléfonos móviles, y otros dispositivos portables. El Grupo de Trabajo de Bluetooth está compuesto por empresas líderes en la industria de las telecomunicaciones y del sector de las T.I. que están apostando fuerte para llevar al mercado desarrollos con esta nueva tecnología. Orientado al entorno de las PAN (Personal Area Network), no es adecuada para "Home Automation".
CEBus (Consumer Electronics Bus)	Todos	El Standard CEBus (EIA-600) es un protocolo desarrollado por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) para hacer posible la interconexión y comunicación entre dispositivos electrónicos en el hogar.
EIA-776	ParTrenz.	CEBus / EIB Router Communications Standard.
EIB (European Installation Bus)	ParTrenz.	Sensores y actuadores para construir sistemas que controlen HVAC (Acondicionamiento), seguridad física y personal, acceso. Programada su convergencia con EHS y BatiBus.
EHS (European Home System)	Todos	Una colaboración entre industrias y gobiernos Europeos sobre Domótica. Entre alguna de sus misiones la EHSA tiene el objetivo de la armonización y estandarización en Europa de un BUS común (EHS). Programado su convergencia con EIB y BatiBus.
HAVI (Home Audio Visual Interoperability)	IEEE 1394	HAVI es un standard que asegurara la interoperabilidad entre dispositivos de Audio digital y dispositivos de Video de diferentes fabricantes que podran conectarse entre ellos formando una red en el hogar del consumidor. Liderado por industrias punteras en el sector del Audio/Video.
HBS (Home Bus System)	Coax/ParTrenz	Un consorcio de compañías Japonesas soportado por agencias gubernamentales y asociaciones de negocio con el objetivo de especificar standards de comunicación en dispositivos domóticos, además de asegurar via pares trenzados y cables coaxiales la unión de estos con dispositivos telefónicos y audio/video.
HES (Home Electronic System)		El Home Electronic System (HES) es un standard bajo desarrollo de un grupo de trabajo dirigido por la ISO (International Organization for Standardization) y la IEC (International Electrotechnical Commission) de Ginebra, Suiza. Un primer objetivo de HES es especificar Hwd y soft con el que cualquier fabricante pudiera ofrecer una versión de producto que fuera operativa en varias redes distintas de automatización del hogar.
HomeAPI	Todos	El Grupo de Trabajo Home API está dedicado a establecer las pautas con una especificación abierta que defina un set standard de servicios de programación y API,s, que permitan el desarrollo de aplicaciones de software para monitorizar y controlar dispositivos domóticos.
Home Plug and Play	Todos	Provee interoperabilidad entre productos con múltiples protocolos de transporte. Visto por el CEBus Industry Council.
HomePNA (Home Phoneline Network Alliance)	linea telefono	El Home Phoneline Networking Alliance (HomePNA) es una asociación de industrias líderes trabajando conjuntamente en la adopción de una única y unificada red telefónica que a través del standard sirva para rápidamente sacar al mercado soluciones compatibles de "networking". Haciendo uso de la RTB en cada uno de los hogares.
HomeRF (Home Radio Frequency Working Group)	RF	La misión del grupo de trabajo HomeRF es hacer posible un amplio rango de productos electrónicos de consumo que operen entre si, estableciendo una especificación abierta para comunicaciones digitales de RF (sin licencia), para PC,s y productos electrónicos de consumo en cualquier sitio dentro y alrededor del hogar.
JINI (The Jini Community)	Todos	La tecnología Jini provee de simples mecanismos que posibilitan a los dispositivos conectarlos en una red donde cada uno de ellos es capaz de aprovechar los servicios que el resto de dispositivos en la misma red son capaces de anunciar, sin previa planificación, ni intervención humana.
LonMark Interoperability Association	Todos	La asociación LonMark tiene la misión de integrar fácilmente dispositivos multi-vendedor basados en redes LonWorks, haciendo uso de herramientas y componentes standards.
OSGI (Open Service	Todos	La especificación OSGi creará un standard abierto entre una "gateway" de servicio

Transmisión de datos a través de la Red Eléctrica

Gateway Initiative)		que esta insertada entre la red exterior y las redes internas.
UPnP (Universal Plug and Play)	Todos	El Universal Plug and Play Forum es un standard de un grupo de industrias que promueven protocolos de red y protocolos de comunicación entre dispositivos.
HomePlug Abril 2000	Lineas de Corriente	30 compañías se unen para desarrollar un standard de "Home Networking" por lineas de corriente.
ZIGBEE Varios (NOV.2001)	RF	Pensamos que este puede ser uno de los que van a decir algo en breve en el mundo de la domótica.
<u>WiMAX Worldwide interoperability for Microwave Access</u> Varios	RF	Corporación sin animo de lucro que agrupa a compañías promoviendo las " Metropolitan Area Networks", lease tambien IEEE 802.16 . Un buen futuro para pasarelas residenciales no monopolizadas por grandes compañías.
Mobile Broadband Wireless Access MBWA Varios	RF	Grupo de trabajo que piensa en las redes metropolitanas optimizadas para su uso , ubicuo y movil, no en vano hablan de vehiculos a 250Km/h comunicandose.
ESPECIFICACIONES Y ESTANDARES DE RED - PROPIETARIOS		
STANDARD	MEDIA	DESCRIPCIÓN
HomeConnex Peracom Networks	RF/IR /Coax	HomeConnex es una red de entretenimiento en el hogar que unifica PCs, TVs, audio/video y set-top box en un sistema integrado.
No New Wires Intellon Corp.	Lineas de Corriente Linea / RF	Los PLC,s de Intellon y sus tecnologías de RF posibilitan comunicaciones de alta velocidad y extienden el uso de internet a productos individuales sin añadir nuevos cables. Incorpora tecnologia CEBus.
Lonworks Echelon Corp.	Todos	Redes de control comerciales y para el hogar. Una red LonWorks es un grupo de dispositivos trabajando juntos para sensorizar, monitorizar, comunicar, y de algunas maneras controlar. Es muy parecido a lo que puede ser una LAN de PC,s.
Sharewave Sharewave Inc.	RF	ShareWave? Digital Wireless es un conjunto de tecnologías que posibilitan conexiones sin cables digitales con capacidad de multimedia en tiempo real entre dispositivos en el hogar. Los sistemas construidos haciendo uso de ShareWave? Digital Wireless son capaces de enviar y recibir, video en tiempo real, audio calidad CD, voz, datos, y entradas de usuario de forma inmediata.
X-10 X-10 Inc	Lineas de Corriente Linea/RF	El padre de los protocolos, a través de líneas de corriente facilita el control de dispositivos domóticos sin instalación en cualquier casa. EN NUESTRA PAGINA PUEDES VER...
HOMETRONIC RF Honeywell	RF	El primer sistema completo RF, su alta fiabilidad y la flexibilidad que ofrece el no tener que crear infraestructura cableada lo hace idoneo para su expansión (RAPHAEL PROTOCOL). EN NUESTRA PAGINA PUEDES VER...
NFC Sony, Phillips, Nokia	RF Corto alcance	NFC (Near Field Communication) es una asociación no lucrativa de la industria fundada por Nokia, Philips y Sony para avanzar en el uso de la comunicación inalámbrica de corto alcance entre la electrónica de consumo, dispositivos móviles y el PC.
DOMOTIUM Domodesk	Todas	Empleo de un estándar abierto (UPnP) que garantiza la compatibilidad con productos de otros fabricantes y que cuenta entre sus asociados a empresas como SIEMENS, IBM, MICROSOFT, LG, SAMSUNG, etc... Instalación y/o ampliación sencilla: "Conectar y listo" Protocolos estándar de comunicación eficientes y masivamente probados (TCP/IP, DHCP, etc, usados en Internet por millones de equipos) Integración y manejo vía Internet Interfaz de usuario de maxima sencillez.

ANEXO B

ANALISIS FODA DE LA TECNOLOGIA PLC

FORTALEZAS	OPORTUNIDAD
<ul style="list-style-type: none">▪ Medio físico ya desplegado▪ Universalidad de la red eléctrica▪ Posibilidad de crecimiento modular▪ Utilización óptima del ancho de banda	<ul style="list-style-type: none">▪ Gran demanda de accesos a banda ancha▪ Escasa competencia en las tecnologías de acceso.▪ Aplicaciones Domesticas▪ Combinación con las otras tecnologías
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none">▪ Producción de equipo de forma limitada▪ Escasa competencia tecnológica▪ Gestion en Quality of Service que requieran un ancho de banda alto y constante	<ul style="list-style-type: none">▪ Limitaciones en las emisiones EMC (Campos eléctricos y magnéticos) según se desarrolle la regulación▪ Ausencia de estándares tecnológicos para interoperabilidad de equipos

ANEXO C

Códigos Reed-Solomon:

Este tipo de códigos emplea algo de todo lo visto hasta ahora para llevar a cabo la detección y corrección de errores.

Sus elementos forman parte de un campo finito donde rigen reglas. Parten de una raíz α , un polinomio y un campo finito de dimensión $q=2^m$, osea $GF(q)=GF(2^m)$, en este caso codificamos los bits según los pesos (α^{m-1} a α^{m-2} a 1).

Veamos cómo se codifican y decodifican códigos Reed-Solomon con un ejemplo.

Supongamos un campo finito de 8 elementos, osea $GF(2^3)$ luego los pesos serán (α^2 a α^1) una tripleta de este tipo se considera un símbolo para distinguirlo de un bit. Por tanto, en nuestro ejemplo un símbolo es de 3 bits, así que si tenemos los siguientes símbolos (α^1 α^0 α^2) realmente tendríamos la siguiente secuencia de bits (010 001 000 100) por tanto 4 símbolos de nuestro ejemplo suponen $4 \times 3 = 12$ bits. Pues bien, los códigos Reed-Solomon detectan símbolos erróneos y corrigen símbolos, lo que significa que en nuestro caso, si somos capaces de corregir dos símbolos, seremos capaces de corregir 6 bits erróneos, pero no nos confundamos, no 6 bits cualesquiera, tendrían que pertenecer a dos símbolos ya que podría darse el caso de 6 bits erróneos pero cada uno en un símbolo lo que supondría corregir 6 símbolos. Para la secuencia de 4 símbolos anterior, dos símbolos erróneos podrían ser (001 001 000 010) donde el primer símbolo a pasado de α^1 a α^0 y el último de α^2 a α^1 , se observa que han cambiado 4 bits pero en 2 símbolos, así que lo mejor para no confundirnos será saber que somos capaces de corregir símbolos y no bits.

En los códigos Reed-Solomon la distancia de código viene dada por la fórmula $d=m+1=n-k+1$ donde m es el grado de un polinomio generador $g(x)$, k viene dada por el exponente de la base 2 en las dimensiones del campo de Galois, osea $GF(2^k)$. Así que si nos dicen que $g(x)$ tiene grado $m=4$ y los elementos del código se toman de un campo finito $GF(2^3)$ entonces $k=3$ y como $m=n-k$, obtenemos $n=7$, por tanto el código será (7,3). Que significa que empleamos 7 símbolos y 3 son para el mensaje que

queremos transmitir o almacenar. Para obtener con cuantos bits codificamos cada símbolo empleamos otro polinomio y una raíz de él.

Con el polinomio generatriz $g(x)$ se puede obtener la matriz generatriz G , veamos cómo con un ejemplo. Sea $g(x) = x^4 + x^3 + x^2 + 1$ supongamos un código $(7,3)$, pues las filas de G vienen dadas por la fórmula:

$$\text{fila}(j) = x^{n-j} + r_{n-j}(x) \quad 1 \leq j \leq k$$

Donde $r_j(x)$ es el resto de dividir x^j entre $g(x)$.

ANEXO D

GLOSARIO

A.R.P.A.N.E.T.: Advanced Research Projects Agency. perteneciente al departamento de defensa de los Estados Unidos. Desarrollado como herramienta de uso militar y de investigación.

ADSL: Abreviación de Asymmetric Digital Subscriber Line. ADSL es un método de transmisión de datos a alta velocidad a través de las líneas telefónicas de cobre tradicionales. Es asincrónica, ya que el ancho de banda asignado para downstream es mucho mayor que el ancho de banda de upstream. Esta tecnología es adecuada para el web, ya que es mucho mayor la cantidad de datos que se envían desde el servidor a un computador personal que desde un computador personal a un servidor.

ALWAYS ON: Siempre conectado. Servicio de acceso a Internet que se caracteriza por brindar las 24 horas del día servicio de acceso a Internet. Este servicio ha sido impuesto por conexiones de banda ancha que a través de un único pago mensual, permite a sus clientes conectarse a Internet, sin restricciones de horario ni tiempo que dure la conexión.

ANCHO DE BANDA: Es la capacidad para transportar datos que posee un medio en particular. Normalmente se mide en Megabites por segundo (Mb/s) o en Gigabites por segundo (Gb/s). Un ejemplo de esto sería una manguera de jardín que transporta una cantidad determinada de litros de agua por segundo, pero cuanto mayor sea el diámetro de la manguera, más agua transportará. El ancho de banda se mide en Hertz ("ciclos por segundo") o en bits por segundo (bps), por eso, es uno de los factores más importantes que determinan la velocidad de la conexión a Internet.

ATM: Modo de Transferencia Asíncrona. La tecnología llamada Asynchronous Transfer Mode (ATM) es el corazón de los servicios digitales integrados que ofrecen las nuevas redes digitales de servicios integrados de Banda Ancha. El tráfico del ciberespacio, con su voluminoso y tumultuoso crecimiento, impone a los operadores de redes públicas y privadas una alta demanda de ancho de banda y flexibilidad de soluciones robustas. La versatilidad de la conmutación de paquetes de longitud fija, denominadas celdas ATM, son las tablas más calificadas para soportar la demanda de Internet. Cada celda compuesta por 53 bytes, de los cuales 48 (opcionalmente 44) son para transporte de información y los restantes para uso de campos de control.

BACKBONE: Un backbone es el enlace de gran caudal o una serie de nodos de conexión que forman un eje de conexión principal. Es la columna vertebral de una red. Por ejemplo, NSFNET fue el backbone, la columna o el eje principal de Internet durante muchos años.

BIT: Abreviación de binary digit, un bit es la unidad más pequeña de datos que un ordenador puede manejar. Los bits se utilizan en distintas combinaciones para representar distintos tipos de datos. Cada bit tiene un valor 0 ó 1.

BPS: Es la abreviación de bits per second (bits por segundo). BPS es una medida de velocidad, que registra el número de bits que son transmitidos en un segundo. Es utilizado para medir la velocidad de un módem o la velocidad de una conexión digital.

BYTE: Serie de 8 bits. Un Byte puede representar una letra, un número, un símbolo.

CABLE COAXIAL: Es el tipo de cable usado por las compañías de televisión por cable para establecer la conexión entre la central emisora y el usuario. También se lo utiliza en las conexiones de redes de área local (L.A.N.). El cable coaxial esta conformado por un núcleo de cobre, aislado por plástico de un recubrimiento metálico y este a su vez envuelto en otra capa de plástico. Suelen emplearse dos tipos de cable coaxial para las redes locales: cable de 50 Ohms, para señales digitales, y cable de 75 Ohms, para señales analógicas y para señales de alta velocidad.

DIRECCIÓN IP: La dirección del protocolo de Internet (IP) es la dirección numérica de una computadora en Internet. Cada dirección electrónica se asigna a una computadora conectada a Internet y por lo tanto es única. La dirección IP esta compuesta de cuatro octetos de bits. Un octeto se refiere a ocho bits que conforman un byte.

DOMÓTICA: Tecnología basada en el uso del protocolo de comunicación X10, el cual permite controlar y automatizar electrodomésticos tradicionales (televisores, lavadoras, microondas) y otros artefactos eléctricos (portones, luces, riego de jardín) a distancia.

DOWNSTREAM: Flujo de datos que es recibido por un computador. El flujo de datos es medido en bps.

DSP: Procesadores digitales de señales

ETHERNET: Tipo de red de área local desarrollada en forma conjunta por Xerox, Intel y Digital Equipment. Se apoya en la topología de bus, anillo, estrella. La red ethernet ofrece un ancho de banda de 10 y 100 Mbps siendo éstas las velocidades más populares.

FCC: Federal Communications Commission. Entidad encargada de regular los límites de exposición humana a las ondas de radio frecuencia.

FRECUENCIA: Número de ciclos o periodos completos de corriente producidos por un generador de corriente alterna por segundo. La unidad de frecuencia llamada ciclo por segundo, hoy es llamada hertzio. Cuando una frecuencia supera los 10.000 ciclos, es llamada alta frecuencia, cuando es inferior a este número, es llamada baja frecuencia.

FULL DUPLEX: Característica de una comunicación que permite transmitir información al mismo tiempo que la recibe, de manera similar a un teléfono convencional.

HALF DUPLEX: Transmisión de información bidireccional sobre un medio común, por donde la información sólo puede viajar en una sola dirección en un tiempo. Esto permite transmitir o recibir información.

HERTZ: Hercio, unidad de frecuencia electromagnética. Equivale a un ciclo por segundo.

HFC: Hybrid Fiber Coaxial. Red híbrida que está compuesta por tramos de fibra óptica y tramos de cable coaxial.

INDOOR: Es toda la estructura de la red eléctrica que se encuentra al interior de una vivienda, desde la puerta hacia adentro.

ISDN/RDSI: Siglas de Integrated Services Digital Network. Las líneas ISDN son conexiones realizadas por medio de líneas telefónicas ordinarias para transmitir señales digitales en lugar de analógicas, permitiendo que los datos sean transmitidos más rápidamente que con un módem tradicional.

ISP: Siglas de Internet Service Provider. Hace referencia al sistema informático remoto al cual se conecta un computador personal y a través del cual se accede a Internet.

L.A.N.: Local Area Network. Red de área local. Conjunto de computadores interconectados a través de un medio físico (a través de cable UTP o cable coaxial), los cuales se encuentran en una misma área geográfica. Una L.A.N. permite compartir recursos, archivos, información, optimizando el uso de ellos.

M.A.C.: En una red los terminales comparten un único medio de transmisión. Esto provoca que sea necesario establecer un protocolo para asegurar que el medio de transmisión sea utilizado de forma racional y equitativa. El protocolo de Control de Acceso al Medio (M.A.C.) distribuye los recursos del medio de transmisión para los usuarios que lo utilizan.

M.A.N.: Red de Área Metropolitana. Red que no supera los 100 kilómetros de cobertura. Computadores y equipos periféricos conectados en una ciudad o en

MODEM PLC: Su función es introducir la señal digital en el cable de electricidad para que ésta viaje a través de él. También debe separar las señales de información de la señal eléctrica para que éstas ingresen al computador.

NSFNET: National Science Foundation's NETwork. La NSFNET comenzó con una serie de redes dedicadas a la comunicación de la investigación y de la educación. Fue creada por el gobierno de los Estados Unidos, y fue reemplazada por A.R.P.A.N.E.T. como backbone de Internet. Desde entonces ha sido reemplazada por las redes comerciales.

OUTDOOR: Es toda la instalación eléctrica que se encuentra desde la puerta de la vivienda hacia el exterior, esto incluye las líneas eléctricas desde el medidor hacia el poste de energía eléctrica, el transformador de energía, las redes de baja, media y alta tensión.

POWERLINE COMMUNICATIONS PLC: es una tecnología que utiliza los tendidos eléctricos de media y baja tensión de una ciudad como canales de comunicación para transmitir señales digitales de voz y datos. Las velocidades que se pueden lograr pueden variar entre 1 y 12 Mbps. La gran ventaja de una red PLC es la capacidad de convertir el cableado eléctrico de un hogar en una red de alta velocidad, convirtiendo cada enchufe disponible, en un potencial punto de conexión a Internet.

POWERNET: Nombre con el cual es comercializado en Alemania la tecnología Powerline Communications.

PPP: Siglas de Point-to-Point Protocol. Es un protocolo de comunicaciones utilizado para transmitir datos de la red a través de las líneas telefónicas. PPP permite comunicación directamente entre computadores de la red por medio de conexiones TCP/IP.

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN: Conjunto de normas que definen cómo se realiza el intercambio de datos entre computadores o programas computacionales, organizando el desplazamiento de la información a través de la red e indicando cuál es el origen de los datos, el camino que deben recorrer y el destino final, es decir, es como un lenguaje adoptado convencionalmente entre los usuarios de una red para que puedan comunicarse y entenderse entre ellos.

RED: Es un conjunto de computadores (dos o más) que están unidos entre sí a través de elementos de comunicaciones, que pueden ser permanentes (como cables) o bien temporales, como enlaces telefónicos u otros. Dependiendo de su tamaño, las redes se clasifican en L.A.N. (Local Area Network), M.A.N. (Metropolitan Area Network) y W.A.N. (Wide Area Network).

RDSI: Red digital de servicios integrados que proporciona al usuario en su acceso básico, dos canales de comunicación digital de 64 Kbps (denominados canales B) y uno de control o señalización de llamada de 16Kbps (Canal D), sobre las líneas telefónicas convencionales.

RJ11: Conector de 4 contactos utilizado para conectar aparatos telefónicos.

RJ45: Conector de 8 contactos utilizado para interconectar redes de computadores basados en cable UTP.

SIMPLEX: Transmisión de información en un solo sentido a través de un medio.

SLIP: Siglas de Serial Line Internet Protocol. SLIP es un protocolo que permite utilizar el TCP/IP en una línea telefónica por medio de un módem.

TOPOLOGÍA: Arreglo lógico o físico de nodos o estaciones en una red. Existen diferentes topologías de red (bus, anillo, estrella, malla).

UPSTREAM: Flujo de datos que es enviado desde un computador remoto a un servidor.

URL: Siglas de Uniform Resource Locator. Es la dirección de un sitio o de una fuente, normalmente un directorio o un fichero, en el World Wide Web y la convención que utilizan los navegadores para encontrar ficheros y otros servicios distantes.

USB: Universal Serial Bus. Tecnología plug-and-play que interconecta un computador con otros dispositivos (teclado, ratón, impresora) sin la necesidad de apagar el computador. La tecnología USB fue desarrollada por Compaq, IBM, DEC, Intel, Microsoft, NEC, y Northern Telecom. Un puerto USB soporta velocidades de conexión de 12 Mbps.

VOIP: Voz sobre IP. Se refiere a tecnologías usadas por las empresas de telecomunicaciones para prestar servicios de telefonía utilizando la red Internet.

W.A.N.: Siglas de Wide Area Network. Red que conecta computadores distantes por medio de línea telefónicas o por otro tipo de enlace.

X10: Lenguaje de comunicación que utilizan los productos compatibles X10 para hablar entre ellos. Lo que permite controlar luces, electrodomésticos de un hogar, aprovechando para ello la instalación eléctrica existente del hogar u oficina.

XDSL xDSL: se refiere a un grupo similar de tecnologías que proveen ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores o repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo en la red.

INDICE GENERAL DE FIGURAS

Figura # 1.1 Esquema de módulos comunicaciones..... 8

Figura # 1.2 Estructura del Cable Coaxial 12

Figura # 1.3 Estructura del Cable de Fibra Óptica..... 14

Figura # 1.4 Capas de la Ionósfera..... 21

Figura # 1.5 Datagrama TCP..... 40

Figura # 2.1 Onda de la Corriente Alterna 52

Figura # 2.2 Onda de la Corriente Continua 53

Figura # 2.3 Modelo de referencia de la red de distribución eléctrica..... 58

Figura # 2.4 Energía eléctrica producida..... 62

Figura # 2.5 Sistema general de generación y transmisión 66

Figura # 3.1 Señal de ondas de modulación OFDM..... 77

Figura # 3.2 Sistema PLC, plan de bandas..... 78

Figura # 3.3 Sistema DS2..... 79

Figura # 3.4 Sistema OFDM con filtros..... 79

Figura # 3.5 Ruido existente en línea de poder 80

Figura # 3.6 Características de los segmentos de baja tensión 81

Figura # 3.7 Arquitectura del Sistema PLC 85

Figura # 4.1 Diagrama básico de un sistema de comunicación digital 91

Figura # 4.2 Esquemas de codificación 94

Figura # 4.3 Tipos de modulación 95

Figura # 4.4 Codificación de señales como voltaje..... 96

Figura # 4.5 Codificación de señales como ondas electromagnéticas..... 96

Figura # 4.6 Codificación Manchester..... 97

Figura # 4.7 Gráfico representativo de la atenuación de señal 101

Figura # 4.8 Gráfico representativo de la reflexión de señal	102
Figura # 4.9 Gráfico representativo de la dispersión por retardo de señal.....	104
Figura # 4.10 Gráfico representativo del ruido inyectado.....	106
Figura # 4.11 Ruido eléctrico y señal digital.....	107
Figura # 4.12 Señal digital y Ruido eléctrico	108
Figura # 4.13 Interpretación de la señal	110
Figura # 4.14 Flujo de corriente eléctrica.....	112
Figura # 4.15 Gráfico representativo de colisiones	114
Figura # 4.16 Ancho de banda y congestión.....	120
Figura # 4.17 Ancho de banda requerido en transmisiones.....	121
Figura # 4.18 Gráfico representativo de latencia.....	122
Figura # 4.19 Bloque de bits en transmisión asincrónica	128
Figura # 4.20 Modos de transmisión de datos según la dirección	131
Figura # 4.21 Verificación de paridad en dos coordenadas	134
Figura # 4.22 Ejemplo de errores detectados	134
Figura # 5.1 Esquema de comunicación PLC	140
Figura # 5.2 Encapsulado y formateo de datos.....	141
Figura # 5.3 Red simple de dos nodos con cable cruzado	141
Figura # 5.4 Modem PLC conexión al enchufe casero.....	145
Figura # 5.5 Frecuencia utilizada por PLC	146
Figura # 5.6 esquema de bloques de PLC	147
Figura # 5.7 Conversor Analógico / Digital de 8 Bits en paralelo.....	150
Figura # 5.8 Oscilador.....	151
Figura # 5.9 Conversor Digital / Analógico	152
Figura # 5.10 Conversor Analógico / Digital.....	153
Figura # 5.11 Modulador de frecuencia.....	153

Figura # 5.12 Diagrama de bloques Modem	156
Figura # 5.13 Jack para conector RJ45 y Patch Cord.....	165
Figura # 5.14 Vista exterior prototipo desarrollado	166
Figura # 5.15 Vista de elementos montados en placa impresa.....	167
Figura # 5.16 Modulador de la empresa Intellon.....	169
Figura # 5.17 Diagrama funcional del circuito integrado INT51X1	170
Figura # 5.18 Onda de comunicación PLC y de la Energía eléctrica	172
Figura # 5.19 Configuración de red	173
Figura # 5.20 Configuración del protocolo	173
Figura # 5.21 Esquema de pruebas	174
Figura # 5.22 Entorno de Red de Windows XP en conexión PLC.....	174
Figura # 5.23 Resultado obtenidos por el comando ping.....	175
Figura # 5.24 Estado de red mostrado por el sistema Operativo	176

INDICE GENERAL DE TABLAS

Tabla # 1.1 Resistencia eléctrica de cables según grosor.....	9
Tabla # 1.2 Categorías Cable UTP.....	10
Tabla # 1.3 Características cable UTP relación frecuencia de trabajo.....	11
Tabla # 1.4 Tipos de cable coaxial.....	12
Tabla # 1.5 Características tipos de cables de comunicación.....	15
Tabla # 1.6 División del espectro frecuencial.....	17
Tabla # 1.7 Comparación métodos de comunicación.....	27
Tabla # 1.8 Pilas de protocolos usados en el modelo OSI.....	32
Tabla # 1.9 Usuarios Internet.....	41
Tabla # 2.1 Demanda de Energía Eléctrica en el Ecuador.....	61
Tabla # 2.2. Energía Eléctrica generada en el Ecuador.....	62
Tabla # 2.3 Empresas generadoras de Energía Eléctrica del Ecuador.....	63
Tabla # 2.4. Empresas distribuidoras de Energía Eléctrica del Ecuador.....	65
Tabla # 4.1 Tiempo de transmisión de 10BASE-T.....	123
Tabla # 4.2 Ethernet full duplex.....	124
Tabla # 4.3 Transmisión Analógica – Digital (Datos - Señal).....	126
Tabla # 4.4 Transmisión Analógica – Digital (Tratamiento de señal).....	127
Tabla # 5.1. Tiempo de respuesta de comunicación PLC.....	176

BIBLIOGRAFÍA

KENDALL & KENDALL, “Análisis y diseño de sistema”, PRENTICE HALL Hispanoamérica, S.A Edición Segunda, Quito – Ecuador, 1997

TIM EVANS, “Construya Su Propia INTRANET”, Prentice Hall, Hispanoamérica, Primera Edición, 1997.

DOUGLAS E CONER, “TCP/IP Principios Básicos, Protocolos y Arquitectura” Prentice Hall, Hispanoamérica, Tercera Edición, 1995.

TERE PARNELL, “LAN Times”, McGraw-Hill, Hispanoamérica, Primera Edición, España, 1997

FRED HALSALL, “Comunicación de Datos, Redes de Computadoras y Sistemas Abiertos” Adisson Wesley, Cuarta Edición, USA, 1998.

ELIZABETH CASTRO, “HTML For the World Wide Web” Peachpit Press, Segunda Edición, United States of America, 1997.

TOM SHELDON, “LAN Times Enciclopedia de Redes”, McGraw-Hill, Primera Edición, España, 1994.

PRESSMAN, “Ingeniería de Software”, McGraw-Hill, Segunda Edición, España 1998.

DAVID E. JONHSON, JONH L. HILBURN, JOHNNY R. JONSON "Análisis Básicos de Circuitos Eléctricos" Ed. Prentice Hall Hispanoamericana

Detalle de la implementación de un Módem Eficiente para Comunicaciones PowerLine, IX Jornadas de Telecom I+D Barcelona-Madrid, 17 y 18 de noviembre,

1999 (Premio a la mejor ponencia en el Area de Sistemas y Tecnologías de Redes Fijas). ISBN 84-7653-730-1

Aplicación de Simulink para el estudio de las comunicaciones PowerLine, III Congreso de Usuarios de Matlab (MATLAB99), Madrid, 17-19 de noviembre, 1999. ISBN 84-699-1358-1

Estudio e Implementación de un Modem Eficiente para Comunicaciones PowerLine, Jitel99, Madrid 15-17 de Septiembre, 1999. ISBN 84-89315-14-0 Tesla, Nikola. Inventions, Technologies, Autobiography, Free Energy, Earthquake Machina.

DIRECCIONES DE INTERNET CONSULTADAS

<http://usuarios.lycos.es/bigsus>
<http://www.ascom.com/plc>
<http://www.ds2.es>
http://www.intellon.com/pdfs/INT51X1_Product_Brief.pdf
<http://www.ebapl.com>
<http://www.iec.org>
<http://www.metropolis.cl>
<http://www.norte.com/powerline>
<http://www.mouse.cl>
<http://www.enlaces.cl>
<http://www.redescomm.com>
<http://www.rwe.com>
<http://www.subtel.cl>
<http://www.mantruc.com/tesis/index.htm>, 1997.
<http://www.telcel.net.ve/download/tecno/WLL.pdf>
<http://www.vtr.net>
<http://www.casadomo.com>
<http://www.ntia.doc.gov/ntiahome/fccfilings/sec706.htm>
<http://www.softwareag.com>
<http://www.inei.gov.pe>
<http://www.omega.ilce.edu.mx>

<http://www.diarioti.com>

<http://www.claxion.com>

<http://www.domotica.net>

<http://www.xtend.ws>

<http://www.plcforum.org>

<http://es.wikipedia.org>

<http://www.powerline.com>

<http://www.etsi.org>

<http://www.plcendesa.com>

<http://www.iberdrola.es>

<http://www.enersisplc.cl>

<http://www.elo.utfsm.cl/~elo341/clases/ComDig16.pdf>

<http://www.elo.utfsm.cl/~elo346/oldfiles/Rapcap8a.ppt>

http://info.pue.udlap.mx/~tesis/udlap/lem/martinez_n_je/capitulo4.pdf

<http://www.depi.itchihuahua.edu.mx/electro/electro2001/mem2001/articulos/kom3.pdf>

<http://ingenieria.puj.edu.co/centros/cap/grupos/automatica/DSP/Practicas.pdf>

<http://www.eie.polyu.edu.hk/~em/cf03pdf/8%20FM.pdf>

http://nernet.unex.es/~miguel/pdfs/teoria_comunicaciones/Tema4.pdf

<http://ic.esimecu.ipn.mx/pdf/quinto/ANSIAN.PDF>

http://www.dte.us.es/tec_inf/itis/tec_bas_com/EXAMENES/TBCEExamFeb2003.pdf

