

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIAS

CARRERA: INGENIERIA ELECTRONICA

Tesis previa a la obtención del título de: Ingeniero Electrónico

TITULO:

**“ESTUDIO PREVIO PARA LA IMPLEMENTACION DEL
SISTEMA TRIPLE PLAY EN UNA RED HFC DE LA EMPRESA
SERVICABLE”**

AUTORES:

Cristian Santiago Illescas Lliguichuzhca

John Steve Illescas Tapia

DIRECTOR:

Ing. Jonathan Coronel González

Cuenca - Ecuador

2010

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Todos los criterios, opiniones, análisis, interpretaciones realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del los autores.

Cuenca, Mayo 25 de 2010.

Cristian Illescas Ll.

John Illescas T.

CERTIFICACION

Ing. Jonathan Coronel González

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA

Que el **ESTUDIO PREVIO PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA TRIPLE PLAY EN UNA RED HFC DE LA EMPRESA SERVICABLE**, ha sido asesorado y revisado de acuerdo a los lineamientos establecidos en el proyecto inicial, por lo que después de reunir los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, autorizo su presentación para los fines legales consiguientes.

Cuenca, Mayo 25 de 2010.

Ing. Jonathan Coronel González

DEDICATORIA

A mis padres Luis y María por su paciencia y constante apoyo en el camino de la vida, a mi hermano Juan Pablo y mi sobrina Dayana quienes me brindaron todo su cariño

CRISTIAN ILLESCAS

DEDICATORIA

A mi esposa Tania que con su amor y su ejemplo de lucha, ha sabido impulsarme hacia adelante en todo momento.

A mis padres Hugo y Felicia por su constante apoyo y paciencia en el camino de la vida, y a mi hermana Andrea y mi sobrino Pedrito quienes han sabido brindarme todo su cariño.

JOHN ILLESCAS

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a Dios que es nuestra guía, con su eterno amor y sabiduría.

Un agradecimiento especial a la empresa SERVICABLE, por permitirnos realizar el proyecto y brindar las facilidades requeridas para la realización del mismo.

A nuestro director Ing. Jonathan Coronel, por sus valiosos conocimientos para la orientación del desarrollo de la tesis.

LOS AUTORES

INDICE

1 INTRODUCCION.....	1
1.1 Evolución de la tecnología sobre cable para Multiservicios.....	1
1.1.1 Los orígenes de la telefonía y evoluciones.....	2
1.1.2 Origen de la Televisión y evolución.....	5
1.1.3 Origen y evolución de Internet.....	9
1.1.4 La evolución de los medios de comunicación.....	11
1.2 Convergencia de servicios y tecnologías.....	12
1.3 Elementos constitutivos de una red Multiservicios.....	17
1.3.1 Componentes de una red de Multiservicios.....	18
1.4 Demanda de servicios.....	20
2 SISTEMA TRIPLE PLAY.....	23
2.1 Desarrollo del Triple Play.....	24
2.2 Funcionamiento del Triple Play.....	27
2.2.1 Adaptación de la red de CATV para los servicios de voz y datos.....	31
2.3 Estructura Triple Play.....	34
2.3.1 Cabecera (Centro de recepción y control).....	35
2.3.2 Red troncal.....	36
2.3.2.1 Nodo óptico.....	36
2.3.3 Red de distribución.....	37
2.3.4 Acometida.....	37
2.3.5 Equipo Terminal (Caja decodificadora).....	38
2.4 Estándares del Triple Play.....	38
2.4.1 Modelo OSI.....	38
2.4.1.1 Capas del modelo OSI.....	39
2.4.2 DOCSIS (Especificación de interfaz de datos sobre servicios de cable)...	41
2.4.2.1 Características.....	41
2.4.2.2 Capa física (PHY).....	41
2.4.2.3 Capa MAC.....	42
2.4.2.3.1 Formato de la trama.....	44
2.4.2.4 Tipo de DOCSIS.....	46
2.4.2.4.1 DOCSIS 1.0.....	46

2.4.2.4.2 DOCSIS 1.1	46
2.4.2.4.3 DOCSIS 2.0	47
2.4.2.4.4 DOCSIS 3.0	48
2.4.2.4.5 EuroDOCSIS	48
2.4.2.5 Técnicas de modulación permitidas en DOCSIS	49
2.4.2.6 Anchos de banda soportados por DOCSIS	50
2.4.2.7 Características de planta externa con DOCSIS 2.0 Y 3.0	50
2.4.2.8 Calidad de servicio en DOCSIS (QoS)	51
2.4.2.9 Implementación de nuevos servicios sobre DOCSIS	51
2.4.2.9.1 Telefonía e internet con PACKETCABLE y DOCSIS	52
2.4.2.9.2 Telefonía	52
2.4.2.9.2.1 Sistema de terminación cable módem (CMTS)	53
2.4.2.9.2.2 Adaptador terminal de multimedia (MTA)	53
2.4.2.9.2.3 Cable Módem (CM)	53
2.4.2.9.2.4 Gateway	53
2.4.2.9.3 PSTN	55
2.4.2.9.4 Internet de banda ancha	55
2.4.2.9.4.1 CMTS	55
2.4.2.9.4.2 Cable Módem (CM)	56
2.4.2.9.5 Televisión IP con DOCSIS y OPENCABLE	56
2.4.2.9.5.1 Capacidad Requerida	57
2.4.2.9.5.2 Arquitectura para ofrecer televisión IP	57
2.4.2.9.5.2.1 Adquisición del contenido	57
2.4.3 DVB/DAVIC	59
2.4.3.1 Transmisión	60
2.4.3.2 DVB-C	61
2.4.4 IEEE 802.14	62
2.4.3.1 Capa Física (PHY)	62
2.4.3.2 Capa de acceso al medio (MAC)	64

3 TECNOLOGIAS DE REDES DE ACCESO ALAMBRICAS Y TOPOLOGIAS.....	68
3.1 Descripción de los tipos de redes de acceso alambrico.....	68
3.1.1 Componentes de una red.....	69
3.2 Redes de Acceso por par de Cobre (xDSL, Modems).....	70
3.2.1 xDSL.....	70
3.2.1.1 Medios físicos.....	71
3.2.1.2 Principio de funcionamiento.....	73
3.2.1.3 Técnicas XDSL.....	74
3.2.1.3.1 ADS.....	74
3.2.1.3.2 RADSL.....	75
3.2.1.3.3 UDSL.....	75
3.2.1.3.4 VDSL.....	75
3.2.1.3.5 HDSL.....	76
3.2.1.3.6 HDSL2 o SHDSL.....	76
3.2.1.3.7 SDSL.....	77
3.2.1.3.8 MDSL.....	77
3.2.1.3.9 IDSL o ISDN-BA.....	77
3.3 Redes de Acceso por Cable.....	78
3.3.1 Arquitectura.....	78
3.3.2 Red de distribución.....	78
3.4 Redes híbridas de fibra y cable (HFC).....	79
3.4.1 Arquitectura de una red HFC.....	80
3.4.2 Partes de una red HFC.....	81
3.4.3 Características.....	84
3.5 Acceso fijo por red eléctrica (PLC).....	85
3.5.1 Ventajas e inconvenientes.....	86
3.5.2 Arquitectura.....	87
3.6 Redes de acceso por Fibra Óptica (PON, FFTX, Otros).....	89
3.6 .1 Generalidades sobre comunicaciones ópticas.....	89
3.6 .2 Estructura.....	90
3.6 .3 Tipos.....	91
3.6 .4 Atenuación.....	92
3.6 .5 Ancho de banda.....	92

3.6.6 Redes Ópticas Pasivas (PON).....	93
3.6.6.1 Estructura y funcionamiento de una red PON.....	95
3.6.6.2 Tipos de redes PON.....	95
3.6.6.2.1 APON (Asynchronous Transfer Mode over Passive Optical Network).....	95
3.6.6.2.2 BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha).....	96
3.6.6.2.3 GPON (Gigabit PON).....	97
3.6.6.2.4 EPON (Ethernet PON).....	98
3.6.6.3 Ventajas de las redes ópticas pasivas (PON).....	98
3.6.7 Redes FTTX (FIBER TO THE...).....	98
3.6.7.1 FTTH (Fiber to the home).....	99
3.6.7.2 FTTC (Fiber to the Curb).....	100
3.6.7.3 FTTF (Fiber To The Feeder).....	100
3.6.7.4 FTTB (Fiber To The Building).....	100
3.6.7.5 FTTN (Fiber-To-The-Node).....	101
3.6.8 SDH (SYNCRHONOUS DIGITAL HIERARCHY).....	101
3.6.8.1 Trama.....	103
3.6.8.2 Arquitectura.....	103

4 ANALISIS DEL SISTEMA TRIPLE PLAY SOBRE UN RED HFC

4.1 Descripción del Triple Play en la red HFC.....	105
4.1.1 Estructura de la red HFC con Triple Play.....	105
4.1.1.1 Servicio telefónico.....	107
4.1.1.2 Servicio de datos.....	109
4.1.1.3 Servicio de video.....	109
4.1.2 Partes de la red HFC.....	110
4.1.2.1 Cabecera (Head End).....	110
4.1.2.1.1 Antenas para recepción satelital.....	111
4.1.2.1.2 Antenas para recepción terrestre.....	112
4.1.2.1.3 Receptores satelitales.....	112
4.1.2.1.4 Demodulador.....	113
4.1.2.1.5 Decodificador.....	113
4.1.2.1.6 Moduladores.....	114

4.1.2.1.7 Combinador.....	115
4.1.2.1.8 Transmisor óptico.....	115
4.1.2.1.9 CMTS (Sistema Terminal Cable Modem).....	115
4.1.2.1.9.1 Servidor de políticas (policy server).....	116
4.1.2.1.9.2 Softswitch.....	116
4.1.2.1.9.3 Router.....	117
4.1.2.1.10 Sistema eléctrico de emergencia.....	118
4.1.2.2 Red troncal.....	119
4.1.2.3 Nodo óptico.....	119
4.1.2.4 Red de distribución.....	120
4.1.2.4.1 Amplificadores de radio frecuencia.....	121
4.1.2.4.2 Toma (tap).....	122
4.1.2.5 Red de acometida.....	122
4.1.2.5.1 Divisores (splitters).....	123
4.1.2.5.2 Filtros.....	124
4.2 Características de la red HFC implementada.....	124
4.2.1 Sectores donde se encuentra implementada la red en la ciudad de Cuenca.....	124
4.2.2 Descripción de la infraestructura de la red.....	127
4.2.2.1 Cabecera.....	127
4.2.2.1.1 Antenas para recepción satelital.....	128
4.2.2.1.2 Antenas para recepción terrestre.....	128
4.2.2.1.3 Decodificadores.....	128
4.2.2.1.4 Demodulador.....	129
4.2.2.1.5 Moduladores.....	129
4.2.2.1.6 Combinadores.....	129
4.2.2.1.7 Amplificador de cabecera.....	130
4.2.2.1.8 Transmisor óptico.....	130
4.2.2.1.9 Coupler óptico.....	130
4.2.2.1.10 ODF.....	130
4.2.2.1.11 Sistema de refrigeración.....	130
4.2.2.1.12 Sistema eléctrico de emergencia.....	131
4.2.2.2 Red troncal.....	131
4.2.2.3 Rodo óptico.....	131

4.2.2.4 Red de distribución.....	132
4.2.2.5 Red de acometida.....	135
4.2.3 Descripción de equipos.....	135
4.3 Análisis del empaquetamiento de servicios en la red de la Empresa para su implementación.....	136
4.3.1 Modificación del diseño de la red para triple play.....	137
4.3.2 Características del ancho de banda.....	143
4.3.2.1 Capacidad requerida para el servicio de internet.....	145
4.3.2.2 Capacidad requerida para el servicio de telefonía.....	150
4.3.3 Descripción de dispositivos a implementarse.....	154
4.3.3.1 Requerimientos generales de los equipos.....	154
4.3.3.1.1 Equipos de usuario.....	155
4.3.3.1.2 Elementos en la red de acceso.....	156
4.3.3.1.3 Equipos en cabecera.....	157
 5 ESTUDIO ECONOMICO DE LA IMPLEMENTACION Y DISTRIBUCIÓN.....	 161
5.1 Análisis del costo de los equipos.....	161
5.1.1 Inversión total.....	162
5.2 Análisis de rentabilidad de los servicios a brindar.....	162
5.3 Fiabilidad del proyecto.....	164
 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	 166
 BIBLIOGRAFIA.....	 168
 ANEXOS	

CAPITULO 1

1 INTRODUCCION

Los avances tecnológicos de los últimos tiempos a impulsado la ampliación de la oferta de los servicios prestados, como consecuencia de una mayor demanda por parte de los usuarios, y se ha centrado, básicamente, en el desarrollo del ancho de banda y la movilidad de las redes de telecomunicación, sin olvidarse la progresiva introducción del protocolo IP¹ para soportar cualquier tipo de tráfico.

Esto ha permitido que se puedan integrar servicios de comunicaciones de una forma más innovadora y diferente, no sólo acceder a voz, video y datos en la misma conexión sino disponer de los tres servicios para recibir valor agregado. Desde el punto de vista del usuario final, se tiene acceso a servicios más precisos, más dedicados y eventualmente personalizados.

1.1 EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA SOBRE CABLE PARA MULTISERVICIOS

Actualmente, el cable es la segunda tecnología de banda ancha, ya que su infraestructura de cobre, coaxial o fibra óptica se encuentra implementada para la mayoría de usuarios, para una actualización de servicios no se debe cambiar toda la red, según el servicio que se desee adicionar se debe realizar cambios en los segmentos o adicionar equipos, esta es una de las razones por la que el cable tiene una gran utilidad.

En las últimas décadas existe una gran evolución en los servicios manteniendo la misma idea que es la comunicación como son la telefonía, televisión, internet, etc. Estos son unos de los servicios más utilizados en la actualidad ya sea para empresas y hogares.

¹ IP: Protocolo de Internet.



Figura 1.1 Sistema de comunicación.

Fuente: Internet

1.1.1 LOS ORÍGENES DE LA TELEFONÍA Y EVOLUCIONES

Origen de la telefonía

La evolución tecnológica de la telegrafía eléctrica abrió las puertas a nuevos productos, como es el caso del teléfono, que asociaba de una manera más depurada el binomio electricidad y comunicación. Podría decirse que el telégrafo fue a la primera revolución industrial lo que el teléfono fue a la segunda, desarrolla a partir de los últimos decenios del siglo XIX.

El primer ensayo sobre la posibilidad de transmitir el sonido de las voces a distancia, aunque fallido, se puede situar en 1860, cuando el alemán Philippe Reiss desarrolló un sistema que podía transmitir el sonido, pero incapaz de distinguir las palabras. El sistema de Reiss se basaba en la conjunción de membranas, electrodos y una corriente alterna. El salto decisivo se debió a tres norteamericanos: Graham Bell, Elisha Gray y Thomas A. Edison. Graham Bell y Elisha Gray, trabajaban por separado en la posibilidad de utilizar distintas frecuencias para mejorar las comunicaciones telegráficas, mediante la transmisión simultánea de varios mensajes por el hilo telegráfico. El teléfono de Bell constaba de un transmisor y un receptor unidos por un cable metálico conductor de la electricidad. Las vibraciones producidas por la voz en la membrana metálica del transmisor provocaban por medio de un electroimán oscilaciones eléctricas que se transmitían por el cable, eran

transformadas por el electroimán del receptor en vibraciones mecánicas, que a través de la membrana reproducían el sonido emitido desde el emisor.

Conexiones telefónicas

La primera conexión telefónica pública se verificó en Estados Unidos en 1878, gracias a la instalación de una centralilla de funcionamiento manual, que hacía posible la distribución de las llamadas entre los usuarios de la red. Desde la centralilla manual, se establecía la conexión a través de una red de clavijas que se introducían en su correspondiente toma. La conmutación automática empezó a popularizarse en los años noventa del siglo XIX, con la introducción del disco marcador, sustituido en épocas recientes por los denominados generadores de impulsos.

En un principio, la interconexión de teléfonos se realizaba exclusivamente recurriendo al tendido de cables, este sistema se mantiene a nivel local. En el caso de los cables, la experimentación con nuevas tecnologías está destinada a sustituir los tradicionales hilos eléctricos por otros de fibra óptica; en ellos, la señal no es consecuencia de la corriente eléctrica, sino que se genera a partir de una onda luminosa, lo que se traduce en el incremento de la rapidez y la calidad de la transmisión de impulsos. La transformación de cualquier señal en ceros y unos amplía notablemente las posibilidades de la transmisión a través de redes telefónicas, únicamente es preciso que existan aparatos específicos destinados a codificar y decodificar la información inicial y final.

Comunicaciones a larga distancia

En las comunicaciones a larga distancia, la señal eléctrica se transforma en la central de conmutación en ondas de radio ultracortas, que pueden ser enviadas y recogidas por antenas parabólicas para su nueva codificación en señales eléctricas, éstas ya destinadas al aparato receptor. Las señales viajan, como la luz, en línea recta.

Telefonía electromagnética

La principal evolución que en los últimos tiempos ha experimentado el campo de la telefonía se relaciona estrechamente con la creación de aparatos autónomos, provistos de baterías que pueden emitir señales electromagnéticas, no eléctricas. Popularmente, se conocen como teléfonos móviles, portátiles o celulares.

Para hacer frente a la espectacular proliferación de teléfonos móviles producida en los últimos tiempos se ha puesto en marcha una compleja red de antenas repetidoras, lógicamente ubicadas en lugares altos.

Voz sobre IP

Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, (VozIP), o Telefonía IP, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP. Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital en paquetes en lugar de enviarla (en forma digital o análoga) a través de circuitos utilizables solo para telefonía como una compañía telefónica convencional o PSTN².

Los Protocolos que son usados para llevar las señales de voz sobre la red IP son comúnmente referidos como protocolos de Voz sobre IP o protocolos IP. El tráfico de Voz sobre IP puede circular por cualquier red IP, incluyendo aquellas conectadas a Internet, como por ejemplo redes de área local (LAN³).

VozIP puede facilitar tareas que serían más difíciles de realizar usando las redes telefónicas comunes. Los usuarios de VoIP pueden viajar a cualquier lugar en el mundo y seguir haciendo y recibiendo llamadas.

² PSTN: Red de telefonía pública conmutada.

³ LAN: Red de acceso local.

1.1.2 ORIGEN DE LA TELEVISIÓN Y SU EVOLUCIÓN

La televisión (TV), es un sistema de telecomunicación para la transmisión y recepción de imágenes en movimiento y sonido a distancia. Esta transmisión puede ser efectuada mediante ondas de radio o por redes especializadas de televisión por cable. El receptor de las señales es el televisor. La palabra "televisión" es un híbrido de la voz griega "Tele" (distancia) y la latina "visión" (visión). El término televisión se refiere a todos los aspectos de transmisión y programación de televisión. A veces se abrevia como TV.

La telefotografía

Los primeros intentos de transmitir imágenes a distancia se realizan mediante la electricidad y sistemas mecánicos. La electricidad hacía de medio de unión entre los puntos y servía para realizar la captación y la recepción de la imagen, los medios mecánicos efectuaban las tareas de movimientos para realizar los barridos y descomposición secuencial de la imagen a transmitir. Para 1884 aparecieron los primeros sistemas de transmisión de dibujos, mapas escritos y fotografías llamados telefotos.

El movimiento en la imagen

La imagen en movimiento es lo que caracteriza a la televisión. Los primeros desarrollos los realizaron los franceses Rionoux y Fournier en 1906. Estos desarrollaron una matriz de células fotosensibles⁴ que conectaban, al principio una a una, con otra matriz de lamparillas. A cada célula del emisor le correspondía una lamparilla en el receptor.

El desarrollo de la telefotografía alcanzó su cumbre con los teleinscriptores, y su sistema de transmisión. Estos aparatos permitían recibir el periódico diario en casa

⁴ Las células fotosensibles de selenio, varía su resistividad según la luz que incide en ellas.

del cliente mediante la impresión del mismo que se hacía desde una emisora especializada.

Pronto se sustituyeron los numerosos cables por un único par. Para ello se utilizó un sistema de conmutación que iba poniendo cada célula en cada instante en contacto con cada lámpara. El problema fue la sincronización de ambos conmutadores, así como la velocidad a la que debían de girar para lograr una imagen completa que fuera percibida por el ojo como tal.

Televisión mecánica

Disco de Nipkow: En 1884 Paul Nipkow diseña y patenta el llamado disco de Nipkow, un proyecto de televisión que no podría llevarse a la práctica. En 1910, el disco de Nipkow fue utilizado en el desarrollo de los sistemas de televisión de los inicios del siglo XX, el inventor escocés John Logie Baird efectúa la primera experiencia real utilizando dos discos, uno en el emisor y otro en el receptor, que estaban unidos al mismo eje para que su giro fuera síncrono y separados 2m.

Este disco permite la realización de un barrido secuencial de la imagen mediante una serie de orificios realizados en el mismo. Cada orificio, que en teoría debiera tener un tamaño infinitesimal y en la práctica era de 1mm, barría una línea de la imagen y como éstos, los agujeros, estaban ligeramente desplazados, acababan realizando el barrido total de la misma. El número de líneas que se adoptaron fue de 30 pero esto no dio los resultados deseados, la calidad de la imagen no resultaba satisfactoria.

La rueda fónica: La rueda fónica fue el sistema de sincronización mecánico que mejores resultados dio. Consistía en una rueda de hierro que tenía tantos dientes como agujeros había en el tambor o disco. La rueda y el disco estaban unidos por el mismo eje. La rueda estaba en medio de dos bobinas que eran recorridas por la señal que llegaba del emisor. En el centro emisor se daba, al comienzo de cada agujero, principio de cada línea, un pulso mucho más intenso y amplio que las variaciones habituales de las células captadoras, que cuando era recibido en el receptor al pasar

por las bobinas hace que la rueda dé un paso posicionando el agujero que corresponde.

Televisión electrónica: En 1937 comenzaron las transmisiones regulares de TV electrónica en Francia y en el Reino Unido. Esto llevó a un rápido desarrollo de la industria televisiva y a un rápido aumento de telespectadores aunque los televisores eran de pantalla pequeña y de alto costo. Estas emisiones fueron posibles por el desarrollo de los siguientes elementos en cada extremo de la cadena

- a) **En el receptor, el TRC⁵:** La implementación del llamado tubo de rayos catódicos⁶ o tubo de Braum, por S. Thomson en 1895 fue un precedente que tendría gran transcendencia en la televisión, desde los comienzos de los experimentos sobre los rayos catódicos hasta que el tubo se desarrolló lo suficiente para su uso en la televisión fueron necesarios muchos avances en esa investigación. La primera imagen sobre un tubo de rayos catódicos se formó en 1911 en el Instituto Tecnológico de San Petersburgo y consistía en unas rayas blancas sobre fondo. La captación se realizaba mediante dos tambores de espejos y generaba una exploración entrelazada de 30 líneas y 12,5 cuadros por segundo.
- b) **En el emisor, el iconoscopio:** En 1931 Vladimir Kosma Zworykin desarrolló el captador electrónico llamado Iconoscopio. Este tubo electrónico está basado en un mosaico electrónico compuesto por miles de pequeñas células fotoeléctricas independientes que se creaban mediante la construcción de un sándwich de tres capas, una muy fina de mica que se recubría en una de sus caras de una sustancia conductora (grafito en polvo impalpable o plata) y en la otra cara una sustancia fotosensible compuesta de millares de pequeños globulitos de plata y óxido de cesio. Este mosaico se colocaba dentro de un tubo de vacío y sobre el mismo se proyectaba, mediante un sistema de lentes, la imagen a captar. La lectura de la "imagen electrónica" generada en el

⁵ **TRC:** Tubos rayos catódicos.

⁶ **TUBO DE RAYOS CATÓDICOS:** tubo electrónico o contenedor de vidrio al vacío, que en un extremo tiene un cátodo o electrodo negativo y un dispositivo de cañón (o disparador) de electrones que proyecta un haz de electrones contra una pantalla luminiscente situada en el extremo opuesto del tubo

mosaico se realizaba con un haz electrónico que proporcionaba a los pequeños condensadores fotoeléctricos los electrones necesarios para su neutralización. Para esto se proyecta un haz de electrones sobre el mosaico, las intensidades generadas en cada descarga, proporcionales a la carga de cada célula y ésta a la intensidad de luz de ese punto de la imagen pasan a los circuitos amplificadores y de allí a la cadena de transmisión, después de los diferentes procesados precisos para el óptimo rendimiento del sistema de TV.

La televisión en color: En 1940 Guillermo González Camarena patentó un Sistema Tricromático Secuencial de Campos. Ocho años más tarde, Goldmark, basándose en la idea de Baird y Camarena, desarrolló un sistema similar, llamado “sistema secuencial de campos” el cual estaba compuesto por una serie de filtros de colores rojo, verde y azul que giran anteponiéndose al captador, y en el receptor, se anteponen a la imagen formada en la pantalla del tubo de rayos catódicos. El siguiente paso fue la transmisión simultánea de la imagen de cada color con el denominado trinoscopio. El trinoscopio ocupaba tres veces más espectro radioeléctrico que las emisiones monocromáticas y a la vez era muy costoso. El primer sistema de televisión en color ideado que respetaba la doble compatibilidad con la televisión monocroma se desarrolló en 1951 por un grupo de ingenieros dirigidos por Hirsch en los laboratorios de la Hazeltine Corporation en los EE.UU.

Televisión terrestre: La difusión analógica por vía terrestre, por radio, está constituida por el centro emisor que hace llegar las señales de vídeo y audio hasta los transmisores principales situados en lugares estratégicos, normalmente en lo alto de alguna montaña. Estos enlaces se realizan mediante enlaces de microondas punto a punto. Los transmisores principales cubren una amplia zona que se va rellenando, en aquellos casos que haya sombras, con reemisores. La transmisión se realiza en las bandas de UHF⁷ y VHF⁸, aunque esta última está prácticamente extinguida.

Televisión por cable: La televisión por cable surge por la necesidad de llevar señales de televisión y radio, hasta el domicilio de los abonados, sin necesidad de que éstos deban disponer de diferentes equipos receptores, reproductores y sobre

⁷ UHF: Ultra High Frequency (300MHz – 3GHz).

⁸ VHF: Very High Frequency (30MHz – 300MHz).

todo de antenas. La ventaja del cable es la de disponer de un canal de retorno, que lo forma el propio cable, que permite el poder realizar una serie de servicios sin tener que utilizar otra infraestructura. La dificultad de tender la red de cable en lugares de poca población hace que solamente los núcleos urbanos tengan acceso a estos servicios.

Televisión por satélite: La difusión vía satélite se inició con el desarrollo de la industria espacial que permitió poner en órbita geoestacionaria satélites con transductores que emiten señales de televisión que son recogidas por antenas parabólicas. El alto coste de la construcción y puesta en órbita de los satélites, así como la vida limitada de los mismos, se ve aliviado por la posibilidad de la explotación de otros servicios como son los enlaces punto a punto para cualquier tipo de comunicación de datos. La ventaja de llegar a toda la superficie de un territorio concreto, facilita el acceso a zonas muy remotas y aisladas. Esto hace que los programas de televisión lleguen a todas partes.

1.1.3 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE INTERNET

Internet es un método de interconexión descentralizada de redes de computadoras implementado en un conjunto de protocolos denominado TCP/IP⁹ y garantiza que redes físicas heterogéneas funcionen como una red lógica única, de alcance mundial. Sus orígenes se remontan a 1969, cuando se estableció la primera conexión de computadoras.

Al contrario de lo que se piensa comúnmente, Internet no es sinónimo de World Wide Web (WWW, o "la Web"). Ésta es parte de Internet, siendo uno de los muchos servicios ofertados en la red Internet. El WWW utiliza Internet como medio de transmisión.

Internet incluye aproximadamente 5000 redes en todo el mundo y más de 100 protocolos distintos basados en TCP/IP, que se configura como el protocolo de la red. El método de acceso a Internet vigente hace algunos años, la telefonía básica, ha

⁹ Protocolo de control de transmisión.

venido siendo sustituida gradualmente por conexiones más veloces y estables, entre ellas el ADSL¹⁰, Cable Módems, o el RDSI¹¹. También han aparecido formas de acceso a través de la red eléctrica, infraestructura de cable e incluso por satélite, etc. Internet también está disponible en muchos lugares públicos tales como bibliotecas, hoteles o cibercafés. Una nueva forma de acceder sin necesidad de un puesto fijo son las redes inalámbricas, hoy presentes en aeropuertos, universidades o poblaciones enteras.

Elementos imprescindibles para acceder a Internet

Para utilizar Internet no es preciso entender exactamente como funciona, aunque un poco de información al respecto nunca está de más. Son necesarios los siguientes elementos:

- **El PC y el módem:** a Internet se accede desde un PC conectado al proveedor mediante un módem que por su puesto deberá estar conectado a una línea telefónica.
- **Proveedor:** el proveedor proporciona acceso a la Red, un número de teléfono para acceder a ella y una dirección de correo electrónico.

Servicios básicos en Internet

Los principales servicios que ofrece Internet son:

- **Correo electrónico:** se mandan mensajes a cualquier persona que disponga de una cuenta en Internet. Los mensajes abarcan tanto texto como ficheros informáticos de cualquier característica, que se almacenan en el servidor de correo hasta que el destinatario se conecta y los recoge.
- **Transferencia de archivos o FTP:** Internet contiene gigabytes de software y millones de archivos a los que se accede fácilmente mediante un proceso

¹⁰ ADSL: Línea de Abonado digital asimétrica.

¹¹ RDSI: Red digital de servicios integrados.

llamado FTP o protocolo de transferencia de archivos, que te permite conectar a un ordenador de acceso público y copiar archivos a tu disco duro.

- **Word Wide Web:** las páginas de la WWW son el aspecto más vistoso e innovador de Internet. Haciendo clic en palabras, imágenes e iconos, se pasa de un sitio a otro de una forma rápida y sencilla.

1.1.4 LA EVOLUCIÓN DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN

El incesante avance de la ciencia y de la tecnología, la comunicación dejó de ser exclusivamente oral para desarrollarse a través de otros medios, como la prensa, la radio, el cine y la televisión. En la actualidad, las sociedades industrializadas dependen, en gran medida, de los medios de comunicación masivos. Su sistema económico, la compleja división del trabajo y las necesidades del Estado para cumplir con sus funciones, requieren de estos medios para difundir la información del modo más rápido y a la mayor cantidad de personas posible. De allí que cada vez sea más estrecha la relación entre los grandes grupos económicos y las grandes cadenas de comunicación.

Cada día evolucionan más y más los medios de comunicación, por tal razón existe un gran cambio en el antes, el hoy y el después:

ANTES

- Redes especializadas por servicio.
- Velocidades limitadas.
- Conexiones por tiempo limitado.
- Cero movilidades.

HOY

- Trafico de datos superando la voz.
- Variedad de aplicaciones y servicios separados: internet, video, Datos, etc.
- Aumento de necesidades por parte del cliente.
- Limitada movilidad.

DESPUES

- Convergencia al lado del cliente: voz, video y datos (triple play).
- Gran ancho de banda.
- Servicios en tiempo real.
- Mi propio internet.
- Movilidad.

1.2 CONVERGENCIA DE SERVICIOS

Con la digitalización de los medios antes mencionados, se ha conseguido transmitir la señal por un mismo canal, y al hablar de digitalización nos estamos refiriendo a que la Voz, el Video y los Datos son convertidos en paquetes que pueden ser fácilmente identificados por los equipos de transmisión y Recepción (Módems), en los cuales cada paquete cuenta con la prioridad y la calidad de servicio de transmisión que la señal requiere, evitando la pérdida parcial o total del mismo.

Hace algunos años solo se contemplaba como un sueño el poder manejar la telefonía, Internet y televisión de paga por un solo medio de comunicación (la Convergencia de Medios), aunque ya existen estos servicios, en la gran mayoría de los países todavía son manejados por separado, pero hoy en día esta integración ya es una realidad, el llamado Triple Play.

Con la digitalización de las llamadas telefónicas, se integra la tecnología digital al mundo de las telecomunicaciones, la voz es captada por un convertidor que la transforma en señal de ceros y unos que viajan a través del cable, para que posteriormente del otro extremo vuelvan a ser convertidos en la voz que la originó inicialmente, para esto lo único que se requiere comprender es que a través de los cables, en lugar de viajar impulsos eléctricos sujetos a las condiciones del medio, ahora viajan ceros y unos, que por la velocidad a la que lo hacen y son interpretados, esto nos ofrece una mejor calidad en el servicio, la facilidad de transmitirla por una gran variedad de medios y tener una mayor cobertura.

Tendencia de las comunicaciones

Las conexiones a Internet, desde que se hacían con rudimentarios módems análogos (aparato que convertía los datos entre computadoras) hasta los más modernos enlaces de banda ancha, comparten su procesamiento binario, esto es el envío de datos. Así han seguido la telefonía celular, la televisión por satélite y recientemente también el servicio de televisión por cable.

La Tendencia de los proveedores de esta tecnología está orientado a ofrecer servicios cada vez más confiables y económicamente atractivos, lo cual tendría un gran beneficio para el consumidor final, y a su vez estos proveedores obtendrían:

- Aumentar la penetración en mercado
- Mejorar la retención de sus clientes
- Incrementar sus ingresos por usuario
- Y por ultimo aumentar la rentabilidad de sus empresas.

La convergencia tecnológica involucra fundamentalmente tres aspectos que interactúan entre sí:

- Aspectos Tecnológicos
- Convergencia Tecnológica.
- Aspectos de Mercado
- Convergencia de Industria, Mercados y Servicios
- Aspectos Regulatorios
- Licencia Única



Figura 1.2 Red de servicios integrados

Fuente: Los Autores

Aspectos Tecnológicos

Inicialmente los servicios requerían de su propia infraestructura tecnológica, una red por cada servicio. El tránsito de las tecnologías analógicas hacia las digitales ha favorecido al proceso de integración tecnológica. Con la digitalización y los avances tecnológicos se han incrementado los servicios: voz, imagen, sonido, video, datos, etc. El desarrollo del Internet ha sido otro factor desencadenante del proceso de convergencia, como la implementación de nuevas tecnologías de transmisión óptica y el acceso vía radio que no da la posibilidad de elegir los servicios entre empresas ubicadas en el mismo país e incluso en otros países. También se tiene un nuevo modelo de una red que supone la unificación de las redes y servicios.

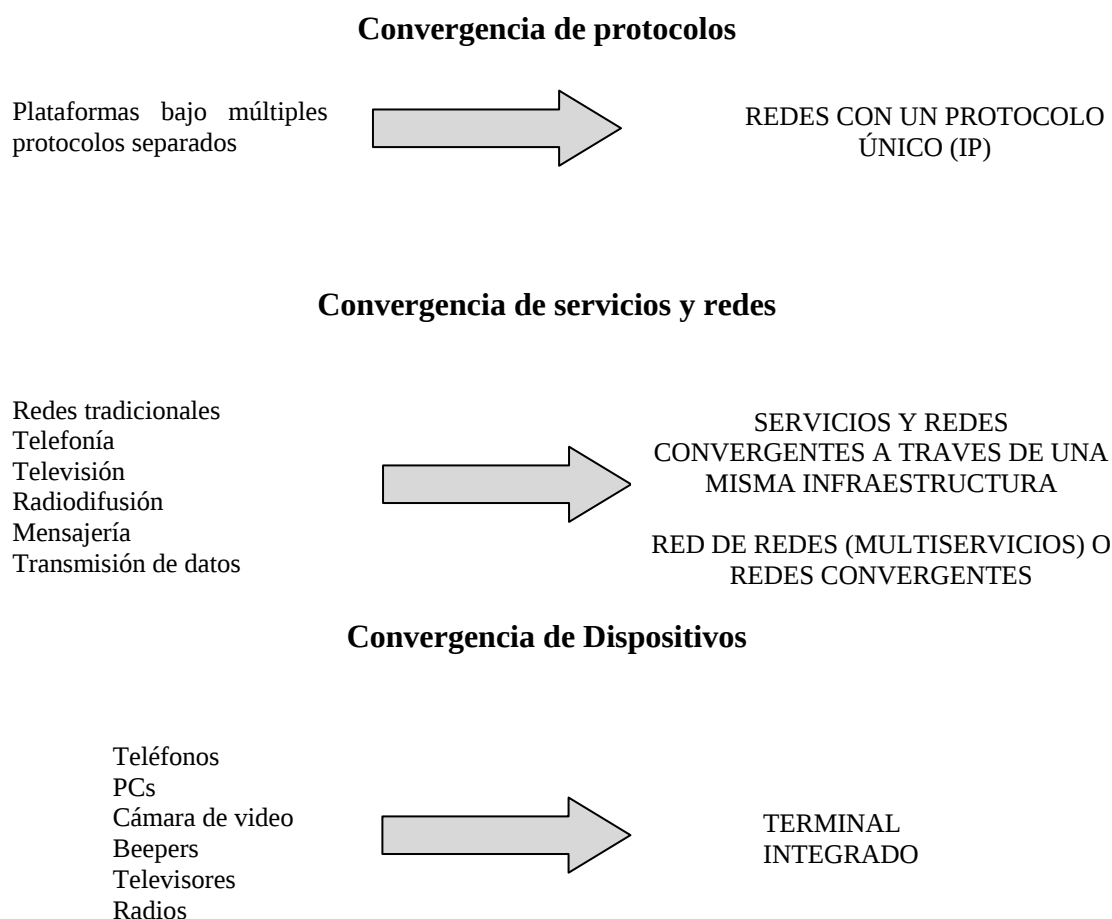


Figura 1.3 Convergencia tecnológica

Fuente: Los Autores

- **Red Convergente:** Una red convergente no es únicamente una red capaz de transmitir datos y voz sino un entorno en el que además existen servicios avanzados que integran estas capacidades, reforzando la utilidad de los mismos. Una red convergente apoya aplicaciones vitales para estructurar el negocio como: Telefonía IP, videoconferencia en colaboración, capacitación y administración de Relaciones con el Cliente que contribuyen a que la empresa sea más eficiente, efectiva y ágil con sus clientes.
- **Terminal convergente:** Un solo terminal podrá soportar telefonía, navegación en Internet, videoconferencia, mensajería instantánea, video en demanda, televisión, radio, otros servicios.

Aspectos de mercado

La distinción entre segmentos de industria antes fácilmente identificables va disminuyendo, la Industria de Telecomunicaciones se va confundiendo con la Industria de Informática y la de Radiodifusión y Televisión. En estos ámbitos se ha producido un acercamiento tanto en el plano técnico como en el de servicios. Como resultado de la convergencia van desapareciendo las diferencias entre las redes de telecomunicaciones, informáticas o de radiodifusión y televisión.

En un mercado e industria no convergente, el desarrollo de productos y servicios tiene como fin satisfacer puntualmente una determinada necesidad. En convergencia el desarrollo tecnológico lleva a la utilización de terminales de baja potencia, móviles, de mayor ancho de banda, etc., que permitan acceder a múltiples servicios. Esta convergencia de mercados e industrias ha llevado al nacimiento de alianzas y fusiones entre empresas preexistentes y nuevas.

Las modificaciones del mercado e industria vienen marcadas por los cambios de las necesidades de comunicación entre las personas en la denominada Sociedad de la Información. Se puede notar un creciente uso de acceso a Internet, correo electrónico, banca electrónica, negocios a través de la red, gobierno electrónico.

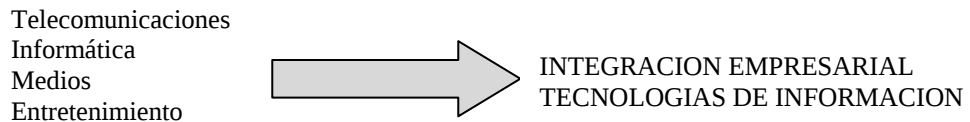


Figura 1.4 Convergencia industrial

Fuente: Los Autores

Aspectos Regulatorios.

La convergencia no solo es tecnológica y de mercados, también es regulatoria e institucional con el fin de garantizar unidad normativa que facilite la libre competencia y la estabilidad regulatoria.

La legislación de Telecomunicaciones del país tiene las siguientes deficiencias:

- No ofrece la seguridad jurídica necesaria para llevar a cabo los procesos de modernización, lo que genera resistencia en los potenciales inversionistas.
- Está orientada a los servicios e imposibilita la reglamentación de redes.

La definición de los servicios es muy limitada, no contempla los servicios de valor agregado, entre los que se incluye Internet, de gran importancia en la actualidad.

No permite una gestión adecuada del uso del espectro radioeléctrico, en función del desarrollo tecnológico actual, las bandas de frecuencias solo pueden usarse en los servicios para los cuales fueron asignadas.

A fin de hacer realidad la convergencia de los servicios de telecomunicaciones, la Ley Especial de Telecomunicaciones, su Reglamento General y la normativa de menor jerarquía deberán reformarse.

Beneficios de redes y servicios convergentes

- Servicios facturados en un solo recibo de pago.
- Trato con un solo proveedor de telecomunicaciones.
- Reducción de precios al adquirir paquetes de varios servicios.
- Integración de múltiples servicios en un número reducido de dispositivos de comunicación.
- Facilidad para integrar nuevos servicios y tecnologías dentro de la misma plataforma de comunicaciones.

1.3 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA RED MULTISERVICIOS

La implantación de Redes Multiservicios resulta una excelente alternativa, para el despliegue de servicios de voz, video y datos, ofreciendo a los usuarios altas velocidades de comunicación, la misma que se integra cada vez mas en la rutina diaria, ya que los usuarios demandan cada vez el disfrutar las ventajas ofrecidas por los servicios integrados.

La integración de servicios adquiere un papel fundamental en el desarrollo de las redes la misma que debe ser entendida desde varios puntos de vista:

- Integración como variedad de servicios soportados sobre un mismo medio de transporte.
- Integración de servicios y aplicaciones.

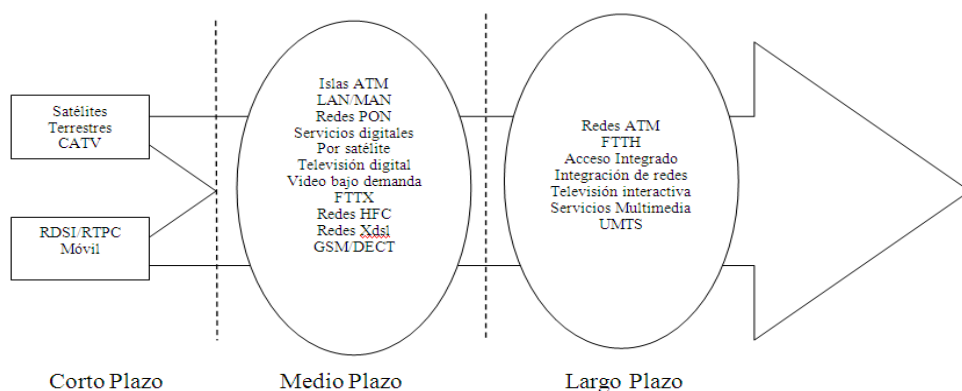


Figura 1.5 Integración de redes y servicios

Fuente: Los Autores

1.3.1 COMPONENTES DE UNA RED MULTISERVICIOS

Una red de comunicaciones consta principalmente de tres niveles funcionales:

- Los proveedores.
- El sistema de transporte.
- Los usuarios.

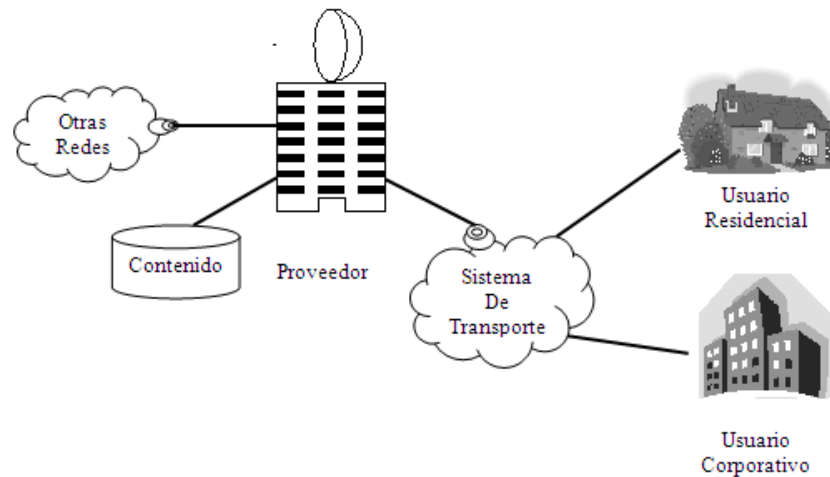


Figura 1.6 Bloques de un Red Multiservicio

Fuente: Los Autores

Proveedores

Son los encargados de generar los contenidos multimedia y entregarlos al sistema de transporte los mismos que pueden ser transmitidos en tiempo real (proveedores de servicios) o ser almacenados en una base de datos (proveedores de contenidos). La determinación de los contenidos que se transportará es uno de los puntos clave para una buena planificación de red.

Sistema de transporte

Abarca todos los elementos encargados de llevar los contenidos multimedia hasta el usuario y atender las peticiones de éste por el canal de retorno. Las redes de transporte es el núcleo del sistema de transporte ya que la aplicación principal de este tipo de redes es el transporte; por lo tanto, el aspecto más crítico es el capacidad de la misma. La siguiente figura nos muestra la estructura del sistema de transporte la misma que presenta una estructura jerárquica.

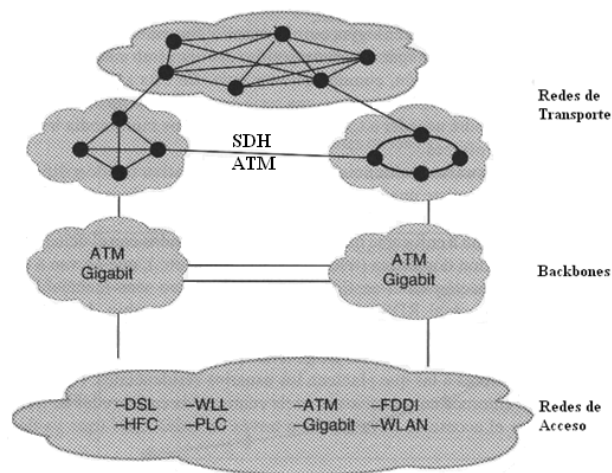


Figura 1.7 Estructura del sistema de transporte

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

- **Red de transporte:** son redes de muy alta capacidad dedicadas al transporte de grandes cantidades de información, las mismas que son de alta disponibilidad y fiabilidad normalmente pertenecen a grandes operadoras o empresas ya que sus costos son elevados. El medio de transmisión utilizado suele ser la fibra óptica por su gran ancho de banda.

La tecnología de esta red debe fundamentarse en dos aspectos principales:

1. Multiplicar la capacidad de la fibra instalada.
2. Crecimiento del equipamiento en forma modular y en grandes y pequeñas escalas.

La tecnología empleada en este tipo de red pueden ser

- **SDH** (Synchronous Digital Hierarchy): Jerarquía Digital sincrónica es una red de transporte digital de todo tipo de información, que ofrece un gran ancho de banda, que simplifica los mecanismos de acceso al sistema de transporte a la vez que facilita las labores de mantenimiento y gestión de la red.
- **ATM** (Asynchronous Transfer Mode): Es una tecnología orientada a la conexión basada en la conmutación de celdas a alta velocidad para el transporte de voz, video y datos.

- **Backbone:** la amplia demanda de ordenadores personales con mejores prestaciones y capaces de ejecutar múltiples aplicaciones simultáneas a provocado el desarrollo de arquitecturas de red muy potentes, tanto en cuanto a equipos como al propio hardware de red. Como consecuencia, para soportar estas nuevas aplicaciones es necesario una arquitectura de red capaz de transportar grandes cantidades de información con unos requerimientos determinados en función del tipo de información de que se trate. Todo esto ha hecho que se implanten tecnologías de banda ancha en el hardware de red (Hubs, switches y routers) y en el backbone.
- **Red de acceso:** o última milla es la que generalmente tiene un comportamiento más dinámico, es la parte que se extiende entre la red en la casa del usuario y la red de interconexión. Está directamente relacionada con la oferta de servicios y por ende, permanentemente se presentan al mercado innovaciones tecnológicas que abaratan las soluciones y brindan nuevas alternativas de servicios.

Usuario

Es el que dispondrá de un único dispositivo de visualización y una serie de periféricos mediante los cuales, con un único control, podrá acceder a toda la gama de servicios multimedia interactivos que dicha red ofrecerá.

1.4 DEMANDA DE SERVICIOS

El concepto de Hogar Digital va ganando reconocimiento y aceptación en el medio; reconocimiento que viene a partir de la intensa actividad que se lleva a cabo por todos los agentes implicados. Estamos ante un momento social en el que se asocian los intereses sectoriales diversos a la búsqueda de nuevas oportunidades de negocio y los intereses sociales de verse atendidas unas necesidades vitales para múltiples ciudadanos en la familia actual.

Estas necesidades sociales, viene a su vez impulsadas por dos requerimientos de la sociedad moderna; por una lado, ésta nueva familia tiene necesidad de seguridad, de vigilancia de los hijos, de supervisión y seguimiento de las personas mayores, de la atención de discapacitados físicos o mentales, etc. Por otro lado, existen realidades tan importantes como la necesidad del ahorro energético, las comunicaciones, la optimización del consumo, el reciclaje de residuos, etc., que son vitales para la construcción de una sociedad responsable con el medioambiente y con el aprovechamiento de las nuevas tecnologías.

Uno de los avances tecnológicos a los que se enfrentará el Ecuador en un corto plazo, es la que consiste en que por una misma red se presten los servicios de datos, voz y video (red Multiservicios), e incluso se podría derivar contemplar también el servicio de telefonía e Internet móvil. Con la convergencia se prevé la migración hacia las denominadas “redes de siguiente generación o NGN”, las cuales incorporan los elementos de movilidad, según los escenarios de la evolución de la convergencia.

La red multiservicios es una opción interesante para incrementar la rentabilidad de operadores de TV Cable y telefonía fija, y debe considerarse que es un motivador de IPTV (Televisión por IP). Esta tecnología se está desarrollando gracias a la competencia entre operadores de cable y de telefonía en algunos países. Los primeros (operadores de cable) quieren ingresar y captar el mercado de los segundos (operadores de telefonía), y viceversa.

La red multiservicios será una opción socialmente atractiva si contribuye a simplificar y a hacer más fácil la elección de servicios por parte de los ciudadanos, y a mejorar las ofertas existentes. En este contexto, el reto será de que no se convierta en un factor de diferenciación o división entre perfiles de clientes o colectivos sociales, sino que su alcance se generalice progresivamente a todos los ciudadanos por igual.

En el Ecuador, la tecnología multiservicios tiene aun que desarrollarse y madurar, mientras empresas como Andinatel ofrece servicios integrados de voz y datos como por ejemplo:

EVO: Ofrece el empaquetamiento de productos que permite administrar las llamadas de un teléfono fijo a números celulares e internacionales, además permite la conexión a Internet de acuerdo a las necesidades del cliente.

FAST.BOY: En el que se ofrece acceso a Internet de alta velocidad, cero costos de consumo telefónico, descarga de información ilimitada. Velocidad desde 128 a 64 kbps en adelante, 3 buzones de correo, y la línea queda libre para realizar y recibir llamadas telefónicas.

ANDI: Permite conexión a Internet Dial-Up¹².

¹² Dial-Up: Conexión a una línea telefónica a través de la computadora.

CAPITULO 2

2 SISTEMA TRIPLE PLAY

La revolución de las telecomunicaciones a partir del desarrollo de Internet ha sido de tal magnitud, que la convergencia tecnológica hoy ya es una realidad. El desarrollo de la tecnología ha permitido que las clásicas aplicaciones (texto, audio, imágenes, videos, etc.) convivan dentro de una misma red. Esto ha generado nuevos usos para la computadora conectada a la red, como ver videos y películas, escuchar radio y música y hablar por teléfono.

La digitalización permite un uso más eficiente de las redes, a menores costos y a la vez impulsa el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones, plataformas personalizadas de televisión y puesta on-line de contenidos, a la vez se incorpora la interactividad, donde el usuario puede atender una llamada viendo el televisor, decidir en qué momento quiere ver un determinado programa y mucho mas. Todo lleva a que se le brinde al usuario una experiencia nueva, ofreciendo a los consumidores los servicios de comunicación e información que requieren en el momento y en el lugar donde se encuentren, ofreciendo servicios unificados (TRIPLE PLAY), más económicos y con mejor calidad.

Hace algunos años solo se contemplaba como un sueño el poder manejar la telefonía, Internet y televisión de paga por un solo medio de comunicación (la Convergencia de Medios), pero hoy en día esta integración ya es una realidad, el llamado **Triple Play**.

“Triple Play” tiene un significado importante en los servicios de telecomunicaciones, desde hace unos años se esta empleando esta denominación para referirse al empaquetamiento de servicios que permite tener acceso de forma simultánea a servicios de voz (telefonía), Internet de alta velocidad y televisión (bien sea video bajo demanda o convencional) utilizando una única infraestructura de acceso

El servicio Triple Play es el futuro cercano para el desarrollo integral de comunicación entre hogares. El desarrollo actual de las empresas incumbentes

(Telecomunicaciones, televisión por cable, televisión satelital, eléctricas, etc.) conlleva una solución única para varios problemas. El servicio telefónico, televisión interactiva y acceso a Internet, todo en un mismo servicio. La diferencia que distingue a esta nueva categorización de tecnología consiste en que todos los servicios se sirven por un único soporte físico, ya sea Cable coaxial, Cable de fibra óptica, Cable de par trenzado, Microondas, red eléctrica, etc.

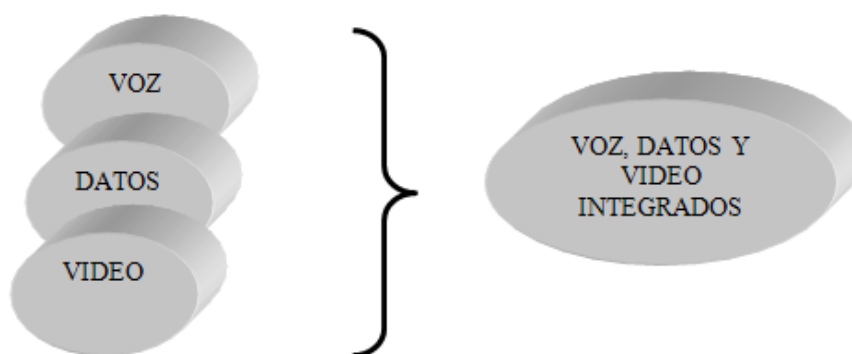


Figura 2.1 Integración de servicios

Fuente: Los Autores

2.1 DESARROLLO DEL TRIPLE PLAY

El cable fue la primera tecnología en ofrecer el hoy llamado “Triple Play”, en los años 90, en EEUU, haciendo uso del enorme ancho de banda de las redes HFC (Híbrida Fibra Coaxial). Así, se ofrecían:

- Vídeo: sistema tradicional de difusión de televisión.
- Voz: sistemas de telefonía integrada sobre portadoras de radiofrecuencia.
- Datos /acceso internet: sistemas propietarios que evolucionaron a sistemas compatibles con DOCSIS1.0 (Data Over Cable Service Interface Specification) de Cablelabs.

Hoy este posicionamiento ha evolucionado hacia:

- Vídeo: sistema tradicional de difusión de televisión con servicios interactivos apoyados en IP y con VoD (Vídeo on Demand) y PVR (Personal Video Recording).
- Voz: servicios de VoIP (Voice over IP) basados en el protocolo NCS (Network-Based Call Signaling), especificado en la norma Packetcable1.5 de Cablelabs, y, presencia reciente de SIP, lo que será parte de la norma Packetcable2.0.
- Datos/Acceso internet: sistemas compatibles con DOCSIS2.0.
- Por último, la evolución a medio plazo de la oferta “Triple Play” supondrá el refuerzo de IP como tecnología unificadora:
- Vídeo: aparición de servicios HDTV (High Definition TeleVision) que convivirán con los servicios de definición estándar, generalización de servicios interactivos y crecimiento de VoD y PVR.
- Voz: SIP como protocolo de VoIP.
- Datos /Acceso internet: servicios simétricos de 100Mbps con DOCSIS3.0 y servicios de calidad de servicio dinámica con PCMM (PacketCable Multimedia).

En el pasado las empresas de telecomunicaciones, televisión e internet podían brindar un solo servicio:

- Telefónicas: Enlaces de Voz y Telefonía
- Cable TV: Televisión & Video
- Carriers de Datos: Internet & Enlaces

Al desarrollarse la tecnología y al gran avance de las redes bajo el Protocolo de comunicación IP todas las empresas empezaron a migrar a esta plataforma la misma que les permitió brindar servicios de Televisión + Voz/Telefonía + Datos/Internet por un mismo medio de transmisión “EL TRIPLE PLAY”.

El ingreso del Triple play se da a la demanda de servicios interactivos y multimedia por parte del usuario, a la competencia en el sector de las telecomunicaciones y sobre todo a una mentalidad para ir más allá de servicios independientes, y creatividad para innovar y diferenciarse. La capacidad de empaquetar todos estos servicios constituye en la clave del negocio para estas empresas ya que podrán brindar al usuario varios beneficios como:

- Factura única y único proveedor, que implica facilidad en el control del gasto en los tres servicios mencionados y la consiguiente simplicidad percibida
- Ahorro por condiciones especiales comerciales ofrecidas en los paquetes de servicios
- Atractivo de la televisión de pago y sus contenidos

A estas ventajas se añade la estrategia comercial de las empresas que han basado su comercialización en una oferta personalizada y de proximidad.

El sistema Triple play es si duda la tendencia de integrar en una sola red varias de ella, donde:

La VOZ Integra:

- Procesamiento básico de llamadas: conexión, desconexión, transferencia de llamadas, llamada en espera, identificador de llamadas, etc.
- Aplicaciones de Mensajes: Correo de Voz
- Aplicaciones avanzadas de procesamiento de llamadas: Remarcación automática, Directorios, Presencia, Recepción automática, IVR, Privacidad, Centros de contacto.

El VIDEO Integra:

- Video sobre demanda (VoD), PPV
- Televisión por cable
- Videoconferencias
- Interactividad

Los DATOS Integran:

- Servicio de Internet
- Hospedaje de páginas (web hosting)
- Transacciones
- Cualquier operación de cómputo en forma distribuida

Sin duda la implantación de redes Triple Play, resulta una excelente alternativa, para el despliegue de servicios en el mercado residencial.

Ante la dificultad que supone el despliegue de infraestructuras y servicios de Voz, Acceso a Internet y Video, de forma independiente, esta tecnología, se posiciona como la mejor alternativa ya que de esta forma los operadores podrán realizar despliegue progresivos de su propia infraestructura, conociendo de antemano la potencialidad de clientes de las zonas a desplegar. Mediante esta fórmula los nuevos operadores, pueden realizar un “plan de negocio” realista, sin necesidad de hacer inversiones cuantiosas para dar servicio a un solo cliente

El objetivo del Triple Play no es sólo ofrecer estos servicios de voz, datos y video con una única facturación, sino aprovechar los recursos de red para combinarlos inteligentemente, por ejemplo, se podría estar viendo televisión y contestar una llamada entrante o una invitación a chatear en tu terminal donde precisamente se está viendo TV, e incluso se podría realizar una consulta a Internet si necesitas alguna información usando el mismo terminal.

2.2 FUNCIONAMIENTO DEL TRIPLE PLAY

La implementación de Triple Play requiere la integración o convergencia de servicios de multimedia. Esta introducción puede resultar complicada, habida cuenta que se requerirá de infraestructura para acomodar los servicios de video y obtener el ancho de banda requerido para soportar este tipo de servicios. Adicionalmente, se requerirá expandir los tradicionales modelos de negocio actuales (basados en servicios de voz y datos) para incorporar aquellos inherentes a los servicios de video.

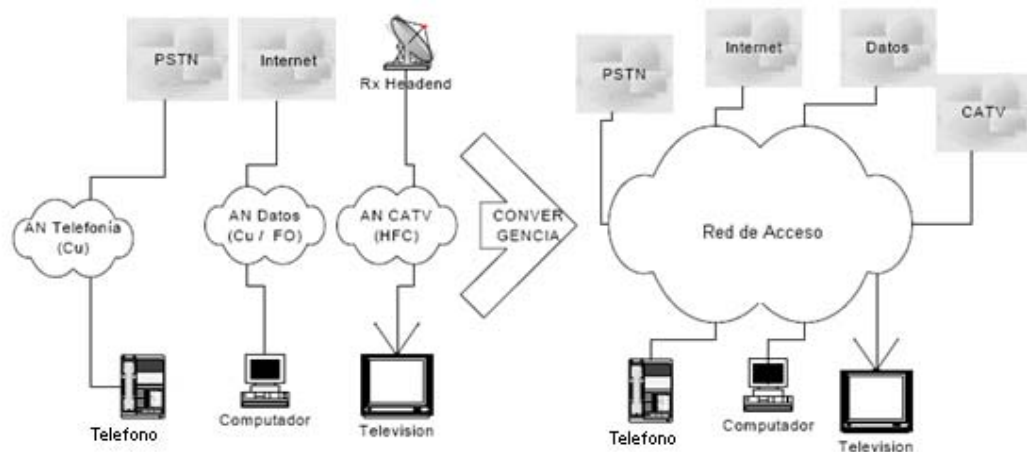


Figura 2.2 Convergencia de servicios

Fuente: Internet

Triple play es pasar de un modelo dividido por sectores a un modelo dividido por capas

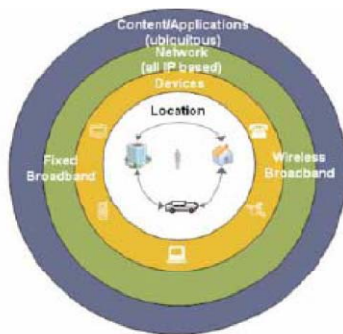
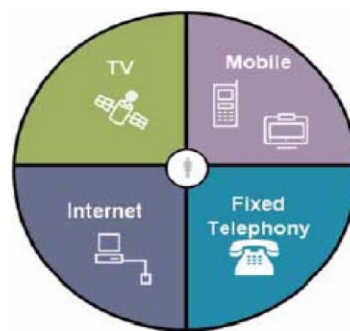


Fig. 2.3 Modelo dividido por sectores. **Fig. 2.4** Modelo dividido por capas.

Fuente: Internet



En el modelo dividido por sectores, el usuario puede acceder a cualquier servicio que desee, cada uno por distintas redes de acceso. Mientras que en el modelo dividido por capas el usuario accede por una sola red de acceso a todo un paquete de servicios.

Las redes convergentes trabajan con tres tipos de tecnologías:

- Tecnología en la red de acceso a multiservicios: Gigabit Ethernet, x DSL, CATV-HFC, tecnologías inalámbricas y fibra óptica.

- Tecnología en la red de transmisión: SDH, WDM, DWDM, protocolos para incrementar capacidades y servicios: ATM, MPLS, IP, OIP, IP/ATM.
- Tecnología multimedia móvil 2.5 y 3G: CDMA, GPRS, etc.

La primera etapa para el triple play es una red de televisión por cable, esta tiene una transmisión de la señal unidireccional.

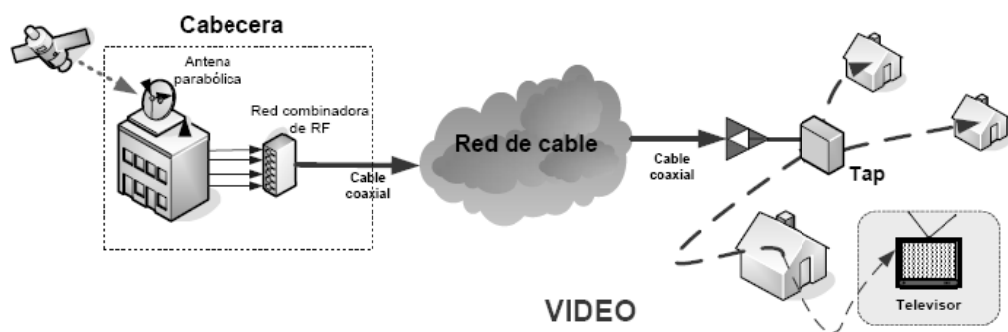


Figura 2.5 Red de CATV

Fuente: Internet

Para la segunda etapa, al servicio de televisión se adiciona el servicio de transmisión de datos y para garantizar la compatibilidad entre distintos fabricantes se introduce un estándar DOCSIS (Data Over Cable Specification Service Interface Specification), es una tecnología para transmisión de datos a alta velocidad.

La red se convierte en bidireccional para transmitir y recibir datos.



Figura 2.6 Red bidireccional

Fuente: Internet

En esta etapa existe la transición hacia proveedores de acceso a Internet de banda.

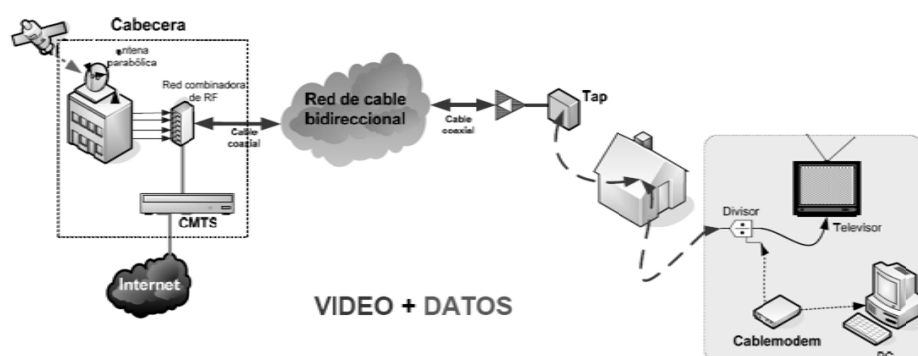


Figura 2.7 Red CATV mas transmisión de datos

Fuente: Internet

En la tercera etapa interviene PacketCable con su estándar de CableLabs para ofrecer servicios multimedia en tiempo real en redes de cable bidireccionales que garantiza la compatibilidad entre equipo de diferentes fabricantes.

Introduce:

- **Softswitch:** Equipo que provee el control de llamada y servicios de conmutación de paquetes para telefonía.
- **MTA (Multimedia Terminal Adapter):** dispositivo al final de la línea que convierte los datos de RF en servicios analógicos de telefonía y servicios de datos digitales de banda ancha.

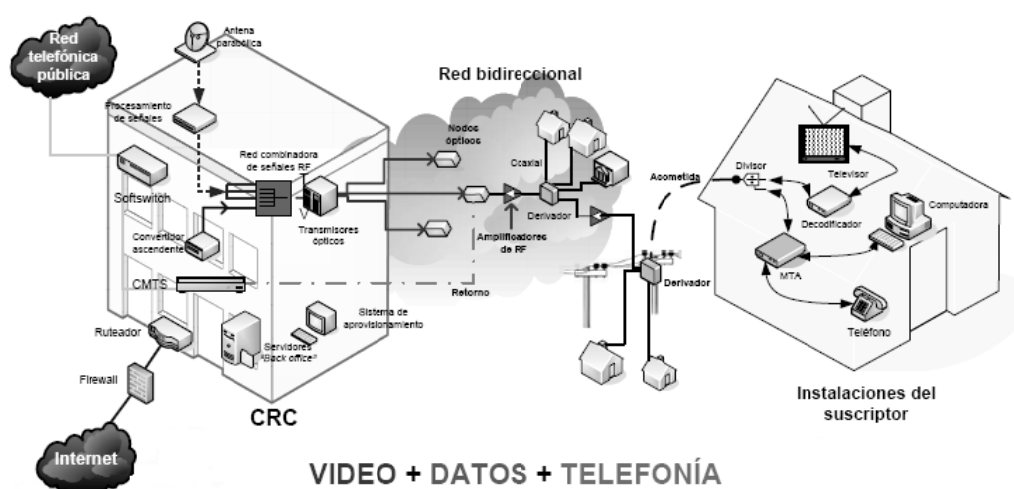


Figura 2.8 Red Triple Play

Fuente: Internet

2.2.1 ADAPTACIÓN DE LA RED DE CATV PARA SERVICIOS DE VOZ Y DATOS.

Para que la red de CATV se pueda adicionar la transmisión de voz y datos se tiene presente las siguientes consideraciones:

- Las redes de cable nacieron unidireccionales: servicio broadcast ¹³
- Desarrollo de bidireccionalidad por Demanda servicios interactivos
- Fuertemente asimétricas: Sentido ascendente (usuario-red) es 20 veces menor al descendente (red-usuario).
- Asimetría: retorno no pueden usarse técnicas de modulación sofisticadas (baja eficiencia espectral, bajo bit rate), alto nivel de ruido e interferencias
- Ancho de banda ascendente mas numero de usuarios conectados es igual al Factor limitante en el diseño
- Telealimentación de aparatos telefónicos. Inversión considerable. Taps, Fuentes, rediseño, etc. Baterías/Fuentes en domicilio
- Redes aéreas (equipos a la intemperie). Alta indisponibilidad.
- Replanteo de las acciones de monitoreo y mantenimiento de redes.
- Tamaño nodos no superiores a 2.000 HPN (House Passed by Node, viviendas abarcadas por la red de distribución del nodo)
- Cabecera (Headend) adaptado de acuerdo a la tecnología adoptada
- Canal de retorno con bajo nivel de ruido
- Equipos terminales de abonado de acuerdo a servicios.

El espectro de frecuencias del cable.

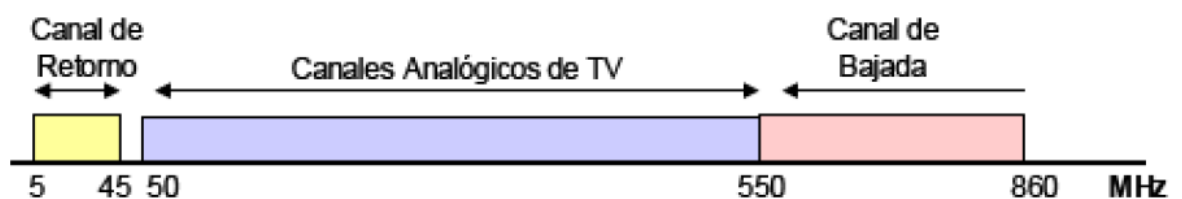


Fig. 2.9 Espectro de frecuencias del cable.

Fuente: Internet

¹³ Broadcast: es un modo de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo.

Las opciones que existen para realizar triple play son mediante la conmutación de circuitos y de paquetes

CONMUTACION DE CIRCUITOS

- Utiliza la técnica de acceso al medio en canal de retorno (TDMA¹⁴, CDMA¹⁵).
- Modulación empleada: QPSK¹⁶ (retorno) , QAM¹⁷ (descendente)
- Ancho de banda de portadoras (entre 800 KHz y 2 MHz)
- TDMA: cada portadora dividida en un numero de intervalos de tiempo.
- Downstream: TDM

Elementos en casa de cliente:

- Network Interface Unit (NIU): Equipo que implementa las interfaces del cliente con red de cable y realizan las funciones de digitalización y modulación de la señal vocal, así como el proceso inverso.

Elementos en la red del operador de cable:

- Host Digital Terminal (HDT):
- Frecuente en la cabecera de la red HFC
- Recibe las señales de RF de la red de cable y las mapea en las tramas E1 hacia una central digital.
- Posee, las interfaces LAN(Red de Área Local) con el sistema de gestión
- Central de conmutación convencional
- Sistema de gestión.
- Agregado de transmisión de datos a través de las redes de cable operadores.
- Provisión de Servicio de Internet.
- CABLEMODEM.

¹⁴ TDMA (Time division Multiple Access): Técnica de multiplexación por división de tiempo, que permite intercalarlos datos procedentes de varios usuarios en un único canal.

¹⁵ CDMA (Code division Multiple Access): Técnica de multiplexación de datos, es decir, el uso organizado de varios canales diferentes para el envío de información, lo que extiende la fiabilidad y cobertura de las comunicaciones

¹⁶ QPSK (Quaternaly Phase Shift Keying): Técnica de modulación que cambia la fase de la señal dentro de un conjunto de cuatro fases

¹⁷ QAM (Quadrature Amplitude Modulation): Técnica de modulación que cambia la amplitud y la fase de la portadora

Estándares principales:

- DOCSIS (Data-Over-Cable Service Interface Specification).
- DAVIC (Digital Audio-Visual Council).
- IEEE 802.14

CONMUTACION DE PAQUETES

- Voz sobre IP (VoIP).
- Utilización de tecnologías de transmisión de datos sobre las redes de cable (DOCSIS) para transportar la voz.
- Datos 'Real Time' (DOCSIS 1.1 o superiores).
- Elementos en Operador de cable:
- Conectividad IP.
- CMTS (Sistema de Terminación de Cable-Módems).
- Routers IP.
- LAN Switch.
- Servers (logging, DHCP, control del protocolo DOCSIS de canal).
- Control de la llamada:
 - Call Management Server.
 - Call Agent (equivalente a un MGC).
 - Gate Controller (políticas de QoS).
- Interconexión con otros operadores
 - Exterior Border Proxy (interconexión en IP).
 - Media Gateway Controllers, Media Gateways y Signalling Gateways (interconexión en SS7 PSTN).
- Elemento en Abonado: Multimedia Terminal Adapter (MTA): Puede estar integrado en el Cablemodem.
- La interconexión con PSTN en un futuro podría ser en IP.
- Interconexión TDM una comunicación que haga tránsito por la red de trunking IP de Telefónica, sufrirá una doble codificación decodificación (degradación de señal de voz).
- Arquitecturas como PacketCable tienen resuelto el problema de QoS dentro de su dominio de red.

ASPECTOS	CIRCUITOS	PAQUETES
Perspectivas	Tendencia completa hacia VoIP	Tecnología Actual
Madurez	Tecnología probada y desplegada en el campo	Continuas Pruebas
		Mejoras en Docsis con CM certificados
Costos	Inversión en central de Conmutación.	Arquitectura mas sofisticada
	Terminales propietarios tienden a ser mas caros	Terminales estándar los puede comprar el cliente
	Tecnología asentada.	Tecnología mas nueva, costos de desarrollo permanentes
Calidad	Igual que la PSTN	Cada vez mejor ()QoS suficientemente robusto
	Muy robusto contra ruidos	Compromiso entre requerimientos de voz y los de datos.
Simplicidad operativa	Requiere un sistema para voz y otro para datos	El mismo sistema sirve para voz y para datos.
	Instalación de un terminal de red para telefonía.	Los usuarios que ya poseen cablemódem para datos pueden aprovisionarse remotamente para telefonía
Estandarización	Soluciones propietarias	Completamente estandarizada
	Compatible con fax y módems 56k	Compatible con fax actualmente
Servicios	Todos los servicios disponibles en una central local	Softswitches de clase 5 aceptablemente maduros

Tabla 2.1 Comparación de Conmutación de Circuitos y Paquetes

Fuente: Los Autores

2.3 ESTRUCTURA TRIPLE PLAY

Para el funcionamiento del triple play se consideran los siguientes componentes principales:

- Cabecera.
- Red troncal.
- Red de distribución.
- Acometida.
- Equipo terminal.

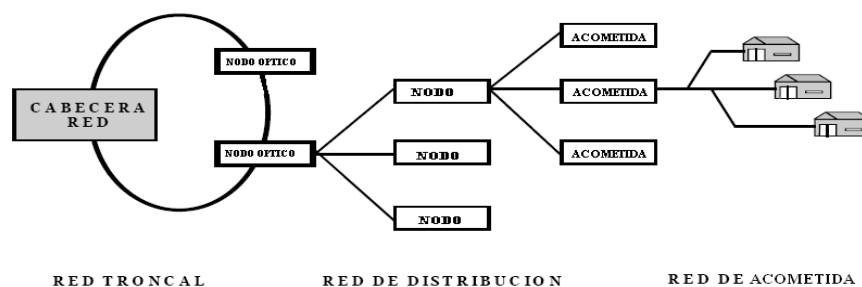


Figura 2.10 Estructura de una red CATV

Fuente: Los Autores

2.3.1 CABECERA (CENTRO DE RECEPCIÓN Y CONTROL)

Es el punto de origen de las señales a transmitir y la fuente de todos los programas disponibles. La cabecera cuenta con antenas parabólicas para recibir señales satelitales, antenas de alta ganancia para televisión abierta, entre otros elementos.

La cabecera de una red de cable es la principal fuente de control y representa la raíz de la topología de árbol. A partir de ésta, la señal se entrega al suscriptor mediante la red troncal del sistema de cable, que forma las ramas principales de la topología de árbol. Una cabecera puede dar servicio a una o a varias localidades conectadas por el sistema de red troncal; generalmente las "extensiones" o "ampliaciones" a poblaciones cercanas utilizan el mismo Centro de Recepción y Control.

En la cabecera, se pueden observar los siguientes equipos:

- Antenas para recepción satelital
- Antenas para recepción terrestre
- Receptores satelitales
- Demodulador
- Transcoder
- Moduladores
- Combinadores
- Transmisor óptico
- Sistema eléctrico de emergencia

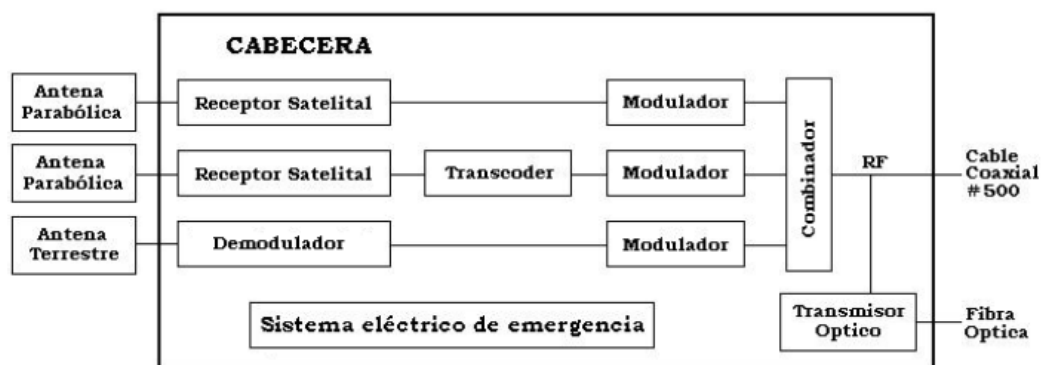


Figura 2.11 Diagrama de bloques de la Cabecera

Fuente: Internet

2.3.2 RED TRONCAL

Es la encargada de repartir la señal generada por la cabecera a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable. El primer paso en la evolución de las redes clásicas todo coaxial de CATV hacia las redes de telecomunicaciones por cable HFC consistió en sustituir las largas cascadas de amplificadores y el cable coaxial de la red troncal por enlaces punto a punto de fibra óptica(nodo óptico). Posteriormente, la penetración de la fibra en la red de cable ha ido en aumento, y la red troncal se ha convertido.

2.3.2.1 NODO ÓPTICO

Es el equipo en el cual termina la red primaria y comienza la red de distribución. Está constituido por un receptor óptico y un amplificador de radio frecuencia. El receptor óptico se encarga de transformar los pulsos de luz en la señal de radiofrecuencia que contiene los canales de televisión. La conversión es desarrollada por un diodo foto detector PIN (semiconductor tipo P, semiconductor intrínseco, semiconductor tipo N). La señal que sale del receptor óptico pasa a un amplificador de radio frecuencia, Este equipo preferiblemente, debe ser instalado en el centro de la zona a cubrir.

En estos nodo ópticos es donde las señales descendentes (de la cabecera al usuario) pasan de óptico a eléctrico para continuar su camino hacia el hogar del abonado a través de la red de distribución de coaxial. En los sistemas bidireccionales, los nodos

ópticos también se encargan de recibir las señales del canal de retorno o ascendentes (del abonado a la cabecera) para convertirlas en señales ópticas y transmitir las a la cabecera.

2.3.3 RED DE DISTRIBUCIÓN

Se conecta a la red troncal mediante amplificadores puente y pasa por enfrente de las casas, generalmente a un lado de los cables de luz. Su propósito es llevar las señales hasta las instalaciones del suscriptor. Del amplificador puente, la red de distribución entrega la señal a una serie de "taps" a los que se conectan las acometidas; si el nivel de la señal llegara a decrecer, se coloca un extensor de línea (también conocido como amplificador de distribución) para incrementar el nivel de la señal de forma que llegue adecuadamente al siguiente "tap".

En la red de distribución se encuentran los siguientes elementos:

- Amplificadores de distribución.
- Tomas (Taps)

2.3.4 ACOMETIDA

Es un cable coaxial flexible (RG-6) utilizado para llevar la señal desde el cable de distribución hasta la casa del usuario. Las acometidas requieren de una conexión al sistema de tierra de la construcción y de un cable flexible entre la entrada y el receptor (televisión, computador, cable modem, etc); si hay múltiples receptores en una instalación se utiliza un divisor de señales.

En la red de acometida encontramos los siguientes elementos:

- Divisores (Splitters)
- Filtros

2.3.5 EQUIPO TERMINAL (CAJA DECODIFICADORA)

Acondiciona la señal para poder ser reproducida en una televisión no fabricada con la capacidad de desplegar todos los canales que el cable transporta, o bien, sirve como filtro para proporcionar al suscriptor únicamente los canales que ha pagado. El uso de las cajas direccionables ("addressables") permite la provisión de distintos paquetes al usuario y, eventualmente, la desconexión de suscriptores que no paguen por el servicio. Las cajas decodificadoras también ayudan a evitar la piratería de las señales de cable.

2.4 ESTÁNDARES DEL TRIPLE PLAY

En 1997, con un análisis de las diferentes normativas que se presentaban como una opción de estandarización de las redes de telecomunicaciones por cable, se consideró tres estándares:

- **DOCSIS** (Especificación de Interfaz de Servicio de Datos por Cable), Americano.
- **DVB/DAVIC** (Consejo Audiovisual Digital/ Video Digital Broadcasting), Europeo.
- **IEEE802.14**, Europeo.

Estos estándares están diseñados sobre las especificaciones de protocolos de capa física PHY y del protocolo MAC del modelo de referencia OSI para redes bidireccionales.

2.4.1 MODELO OSI

El modelo OSI fue desarrollado en 1984 por la organización internacional de estándares, llamada ISO, el cual se trata de una federación global de organizaciones representando a aproximadamente 130 países.

El núcleo de este estándar es el modelo de referencia OSI, una normativa formada de siete capas que define las diferentes fases por las que deben pasar los datos para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de comunicaciones.

La utilidad de esta normativa estandarizada se da, ya que al haber muchas tecnologías, fabricantes y compañías dentro del mundo de las comunicaciones, y al estar en continua expansión, se tuvo que crear un método para que todos pudieran entenderse de algún modo, incluso cuando las tecnologías no coincidieran.

2.4.1.1 CAPAS DEL MODELO OSI

El Modelo OSI cuenta con 7 capas o niveles que se pueden separar en dos grupos:

- APLICACIÓN
- TRANSPORTE



Figura 2.12 Modelo OSI

Fuente: Los Autores

En el grupo de aplicación tenemos:

Capa 7: Aplicación - Esta es la capa que interactúa con el sistema operativo o aplicación cuando el usuario decide transferir archivos, leer mensajes, o realizar otras actividades de red. Por ello, en esta capa se incluyen tecnologías tales como http, DNS, SMTP, SSH, Telnet, etc.

Capa 6: Presentación - Esta capa tiene la misión de coger los datos que han sido entregados por la capa de aplicación, y convertirlos en un formato estándar que otras capas puedan entender. En esta capa tenemos como ejemplo los formatos MP3, MPG, GIF, etc.

Capa 5: Sesión – Esta capa establece, mantiene y termina las comunicaciones que se forman entre dispositivos. Se pueden poner como ejemplo, las sesiones SQL, RPC, NetBIOS, etc.

En el grupo de transporte tenemos:

Capa 4: Transporte – Esta capa mantiene el control de flujo de datos, y provee de verificación de errores y recuperación de datos entre dispositivos. Control de flujo significa que la capa de transporte vigila si los datos vienen de más de una aplicación e integra cada uno de los datos de aplicación en un solo flujo dentro de la red física. Como ejemplos más claros tenemos TCP y UDP.

Capa 3: Red – Esta capa determina la forma en que serán mandados los datos al dispositivo receptor. Aquí se manejan los protocolos de enrutamiento y el manejo de direcciones IP. En esta capa hablamos de IP, IPX, X.25, etc.

Capa 2: Datos – También llamada capa de enlaces de datos. En esta capa, el protocolo físico adecuado es asignado a los datos. Se asigna el tipo de red y la secuencia de paquetes utilizada. Los ejemplos más claros son Ethernet, ATM, Frame Relay, etc.

Capa 1: Física – Este es el nivel de lo que llamamos hardware. Define las características físicas de la red, como las conexiones, niveles de voltaje, cableado, etc., en esta capa se puede incluir la fibra óptica, el par trenzado, cable cruzados, etc.

2.4.2 DOCSIS (ESPECIFICACIÓN DE INTERFAZ DE DATOS SOBRE SERVICIOS DE CABLE)

Se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV) existente. Muchos operadores de televisión por cable lo emplean para proporcionar acceso a Internet sobre una infraestructura HFC (red híbrida de fibra óptica y coaxial).

El estándar DOCSIS, es quizá el más importante dentro del ámbito de las redes de cable, prueba de ello es su aceptación como estándar por ITU, ETSI y SCTE.

2.4.2.1 CARACTERÍSTICAS

DOCSIS utiliza el método de acceso TDMA/SCDMA. Proporciona una gran variedad de opciones disponibles en las capas 1 y 2 del modelo OSI, la capa física (PHY) y la de control de acceso al medio (MAC).

2.4.2.2 CAPA FÍSICA (PHY)

Comprende los datos entre el módem de cable (CM) del sistema de terminación de Cable-Módems (CMTS) y la cabecera con los respectivos recorridos a lo largo de la fibra y del coaxial. Es posible enviar y recibir datos simultáneamente y esto se hace usando frecuencias bajas para transmitir la información del CM al CMTS (ascendente) y las frecuencias más altas para enviar los datos del CMTS al CM (descendente); esto se demuestra gráficamente en la figura:

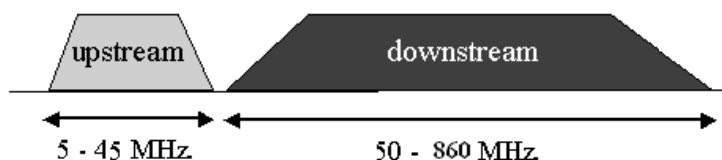


Figura 2.13 Bandas de frecuencia para enviar datos ascendentes y descendentes

Fuente: Internet

Transmisión downstream

- Rango de frecuencias : 50 – 750 o 860 MHz
- Modulación : 64 QAM – 256 QAM
- Ancho del Canal : 6 MHz
- Velocidad bruta : 30.34 Mbps – 40.44 Mbps
- Transporte: Frames MPEG2 de 188 bytes 1 byte Sync + 3 bytes header + 184 bytes payload
- Multiplexación : TDM = Time Division Multiplexing
- Corrección errores : FEC = Forward Error Correction Red Solomon Coding = 16 bytes Total = 188 bytes mpeg2 + 16 bytes FEC = 204 bytes
- Encriptación : DES = Data Encryption Standard

Transmisión upstream

- Rango de frecuencias : 5 a 45 MHz
- Modulación : QPSK – 16 QAM
- Ancho del canal : Variable entre 200 KHz y 3.2 MHz
- Velocidad Bruta : 320 Kbps - 10 Mbps
- Transporte : Paquetes Ethernet de 18 – 1518 bytes
- Multiplexación : TDMA Time Division Multiple Access Minislots de 16 bytes largo nominal (puede ser mayor)
- Corrección errores : FEC = Forward Error Correction
- Niveles de Transmisión de Señal : QPSK = 8 a 58 dBmV 16QAM = 5 a 55 dB mV

2.4.2.3 CAPA MAC

Es la que controla el acceso de los módems al canal de retorno evitando que varios módems transmitan simultáneamente y se generen colisiones. Para evitar las colisiones cada CM solicita la asignación de un time slot para poder transmitir (request), el CMTS asigna ventanas de tiempo para que los CM reserven un espacio para transmitir. Durante este proceso si pueden colisionar varios CM. Periódicamente

el CMTS envía mensajes de broadcast garantizando a cada CM un timeslot¹⁸ de acuerdo al tipo de servicio y prioridad.

La transmisión ascendente (del CM al CMTS) se realiza a una frecuencia diferente a la transmisión en sentido descendente, debido a esto, es posible que el CM utilice un solo cable para transmitir y para recibir simultáneamente. La tarifa de datos ascendente es fijada por el operador del cable y se extiende a partir de 320kbps a 10Mbps.

Puesto que puede haber muchos módems que comparten un canal por flujo ascendente, un cierto mecanismo se debe utilizar para decidir que módem debe enviar la información. Este mecanismo llamado Media Access Control (MAC) es una parte muy importante del protocolo. Según lo mencionado, los datos del computador al CM utilizan TCP/IP dentro de un paquete Ethernet¹⁹. Estos mismos datos se envían al CMTS y viceversa pero dentro de un paquete.

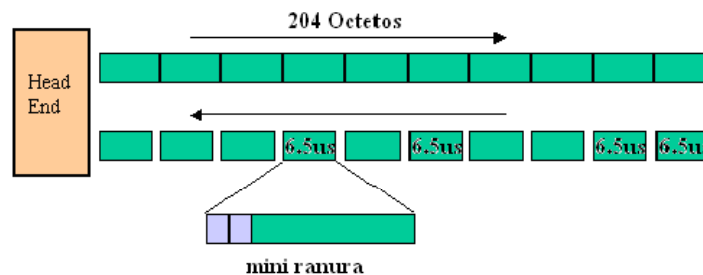


Figura 2.14 Transmisión de datos en sentido descendente y ascendente

Fuente: Internet

Como se puede ver en la figura, los datos en sentido descendente se envían en tramas de tamaño fijo (204 octetos); estas tramas se envían continuamente si no hay datos enviados para mantener la sincronización del sistema. Los datos para transmisión ascendente se basan en unidades, las unidades están en términos del tiempo en vez de octetos y cada unidad tiene 6,25 microsegundos de largo; la unidad se conoce como mini-ranura. Para que un CM transmita datos, solicita bastantes paquetes para enviar el número de octetos en una mini-ranura solicitando la orden.

¹⁸ Time slot: Ranura de tiempo. Intervalo de tiempo continuamente repetido o un periodo de tiempo en el que dos dispositivos son capaces de interconectarse

¹⁹ Ethernet: Es la tecnología de red de área local más extendida en la actualidad

El trabajo del CMTS es decidir que datos deben ser enviados descendentemente y decidir cuando dar un permiso y cuantos octetos debe transmitir el CM. Debido a que el CMTS tiene control completo del sistema, puede programar exactamente la entrega exacta de datos.

2.4.2.3.1 FORMATO DE TRAMA

La trama generada en la capa MAC será la unidad básica empleada en la transferencia de información entre las capas MAC de la red HFC y los terminales (CM) de usuario. La estructura básica de esta trama es igual para el tráfico en sentido ascendente y descendente. Las tramas MAC pueden ser de longitud variable.

Además las tramas MAC también se utilizarán para fines administrativos como son la sincronización, petición de ancho de banda, envío de parámetros de operación a terminales (CM) y mensajes de control.

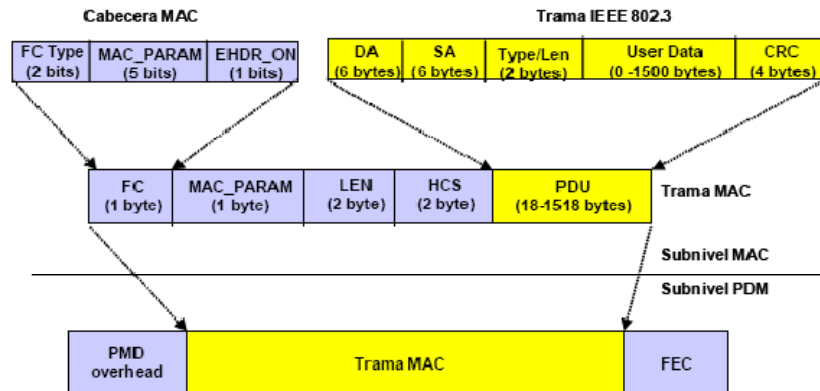


Figura 2.15 Formato de trama MAC ascendente

Fuente: Internet

- **FC:** Control de trama, indica el tipo de cabecera MAC (Tamaño 8 bits).
- **MAC_PARM:** Campo del parámetro MAC cuyo uso es dependiente de FC, en el caso de existir concatenación de tramas se usa para contar las tramas MAC, cuando existe petición se indica el número de mini-slots requeridos (Tamaño 8bits)

- **LEN:** Longitud de la trama MAC, la longitud está definida por la suma del número de bytes de la cabecera extendida y el número de bytes siguiente del campo HCS (Tamaño 16bits)
- **HCS:** Secuencia de chequeo de la cabecera MAC (Tamaño 16bits)
- **FC_TYPE:** Campo que indica el tipo de control de trama MAC (Tamaño 2bits).
- **MAC_PARAM:** Parámetro de bits, su uso depende de FC_TYPE (Tamaño 5bits)
- **EHDR_ON:** Cuando es 1, indica que EHDR está presente en la trama. Este campo proporciona un mecanismo que permite que la cabecera MAC pueda extenderse y sea enteramente operable, permitiendo brindar nuevos servicios (Tamaño 1bit)

Antes de presentar las tramas MAC en el medio coaxial estas deben ser procesadas por la subcapa PDM, aquí se les aplicará la modulación y comprobación de errores que corresponda según el sentido de la comunicación. Además, en la subcapa PDM de la comunicación ascendente se añadirá una cabecera indicando el comienzo y un campo de comprobación de errores FEC al final de la trama MAC.

En la información con sentido descendente todo el tráfico será adaptado a un formato y tamaño de trama constante MPEG de 188bytes. Estos paquetes consisten en 4 bytes de cabecera seguidos de 184 bytes de información de usuario.

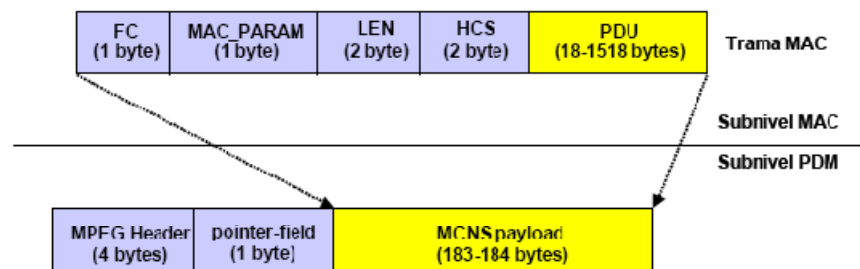


Figura 2.16 Trama MAC descendente

Fuente: Internet

2.4.2.4 TIPOS DE DOCSIS

La primera especificación DOCSIS fue la versión 1.0, publicada en Marzo de 1997, seguida de la revisión 1.1 en Abril de 1999.

2.4.2.4.1 DOCSIS 1.0

DOCSIS 1.0 se define sobre todo como servicio de acceso al Internet para los consumidores, permite que el cable coaxial sea compartido por una variedad de suscriptores en la red. La especificación de interfaz del servicio de cable de datos, DOCSIS 1.0, fue aceptada unánimemente como estándar norteamericano.

Actualmente, el estándar de DOCSIS 1.0 está demostrando ser un éxito universal, con despliegues en la operación por todo el mundo.

2.4.2.4.2 DOCSIS 1.1

DOCSIS 1.1 agrega la capacidad a los datos de entrega que permiten el apoyo a sistemas de servicio telefónico. Uno de los aspectos más importantes que introduce la versión DOCSIS 1.1 es el soporte de servicios con garantías de QoS, para servicios sensibles al retardo.

A este tipo de servicios se añade al servicio sin garantías (best effort), el único considerado en DOCSIS 1.0. En un sistema, es posible que exista más de un canal DOCSIS; los dispositivos DOCSIS 1.1 pueden trabajar en sistemas DOCSIS 1.0 pero dejan la capacidad de entrega exacta de datos. CableLabs, conjuntamente con las comunidades de vendedores y usuarios, están en el proceso de definir DOCSIS 1.1 para voz sobre IP (VoIP) con seguridad avanzada, y también se está estructurando la base para los servicios futuros avanzados multimedia.

2.4.2.4.3 DOCSIS 2.0

Los dispositivos DOCSIS 2.0 basan su funcionamiento en características DOCSIS 1.1 y agregan la capacidad de utilizar tarifas de datos ascendente. Esta versión define también dos nuevos métodos de modulación: S-CDMA (Acceso Múltiple de División Síncrona del Código) y A-TDMA (Acceso Múltiple de Frecuencia de División Ágil Avanzada del Tiempo).

La versión DOCSIS 2.0 introduce una serie de novedades, incluyendo las que permiten el desarrollo de módems de bajo costo, el soporte de servicios simétricos, mayor inmunidad frente al ruido y servicios IP multicast.

Otro de los aspectos más destacables del estándar DOCSIS 2.0 es la especificación de una arquitectura abierta, cuya estructura básica se ilustra en la figura. Finalmente, cabe señalar que el estándar DOCSIS 2.0 garantiza la compatibilidad con las versiones DOCSIS 1.0 y 1.1.

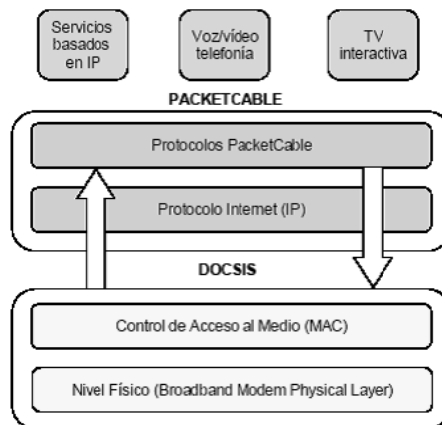


Figura 2.17 Arquitectura abierta de DOCSIS 2.0

Fuente: Internet

El ancho del canal puede variar de 400kHz a 3,2MHz en DOCSIS 1.0/1.1; DOCSIS 2.0 aporta mas opciones al canal ascendente, incluyendo una modulación más alta (64QAM) y canales con más ancho (6,4MHz); también incorpora Ingress Cancellation (cancelación de ingreso). Todas estas mejoras se combinan para proporcionar una velocidad de subida total de 30,72Mbps por canal; la velocidad de

subida en DOCSIS 1.0 está limitada a 5Mbps, y a 10Mbps en DOCSIS 1.1. Todas las versiones del estándar DOCSIS soportan una velocidad de bajada de hasta 38Mbps por canal.

2.4.2.4.4 DOCSIS 3.0

Incrementará el ancho de banda por cablemódem hasta 100Mbps simétricos sin restricción de distancia. Además, supondrá la inclusión de IPv6 y el refuerzo de la seguridad con la encriptación AES. DOCSIS3.0 supondrá una enorme ventaja competitiva para las redes de cable frente a los operadores xDSL al permitir ofrecer servicios “Triple Play” sobre IP con gran sencillez. Aumentará drásticamente la capacidad de transmisión, mejorará el ancho de banda de la red.

2.4.2.4.5 EuroDOCSIS

Nació para adaptarse a los estándares europeos de TV: los canales downstream son de 8 Mhz (PAL) frente a los 6 Mhz de NTSC. En España se ha adoptado el EuroDOCSIS, con un canal de retorno (upstream) de 5 a 55 Mhz. Todas las versiones mejoradas de DOCSIS son compatibles con anteriores.

En la siguiente tabla se indican las ventajas de velocidad de cada versión

DOCSIS Versión	Date Rate	
	Downstream	Upstream
1.x	42.88(38) Mb/s	10.24(9) Mb/s
2.0	42.88(38) Mb/s	30.72(27)MB/s
3.0 (4 channels)	171.52(152) Mb/s	122.88(108)Mb/s
3.0 (8 channels)	343.04(304)Mb/s	122.88(108)Mb/s
3.0 (16 channels)	686.08(608)Mb/s	122.88(108)Mb/s

Tabla 2.2 Ventajas de velocidad

Fuente: Los Autores

En forma General, DOCSIS establece que: los diferentes servicios se encuentran multiplexados en frecuencia, tanto en el sentido red-usuario (canal descendente o downstream) como en el sentido usuario-red (canal de retorno o upstream).

Todas estas características combinadas permiten un rendimiento de procesamiento por arriba del total de 30.72 Mbit/s por el canal (aunque la velocidad en DOCSIS 1.0 y 1.1 se limita a 10.24 Mbit/s). Las tres versiones estándar de DOCSIS tienen un rendimiento de procesamiento en sentido descendente de hasta 42.88 Mbit/s por el canal con 256-QAM (debido al ancho del canal de 8 MHz)

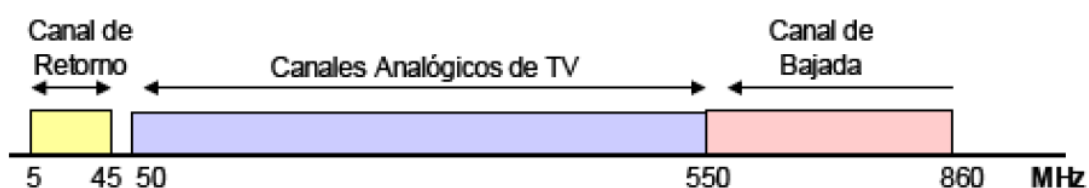


Figura 2.18 Espectro de frecuencias del cable

Fuente: Internet

2.4.2.5 TÉCNICAS DE MODULACIÓN PERMITIDAS EN DOCSIS

La transmisión de información en el sentido cabecera-usuario permite modulaciones de 64-QAM y 256-QAM sobre canales de 6 MHz; en sentido contrario, DOCSIS acepta tres tipos de modulación: QPSK (Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura), 16-QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura) y 64-QAM; aunque la última, únicamente es soportada por las versiones 2.0 y 3.0 del estándar DOCSIS.

En la tabla se muestra información correspondiente a las mismas. El tipo de modulación que se empleará depende de la relación señal a ruido (S/N) existente en el canal.

Modulación	Sentido	Bits/símbolo	S/N mínima
QPSK	Ascendente	2	>21dB
16-QAM	Ascendente	4	>24dB
64-QAM	Ascendente y descendente	6	>25dB
256-QAM	Descendente	8	>33dB

Tabla 2.3 Técnicas de modulación permitidas por DOCSIS

Fuente: Los Autores

2.4.2.6 ANCHOS DE BANDA SOPORTADOS POR DOCSIS

Las primeras versiones de este estándar soportan anchos de banda comprendidos entre los 200 KHz y los 3.2 MHz en el canal de subida, mientras que las versiones 2.0 y 3.0 soportan anchos de banda hasta los 6.4 MHz, siendo compatibles con las versiones anteriores. En cuanto al canal de bajada, todas las versiones de DOCSIS soportan un único ancho de banda de 6 MHz.

2.4.2.7 CARACTERÍSTICAS DE PLANTA EXTERNA CON DOCSIS 2.0 y 3.0

La capa física no requiere cambios del cable en funcionamiento; más bien, se considera como aspecto fundamental la robustez de transmisión de datos principalmente en el canal ascendente aunque es recomendable que las redes de cable consideren parámetros de RF en los flujos de subida y bajada para un máximo flujo efectivo de datos. Los parámetros característicos de subida y bajada de las recomendaciones correspondientes a DOCSIS 2.0 y 3.0 se indican a continuación.

Parámetro	Valor
Rango de frecuencia	5 a 42 MHz
Retraso de transmisión del cable módem más distante al CMTS	Menor o igual a 0.8ms (típicamente menor)
Relación de portadora a interferencia (La suma de ruido, distorsión, Modulación cruzada, señales de ingreso discretos y de banda ancha, excluyendo el ruido blanco)	No menor que 25dB
Portadora de zumbido en la modulación	No mayor que -23dBc
Ráfagas de ruido	No mayor a 10us a 1KHz De tasa promedio para la mayoría de los casos
Amplitud de la onda	0.5 dB/MHz
Retraso de grupo	200ns/MHz
Microreflexiones	-10dBc menor o igual a 0.5us -20dBc menor o igual a 1.0us -30dBc mayor a 1.0 us

Tabla 2.4 Parámetros característicos de subida con DOCSIS 2.0

Fuente: Los Autores

Parámetro	Valor
Retraso de transmisión del cable módem más distante al CMTS más cercano	Menor o igual a 0.8ms
Portadora de ruido en la banda de 6MHz	No menos que 35dB
Amplitud de la onda	3dB/MHz
Retraso de grupo en el espectro ocupado por el CMTS	75 ns/MHz
Microreflexiones	-10dBc menor o igual a 0.5us -15dBc menor o igual a 1.0us -20dBc menor o igual a 1.5us -30dBc mayor a 1.5 us
Portadora de zumbido en la modulación	No mayor que -26dBc
Nivel de portadora de video analógico máximo a la entrada del cable módem	17dBmV
Ruido impulsivo	No más largo que 25 us

Tabla 2.5 Parámetros característicos de bajada con DOCSIS 2.0

Fuente: Los Autores

2.4.2.8 CALIDAD DE SERVICIO EN DOCSIS (QoS)

A partir de la especificación DOCSIS 2.0 se introduce la clasificación de los paquetes para brindar calidad de servicio tanto en el canal ascendente como en el descendente. El principal mecanismo para dar calidad de servicio a la red es la clasificación de los paquetes que atraviesan la interfaz RF, conceptualmente los paquetes entrantes ingresan a un clasificador (de prioridad 0 a 7) que determina a que QoS el paquete está remitido, si el paquete es marcado con el máximo nivel en el clasificador, es enviado como prioritario y es marcado con el identificador SID (identificador del servicio), si el paquete no está marcado por el clasificador entonces se pondrá en un estado de espera.

2.4.2.9 IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS SERVICIOS SOBRE DOCSIS

Dentro de los avances tecnológicos para el mejoramiento e implementación de nuevos servicios y aplicaciones sobre redes HFC, destacan los proyectos PacketCable, OpenCable y CableHome, los cuales están orientados a proponer una serie de especificaciones dirigidas a la interoperatividad digital.

- **PacketCable** define las bases para la prestación de nuevos servicios de banda ancha basados en IP; tales como Internet, telefonía, videoconferencia y servicios multimedia.

- **OpenCable** actúa sobre los set top boxes o decodificadores para la televisión interactiva
- **CableHome** se refiere a redes en el hogar.

2.4.2.9.1 TELEFONÍA E INTERNET CON PACKETCABLE Y DOCSIS

PacketCable representa una solución implementada sobre DOCSIS 1.1 que utiliza el protocolo de Internet para ofrecer una arquitectura multimedia eficiente. La integración de PacketCable y DOCSIS permite que los operadores de las redes de cable ofrezcan a sus suscriptores servicios de datos, voz y aplicaciones multimedia de manera sencilla y confiable a través de una arquitectura de banda ancha con calidad de servicio de extremo a extremo. La parte fundamental de la plataforma PacketCable abarca los requerimientos y especificaciones de la infraestructura de voz sobre IP (VoIP). Por este motivo, el proyecto se encuentra dividido en dos segmentos, donde el primero de ellos denominado PacketCable 1.X, corresponde a esta modalidad de transmisión de voz. El segundo segmento denominado PacketCable 2.X, incluye los requerimientos adicionales para extender la infraestructura de VoIP hacia una plataforma integral de servicios multimedia.

Cabe señalar que la calidad de llamada que PacketCable ofrece es similar a la calidad de una llamada que se realiza a través de la red telefónica convencional.

2.4.2.9.2 TELEFONÍA

Dentro de los elementos que forman parte de la arquitectura de PacketCable para brindar el servicio de telefonía se encuentran los siguientes:

- Sistema de Terminación Cable Módem (CMTS)
- Adaptador Terminal de Multimedia (MTA)
- Cable Módem (CM)
- Gateway
- Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN)

2.4.2.9.2.1 SISTEMA DE TERMINACIÓN CABLE MÓDEM (CMTS)

Es un equipo que se encuentra en la cabecera de la red HFC y es el responsable del acceso a los servicios de datos de alta velocidad, así como también a los recursos de la red, los cuales serán reservados únicamente cuando exista una petición de servicio.

El CMTS determina las políticas y mensajes para que se produzcan los eventos dentro de la red.

2.4.2.9.2.2 ADAPTADOR TERMINAL DE MULTIMEDIA (MTA)

Es un adaptador que permite convertir la voz en paquetes IP. El algoritmo de codificación/decodificación que se emplea de manera obligatoria corresponde al estándar G.711; y se encuentra dentro del cable módem.

2.4.2.9.2.3 Cable Módem (CM)

Un cable módem es un tipo especial de módem diseñado para modular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable. El cable módem en este caso realiza las funciones de un servidor de dirección de llamadas, manteniendo y manejando el estado de la llamada para los servicios de VoIP, éste a su vez está constituido por un agente de llamada (CA) y un agente de control (GC).

El agente de llamada maneja el estado de la llamada y controla el MTA, el agente de control, verifica la calidad de servicio (QoS), admisión, control y comunicación con el CMTS para obtener el acceso a los recursos de la red.

2.4.2.9.2.4 Gateway

Los gateways son dispositivos que se encargan de interconectar dos redes diferentes; en este caso, las redes PSTN y la red HFC del operador de cable. Cumplen las funciones de señalización, control, interfaz con la red PSTN y conversión IP a una numeración telefónica para los abonados suscritos. Los softswitchs son gateways con

mayor jerarquía dentro del despliegue de telefonía; su importancia radica, en que desempeña funciones que los asemejan a una central telefónica IP realizando transferencias de llamadas, llamadas en espera, facturación, detección de fallas, coordina la asignación de recursos con el CMTS que a su vez controla los eventos del cliente a través del cable módem entre otros.

Las siguientes funcionalidades permiten que un softswitch se asemeje a una central telefónica IP.

Controlador de Entrada de Contenido (MGC)

La utilidad de este dispositivo consiste en dirigir las llamadas que se hacen, no dentro de la red de cable, sino hacia la red de telefonía pública. También se encarga de manejar mensajes de señalización de la red PSTN, constituyéndose en el elemento de control.

Servidor de Administración de Llamadas (CMS)

Es un servidor que actúa como una agenda telefónica para la red IP permitiendo la coordinación entre la plataforma IP y la red HFC. Toma las decisiones de señalamiento y ruteo, iniciadas o terminadas en el MTA.

Sistemas de Apoyo Operacionales (OSS)

Los sistemas de apoyo operacionales contienen una variedad de servidores, dentro de los que se destacan TFTP, DNS, SNMP, DHCP, etc.

Servidor Medio (SM)

El servidor medio informa sobre el estado de la llamada, información que recibe del cable módem, además realiza la tarea de mejorar el rendimiento del audio.

2.4.2.9.3 PSTN

Es el circuito de red telefónica pública conmutada. Dentro de la implementación y funcionalidad global del servicio de telefonía, se requiere necesariamente analizar tres campos que determinan enteramente que la prestación de este servicio cubra todas las expectativas de los clientes finales, dentro de éstas tenemos las siguientes:

1. **Tarifación:** A diferencia del servicio de televisión por cable, la telefonía debe ser facturada de acuerdo al uso que el usuario le da al servicio.
2. **Fiabilidad:** La fiabilidad del servicio telefónico, esta ligada a la fiabilidad de las redes HFC; de aquí la importancia de sistemas redundantes.
3. **Alimentación:** El operador del servicio, debe tener sistemas de alimentación independientes, para garantizar que el servicio telefónico se encuentre presente en ausencia del sistema de energía eléctrico.

2.4.2.9.4 INTERNET DE BANDA ANCHA

Los dispositivos más importantes que se manejan dentro del acceso a Internet, son el Sistema de Terminación de Cable Módem (CMTS) y el cable módem (CM); entre los cuales existe una coordinación y sincronización permanente que permite que la prestación del servicio sea un éxito. Para proporcionar el servicio de Internet de banda ancha, la compañía conecta su cabecera a Internet mediante enlaces de datos de alta capacidad de un proveedor de servicios de red (ISP).

2.4.2.9.4.1 CMTS

El CMTS habilita la comunicación con los cables módems de los abonados. Dependiendo del CMTS, el número de cable módems que puede manejar varía entre 4.000 y 150.000 o incluso más. El tráfico viaja por la red HFC para acabar en el cable módem del domicilio del abonado. Obviamente, el tráfico que sale del

domicilio del abonado pasará por el cable módem y saldrá a Internet siguiendo el camino contrario.

Un CMTS típico, permite al ordenador del abonado obtener una dirección IP mediante un servidor DHCP. Además, le asigna un gateway, servidores DNS, etc. El CMTS también puede incorporar un filtrado básico como protección contra usuarios no autorizados y ciertos ataques. Se suele utilizar la regulación de tráfico para restringir las velocidades de transferencia de los usuarios finales. Un CMTS puede actuar como bridge o router.

2.4.2.9.4.2 CABLE MÓDEM (CM)

Los cables módems se utilizan principalmente para distribuir el acceso a Internet de banda ancha, aprovechando el ancho de banda que no se utiliza en la red de TV por cable.

2.4.2.9.5 TELEVISIÓN IP CON DOCSIS Y OPENCABLE

La televisión IP (también conocida como IPTV) es la denominación común para la transmisión de las señales de video mediante el protocolo IP a través de una conexión de banda ancha mucho más rápida que las existentes en la actualidad. La diferencia entre la televisión actual e IPTV radica en que los canales de televisión ya no transmitirán la misma programación para todos los usuarios, sino que la programación únicamente llegará al usuario cuando éste lo solicite; es decir, IPTV permite la personalización de contenidos para cada usuario.

Otra de las virtudes de la televisión IP radica en que el suscriptor del servicio podrá manipular la programación no sólo para almacenarla y verla cuando lo desee; sino que además, podrá hacer pausa, adelantarla o regresarla o saltar a otra parte del programa; es decir, podrá manipular la programación como si fuera la reproducción de un CD. CableLabs y la plataforma OpenCable brinda las especificaciones para garantizar la compatibilidad de los Set Top Box de diversos fabricantes.

2.4.2.9.5.1 CAPACIDAD REQUERIDA

La capacidad estimada para servicios de televisión IP se asume en 1.5 Mbps por cada canal de definición estándar (SDTV) y 8 Mbps por cada canal de alta definición (HDTV). Si consideramos que en cada casa se encuentran en promedio tres televisiones, tenemos que el ancho de banda mínimo será de 4.5 Mbps (considerando canales de definición estándar).

2.4.2.9.5.2 ARQUITECTURA PARA OFRECER TELEVISIÓN IP

Dentro de la arquitectura necesaria para la distribución del servicio de televisión IP se debe considerar los siguientes módulos:

- Adquisición del contenido
- Almacenamiento y servidores de video
- Distribución de contenido
- Set Top Box (STB)
- Software

2.4.2.9.5.2.1 ADQUISICIÓN DEL CONTENIDO

El contenido se puede obtener a través de Internet, de algún proveedor de contenidos o de un distribuidor de señales de televisión; para el caso de señales de televisión analógica, se utiliza codificadores que permiten que el flujo de video pueda ser transportado por IP. La elección del codificador (comúnmente denominado codec) es de suma importancia porque determina la calidad del video y audio final, la tasa de transferencia de bits necesaria para la transmisión, la robustez ante la pérdida de datos, el tipo de algoritmo de compresión, el retraso por transmisión entre otros factores.

Formatos de compresión en televisión IP

Dentro de los formatos de compresión de video empleados para televisión IP se encuentran los siguientes:

- **H.261.-** Fue el primer estándar de compresión de video digital. Fue la base para los formatos posteriores.
- **MPEG-1.-** Logra calidad similar al formato VHS. Es compatible con todos los computadores y casi todos los DVD.
- **MPEG-2.-** Es el usado en los DVD y permite imagen a pantalla completa con buena calidad.
- **H.263.-** Permite bajas tasas de transmisión con una calidad aceptable. Es usado especialmente en videoconferencia y videotelefonía.
- **MPEG-4 parte 2.-** Ofrece una calidad mejorada con respecto a MPEG-2 y la primera versión de H.263
- **MPEG-4 parte 10.-** Es el más usado actualmente por una gran variedad de aplicaciones; siendo adoptado por productos como el Play Station Portátil, la gama de reproductores Nero Digital, la próxima versión de Mac OS X v10.4, entre otros.
- **WMV.-** se utiliza tanto para video de poca calidad a través de Internet con conexiones lentas así como para video de alta definición. Puede considerarse una mejora del MPEG-4.

Otros codecs conocidos desarrollados por diversas empresas orientadas a la manipulación de video son el RealVideo, Sorenson 3, Cinepak, VID, DivX y Ogg Theora.

Almacenamiento y servidores de video

Los servidores realizan diversas funciones, entre ellas el almacenamiento y respaldo de contenido, la administración del video bajo demanda, también proporciona información para la facturación del servicio. Esta etapa está totalmente basada en plataformas de servidores IP son sistemas operativos tipo Linux y Windows, capaces de entregar múltiples flujos de video de manera simultánea.

Distribución de contenido

Es importante notar que a diferencia de un sistema de televisión por cable, en los sistemas IPTV no se hace combinación de señales porque el contenido se envía de manera independiente a cada suscriptor, a través de flujos individuales de video.

Actualmente se usan protocolos estándares como Gigabit Ethernet para transportar el contenido a través de la red del proveedor de servicio.

Set Top Box (STB)

Es el equipo receptor o caja decodificadora encargado de la recepción de decodificación de la señal digital de televisión IP, para luego ser mostrada en un televisor convencional analógico. Algunos Set Top Box cuentan con disco duro, lo que permite almacenar la programación recibida para observarla tantas veces como se desee.

Software

El software es el responsable de presentar algunas funcionalidades del servicio al usuario final, de modo gráfico y amigable, como la guía de programación interactiva que corre en el Set Top Box del usuario.

2.4.3 DVB/DAVIC

El DVB (Digital Video Broadcasting) es un organismo encargado de crear y proponer los procedimientos de estandarización para la televisión digital compatible y esta constituido por más de 270 instituciones y empresas de todo el mundo. Los estándares propuestos han sido ampliamente aceptados en Europa y casi todos los continentes, con la excepción de Estados Unidos y Japón donde coexisten con otros sistemas propietarios. Todos los procedimientos de codificación de las fuentes de vídeo y audio están basados en los estándares definidos por MPEG.

El DVB ha elaborado distintos estándares en función de las características del sistema de radiodifusión. Los estándares más ampliamente utilizados en la actualidad son el DVB-S y el DVB-C que contemplan las transmisiones de señales de televisión digital mediante redes de distribución por satélite y cable respectivamente. La transmisión de televisión digital a través de redes de distribución terrestres utilizando los canales UHF convencionales se contempla en el estándar DVB-T, que actualmente se está implantando en la mayor parte de los países europeos. Además de estos estándares también están especificados sistemas para la distribución de señales de televisión digital en redes multipunto, sistemas SMATV (Satellite Master Antenna Televisión). También existen estándares que definen las características de la señalización en el canal de retorno en sistemas de televisión interactiva, la estructura de transmisión de datos para el cifrado y descifrado de programas de acceso condicional, la transmisión de subtítulos, y la radiodifusión de datos (nuevos canales de teletexto) mediante sistemas digitales.

2.4.3.1 TRANSMISIÓN

Los sistemas DVB distribuyen los datos por:

- Satélites (DVB-S y DVB-S2)
- Cable (DVB-C y DVB-C2)
- Televisión terrestre (DVB-T)
- Televisión terrestre para dispositivos portátiles (DVB-H)

Estos estándares definen la capa física y la capa de enlace de datos de un sistema de distribución. Los dispositivos interactúan con la capa física a través de un interfaz paralela síncrona (SPI), un interfaz serie síncrona (SSI) o un interfaz serie asíncrono (ASI). Todos los datos se transmiten en flujos de transporte MPEG-2 con algunas restricciones adicionales (DVB-MPEG). Se está experimentando en varios países un estándar para distribución comprimida en el tiempo (DVB-H) para distribución a dispositivos móviles.

Estos estándares se diferencian principalmente en los tipos de modulación utilizados, debido a las diferentes restricciones técnicas:

- DVB-S (SHF) utiliza QPSK, 8PSK O 16-QAM
- DVB-S2 (SHF) utiliza QPSK, 8PSK, 16APSK o 32APSK en los retransmisores.
- DVB-C (VHF/UHF) utiliza QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM o 256-QAM (64-QAM en general)
- DVB-T (VHF/UHF) 16-QAM o 64-QAM (o QPSK) en combinación con [COFDM] y soporta modulación jerárquica

2.4.3.2 DVB-C

DVB-C forma parte del estándar DVB, que define la modulación de las tramas MPEG-2 dependiendo del tipo de radiodifusión que va a tener ya sea satélite (DVB-S), cable (**DVB-C**) o VHF/UHF (DVB-T).

DVB-C presenta las siguientes características:

- Utiliza una modulación 64-QAM, con 6 bits por símbolo.
- El ancho de banda del canal de transmisión es 6-8 MHz.
- La señal DVB-C es robusta frente al ruido, presenta una SNR = 30dB.
- El hecho de que la difusión sea mediante cable, hace que la implantación de DVB-C sea complicada y de alto coste económico, y que la cobertura se limite a las redes que hay desplegadas.
- La emisión es inmune a la interferencia y los retardos son mínimos.
- Se producen ecos debidos a la mala adaptación de impedancias, para evitarlos necesitamos un buen corrector de errores.
- En el estándar DVB-C juntamente con la señal de video y audio, viaja la señal de datos (DVB-SI), con la cual podemos acceder a servicios como la EPG.
- Podemos hacer uso de la televisión interactiva, a través del estándar MHP, sin necesidad de conexión a red, pues el canal de retorno será el propio cable (dependiendo de si esa opción esta implementada por el emisor de señal).

2.4.4 IEEE 802.14

El grupo del estándar de la IEEE 802.14 define el protocolo de Capa Física (PHY) y Capa de Acceso al Medio (MAC) de redes usando cables Híbridos Fibra Óptica/Coaxial (HFC). Se desarrollan aspectos relacionados con el acceso a Internet por cable-módems y se mencionan algunos de los organismos partícipes en el proceso de Estandarización para crear estándares para transportar información sobre el cable tradicional de redes de TV. El objetivo primordial del protocolo de red en el diseño es el de transportar diferentes tipos de tráficos del IEEE 802.2 LLC (Control de Enlace Lógico), por ejemplo Ethernet.

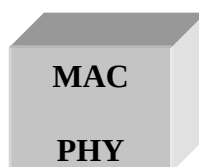


Figura 2.19 Pila de protocolos de IEEE 802.14

Fuente: Los Autores

2.4.3.1 CAPA FÍSICA (PHY)

Es la que define las características de transmisión y el procesamiento de bajo nivel a que se somete la información para adaptarla a las características del canal por el que se envía. Para el diseño de esta capa se pueden encontrar varias posibilidades de modulación, debido a la alta relación señal-ruido que presenta el canal descendente el cual varía entre 55 y 860 MHz se emplean esquemas de modulación con eficiencias espectrales altas. Las portadoras emitidas desde la cabecera tienen un ancho de banda de 8 MHz (estándar Europeo) y 6 MHz (estándar Americano) y se colocan junto con los canales de televisión aprovechando cualquier espacio libre dentro de este rango de frecuencias.

El esquema de modulación empleado en el canal descendente puede ser 64-QAM (6 bits/baudio) o 256-QAM (8 bits/baudio). En cuanto al formato de la trama, se dan dos posibilidades:

- **Tramas tipo A:** están formadas por 204 bytes repartidos entre sincronización (1 byte), datos (187 bytes) y corrección de errores FEC (16 bytes).
- **Tramas tipo B:** Consisten en 53760 bits de datos seguidos de 42 bits de sincronización (modulación 64-QAM) o 78848 bits de datos y 40 bits de sincronización (modulación 256-QAM).

La diferencia entre los distintos formatos se da en el método de calculo de la corrección de errores (FEC).

El canal de retorno es un medio más hostil, por lo cual se emplean esquemas de modulación menos eficientes pero más robustos, por lo que se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Aprovechar al máximo el espectro disponible en el canal de retorno
- Debe ser realizable mediante tecnología de bajo coste.
- Funcionamiento eficiente y robusto en el uso del espectro evitando las partes ruidosas, usando canales más estrechos en las partes ruidosas del espectro, empleando canales anchos en las partes sin ruido.
- Eficiencia y flexibilidad como para acomodar las diferentes necesidades de capacidad de transmisión del usuario.
- La relación señal-ruido en el canal de retorno es función de la frecuencia, de la hora del día, del tipo de red, de su tamaño y ubicación, así como de otros factores.

Con estas dos premisas, existen dos posibilidades:

1. **Sistemas de portadora única:** la modulación mas utilizada es la QPSK, sin embargo, la tendencia apunta a esquemas mas eficientes (16-QAM) cuando las condiciones de enlaces son favorables, así como los sistemas de selección dinámica de los canales menos ruidosos FAMM (Frequency Agile Multi-Mode).
2. **Sistemas Multiportadora:** utiliza una banda de transmisión de una manera muy eficiente, mediante la división en cientos de subcanales totalmente independientes y aislados espectralmente unos de otros (subcanalización).

Cada subcanal ocupa una pequeña fracción del ancho de banda total del canal de retorno, y únicamente se solapa con los subcanales inmediatamente adyacentes.

2.4.3.2 CAPA DE ACCESO AL MEDIO (MAC)

Es la que proporciona a las capas superiores un conjunto de servicios que permiten mapear las funciones de dichas capas en un flujo de bits. El primer paso consiste en especificar un esquema de acceso al medio que arbitre el modo en que los cablemódems comparten el canal de retorno de la red de cable. Ya que ningún protocolo tradicional de la MAC se ajusta a las características de una red de cable (HFC) se hace necesario definir protocolos nuevos, los cuales se definen a continuación.

La primera solución se opta por aplicar los protocolos de acceso por contienda o CSMA/CD típicos de las redes LAN basadas en Ethernet los que consisten en que cuando un nodo quiere transmitir escucha al canal y si este está libre procede al envío de información. Este tipo de acceso es muy eficiente en redes LAN y en comunicaciones de datos, en las que la información se transmite en ráfagas. Pero esta solución puede dar problemas ya que puede darse la situación en la que una estación haya mandado un mensaje y esa señal no haya llegado aun a otra estación lejana, comenzando está a transmitir, lo que producirá una colisión de los dos mensajes y su contenido se habrá perdido. Los nodos deberán, entonces, esperar un tiempo aleatorio para retransmitir el mensaje.

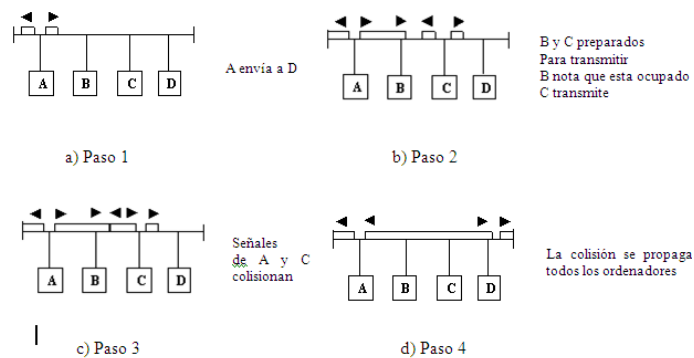


Figura 2.20 Procedimiento CSMA/CD

Fuente: Los Autores

El esquema CSMA/CD puede dar problemas en situaciones con elevado tráfico, además, al tener que retransmitir en el canal descendente todo tráfico (incluso el destinado a un usuario que no esté en el canal) se desperdicia una gran cantidad de ancho de banda.

Para resolver estos problemas, se desarrollaron los protocolos de solicitud-reserva, en los que la estación cabecera participa activamente indicando a los usuarios cuando transmitir por el canal ascendente y será la única que tenga acceso al canal descendente. A cada canal ascendente estarán conectados una serie de módems transmitiendo hacia la cabecera cuando ésta se lo permita. Para ello, el canal ascendente se divide en ranuras de tiempo o slots de tamaño fijo.

En función de la carga de la red, la cabecera utilizará cada slot de forma distinta. Así podemos distinguir entre:

- **Slots reservados:** son uno o varios slots consecutivos destinados a que una estación transmita sus datos.
- **Slots para solicitudes:** son ranuras a las que las estaciones acceden por contienda con el objetivo de solicitar a la cabecera slots en el próximo intervalo de tiempo, ya que tiene datos esperando ser transmitidos.
- **Slots de contienda de datos:** son slots a los que un conjunto de estaciones o todas ellas puedan acceder por contienda para transmitir datos, lográndose así una transmisión inmediata en situaciones de poco tráfico.

En los dos últimos casos, la cabecera debe confirmar la correcta recepción de los datos, si no es así, las estaciones deberán volver a transmitir los paquetes.

Con este método se puede mantener una comunicación en tiempo real (reservando unos slots a una estación continuamente) así como garantizar un mínimo ancho de banda a una determinada estación.

Una vez fijado el esquema de acceso al medio, el siguiente paso es definir el formato de trama que se empleará siendo diferente en el canal ascendente y en el canal descendente. Desde el punto de vista del nivel de MAC, el canal descendente equivale a un flujo continuo de datos organizados en unidades de 6 bytes, llamadas

unidades de reserva, cada una de ellas es marcada por la cabecera cuando ésta no tiene que enviar o bien puede formar parte de una unidad lógica mayor. Las agrupaciones de unidades de reserva pueden ser de dos tipos:

- **Celdas ATM:** Constituidas por 53 bytes, uno mas que las celdas ATM estándar. Este byte adicional se antepone a la cabecera ATM estándar para soportar campos nuevos.



Figura 2.21 Formato de trama de una celda ATM de IEEE 802.14

Fuente: Los Autores

- **EK (Encryption Key):** gestiona un mecanismo de encriptado entre la cabecera y el cablemódem del usuario.
- **EBR (Extended Bandwidth Request):** aunque no se emplea en el sentido descendente, se incluye por motivos de compatibilidad de celdas en el sentido ascendente.
- **DLI (Destination Station Local Identifier):** contiene en 14 bits, la dirección del cablemódem al que se envía la celda
- **VCI (Virtual Circuit Identifier):** Se utilizan para indicar la ruta de destino o final de la celda.
- **PT (Payload type):** identifica el tipo de datos de la celda (de datos del usuario o de control).
- **CLP (Cell Loss Priority):** indica el nivel de prioridad de las celda, si este bit esta activo cuando la red ATM esta congestionada la celda puede ser descartada.
- **HEC (Header Error Control):** contiene un código de detección de error que sólo cubre la cabecera (no la información de usuario), y que permite detectar un buen número de errores múltiples y corregir errores simples.

- **Segmento de datos de longitud variable:** En algunas aplicaciones las celdas ATM suponen un desperdicio de ancho de banda ya que, de cada 54 bytes, 48 bytes son datos útiles y 6 bytes son cabeceras. Otra alternativa consiste en enviar hasta 4096 bytes en una misma trama.

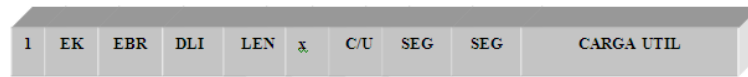


Figura 2.22 Formato de trama de un segmento de datos longitud variable

Fuente: Los Autores

- **LEN** (Lenght): longitud de los datos del segmento en bytes.
- **C/U** (Control/User): indica si se trata de un mensaje de control o de usuario procedente de las capas superiores.
- **SEG** (Segmentation Control): se emplea para determinar si el segmento esta completo o si, por el contrario, se trata del inicio, la continuación o el fin de una unidad de mayor tamaño. Si se perdiera algún segmento, este seria descartado hasta que fuera retransmitido por los niveles superiores.

En cuanto al canal ascendente, los formatos de la trama son idénticos salvo por algunos campos, los mismos que realizan funciones diferentes.

- **EBR** (Extended Bandwidth Request): permite al cablemódem solicitar slots adicionales sin emplear el algoritmo de contienda, lo que equivale a pedir ancho de banda que podría haberse asignado ya, produciendo así una colisión.
- **DLI** (Destination Station Local Identifier): pasa a llamarse **SLI** (Source Station Local Identifier), e indica la dirección del origen de datos.

CAPITULO 3

3 TECNOLOGIAS DE REDES DE ACCESO ALAMBRICAS Y TOPOLOGIAS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE REDES DE ACCESO ALAMBRICO

Una red es el conjunto de equipos, sistemas y medios de transmisión y conmutación que posibilitan que una información circule de un punto a otro. Las redes de acceso constituyen el punto más cercano al usuario y se caracteriza por la gran variedad de opciones tecnológicas existentes.

Desde sus inicios la banda ancha era todo aquel medio físico capaz de transportar más de un canal de voz. Las redes de banda ancha ofrecen a los usuarios altas velocidades de comunicación y conexiones, y a los proveedores de servicios les permite ofrecer infinidad de servicios de valor agregado. Las comunicaciones de banda ancha consisten en las tecnologías y el equipamiento adecuado para ofrecer servicios de voz, video y datos.

Para establecer una clasificación de cuan ancha es la banda de comunicaciones se emplean dos criterios:

- **Velocidad de transmisión.** Es la cantidad de información que la red es capaz de absorber por unidad de tiempo, cuanto mayor sea esta velocidad de transmisión, mayor será el ancho.
- **Ancho de banda.** Constituye una medida de capacidad de tal modo que cuanto mayor es el ancho de banda de la red, mayor es la cantidad de información que la red soporta durante un periodo de tiempo determinado.

Las redes de banda ancha son aquellas capaces de proveer el transporte de grandes cantidades de información en periodos de tiempo reducidos, llegando incluso a estar sometidas a la voluntad de los usuarios de la red.

En este punto se presentan las tecnologías de redes de acceso que han sido consideradas de Banda Ancha, incluyendo tanto las que actualmente se emplean para ofrecer servicios comerciales, como aquellas otras que, aún con un nivel de madurez insuficiente, pueden constituir la base para las futuras redes de acceso.

Concretamente, se ha seleccionado las siguientes tecnologías, agrupadas en función del soporte físico que emplean.

- Bucle digital de abonado (xDSL)
- Redes híbridas de fibra y cable (HFC)
- Fibra óptica (FTTx)
- Comunicaciones por línea eléctrica (PLC)

3.1.1 COMPONENTES DE UNA RED

En cualquier red de telecomunicaciones es posible distinguir tres niveles fundamentales:

- **Los proveedores.** Son los encargados de generar los contenidos multimedia, que pueden ser transmitidos en tiempo real o almacenados en grandes bases de datos multimedia, y entregarlos al sistema de transporte.
- **El sistema de transporte.** Son todos los elementos encargados en llevar los contenidos multimedia al usuario y atender las peticiones de este por el canal retorno.
- **Los usuarios.** Los usuarios residenciales van a enfocarse más a servicios de ocio y gestiones domésticas, las empresas precisarán de servicios multimedia para la transmisión bidireccional de toda clase de información.

La red de acceso acerca la red al hogar del usuario o a las empresas, mientras que la de tránsito (transporte e interconexión) recoge múltiples líneas y las concentra para su transmisión a distancias mayores. La conmutación se encarga de encaminar las llamadas y los mensajes entre los usuarios que lo solicitan así, la red de acceso es una porción, perfectamente identificada, de la red de telecomunicaciones.

3.2 REDES DE ACCESO POR PAR DE COBRE (xDSL)

Durante años se ha especulado sobre las limitaciones de las redes telefónicas y, en particular, si se podría superar los 14,4 kbit/s primero, y los 28,8 kbit/s después, utilizando pares de cobre. En los siguientes años vimos cómo los nuevos módems xDSL se aproximaron a velocidades de 10 Mbit/s. Y es que potenciales alternativas al bucle de abonado como las redes de cable o los sistemas inalámbricos de tercera generación, pasan por la instalación de nuevos medios de transmisión de fibra en el primer caso y de notables infraestructuras de antenas y estaciones base en el segundo, ambas empresas muy costosas y nunca exentas de dificultades.

Dos acontecimientos importantes han impulsado a las tradicionales compañías operadoras telefónicas a investigar una tecnología que permitiera el acceso al servicio de banda ancha sobre sus tradicionales pares trenzados de cobre, las nuevas aplicaciones multimedia y el acceso rápido a contenidos de Internet.

3.2.1 xDSL

La tecnología DSL , Digital Subscriber Line, (Línea de Abonados Digitales) suministra el ancho de banda suficiente para numerosas aplicaciones, incluyendo además un rápido acceso a Internet utilizando las líneas telefónicas; acceso remoto a las diferentes Redes de área local (LAN), videoconferencia, y Sistemas de Redes Privadas Virtuales (VPN). xDSL esta formado por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. Son unas tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrica como asimétrica y de alta velocidad sobre el bucle de abonado.

Las tecnologías xDSL convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha en el domicilio de los abonados, similares a los de las redes de cable o las inalámbricas,

aprovechando los pares de cobre existentes, siempre que estos reúnan un mínimo de requisitos en cuanto a la calidad del circuito y distancia.

La historia de DSL realmente empezó a tener éxito en 1999, tomó la convergencia de varios eventos antes de que DSL empezara a mostrarse. Las compañías del teléfono estaban en una posición ideal para ofrecer los servicios DSL porque ellos poseían el cable de cobre sobre el que DSL opera.

3.2.1.1 MEDIOS FÍSICOS

El factor común de todas las tecnologías DSL es que funcionan sobre par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración. A pesar que entre ellas pueden existir solapamientos funcionales, todo parece indicar que su coexistencia está asegurada, lo cual obligará a los proveedores de estos servicios a decantarse por una u otra según el tipo de aplicación que se decidan a ofrecer. Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico de descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente (en sentido contrario). Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a un tipo de aplicaciones.

Las velocidades de datos de entrada dependen de diversos factores como por ejemplo:

- Longitud de la línea de Cobre.
- El calibre/diámetro del hilo (especificación AWG/mms).
- La presencia de derivaciones puenteadas.
- La interferencia de acoplamientos cruzados.

La atenuación de la línea aumenta con la frecuencia y la longitud de la línea y disminuye cuando se incrementa el diámetro del hilo. Así por ejemplo, ignorando las derivaciones puenteadas, ADSL verifica:

- Velocidades de datos de 1,5 ó 2 Mbps; calibre del hilo 24 AWG (American Wire Gauge, especificación de diámetro de hilos; a menor número de AWG le corresponde un mayor diámetro del hilo) (es decir, 0,5 mm), distancia 5,5 Km
- Velocidades de datos de 1,5 ó 2Mbps; calibre del hilo 26 AWG (es decir, 0,4 mm), distancia 4,6 Km.
- Velocidad de datos de 6,1 Mbps; calibre del hilo 24 AWG (es decir, 0,5 mm), distancia 3,7 Km.
- Velocidad de datos de 6,1 Mbps; calibre del hilo 26 AWG (es decir, 0,4 mm), distancia 2,7 Km., etc.

Muchas aplicaciones previstas para ADSL suponen vídeo digital comprimido. Como señal en tiempo real, el vídeo digital no puede utilizar los procedimientos de control de errores de nivel de red ó de enlace comúnmente encontrados en los Sistemas de Comunicaciones de Datos. Los módem ADSL por tanto incorporan mecanismos FEC (Forward Error Correction) de corrección de errores sin retransmisión (codificación Reed Soloman) que reducen de forma importante los errores causados por el ruido impulsivo. La corrección de errores símbolo a símbolo también reduce los errores causados por el ruido continuo acoplado en una línea.

Si nos fijamos en las tecnologías basadas en la infraestructura existente encontramos:

- **Red telefónica de cobre + ADSL (Línea de abonado Digital Asimétrica) :** Dos módems ADSL a cada lado de la línea telefónica (nodo de conexión, abonado), utilizando la banda completa de línea de cobre, restringida a la voz por medio de un método de codificación digital específico. Pero si nos fijamos en tecnologías que utilizan o utilizarán nuevas infraestructuras tenemos:
- **Red híbrida: fibra óptica + ADSL/VDSL :** Fibra desde el nodo de conexión hasta la acera o el edificio, y acceso final al hogar proporcionado por línea telefónica de cobre junto con módem ADSL o VDSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica o de muy alta velocidad)

3.2.1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Para trabajar con DSL, el modem digital o router debe estar accesible a la oficina central (CO) de telefonía local. La señal es transmitida desde la línea telefónica de cobre por nuestra red backbone, y directamente al router del servidor DSL, donde se verifica el acceso a la red y da servicio para la conexión a Internet. xDSL utiliza más de un ancho de banda sobre las líneas de cobre, las cuales son actualmente usadas para los viejos servicios telefónicos planos (plain old telephone service, POTS). Utilizando frecuencias superiores al ancho de banda telefónico (300Hz to 3,200Hz), xDSL puede codificar más datos y transmitir a más elevadas tasas de datos que por otro lado esta posibilidad estaría restringida por el rango de frecuencias de una red POTS. Para utilizar frecuencias superiores al espectro de audio de voz, equipos xDSL deben instalarse en ambos terminales y un cable de cobre entre ellos debe ser capaz de sostener las altas frecuencias para completar la ruta. Esto quiere decir que las limitaciones del ancho de banda de estos aparatos debe ser suprimida o evitadas.

En general, en los servicios xDSL, el envío y recepción de datos se establece a través de un módem xDSL. Estos datos pasan por un dispositivo, llamado "splitter", que permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico y del servicio xDSL. El splitter se coloca delante de los módems del usuario y de la central; está formado por dos filtros, uno paso bajo y otro paso alto. La finalidad de estos dos filtros es la de separar las señales transmitidas por el canal en señales de alta frecuencia (datos) y señales de baja frecuencia (Telefonía). Las transmisiones de voz, residen en la banda base (4 KHz e inferior), mientras que los canales de datos de salida y de entrada están en un espectro más alto (centenares de KHz). El resultado es que los proveedores de servicio pueden proporcionar velocidades de datos de múltiples megabits mientras dejan intactos los servicios de voz, todo en una sola línea.

La tecnología xDSL soporta formatos y tasas de transmisión especificados por los estándares, como lo son T1 (.1544 Mbps) y E1 (2.048 Mbps), y es lo suficientemente flexible para soportar tasas y formatos adicionales como sean especificados (ej. 6 Mbps asimétricos para transmisión de alta velocidad de datos y video). xDSL puede coexistir en el circuito con el servicio de voz. Como resultado, todos los tipos de

servicios, incluyendo el de voz existente, video, multimedia y servicios de datos pueden ser transportados sin el desarrollo de nuevas estrategias de infraestructura.

xDSL es una tecnología "Modem-Like" (muy parecida a la tecnología de los módem), donde es requerido un dispositivo xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre. Estos dispositivos aceptan flujo de datos, generalmente en formato digital, y lo sobrepone a una señal análoga de alta velocidad.

3.2.1.3 TÉCNICAS XDSL

Hay varias tecnologías xDSL, cada diseño especifica fines y necesidades de venta de mercado. Algunas formas de xDSL son propiedad, otras son simplemente modelos teóricos y otras son usadas como estándar.

- **ADSL** - Línea de Abonados Digital Asimétrica
- **RADSL** - Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable
- **UDSL** -Línea de Abonados Digital Pequeña
- **VDSL** - Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta
- **HDSL** - Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto
- **HDSL2 o SHDSL** - Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto 2
- **SDSL** - Línea de Abonados Digital Simétrica
- **MDSL** - Línea de Abonados Digital Simétrica Multi Tasa.
- **IDSL o ISDN-BA** - Línea de Abonados Digital ISDN

3.2.1.3.1 ADS

Es una tecnología de módem que transforma las líneas telefónicas o el par de cobre del abonado en líneas de alta velocidad permanentemente establecidas. ADSL facilita el acceso a Internet de alta velocidad así como el acceso a redes corporativas para aplicaciones como el teletrabajo y aplicaciones multimedia como juegos on-line, vídeo demanda (pague por ver), videoconferencia, voz sobre IP, etc.

3.2.1.3.2 RADSL

Se ajusta a la velocidad de acceso de acuerdo a las condiciones de la línea. Funciona en los mismos márgenes de velocidad que ADSL, pero tiene la ventaja de ajustarse de forma dinámica a las condiciones de la línea y su longitud. La velocidad final de conexión utilizando esta variante de ADSL puede seleccionarse cuando la línea se sincroniza, durante la conexión o como resultado de una señal procedente de la central telefónica. Esta variante, utiliza la modulación CAP. El sistema de FlexCap2 de Westell usa RADSL para entregar de 640 Kbps a 2.2 Mbps downstream y de 272 Kbps a 1.088 Mbps upstream sobre una línea existente.

3.2.1.3.3 UDSL

G.Lite es también conocido como DSL Lite, splitterless ADSL (sin filtro voz/datos), y ADSL Universal. Hasta la llegada del estándar, el UAWG (Universal ADSL Work Group, Grupo de trabajo de ADSL) llamaba a la tecnología G.Lite, Universal ADSL. En Junio de 1999, G.992.2 fue adoptado por la ITU como el estándar que recogía esta tecnología.

3.2.1.3.4 VDSL

La modalidad VDSL es la más rápida de las tecnologías xDSL, ya que puede llegar a alcanzar una velocidad de entre 13 y 52 Mbps desde la central hasta el abonado y de 1,5 a 2,3 Mbps en sentido contrario, por lo que se trata de un tipo de conexión también asimétrica. La máxima distancia que puede haber entre los dos módems VDSL no puede superar los 1.371 metros.

Es la tecnología idónea para suministrar señales de TV de alta definición. VDSL está destinado a proveer el enlace final entre una red de fibra óptica y las premisas. Es la tecnología que permite la transmisión de datos en un cierto estilo, sobre algún medio físico. El medio físico utilizado es independiente de VDSL. Una posibilidad es utilizar la infraestructura existente de cableado local.

3.2.1.3.5 HDSL

La tecnología HDSL es simétrica y bidireccional, por lo que la velocidad desde la central al usuario y viceversa será la misma. Se implementa principalmente en las PBX. Esta es la tecnología más avanzada de todas, ya que se encuentra implementada en grandes fábricas donde existen grandes redes de datos y es necesario transportar información a muy alta velocidad de un punto a otro.

La velocidad que puede llegar a alcanzar es de 2,048 Mbps (full dúplex) utilizando dos pares de cobre, aunque la distancia de 4.500 metros que necesita es algo menor a la de ADSL. HDSL está enfocado principalmente hacia usos empresariales (interconexión de nodos proveedores de Internet, redes privadas de datos, enlaces entre centralitas, etc) más que hacia el usuario (cuyas necesidades se verán mejor cubiertas por las tecnologías ADSL y SDSL). Una de las principales aplicaciones de HDSL es el acceso de última milla a costo razonable a redes de transporte digital para RDI, redes satelitales y del tipo Frame Relay.

La tecnología HDSL tiene cabida en las comunicaciones de redes públicas y privadas también. Cada empresa puede tener requerimientos diferentes, orientados al uso de líneas privadas de fácil acceso y obtención para que con productos de tecnología HDSL se puedan obtener soluciones de bajo costo y alta efectividad.

3.2.1.3.6 HDSL2 o SHDSL

High Bit-rate Digital Subscriber Line 2 está diseñada para transportar señales T1 a 1.544 Mb/s sobre un simple par de cobre. HDSL2 usa: overlapped phase Trellis-code interlocked spectrum (OPTIS). (Espectro de interbloqueo de código Trellis de fases solapadas).

Ofrece los mismos 2.048 Mbps de ancho de banda como solución a los tradicionales 4 cables de HDSL, con la ventaja de requerir solamente un simple par de cobre. HDSL2 espera aplicarse en Norte América solamente, ya que algunos vendedores han optado por construir una especificación universal de G.shdsl.

3.2.1.3.7 SDSL

Es muy similar a la tecnología HDSL, ya que soporta transmisiones simétricas, pero con dos particularidades: utiliza un solo par de cobre y tiene un alcance máximo de 3.048 metros. Dentro de esta distancia será posible mantener una velocidad similar a HDSL. Esta tecnología provee el mismo ancho de banda en ambas direcciones, tanto para subir y bajar datos; es decir que independientemente de que estés cargando o descargando información de la Web, se tiene el mismo rendimiento de excelente calidad. SDSL brinda velocidades de transmisión entre un rango de T1/E1, de hasta 1,5 Mbps, y a una distancia máxima de 3.700 m a 5.500 desde la oficina central, a través de un único par de cables. Este tipo de conexión es ideal para las empresas pequeñas y medianas que necesitan un medio eficaz para subir y bajar archivos a la Web.

3.2.1.3.8 MDSL

Más allá de los 144 kbps de ancho de banda de IDSL, hay nuevas tecnologías que ofrecen rangos entre 128 Kbps y 2.048 Mbps. Para una aplicación simétrica, Multirate SDSL (M/SDSL) ha surgido como una tecnología valorada en los servicios TDM (Multiplexación por División de Tiempo) sobre una base ubícu. Construida sobre un par simple de la tecnología SDSL, M/SDSL soporta cambios operacionales en la tasa del transceiver y distancias con respecto el mismo.

La versión CAP soporta ocho tasas distintas de 64 Kbps/128 Kbps y da servicios a una distancia de 8.9 Km sobre cables de 24 AWG (0.5 mm) y 4.5 Km, para una tasa completa de 2 Mbps. Con una habilidad de auto-tasa (similar a RADSL), las aplicaciones simétricas pueden ser universalmente desarrolladas

3.2.1.3.9 IDSL o ISDN-BA

Esta tecnología es simétrica, similar a la SDSL, pero opera a velocidades más bajas y a distancias más cortas. ISDN se basa el desarrollo DSL de comunicación ascendente. IDSL se implementa sobre una línea de ISDN y actualmente se emplea

como conexión al Internet para la transferencia de datos. El servicio de DSL permite velocidades de 128Kbps o 144Kbps.

3.3 REDES DE ACCESO POR CABLE

Las redes de acceso por cable constituyen la parte última de la red y el punto de contacto con el usuario, las características de la red de acceso van a determinar en gran manera el conjunto de servicios a los que el usuario podrá acceder. Las necesidades del usuario establecen la idoneidad de un tipo u otro de red de acceso, independientemente de la tecnología empleada son dos los aspectos que deben considerarse:

3.3.1 ARQUITECTURA.

Las redes de acceso deben abordar la prestación del servicio a través de la división del área a cubrir, formada por las ubicaciones físicas de los usuarios que constituyen el mercado objetivo, en zonas de extensión más pequeñas denominada celdas. Estas divisiones de celdas permiten definir dos tramos en la red de acceso:

- **La red de distribución:** Se implementa sobre un medio de transmisión de gran capacidad.
- **La red de reparto:** también llamada bucle local, es la que más opciones tecnológicas presenta y va a ser la característica diferenciadora. Para recorrer la última milla se dispone de multitud de soluciones y la elección de una u otra depende, no solo de los requerimientos de los servicios de cualquier usuario, también de la infraestructura de la red que el proveedor de servicio ya tenga instalada.

3.3.2 RED DE DISTRIBUCION.

La red de distribución se constituía en cable coaxial con largas cadenas de amplificadores para cubrir amplias zonas de coberturas. Este modo de distribuir la señal adolece de serios inconvenientes se consideramos los servicios de banda ancha.

En primer lugar el ancho de banda del canal de retorno es pequeño, lo que limita la interactividad del usuario con la red.

Las largas cadenas de amplificadores degradan la calidad de la señal, a lo que se suman los inconvenientes que ello suponen en cuanto a dificultad de gestión y mantenimiento.

3.4 REDES HÍBRIDAS DE FIBRA Y CABLE (HFC)

A finales de los años 80 empezaron a funcionar las redes CATV con la arquitectura denominada HFC, como mejora de las redes que sólo funcionaban con cable coaxial. Con esta nueva arquitectura se buscaba resolver los problemas de gestión y mantenimiento que generaban las redes CATV. Para ésta se tienen dos niveles jerárquicos, el principal formado por un tendido de fibra que distribuye la señal desde el centro emisor (cabecera) hasta cada zona de la ciudad. En cada zona de la ciudad hay un nodo que se encarga de convertir la señal óptica en eléctrica para su distribución final en cable coaxial a los abonados.

Una red HFC es una red híbrida que combina la fibra óptica y coaxial (cobre) como soportes de la transmisión de señales, este tipo de red ofrece todo tipo de servicio por un único acceso y de manera integrada, reemplazando parte de la red coaxial con fibra óptica, tiene mayor capacidad de servicio, mayor alcance y es bidireccional, a diferencia de las redes basadas solo en cable coaxial, las cuales son muy limitadas en los servicios que pueden ofrecer. Las redes HFC son capaces de ofrecer y soportar varios servicios por un único acceso y de forma integrada esto es, TV, telefonía, internet y otros servicios.

Un elemento importante en la implantación de redes HFC es la posibilidad de enviar una señal analógica en fibra sin necesidad de convertirla en una señal digital. Otro gran paso para estas redes fue la facilidad de la utilización de la red para el tráfico ascendente (upstream), esto permite las labores de monitoreo y servicios tales como el de internet y VoIP.

La tecnología de acceso sobre redes HFC se puede considerar como una tecnología de banda ancha madura y utilizable pero en continua evolución hacia la creación de una red completamente integrada, desarrollando paulatinamente mayores capacidades de acceso, integración de otras tecnologías y servicios, en la actualidad los operadores de cable ofrecen los servicios Triple Play (TV, telefonía e internet), la tendencia a corto plazo es ofrecer también telefonía móvil, lo que se denomina Cuádruple Play.

3.4.1 ARQUITECTURA DE UNA RED HFC

La arquitectura de una red HFC esta configurada en forma de anillos multipunto, primarios (transporte) y secundarios (fibra); de los anillos secundarios salen acometidas de red coaxial; es una topología mas lógica que física en la mayoría de los casos, permite que el sistema vaya creciendo progresivamente en función de la demanda de utilización del canal de retorno.

Introduce equipo óptico para la transmisión de la señal de video y datos desde el CRC (Centro de recepción y control) hacia los receptores ópticos alojados en cada uno de los nodos de la red. En el sentido contrario, a cada nodo llegará, vía RF, en la banda de retorno, el tráfico de datos proveniente de todos los usuarios de ese segmento de red, donde se hará la conversión a señal óptica para transportarla hacia su respectivo receptor óptico en el CRC del sistema.

Un nodo óptico, en términos generales, es un equipo que convierte la señal óptica en RF, y viceversa; hace la conversión en el sentido descendente y, con la inserción de un kit, también lo hace con el retorno. Como se mencionó anteriormente, el manual del fabricante del nodo elegido ofrecerá mayor información al respecto.

Esta arquitectura también requiere balancear el nivel de las señales ópticas en los nodos, receptores y transmisores del CRC, así como detectar ruido generado por empalmes defectuosos y conectores ópticos sucios, entre otros.

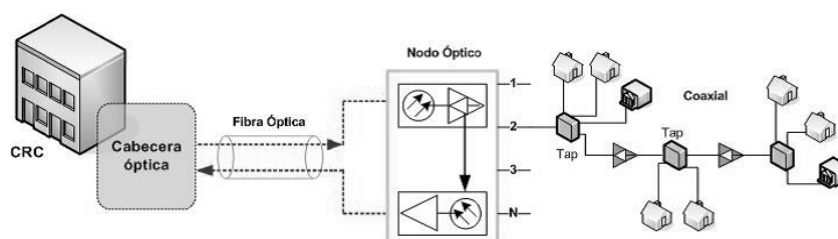


Figura 3.1 Arquitectura de una red HFC

Fuente: Internet

3.4.2 PARTES DE UNA RED HFC

Los elementos de una red HFC están compuestas por tres partes: cabecera, red de distribución y red de acceso.

- **Cabecera (Head-End):** se establecen todas las interconexiones con otras redes de transporte fijas o móviles, así como los servidores de acceso a los diferentes servicios y al servicio telefónico, forma parte de una red transporte interurbano. Dentro de la cabecera se distinguen dos partes diferenciadas, cabecera de servicios donde se originan las señales que se transmiten a través de la red, que contiene los equipos; y sistemas que permiten a los operadores prestar, de manera integrada, todos los servicios y cabecera óptica la cual esta integrada por el equipamiento óptico capaz de dar soporte a los servicios a transmitir en la red.
- **Red de distribución** se encarga de llevar las señales desde los puntos de distribución hasta los abonados, dentro de esta red se diferencian tres partes:
 - **Red de distribución coaxial:** encargada de la conexión del nodo final con el punto de conexión de red PCR.
 - **Red de acometida:** es la parte de la red HFC que cubre el tramo de red en el edificio de acuerdo a los servicios solicitados. Esta formado por equipamiento pasivo, como derivadores y repartidores de señal.
 - **Red interior de cliente:** esta formado por cable coaxial donde se distribuyen los servicios.

- **Red de acceso:** esta conformada por la red primaria óptica que une la cabecera y los nodos primarios, suele seguir topologías en anillo o en estrella mediante enlaces redundantes; la red troncal secundaria óptica une los nodos primarios y los nodos finales con nivel de cobertura menor que la red troncal primaria. La red de reparto distribuye la señal por fibra óptica hasta los conversores óptico-eléctricos. Podemos distinguir en ella dos tipos de enlaces:

- **Enlace cabecera-nodos primarios:** Es una estructura formada por un anillo de fibra óptica

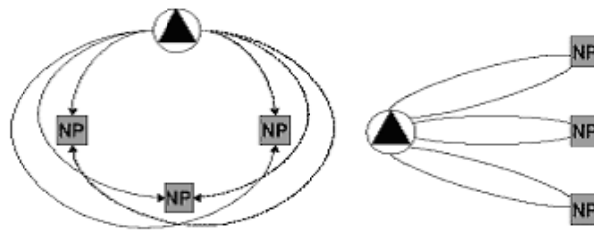


Figura 3.2 Enlace cabecera-nodos primarios

Fuente: Internet

- **Enlace nodo primario-nodo secundario.** es una red óptica que une los nodos primarios (NP) y los nodos finales (NF). Poseen un nivel de cobertura de unos 500 hogares. Su estructura puede ser o bien una red en estrella o bien un anillo de fibra. Los nodos secundarios constituyen el conversor óptico-eléctrico, a partir del cual la señal deja de ser de naturaleza óptica y pasa a tener naturaleza eléctrica y, por tanto, a distribuirse con coaxial.

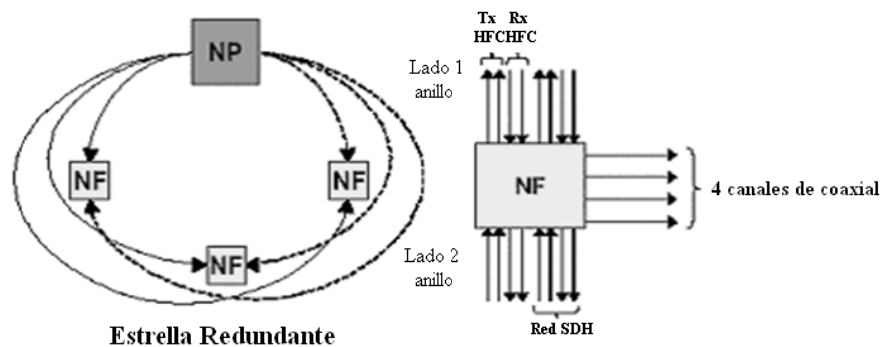


Fig. 3.3 Enlace nodo primario-nodo secundario

Fuente: Internet

La red de acceso lleva la señal desde el nodo secundario (convertor óptico-eléctrico) hasta la toma de cada bloque o manzana. Aunque en una red de cable genérica la red de acceso puede ser una red óptica (FTTH), en las redes actuales, por lo general, se suele emplear como medio de transmisión el cable coaxial (HFC). Las líneas de la red de acceso parten del nodo secundario llegando hasta la red de abonado. Con las nuevas técnicas de diseño, prácticamente nunca exceden los 4-6 amplificadores en cascada. De esta forma, los parámetros de calidad no sufren severas degradaciones, siendo además más fácil el mantenimiento del servicio en óptimas condiciones, aumentando así la habilidad del sistema.

Los amplificadores ubicados en las redes de acceso son diseñados con parámetros de distorsión y ruido que garanticen degradaciones lo menor posible. En este punto no interesan amplificadores de gran ganancia con elevada aportación de ruido. Es más interesante obtener ganancias medias, pero con aportaciones de ruido contenidas (amplificadores con figura de ruido reducida). El primer vano entre el nodo y el primer amplificador es una línea directa sin ningún tipo de derivador (línea rápida). Esto se hace así para que en el futuro sea posible utilizar este primer amplificador como nodo de una mini celda. Tras este primer amplificador, la red de acceso tiene, por lo general, varios ramales de salida. Así se consigue una distribución más uniforme de la señal, con lo que todos los abonados tenderán a calidades homogéneas, y el ancho de banda efectivo de cada canal aumenta.

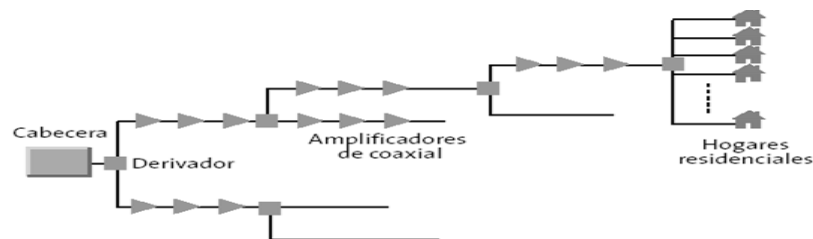


Fig. 3.4 Red de distribución de una red HFC.

Fuente: Internet

El último tramo de la red de acceso recibe el nombre de red de abonado y se extiende desde la toma de bloque o manzana a la que pertenece el abonado hasta la toma de usuario en el interior de la vivienda del mismo, y pueden distinguirse en ella dos tramos:

- **Red exterior:** Distribuye la señal desde la toma de cada bloque (o manzana) hasta la toma en la base del edificio del abonado. Parte de una línea de la red de acceso, de la que, generalmente, salen varias líneas de distribución de abonado. En este punto nos encontramos cerca del abonado, por lo que podemos sacrificar algo de calidad de la señal en aras de alcanzar un nivel de ataque a los derivadores elevado, ya que debemos alimentar muchos abonados desde un mismo punto. La red exterior de abonado se diseña con amplificadores de más alta ganancia y mayor figura de ruido que la red de acceso y con mayores niveles de salida, por lo que la degradación es mayor que con los amplificadores empleados en la red de acceso.
- **Red interior:** Es el tramo final de la red que lleva la señal directamente hasta la toma de usuario. Se trata de una línea ya pasiva, compuesta por derivadores y acopladores direccionales, principalmente. En circunstancias normales ya no es necesario amplificar la señal, salvo que sean tiradas de cable anormalmente largas.

3.4.3 CARACTERÍSTICAS

Esta red de acceso usa un medio compartido (Ethernet) con una distribución en bus. Las velocidades de este tipo de red son asimétricas: Download 10Mbit/s compartido, Upload a 768kbit/s o 3Mbit/s compartido, tienen una posibilidad de simetría hasta 10 Mbps. Esta diseñado para usuarios residenciales y no hay límite de distancia.

Cada bus HFC tiene capacidades hasta 50Mbps en sentido red-usuario y 10Mbps en sentido usuario-red. Las fortalezas de este sistema es su alta velocidad, se vende con contenido y su bajo Precio. Las debilidades de este tipo de red son que posee un medio Compartido (pobre seguridad) y que tiene diferentes estándares entre EEUU y Europa.

3.5 ACCESO FIJO POR RED ELÉCTRICA (PLC)

La tecnología PLC (Power Line Communication o Power Line Carrier) tiene el objetivo de convertir la línea eléctrica en una red para transmitir información formando un bucle de abonado del orden de megabits por segundo. La posibilidad de aprovechar el tendido eléctrico de baja tensión para transmitir datos, a despertado el interés de numerosas compañías eléctricas y fabricantes, pero presenta serios problemas de interferencias que la tecnología tienen que resolver.

Las tecnologías que han permitido la transmisión de datos a una velocidad mayor de 2 Mbps (a alta frecuencia $>1\text{MHz}$) sobre los cables de baja tensión, tienden a ser impredecibles en cuanto a prestaciones o a la velocidad debido al ruido y a microcortes que tienen a cada momento la instalación, incluso, dependiendo del país y del organismo regulador, algunas instalaciones se pueden considerar ilegales debido a la falta de regulación apropiada o a que incumplen alguna de las normas establecidas donde han sido instaladas.

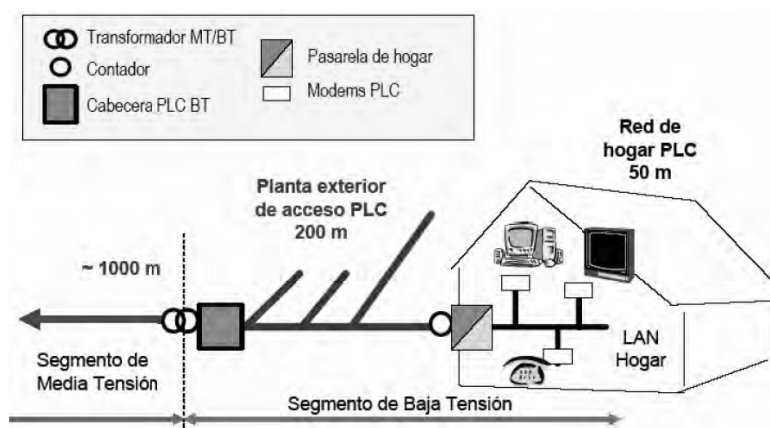


Figura 3.5 Red PLC

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

Desde el punto de vista de la transmisión de información a través de las redes eléctricas, los principales inconvenientes son los altos niveles de ruido, la atenuación y la distorsión elevada y el hecho de que las altas frecuencias no atraviesan los transformadores de distribución eléctrica. Algunas de las aplicaciones más extendidas de este tipo de sistemas son:

- **Lectura automática de contadores:** consiste en automatizar la lectura de los contadores de algunas empresas (gas, agua, luz, etc.) instalados en casa de los usuarios para transmitir la información del contador a una estación central en la que se lleva a cabo su procesamiento, por ejemplo, para fines de facturación.
- **Edificios inteligentes:** ya que gran parte de la infraestructura de un edificio (ascensores, escaleras mecánicas, sistemas de iluminación, etc.) está conectada a la red eléctrica es posible monitorizarlo y controlarlo continuamente y automáticamente.
- **Comunicaciones de voz y datos:** se trata de emplear la línea de baja tensión para prestar servicios de telecomunicación al mercado residencial en masa. Los ejemplos más claros son el acceso a Internet y la telefonía.
- **Monitorización del estado de la propia red eléctrica:** esta aplicación resulta muy útil para las compañías de suministro eléctrico.
- **Comunicaciones rurales:** en lugares donde la baja densidad de población o la dificultad del acceso, no es rentable ningún tipo de red de telecomunicación, es posible aprovecharse de que la red eléctrica tiene una cobertura universal y prestar servicios de telecomunicación a través de dicha red.

3.5.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES

Ventajas	Inconvenientes
La red eléctrica ya está desplegada, lo que reduce los costes de distribución.	La radiación procedente de las líneas eléctricas puede afectar a otros servicios como la radio, la televisión o xDSL.
Las líneas eléctricas pueden transportar señales a larga distancia sin necesidad de generación.	Sensibilidad a las interferencias electromagnéticas. Impedancia variable.
No existe ninguna limitación en cuanto a la topología de la red	Las frecuencias altas no atraviesan los transformadores de la red eléctrica.
Posibilidad de conectar el PC en cualquier lugar en el que haya un enchufe.	Son soluciones poco maduras desde el punto de vista tecnológico y del mercado.
Seguridad y encriptación	El ancho de banda disponible se comparte entre los usuarios conectados a la misma subestación eléctrica.
Bajo costo en comparación con otras tecnologías de banda ancha.	
La electricidad se suministra a través de una conexión permanente.	
Posibilidad de ofrecer servicios de valor añadido	

Tabla 3.1 Ventajas e inconvenientes de las tecnologías PLC

Fuente: Los Autores

3.5.2 ARQUITECTURA

La red eléctrica que transporta la electricidad desde los puntos en que se genera hasta los domicilios de los usuarios, está compuesta por los siguientes elementos:

- **Planta de generación:** consiste en un generador eléctrico que transforma energía de orígenes distintos (hidráulica, eólica, solar, nuclear, carbón, gas, petróleo, etc.) en corriente eléctrica.
- **Subestación de alta tensión:** la misión principal de las subestaciones es el paso de la transmisión a la distribución. Para ello, realizan una primera baja del voltaje adecuándolo a los límites soportados por las líneas de distribución (media y baja tensión).
- **Transformador de distribución:** se encarga de la conversión de media tensión a un voltaje admisible por las instalaciones de los usuarios y las líneas de baja tensión (220 VAC/50 Hz en Europa y 115 VAC/60 Hz en Estados Unidos).
-

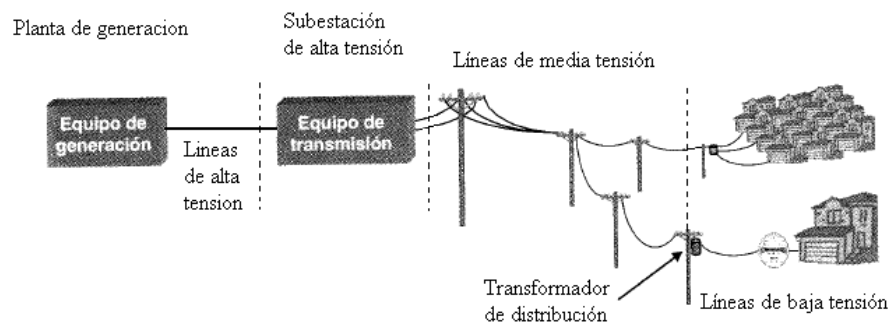


Figura 3.6 Red de distribución eléctrica

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

La tecnología P LC se basa en el empleo de la red de baja tensión para la transmisión de información como si fuese una red de datos convencional. Desde el punto en que se genera la energía eléctrica se lleva la señal de potencia hasta una o más subestaciones que, además, están interconectadas por medio de enlaces de comunicaciones (fibra óptica, microondas, cables de cobre, etc.). Estas subestaciones inyectan la señal de datos en las líneas de media tensión junto con la de suministro eléctrico y aquella viajará con esta última hasta el transformador de distribución,

punto en el cual se produce una transformación de la energía a baja tensión para su posterior distribución a los abonados.

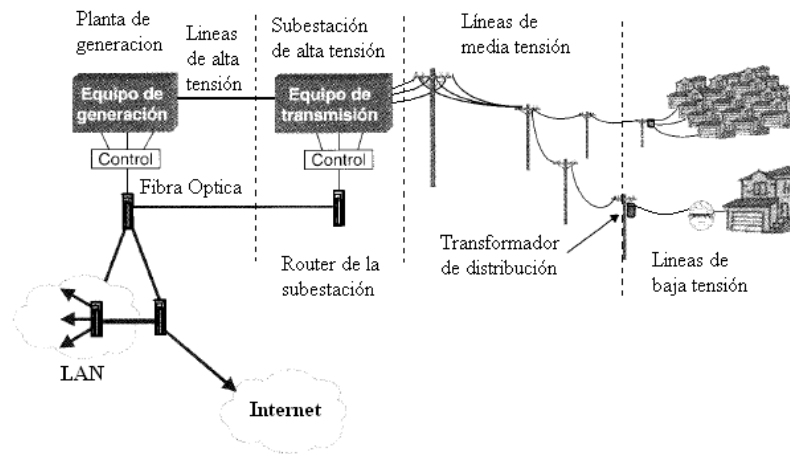


Figura 3.7 Arquitectura de una red PLC

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

Una vez que la señal eléctrica llega a la casa del abonado, es tratada con el fin de separar la señal de suministro eléctrico de la señal de datos. En las frecuencias bajas de la señal procedente de la red eléctrica se encuentra la señal de potencia, mientras que la señal de datos se extrae filtrando las altas frecuencias para su procesamiento posterior.

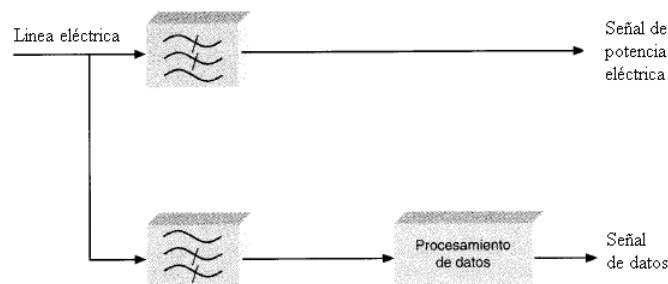


Figura 3.8 Tratamiento de la señal eléctrica en comunicaciones PLC

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

El análisis de la tecnología PLC desde el punto de vista de su empleo como sistema de comunicaciones revela que los problemas encontrados en este tipo de tecnologías no son inherentes al medio de transmisión que se está utilizando, sino que, por el contrario, son debidos a que las líneas de baja tensión tienen conectados varios cientos de usuarios los cuales, a su vez, enchufan a la línea múltiples aparatos

(hornos, microondas, televisores, lavadoras, etc.) con características eléctricas muy diferentes. La consecuencia principal es que cualquier dispositivo de comunicaciones se va a encontrar con un entorno muy hostil en cuanto a que sus características pueden variar sustancialmente en función de factores tales como que los usuarios enciendan o apaguen los aparatos conectados a la línea.

3.6 REDES DE ACCESO POR FIBRA ÓPTICA (PON, FFTx, OTROS)

Las redes ópticas se caracterizan por su gran capacidad, lo que las hace ideales para transportar grandes cantidades de información y ofrecer servicios que requiera gran ancho de banda.

3.6.1 GENERALIDADES SOBRE COMUNICACIONES OPTICAS

Los sistemas de comunicaciones basados en fibra óptica presentan muchas ventajas frente ya que la fibra óptica es un medio idóneo para la transmisión de información debido a sus excelentes características:

- **Menor atenuación:** En la fibra óptica la atenuación es independiente de la velocidad de transmisión, incluso a muy alta frecuencia. Además, los niveles de atenuación relativos son mucho menores en los cables de fibra óptica que en los de cobre.
- **Distancia:** La baja atenuación de la señal permite realizar tendidos de fibra largos sin necesidad de amplificadores o repetidores intermedios. Mientras que en sistemas de transmisión basados en cobre es necesario un repetidor cada 1 o 2 km (dependiendo de la configuración y la frecuencia de trabajo), en los basados en fibra óptica los repetidores se ubican cada 6-15 km en sistemas multimodo o cada 30-40 km en sistemas monomodo.
- **Ancho de Banda:** Mucho mayor que sobre los medios de cobre.
- **Integridad de los datos:** En condiciones normales, la fibra óptica sufre tasas de error en torno a los 10^{-11} , lo que permite a las aplicaciones de alto nivel obviar la corrección de errores acelerando, de esta manera, la velocidad de transferencia.

- **Duración:** La fibra óptica es resistente a la corrosión y a las altas temperaturas
- **Seguridad:** Puesto que no produce radiación electromagnética, la fibra óptica es resistente a las acciones intrusivas de escucha. Además, una fibra óptica es un dieléctrico por lo que no conduce la electricidad. y por tanto, no existe peligro de que produzca una explosión o un incendio, a diferencia de lo que puede ocurrir con un cable de cobre.
- **Inmunidad frente a los efectos electromagnéticos externos:** Cualquier cable de cobre actúa como una antena , adiendo y recibiendo energía sin embargo la señal en una fibra óptica queda confinada dentro de la propia fibra, consiguiendo que la transmisión no se vea afectada por ningún tipo de agente externo.

Sin embargo su mayor desventaja es su coste de fabricación debido que se necesita vidrio de alta calidad y a la fragilidad de su manejo en producción. La terminación de los cables de fibra óptica requiere un tratamiento especial que ocasiona un aumento de los costes de instalación. Sin embargo también se puede construir en plástico lo que reduciría enormemente sus costes.

3.6.2 ESTRUCTURA

Un cable de fibra óptica está compuesto por tres secciones que se detallan a continuación:

- **Núcleo Central:** Constituido por uno o varios hilos muy finos de cristal o plástico de un alto índice de refracción.
- **Cubierta:** Rodea al núcleo y es de un material similar, pero con un índice de refracción menor.
- **Revestimiento protector:** Se trata de una envoltura que aísla las fibras y evita que se produzca interferencia entre las fibras adyacente, a la vez que proporciona protección al núcleo.

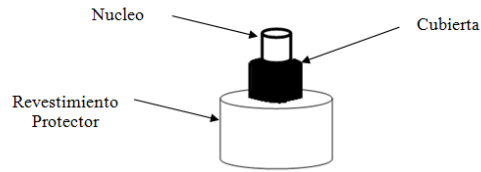


Figura 3.9 Estructura de una fibra óptica

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

3.6.3 TIPOS

Las fibras ópticas se clasifican atendiendo a dos criterios: en función del carácter de la variación relativa de los índices de refracción entre el núcleo y la cubierta y en función del número de modos que se propagan.

Uno de los parámetros más característicos de las fibras es su relación entre los índices de refracción del núcleo y del a cubierta, que depende también del radio del núcleo y que se denomina frecuencia normalizada (o apertura numérica) y es adimensional. Según el valor de este parámetro, se pueden clasificar las fibras ópticas en dos grupos:

- **Monomodo:** Cuando el valor de la frecuencia normalizada es inferior a 2,405, un único modo electromagnético viaja a través de la línea.
Se emplean junto con emisores laser, lo que proporcionan un gran ancho de banda y una baja atenuación con la distancia, de ahí sus aplicaciones en redes MAN, WAN, así como la TV por cable.
Sin embargo resulta más cara ya que el equipamiento es más sofisticado, aunque disminuye la necesidad de repetidores en comparación con la fibra multimodo ya que permite cubrir distancias hasta de 50 veces mayores que esta última, y tiene mayor ancho de banda.
- **Multimodo:** Cuando el valor de la apertura numérica es superior a 2,405, se transmiten varios modos electromagnéticos por la fibra.

3.6.4 ATENUACION

Es la pérdida de potencia que sufre la señal a medida que se propaga por la fibra. Este fenómeno depende de la longitud de onda de trabajo lo que define tres ventanas de transmisión que son regiones en las que la atenuación alcanza niveles mínimos.

- Primera ventana: 850 nm
- Segunda ventana: 1.330 nm
- Tercera ventana: 1.550 nm

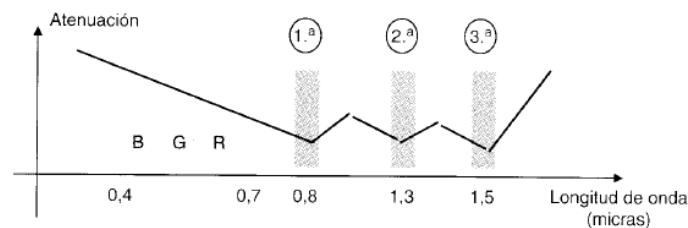


Figura 3.10 Atenuación en la fibra óptica

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

3.6.5 ANCHO DE BANDA

El parámetro básico que determina el ancho de banda de la fibra es la dispersión, la misma que es una medida del ensanchamiento que sufren las señales ópticas en su propagación a través de la fibra.

La dispersión limita el ancho de banda de la fibra, puesto que la velocidad de transmisión debe ser tal que el ensanchamiento de los pulsos producido por la dispersión no consiga que estos solapen. La dispersión se debe a:

- **Dispersión modal:** se produce en fibras multimodo, es debida a la diferencia de caminos entre los modos que se propagan por la fibra
- **Dispersión del material:** Es debida a la variación del índice de refracción de los materiales.
- **Dispersión por efecto de guía de ondas:** se produce en fibras monomodo y se debe a que las diferentes componentes espectrales del modo se propagan a velocidades ligeramente diferentes.

Las redes ópticas se encargan de descomprimir y destrabar los cuellos de botella producidos en las redes de acceso y que supone en la actualidad el bucle local, ofreciendo un ancho de banda flexible capaz de soportar los nuevos servicios de telecomunicaciones aumentando la calidad de los mismos. Prometen a los usuarios un enorme incremento en el ancho de banda de la red de acceso hasta cientos de Gbps.

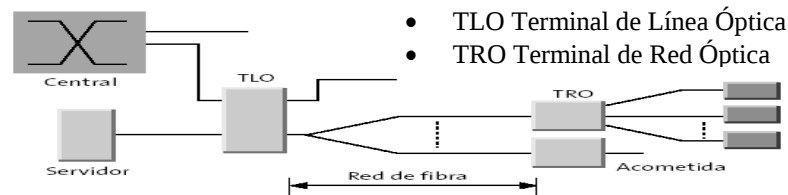


Figura 3.11 Redes de acceso vía Fibra Óptica

Fuente: Internet

Se pueden clasificar en dos tipos:

- Por el uso de elementos pasivos y/o activos: Redes PON.
- Por la cercanía del tramo de fibra al domicilio de cliente: FTTX

3.6.6 Redes Ópticas Pasivas (PON)

Una red óptica pasiva PON (Passive Optical Network) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente, introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos para guiar el tráfico por la red y ramificarse formando una económica red de acceso con topología punto–multipunto hasta el usuario final.

Esta red es una única fibra óptica bidireccional y compartida que utiliza acopladores ópticos, fibra monomodo y divisores ópticos pasivos para dar servicio a los clientes residenciales y pequeños abonados de negocios. La red presenta una división óptica de la señal por medio de un splitter (Por ejemplo con una entrada y 16 salidas). En este caso la técnica de transmisión más utilizada es la multiplexación por división en longitud de onda WDM (Wavelength División Multiplexing) y la configuración punto a punto.

Una red de transmisión basada en la arquitectura PON está compuesta generalmente por los siguientes segmentos:

- **Sala de Equipos/Cabecera:** es donde están instalados tanto el equipo de transmisión óptica (OLT), como el distribuidor óptico general que es el responsable por la transición entre el equipo de transmisión y los cables ópticos troncales de transmisión.
- **Red Óptica Troncal/Feeder:** compuesta por cables ópticos que llevan la señal de la sala de equipos hasta los centros de distribución. Estos cables ópticos son indicados prioritariamente para instalación subterránea en el interior de líneas de conductos o sub-ductos y en instalaciones aéreas. Para redes PON, las fibras ópticas utilizadas son del tipo monomodo.
- **Centros de distribución:** Para optimizar el aprovechamiento de fibras ópticas, las redes PON normalmente se presentan en topología Estrella-Distribuida. En esta configuración, los centros de distribución hacen la división de la señal óptica en áreas más distantes de la central, disminuyendo el número de fibras ópticas para atender a estos accesos. En este local son instalados pequeños armarios ópticos de distribución asociados a divisores ópticos. De forma alternada, estos armarios pueden ser cambiados por cajas de empalme asociados a divisores ópticos para uso específico en cajas de empalme.
- **Red Óptica de Distribución:** compuesta por cables ópticos, que llevan la señal de los centros de distribución a las áreas específicas de atención. Estos cables normalmente son auto soportados con núcleo seco para facilitar la instalación. Asociados a estos cables, son utilizados cajas de empalme para derivación de las fibras para una distribución mejorada de la señal. Cajas de empalme también denominadas NAP (*Network Access Point*), son puestas para la distribución de la señal realizando la transición de la red óptica de alimentación a la red terminal, también conocida como red de bajada.
- **Red Óptica de Acometida:** Compuesta por cables ópticos auto soportados de baja cantidad de fibras. A partir de la caja de empalme terminal, llevan la señal óptica hasta el abonado. El elemento de sustentación normalmente es utilizado para sujetar el cable de la casa / edificio del abonado.

- **Red interna:** A partir del distribuidor interno óptico, son utilizadas extensiones o cordones ópticos para realizar la transición de la señal óptica de la fibra al receptor interno del abonado.

3.6.6.1 ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA RED PON

Una red óptica pasiva está formada básicamente por:

- Un modulo OLT (*Optical Line Terminal* - Unidad Óptica Terminal de Línea) que se encuentra en el nodo central.
- Un divisor óptico(splitter)
- Varias ONUs (*Optical Network Unit* - Unidad Óptica de Usuario) que están ubicadas en el domicilio del usuario.

La transmisión se realiza entonces entre la OLT y la ONU que se comunican a través del divisor, cuya función depende de si el canal es ascendente o descendente.

En definitiva, la red PON trabaja en modo de radiodifusión utilizando splitters (divisor) ópticos o buses.

3.6.6.2 TIPOS DE REDES PON

Existen varios estándares de la ITU para las redes ópticas pasivas, las que mismas que se exponen a continuación:

3.6.6.2.1 APON (Asynchronous Transfer Mode over Passive Optical Network)

Basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM, inicialmente con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONUs que estén conectadas. En canal ascendente, en el flujo de celdas ATM, se introducen dos celdas PLOAM (*Physical Level Operations, Administration, and Maintenance*), para indicar el destinatario de cada celda y otra más para información de mantenimiento. Su inconveniente inicial era la limitación de los 155 Mbps que posteriormente se aumentó hasta los 622 Mbps.

En la figura puede verse la estructura de una red APON típica, donde:

- OLT: entrega datos usando TDM en 1550nm downstream a 155 o 622 Mbps.
- ONU: cercano al equipo de abonado que entrega datos a 1310nm upstream a 155 Mbps. Convierten los pulsos de luz al formato deseado, ATM, Ethernet, etc.

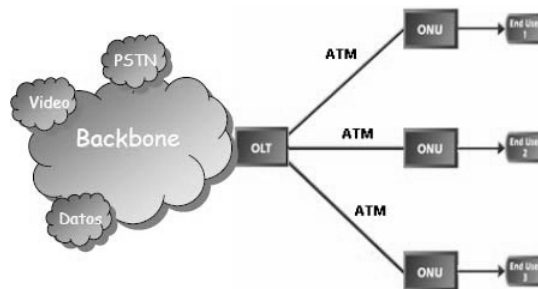


Figura 3.12 Red convencional con tecnología APON

Fuente: Internet

3.6.6.2.2 BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha)

Se basa en el estándar APON, con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha y ofrece servicios como acceso Ethernet o distribución de video. Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbps fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir:

- Tráfico asimétrico: Canal descendente de 622 Mbps / Canal ascendente de 155 Mbps.
- Tráfico simétrico: Canal descendente y ascendente de 622 Mbps. No obstante presentaban un coste elevado y limitaciones técnicas.

En la figura se muestra un esquema de una red BPON, en donde se soporta diferentes estándares de banda ancha en la Oficina Central, luego viene el segmento formado por la fibra y los splitters ópticos pasivos, hasta finalmente llegar al usuario.

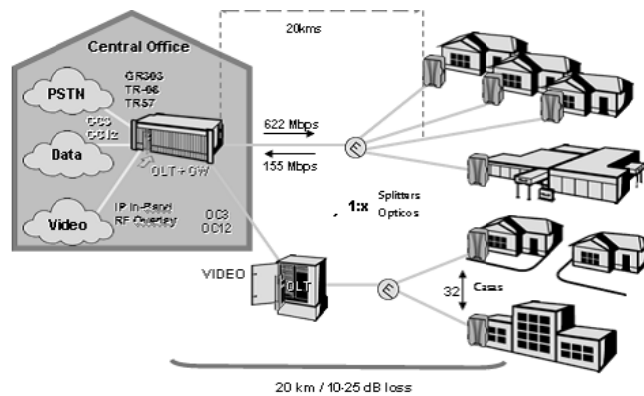


Figura 3.13 Red BPON

Fuente: Internet

3.6.6.2.3 GPON (Gigabit PON)

GPON es un estándar muy potente pero a la vez muy complejo de implementar que ofrece:

- Soporte global multiservicio: incluyendo voz (TDM, SONET1, SDH2), Ethernet 10/100 Base T, ATM, Frame Relay, etc.
- Alcance físico de 20km.
- Soporte para varias tasas de transferencia, incluyendo tráfico simétrico de 622Mbps, tráfico simétrico de 1.24416 Gbps y, asimétrico de 2.48832 Gbps en sentido descendente y 1.24416 Gbps en sentido ascendente.
- Importantes facilidades de gestión, operación y mantenimiento, desde la cabecera OLT al equipamiento de usuario ONU.
- Seguridad a nivel de protocolo (encriptación) debido a la naturaleza multicast del protocolo.

GPON ofrece un amplio soporte de servicios, incluyendo voz, Ethernet, ATM, líneas arrendadas, extensiones wireless, etc., mediante el uso de diferentes métodos de encapsulación como GEM (GPON Encapsulation Method).

GEM es un método que encapsula datos sobre GPON y permite transportar cualquier tipo de servicio basado en paquetes. Con GEM, las tramas Ethernet son fragmentadas permitiendo el uso de entramado periódico constante, lo que posibilita que ciertos servicios con requerimientos estrictos sean transportados en el momento correcto. Además las tramas Ethernet pueden ser re-ensambladas después de la recepción.

3.6.6.2.4 EPON (Ethernet PON)

Define las especificaciones de la capa física conjuntamente con la subcapa de operación, administración y mantenimiento (OAM), para extender el alcance y proporcionar el monitoreo, la detección de fallas y la localización de la red de acceso. Se ha seleccionado una velocidad simétrica de 1.25 Gbps para esta tecnología. Las características principales son:

- Mantener las características del protocolo Ethernet, trabajando en modo Ethernet nativo.
- No tiene elementos SDH o ATM.

3.6.6.3 VENTAJAS DE LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON)

- Aumento de la cobertura hasta los 20 Km. (desde la central). Con tecnologías DSL como máximo se cubre hasta los 5,5 Km.
- Ofrecen mayor ancho de banda para el usuario.
- Mejora en la calidad del servicio y simplificación de la red debido a la inmunidad que presentan a los ruidos electromagnéticos.
- Minimización del despliegue de fibra óptica gracias a su topología.
- Reducción del consumo gracias a la simplificación del equipamiento.
- Más baratas que las punto a punto.

3.6.7 REDES FTTX (FIBER TO THE...)

FTTx es una expresión genérica para asignar arquitecturas de redes de transmisión de alto desempeño, basada en tecnología óptica. Son redes totalmente pasivas, En la actualidad hay gran demanda tanto de HFC, como de ADSL, pero cada vez se están implantando más redes exclusivamente de fibra óptica. Los motivos que han ocasionado esto es el abaratamiento de la fibra óptica, y la necesidad de un mayor ancho de banda. Existen varias variantes del FTTx, en función del uso, proporcionando servicios de banda ancha y fiabilidad.

Dada la demanda de ancho de banda, sobretodo para Internet, son muchos los operadores que toman la decisión de instalar su propia red óptica independiente, con la inversión que todo ello representa. En principio, parece que esta va a ser la tendencia del futuro, pero de un futuro cercano, ya que las comunicaciones inalámbricas vía satélite, y el uso de la línea eléctrica, van a dar bastante que hablar en un futuro no muy lejano.

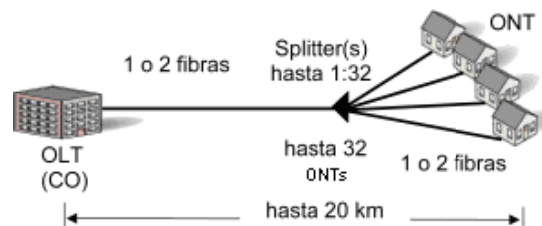


Figura 3.14 Esquema genérico de una red FTTx

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

3.6.7.1 FTTH (Fiber to the home)

Fibra hasta el usuario, como se puede ver en la figura es la de mayor ancho de banda pero la más cara, con una topología tipo estrella, llegando una fibra a cada usuario. En este momento solo se utiliza esta solución para empresas con grandes necesidades de ancho de banda.

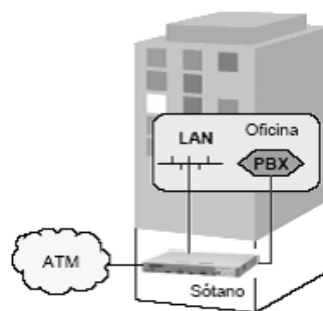


Figura 3.15 Fibra hasta la oficina

Fuente: Internet

3.6.7.2 FTTC (Fiber to the Curb)

La tecnología FTTC consiste en interconectar los edificios a través de fibra óptica. El usuario se conecta con la unidad óptica situada en el centro de distribución del edificio (*Optical Network Units*) con cable coaxial o par trenzado.

Esta arquitectura se basa en mini-nodos de bajo costo con 4, 8 o 16 salidas

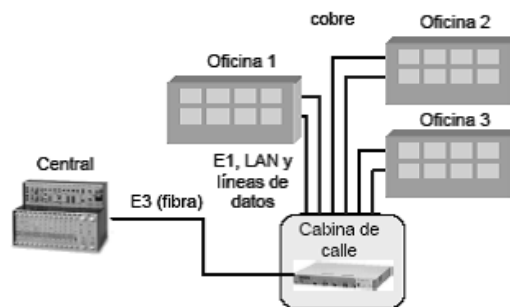


Figura 3.16 Fibra hasta la acera

Fuente: Internet

3.6.7.3 FTTF (Fiber To The Feeder)

Se caracteriza por utilizar fibra óptica hasta los nodos secundarios localizados en las demarcaciones, dando servicio a zonas de 2.000-3.000 hogares.

3.6.7.4 FTTB (Fiber To The Building)

Es una arquitectura donde la red de bajada termina en la entrada de un edificio (comercial o residencial). La fibra óptica termina antes de alcanzar el espacio habitable. La ruta de acceso puede continuar con otros medios (como cobre o *wireless*) hasta el abonado. La señal óptica llega al closet de telecomunicaciones del edificio, donde se realiza la conversión de la señal óptica a eléctrica. A partir de este punto, la señal se interconecta a la propia red metálica del edificio mediante cable de cobre. Se caracteriza por utilizar FO hasta áreas de servicio más reducidas, dando servicio a zonas de 20-50 hogares. Será la solución necesaria en un futuro cuando los servicios del cable se generalicen y crezcan las necesidades de ancho de banda.

3.6.7.5 FTTN (Fiber-To-The-Node)

El recorrido de fibra óptica va desde las instalaciones del operador hasta un punto alejado del abonado. La ruta de acceso entre el punto intermedio y el abonado no es la fibra óptica, sino otro medio de transmisión, como el cobre. Incluye aquellos casos en los que la trayectoria de la fibra óptica termina en el denominado punto de distribución “intermedio” en la red de acceso local, que sirve a un conjunto de viviendas/edificios.

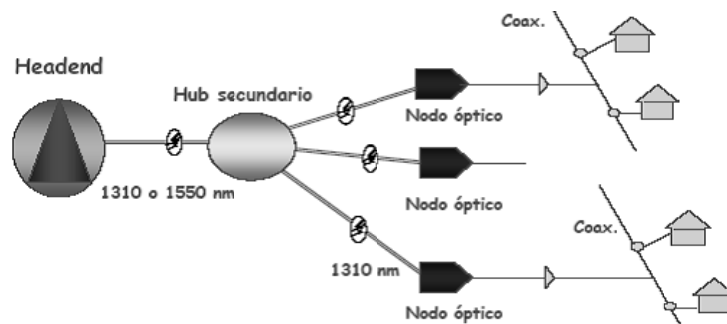


Figura 3.17 Fibra hasta el nodo
Fuente: Internet

3.6.8 SDH (SYNCRHONOUS DIGITAL HIERARCHY)

Es una red de transporte digital que surgió para resolver los inconvenientes de la jerarquía digital plesiócrona PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) utilizada durante mucho tiempo en las redes de operadoras públicas.

La combinación de la información procedente de los usuarios en una señal única es uno de los problemas de transmisión digital ya que en este proceso, no solo hay que incluir los datos de cada usuario, si no que, además, se debe añadir información que permita identificar los instantes discretos en los que la información es válida y determinar a quien pertenece dicha información. A este proceso se le llama información de sincronización y de cómo se incluya va a depender las prestaciones de la red. La solución que se encontró a este problema fue la multiplexación sucesiva de canales en otros de mayor velocidad.

VENTAJAS DE SDH	
Infraestructura de la red simplificada	Un multiplexor síncrono puede realizar toda la funcionalidad de una pila de multiplexores PHD
	Numero reducido de equipos
	Provee mecanismos inserción-extracción de canales directamente de las tramas de alta velocidad
	Permite la posibilidad de mezclar diferentes tipos de señales
Disponibilidad	Permite monitorización y el mantenimiento de toda la red
Gestión de red por software	La red será controlable por software.
	Ofrece gestión remota de los elementos de la red que forman un enlace y la detección de errores de transmisión.
	Medida objetiva de la calidad de las conexiones para todo tipo de tributarios
Flexibilidad	Capacidad de cruzar señales síncronas o plesiocronas indistintamente
	Las capacidades de transmisión se asignaran de acuerdo con las demandas del usuario y requisitos del servicio.
Estandarización	Posibilita la transmisión simultanea de diferentes tipos de señales sin modificar los equipos
	Se ha diseñado con un estándar mundial, permitiendo la transmisión de distintas fuentes.
Costes	Las interfaces de conexión a las redes síncronas están definidas y normalizadas.
	Posibilidad de transmitir de forma simultanea un gran numero de canales por una única fibra y ahorra al aumentar el alcance

Figura 3.18 Ventajas de SDH

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

El objetivo del PDH es la de satisfacer la demanda de tráfico de voz pero adolece de grandes inconvenientes:

- Existen varias jerarquías diferentes e incompatibles entre si.
- La sincronización es distinta, por ejemplo la de EE.UU emplea 1 por trama en la señal E1, Europa utiliza un octeto por trama o 64Kbps.
- Para disminuir el coste de transmisión se hizo necesario multiplexar grupos de canales formando una señal de capacidad.
- La tecnología actual no permite acceder a las señales primarias directamente, sino que es necesario demultiplexar los canales y luego volverlos a multiplexar, lo que hace que forme una cascada de multiplexores y demultiplexores lo que encarece los costes de transmisión.

SDH elimina todos estos inconvenientes y ofrece beneficios al operador de red y al usuario. Define una serie de interfaces de tráfico independiente, siendo la unidad mínima 155.52 Mbps o STM-1 (Synchronous Transport – Level 1). A partir de esta interfaz, se definen otras de nivel superior, resultado de la multiplexación $n \times 4$ de la interfaz fundamental.

3.6.8.1 TRAMA

La trama básica SDH (STM-1) tiene una duración de 125 μ s y esta formada por una estructura matricial bidimensional de 9 filas y 270 columnas, en la que cada posición tiene un byte (64 kbps) de posición lo que quiere decir que cada fila representa un caudal de 576 kbps. Los bytes de la trama se agrupan en dos áreas; información de control y la carga útil.

De las 270 columnas, las primeras nueve corresponden a la información de control y reciben el nombre de trama de sección (SOH Section Overhead), que cumple las funciones de alineamiento de trama, operación y mantenimiento, motorización de errores, etc. La trama de sección, a su vez, se divide en trama de sección de regeneración (RSOH) y la trama de sección de multiplexación (MSOH). El resto de columnas constituyen la carga útil de la trama SDH que puede comenzar en cualquier parte de la trama.

3.6.8.2 ARQUITECTURA

Esta formada según la recomendación G.782 de la ITU-T, por cuatro categorías de equipos:

- **Regeneradores intermedios:** Compensan los efectos de la atenuación y la dispersión que la fibra tiene sobre la señal óptica y también, regenera la señal de reloj a partir del flujo de bits entrante.
- **Multiplexores Terminales:** A partir de señales plesiócronas o síncronas, generan el STM-N. Las funciones del multiplexor terminal son interfaz,

ensamblado y desensamblado. Emplea fibras distintas para la transmisión y recepción.

- **Multiplexores de inserción/extracción:** Insertan y extraen tributarios, es capaz de acceder a los contenedores virtuales sin necesidad de multiplexar la señal completa gracias a los punteros.
- **Distribuidores multiplexores:** Soportan la interconexión de señales y el encaminamiento del tráfico entre nodos de la red.

CAPITULO 4

4 ANALISIS DEL SISTEMA TRIPLE PLAY SOBRE UN RED HFC

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRIPLE PLAY EN LA RED HFC

Las redes HFC son aquellas que incorporan tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha. Esta tecnología comienza a implementarse a través de operadores de Televisión por Cable (CATV), que además de brindar éste servicio decidieron transportar por el mismo medio la señal de Internet de banda ancha.

A través del uso de cada una de estas tecnologías, la red es capaz de aprovecharse de los beneficios y minimizar el impacto de las limitaciones inherentes a cada una. La fibra óptica proporciona la ventaja de cubrir distancias razonablemente largas con un mínimo de amplificación y regeneración de la señal. Sin embargo, debido a la naturaleza de esta tecnología, el costo y tamaño de los multiplexores/demultiplexores ópticos, rara vez se la utiliza para conectar los nodos directamente a los clientes. El cable coaxial proporciona una capacidad de ancho de banda de 1000 Mhz aproximadamente, a la vez que permite que nuevos usuarios sean insertados en la red sin producir interferencias a los demás usuarios.

La limitación de este sistema radica en la necesidad de amplificar la señal al cubrir grandes distancias. Estas redes pueden utilizarse actualmente no solo para transmitir televisión por cable, sino también datos, telefonía, entre otros servicios corporativos como triple play.

4.1.1 ESTRUCTURA DE LA RED HFC CON TRIPLE PLAY

Cuando aparecieron las redes híbridas entre fibra y coaxial, la topología cambió hacia una combinación entre estrella y árbol, llevando la señal de manera óptica desde la cabecera hasta los nodos intermedios en donde se realiza la distribución mediante cable coaxial hasta los hogares, pudiendo así disminuir el número de

repetidores y amplificadores intermedios y permitiendo que el usuario tenga un canal de retorno para servicios interactivos como Internet.

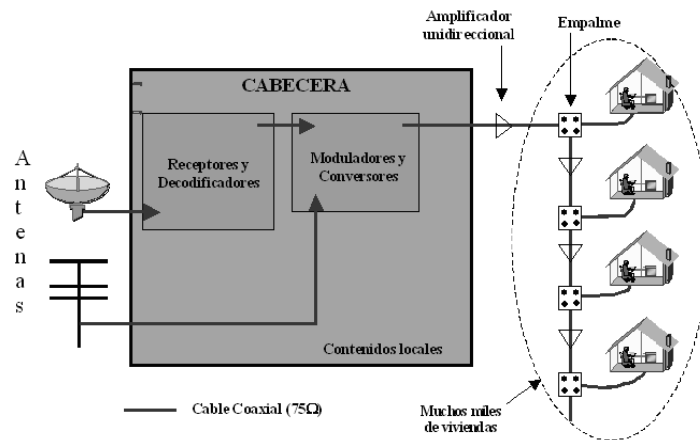


Figura4.1 Arquitectura de una red CATV coaxial tradicional

Fuente: Internet

La anterior topología únicamente permitía la difusión de la señal de TV, además del servicio de distribución de señales de TV, la red HFC tiene capacidad para transportar servicios bidireccionales (telefonía y datos). Los servicios bidireccionales requieren que la red posea canal de retorno habilitado y diseño adecuado del área de servicio de cada nodo. La estructura básica de una red CATV coaxial tradicional ha variado abruptamente. La red HFC se descompone básicamente de una cabecera (que ha evolucionado hacia un centro de control y emisión), la red troncal de fibra óptica que distribuye las señales hacia los nodos primarios, la red secundaria que une estos con los nodos finales que reparten la señal a los clientes mediante la red de distribución (coaxial).

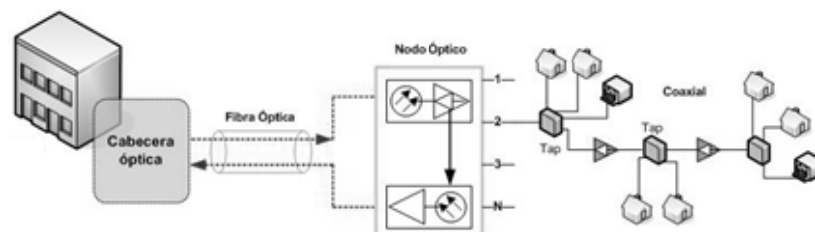


Figura 4.2 Arquitectura HFC (Híbrida Fibra-Coaxial)

Fuente: Internet

En el Triple Play la conexión se basa en paquetes IP para todos los servicios, sobre una red HFC; es decir los servicios de voz, video y datos.

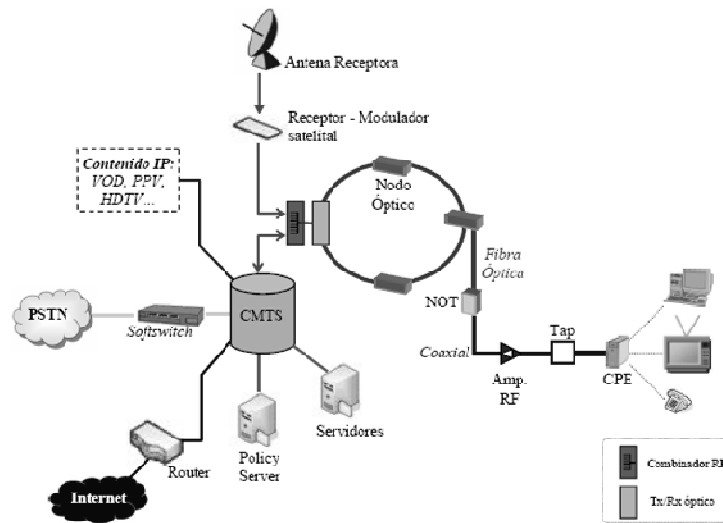


Figura 4.3 Arquitectura HFC con Triple Play

Fuente: Internet

4.1.1.1 SERVICIO TELEFÓNICO

Para este servicio se utiliza la tecnología VoIP; que integra:

- Procesamiento básico de llamadas
- Conexión, desconexión, transferencia de llamadas, llamada en espera, identificador de llamadas, etc.
- Mensajería
- Correo de Voz
- Aplicaciones avanzadas de procesamiento de llamadas
- Remarcado automático
- Directorios
- Presencia
- Recepción automática
- Privacidad
- Centros de contacto

La Voz sobre IP (VoIP) es una tecnología que permite la transmisión de la voz en forma digital a través del protocolo de Internet (IP), en forma de paquetes de datos, en lugar de ser transportados a través de la red telefónica convencional. La ventaja real de esta tecnología es la transmisión de voz de forma gratuita, ya que viaja como datos.

Cabe aclarar que el protocolo IP es un protocolo de conexión es decir un conjunto de normas (lenguaje en común) entre las partes que se van a comunicar.

Hay dos posibilidades de conexión en VoIP:

- Una de las partes tiene VoIP y la otra no.
Si sólo quien llama tiene Voz sobre IP, entonces hace uso de una tarjeta (virtual) que se compra y carga por Internet (online).
- Ambas partes tienen VoIP.
Si ambas partes tienen Voz sobre IP la llamada es totalmente gratuita y sólo tiene que discar el número telefónico y nada más.

La tecnología de Voz sobre IP está formada por tres elementos principales:

1. **Cliente:** Quien establece y termina las llamadas de voz. Codifica, empaqueta y transmite la información de salida generada por el micrófono del usuario; y también realiza el proceso inverso.
2. **Servidores:** Los cuales manejan un amplio rango de operaciones complejas de bases de datos, tanto en tiempo real como fuera de él. Estas operaciones incluyen validación de usuarios, tasación, contabilidad, tarificación, recolección, distribución de utilidades, enrutamiento, administración general del servicio, carga de clientes, control del servicio, registro de usuarios y servicios de directorio entre otros.
3. **Gateways:** Proporcionan un puente de comunicación entre los usuarios. La función principal de un gateway es actuar como una plataforma para los clientes virtuales. Estos equipos también juegan un papel importante en la seguridad de acceso, la contabilidad, el control de calidad del servicio (QoS; Quality of Service) y en el mejoramiento del mismo.

4.1.1.2 SERVICIO DE DATOS

El servicio de datos sobre IP integra:

- Servicio de Internet
- Hospedaje de páginas
- Transacciones
- Cualquier operación de computo en forma distribuida

Los datos en una red basada en IP son enviados en paquetes o datagramas; sin ser necesaria ninguna configuración antes de que un equipo envíe paquetes a otro equipo desconocido. El Protocolo de Internet provee un servicio de datagramas²⁰ no fiable, (lo hará lo mejor posible pero garantizando poco). IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad de sus cabeceras y no de los datos transmitidos. Si la información a transmitir supera el tamaño máximo (negociado); podrá ser dividida en paquetes más pequeños, y re ensamblada luego cuando sea necesario. Cada uno de estos fragmentos puede dirigirse por un camino diferente dependiendo de la congestión de las rutas en cada momento.

Las cabeceras IP contienen las direcciones de las máquinas de origen y destino (direcciones IP), direcciones que serán usadas por los switches y los routers para decidir el tramo de red por el que reenviarán los paquetes.

4.1.1.3 SERVICIO DE VIDEO

Para el servicio de video, se utiliza la tecnología IPTV (Televisión IP); que integra:

- Video bajo demanda
- Televisión por cable
- Videoconferencias
- Multimedia Interactiva

²⁰ Datagrama: es un fragmento de paquete que es enviado con la suficiente información como para que la red pueda simplemente encaminar el fragmento hacia el Equipo Terminal de Datos.

El IPTV no es un protocolo; es el sistema de distribución de señales de televisión/video, haciendo uso de las conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP y siempre bajo suscripción.

4.1.2 PARTES RED HFC

Una red HFC está compuesta básicamente por una cabecera de red, la red troncal, la red de distribución, y el último tramo de acometida al hogar del abonado con su equipo terminal.

Dentro de la red HFC se distinguen las siguientes partes:

- Cabecera
- Red troncal
- Nodo óptico
- Red de distribución
- Red de acometida

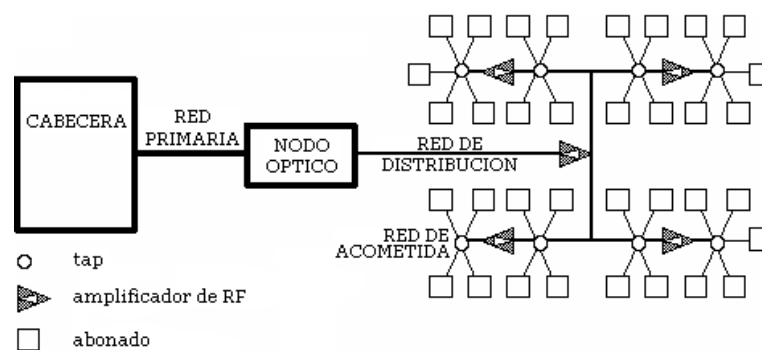


Figura 4.4 Partes de la red HFC

Fuente: Internet

4.1.2.1 CABECERA (HEAD END)

La cabecera es el lugar en donde se reciben las señales de televisión provenientes de satélites o de estaciones terrenas a través de diferentes tipos de antenas; una vez recibidas, las señales son procesadas para luego ser distribuidas por la red hacia los usuarios.

En la cabecera, se pueden observar los siguientes equipos:

- Antenas para recepción satelital
- Antenas para recepción terrestre
- Receptores satelitales
- Demodulador
- Decodificador
- Moduladores
- Combinadores
- Transmisor óptico
- CMTS
- Sistema eléctrico de emergencia

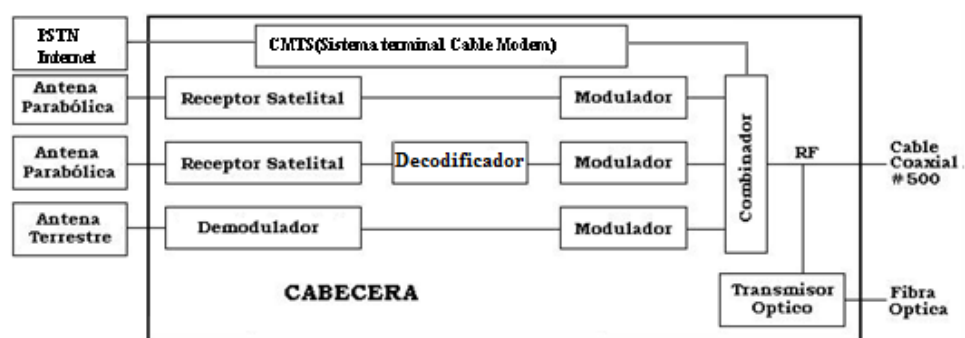


Figura 4.5 Partes de la Cabecera

Fuente: Internet

4.1.2.1.1 ANTENAS PARA RECEPCIÓN SATELITAL

La captación de canales internacionales se la realiza en las frecuencias comprendidas entre los 3.7GHz y los 4.2GHz; tanto en polarización vertical como en horizontal; dependiendo del satélite a utilizar, como por ejemplo:

- Intelsat
- Thor
- Amos
- Atlantic Bird

- Satmex
- Echostar
- Amazonas
- Galaxy

Las señales recibidas son enviadas hacia los receptores satelitales.

4.1.2.1.2 ANTENAS PARA RECEPCIÓN TERRESTRE

Las antenas para recepción terrestre captan las señales de los canales nacionales. Las señales de televisión abierta a diferencia de las señales internacionales pasan por un demodulador.

4.1.2.1.3 RECEPTORES SATELITALES

Una vez recibida la señal por el satélite, ésta pasa a los receptores satelitales. Este equipo se encarga de separar los distintos canales provenientes de un mismo satélite; para lo cual, se programa al receptor satelital con los datos del satélite, la frecuencia a sintonizar y del Symbol Rate; en el caso de canales digitales, se debe añadir al receptor satelital la información del código FEC (Forward Error Correction); todos éstos parámetros son proporcionados por los operadores del satélite. Además de lo mencionado, el receptor satelital se encarga de proporcionar la alimentación eléctrica necesaria para el LNB (Bloque de Bajo Ruido por sus siglas en inglés), el cual se encuentra ubicado en el foco de la antena parabólica.

Los valores de las impedancias de entrada y de salida se encuentran estandarizados por los fabricantes de equipos. A la salida del receptor satelital se tiene por separado la señal de audio y la de video, las cuales pasan a un modulador. En la siguiente figura se observa las frecuencias a las que están moduladas las portadoras de audio y video dentro del ancho de banda de un canal analógico. En caso de ser un canal de servicio pago por ver (PPV), las señales de audio y video pasan por un equipo decodificador antes de entrar a un modulador.

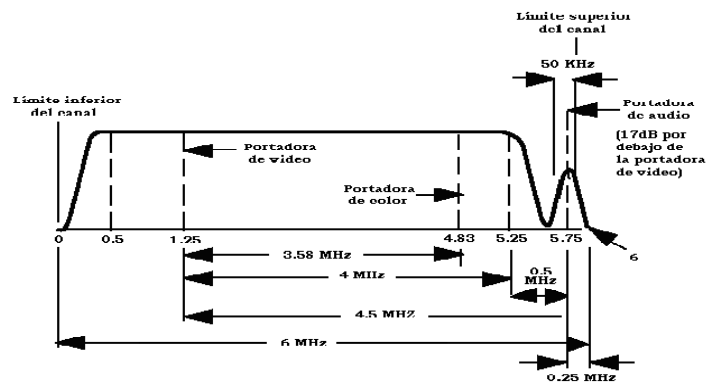


Figura 4.6 Espectro de frecuencias de un canal analógico

Fuente: Internet

4.1.2.1.4 DEMODULADOR

Las señales captadas por las antenas de recepción terrestre pasan a un equipo demodulador; el cual, cumple las mismas funciones que un receptor satelital, aunque se diferencia de este último en las frecuencias de recepción, ya que capta las señales de televisión ubicadas en la banda VHF (Very High Frequency); es decir, las frecuencias comprendidas entre los 54MHz y los 216MHz. En nuestro país, algunos canales se transmiten en 2 frecuencias; y es mediante este equipo, que se discrimina la señal con mejores niveles de recepción. La programación de este equipo es más sencilla, ya que únicamente necesita como parámetros la frecuencia a captar y la frecuencia de salida de la señal. Al igual que los receptores satelitales, se tiene a la salida la señal de audio y la de video por separado. Las impedancias de entrada y salida son iguales a las de un receptor satelital. Las señales de audio y video a la salida de un procesador de señal, pasan a un modulador.

4.1.2.1.5 DECODIFICADOR

Este equipo se encarga de eliminar la sincronía de la señal de video en determinados canales, con el fin de impedir que los usuarios tengan acceso a canales PPV; para esto, se modula únicamente la portadora de video a una frecuencia diferente dentro del ancho de banda del canal analógico. En la figura 4.6 se observa las frecuencias a las que están moduladas las portadoras de audio y video dentro del ancho de banda de un canal analógico. Al eliminar la sincronía de la portadora de video se consigue

que la imagen no pueda ser vista por el usuario, aunque el audio del canal si puede ser escuchado.

4.1.2.1.6 MODULADORES

Una vez que se tiene las señales de audio y video de cada canal internacional y de cada canal nacional, éstas pasan por un equipo modulador; en el cual, son ecualizadas para corregir la diferencia de amplitud en función de la frecuencia provocada por el cable. Ambas señales son moduladas por separado a la frecuencia en la cual van a ser transmitidas; dependiendo del tipo de modulador, esta frecuencia puede ser fija o sintonizable; luego de la etapa de modulación, las señales son filtradas para eliminar los armónicos propios de la modulación; a continuación las portadoras moduladas de audio y video son amplificadas para garantizar calidad en la señal del canal. Una vez amplificadas pasan por un combinador y vuelven a ser filtradas para evitar cualquier inserción extraña propia del combinador; una vez realizado este proceso, la señal de radio frecuencia es amplificada hasta alcanzar niveles típicos de 55 dBmV²¹ y posteriormente sale del modulador. La siguiente figura muestra el diagrama de bloques de un modulador.

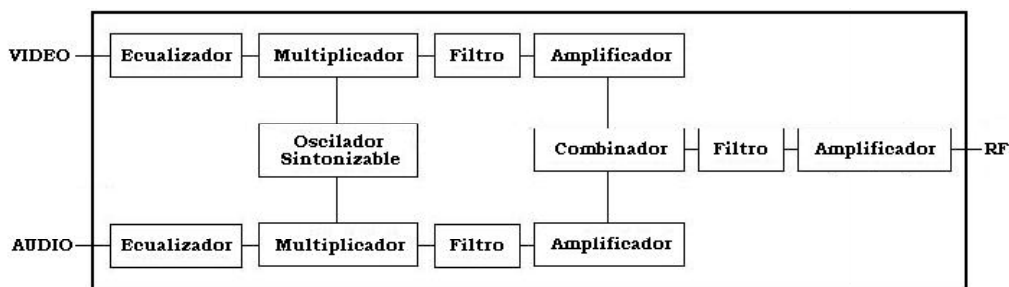


Figura 4.7 Diagrama de bloques de un modulador

Fuente: Internet

Una vez que las señales son moduladas, pasan hacia un combinador de señales.

²¹ dB: Unidad de medida que relaciona potencias. Se utiliza para determinar las ganancias y pérdidas de los dispositivos en la red. Se refiere a un (1) dB sobre un mili voltio en un sistema de 75 ohm.

$10\log_{10}(1\text{dB}/1\text{mV})$

$10\log_{10}(\text{potencia de salida}/\text{potencia de entrada})$

4.1.2.1.7 COMBINADOR

A la salida de cada modulador se encuentra una señal RF de determinada frecuencia; como todas deben viajar por el mismo canal, se emplean Combinadores, los cuales multiplexan en frecuencia las señales que reciben.

Una vez que todas las señales son combinadas en una sola, ésta es derivada y una parte de la señal se distribuye hacia los usuarios más cercanos al cabecera mientras que la otra señal pasa al transmisor óptico.

4.1.2.1.8 TRANSMISOR ÓPTICO

Este equipo se encarga de transformar la señal de radiofrecuencia compuesta por todos los canales a transmitir en pulsos de luz; con la finalidad de transportarla por fibra óptica hasta un punto central de la zona a la cual se desea brindar el servicio de televisión por cable.

4.1.2.1.9 CMTS (SISTEMA TERMINAL CABLE MODEM)

En esta parte de la red tiene un transporte diferenciado de servicios de voz, datos y video para realizar la convergencia de los servicios. Esta parte de la red trabaja en rangos de frecuencias de 50-860 MHz en downstream y 5-42 MHz en upstream. La modulación es de 64 / 256 QAM en downstream, los modelos de acceso en upstream A-TDMA / S-CDMA, tiene administración de tráfico Multicast con escalabilidad y redundancia.

El CMTS tiene múltiples módulos de aplicación para un procesamiento distribuido (Alta disponibilidad), con un rendimiento RF superior con transporte bidireccional a alta velocidad aún en redes HFC de bajo rendimiento y además posee un aprovisionamiento rápido y sencillo de servicios DOCSIS y PacketCable.

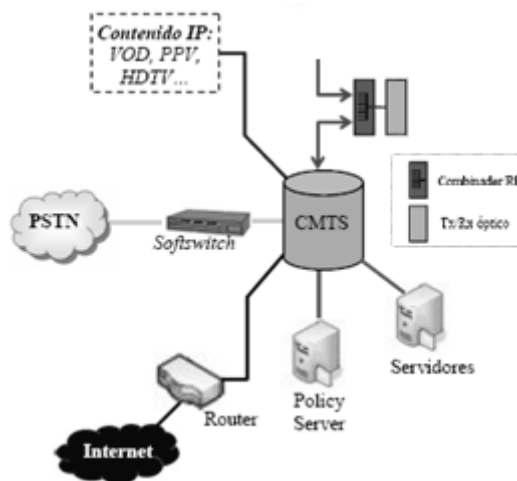


Figura 4.8 Estructura del CMTS

Fuente: Internet

4.1.2.1.9.1 SERVIDOR DE POLÍTICAS (POLICY SERVER)

Esta unidad se implementa sobre un servidor (Tower Server) con las siguientes características:

- Servidor de procesador dual Intel Xeon.
- Capacidad de enlaces LAN de alta velocidad (Puertos RJ45).
- Memoria SDRAM y controlador RAID5 para el mejoramiento de la transferencia de datos.
- Puertos serial (RS-232-C), paralelo (Cetronics) y USB 2.0
- Interfaces a Keyboard y Mouse (PS/2).
- Chasis con capacidad para varios discos duros.
- Actualización local (mediante discos extraíbles) o remota (vía LAN).

4.1.2.1.9.2 SOFTSWITCH

Utiliza protocolos de señalización y control de llamada, debe tener incorporado un Gateway Controller, un Signaling Gateway y un Media Gateway. Opcionalmente también un Media Server para funcionalidades en la interacción con el usuario (mensajes, anuncios, tonos, etc.). Además posee las siguientes características:

- Interfaces con sistemas de aprovisionamiento y tarificación.
- CPU de altas capacidades con multiprocesador.
- Conectividad a redes IP-IP e IP-PSTN.
- Ruteo de llamadas en función de la señalización y de los perfiles de usuario (base de datos de clientes).
- Alta disponibilidad y escalabilidad.
- Alta capacidad de procesamiento de tráfico IP.
- Sistema Operativo SOLARIS equivalente.
- Configuración y administración mediante interfaz gráfica.
- Capacidad de transporte de voz, dato y video.
- Conectividad hacia la red SS7 vía interfaces E1/T1.
- Cancela el eco y detector de silencio

4.1.2.1.9.3 ROUTER

El router es un dispositivo hardware o software para interconexión de redes de computadoras que opera en la capa tres (nivel de red) del modelo OSI (Open Systems Interconnection). El router interconecta segmentos de red o redes enteras. Hace pasar paquetes de datos entre redes tomando como base la información de la capa de red.

El router toma decisiones (basado en diversos parámetros) con respecto a la mejor ruta para el envío de datos a través de una red interconectada y luego redirige los paquetes hacia el segmento y el puerto de salida adecuados. Las redes IP se ajustan al modelo de interconexión OSI. Este es un modelo de varias capas que define cualquier comunicación entre equipos.

Los router constituyen los nodos de interconexión de datos de las redes internacionales y de los sistemas informáticos de empresas e instituciones. Adicionalmente los routers pueden desempeñar la función de “firewalls” (cortafuegos), desestimando tráfico que se pueda considerar perjudicial y limitando la entrada/salida de información dentro de cada red.

El equipo que envía los paquetes por un camino u otro es el router, la elección de la mejor ruta para garantizar la llegada de los paquetes con el menor retardo depende fundamentalmente de 3 criterios:

- Saturación de tráfico (en cada uno de los enlaces del router).
- Dirección de destino del paquete.
- Priorización del tráfico hacia determinados destinos.

Los routers manejan Tablas de Direccionamiento, estas tablas son reglas que definen a qué dirección se debe encaminar un paquete en función de los criterios enumerados. Cada router dispone de una dirección IP en cada una de las redes a la que pertenece y, a su vez, está enlazado a uno o más routers con diferente capacidad y distintas tablas de direccionamiento. En función de la dirección de destino el paquete recibido se reenvía a uno u otro router o se distribuye dentro de la red de la que forma parte.

En cada salto entre routers se repite este proceso hasta que, al final, el paquete alcanza su destino, diferentes paquetes de una misma comunicación pueden haber seguido rutas distintas. Junto con el envío de un paquete hacia otro router el emisor puede solicitar una confirmación de la recepción, en caso de no recibirse esta confirmación el router tiene capacidad –en función de su memoria- para repetir el envío de un paquete extraviado. Es posible, por tanto, recibir notificación de cuál ha sido el último router en el que la información se ha perdido. La definición de los niveles de seguridad y confirmación dependen del tipo de servicio. En una red con las tablas de enrutamiento óptimamente diseñadas el número de salto de los paquetes es el menor de los posibles.

4.1.2.1.10 SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA

Para los casos en que la energía eléctrica falla, se dispone de un sistema de UPS que brinda un respaldo de unos minutos; tiempo en el que la planta generadora entra en funcionamiento. De esta manera se evita que el servicio de televisión por cable sea suspendido a los clientes.

4.1.2.2 RED TRONCAL

Está formada por la red de fibra óptica, la cual se dirige desde la cabecera hacia los distintos nodos ópticos. La principal ventaja de utilizar fibra óptica en la red troncal es el hecho de transportar la señal una gran distancia sin necesidad de amplificación. En la tabla 4.1 se observa los valores de atenuación para la fibra óptica monomodo.

LONGITUD DE ONDA	ATENUACION MAXIMA PARA EXTERIORES	ATENUACION MAXIMA PARA INTERIORES
1310nm	0.5dB/Km	1.0dB/Km
1550nm	0.5dB/Km	1.0dB/Km

Tabla 4.1 Atenuación en fibra óptica monomodo

Fuente: Los Autores

4.1.2.3 NODO ÓPTICO

Es el equipo en el cual termina la red troncal y comienza la red de distribución. Está constituido por un receptor óptico y un amplificador de radio frecuencia. El receptor óptico se encarga de transformar los pulsos de luz en la señal de radiofrecuencia que contiene los canales de televisión. La conversión es desarrollada por un diodo fotodetector PIN (semiconductor tipo P, semiconductor intrínseco, semiconductor tipo N).

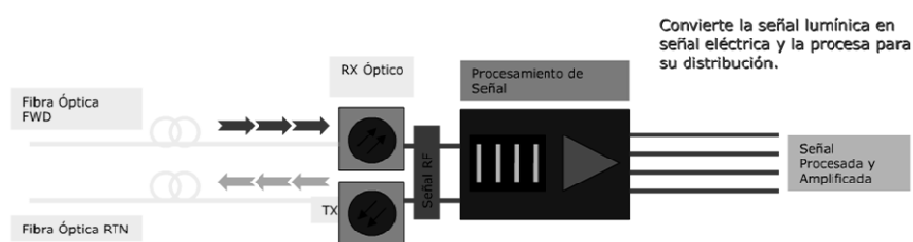


Figura 4.9 Diagrama del nodo óptico

Fuente: Internet

La señal que sale del receptor óptico pasa a un amplificador de radio frecuencia. Este equipo se encuentra instalado en un poste de energía eléctrica; y preferiblemente, debe ser instalado en el centro de la zona a cubrir.

4.1.2.4 RED DE DISTRIBUCIÓN

Está compuesta por una estructura tipo bus de cable coaxial que parte desde el nodo óptico y que lleva las señales provenientes de la cabecera a través del barrio al que se desea dar el servicio hasta la última derivación antes de los hogares de los abonados.

El tipo de cable utilizado para esta parte de la red es cable coaxial estándar #500 con mensajero, ya que presenta mejores características de pérdidas debido a la distancia. En las siguientes tablas se presentan las características físicas, eléctricas y de atenuación de este cable respectivamente.

ELEMENTOS DEL CABLE	DIAMETRO
Conductor interno	2.77
Dielectrico	11.43
Conductor externo	12.70
Chaqueta	14.55

Tabla 4.2 Características físicas del cable coaxial #500

Fuente: Los Autores

CARACTERISTICAS	VALORES
Impedancia característica	75Ω
Capacidad nominal	50pF/m
Velocidad de propagación	87%

Tabla 4.3 Características eléctricas del cable coaxial #500

Fuente: Los Autores

FRECUENCIA (MHz)	ATENUACION (dB/100m)
10	0.7
50	1.6
100	2.0
230	3.6
300	4.2
470	5.3
600	6.0
860	7.4
1000	8.0

Tabla 4.4 Atenuación del cable coaxial #500 con respecto a la frecuencia

Fuente: Los Autores

En la red de distribución se encuentran los siguientes elementos:

- Amplificadores de radio frecuencia
- Tomas (Taps)

4.1.2.4.1 AMPLIFICADORES DE RADIO FRECUENCIA

La pérdida de transmisión, es la reducción en el nivel de la señal conforme esta avanza a través de los cables de la red. La atenuación presentada por el cable es función de la frecuencia, lo que provoca que los canales de frecuencias más altas sufran una mayor degradación que los canales de frecuencias más bajas. Estas características del sistema, atenuación y respuesta en frecuencia, son compensadas en la red con la inclusión de amplificadores. Todos los amplificadores hoy utilizados, se alimentan a través del mismo cable de señal.

En la siguiente figura muestra los bloques básicos de un amplificador de radio frecuencia bidireccional, en el que se amplifican en sentido cabecera-usuario las frecuencias comprendidas entre los 50MHz y los 750MHz y en sentido inverso las frecuencias comprendidas entre 5MHz y 30MHz.

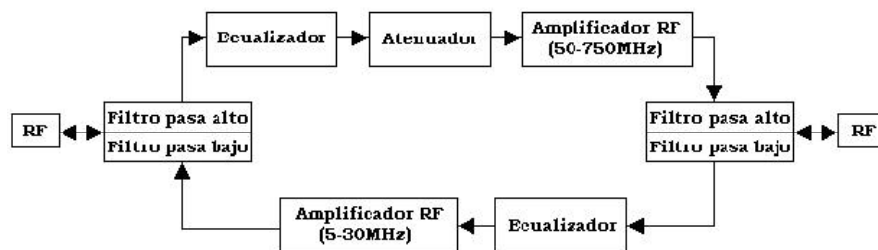


Figura 4.10 Diagrama de bloques de un amplificador de RF

Fuente: Internet

Para considerar que la señal de radio frecuencia debe ser amplificada, ésta se debe encontrar entre los 22dBmV y los 24dBmV. La tabla 4.5 presenta los niveles de salida para las diversas frecuencias a las que trabajan los amplificadores.

FRECUENCIA (MHz)	NIVEL DE SALIDA (dBmv)
870	45
550	44
52	37
40	41

Tabla 4.5 Amplificación respecto a la frecuencia

Fuente: Los Autores

4.1.2.4.2 TOMA (TAP)

Este dispositivo permite derivar una parte de la energía de radio frecuencia hacia la red de acometida; los parámetros que más definen a un tap son:

- **Valor en dB de la derivación:** es el valor en dB que la señal de RF se atenúa desde la red de distribución con relación a las salidas derivadas.
- **Número de salidas:** es el número de salidas derivadas del tap
- **Valor en dB de la inserción:** es el valor en dB que la señal de RF se atenúa a través de la red de distribución.

4.1.2.5 RED DE ACOMETIDA

Es la parte de la red a través de la cual la señal de radio frecuencia llega al televisor desde una de las salidas derivadas del tap. El tipo de cable utilizado para esta parte de la red es cable coaxial estándar #6, ya que presenta mejores características físicas/mecánicas para su instalación dentro de las casas de los abonados. En las siguientes tablas se presentan las características físicas, eléctricas y de atenuación de este cable respectivamente.

ELEMENTOS DEL CABLE	DIAMETRO
Conductor interno	1.02
Dieléctrico	4.57
Conductor externo	4.78
Chaqueta	6.93

Tabla 4.6 Características físicas del cable coaxial #6

Fuente: Los Autores

CARACTERISTICAS	VALORES
Impedancia característica	75Ω
Capacidad nominal	53pF/m
Velocidad de propagación	82%

Tabla 4.7 Características eléctricas del cable coaxial #6

Fuente: Los Autores

FRECUENCIA (MHz)	ATENUACION (dB/100m)
10	2.0
50	4.5
100	6.3
230	9.6
300	11.0
470	13.9
600	15.7
860	18.9
1000	20.4

Tabla 4.8 Atenuación del cable coaxial #6 con respecto a la frecuencia

Fuente: Los Autores

En la red de acometida encontramos los siguientes elementos:

- Divisores (Splitters)
- Filtros

4.1.2.5.1 DIVISORES (SPLITTERS)

Los divisores o splitters son dispositivos que dividen la energía de RF de la entrada en dos partes iguales; es decir, divide la señal de entrada y la reduce en 3dB; este valor es teórico, ya que normalmente se obtiene valores entre los 3.5 y 4.5dB (por pérdidas adicionales en la conexión), los cuales deben ser considerados al momento de la instalación, para garantizar un buen nivel de señal a la entrada del televisor. Las pérdidas de inserción son un valor muy importante a la hora de hacer la instalación en el usuario, ya que se debe garantizar en la entrada del televisor niveles de potencia comprendidos entre los 3 dBmV y los 10 dBmV.

4.1.2.5.2 FILTROS

Dentro de la señal que ingresa al televisor del usuario, también se encuentra la señal del canal PPV; para recuperar ésta señal y poderla visualizar, es necesario instalar un equipo diseñado especialmente para que module y filtre la frecuencia del canal PPV y recupere la sincronía de la portadora de video. La acción de este filtro se limita exclusivamente al canal pago por ver y no tiene efecto alguno sobre la frecuencia del resto de canales.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA RED HFC IMPLEMENTADA

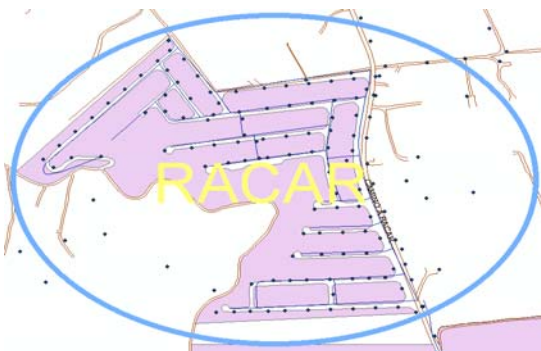
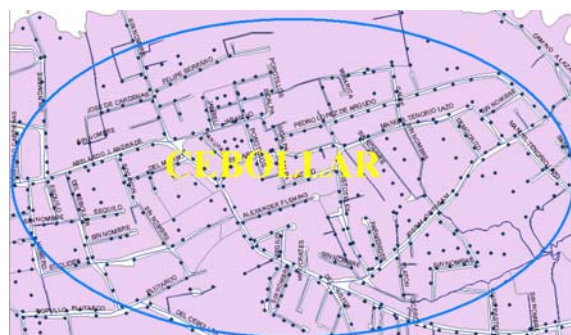
La red implementada pertenece a la empresa cuencana de televisión por cable denominada SERVICABLE Cia. Ltda., la misma que inicio a brindar su servicio en octubre del 2006 cubriendo varias zonas de la ciudad de Cuenca, en las cuales la señal de canales nacionales eran deficientes y además no existían otras operadoras de televisión por cable que brinden el servicio.

4.2.1 SECTORES DONDE SE ENCUENTRA IMPLEMENTADA LA RED EN LA CIUDAD DE CUENCA

Hasta la fecha la empresa SERVICABLE CIA LTDA., tiene distribuidos su red en los barrios de:

- Trigales
- Patamarca
- Orquídeas
- El rosal
- Barzallo
- Uncovia
- Católica
- Cebollar
- Racar
- Quinta chica
- Eucaliptos
- Altiplano
- Monay

Además cuenta con una red exclusiva para el HOSPITAL DEL RIO



4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED.

La empresa SERVICABLE en la actualidad tiene montada una red HFC en las zonas antes mencionadas, la misma que brinda únicamente el servicio de televisión, a continuación se describirá la infraestructura existente.

4.2.2.1 CABECERA

La cabecera de SERVICABLE esta ubicada en la calle Coronel Monsalve sector Trigales altos de la ciudad de Cuenca donde se reciben las señales de televisión provenientes de satélites y estaciones terrenas a través de diferentes tipos de antenas.

En la actualidad en la cabecera, se observan los siguientes equipos:

- Antenas para recepción satelital
- Antenas para recepción terrestre
- Decodificadores
- Demodulador
- Moduladores
- Combinador
- Amplificador de cabecera
- Transmisor óptico
- Coupler óptico
- ODF
- Sistema de refrigeración
- Sistema eléctrico de emergencia

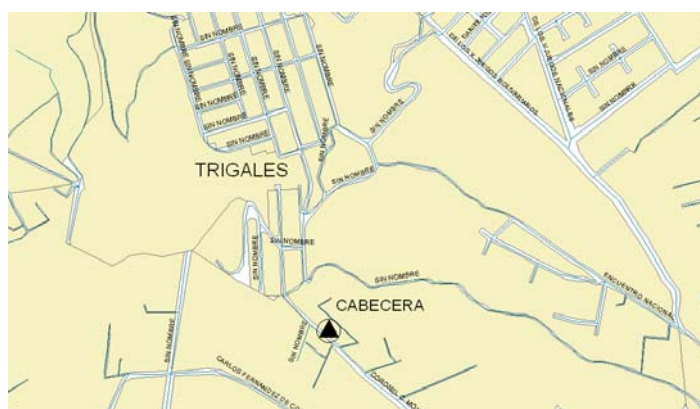


Figura 4.12 Ubicación de la Cabecera

Fuente: Los Autores

4.2.2.1.1 ANTENAS PARA RECEPCIÓN SATELITAL

SERVICABLE dispone de 5 antenas parabólicas instaladas en la azotea del inmueble para la cabecera, las parabólicas trabajan en la banda C del espectro electromagnético, la cual está comprendida entre los 4GHz y los 6 GHz y la banda KU comprendida entre los 12 a 18 GHz. La captación de canales internacionales se la realiza en las frecuencias comprendidas entre los 3.7GHz y los 4.2GHz; tanto en polarización vertical como en horizontal; dependiendo del satélite a utilizar.

SERVICABLE recibe las señales de los siguientes satélites:

BANDA C	BANDA KU
INTELSAT 805	ISPASAT 1C
INTELSAT 806	
PANAMSAT PAS 3	
PANAMSAT PAS 9	

Tabla 4.9 Banda de Antenas Satelitales

Fuente: Los Autores

4.2.2.1.2 ANTENAS PARA RECEPCIÓN TERRESTRE

SERVICABLE cuenta con 6 antenas para recepción terrestre instaladas estratégicamente sobre la azotea de la cabecera, para evitar posibles interferencias debido a construcciones altas. Las antenas para recepción terrestre captan las señales nacionales de las antenas repetidoras ubicadas en el sector Icto Cruz (Turi).

4.2.2.1.3 DECODIFICADORES

La señal obtenida de la antena satelital viene protegida mediante códigos que designa cada proveedor de canales, este equipo se encarga de separar los distintos canales provenientes de un mismo satélite utilizando el código adquirido por el proveedor permitiendo desbloquear la señal del canal designado, obteniendo a la salida la señal de audio y video por separado. La empresa brinda 49 canales en total, los cuales son 36 canales internacionales, 12 canales nacionales y 1 canal de uso exclusivo de la empresa.

4.2.2.1.4 DEMODULADOR

Las señales captadas por las antenas de recepción terrestre o mejor dicho los canales nacionales, pasan a un equipo demodulador. En nuestro país, algunos canales se transmiten en 2 frecuencias; y es mediante este equipo, que se discrimina la señal con mejores niveles de recepción. La programación de este equipo es más sencilla, ya que únicamente necesita como parámetros la frecuencia a captar y la frecuencia de salida de la señal, se tiene a la salida la señal de audio y la de video por separado. Las señales de audio y video a la salida de un procesador de señal, pasan a un modulador.

4.2.2.1.5 MODULADORES

Una vez obtenidas las señales de audio y video de cada canal internacional y de cada canal nacional, éstas pasan por un equipo modulador; en SERVICABLE se utilizan 49 moduladores en los cuales, son ecualizadas para corregir la diferencia de amplitud en función de la frecuencia provocada por el cable. Dependiendo del tipo de modulador, esta frecuencia puede ser fija o sintonizable; luego de la etapa de modulación, las señales son filtradas para eliminar los armónicos propios de la modulación; a continuación las portadoras moduladas de audio y video son amplificadas para garantizar calidad en la señal del canal.

4.2.2.1.6 COMBINADORES

A la salida de cada modulador se encuentra una señal RF de determinada frecuencia; como todas deben viajar por el mismo canal, se emplean 4 combinadores, los cuales multiplexan en frecuencia las señales que reciben.

Una vez que todas las señales son combinadas en una sola, ésta es derivada y una parte de la señal se distribuye hacia los usuarios más cercanos a la cabecera mientras que la otra señal pasa al transmisor óptico.

4.2.2.1.7 AMPLIFICADOR DE CABECERA

Ya que se debe tener un monitoreo de la señal que se esta enviando, se necesita tener una pequeña red de distribución la misma que constara de un amplificador que se va ha encontrar dentro de la cabecera, el mismo que nos brindara la señal de monitoreo.

4.2.2.1.8 TRANSMISOR ÓPTICO

Este equipo se encarga de transformar la señal de radiofrecuencia compuesta por todos los canales a transmitir en pulsos de luz; con la finalidad de transportarla por fibra óptica hasta un punto central del barrio al cual se desea brindar el servicio de televisión por cable.

4.2.2.1.9 COUPLER ÓPTICO

Es un splitter óptico el cual sirve para dividir la señal obtenida de los transmisores ópticos en diferentes niveles de señal los cuales se emplearan para enviar la señal a los distintos nodos ópticos.

4.2.2.1.10 ODF

El ODF es un sistema de protección de la unión entre las distintas fibras ópticas que se derivan a los distintos sectores donde se encuentran los nodos.

4.2.2.1.11 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Ya que los equipos instalados dentro de la cabecera emiten calor, el mismo que puede producir sobrecalentamiento, se tiene instalado un sistema de refrigeración que mantenga a los equipos en un margen de temperatura de trabajo optimo de los mismos.

- Barrial Blanco y Valentín Martínez. (Cdla. Católica)
- Abelardo J. Andrade y S/N. (Racar)
- Alexander Fleming y Abelardo J. Andrade (Cebollar)
- Av. Las Américas y San Pablo del Lago. (Quita Chica)
- Gonzales Suarez y Cajamarca. (Altiplano, Eucaliptos)
- Av. Las Américas y Circunvalación Sur. (Hospital del Rio)
- Popayan y Managua. (Monay)



Figura 4.14 Ubicación de los Nodos Ópticos

Fuente: Los Autores

4.2.2.4 RED DE DISTRIBUCIÓN

Está compuesta por una estructura tipo bus de cable coaxial que parte desde el nodo óptico de cada sector y que lleva las señales provenientes de la cabecera hasta la última derivación antes de los hogares de los abonados. El tipo de cable utilizado por la empresa para esta parte de la red es cable coaxial estándar #500 con mensajero el cual llega hasta los distintos amplificadores, desde ahí la red que llega hasta los taps es de cable coaxial estándar #11 con mensajero

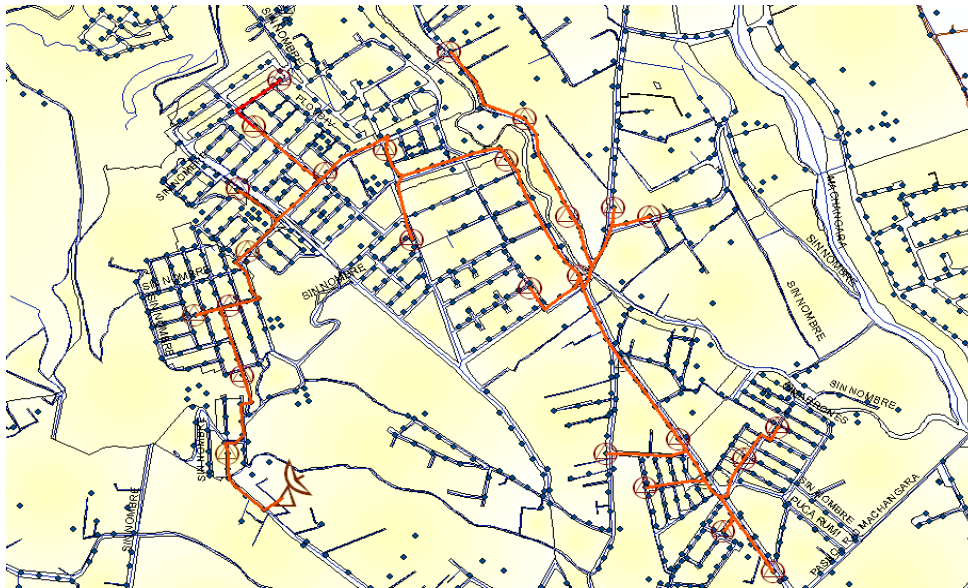


Figura 4.15 Red de distribución

Fuente: Los Autores

En la siguiente tabla se presentan las características físicas, eléctricas y de atenuación de estos cables.

Elementos de Cable	Diametro (mm)
Conductor Interno	2.77
Dielectrico	11.43
Conductor externo	12.70
Chaqueta	14.55

Tabla 4.10 Características físicas del cable coaxial #500

Fuente: Los Autores

Características	Valores
Impedancia característica	75Ω
Capacitancia nominal	50pF/m
Velocidad de propagación	87 %

Tabla 4.11 Características eléctricas del cable coaxial #500

Fuente: Los Autores

Frecuencia (Mhz)	Atenuación (dB/100m)
10	0.7
50	1.6
100	2.0
230	3.6
300	4.2
470	5.3
600	6.0
860	7.4
1000	8.0

Tabla 4.12 Atenuación del cable coaxial #500 con respecto a la frecuencia

Fuente: Los Autores

Elementos de Cable	Diametro (mm)
Conductor Interno	1.62
Dielectrico	7.11
Conductor externo	10.03
Chaqueta	10.3

Tabla 4.13 Características físicas del cable coaxial #11

Fuente: Los Autores

Características	Valores
Impedancia característica	75Ω
Capacitancia nominal	67pF/m
Velocidad de propagación	66 %

Tabla 4.14 Características eléctricas del cable coaxial #11

Fuente: Los Autores

Frecuencia (Mhz)	Atenuación (dB/100m)
10	2.18
50	5.25
100	7.55
200	10.80
400	15.80
1000	25.60
3000	54.00

Tabla 4.15 Atenuación del cable coaxial #11 con respecto a la frecuencia

Fuente: Los Autores

En la red de distribución de la empresa además cuenta con:

- Amplificadores unidireccionales.
- Taps.

4.2.2.5 RED DE ACOMETIDA

Es la parte de la red a través de la cual la señal de radio frecuencia llega al televisor desde una de las salidas derivadas del tap. El tipo de cable utilizado por la empresa para esta parte de la red es cable coaxial estándar #6. En las tablas 4.6, 4.7, 4.8, presentadas en el este capítulo, se presentan las características físicas, eléctricas y de atenuación de este cable respectivamente.

4.2.3 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS.

Las siguientes tablas muestran un resumen de los equipos que se encuentran instalados en la empresa SERVICABLE.

Dispositivo	Cantidad
Antenas satelitales	5
Antenas terrestres	6
Receptores satelitales	5
Demoduladores	12
Moduladores	49
Combinadores	4
Amplificador	1
Transmisores ópticos	3
Coupler óptico	3
ODF	1

Tabla 4.16 Equipos de Cabecera

Fuente: Los Autores

Dispositivo	Cantidad
Nodos ópticos	7
Amplificadores	120
Taps	1600

Tabla 4.17 Equipos de toda la red existente

Fuente: Los Autores

4.3 ANÁLISIS DEL EMPAQUETAMIENTO DE SERVICIOS EN LA RED DE LA EMPRESA PARA SU IMPLEMENTACIÓN

Dado que el servicio de televisión por cable es unidireccional; es decir, que solo existe envío de información desde la cabecera hacia el usuario, la empresa SERVICABLE tiene conectado un hilo de fibra óptica para la transmisión de TV; sin embargo, los servicios de telefonía e Internet requieren comunicación bidireccional, razón por la cual, es necesario que se conecte un segundo hilo de fibra óptica llamado retorno, el cual será destinado para la comunicación en sentido ascendente (usuario-cabecera). Una vez analizado el problema de la comunicación bidireccional, se constituye en el punto más crítico y vulnerable del sistema no tener una red redundante, puesto que un corte o cualquier daño que se produzca sobre el mismo afectaría a toda la red, suspendiendo el servicio a todos los usuarios; es por esta razón, que es indispensable la instalación de un sistema de redundancia para la red primaria; el cual, debe ser instalado por un camino diferente al ya existente.

Otro inconveniente es el hecho de que la señal de televisión por cable viaja sin codificación hasta el usuario final; y es por esta razón, que cualquier persona con conocimientos básicos sobre electrónica puede derivar la señal a nivel de la red de acometida mediante un splitter; sin que la empresa pueda evitarlo ni detectarlo. La inclusión de splitters por el mismo usuario o por personas ajenas es recién detectable cuando el usuario se queja debido a la mala calidad de señal que llega a su televisor. La solución a este inconveniente sería enviar la señal de televisión codificada desde la Cabecera y decodificarla antes de ingresar al televisor, la empresa no tiene entre sus planes la codificación de la señal por cuanto las pérdidas no justifican la inversión necesaria para prevenirlas, ya que existe un control permanente en la red existente.

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, la señal compuesta por los datos de Internet, voz y televisión puede ser derivada hacia otro usuario sin que éste haya contratado los servicios. Este inconveniente queda solucionado para los servicios sobre IP gracias al estándar DOCSIS.

4.3.1 MODIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED PARA TRIPLE PLAY

La modificación del diseño para que la red convencional HFC sea capaz de ofrecer los servicios de triple play consta de dos partes:

- Modificar la red de distribución para que soporte la bidireccionalidad del servicio.
- Equipar la cabecera de la red con los dispositivos adecuados.

En efecto para brindar los servicios de triple play se debe habilitar un canal descendente destinado a la transmisión de datos desde la cabecera al usuario y otro ascendente en sentido contrario. Todos los usuarios podrán transmitir y recibir datos a través del mismo medio.

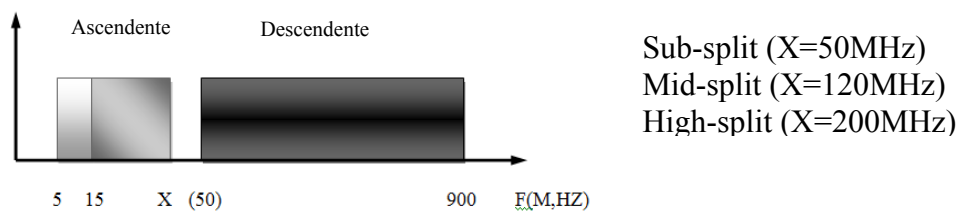


Figura 4.16 Canalización

Fuente: Los Autores

Para la distribución de las frecuencias generalmente se habilita la zona inferior del espectro para el canal ascendente, la división entre el espacio ascendente y el descendente se suele situar hacia los 50 MHz, estructuración llamada sub-split. Aunque esto es lo habitual, hay alternativas conocidas como mid-split y high-split, que sitúan la frontera entre ambos sentidos entorno a 120 y 200 MHz, respectivamente. Teóricamente el canal ascendente comienza en 5 MHz, en la práctica se dice que la zona entre 5 y 15 Mhz. es altamente ruidosa, por lo que en muchos caso no se utilizara. La bidireccionalidad de la red obliga a que los amplificadores sean modificados para poder separar los canales ascendentes y descendentes, de modo que los amplifique por separado.

En cuanto a la cabecera, se debe instalar un proveedor de servicios (Internet, telefonía y video). El equipamiento necesario en la cabecera de la red dependerá del sistema que se requiera esto puede ser simétrico o asimétrico.

Sistema Simétrico

En los sistemas simétricos se tiene un canal ascendente por un canal descendente. El ancho de banda de ambos canales será idéntico.

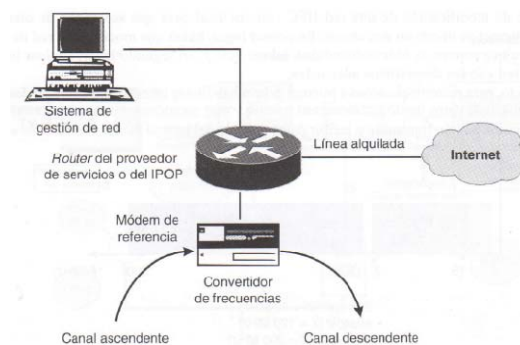


Figura 4.17 Equipamiento en la cabecera para un sistema simétrico

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

En este caso se deberá instalar en la cabecera los siguientes dispositivos:

- **Convertidor de frecuencias:** Pasa el canal ascendente a uno descendente es necesario uno por cada par de canales habilitados para transmitir datos.
- **Módem de referencia:** Este módem está conectado a Internet por medio del router perteneciente al proveedor de servicios. A demás está unido a la red de cable a través del convertidor de frecuencias, siendo su entrada la salida del convertidor y su salida la entrada de este. Esto implica que todo el tráfico del canal ascendente pasa a través del convertidor de manera transparente al canal descendente con lo que se está ocupando ancho de banda innecesariamente caso de que el destinatario se encuentre en otra red o subred.

- **Software de control del sistema:** Un ordenador situado en la cabecera se encargará de todas las funciones de gestión de red. Podremos utilizar el estándar e gestión de red de Internet SNMP (Simple Network Managment Protocol) sobre una plataforma Unix o un software desarrollado por alguna compañía fabricante de módems de cable. Generalmente, estos paquetes desarrollan las siguientes funciones:
 - Autorización de los equipos que pueden funcionar en cada red.
 - Soporte para OSS/BSS (Operational Support System / Busyness Support System); éste es el interfaz hacia el sistema de gestión y hacia el sistema de tarificación, respectivamente.
 - Asignación de direcciones IP.
 - Configuración de los parámetros del software cliente/servidor de cada terminal.
 - Reloj que proporcione la hora sincronizada a todos los componentes del sistema.
 - Asignación de las frecuencias de transmisión y recepción a cada uno de los módems de la red.
 - Gestión y control centralizado de la red.

Sistema Asimétrico

En los sistemas Asimétricos cada subred está formada por varios canales ascendentes y un canal descendente e lo que se deduce que el ancho de banda de éste será mayor al de los canales ascendentes. En este caso deberemos añadir a los componentes de proveedor un ordenador con el software de control de la red y un equipo de cabecera formado por:

- **Módulo de recepción:** Se debe tener en el equipo de cabecera tanto módulos de recepción como canales ascendentes. La salida de estos módulos tendrá un formato estándar como puede ser Ethernet e irá conectada a otra parte del equipo de cabecera que ejercerá la función de encaminamiento de los paquetes de datos. Puesto que el número de canales ascendentes aumentará con el nivel de penetración del servicio de acceso a Internet. El número de

módulos de recepción del equipo de cabecera deberá ser fácilmente ampliable.

- **Módulo de encaminamiento:** En esta parte del equipo de cabecera se analizará cada paquete de datos para decidir si debe ser enviado a una subred del sistema de cable o hacia Internet. De este modo se evitará la ocupación indebida del ancho de banda de la red.
- **Modulo de transmisión:** Se necesitara uno por cada canal descendente habilitado para la transmisión de datos. La entrada de estos tendrán el mismo formato que las salidas del modulo de recepción y será una de las salidas del modulo de encaminamiento. Este dispositivo se encargara de difundir los parámetros de operación que recibe periódicamente del sistema de gestión de red a los módems que están funcionando en el sistema y transmitir cada cierto tiempo un conjunto de parámetros para que los módems recién conectados puedan configurarse. De esta forma, los módems están continuamente adaptados a las características cambiantes del canal.
- **Software de control del sistema:** este será similar al necesario para sistemas simétricos.

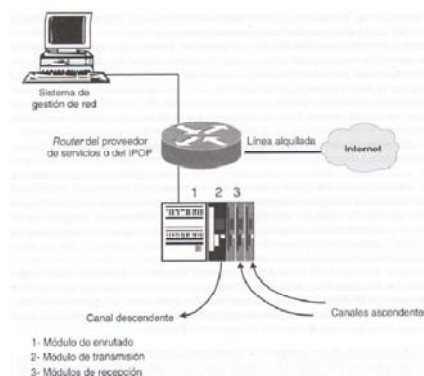


Figura 4.18 Equipamiento en la cabecera para un sistema simétrico

Fuente: HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, 2004

Una vez visto cuales son las modificaciones que se debe realizar en la red se procederá a detallar los respectivos cambios. La principal modificación en la red que se determinó, es la necesidad de conectar un segundo hilo de fibra óptica para el sentido usuario-cabecera, así como la instalación de un sistema de redundancia para la red primaria.

La red primaria presentara una disposición en anillo, realizada con un cable de fibra óptica monomodo de 12 hilos con la siguiente distribución:

- 4 fibras para el camino descendente: 2 fibras para la línea principal (1 para el video y la otra para datos) y dos para el respaldo (Camino redundante)
- 4 fibras para el camino ascendente: 2 fibras para la línea principal (1 para el video y la otra para datos) y dos para el respaldo (Camino redundante).
- 4 fibras de reserva: en caso que se suscite un problema

Dentro de esta modificación es necesario agregar un receptor óptico en la Cabecera, el cual será el encargado de recibir los pulsos de luz y transformarlos en la señal de radio frecuencia que contiene los datos provenientes de los servicios de telefonía e Internet de banda ancha proveniente de los usuarios.

La trayectoria planteada para el sistema de redundancia es completamente diferente a la trayectoria de la fibra óptica ya instalada por lo que no se cruzan en ninguna parte del trayecto, además se cambiara el posicionamiento del nodo óptico que se encuentra el sector de Racar. Por lo tanto la trayectoria planteada para el sistema de redundancia se puede ver en la figura 4.19 la misma que tendrá una longitud de 15322 m.

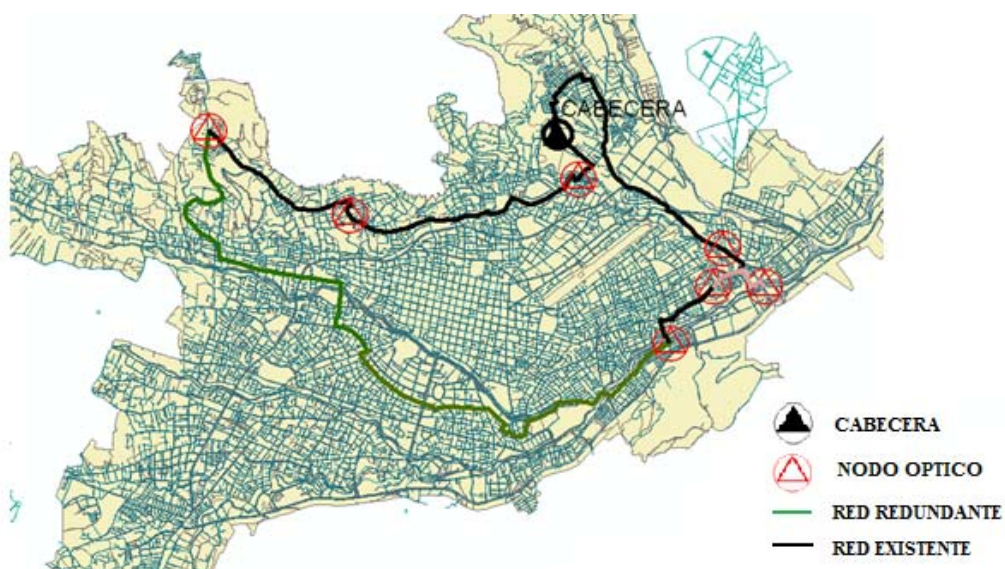


Figura 4.19 Red de fibra redundante

Fuente: Los Autores

En la figura 4.20 se observa la infraestructura requerida tanto en la cabecera como en el lado del usuario para brindar los nuevos servicios. En la cabecera se puede observar que el CMTS permite el acceso de los usuarios hacia la red de Internet y hacia los servidores de video en el caso del servicio de televisión IP; además, el CMTS enruta el tráfico telefónico hacia el Softswitch, el cual sirve de interface entre la red HFC y la red telefónica tradicional.

Diagrama de un sistema de comunicación por satélite para televisión por cable. El sistema incluye una Antena Receptora que se conecta a un Receptor-Modulador satelital. Este se conecta a un CMTS (Cable Modem Termination System) que también está conectado a un Softswitch, un Router, un Policy Server y Servidores. El CMTS se conecta a un Nodo Óptico, que a su vez se conecta a un FIBRA Óptica. La FIBRA Óptica se conecta a un Amplificador de RF (Amp. RF) y un Tap, que finalmente se conecta a un MTA (Modem Terminal de Acceso) que sirve a los usuarios finales (computadora, teléfono, televisión). El sistema también incluye una conexión al Internet a través del Router.

Legenda:

- Combinador RF
- Tx/Rx óptico

Fuente: Los Autores

4.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL ANCHO DE BANDA.

Para definir el ancho de banda a utilizar, primero debemos determinar el retraso de transmisión en la red. El retraso existente entre el Cable Módem más lejano y el CMTS debe encontrarse dentro de los 800µs permitidos por el estándar DOCSIS (Cap.2 tablas 5-6), para esto se debe dividir la distancia correspondiente, entre la cabecera y el nodo más distante, la velocidad de transmisión dependerá del medio que se utilice. La velocidad de propagación de los cables coaxiales utilizados en la red de distribución es del 87% de su valor de transmisión como se pudo observar en las características de los cables.

Para determinar el retraso de transmisión existente a través de un tramo de la red, la ecuación utilizada es:

$$t = d/v$$

Para calcular el retraso de transmisión a nivel de la red troncal, se considera 2 rutas.

- La primera ruta recorre en sentido antihorario, desde la cabecera hasta el nodo ubicado por el sector Quinta Chica; debido a que esta distancia es mayor que la que recorre la fibra óptica en caso de ruptura de la misma. El retraso de transmisión al recorrer la red troncal es:

$$d = 22500 \text{ m}$$

$$v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$t = 22500 / 3 \times 10^8$$

$$t_1 = 75 \mu s$$

- La segunda ruta, recorre en sentido horario, desde la cabecera hasta el nodo ubicado por el sector Cdla. Católica; debido a que esta distancia es mayor que la que recorre la fibra óptica en caso de ruptura. El retraso de transmisión al recorrer la red troncal es:

$$d = 26800 \text{ m}$$

$$v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$t = 26800 / 3 \times 10^8$$

$$t_2 = 89.33 \mu s$$

Para calcular el retraso de transmisión al recorrer la red de distribución, se considera que la velocidad de propagación a través del cable coaxial # 500 es del 87% de la velocidad de la luz en el vacío, como esta especificado en las características del cable. Con esta consideración, se tiene que el retraso de transmisión al recorrer la red de distribución es de:

$$d = 2630\text{m}$$

$$v = 0.87 \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

$$t = 2630 / (0.87 \times 3 \times 10^8)$$

$$t = 10.07 \mu\text{s}$$

Para calcular el retraso de transmisión al recorrer la red de acometida, se considera que la velocidad de propagación a través del cable coaxial # 6 es del 82% de la velocidad de la luz en el vacío, también indicado en las características del cable. Con esta consideración, se tiene que el retraso al recorrer la red de acometida es de:

$$d = 80\text{m}$$

$$v = 0.82 \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

$$t = 80 / (0.82 \times 3 \times 10^8)$$

$$t = 0.33 \mu\text{s}$$

El retraso de transmisión total es igual a la suma de los retrasos parciales en cada ruta de la red, por lo que el retraso de transmisión total es:

$$t_1 = 75 + 10.07 + 0.33$$

$$t_1 = 85.40 \mu\text{s}$$

$$t_2 = 89.33 + 10.07 + 0.33$$

$$t_2 = 99.73 \mu\text{s}$$

Se puede observar que los tiempos de retraso existente en las dos rutas se encuentran dentro de los 800 μs permitidos por el estándar DOCSIS.

4.3.2.1 CAPACIDAD REQUERIDA PARA EL SERVICIO DE INTERNET

Para brindar el servicio de internet es necesario realizar el cálculo de la capacidad requerida en la red; de este cálculo, se determinará el número de equipos que satisfacen los requerimientos del sistema. Para desarrollar el cálculo, se considerará los valores de la penetración del servicio de Internet en Cuenca según los indicadores de la empresa Etapa, es del 4.09% Se considerará aproximadamente 12000 hogares existentes en todos los sectores que brinda servicio la empresa

El número de usuarios del servicio de internet sería:

$$\# \text{ Usuarios} = 12000 \times 0.0409$$

$$\# \text{ Usuarios} = 490$$

Para el cálculo de la capacidad se considera los resultados de las encuestas realizadas por la empresa SERVICABLE a sus usuarios, los encuestados²² fueron 1137 usuarios de los cuales el 81% estarían dispuestos a acceder el servicio de internet.

Las velocidades ofrecidas por la empresa fueron:

Tipo de usuario	Velocidad contratada	Porcentaje de Usuarios
A	64/32 Kbps	15%
B	128/64 Kbps	57%
C	256/128 Kbps	25%
D	512/256 Kbps	3%

Tabla 4.18 Porcentaje de usuarios en las velocidades de internet

Fuente: Los Autores

El servicio de Internet de banda ancha se caracteriza por que la tasa de transferencia de datos descendente (cabecera-usuario) es mayor que la tasa de transferencia en sentido contrario. El primer valor de la velocidad contratada corresponde al canal descendente, mientras que el segundo valor corresponde al canal ascendente.

²² Tablas de encuesta realizadas por la Empresas, ver en anexos.

En la tabla se observa la clasificación de los usuarios según la velocidad contratada así como el número estimado de usuarios dentro de cada clase.

Tipo de usuario	Velocidad contratada	Usuarios
A	64/32 Kbps	74
B	128/64 Kbps	279
C	256/128 Kbps	122
D	512/256 Kbps	15

Tabla 4.19 Proyección de usuarios del servicio de Internet en Servicable.

Fuente: Los Autores

Para calcular la capacidad necesaria para cada clase de usuario, multiplicamos la velocidad contratada por el número de usuarios que han contratado dicha velocidad. En la tabla se muestra la capacidad requerida por cada clase de usuario tanto en el canal de bajada como en el de subida.

Tipo de usuario	Velocidad contratada	Capacidad total
A	64/32 Kbps	4736/ 2368 Kbps
B	128/64 Kbps	35712/ 17856 Kbps
C	256/128 Kbps	31232 / 15616 Kbps
D	512/256 Kbps	7680 / 3840 Kbps

Tabla 4.20 Capacidades necesarias para el servicio de Internet

Fuente: Los Autores

Dado que el servicio de Internet no es ocupado durante todo el tiempo por los usuarios, se empleará compresión 8 a 1 en los usuarios pertenecientes a las clases A y B; mientras que los usuarios que pertenecen a las clases C y D se emplearán compresión 4 a 1.

En la tabla se observa la capacidad requerida al utilizar compresión.

Tipo de usuario	Capacidad total sin compresión	Capacidad total con compresión
A	4736/ 2368 Kbps	592/296 Kbps
B	35712/ 17856 Kbps	4464/2232Kbps
C	31232 / 15616 Kbps	7808/3904 Kbps
D	7680 / 3840 Kbps	1920/960 Kbps

Tabla 4.21 Capacidades necesarias con compresión

Fuente: Los Autores

La capacidad total necesaria para brindar el servicio de Internet es igual a la suma de las capacidades individuales mostradas en la tabla.

Capacidad total = **14.78 / 7.33 Mbps**

Para hallar el número de canales de 6 MHz necesarios; se debe hallar la relación entre la capacidad total requerida para el servicio de Internet y la velocidad de transferencia de datos permitidas por DOCSIS, tanto en el canal descendente como en el ascendente. Estas velocidades se encuentran en la siguiente tabla.

Ancho de banda (Mhz)	Tasa de Transferencia de datos (Mbps)	
	64- QAM	256-QAM
6	30.34 (27)	42.88 (38)
8	40.44 (36)	57.20 (51)

Tabla 4.22 Transferencia de datos en el canal de bajada

Fuente: Los Autores

Para el tráfico descendente se tiene:

$$\# \text{ canales} = \frac{14.78 \text{ Mbps}}{42.88 \text{ Mbps}}$$

$$\# \text{ canales} = 0.34 \approx 1 \text{ canal}$$

Para el tráfico ascendente se tiene:

$$\# \text{ canales} = \frac{7.33 \text{ Mbps}}{30.72 \text{ Mbps}}$$

$$\# \text{ canales} = 0.23 \approx 1 \text{ canal}$$

Al igual que con el servicio de telefonía, se debe garantizar que el servicio de Internet soporte eventuales crecimientos del número de usuarios; razón por la cual, se repite este cálculo considerando la proyección del número de usuarios del servicio de televisión por cable para el año 2015 ya que la empresa hasta esta fecha tiene un proyecto de expansión, utilizando el Método de Gompertz²³.

La ecuación de Gompertz es: $P = e^{(a-br^T)}$

Donde: P es la proyección al año T

T es el tiempo en años a partir de un origen determinado

a, b, r son parámetros de la ecuación. ($r < 1$)

El número de clientes de Servicable en el 2007 (año 0) fue 1600 (no se toma en cuenta el año de inicio de la empresa, ya que fueron 3 meses de servicio). El número de clientes estimado por Servicable para el año 2008 (año 1) fue 2030.

Considerando una saturación del mercado con 4000 clientes a $T = \infty$ se tiene:

$$4000 = e^{(a-br^\infty)}$$

$$4000 = e^a$$

$$a = 8.294$$

Considerando los clientes en el año 2007 ($T = 0$) se tiene:

$$1600 = e^{(8.294-br^0)}$$

$$1600 = e^{(8.294-b)}$$

$$b = 0.91$$

²³ **Ecuación de Gompertz:** Es un modelo sencillo de crecimiento de poblaciones.

Considerando los clientes proyectados al año 2008 ($T = 1$) se tiene:

$$2030 = e^{(8.294 - 0.91r^1)}$$

$$r = 0.75$$

Por lo tanto, la ecuación del crecimiento de la densidad telefónica es:

$$P = e^{(8.294 - 0.91 \times 0.75^T)}$$

El número de clientes para el año 2015 ($T = 8$) será:

$$P = e^{(8.294 - 0.91 \times 0.61^8)}$$

$$P = 3651$$

Para el cálculo de la capacidad en el año 2015 se considera los mismos parámetros de porcentajes de usuarios de internet que se utilizó para el año.

Tipo de usuario	Velocidad contratada	Usuarios
A	64/32 Kbps	548
B	128/64 Kbps	2081
C	256/128 Kbps	913
D	512/256 Kbps	109

Tabla 4.23 Proyección de usuarios del servicio de Internet al año 2015

Fuente: Los Autores

En la tabla se muestra las capacidades necesarias con compresión y sin compresión tanto en el canal de bajada como en el de subida para cada clase de usuario.

Tipo de usuario	Capacidad total sin compresión	Capacidad total con compresión
A	35072/ 17536Kbps	4384/2192Kbps
B	266368 / 133184Kbps	33296/16648Kbps
C	233728/ 116864Kbps	58432/29256 Kbps
D	55808/ 27904Kbps	13952/6976 Kbps

Tabla 4.24 Capacidades necesarias para el servicio de internet

Fuente: Los Autores

La capacidad total necesaria es: **110.06 / 55.03 Mbps**

Para hallar el número de canales de 6 MHz necesarios en sentido descendente es:

$$\# \text{ canales} = \frac{110.06 \text{ Mbps}}{42.88 \text{ Mbps}}$$

$$\# \text{ canales} = 2.57 \approx 3 \text{ canal}$$

En sentido ascendente se tiene:

$$\# \text{ canales} = \frac{55.03 \text{ Mbps}}{30.72 \text{ Mbps}}$$

$$\# \text{ canales} = 1.79 \approx 2 \text{ canal}$$

4.3.2.2 CAPACIDAD REQUERIDA PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA

Para desarrollar el cálculo de la capacidad requerida en la red, se considerará aproximadamente 12000 hogares existentes en todos los sectores que brinda servicio la empresa así como la penetración actual del servicio telefónico en Cuenca, la cual es del 15.4%.

El número de usuarios del servicio telefónico sería:

$$\# \text{ Usuarios} = 12000 \times 0.154$$

$$\# \text{ Usuarios} = 1848$$

La intensidad de tráfico es la relación entre el tiempo que permanece ocupada una línea telefónica con respecto a un tiempo de observación; se mide en Erlangs

Para hallar el tráfico generado por todos los usuarios del servicio, multiplicamos el tráfico promedio por el número total de abonados. Donde el abonado promedio es 0.06 Erl.

$$A = n \times \frac{Erl}{abonado}$$

$$A = 1848 \text{ abonados} \times 0.06 \frac{Erl}{abonado} = 110.88 \text{ Erl}$$

En un sistema en el que cuando todos los equipos están ocupados, y una llamada entrante o saliente no es aceptada, siendo por lo tanto rechazada, se habla de una llamada perdida. Si consideramos una probabilidad de pérdida del 1%, el número de canales necesarios es de:

$$N = 129 \text{ canales}$$

Los códecs presentes en el MTA codifican la señal de voz a 64 Kbps. Un E1 representa 30 canales de voz de 64 Kbps.

$$\#E1 = \frac{129 \text{ canales}}{30 \text{ canales}/E1}$$

$$\#E1 = 4.3 \approx 5E1$$

Para determinar el número de canales de 6 MHz que necesitamos, se debe hallar la relación entre la velocidad de los E1 necesarios y la velocidad permitida por DOCSIS en el canal de subida, por cuanto es en éste donde la velocidad es menor y se podría requerir un mayor número de canales.

$$\#canales = \frac{5E1}{30.72Mbps}$$

$$\#canales = \frac{5 \times 2.048Mbps}{30.72Mbps}$$

$$\#canales = 0.33 \approx 1 \text{ canal}$$

Se ha tomado como referencia la velocidad en el canal de subida permitida por la versión DOCSIS 2.0; ya que en el mercado, todavía no existen equipos que soporten la última versión de este estándar. Para garantizar que el servicio telefónico no colapse y soporte eventuales crecimientos del número de usuarios, se repite este cálculo considerando una proyección de la densidad telefónica para el año 2015. Al igual que con el servicio de Internet, se utiliza la Ecuación de Gompertz junto con la densidad telefónica de los años 2007 y 2008.

La ecuación de Gompertz es:

$$P = e^{(a-br^T)}$$

La densidad telefónica en Cuenca en el año 2007 (año 0) fue del 14.86%.

La densidad telefónica en Cuenca en el año 2008 (año 1) fue del 15.48%

Considerando una densidad telefónica del 100% a $T = \infty$ se tiene que:

$$100 = e^{(a-br^\infty)}$$

$$100 = e^a$$

$$a = 4.605$$

Considerando los clientes en el año 2007 ($T = 0$) se tiene:

$$14.86 = e^{(4.605-br^0)}$$

$$14.86 = e^{(8.294-b)}$$

$$b = 1.906$$

Considerando los clientes proyectados al año 2008 ($T = 1$) se tiene:

$$15.48 = e^{(4.605-1.906r^1)}$$

$$r = 0.979$$

Por lo tanto, la ecuación del crecimiento de la densidad telefónica es:

$$P = e^{(4.605-1.906 \times 0.979^T)}$$

La densidad telefónica al año 2015 ($T = 8$) será:

$$P = e^{(4.605 - 1.906 \times 0.979^8)}$$

$$P = 20.02\%$$

Por lo tanto, el número de usuarios del servicio telefónico proyectados para el año 2015 sería:

$$\# \text{ Usuarios} = 12000 \times 0.20$$

$$\# \text{ Usuarios} = 2424$$

El tráfico total sería:

$$A = n \times \frac{Erl}{abonado}$$

$$A = 2424 \text{ abonados} \times 0.06 \frac{Erl}{abonado} = 145.44 \text{ Erl}$$

Considerando una probabilidad de pérdida del 1%, el número de canales necesarios es de:

$$N = 165 \text{ canales}$$

El número de E1 requeridos es:

$$\#E1 = \frac{165 \text{ canales}}{30 \text{ canales}/E1}$$

$$\#E1 = 5.5 \approx 6E1$$

Determinando el número de canales de 6 Mhz se tiene que:

$$\#canales = \frac{6E1}{30.72Mbps}$$

$$\#canales = \frac{6 \times 2.048Mbps}{30.72Mbps}$$

$$\#canales = 0.4 \approx 1 \text{ canal}$$

En las figuras se observa la distribución en el espectro de frecuencias para los canales ascendentes y descendentes considerando la prestación de los servicios de Internet y telefonía IP.

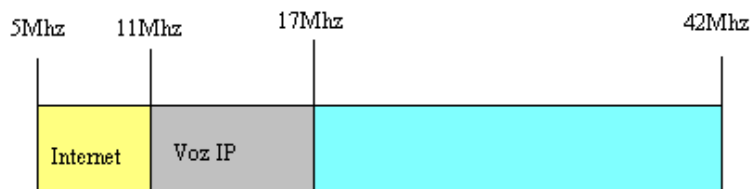


Figura 4.21 Espectro de frecuencias utilizadas en el canal ascendente

Fuente: Los Autores

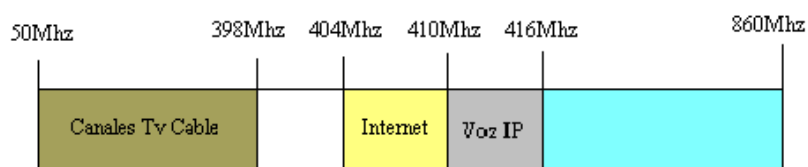


Figura 4.22 Espectro de frecuencias utilizadas en el canal descendente

Fuente: Los Autores

4.3.3 DESCRIPCIÓN DE DISPOSITIVOS A IMPLEMENTARSE

Una vez conocidas las capacidades necesarias y obtenidas los parámetros de funcionamiento para la implementación de los nuevos servicios, se procede a la elección de los equipos que satisfagan nuestros requerimientos.

4.3.3.1 REQUERIMIENTOS GENERALES DE LOS EQUIPOS

De manera complementaria a los requerimientos teóricos que se deben satisfacer, es importante detallar las características generales de los equipos a utilizarse en el diseño del sistema.

A continuación se detallan las características de los equipos que se requieren para el diseño del sistema, organizados de acuerdo a su ubicación en la red en equipos de usuario, elementos en la red de acceso y los de cabecera.

4.3.3.1.1 EQUIPOS DE USUARIO

Los equipos terminales que se sitúan en la residencia del abonado varían de acuerdo a su función, siendo éstos dispositivos como Set-Top-Box, Cable Módem y MTA para los servicios de televisión, datos y telefonía, respectivamente. Sin embargo, organismos de estandarización como Cablelabs especifican dispositivos unificados como el *e-MTA* (MTA+CM) para telefonía y datos ó el *e-STB* (STB+CM) para televisión y datos. El dispositivo dependerá de los servicios con los cuales se abastezca al abonado. En esta parte, las características de los equipos de usuario se detallan por separado de acuerdo a cada aplicación y considerando las normas y pautas que se han venido analizado para la red.

Set Top Box:

- Soporte de video digital MPEG-2 en Definición Estándar (SD).
- Operabilidad (tuner) en el rango de frecuencias 50 – 860 MHz.
- Esquema de modulación 64 QAM / 256 QAM para video digital.
- Video analógico en sistema NTSC.
- Soporte de *Guía de Programación Electrónica EPG* y *Middleware*.
- Mando a distancia.
- Puertos Ethernet 10/100 BaseT (RJ-45).
- Puertos USB.
- Conector tipo “F”, hembra de 75Ω.
- Interfaz de usuario amigable.
- Instalación Plug & Play.

Multimedia Terminal Adapter, MTA:

- Soportar DOCSIS 2.0 y PacketCable 1.5: Con lo cual el dispositivo asegura interoperabilidad con sus respectivas versiones anteriores, soporte de transmisión bidireccional (50-860 MHz en downstream y 5- 42 MHz en upstream), esquemas de modulación 64/256 QAM, QoS y *Dynamic132 QoS*,

soporte de modelos de acceso ATDMA y SCDMA, protocolos de señalización MGCP, NCS y de transporte RTP (*Real Time Protocol*).

- Configuración remota vía SNMP y TFTP.
- Puertos Ethernet 10/100 BaseT (RJ-45).
- Puertos USB.
- Puertos RJ-11 (servicio telefónico).
- LEDs de estado en el panel frontal.
- Conector tipo “F”, hembra de 75Ω.
- Funcionalidades telefónicas: Id.Caller y llamada en espera.
- Códec G.711 (obligatorio en PacketCable).
- Cancelador de eco (T.168 Echo Cancellation).

Cable Modem, CM:

- Soportar DOCSIS 2.0 y PacketCable Multimedia *PCMM*.
- Compatibilidad con computadores Windows®, Macintosh® y Unix®.
- Puertos Ethernet 10/100 BaseT (RJ-45).
- Puertos USB de alta velocidad.
- Cables USB y Ethernet incluidos.
- Configuración remota vía SNMP y TFTP.
- LEDs de estado en el panel frontal.
- Conector tipo “F”, hembra de 75Ω.
- Instalación Plug & Play.

4.3.3.1.2 ELEMENTOS EN LA RED DE ACCESO

Nodos ópticos

Los nodos ópticos a emplearse en el diseño deben tener las siguientes características:

- Soportar tráfico bidireccional en las frecuencias especificadas por DOCSIS. (Forward: 50 ~ 860 MHz; Reverse: 5 ~ 42 MHz).
- Cuatro puertos balanceados de salida RF, bidireccionales e independientes.

- Módulos Atenuador y Ecualizador incluidos.
- Operabilidad en el sistema NTSC.
- Transporte de tráfico multimedia.
- Operabilidad con la longitud de onda especificada para el tipo de fibra óptica a utilizarse.
- Redundancia para trayectorias downstream y upstream.
- Poseer una caja de intemperie para protección en instalaciones aéreas.
- Módulo de fácil actualización y mantenimiento para mínima interrupción del servicio.

Amplificadores RF

- Operatividad en las frecuencias especificadas por DOCSIS.
- Control de atenuación para ajustes de nivel de RF.
- Alta linealidad y bajo ruido.
- Equipamiento para tráfico bidireccional.
- Módulos incorporados (plug-in) de fácil instalación y mantenimiento.
- Caja de intemperie para instalación aérea.
- Control de automático de ganancia.

Componentes pasivos

Elementos como taps, splitters y acopladores, deben operar en las frecuencias establecidas por DOCSIS y poseer elementos y cubiertas de protección.

4.3.3.1.3 EQUIPOS EN CABECERA

CMTS (*Cable Modem Termination System*)

- Soportar DOCSIS 2.0, PacketCable 1.5 y PCMM.
- Rango de frecuencias: 50-860 MHz en downstream y 5-42 MHz en upstream.
- Modulación 64 / 256 QAM en downstream.
- Modelos de acceso en upstream A-TDMA / S-CDMA.

- Administración de tráfico Multicast.
- Transporte diferenciado de servicios de voz, datos y video.
- Escalabilidad y redundancia.
- Múltiples módulos de aplicación para un procesamiento distribuido (Alta disponibilidad).
- Posibilidad del operador para configurar los perfiles de administración del espectro.
- Rendimiento RF superior con transporte bidireccional a alta velocidad aún en redes HFC de bajo rendimiento.
- Aprovisionamiento rápido y sencillo de servicios DOCSIS y PacketCable.
- Soporte de QoS.
- Esquemas de seguridad BPI+.

Servidor de Políticas (*Policy Server*)

De acuerdo a los *Servidores de Políticas* que han alcanzado la certificación de Cablelabs, ésta unidad se implementa sobre un servidor (Tower Server) con las siguientes características:

- Servidor de procesador dual Intel® Xeon®.
- Capacidad de enlaces LAN de alta velocidad (Puertos RJ45).
- Memoria SDRAM y controlador RAID5 para el mejoramiento de la transferencia de datos.
- Puertos serial (RS-232-C), paralelo (Cetronics) y USB 2.0
- Interfaces a Keyboard y Mouse (PS/2).
- Chasis con capacidad para varios discos duros.
- Actualización local (mediante discos extraíbles) o remota (vía LAN).

Softswitch

- Soportar PacketCable 1.5 y los correspondientes protocolos de señalización y control de llamada.

- En función de la arquitectura PacketCable1.5, debe tener incorporado un *Gateway Controller*, un *Signaling Gateway* y un *Media Gateway*. Opcionalmente también un *Media Server* para funcionalidades en la interacción con el usuario (mensajes, anuncios, tonos, etc.).
- Interfaces con sistemas de aprovisionamiento y tarificación.
- CPU de altas capacidades con multiprocesador.
- Conectividad a redes IP-IP e IP-PSTN.
- Ruteo de llamadas en función de la señalización y de los perfiles de usuario (base de datos de clientes).
- Alta disponibilidad y escalabilidad.
- Alta capacidad de procesamiento de tráfico IP.
- Sistema Operativo SOLARIS28 o equivalente.
- Configuración y administración mediante interfaz gráfica.
- Capacidad de transporte de voz, dato y video.
- Conectividad hacia la red SS7 vía interfaces E1/T1.
- Cancelador de eco y detector de silencio.

Transmisores Ópticos

- Operabilidad en las frecuencias especificadas por DOCSIS.
- Operabilidad con la longitud de onda especificada para el tipo de fibra óptica a utilizarse.
- Ecualización ajustable.
- Especificación de los niveles de señal de entrada y salida.
- Alta linealidad en impedancia.
- Control y ajuste de ganancia.
- Conector óptico tipo SC/APC.
- Impedancia de salida RF de 75 Ω .
- LEDs indicadores de estado.

Receptores Ópticos

- Operatividad en las frecuencias de upstream especificadas por DOCSIS.
- Operatividad con la longitud de onda especificada para el tipo de fibra óptica a utilizarse.
- Soporte de un amplio rango de niveles de entrada óptica y salida en RF con distorsión despreciable.
- Fotodiodo de alta eficiencia y amplificación RF avanzada.
- Alta linealidad en impedancia.
- Control y ajuste de ganancia.
- Conector óptico tipo SC/APC.
- Impedancia de salida RF de 75 Ω .
- LEDs indicadores de estado.

CANTIDAD	EQUIPOS	MODELO
1	CMTS	BSR 64000 Motorola
1750	E/MTA	SB5101 Motorola
1	Softswitch	BTS10200
1	Transmisores Ópticos	PFT 1310
2	Receptor óptico	OFR
120	Amplificadores	VGF/VGO 938
60000m	Cable Coaxial	#500
15500m	Fibra Óptica	Monomodo 12 Hilos

Tabla 4.25 Resumen de equipos

Fuente: Los Autores

CAPITULO 5

5 ESTUDIO ECONOMICO DE LA IMPLEMENTACION Y DISTRIBUCIÓN

5.1 ANÁLISIS DEL COSTO DE LOS EQUIPOS.

Ya analizadas las capacidades necesarias para las modificaciones de la red para brindar los nuevos servicios, utilizamos la tabla de resumen de los equipos que se implementaran, así encontraremos los respectivos valores de los equipos.

CANTIDAD	EQUIPOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	CMTS	\$9500	9500
2160	E/MTA	\$32	69120
1	Softswitch	\$9450	9450
1	Transmisor Óptico	\$1760	1760
1	Receptor óptico	\$700	700
1	Receptor óptico	\$680	680
30000m	Cable Coaxial # 500	\$1.11 c/m	33.300
15500m	Fibra Óptica	\$3 c/m	46500
	Varios		3000
VALOR TOTAL			174010

Tabla 5.1 Valor de equipos a Implementar
Fuente: Los Autores

El acceso a Internet de la empresa SERVICABLE se realizará a través de enlaces satelitales, la principal razón es la ubicación de la cabecera, con el acceso satelital no existirá inconvenientes en que la señal llegue a la misma, además se evade el cableado. La inversión requerida para el acceso satelital a Internet se observa en la tabla.

ACCESO INTERNET	VALOR
Instalación de equipos	\$4500
Prestación mensual del servicio	\$1500
VALOR TOTAL	\$6000

Tabla 5.2 Inversión para el acceso satelital a internet
Fuente: Los Autores

5.1.1 INVERSIÓN TOTAL

Los equipos Motorola resultan los más convenientes para brindar los nuevos servicios a implementar como son telefonía e Internet de banda ancha. En la tabla 5.3 se observa los valores de la inversión considerando la implementación de ambos servicios.

INVERSIÓN	VALOR
Valor de equipos	\$174010
Instalación sistema de redundancia	\$20000
Cambio de cable coaxial #11	\$37500
Acceso a Internet	\$6000
Servidor de antivirus	\$1000
Mano de obra de la implementación	\$1800
SUB TOTAL	\$240310
Imprevistos	\$12015
TOTAL	\$252325

Tabla 5.3 Inversión necesaria para implementar los nuevos servicios

Fuente: Los Autores

5.2 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LOS SERVICIOS A BRINDAR.

Para determinar el tiempo que le tomará a SERVICABLE recuperar la inversión realizada con la introducción de los nuevos servicios, se utilizará el método del Valor Actual Neto ($VAN = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$), que consiste en traer al valor presente los ingresos y egresos provenientes de la prestación del servicio de Internet.

Para determinar los ingresos se multiplica el número de usuarios proyectado año a año dentro de cada categoría por el valor de la capacidad contratada. Para determinar los egresos se ha considerado únicamente el valor del enlace a Internet satelital. En la tabla 5.13 se muestra los precios sugeridos para las distintas capacidades a ofrecer. Estos precios fueron sugeridos en base a los valores cobrados por otra empresa de cable.

VELOCIDAD CONTRATADA	PRECIO SUGERIDO
64 / 32 Kbps	\$ 12.70
128 / 64 Kbps	\$ 19
256 / 128 Kbps	\$ 25.50
512 / 256 Kbps	\$ 38

Tabla 5.4 Precios sugeridos para las distintas capacidades de Internet

Fuente: Los Autores

En la tabla 5.14 se observa los ingresos y egresos proyectados para los primeros cinco años. Los egresos mostrados en el año 0 corresponden a la inversión inicial del proyecto.

Proyecciones de Ingresos de Internet								
	Precio	Usuarios	Mensual	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Tipo A	12,7	74	933,45	11201,40	15782,77	20201,95	25858,49	33098,87
Tipo B	19	279	5306,70	63680,40	89725,68	114848,88	147006,56	188168,40
Tipo C	25,5	123	3123,75	37485,00	52816,36	67604,95	86534,33	110763,95
Tipo D	38	147	5586,00	67032,00	94448,09	120893,55	154743,75	198072,00
Valor anual				179398,80	252772,91	323549,32	414143,13	530103,21

Tabla 5.5 Ingresos provenientes del servicio de Internet

Fuente: Los Autores

En la tabla 5.6 se observa los egresos que se tendrán en un cierto periodo de tiempo, los que dan por gastos administrativos, de mantenimiento, etc.

Tiempo	Costo de Mantenimiento y Operatividad de Servicios
Año 0	\$252325
Año 1	\$ 53500
Año 2	\$ 57850
Año 3	\$ 55200
Año 4	\$54700
Año 5	\$ 54150

Tabla 5.6 Proyección de Egresos

Fuente: Los Autores

Para determinar el tiempo en recuperar la inversión se considera que los ingresos son positivos, mientras que todos los egresos (incluida la inversión inicial) son negativos. Cuando el Valor Actual Neto (VAN) se vuelva positivo, se determina el tiempo en años en recuperar la inversión inicial.

TIEMPO	INGRESOS	EGRESOS	VAN(\$)
Año 0		\$252325	- 252325
Año 1	\$179398,80	\$ 53500	- 126426.2
Año 2	\$252772,91	\$ 57850	64496.71
Año 3	\$323549,32	\$ 55200	268349.32
Año 4	\$414143,13	\$54700	359443.13
Año 5	\$530103,21	\$ 54150	475953.21

Tabla 5.7 Valor Actual Neto

Fuente: Los Autores

De la tabla 5.7 se puede observar que la inversión inicial será recuperada en el transcurso del segundo año de prestación del servicio de Internet.

5.3 FIABILIDAD DEL PROYECTO

Una vez analizado los parámetros necesarios para implementar los nuevos servicios que la empresa desea brindar, se observa que en las proyecciones a futuro, son favorables para los servicios a implementar, ya que a partir de dos años empezara a percibir ganancias.

La empresa tiene una visión de servir en los sectores que rodean el casco urbano de la ciudad de Cuenca, en especial donde no existe demasiada competencia por la demás operadoras, esto es otra ventaja.

La empresa realizo un encuesta en la cual podemos observar un gran interés de los habitantes hacia los nuevos servicios que se desea brindar, especialmente el Internet es el servicio que mas acogida demuestran los usuarios.

La empresa en la actualidad posee 2135 usuarios activos, de los cuales se logro encuestar a 1137 usuarios entre todos los sectores donde se encuentran las oficinas de SERVICABLE, teniendo como resultado un total de 921 personas que desean el

servicio de Internet, esto equivale a un 81% de los usuarios encuestados. La telefonía también tuvo un índice aceptable que es el 25% con 284 de los usuarios. Además se pregunto si los usuarios desearían el servicio de pague por ver (PPV), pero el cual no tuvo gran acogida solo un 10% que son 114 usuarios que desearían este servicio, con lo cual la empresa por el momento no estaría dispuesta a desarrollar servicio.

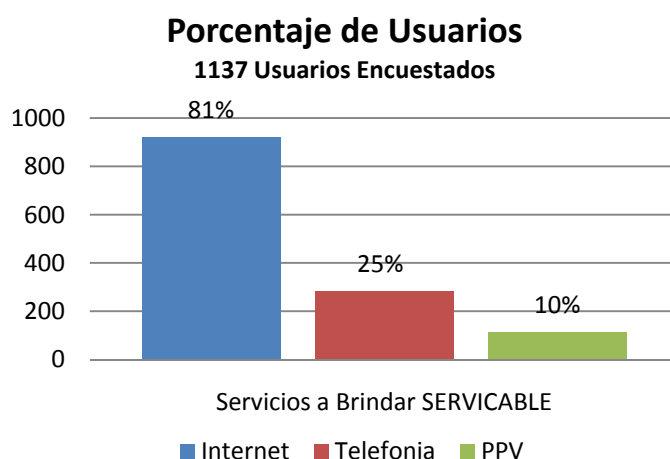


Figura 5.1 Resultados de encuestas de servicios de SERVICABLE

Fuente: Los Autores

En la encuesta se consulto a los usuarios que deseaban internet, que velocidades estarían dispuestos a adquirir con lo cual se obtuvo los siguientes valores.

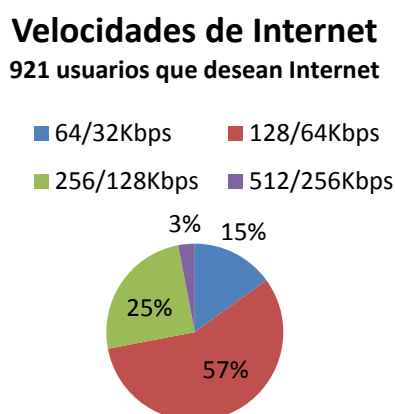


Figura 5.2 Usuarios de velocidades de Internet

Fuente: Los Autores

CAPITULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La empresa no cuenta con una red de redundancia es por eso que es vulnerable a un corte en el servicio, debido a que puede ocurrir cualquier accidente en la ruta que está montada la fibra óptica. Es por eso que se debe implementar un sistema de redundancia tipo anillo el cual nos servirá para que existan dos vías por donde se pueda transmitir la señal.

El servicio a implementar requiere la bidireccionalidad, algo con que no cuenta la red existente, es por eso que se debe habilitar una vía de transmisión de datos llamada retorno la cual nos sirve para tener comunicación usuario-cabecera, esto se realizara implementando otro hilo de fibra óptica.

La red de distribución existente, en cierto sectores, esta montada con tipo de cable no adecuado (Coaxial # 11) para brindar los nuevos servicios ya que tiene mucha perdida en la transmisión, es por eso que se debe cambiar este tipo de cable por uno que sea de menor perdida en la señal esto se logra con el cable coaxial # 500.

Ya que la empresa brinda solo el servicio de televisión, los amplificadores no tienen habilitados el canal que sirve para la comunicación del usuario con la cabecera, es por esta razón que se debe habilitar el canal llamado retorno.

Una de las ventajas del servicio triple play implementada en una red HFC es la de brindar varios servicios por un mismo medio, los cuales son agrupados en la cabecera por un equipo el cual maneja, controla y en ruta los datos de empaquetamiento de servicios.

La localización geografía en la cual se ubica la cabecera implica que exista una mayor distancia de la red troncal, pero ha pesar de este inconveniente se logro encontrar una ruta la cual no sobrepase los limites de atenuación por la distancia a

recorrer, además se encuentra dentro de los parámetros del tiempo de retraso de transmisión establecida por el estándar DSCIS.

Se recomienda tener un sistema de monitoreo y mantenimiento constante tanto en la red, como en la cabecera ya que cualquier problema suscitado, implicaría el corte del servicio a varios usuarios lo cual conlleva a una imagen negativa de la empresa, es por eso que se debe contar con un personal técnicamente calificado.

El servicio de telefonía IP, es recomendada entre dos usuarios dentro de redes IP, ya que si un usuario dentro de una red IP desea comunicarse con un usuario de la red telefónica tradicional, debe sumar en su factura un rubro adicional por interconexión

BIBLIOGRAFIA

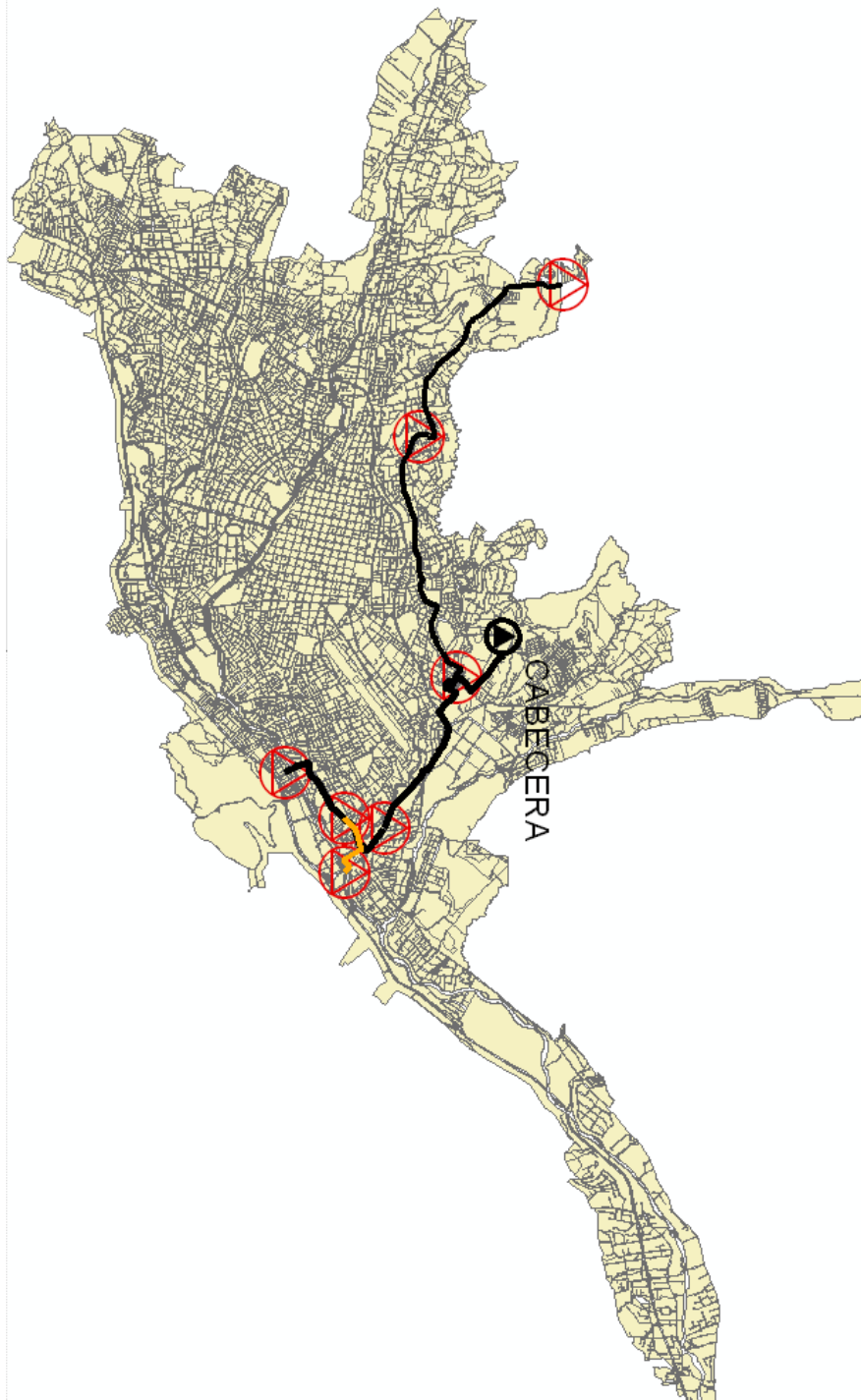
- HUIDOBRO, José, Redes de Servicio de Banda Ancha, Editorial McGrawHill, España 2004.
- HELLBERG CHRIS, Greene Dylan, Truman Boyes, Broadband Network Architectures, Editorial Prentice Hall, EEUU 2007.
- FERNANDEZ, Marcos. Sistemas de telecomunicaciones, Marcombo, 2001.
- Información curso Tv Digital.
- www.Cinit.org.mx
- www.Wikipedia.org
- www.Supertel.gov.ec
- www.Conartel.gov.ec
- www.Motorola.com
- www.Etapa.com.ec
- www.Mercantil.com
- www.Monografias.com

ANEXOS

ANEXO 1

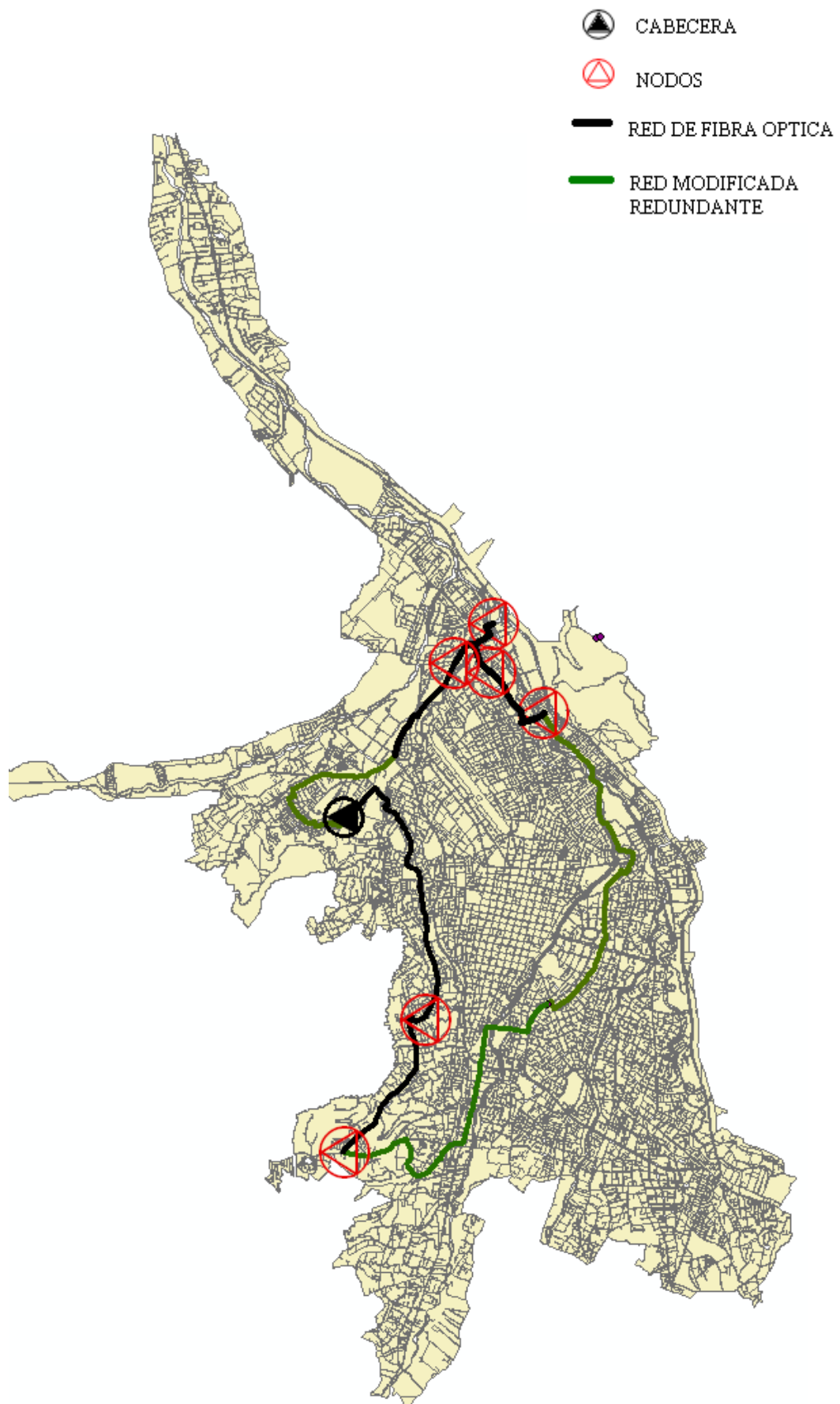
RED TRONCAL EXISTENTE DE SERVICABLE

-  CABECERA
-  NODOS
-  RED DE FIBRA OPTICA



ANEXO 2

RED TRONCAL MODIFICADA DE SERVICABLE



ANEXO 3

ENCUESTA REALIZADA A LOS USUARIOS DE SERVICABLE

ENCUESTA DE SERVICABLE CIA.LTDA.

SERVICIOS ADICIONALES A PROVEER LA EMPRESA

1. QUE SERVICIOS DESEARIA UD. QUE LE BRINDE LA EMPRESA.

☐ TELEFONIA ☐ INTERNET ☐ PPV

2. QUE ANCHO DE BANDA DE INTERNET DESEARIA CONTRATAR.

☐ 64Kbps ☐ 256Kbps

☐ 128Kbps ☐ 512Kbps

3. PRECIO QUE UD. PAGARIA POR LOS DISTINTOS ANCHOS DE BANDA DE INTERNET.

64Kbps _____

256Kbps _____

128Kbps _____

512Kbps _____

ANEXO 4

Extracto de la Tabla

de la

Fórmula de Pérdida Erlang.

ANEXO 5

EQUIPOS PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA TRIPLE PLAY

SR 64000 CMTS EDGE ROUTER



BSR 64000 CMTS Edge Router

High-density, fully redundant Cable Modem Termination System (CMTS)/intelligent edge router that allows broadband operators to rapidly introduce differentiated data, voice, and multimedia services for both corporate and residential subscribers. It also offers the robust routing, flexibility, and scalability required to support the emerging generation of revenue-generating services, such as Voice over IP (VoIP) and Virtual Private Networks (VPNs).

Features

Support

Resources

- Fully redundant, carrier-class system architected for "five-nines" (99.999 percent) availability.
- Based on open systems standards, the BSR 64000 is DOCSIS 3.0 Bronze Qualified and Euro-DOCSIS 2.0 qualified, PacketCable 1.1 qualified and PacketCable Multimedia (PCMM) qualified.
- Advanced Spectrum Management featuring an integrated, intelligent spectrum analyzer ensures reliable and high-quality service delivery, and enables efficient migration to DOCSIS 2.0.
- Wire-speed forwarding.
- Carrier-class intradomain, interdomain, and multicast routing with OSPF v2, RIP v1 and v2, BGP4, IS-IS, VRRP, IGMP, IP Tunneling, DVMRP, and PIM-SM.
- SmartFlow QoS classification for thousands of flows at wire-speed with guaranteed SLAs.
- Virtual Private Networking and open access support with policy-based routing and full-featured MPLS Carrier-class reliability and robust QoS control enables support for real-time VoIP services.

SB5101 SERIES SURFBOARD® CABLE MODEMS



SB5101 Series SURFboard® Cable Modems

The Motorola SB5101 Series SURFboard Cable Modems unlock the potential of offering high-speed data service to consumers. Consumers can get their favorite Web sites quickly, download graphics with unbelievable ease, and enjoy real-time interactive PC gaming and expand console gaming with broadband Internet access from the cable modem market leader – Motorola. Incorporating DOCSIS®/EuroDOCSIS 2.0 technology, the SB5101 Series allows your customer to surf the Internet at speeds as high as 30 Mbps.

Powerful, flexible, and easy to install and use, the SB5101 Series cable modems maximize your current infrastructure investment, while allowing you to offer new value added services to you customers.



Powered by an
ENERGY STAR®
qualified adapter
for a better
environment

Extracto de la Tabla
de la
Fórmula de Pérdida Erlang

Editado por el Sr. H. Leijon, UIT



UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES



Extracto de la Tabla de la Fórmula de Pérdida Erlang

<u>Contenido</u>	<u>página</u>
Parte I, Tabla de A Tabla de A para valores dados de $E_{l,n} = E$ y n	2
Parte II, Tabla de $E_{l,n}$ para valores dados de n y A	15

INTRODUCCIÓN

Para la proporción de llamadas perdidas en un grupo de disponibilidad total incluyendo n dispositivos y arreglados de tal manera que cualquier llamada que no encuentra un dispositivo libre se pierde, el matemático danés “A. K. Erlang” ha dado la siguiente expresión:

$$E_{l,n}(A) = \frac{\frac{A^n}{n!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^n}{n!}}$$

donde A es el flujo de tráfico ofrecido expresado en erlang.

Esta fórmula es frecuentemente usada en la estimación del número de dispositivos dependientes de tráfico requeridos en plantas telefónicas. No sólo es usada para grupos de disponibilidad total sino también, en gran medida, como base para la estimación de las condiciones de tráfico en grupos con disponibilidad restringida. La relación entre el número de dispositivos n , el flujo de tráfico A y la cantidad $E_{l,n}(A)$, como se expresó arriba, involucra algún trabajo de cálculos numéricos y, consecuentemente, se necesitan tablas.

Esta tabla consiste en dos partes. La parte I da los valores de A como una función de $E_{l,n}$ y n , donde $E_{l,n}$ tiene 20 valores constantes entre 0.00001 y 0.4 y $n \leq 301$. La parte II da valores de $E_{l,n}(A)$ como una función de n y A , donde $n \leq 100$ y $0.01 \leq A \leq 150$.

En su forma original, como se expresó arriba, la fórmula de pérdida “Erlang” no es apropiada para cálculos. Sin embargo, hay métodos bien conocidos disponibles sobre cómo calcular el flujo de tráfico A y la cantidad $E_{l,n}(A)$, a partir de la expresión original. Los métodos usados en la presente tabla dan una alta exactitud de los valores calculados.

Los valores de tráfico A en la parte I se dan con 5 cifras. Los valores de congestión $E_{l,n}(A)$ en la parte II se presentan como números con exactitud de seis decimales. Los valores son redondeados de acuerdo con las reglas usuales.

Ambas partes de la tabla se presentan con algunas explicaciones y dos ejemplos numéricos.

Parte I, Tabla de A

Tabla de A para valores dados de $E_{l,n} = E$ y n. (Ver páginas 3 - 14)

En la parte I, el flujo de tráfico ofrecido A es tabulado para valores dados de la probabilidad de pérdida $E_{l,n} = E$, y el número de dispositivos n.

La probabilidad de pérdida E, tiene los siguientes valores constantes: 0.00001, 0.00005, 0.0001, 0.0005, 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005, 0.006, 0.007, 0.008, 0.009, 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, y 0.4.

n = 1 - 301

Las series de valores para el número de dispositivos son limitadas a ciertos valores guía para el rango de n = 1000 - 6000. Todos los valores intermedios pueden ser determinados con suficiente exactitud por interpolación lineal.

Ejemplos numéricos

Ejemplo

Encuentre el número de dispositivos n requerido para A = 60 erlang y la probabilidad de pérdida E = 0.001.

Desde la página 5 y la columna para E = 0.001, puede verse que n = 83 corresponde al valor A de 60.403 erlang, y n = 82 al de A= 59.537. Consecuentemente, el número requerido de dispositivos es 83.

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
1	.00001	.00005	.00010	.00050	.00100	.00200	.00301	.00402	.00503	.00604	1
2	.00448	.01005	.01425	.03213	.04576	.06534	.08064	.09373	.10540	.11608	2
3	.03980	.06849	.08683	.15170	.19384	.24872	.28851	.32099	.34900	.37395	3
4	.12855	.19554	.23471	.36236	.43927	.53503	.60209	.65568	.70120	.74124	4
5	.27584	.38851	.45195	.64857	.76212	.89986	.99446	1.0692	1.1320	1.1870	5
6	.47596	.63923	.72826	.99567	1.1459	1.3252	1.4468	1.5421	1.6218	1.6912	6
7	.72378	.93919	1.0541	1.3922	1.5786	1.7984	1.9463	2.0614	2.1575	2.2408	7
8	1.0133	1.2816	1.4219	1.8298	2.0513	2.3106	2.4837	2.6181	2.7299	2.8266	8
9	1.3391	1.6595	1.8256	2.3016	2.5575	2.8549	3.0526	3.2057	3.3326	3.4422	9
10	1.6970	2.0689	2.2601	2.8028	3.0920	3.4265	3.6480	3.8190	3.9607	4.0829	10
11	2.0849	2.5059	2.7216	3.3294	3.6511	4.0215	4.2661	4.4545	4.6104	4.7447	11
12	2.4958	2.9671	3.2072	3.8781	4.2314	4.6368	4.9038	5.1092	5.2789	5.4250	12
13	2.9294	3.4500	3.7136	4.4465	4.8306	5.2700	5.5588	5.7807	5.9638	6.1214	13
14	3.3834	3.9523	4.2388	5.0324	5.4464	5.9190	6.2291	6.4670	6.6632	6.8320	14
15	3.8559	4.4721	4.7812	5.6339	6.0772	6.5822	6.9130	7.1665	7.3755	7.5552	15
16	4.3453	5.0079	5.3390	6.2496	6.7215	7.2582	7.6091	7.8780	8.0995	8.2898	16
17	4.8502	5.5583	5.9110	6.8782	7.3781	7.9457	8.3164	8.6003	8.8340	9.0347	17
18	5.3693	6.1220	6.4959	7.5186	8.0459	8.6437	9.0339	9.3324	9.5780	9.7889	18
19	5.9016	6.6980	7.0927	8.1698	8.7239	9.3515	9.7606	10.073	10.331	10.552	19
20	6.4460	7.2854	7.7005	8.8310	9.4115	10.068	10.496	10.823	11.092	11.322	20
21	7.0017	7.8834	8.3186	9.5014	10.108	10.793	11.239	11.580	11.860	12.100	21
22	7.5680	8.4926	8.9462	10.180	10.812	11.525	11.989	12.344	12.635	12.885	22
23	8.1443	9.1095	9.5826	10.868	11.524	12.265	12.746	13.114	13.416	13.676	23
24	8.7298	9.7351	10.227	11.562	12.243	13.011	13.510	13.891	14.204	14.472	24
25	9.3240	10.369	10.880	12.264	12.969	13.763	14.279	14.673	14.997	15.274	25
26	9.9265	11.010	11.540	12.972	13.701	14.522	15.054	15.461	15.795	16.081	26
27	10.537	11.659	12.207	13.686	14.439	15.285	15.835	16.254	16.598	16.893	27
28	11.154	12.314	12.880	14.406	15.182	16.054	16.620	17.051	17.406	17.709	28
29	11.779	12.976	13.560	15.132	15.930	16.828	17.410	17.853	18.218	18.530	29
30	12.417	13.644	14.246	15.863	16.684	17.606	18.204	18.660	19.034	19.355	30
31	13.054	14.318	14.937	16.599	17.442	18.389	19.002	19.470	19.854	20.183	31
32	13.697	14.998	15.633	17.340	18.205	19.176	19.805	20.284	20.678	21.015	32
33	14.346	15.682	16.335	18.085	18.972	19.966	20.611	21.102	21.505	21.850	33
34	15.001	16.372	17.041	18.835	19.743	20.761	21.421	21.923	22.336	22.689	34
35	15.660	17.067	17.752	19.589	20.517	21.559	22.234	22.748	23.169	23.531	35
36	16.325	17.766	18.468	20.347	21.296	22.361	23.050	23.575	24.006	24.376	36
37	16.995	18.470	19.188	21.108	22.078	23.166	23.870	24.406	24.846	25.223	37
38	17.669	19.178	19.911	21.873	22.864	23.974	24.692	25.240	25.689	26.074	38
39	18.348	19.890	20.640	22.642	23.652	24.785	25.518	26.076	26.534	26.926	39
40	19.031	20.606	21.372	23.414	24.444	25.599	26.346	26.915	27.382	27.782	40
41	19.718	21.326	22.107	24.189	25.239	26.416	27.177	27.756	28.232	28.640	41
42	20.409	22.049	22.846	24.967	26.037	27.235	28.010	28.600	29.085	29.500	42
43	21.104	22.776	23.587	25.748	26.837	28.057	28.846	29.447	29.940	30.362	43
44	21.803	23.507	24.333	26.532	27.641	28.882	29.684	30.295	30.797	31.227	44
45	22.505	24.240	25.081	27.319	28.447	29.708	30.525	31.146	31.656	32.093	45
46	23.211	24.977	25.833	28.109	29.255	30.538	31.367	31.999	32.517	32.962	46
47	23.921	25.717	26.587	28.901	30.066	31.369	32.212	32.854	33.381	33.832	47
48	24.633	26.460	27.344	29.696	30.879	32.203	33.059	33.711	34.246	34.704	48
49	25.349	27.206	28.104	30.493	31.694	33.039	33.908	34.570	35.113	35.578	49
50	26.067	27.954	28.867	31.292	32.512	33.876	34.759	35.431	35.982	36.454	50
51	26.789	28.706	29.632	32.094	33.332	34.716	35.611	36.293	36.852	37.331	51
n	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	n
	Probabilidad de pérdida(E)										

Offered traffic flow A in erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718	33
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379	34
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041	35
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.216	57.703	36
37	25.556	25.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365	37
38	26.413	26.718	26.996	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028	38
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690	39
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016	41
42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	51.086	71.006	44
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669	45
46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997	47
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660	48
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324	49
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988	50
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

Offered traffic flow A in erlang											
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
51	26.789	28.706	29.632	32.094	33.332	34.716	35.611	36.293	36.852	37.331	51
52	27.513	29.459	30.400	32.898	34.153	35.558	36.466	37.157	37.724	38.211	52
53	28.241	30.216	31.170	33.704	34.977	36.401	37.322	38.023	38.598	39.091	53
54	28.971	30.975	31.942	34.512	35.803	37.247	38.180	38.891	39.474	39.973	54
55	29.703	31.736	32.717	35.322	36.631	38.094	39.040	39.760	40.351	40.857	55
56	30.438	32.500	33.494	36.134	37.460	38.942	39.901	40.630	41.229	41.742	56
57	31.176	33.266	34.273	36.948	38.291	39.793	40.763	41.502	42.109	42.629	57
58	31.916	34.034	35.055	37.764	39.124	40.645	41.628	42.376	42.990	43.516	58
59	32.659	34.804	35.838	38.581	39.959	41.498	42.493	43.251	43.873	44.406	59
60	33.404	35.577	36.623	39.401	40.795	42.353	43.360	44.127	44.757	45.296	60
61	34.151	36.351	37.411	40.222	41.633	43.210	44.229	45.005	45.642	46.188	61
62	34.900	37.127	38.200	41.045	42.472	44.068	45.099	45.884	46.528	47.081	62
63	35.651	37.906	38.991	41.869	43.313	44.927	45.970	46.764	47.416	47.975	63
64	36.405	38.686	39.784	42.695	44.156	45.788	46.843	47.646	48.305	48.870	64
65	37.160	39.468	40.579	43.523	45.000	46.650	47.716	48.528	49.195	49.766	65
66	37.918	40.252	41.375	44.352	45.845	47.513	48.591	49.412	50.086	50.664	66
67	38.677	41.038	42.173	45.183	46.692	48.378	49.467	50.297	50.978	51.562	67
68	39.439	41.825	42.973	46.015	47.540	49.243	50.345	51.183	51.872	52.462	68
69	40.202	42.615	43.775	46.848	48.389	50.110	51.223	52.071	52.766	53.362	69
70	40.967	43.405	44.578	47.683	49.239	50.979	52.103	52.959	53.662	54.264	70
71	41.734	44.198	45.382	48.519	50.091	51.848	52.984	53.848	54.558	55.166	71
72	42.502	44.992	46.188	49.357	50.944	52.718	53.865	54.739	55.455	56.070	72
73	43.273	45.787	46.996	50.195	51.799	53.590	54.748	55.630	56.354	56.974	73
74	44.045	46.585	47.805	51.035	52.654	54.463	55.632	56.522	57.253	57.880	74
75	44.818	47.383	48.615	51.877	53.511	55.337	56.517	57.415	58.153	58.786	75
76	45.593	48.183	49.427	52.719	54.369	56.211	57.402	58.310	59.054	59.693	76
77	46.370	48.985	50.240	53.563	55.227	57.087	58.289	59.205	59.956	60.601	77
78	47.149	49.787	51.054	54.408	56.087	57.964	59.177	60.101	60.859	61.510	78
79	47.928	50.592	51.870	55.254	56.948	58.842	60.065	60.998	61.763	62.419	79
80	48.710	51.397	52.687	56.101	57.810	59.720	60.955	61.895	62.668	63.330	80
81	49.492	52.204	53.506	56.949	58.673	60.600	61.845	62.794	63.573	64.241	81
82	50.277	53.012	54.325	57.798	59.537	61.480	62.737	63.693	64.479	65.153	82
83	51.062	53.822	55.146	58.649	60.403	62.362	63.629	64.594	65.386	66.065	83
84	51.849	54.633	55.968	59.500	61.269	63.244	64.522	65.495	66.294	66.979	84
85	52.637	55.445	56.791	60.352	62.135	64.127	65.415	66.396	67.202	67.893	85
86	53.427	56.258	57.615	61.206	63.003	65.011	66.310	67.299	68.111	68.808	86
87	54.218	57.072	58.441	62.060	63.872	65.897	67.205	68.202	69.021	69.724	87
88	55.010	57.887	59.267	62.915	64.742	66.782	68.101	69.106	69.932	70.640	88
89	55.804	58.704	60.095	63.772	65.612	67.669	68.998	70.011	70.843	71.557	89
90	56.598	59.526	60.923	64.629	66.484	68.556	69.896	70.917	71.755	72.474	90
91	57.394	60.344	61.753	65.487	67.356	69.444	70.794	71.823	72.668	73.393	91
92	58.192	61.164	62.584	66.346	68.229	70.333	71.693	72.730	73.581	74.311	92
93	58.990	61.985	63.416	67.206	69.103	71.222	72.593	73.637	74.495	75.231	93
94	59.789	62.807	64.248	68.067	69.978	72.113	73.493	74.545	75.410	76.151	94
95	60.590	63.630	65.082	68.928	70.853	73.004	74.394	75.454	76.325	77.072	95
96	61.392	64.454	65.917	69.791	71.729	73.896	75.296	76.364	77.241	77.993	96
97	62.194	65.279	66.752	70.654	72.606	74.788	76.199	77.274	78.157	78.915	97
98	62.998	66.105	67.589	71.518	73.484	75.681	77.102	78.185	79.074	79.837	98
99	63.803	66.932	68.426	72.383	74.363	76.575	78.006	79.096	79.992	80.760	99
100	64.609	67.760	69.265	73.248	75.242	77.469	78.910	80.008	80.910	81.684	100
101	65.416	68.589	70.104	74.115	76.122	78.364	79.815	80.920	81.829	82.608	101
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
52	38.639	39.024	39.376	39.700	42.124	43.852	46.533	51.726	60.985	84.317	52
53	39.526	39.916	40.273	40.602	43.060	44.813	47.534	52.808	62.224	85.981	53
54	40.414	40.810	41.171	41.505	43.997	45.776	48.536	53.891	63.463	87.645	54
55	41.303	41.705	42.071	42.409	44.936	46.739	49.539	54.975	64.702	89.310	55
56	42.194	42.601	42.972	43.315	45.875	47.703	50.543	56.059	65.942	90.974	56
57	43.087	43.499	43.875	44.222	46.816	48.669	51.548	57.144	67.181	92.639	57
58	43.980	44.398	44.778	45.130	47.758	49.635	52.553	58.229	68.421	94.303	58
59	44.875	45.298	45.683	46.039	48.700	50.602	53.559	59.315	69.662	95.968	59
60	45.771	46.199	46.589	46.950	49.644	51.570	54.566	60.401	70.902	97.633	60
61	46.669	47.102	47.497	47.861	50.589	52.539	55.573	61.488	72.143	99.297	61
62	47.567	48.005	48.405	48.774	51.534	53.508	56.581	62.575	73.384	100.96	62
63	48.467	48.910	49.314	49.688	52.481	54.478	57.590	63.663	74.625	102.63	63
64	49.368	49.816	50.225	50.603	53.428	55.450	58.599	64.750	75.866	104.29	64
65	50.270	50.723	51.137	51.518	54.376	56.421	59.609	65.839	77.108	105.96	65
66	51.173	51.631	52.049	52.435	55.325	57.394	60.619	66.927	78.350	107.62	66
67	52.077	52.540	52.963	53.353	56.275	58.367	61.630	68.016	79.592	109.29	67
68	52.982	53.450	53.877	54.272	57.226	59.341	62.642	69.106	80.834	110.95	68
69	53.888	54.361	54.793	55.191	58.177	60.316	63.654	70.196	82.076	112.62	69
70	54.795	55.273	55.709	56.112	59.129	61.291	64.667	71.286	83.318	114.28	70
71	55.703	56.186	56.626	57.033	60.082	62.267	65.680	72.376	84.561	115.95	71
72	56.612	57.099	57.545	57.956	61.036	63.244	66.694	73.467	85.803	117.61	72
73	57.522	58.014	58.464	58.879	61.990	64.221	67.708	74.558	87.046	119.28	73
74	58.432	58.930	59.384	59.803	62.945	65.199	68.723	75.649	88.289	120.94	74
75	59.344	59.846	60.304	60.728	63.900	66.177	69.738	76.741	89.532	122.61	75
76	60.256	60.763	61.226	61.653	64.857	67.156	70.753	77.833	90.776	124.27	76
77	61.169	61.681	62.148	62.579	65.814	68.136	71.769	78.925	92.019	125.94	77
78	62.083	62.600	63.071	63.506	66.771	69.116	72.786	80.018	93.262	127.61	78
79	62.998	63.519	63.995	64.434	67.729	70.096	73.803	81.110	94.506	129.27	79
80	63.914	64.439	64.919	65.363	68.688	71.077	74.820	82.203	95.750	130.94	80
81	64.830	65.360	65.845	66.292	69.647	72.059	75.838	83.297	96.993	132.60	81
82	65.747	66.282	66.771	67.222	70.607	73.041	76.856	84.390	98.237	134.27	82
83	66.665	67.204	67.697	68.152	71.568	74.024	77.874	85.484	99.481	135.93	83
84	67.583	68.128	68.625	69.084	72.529	75.007	78.893	86.578	100.73	137.60	84
85	68.503	69.051	69.553	70.016	73.490	75.990	79.912	87.672	101.97	139.26	85
86	69.423	69.976	70.481	70.948	74.452	76.974	80.932	88.767	103.21	140.93	86
87	70.343	70.901	71.410	71.881	75.415	77.959	81.952	89.861	104.46	142.60	87
88	71.264	71.827	72.340	72.815	76.378	78.944	82.972	90.956	105.70	144.26	88
89	72.186	72.753	73.271	73.749	77.342	79.929	83.993	92.051	106.95	145.93	89
90	73.109	73.680	74.202	74.684	78.306	80.915	85.014	93.146	108.19	147.59	90
91	74.032	74.608	75.134	75.620	79.271	81.901	86.035	94.242	109.44	149.26	91
92	74.956	75.536	76.066	76.556	80.236	82.888	87.057	95.338	110.68	150.92	92
93	75.880	76.465	76.999	77.493	81.201	83.875	88.079	96.434	111.93	152.59	93
94	76.805	77.394	77.932	78.430	82.167	84.862	89.101	97.530	113.17	154.26	94
95	77.731	78.324	78.866	79.368	83.134	85.850	90.123	98.626	114.42	155.92	95
96	78.657	79.255	79.801	80.306	84.100	86.838	91.146	99.722	115.66	157.59	96
97	79.584	80.186	80.736	81.245	85.068	87.826	92.169	100.82	116.91	159.25	97
98	80.511	81.117	81.672	82.184	86.035	88.815	93.193	101.92	118.15	160.92	98
99	81.439	82.050	82.608	83.124	87.003	89.804	94.216	103.01	119.40	162.59	99
100	82.367	82.982	83.545	84.064	87.972	90.794	95.240	104.11	120.64	164.25	100
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
101	65.416	68.589	70.104	74.115	76.122	78.364	79.815	80.920	81.829	82.608	101
102	66.224	69.419	70.944	74.982	77.003	79.260	80.720	81.833	82.748	83.533	102
103	67.034	70.249	71.785	75.850	77.884	80.157	81.627	82.747	83.668	84.458	103
104	67.844	71.081	72.627	76.719	78.766	81.054	82.533	83.661	84.588	85.384	104
105	68.655	71.913	73.470	77.588	79.649	81.951	83.441	84.576	85.509	86.310	105
106	69.467	72.747	74.313	78.458	80.532	82.850	84.349	85.492	86.431	87.237	106
107	70.280	73.581	75.158	79.329	81.416	83.748	85.257	86.407	87.353	88.164	107
108	71.094	74.416	76.003	80.201	82.301	84.648	86.166	87.324	88.275	89.092	108
109	71.908	75.252	76.849	81.073	83.186	85.548	87.076	88.241	89.198	90.020	109
110	72.724	76.089	77.696	81.946	84.072	86.449	87.986	89.158	90.121	90.948	110
111	73.541	76.926	78.543	82.819	84.959	87.350	88.897	90.076	91.045	91.878	111
112	74.358	77.764	79.391	83.694	85.846	88.251	89.808	90.994	91.970	92.807	112
113	75.177	78.604	80.240	84.568	86.734	89.154	90.719	91.913	92.895	93.737	113
114	75.996	79.443	81.090	85.445	87.622	90.057	91.632	92.833	93.820	94.668	114
115	76.816	80.284	81.941	86.321	88.511	90.960	92.544	93.753	94.746	95.599	115
116	77.637	81.126	82.792	87.197	89.401	91.864	93.458	94.673	95.672	96.530	116
117	78.459	81.968	83.644	88.075	90.291	92.768	94.371	95.594	96.599	97.462	117
118	79.281	82.811	84.496	88.953	91.181	93.673	95.285	96.515	97.526	98.394	118
119	80.104	83.654	85.350	89.831	92.073	94.578	96.200	97.437	98.454	99.327	119
120	80.929	84.499	86.204	90.710	92.964	95.484	97.115	98.359	99.382	100.26	120
121	81.754	85.344	87.058	91.590	93.857	96.391	98.031	99.282	100.31	101.19	121
122	82.579	86.189	87.914	92.471	94.750	97.298	98.947	100.20	101.24	102.13	122
123	83.406	87.036	88.770	93.351	95.643	98.205	99.863	101.13	102.17	103.06	123
124	84.233	87.883	89.626	94.233	96.537	99.113	100.78	102.05	103.10	104.00	124
125	85.061	88.731	90.483	95.115	97.431	100.02	101.70	102.98	104.03	104.93	125
126	85.911	89.579	91.341	95.997	98.326	100.93	102.62	103.90	104.96	105.87	126
127	86.740	90.428	92.200	96.881	99.222	101.84	103.53	104.83	105.89	106.80	127
128	87.570	91.278	93.059	97.764	100.12	102.75	104.45	105.75	106.82	107.74	128
129	88.400	92.129	93.919	98.648	101.01	103.66	105.37	106.68	107.75	108.67	129
130	89.232	92.980	94.779	99.533	101.91	104.57	106.29	107.60	108.68	109.61	130
131	90.064	93.831	95.640	100.42	102.81	105.48	107.21	108.53	109.62	110.55	131
132	90.896	94.684	96.502	101.30	103.71	106.39	108.13	109.46	110.55	111.49	132
133	91.730	95.537	97.364	102.19	104.60	107.30	109.05	110.39	111.48	112.42	133
134	92.564	96.390	98.226	103.08	105.50	108.22	109.97	111.31	112.42	113.36	134
135	93.399	97.244	99.090	103.96	106.40	109.13	110.89	112.24	113.35	114.30	135
136	94.234	98.099	99.953	104.85	107.30	110.04	111.82	113.17	114.28	115.24	136
137	95.070	98.954	100.82	105.74	108.20	110.95	112.74	114.10	115.22	116.18	137
138	95.907	99.810	101.68	106.63	109.10	111.87	113.66	115.03	116.15	117.12	138
139	96.744	100.67	102.55	107.52	110.00	112.78	114.58	115.96	117.09	118.06	139
140	97.582	101.52	103.41	108.41	110.90	113.70	115.51	116.89	118.02	119.00	140
141	98.421	102.38	104.28	109.30	111.81	114.61	116.43	117.82	118.96	119.94	141
142	99.260	103.24	105.15	110.19	112.71	115.53	117.35	118.75	119.90	120.88	142
143	100.10	104.10	106.02	111.08	113.61	116.44	118.28	119.68	120.83	121.82	143
144	100.94	104.96	106.88	111.97	114.51	117.36	119.20	120.61	121.77	122.76	144
145	101.78	105.82	107.75	112.86	115.42	118.28	120.13	121.54	122.71	123.71	145
146	102.62	106.68	108.62	113.75	116.32	119.19	121.05	122.47	123.64	124.65	146
147	103.46	107.54	109.49	114.65	117.23	120.11	121.98	123.41	124.58	125.59	147
148	104.31	108.40	110.36	115.54	118.13	121.03	122.91	124.34	125.52	126.53	148
149	105.15	109.26	111.23	116.43	119.04	121.95	123.83	125.27	126.46	127.48	149
150	105.99	110.12	112.10	117.33	119.94	122.86	124.76	126.21	127.40	128.42	150
151	106.84	110.99	112.97	118.22	120.85	123.78	125.69	127.14	128.33	129.36	151
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
102	84.225	84.849	85.419	85.946	89.910	92.774	97.289	106.30	123.13	167.58	102
103	85.155	85.783	86.357	86.888	90.880	93.765	98.314	107.40	124.38	169.25	103
104	86.086	86.718	87.296	87.830	91.850	94.756	99.339	108.50	125.63	170.91	104
105	87.017	87.653	88.235	88.773	92.821	95.747	100.36	109.60	126.87	172.58	105
106	87.948	88.589	89.175	89.716	93.791	96.738	101.39	110.70	128.12	174.25	106
107	88.880	89.525	90.115	90.660	94.763	97.730	102.42	111.79	129.36	175.91	107
108	89.812	90.462	91.055	91.604	95.734	98.722	103.44	112.89	130.61	177.58	108
109	90.745	91.399	91.996	92.548	96.706	99.715	104.47	113.99	131.86	179.24	109
110	91.678	92.336	92.937	93.493	97.678	100.71	105.49	115.09	133.10	180.91	110
111	92.612	93.274	93.879	94.438	98.651	101.70	106.52	116.19	134.35	182.58	111
112	93.546	94.212	94.821	95.384	99.624	102.69	107.55	117.29	135.59	184.24	112
113	94.481	95.151	95.764	96.330	100.60	103.69	108.57	118.39	136.84	185.91	113
114	95.416	96.090	96.707	97.277	101.57	104.68	109.60	119.49	138.09	187.57	114
115	96.352	97.030	97.650	98.223	102.54	105.68	110.63	120.58	139.33	189.24	115
116	97.287	97.970	98.594	99.171	103.52	106.67	111.66	121.68	140.58	190.91	116
117	98.224	98.910	99.538	100.12	104.49	107.66	112.69	122.78	141.83	192.57	117
118	99.160	99.851	100.48	101.07	105.47	108.66	113.71	123.88	143.07	194.24	118
119	100.10	100.79	101.43	102.01	106.44	109.66	114.74	124.98	144.32	195.91	119
120	101.04	101.73	102.37	102.96	107.42	110.65	115.77	126.08	145.57	197.57	120
121	101.97	102.68	103.32	103.91	108.39	111.65	116.80	127.18	146.81	199.24	121
122	102.91	103.62	104.26	104.86	109.37	112.64	117.83	128.28	148.06	200.90	122
123	103.85	104.56	105.21	105.81	110.35	113.64	118.86	129.38	149.31	202.57	123
124	104.79	105.50	106.16	106.76	111.32	114.64	119.89	130.48	150.55	204.24	124
125	105.73	106.45	107.10	107.71	112.30	115.63	120.92	131.58	151.80	205.90	125
126	106.67	107.39	108.05	108.66	113.28	116.63	121.95	132.68	153.05	207.57	126
127	107.61	108.34	109.00	109.61	114.25	117.63	122.98	133.78	154.29	209.23	127
128	108.55	109.28	109.95	110.57	115.23	118.62	124.01	134.88	155.54	210.90	128
129	109.49	110.22	110.90	111.52	116.21	119.62	125.04	135.99	156.79	212.57	129
130	110.43	111.17	111.85	112.47	117.19	120.62	126.07	137.09	158.03	214.23	130
131	111.37	112.12	112.79	113.42	118.17	121.62	127.10	138.19	159.28	215.90	131
132	112.31	113.06	113.74	114.38	119.15	122.62	128.13	139.29	160.53	217.57	132
133	113.26	114.01	114.69	115.33	120.12	123.61	129.16	140.39	161.77	219.23	133
134	114.20	114.95	115.64	116.28	121.10	124.61	130.19	141.49	163.02	220.90	134
135	115.14	115.90	116.59	117.24	122.08	125.61	131.22	142.59	164.27	222.56	135
136	116.09	116.85	117.54	118.19	123.06	126.61	132.25	143.69	165.52	224.23	136
137	117.03	117.80	118.50	119.14	124.04	127.61	133.28	144.80	166.76	225.90	137
138	117.97	118.74	119.45	120.10	125.02	128.61	134.32	145.90	168.01	227.56	138
139	118.92	119.69	120.40	121.05	126.00	129.61	135.35	147.00	169.26	229.23	139
140	119.86	120.64	121.35	122.01	126.98	130.61	136.38	148.10	170.50	230.90	140
141	120.81	121.59	122.30	122.96	127.97	131.61	137.41	149.20	171.75	232.56	141
142	121.75	122.54	123.26	123.92	128.95	132.61	138.44	150.30	173.00	234.23	142
143	122.70	123.49	124.21	124.88	129.93	133.61	139.48	151.41	174.25	235.89	143
144	123.64	124.44	125.16	125.83	130.91	134.61	140.51	152.51	175.49	237.56	144
145	124.59	125.39	126.11	126.79	131.89	135.61	141.54	153.61	176.74	239.23	145
146	125.54	126.34	127.07	127.75	132.87	136.61	142.57	154.71	177.99	240.89	146
147	126.48	127.29	128.02	128.70	133.86	137.61	143.61	155.82	179.24	242.56	147
148	127.43	128.24	128.98	129.66	134.84	138.61	144.64	156.92	180.48	244.23	148
149	128.38	129.19	129.93	130.62	135.82	139.62	145.67	158.02	181.73	245.89	149
150	129.32	130.14	130.88	131.58	136.80	140.62	146.71	159.12	182.98	247.56	150
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.62	147.74	160.23	184.23	249.22	151
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
151	106.84	110.99	112.97	118.22	120.85	123.78	125.69	127.14	128.33	129.36	151
152	107.68	111.85	113.85	119.12	121.75	124.70	126.61	128.07	129.27	130.31	152
153	108.53	112.71	114.72	120.01	122.66	125.62	127.54	129.01	130.21	131.25	153
154	109.38	113.58	115.59	120.91	123.57	126.54	128.47	129.94	131.15	132.19	154
155	110.22	114.44	116.46	121.80	124.47	127.46	129.40	130.88	132.09	133.14	155
156	111.07	115.31	117.34	122.70	125.38	128.38	130.33	131.81	133.03	134.08	156
157	111.92	116.17	118.21	123.60	126.29	129.30	131.25	132.75	133.97	135.03	157
158	112.77	117.04	119.09	124.49	127.20	130.22	132.18	133.68	134.91	135.97	158
159	113.61	117.91	119.96	125.39	128.11	131.14	133.11	134.62	135.86	136.92	159
160	114.46	118.77	120.84	126.29	129.01	132.07	134.04	135.55	136.80	137.87	160
161	115.31	119.64	121.71	127.19	129.92	132.99	134.97	136.49	137.74	138.81	161
162	116.16	120.51	122.59	128.08	130.83	133.91	135.90	137.43	138.68	139.76	162
163	117.01	121.38	123.47	128.98	131.74	134.83	136.83	138.36	139.62	140.71	163
164	117.87	122.25	124.35	129.88	132.65	135.75	137.77	139.30	140.57	141.65	164
165	118.72	123.12	125.22	130.78	133.56	136.68	138.70	140.24	141.51	142.60	165
166	119.57	123.99	126.10	131.68	134.48	137.60	139.63	141.18	142.45	143.55	166
167	120.42	124.86	126.98	132.58	135.39	138.52	140.56	142.11	143.39	144.49	167
168	121.28	125.73	127.86	133.48	136.30	139.45	141.49	143.05	144.34	145.44	168
169	122.13	126.60	128.74	134.38	137.21	140.37	142.42	143.99	145.28	146.39	169
170	122.98	127.47	129.62	135.29	138.12	141.30	143.36	144.93	146.23	147.34	170
171	123.84	128.34	130.50	136.19	139.04	142.22	144.29	145.87	147.17	148.29	171
172	124.69	129.21	131.38	137.09	139.95	143.15	145.22	146.81	148.11	149.24	172
173	125.55	130.09	132.26	137.99	140.86	144.07	146.16	147.75	149.06	150.19	173
174	126.40	130.96	133.14	138.89	141.77	145.00	147.09	148.69	150.00	151.14	174
175	127.26	131.83	134.02	139.80	142.69	145.92	148.02	149.63	150.95	152.08	175
176	128.12	132.71	134.90	140.70	143.60	146.85	148.96	150.57	151.89	153.03	176
177	128.97	133.58	135.79	141.60	144.52	147.78	149.89	151.51	152.84	153.98	177
178	129.83	134.46	136.67	142.51	145.43	148.70	150.83	152.45	153.79	154.93	178
179	130.69	135.33	137.55	143.41	146.35	149.63	151.76	153.39	154.73	155.88	179
180	131.55	136.21	138.44	144.32	147.26	150.56	152.70	154.33	155.68	156.84	180
181	132.41	137.08	139.32	145.22	148.18	151.49	153.63	155.27	156.62	157.79	181
182	133.27	137.96	140.20	146.13	149.09	152.41	154.57	156.21	157.57	158.74	182
183	134.13	138.84	141.09	147.03	150.01	153.34	155.50	157.16	158.52	159.69	183
184	134.99	139.71	141.97	147.94	150.93	154.27	156.44	158.10	159.46	160.64	184
185	135.85	140.59	142.86	148.85	151.84	155.20	157.38	159.04	160.41	161.59	185
186	136.71	141.47	143.74	149.75	152.76	156.13	158.31	159.98	161.36	162.54	186
187	137.57	142.35	144.63	150.66	153.68	157.06	159.25	160.93	162.31	163.50	187
188	138.43	143.22	145.52	151.57	154.59	157.99	160.19	161.87	163.25	164.45	188
189	139.29	144.10	146.40	152.47	155.51	158.91	161.12	162.81	164.20	165.40	189
190	140.16	144.98	147.29	153.38	156.43	159.84	162.06	163.76	165.15	166.35	190
191	141.02	145.86	148.18	154.29	157.35	160.77	163.00	164.70	166.10	167.31	191
192	141.88	146.74	149.07	155.20	158.27	161.70	163.94	165.64	167.05	168.26	192
193	142.75	147.62	149.96	156.11	159.19	162.64	164.87	166.59	168.00	169.21	193
194	143.61	148.50	150.85	157.01	160.10	163.57	165.81	167.53	168.95	170.16	194
195	144.48	149.38	151.73	157.92	161.02	164.50	166.75	168.48	169.90	171.12	195
196	145.34	150.26	152.62	158.83	161.94	165.43	167.69	169.42	170.85	172.07	196
197	146.21	151.15	153.51	159.74	162.86	166.36	168.63	170.36	171.79	173.03	197
198	147.07	152.03	154.40	160.65	163.78	167.29	169.57	171.31	172.74	173.98	198
199	147.94	152.91	155.29	161.56	164.70	168.22	170.51	172.25	173.69	174.93	199
200	148.80	153.79	156.18	162.47	165.62	169.15	171.45	173.20	174.65	175.89	200
201	149.67	154.68	157.07	163.38	166.54	170.09	172.39	174.15	175.60	176.84	201
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.62	147.74	160.23	184.23	249.22	151
152	131.22	132.04	132.79	133.49	138.77	142.62	148.77	161.33	185.47	250.89	152
153	132.17	132.99	133.75	134.45	139.75	143.62	149.81	162.43	186.72	252.56	153
154	133.12	133.95	134.71	135.41	140.74	144.63	150.84	163.53	187.97	254.22	154
155	134.06	134.90	135.66	136.37	141.72	145.63	151.87	164.64	189.22	255.89	155
156	135.01	135.85	136.62	137.33	142.70	146.63	152.91	165.74	190.47	257.56	156
157	135.96	136.80	137.57	138.29	143.69	147.63	153.94	166.84	191.71	259.22	157
158	136.91	137.76	138.53	139.25	144.67	148.64	154.98	167.95	192.96	260.89	158
159	137.86	138.71	139.49	140.21	145.66	149.64	156.01	169.05	194.21	262.56	159
160	138.81	139.66	140.44	141.17	146.64	150.64	157.05	170.15	195.46	264.22	160
161	139.76	140.62	141.40	142.13	147.63	151.65	158.08	171.25	196.70	265.89	161
162	140.71	141.57	142.36	143.09	148.61	152.65	159.12	172.36	197.95	267.55	162
163	141.66	142.53	143.32	144.05	149.60	153.66	160.15	173.46	199.20	269.22	163
164	142.61	143.48	144.28	145.01	150.58	154.66	161.19	174.56	200.45	270.89	164
165	143.57	144.44	145.23	145.97	151.57	155.66	162.22	175.67	201.70	272.55	165
166	144.52	145.39	146.19	146.93	152.55	156.67	163.26	176.77	202.94	274.22	166
167	145.47	146.35	147.15	147.89	153.54	157.67	164.29	177.88	204.19	275.89	167
168	146.42	147.30	148.11	148.86	154.53	158.68	165.33	178.98	205.44	277.55	168
169	147.37	148.26	149.07	149.82	155.51	159.68	166.36	180.08	206.69	279.22	169
170	148.32	149.21	150.03	150.78	156.50	160.69	167.40	181.19	207.94	280.88	170
171	149.28	150.17	150.99	151.74	157.48	161.69	168.43	182.29	209.18	282.55	171
172	150.23	151.13	151.95	152.71	158.47	162.70	169.47	183.39	210.43	284.22	172
173	151.18	152.08	152.91	153.67	159.46	163.70	170.50	184.50	211.68	285.88	173
174	152.14	153.04	153.87	154.63	160.44	164.71	171.54	185.60	212.93	287.55	174
175	153.09	154.00	154.83	155.60	161.43	165.71	172.58	186.71	214.18	289.22	175
176	154.04	154.95	155.79	156.56	162.42	166.72	173.61	187.81	215.42	290.88	176
177	155.00	155.91	156.75	157.52	163.41	167.72	174.65	188.91	216.67	292.55	177
178	155.95	156.87	157.71	158.49	164.39	168.73	175.69	190.02	217.92	294.22	178
179	156.91	157.83	158.67	159.45	165.38	169.73	176.72	191.12	219.17	295.88	179
180	157.86	158.78	159.63	160.42	166.37	170.74	177.76	192.23	220.42	297.55	180
181	158.81	159.74	160.59	161.38	167.36	171.75	178.79	193.33	221.66	299.22	181
182	159.77	160.70	161.55	162.34	168.35	172.75	179.83	194.44	222.91	300.88	182
183	160.72	161.66	162.52	163.31	169.33	173.76	180.87	195.54	224.16	302.55	183
184	161.68	162.62	163.48	164.27	170.32	174.77	181.91	196.65	225.41	304.21	184
185	162.64	163.58	164.44	165.24	171.31	175.77	182.94	197.75	226.66	305.88	185
186	163.59	164.54	165.40	166.21	172.30	176.78	183.98	198.85	227.91	307.55	186
187	164.55	165.50	166.37	167.17	173.29	177.79	185.02	199.96	229.15	309.21	187
188	165.50	166.46	167.33	168.14	174.28	178.79	186.05	201.06	230.40	310.88	188
189	166.46	167.42	168.29	169.10	175.27	179.80	187.09	202.17	231.65	312.55	189
190	167.42	168.37	169.25	170.07	176.26	180.81	188.13	203.27	232.90	314.21	190
191	168.37	169.34	170.22	171.03	177.25	181.81	189.17	204.38	234.15	315.88	191
192	169.33	170.30	171.18	172.00	178.24	182.82	190.20	205.48	235.40	317.55	192
193	170.29	171.26	172.14	172.97	179.23	183.83	191.24	206.59	236.64	319.21	193
194	171.24	172.22	173.11	173.93	180.22	184.84	192.28	207.69	237.89	320.88	194
195	172.20	173.18	174.07	174.90	181.21	185.85	193.32	208.80	239.14	322.55	195
196	173.16	174.14	175.04	175.87	182.20	186.85	194.35	209.90	240.39	324.21	196
197	174.12	175.10	176.00	176.84	183.19	187.86	195.39	211.01	241.64	325.88	197
198	175.07	176.06	176.96	177.80	184.18	188.87	196.43	212.11	242.89	327.54	198
199	176.03	177.02	177.93	178.77	185.17	189.88	197.47	213.22	244.13	329.21	199
200	176.99	177.98	178.89	179.74	186.16	190.89	198.51	214.32	245.38	330.88	200
201	177.95	178.95	179.86	180.71	187.15	191.89	199.55	215.43	246.63	332.54	201
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
201	149.67	154.68	157.07	163.38	166.54	170.09	172.39	174.15	175.60	176.84	201
202	150.54	155.56	157.96	164.29	167.47	171.02	173.33	175.09	176.55	177.80	202
203	151.41	156.44	158.85	165.20	168.39	171.95	174.27	176.04	177.50	178.75	203
204	152.27	157.33	159.74	166.12	169.31	172.88	175.21	176.98	178.45	179.71	204
205	153.14	158.21	160.64	167.03	170.23	173.82	176.15	177.93	179.40	180.66	205
206	154.01	159.09	161.53	167.94	171.15	174.75	177.09	178.88	180.35	181.62	206
207	154.88	159.98	162.42	168.85	172.07	175.68	178.03	179.82	181.30	182.57	207
208	155.75	160.86	163.31	169.76	173.00	176.62	178.97	180.77	182.25	183.53	208
209	156.62	161.75	164.21	170.68	173.92	177.55	179.91	181.72	183.21	184.49	209
210	157.49	162.64	165.10	171.59	174.84	178.49	180.85	182.66	184.16	185.44	210
211	158.36	163.52	165.99	172.50	175.77	179.42	181.80	183.61	185.11	186.40	211
212	159.23	164.41	166.89	173.42	176.69	180.36	182.74	184.56	186.06	187.36	212
213	160.10	165.29	167.78	174.33	177.61	181.29	183.68	185.51	187.01	188.31	213
214	160.97	166.18	168.67	175.24	178.54	182.22	184.62	186.46	187.97	189.27	214
215	161.84	167.07	169.57	176.16	179.46	183.16	185.56	187.40	188.92	190.23	215
216	162.71	167.96	170.46	177.07	180.38	184.10	186.51	188.35	189.87	191.18	216
217	163.59	168.84	171.36	177.99	181.31	185.03	187.45	189.30	190.83	192.14	217
218	164.46	169.73	172.25	178.90	182.23	185.97	188.39	190.25	191.78	193.10	218
219	165.33	170.62	173.15	179.82	183.16	186.90	189.34	191.20	192.73	194.05	219
220	166.20	171.51	174.05	180.73	184.08	187.84	190.28	192.15	193.69	195.01	220
221	167.08	172.40	174.94	181.65	185.01	188.77	191.22	193.10	194.64	195.97	221
222	167.95	173.29	175.84	182.56	185.93	189.71	192.17	194.04	195.59	196.93	222
223	168.83	174.18	176.73	183.48	186.86	190.65	193.11	194.99	196.55	197.89	223
224	169.70	175.07	177.63	184.39	187.78	191.58	194.05	195.94	197.50	198.85	224
225	170.57	175.96	178.53	185.31	188.71	192.52	195.00	196.89	198.46	199.80	225
226	171.45	176.85	179.43	186.23	189.64	193.46	195.94	197.84	199.41	200.76	226
227	172.32	177.74	180.32	187.14	190.56	194.40	196.89	198.79	200.37	201.72	227
228	173.20	178.63	181.22	188.06	191.49	195.33	197.83	199.74	201.32	202.68	228
229	174.08	179.52	182.12	188.98	192.42	196.27	198.78	200.69	202.28	203.64	229
230	174.95	180.41	183.02	189.90	193.34	197.21	199.72	201.64	203.23	204.60	230
231	175.83	181.30	183.92	190.81	194.27	198.15	200.67	202.60	204.19	205.56	231
232	176.71	182.19	184.82	191.73	195.20	199.09	201.61	203.55	205.14	206.52	232
233	177.58	183.08	185.71	192.65	196.13	200.02	202.56	204.50	206.10	207.48	233
234	178.46	183.98	186.61	193.57	197.05	200.96	203.50	205.45	207.05	208.44	234
235	179.34	184.87	187.51	194.49	197.98	201.90	204.45	206.40	208.01	209.40	235
236	180.22	185.76	188.41	195.40	198.91	202.84	205.40	207.35	208.97	210.36	236
237	181.09	186.65	189.31	196.32	199.84	203.78	206.34	208.30	209.92	211.32	237
238	181.97	187.55	190.21	197.24	200.77	204.72	207.29	209.25	210.88	212.28	238
239	182.85	188.44	191.11	198.16	201.69	205.66	208.23	210.21	211.83	213.24	239
240	183.73	189.34	192.02	199.08	202.62	206.60	209.18	211.16	212.79	214.20	240
241	184.61	190.23	192.92	200.00	203.55	207.54	210.13	212.11	213.75	215.16	241
242	185.49	191.12	193.82	200.92	204.48	208.48	211.07	213.06	214.70	216.12	242
243	186.37	192.02	194.72	201.84	205.41	209.42	212.02	214.02	215.66	217.08	243
244	187.25	192.91	195.62	202.76	206.34	210.36	212.97	214.97	216.62	218.04	244
245	188.13	193.81	196.52	203.68	207.27	211.30	213.92	215.92	217.58	219.00	245
246	189.01	194.70	197.42	204.60	208.20	212.24	214.86	216.87	218.53	219.96	246
247	189.89	195.60	198.33	205.52	209.13	213.18	215.81	217.83	219.49	220.92	247
248	190.77	196.49	199.23	206.44	210.06	214.12	216.76	218.78	220.45	221.89	248
249	191.65	197.39	200.13	207.37	210.99	215.06	217.71	219.73	221.41	222.85	249
250	192.53	198.29	201.04	208.29	211.92	216.00	218.65	220.69	222.36	223.81	250
251	193.42	199.18	201.94	209.21	212.85	216.94	219.60	221.64	223.32	224.77	251
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
201	177.95	178.95	179.86	180.71	187.15	191.89	199.55	215.43	246.63	332.54	201
202	178.91	179.91	180.82	181.67	188.14	192.90	200.58	216.53	247.88	334.21	202
203	179.87	180.87	181.79	182.64	189.13	193.91	201.62	217.64	249.13	335.88	203
204	180.82	181.83	182.75	183.61	190.12	194.92	202.66	218.74	250.38	337.54	204
205	181.78	182.79	183.72	184.58	191.11	195.93	203.70	219.85	251.63	339.21	205
206	182.74	183.76	184.69	185.55	192.10	196.94	204.74	220.95	252.87	340.88	206
207	183.70	184.72	185.65	186.52	193.10	197.95	205.78	222.06	254.12	342.54	207
208	184.66	185.68	186.62	187.48	194.09	198.96	206.82	223.17	255.37	344.21	208
209	185.62	186.65	187.58	188.45	195.08	199.97	207.85	224.27	256.62	345.88	209
210	186.58	187.61	188.55	189.42	196.07	200.97	208.89	225.38	257.87	347.54	210
211	187.54	188.57	189.52	190.39	197.06	201.98	209.93	226.48	259.12	349.21	211
212	188.50	189.54	190.48	191.36	198.06	202.99	210.97	227.59	260.37	350.88	212
213	189.46	190.50	191.45	192.33	199.05	204.00	212.01	228.69	261.61	352.54	213
214	190.42	191.46	192.42	193.30	200.04	205.01	213.05	229.80	262.86	354.21	214
215	191.38	192.43	193.38	194.27	201.03	206.02	214.09	230.90	264.11	355.87	215
216	192.34	193.39	194.35	195.24	202.02	207.03	215.13	232.01	265.36	357.54	216
217	193.30	194.35	195.32	196.21	203.02	208.04	216.17	233.12	266.61	359.21	217
218	194.26	195.32	196.29	197.18	204.01	209.05	217.21	234.22	267.86	360.87	218
219	195.23	196.28	197.25	198.15	205.00	210.06	218.25	235.33	269.11	362.54	219
220	196.19	197.25	198.22	199.12	206.00	211.07	219.29	236.43	270.36	364.21	220
221	197.15	198.21	199.19	200.09	206.99	212.08	220.33	237.54	271.60	365.87	221
222	198.11	199.18	200.16	201.06	207.98	213.09	221.37	238.65	272.85	367.54	222
223	199.07	200.14	201.12	202.04	208.97	214.10	222.41	239.75	274.10	369.21	223
224	200.03	201.11	202.09	203.01	209.97	215.11	223.45	240.86	275.35	370.87	224
225	201.00	202.07	203.06	203.98	210.96	216.12	224.48	241.96	276.60	372.54	225
226	201.96	203.04	204.03	204.95	211.95	217.14	225.52	243.07	277.85	374.21	226
227	202.92	204.00	205.00	205.92	212.95	218.15	226.56	244.18	279.10	375.87	227
228	203.88	204.97	205.97	206.89	213.94	219.16	227.60	245.28	280.35	377.54	228
229	204.85	205.94	206.94	207.86	214.94	220.17	228.65	246.39	281.59	379.21	229
230	205.81	206.90	207.91	208.84	215.93	221.18	229.69	247.49	282.84	380.87	230
231	206.77	207.87	208.87	209.81	216.92	222.19	230.73	248.60	284.09	382.54	231
232	207.73	208.83	209.84	210.78	217.92	223.20	231.77	249.71	285.34	384.21	232
233	208.70	209.80	210.81	211.75	218.91	224.21	232.81	250.81	286.59	385.87	233
234	209.66	210.77	211.78	212.72	219.91	225.22	233.85	251.92	287.84	387.54	234
235	210.62	211.73	212.75	213.70	220.90	226.23	234.89	253.02	289.09	389.20	235
236	211.59	212.70	213.72	214.67	221.90	227.25	235.93	254.13	290.34	390.87	236
237	212.55	213.67	214.69	215.64	222.89	228.26	236.97	255.24	291.58	392.54	237
238	213.52	214.64	215.66	216.61	223.88	229.27	238.01	256.34	292.83	394.20	238
239	214.48	215.60	216.63	217.59	224.88	230.28	239.05	257.45	294.08	395.87	239
240	215.44	216.57	217.60	218.56	225.87	231.29	240.09	258.56	295.33	397.54	240
241	216.41	217.54	218.57	219.53	226.87	232.30	241.13	259.66	296.58	399.20	241
242	217.37	218.50	219.54	220.51	227.86	233.32	242.17	260.77	297.83	400.87	242
243	218.34	219.47	220.51	221.48	228.86	234.33	243.21	261.88	299.08	402.54	243
244	219.30	220.44	221.48	222.45	229.85	235.34	244.25	262.98	300.33	404.20	244
245	220.27	221.41	222.46	223.43	230.85	236.35	245.29	264.09	301.58	405.87	245
246	221.23	222.38	223.43	224.40	231.84	237.36	246.34	265.20	302.82	407.54	246
247	222.20	223.34	224.40	225.37	232.84	238.38	247.38	266.30	304.07	409.20	247
248	223.16	224.31	225.37	226.35	233.84	239.39	248.42	267.41	305.32	410.87	248
249	224.13	225.28	226.34	227.32	234.83	240.40	249.46	268.52	306.57	412.54	249
250	225.09	226.25	227.31	228.30	235.83	241.41	250.50	269.62	307.82	414.20	250
251	226.06	227.22	228.28	229.27	236.82	242.43	251.54	270.73	309.07	415.87	251
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
251	193.42	199.18	201.94	209.21	212.85	216.94	219.60	221.64	223.32	224.77	251
252	194.30	200.08	202.84	210.13	213.78	217.88	220.55	222.59	224.28	225.73	252
253	195.18	200.98	203.75	211.05	214.72	218.83	221.50	223.55	225.24	226.70	253
254	196.06	201.87	204.65	211.97	215.65	219.77	222.45	224.50	226.20	227.66	254
255	196.95	202.77	205.55	212.90	216.58	220.71	223.40	225.46	227.16	228.62	255
256	197.83	203.67	206.46	213.82	217.51	221.65	224.35	226.41	228.11	229.58	256
257	198.71	204.57	207.36	214.74	218.44	222.59	225.30	227.36	229.07	230.55	257
258	199.60	205.46	208.27	215.66	219.37	223.54	226.24	228.32	230.03	231.51	258
259	200.48	206.36	209.17	216.59	220.31	224.48	227.19	229.27	230.99	232.47	259
260	201.36	207.26	210.08	217.51	221.24	225.42	228.14	230.23	231.95	233.43	260
261	202.25	208.16	210.98	218.43	222.17	226.36	229.09	231.18	232.91	234.40	261
262	203.13	209.06	211.89	219.36	223.10	227.31	230.04	232.14	233.87	235.36	262
263	204.02	209.96	212.79	220.28	224.04	228.25	230.99	233.09	234.83	236.32	263
264	204.90	210.86	213.70	221.20	224.97	229.19	231.94	234.05	235.79	237.29	264
265	205.79	211.75	214.61	222.13	225.90	230.14	232.89	235.00	236.75	238.25	265
266	206.67	212.65	215.51	223.05	226.83	231.08	233.84	235.96	237.71	239.21	266
267	207.56	213.55	216.42	223.98	227.77	232.02	234.79	236.92	238.67	240.18	267
268	208.44	214.45	217.33	224.90	228.70	232.97	235.74	237.87	239.63	241.14	268
269	209.33	215.35	218.23	225.83	229.64	233.91	236.69	238.83	240.59	242.11	269
270	210.22	216.26	219.14	226.75	230.57	234.86	237.64	239.78	241.55	243.07	270
271	211.10	217.16	220.05	227.68	231.50	235.80	238.60	240.74	242.51	244.03	271
272	211.99	218.06	220.96	228.60	232.44	236.74	239.55	241.70	243.47	245.00	272
273	212.88	218.96	221.86	229.53	233.37	237.69	240.50	242.65	244.43	245.96	273
274	213.76	219.86	222.77	230.45	234.31	238.63	241.45	243.61	245.39	246.93	274
275	214.65	220.76	223.68	231.38	235.24	239.58	242.40	244.56	246.35	247.89	275
276	215.54	221.66	224.59	232.30	236.18	240.52	243.35	245.52	247.31	248.86	276
277	216.43	222.56	225.50	233.23	237.11	241.47	244.30	246.48	248.27	249.82	277
278	217.32	223.47	226.40	234.16	238.05	242.41	245.26	247.43	249.24	250.79	278
279	218.20	224.37	227.31	235.08	238.98	243.36	246.21	248.39	250.20	251.75	279
280	219.09	225.27	228.22	236.01	239.92	244.30	247.16	249.35	251.16	252.72	280
281	219.98	226.17	229.13	236.93	240.85	245.25	248.11	250.31	252.12	253.68	281
282	220.87	227.08	230.04	237.86	241.79	246.19	249.06	251.26	253.08	254.65	282
283	221.76	227.98	230.95	238.79	242.72	247.14	250.02	252.22	254.04	255.61	283
284	222.65	228.88	231.86	239.72	243.66	248.09	250.97	253.18	255.00	256.58	284
285	223.54	229.79	232.77	240.64	244.59	249.03	251.92	254.14	255.97	257.55	285
286	224.43	230.69	233.68	241.57	245.53	249.98	252.87	255.09	256.93	258.51	286
287	225.32	231.59	234.59	242.50	246.47	250.92	253.83	256.05	257.89	259.48	287
288	226.21	232.50	235.50	243.43	247.40	251.87	254.78	257.01	258.85	260.44	288
289	227.10	233.40	236.41	244.35	248.34	252.82	255.73	257.97	259.82	261.41	289
290	227.99	234.31	237.32	245.28	249.28	253.76	256.69	258.93	260.78	262.37	290
291	228.88	235.21	238.23	246.21	250.21	254.71	257.64	259.88	261.74	263.34	291
292	229.77	236.11	239.14	247.14	251.15	255.66	258.59	260.84	262.70	264.31	292
293	230.66	237.02	240.06	248.07	252.09	256.60	259.55	261.80	263.67	265.27	293
294	231.56	237.92	240.97	248.99	253.02	257.55	260.50	262.76	264.63	266.24	294
295	232.45	238.83	241.88	249.92	253.96	258.50	261.45	263.72	265.59	267.21	295
296	233.34	239.74	242.79	250.85	254.90	259.44	262.41	264.68	266.55	268.17	296
297	234.23	240.64	243.70	251.78	255.84	260.39	263.36	265.64	267.52	269.14	297
298	235.12	241.55	244.61	252.71	256.77	261.34	264.31	266.60	268.48	270.11	298
299	236.02	242.45	245.53	253.64	257.71	262.29	265.27	267.55	269.44	271.07	299
300	236.91	243.36	246.44	254.57	258.65	263.23	266.22	268.51	270.41	272.04	300
301	237.80	244.26	247.35	255.50	259.59	264.18	267.18	269.47	271.37	273.01	301
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
251	226.06	227.22	228.28	229.27	236.82	242.43	251.54	270.73	309.07	415.87	251
252	227.02	228.19	229.25	230.25	237.82	243.44	252.58	271.84	310.32	417.54	252
253	227.99	229.16	230.23	231.22	238.81	244.45	253.62	272.94	311.57	419.20	253
254	228.95	230.12	231.20	232.19	239.81	245.46	254.67	274.05	312.82	420.87	254
255	229.92	231.09	232.17	233.17	240.81	246.48	255.71	275.16	314.07	422.54	255
256	230.89	232.06	233.14	234.14	241.80	247.49	256.75	276.26	315.31	424.20	256
257	231.85	233.03	234.11	235.12	242.80	248.50	257.79	277.37	316.56	425.87	257
258	232.82	234.00	235.09	236.09	243.80	249.52	258.83	278.48	317.81	427.53	258
259	233.78	234.97	236.06	237.07	244.79	250.53	259.87	279.58	319.06	429.20	259
260	234.75	235.94	237.03	238.04	245.79	251.54	260.91	280.69	320.31	430.87	260
261	235.72	236.91	238.00	239.02	246.78	252.56	261.96	281.80	321.56	432.53	261
262	236.68	237.88	238.98	239.99	247.78	253.57	263.00	282.90	322.81	434.20	262
263	237.65	238.85	239.95	240.97	248.78	254.58	264.04	284.01	324.06	435.87	263
264	238.62	239.82	240.92	241.95	249.77	255.60	265.08	285.12	325.31	437.53	264
265	239.58	240.79	241.89	242.92	250.77	256.61	266.12	286.23	326.56	439.20	265
266	240.55	241.76	242.87	243.90	251.77	257.62	267.17	287.33	327.80	440.87	266
267	241.52	242.73	243.84	244.87	252.77	258.64	268.21	288.44	329.05	442.53	267
268	242.49	243.70	244.81	245.85	253.76	259.65	269.25	289.55	330.30	444.20	268
269	243.45	244.67	245.79	246.82	254.76	260.66	270.29	290.65	331.55	445.87	269
270	244.42	245.64	246.76	247.80	255.76	261.68	271.33	291.76	332.80	447.53	270
271	245.39	246.61	247.73	248.78	256.75	262.69	272.38	292.87	334.05	449.20	271
272	246.36	247.58	248.71	249.75	257.75	263.71	273.42	293.98	335.30	450.87	272
273	247.32	248.55	249.68	250.73	258.75	264.72	274.46	295.08	336.55	452.53	273
274	248.29	249.52	250.66	251.71	259.75	265.73	275.50	296.19	337.80	454.20	274
275	249.26	250.50	251.63	252.68	260.74	266.75	276.55	297.30	339.05	455.87	275
276	250.23	251.47	252.60	253.66	261.74	267.76	277.59	298.40	340.30	457.53	276
277	251.20	252.44	253.58	254.64	262.74	268.78	278.63	299.51	341.54	459.20	277
278	252.16	253.41	254.55	255.61	263.74	269.79	279.67	300.62	342.79	460.87	278
279	253.13	254.38	255.53	256.59	264.74	270.80	280.71	301.73	344.04	462.53	279
280	254.10	255.35	256.50	257.57	265.73	271.82	281.76	302.83	345.29	464.20	280
281	255.07	256.32	257.48	258.54	266.73	272.83	282.80	303.94	346.54	465.87	281
282	256.04	257.30	258.45	259.52	267.73	273.85	283.84	305.05	347.79	467.53	282
283	257.01	258.27	259.42	260.50	268.73	274.86	284.89	306.16	349.04	469.20	283
284	257.98	259.24	260.40	261.48	269.73	275.88	285.93	307.26	350.29	470.87	284
285	258.95	260.21	261.37	262.45	270.72	276.89	286.97	308.37	351.54	472.53	285
286	259.91	261.18	262.35	263.43	271.72	277.91	288.01	309.48	352.79	474.20	286
287	260.88	262.16	263.32	264.41	272.72	278.92	289.06	310.58	354.04	475.86	287
288	261.85	263.13	264.30	265.39	273.72	279.93	290.10	311.69	355.28	477.53	288
289	262.82	264.10	265.27	266.36	274.72	280.95	291.14	312.80	356.53	479.20	289
290	263.79	265.07	266.25	267.34	275.72	281.96	292.18	313.91	357.78	480.86	290
291	264.76	266.05	267.23	268.32	276.72	282.98	293.23	315.01	359.03	482.53	291
292	265.73	267.02	268.20	269.30	277.71	283.99	294.27	316.12	360.28	484.20	292
293	266.70	267.99	269.18	270.28	278.71	285.01	295.31	317.23	361.53	485.86	293
294	267.67	268.96	270.15	271.25	279.71	286.02	296.36	318.34	362.78	487.53	294
295	268.64	269.94	271.13	272.23	280.71	287.04	297.40	319.44	364.03	489.20	295
296	269.61	270.91	272.10	273.21	281.71	288.05	298.44	320.55	365.28	490.86	296
297	270.58	271.88	273.08	274.19	282.71	289.07	299.49	321.66	366.53	492.53	297
298	271.55	272.86	274.06	275.17	283.71	290.09	300.53	322.77	367.78	494.20	298
299	272.52	273.83	275.03	276.15	284.71	291.10	301.57	323.88	369.03	495.86	299
300	273.49	274.80	276.01	277.13	285.71	292.12	302.62	324.98	370.28	497.53	300
301	274.46	275.78	276.98	278.10	286.71	293.13	303.66	326.09	371.52	499.20	301
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

Parte II, Tabla de E

Tabla de $E_{l,n}(A)$ para valores dados de n y A . (Ver páginas 16 - 48)

3.1. Generalidades

En la parte II, la probabilidad de pérdida $E_{l,n}(A) = E$ es tabulada para valores dados del número de dispositivos n y el flujo de tráfico ofrecido A .

3.2 Ejemplos numéricos

Ejemplo 1

Encuentre la probabilidad de pérdida E para $n = 75$ dispositivos y $A = 70$ erlang.

Desde la página 42 y el punto de cruce entre la columna para $n = 75$ y la fila para $A = 70$, uno puede leer la probabilidad de pérdida como $E = 0.051657$.

Ejemplo 2

Cuál será la probabilidad de pérdida si $n = 92$ dispositivos son ofrecidos a un flujo de tráfico de $A = 123.3$ erlang?

En la página 48 uno puede leer $E_1 = 0.272015$ para $n = 92$ y $A_1 = 123$, y $E_2 = 0.277417$ para $n=92$ y $A_2 = 124$. Con la interpolación lineal la probabilidad de pérdida puede ser estimada como

$$E = E_1 + \frac{A - A_1}{A_2 - A_1} \times (E_2 - E_1) \Rightarrow E = .273636$$

n = 1 - 10

A = 0.01 - 0.51

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n										A
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.01	.009901	.000050									0.01
0.02	.019608	.000196	.000001								0.02
0.03	.029126	.000437	.000004								0.03
0.04	.038462	.000769	.000010								0.04
0.05	.047619	.001189	.000020								0.05
0.06	.056604	.001695	.000034	.000001							0.06
0.07	.065421	.002284	.000053	.000001							0.07
0.08	.074074	.002954	.000079	.000002							0.08
0.09	.082569	.003702	.000111	.000002							0.09
0.10	.090909	.004525	.000151	.000004							0.10
0.11	.099099	.005421	.000199	.000005							0.11
0.12	.107143	.006388	.000255	.000008							0.12
0.13	.115044	.007422	.000322	.000010							0.13
0.14	.122807	.008523	.000398	.000014							0.14
0.15	.130435	.009688	.000484	.000018	.000001						0.15
0.16	.137931	.010914	.000582	.000023	.000001						0.16
0.17	.145299	.012200	.000691	.000029	.000001						0.17
0.18	.152542	.013543	.000812	.000037	.000001						0.18
0.19	.159664	.014941	.000945	.000045	.000002						0.19
0.20	.166667	.016393	.001092	.000055	.000002						0.20
0.21	.173554	.017897	.001251	.000066	.000003						0.21
0.22	.180328	.019450	.001424	.000078	.000003						0.22
0.23	.186992	.021051	.001611	.000093	.000004						0.23
0.24	.193548	.022699	.001813	.000109	.000005						0.24
0.25	.200000	.024390	.002028	.000127	.000006						0.25
0.26	.206349	.026125	.002259	.000147	.000008						0.26
0.27	.212598	.027900	.002505	.000169	.000009						0.27
0.28	.218750	.029715	.002766	.000194	.000011	.000001					0.28
0.29	.224806	.031568	.003042	.000221	.000013	.000001					0.29
0.30	.230769	.033457	.003335	.000250	.000015	.000001					0.30
0.31	.236641	.035382	.003643	.000282	.000017	.000001					0.31
0.32	.242424	.037340	.003967	.000317	.000020	.000001					0.32
0.33	.248120	.039330	.004308	.000355	.000023	.000001					0.33
0.34	.253731	.041351	.004665	.000396	.000027	.000002					0.34
0.35	.259259	.043401	.005038	.000441	.000031	.000002					0.35
0.36	.264706	.045480	.005428	.000488	.000035	.000002					0.36
0.37	.270073	.047586	.005835	.000539	.000040	.000002					0.37
0.38	.275362	.049718	.006258	.000594	.000045	.000003					0.38
0.39	.280575	.051874	.006698	.000653	.000051	.000003					0.39
0.40	.285714	.054054	.007156	.000715	.000057	.000004					0.40
0.41	.290780	.056256	.007630	.000781	.000064	.000004					0.41
0.42	.295775	.058480	.008121	.000852	.000072	.000005					0.42
0.43	.300699	.060724	.008629	.000927	.000080	.000006					0.43
0.44	.305555	.062988	.009154	.001006	.000089	.000006					0.44
0.45	.310345	.065270	.009696	.001090	.000098	.000007					0.45
0.46	.315068	.067569	.010254	.001178	.000108	.000008	.000001				0.46
0.47	.319728	.069885	.010830	.001271	.000119	.000009	.000001				0.47
0.48	.324324	.072217	.011423	.001369	.000131	.000011	.000001				0.48
0.49	.328859	.074563	.012032	.001472	.000144	.000012	.000001				0.49
0.50	.333333	.076923	.012658	.001580	.000158	.000013	.000001				0.50
0.51	.337748	.079296	.013301	.001693	.000173	.000015	.000001				0.51
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A
	Número de dispositivos n										

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n										A
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.50	.333333	.076923	.012658	.001580	.000158	.000013	.000001				0.50
0.55	.354839	.088905	.016038	.002200	.000242	.000022	.000002				0.55
0.60	.375000	.101124	.019824	.002965	.000356	.000036	.000003				0.60
0.65	.393939	.113499	.024001	.003885	.000505	.000055	.000005				0.65
0.70	.411765	.125964	.028552	.004972	.000696	.000081	.000008	.000001			0.70
0.75	.428571	.138462	.033457	.006234	.000934	.000117	.000013	.000001			0.75
0.80	.444444	.150943	.038694	.007679	.001227	.000164	.000019	.000002			0.80
0.85	.459459	.163369	.044240	.009313	.001581	.000224	.000027	.000003			0.85
0.90	.473684	.175705	.050072	.011141	.002001	.000300	.000039	.000004			0.90
0.95	.487180	.187923	.056167	.013164	.002495	.000395	.000054	.000006	.000001		0.95
1.00	.500000	.200000	.062500	.015385	.003067	.000511	.000073	.000009	.000001		1.00
1.05	.512195	.211917	.069050	.017803	.003725	.000651	.000098	.000013	.000001		1.05
1.10	.523810	.223660	.075793	.020418	.004472	.000819	.000129	.000018	.000002		1.10
1.15	.534884	.235216	.082709	.023226	.005314	.001017	.000167	.000024	.000003		1.15
1.20	.545455	.246575	.089776	.026226	.006255	.001249	.000214	.000032	.000004	.000001	1.20
1.25	.555556	.257732	.096974	.029413	.007300	.001518	.000271	.000042	.000006	.000001	1.25
1.30	.565217	.268680	.104286	.032782	.008451	.001828	.000339	.000055	.000008	.000001	1.30
1.35	.574468	.279417	.111694	.036327	.009713	.002181	.000420	.000071	.000011	.000001	1.35
1.40	.583333	.289941	.119180	.040043	.011088	.002580	.000516	.000090	.000014	.000002	1.40
1.45	.591837	.300250	.126730	.043922	.012577	.003030	.000627	.000114	.000018	.000003	1.45
1.50	.600000	.310345	.134328	.047957	.014183	.003533	.000757	.000142	.000024	.000004	1.50
1.55	.607843	.320227	.141963	.052142	.015907	.004092	.000905	.000175	.000030	.000005	1.55
1.60	.615385	.329897	.149620	.056468	.017749	.004711	.001076	.000215	.000038	.000006	1.60
1.65	.622641	.339358	.157289	.060929	.019710	.005391	.001269	.000262	.000048	.000008	1.65
1.70	.629630	.348613	.164960	.065515	.021790	.006136	.001488	.000316	.000060	.000010	1.70
1.75	.636364	.357664	.172622	.070219	.023987	.006948	.001734	.000379	.000074	.000013	1.75
1.80	.642857	.366516	.180267	.075033	.026302	.007829	.002009	.000452	.000090	.000016	1.80
1.85	.649123	.375171	.187887	.079950	.028732	.008781	.002315	.000535	.000110	.000020	1.85
1.90	.655172	.383634	.195474	.084962	.031276	.009807	.002655	.000630	.000133	.000025	1.90
1.95	.661017	.391909	.203023	.090060	.033932	.010907	.003029	.000738	.000160	.000031	1.95
2.00	.666667	.400000	.210526	.095238	.036697	.012085	.003441	.000859	.000191	.000038	2.00
2.05	.672131	.407911	.217979	.100488	.039570	.013339	.003891	.000996	.000227	.000047	2.05
2.10	.677419	.415645	.225378	.105804	.042547	.014673	.004383	.001149	.000268	.000056	2.10
2.15	.682540	.423209	.232717	.111178	.045625	.016086	.004916	.001320	.000315	.000068	2.15
2.20	.687500	.430605	.239993	.116605	.048802	.017580	.005495	.001509	.000369	.000081	2.20
2.25	.692308	.437838	.247202	.122076	.052074	.019154	.006119	.001718	.000429	.000097	2.25
2.30	.696970	.444912	.254343	.127588	.055437	.020809	.006791	.001949	.000498	.000114	2.30
2.35	.701492	.451831	.261411	.133133	.058888	.022544	.007512	.002202	.000575	.000135	2.35
2.40	.705882	.458599	.268406	.138706	.062423	.024361	.008283	.002479	.000661	.000159	2.40
2.45	.710145	.465220	.275325	.144302	.066039	.026258	.009106	.002781	.000757	.000185	2.45
2.50	.714286	.471698	.282167	.149916	.069731	.028234	.009983	.003110	.000863	.000216	2.50
2.55	.718310	.478037	.288930	.155543	.073497	.030290	.010914	.003467	.000981	.000250	2.55
2.60	.722222	.484241	.295613	.161178	.077331	.032424	.011900	.003853	.001112	.000289	2.60
2.65	.726027	.490312	.302216	.166818	.081232	.034635	.012942	.004269	.001255	.000333	2.65
2.70	.729730	.496256	.308738	.172458	.085194	.036922	.014041	.004717	.001413	.000381	2.70
2.75	.733333	.502074	.315179	.178095	.089213	.039283	.015198	.005197	.001586	.000436	2.75
2.80	.736842	.507772	.321537	.183724	.093287	.041718	.016413	.005712	.001774	.000496	2.80
2.85	.740260	.513351	.327814	.189343	.097412	.044224	.017687	.006262	.001979	.000564	2.85
2.90	.743590	.518815	.334009	.194948	.101584	.046801	.019020	.006848	.002202	.000638	2.90
2.95	.746835	.524168	.340122	.200537	.105799	.049446	.020412	.007471	.002443	.000720	2.95
3.00	.750000	.529412	.346154	.206107	.110054	.052157	.021864	.008132	.002703	.000810	3.00
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A
	Número de dispositivos n										

n = 1 - 10

A = 3.00 - 5.50

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n										A
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3.00	.750000	.529412	.346154	.206107	.110054	.052157	.021864	.008132	.002703	.000810	3.00
3.05	.753086	.534550	.352104	.211655	.114346	.054933	.023376	.008833	.002985	.000909	3.05
3.10	.756098	.539585	.357975	.217178	.118671	.057771	.024946	.009574	.003287	.001018	3.10
3.15	.759036	.544519	.363764	.222676	.123027	.060670	.026576	.010356	.003612	.001136	3.15
3.20	.761905	.549356	.369475	.228145	.127409	.063628	.028265	.011180	.003959	.001265	3.20
3.25	.764706	.554098	.375107	.233584	.131816	.066642	.030012	.012046	.004331	.001406	3.25
3.30	.767442	.558748	.380660	.238991	.136244	.069710	.031818	.012955	.004728	.001558	3.30
3.35	.770115	.563308	.386137	.244365	.140690	.072831	.033681	.013908	.005150	.001722	3.35
3.40	.772727	.567780	.391536	.249703	.145152	.076001	.035601	.014905	.005599	.001900	3.40
3.45	.775281	.572167	.396861	.255006	.149627	.079220	.037577	.015947	.006076	.002092	3.45
3.50	.777778	.576471	.402110	.260271	.154112	.082484	.039608	.017033	.006581	.002298	3.50
3.55	.780220	.580693	.407286	.265498	.158606	.085791	.041694	.018166	.007114	.002519	3.55
3.60	.782609	.584837	.412389	.270685	.163105	.089140	.043834	.019344	.007678	.002756	3.60
3.65	.784946	.588905	.417419	.275832	.167608	.092527	.046026	.020567	.008272	.003010	3.65
3.70	.787234	.592897	.422379	.280938	.172113	.095952	.048269	.021837	.008898	.003281	3.70
3.75	.789474	.596817	.427269	.286002	.176617	.099412	.050564	.023153	.009555	.003570	3.75
3.80	.791667	.600665	.432090	.291024	.181119	.102905	.052907	.024515	.010245	.003878	3.80
3.85	.793814	.604445	.436843	.296003	.185616	.106428	.055298	.025922	.010967	.004205	3.85
3.90	.795918	.608157	.441529	.300939	.190108	.109980	.057737	.027376	.011724	.004552	3.90
3.95	.797980	.611803	.446149	.305831	.194592	.113559	.060221	.028875	.012514	.004919	3.95
4.00	.800000	.615385	.450704	.310680	.199067	.117162	.062749	.030420	.013340	.005308	4.00
4.05	.801980	.618904	.455195	.315483	.203531	.120789	.065320	.032010	.014200	.005718	4.05
4.10	.803922	.622362	.459623	.320243	.207983	.124437	.067933	.033644	.015095	.006151	4.10
4.15	.805825	.625761	.463990	.324958	.212422	.128103	.070586	.035323	.016027	.006607	4.15
4.20	.807692	.629101	.468295	.329628	.216846	.131788	.073278	.037046	.016994	.007087	4.20
4.25	.809524	.632385	.472540	.334254	.221254	.135488	.076008	.038812	.017998	.007591	4.25
4.30	.811321	.635614	.476726	.338835	.225645	.139202	.078774	.040621	.019038	.008120	4.30
4.35	.813084	.638788	.480855	.343371	.230019	.142928	.081574	.042472	.020115	.008674	4.35
4.40	.814815	.641910	.484926	.347862	.234373	.146666	.084408	.044365	.021229	.009254	4.40
4.45	.816514	.644980	.488941	.352309	.238707	.150412	.087274	.046299	.022380	.009861	4.45
4.50	.818182	.648000	.492901	.356712	.243021	.154167	.090171	.048273	.023567	.010494	4.50
4.55	.819820	.650971	.496806	.361070	.247313	.157927	.093096	.050286	.024792	.011155	4.55
4.60	.821429	.653894	.500658	.365385	.251583	.161693	.096050	.052338	.026054	.011843	4.60
4.65	.823009	.656770	.504458	.369655	.255830	.165462	.099030	.054428	.027352	.012559	4.65
4.70	.824561	.659600	.508206	.373882	.260054	.169234	.102035	.056555	.028687	.013304	4.70
4.75	.826087	.662385	.511904	.378065	.264253	.173007	.105063	.058719	.030059	.014077	4.75
4.80	.827586	.665127	.515552	.382206	.268427	.176780	.108115	.060917	.031467	.014879	4.80
4.85	.829060	.667826	.519150	.386304	.272576	.180551	.111187	.063150	.032911	.015711	4.85
4.90	.830509	.670483	.522701	.390359	.276700	.184320	.114280	.065417	.034391	.016572	4.90
4.95	.831933	.673100	.526204	.394372	.280797	.188086	.117390	.067717	.035907	.017464	4.95
5.00	.833333	.675676	.529661	.398343	.284868	.191847	.120519	.070048	.037458	.018385	5.00
5.05	.834711	.678213	.533072	.402273	.288912	.195603	.123663	.072410	.039044	.019336	5.05
5.10	.836066	.680712	.536439	.406162	.292929	.199353	.126823	.074802	.040664	.020317	5.10
5.15	.837398	.683174	.539761	.410009	.296918	.203095	.129996	.077223	.042319	.021329	5.15
5.20	.838710	.685599	.543039	.413817	.300880	.206829	.133182	.079671	.044007	.022372	5.20
5.25	.840000	.687988	.546275	.417584	.304814	.210555	.136380	.082147	.045728	.023444	5.25
5.30	.841270	.690342	.549469	.421312	.308720	.214271	.139588	.084649	.047482	.024548	5.30
5.35	.842520	.692662	.552622	.425001	.312597	.217976	.142805	.087176	.049268	.025681	5.35
5.40	.843750	.694948	.555735	.428651	.316446	.221670	.146031	.089727	.051086	.026846	5.40
5.45	.844961	.697201	.558807	.432262	.320267	.225352	.149264	.092301	.052935	.028040	5.45
5.50	.846154	.699422	.561841	.435835	.324059	.229022	.152504	.094897	.054814	.029265	5.50
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A
Número de dispositivos n											

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n										A
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5.0	.833333	.675676	.529661	.398343	.284868	.191847	.120519	.070048	.037458	.018385	5.0
5.1	.836066	.680712	.536438	.406161	.292929	.199353	.126823	.074802	.040664	.020317	5.1
5.2	.838710	.685598	.543039	.413817	.300880	.206829	.133182	.079671	.044007	.022371	5.2
5.3	.841270	.690342	.549469	.421312	.308719	.214270	.139587	.084649	.047482	.024548	5.3
5.4	.843750	.694948	.555734	.428650	.316446	.221670	.146031	.089726	.051086	.026846	5.4
5.5	.846154	.699422	.561840	.435835	.324059	.229022	.152503	.094897	.054814	.029265	5.5
5.6	.848485	.703770	.567793	.442869	.331557	.236322	.158998	.100152	.058661	.031805	5.6
5.7	.850746	.707997	.573596	.449756	.338940	.243566	.165507	.105485	.062623	.034465	5.7
5.8	.852941	.712108	.579256	.456498	.346208	.250750	.172024	.110888	.066695	.037242	5.8
5.9	.855072	.716108	.584777	.463101	.353361	.257869	.178542	.116354	.070871	.040135	5.9
6.0	.857143	.720000	.590164	.469565	.360400	.264922	.185055	.121876	.075145	.043142	6.0
6.1	.859155	.723789	.595421	.475896	.367326	.271905	.191557	.127447	.079513	.046259	6.1
6.2	.861111	.727479	.600552	.482095	.374139	.278817	.198044	.133061	.083968	.049484	6.2
6.3	.863014	.731074	.605562	.488167	.380839	.285654	.204511	.138712	.088505	.052813	6.3
6.4	.864865	.734577	.610455	.494113	.387429	.292415	.210953	.144394	.093119	.056244	6.4
6.5	.866667	.737991	.615234	.499939	.393910	.299099	.217365	.150100	.097803	.059772	6.5
6.6	.868421	.741321	.619903	.505645	.400282	.305705	.223745	.155826	.102553	.063394	6.6
6.7	.870130	.744568	.624465	.511236	.406548	.312232	.230088	.161566	.107363	.067106	6.7
6.8	.871795	.747736	.628924	.516715	.412708	.318679	.236393	.167315	.112228	.070904	6.8
6.9	.873418	.750828	.633284	.522083	.418765	.325045	.242654	.173068	.117142	.074784	6.9
7.0	.875000	.753846	.637546	.527345	.424719	.331330	.248871	.178822	.122101	.078741	7.0
7.1	.876543	.756793	.641715	.532502	.430573	.337534	.255041	.184571	.127100	.082771	7.1
7.2	.878049	.759672	.645793	.537557	.436328	.343657	.261161	.190313	.132133	.086871	7.2
7.3	.879518	.762484	.649783	.542513	.441986	.349699	.267231	.196043	.137197	.091036	7.3
7.4	.880952	.765232	.653688	.547373	.447548	.355660	.273247	.201758	.142286	.095262	7.4
7.5	.882353	.767918	.657510	.552138	.453016	.361540	.279209	.207455	.147397	.099544	7.5
7.6	.883721	.770544	.661252	.556812	.458392	.367341	.285115	.213131	.152526	.103878	7.6
7.7	.885057	.773112	.664915	.561396	.463678	.373061	.290965	.218783	.157668	.108261	7.7
7.8	.886364	.775625	.668504	.565893	.468874	.378703	.296757	.224408	.162820	.112689	7.8
7.9	.887640	.778082	.672018	.570306	.473984	.384266	.302490	.230005	.167979	.117156	7.9
8.0	.888889	.780488	.675462	.574635	.479008	.389752	.308165	.235570	.173141	.121661	8.0
8.1	.890110	.782842	.678836	.578884	.483949	.395160	.313779	.241103	.178302	.126199	8.1
8.2	.891304	.785147	.682143	.583054	.488807	.400493	.319334	.246600	.183460	.130765	8.2
8.3	.892473	.787404	.685385	.587148	.493585	.405750	.324827	.252062	.188612	.135358	8.3
8.4	.893617	.789615	.688563	.591166	.498284	.410932	.330261	.257485	.193756	.139974	8.4
8.5	.894737	.791781	.691680	.595112	.502906	.416041	.335633	.262869	.198888	.144608	8.5
8.6	.895833	.793903	.694736	.598987	.507452	.421078	.340945	.268212	.204006	.149259	8.6
8.7	.896907	.795983	.697734	.602792	.511923	.426042	.346196	.273513	.209109	.153922	8.7
8.8	.897959	.798021	.700676	.606530	.516322	.430936	.351386	.278772	.214193	.158596	8.8
8.9	.898990	.800020	.703563	.610201	.520650	.435761	.356515	.283987	.219257	.163277	8.9
9.0	.900000	.801980	.706395	.613809	.524908	.440516	.361585	.289158	.224300	.167963	9.0
9.1	.900990	.803903	.709176	.617353	.529098	.445204	.366594	.294284	.229319	.172651	9.1
9.2	.901961	.805788	.711906	.620836	.533220	.449825	.371543	.299364	.234313	.177339	9.2
9.3	.902913	.807638	.714586	.624260	.537278	.454381	.376433	.304398	.239280	.182025	9.3
9.4	.903846	.809454	.717218	.627625	.541271	.458872	.381264	.309386	.244220	.186705	9.4
9.5	.904762	.811236	.719803	.630933	.545201	.463299	.386037	.314326	.249130	.191379	9.5
9.6	.905660	.812985	.722342	.634185	.549069	.467664	.390752	.319220	.254010	.196044	9.6
9.7	.906542	.814703	.724837	.637383	.552877	.471966	.395409	.324066	.258859	.200699	9.7
9.8	.907407	.816389	.727288	.640528	.556627	.476209	.400009	.328864	.263675	.205341	9.8
9.9	.908257	.818045	.729697	.643621	.560318	.480391	.404553	.333615	.268459	.209970	9.9
10.0	.909091	.819672	.732064	.646663	.563952	.484515	.409041	.338319	.273208	.214583	10.0
A	Número de dispositivos n										A
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

n = 10 - 20

A = 0.50 - 3.00

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0.50												0.50
0.55												0.55
0.60												0.60
0.65												0.65
0.70												0.70
0.75												0.75
0.80												0.80
0.85												0.85
0.90												0.90
0.95												0.95
1.00												1.00
1.05												1.05
1.10												1.10
1.15												1.15
1.20	.000001											1.20
1.25	.000001											1.25
1.30	.000001											1.30
1.35	.000001											1.35
1.40	.000002											1.40
1.45	.000003											1.45
1.50	.000004											1.50
1.55	.000005	.000001										1.55
1.60	.000006	.000001										1.60
1.65	.000008	.000001										1.65
1.70	.000010	.000002										1.70
1.75	.000013	.000002										1.75
1.80	.000016	.000003										1.80
1.85	.000020	.000003	.000001									1.85
1.90	.000025	.000004	.000001									1.90
1.95	.000031	.000006	.000001									1.95
2.00	.000038	.000007	.000001									2.00
2.05	.000047	.000009	.000001									2.05
2.10	.000056	.000011	.000002									2.10
2.15	.000068	.000013	.000002									2.15
2.20	.000081	.000016	.000003	.000001								2.20
2.25	.000097	.000020	.000004	.000001								2.25
2.30	.000114	.000024	.000005	.000001								2.30
2.35	.000135	.000029	.000006	.000001								2.35
2.40	.000159	.000035	.000007	.000001								2.40
2.45	.000185	.000041	.000008	.000002								2.45
2.50	.000216	.000049	.000010	.000002								2.50
2.55	.000250	.000058	.000012	.000002								2.55
2.60	.000289	.000068	.000015	.000003	.000001							2.60
2.65	.000333	.000080	.000018	.000004	.000001							2.65
2.70	.000381	.000094	.000021	.000004	.000001							2.70
2.75	.000436	.000109	.000025	.000005	.000001							2.75
2.80	.000496	.000126	.000029	.000006	.000001							2.80
2.85	.000564	.000146	.000035	.000008	.000002							2.85
2.90	.000638	.000168	.000041	.000009	.000002							2.90
2.95	.000720	.000193	.000047	.000011	.000002							2.95
3.00	.000810	.000221	.000055	.000013	.000003	.000001						3.00
A	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	A

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
3.00	.000810	.000221	.000055	.000013	.000003	.000001						3.00
3.05	.000909	.000252	.000064	.000015	.000003	.000001						3.05
3.10	.001018	.000287	.000074	.000018	.000004	.000001						3.10
3.15	.001136	.000325	.000085	.000021	.000005	.000001						3.15
3.20	.001265	.000368	.000098	.000024	.000006	.000001						3.20
3.25	.001406	.000415	.000112	.000028	.000007	.000001						3.25
3.30	.001558	.000467	.000128	.000033	.000008	.000002						3.30
3.35	.001722	.000524	.000146	.000038	.000009	.000002						3.35
3.40	.001900	.000587	.000166	.000043	.000011	.000002	.000001					3.40
3.45	.002092	.000656	.000188	.000050	.000012	.000003	.000001					3.45
3.50	.002298	.000731	.000213	.000057	.000014	.000003	.000001					3.50
3.55	.002519	.000812	.000240	.000066	.000017	.000004	.000001					3.55
3.60	.002756	.000901	.000270	.000075	.000019	.000005	.000001					3.60
3.65	.003010	.000998	.000303	.000085	.000022	.000005	.000001					3.65
3.70	.003281	.001102	.000340	.000097	.000026	.000006	.000001					3.70
3.75	.003570	.001216	.000380	.000110	.000029	.000007	.000002					3.75
3.80	.003878	.001338	.000423	.000124	.000034	.000009	.000002					3.80
3.85	.004205	.001469	.000471	.000140	.000038	.000010	.000002	.000001				3.85
3.90	.004552	.001611	.000523	.000157	.000044	.000011	.000003	.000001				3.90
3.95	.004919	.001763	.000580	.000176	.000050	.000013	.000003	.000001				3.95
4.00	.005308	.001926	.000642	.000197	.000056	.000015	.000004	.000001				4.00
4.05	.005718	.002101	.000709	.000221	.000064	.000017	.000004	.000001				4.05
4.10	.006151	.002287	.000781	.000246	.000072	.000020	.000005	.000001				4.10
4.15	.006607	.002487	.000859	.000274	.000081	.000022	.000006	.000001				4.15
4.20	.007087	.002699	.000944	.000305	.000091	.000026	.000007	.000002				4.20
4.25	.007591	.002924	.001035	.000338	.000103	.000029	.000008	.000002				4.25
4.30	.008120	.003164	.001133	.000374	.000115	.000033	.000009	.000002	.000001			4.30
4.35	.008674	.003419	.001238	.000414	.000129	.000037	.000010	.000003	.000001			4.35
4.40	.009254	.003688	.001350	.000457	.000144	.000042	.000012	.000003	.000001			4.40
4.45	.009861	.003973	.001471	.000503	.000160	.000047	.000013	.000003	.000001			4.45
4.50	.010494	.004275	.001600	.000554	.000178	.000053	.000015	.000004	.000001			4.50
4.55	.011155	.004593	.001738	.000608	.000198	.000060	.000017	.000005	.000001			4.55
4.60	.011843	.004928	.001886	.000667	.000219	.000067	.000019	.000005	.000001			4.60
4.65	.012559	.005281	.002042	.000730	.000242	.000075	.000022	.000006	.000002			4.65
4.70	.013304	.005652	.002209	.000798	.000268	.000084	.000025	.000007	.000002			4.70
4.75	.014077	.006042	.002386	.000871	.000295	.000094	.000028	.000008	.000002	.000001		4.75
4.80	.014879	.006451	.002574	.000949	.000325	.000104	.000031	.000009	.000002	.000001		4.80
4.85	.015711	.006880	.002773	.001033	.000358	.000116	.000035	.000010	.000003	.000001		4.85
4.90	.016572	.007328	.002983	.001123	.000393	.000128	.000039	.000011	.000003	.000001		4.90
4.95	.017464	.007797	.003206	.001219	.000431	.000142	.000044	.000013	.000004	.000001		4.95
5.00	.018385	.008287	.003441	.001322	.000472	.000157	.000049	.000014	.000004	.000001		5.00
5.05	.019336	.008799	.003689	.001431	.000516	.000174	.000055	.000016	.000005	.000001		5.05
5.10	.020317	.009332	.003950	.001547	.000563	.000192	.000061	.000018	.000005	.000001		5.10
5.15	.021329	.009887	.004225	.001671	.000614	.000211	.000068	.000021	.000006	.000002		5.15
5.20	.022372	.010465	.004514	.001802	.000669	.000232	.000075	.000023	.000007	.000002		5.20
5.25	.023444	.011066	.004818	.001942	.000728	.000255	.000084	.000026	.000008	.000002	.000001	5.25
5.30	.024548	.011689	.005136	.002090	.000790	.000279	.000092	.000029	.000008	.000002	.000001	5.30
5.35	.025681	.012336	.005470	.002246	.000858	.000306	.000102	.000032	.000010	.000003	.000001	5.35
5.40	.026846	.013007	.005819	.002411	.000929	.000334	.000113	.000036	.000011	.000003	.000001	5.40
5.45	.028040	.013702	.006185	.002586	.001006	.000365	.000124	.000040	.000012	.000003	.000001	5.45
5.50	.029265	.014422	.006567	.002770	.001087	.000398	.000137	.000044	.000014	.000004	.000001	5.50
A	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	A
Número de dispositivos n												

n = 10 - 20
A = 5.0 - 10.0

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
5.0	.018385	.008287	.003441	.001322	.000472	.000157	.000049	.000014	.000004	.000001		5.0
5.1	.020317	.009332	.003950	.001547	.000563	.000192	.000061	.000018	.000005	.000001		5.1
5.2	.022371	.010465	.004514	.001802	.000669	.000232	.000075	.000023	.000007	.000002		5.2
5.3	.024548	.011689	.005136	.002090	.000790	.000279	.000092	.000029	.000008	.000002	.000001	5.3
5.4	.026846	.013007	.005819	.002411	.000929	.000334	.000113	.000036	.000011	.000003	.000001	5.4
5.5	.029265	.014422	.006566	.002770	.001087	.000398	.000137	.000044	.000014	.000004	.000001	5.5
5.6	.031805	.015934	.007381	.003169	.001266	.000472	.000165	.000054	.000017	.000005	.000001	5.6
5.7	.034465	.017546	.008265	.003611	.001468	.000558	.000199	.000067	.000021	.000006	.000002	5.7
5.8	.037242	.019259	.009223	.004098	.001695	.000655	.000237	.000081	.000026	.000008	.000002	5.8
5.9	.040135	.021074	.010255	.004633	.001948	.000766	.000282	.000098	.000032	.000010	.000003	5.9
6.0	.043142	.022991	.011365	.005218	.002231	.000892	.000334	.000118	.000039	.000012	.000004	6.0
6.1	.046259	.025011	.012554	.005856	.002545	.001034	.000394	.000141	.000048	.000015	.000005	6.1
6.2	.049484	.027134	.013825	.006550	.002893	.001194	.000463	.000169	.000058	.000019	.000006	6.2
6.3	.052813	.029360	.015180	.007303	.003275	.001374	.000541	.000200	.000070	.000023	.000007	6.3
6.4	.056244	.031687	.016619	.008115	.003696	.001575	.000629	.000237	.000084	.000028	.000009	6.4
6.5	.059772	.034115	.018144	.008990	.004157	.001798	.000730	.000279	.000101	.000034	.000011	6.5
6.6	.063394	.036643	.019755	.009930	.004659	.002046	.000843	.000327	.000120	.000042	.000014	6.6
6.7	.067106	.039269	.021455	.010936	.005207	.002320	.000971	.000382	.000142	.000050	.000017	6.7
6.8	.070904	.041991	.023242	.012011	.005800	.002623	.001113	.000445	.000168	.000060	.000020	6.8
6.9	.074784	.044808	.025117	.013156	.006442	.002955	.001273	.000516	.000198	.000072	.000025	6.9
7.0	.078741	.047717	.027081	.014372	.007135	.003319	.001450	.000597	.000232	.000085	.000030	7.0
7.1	.082771	.050716	.029133	.015662	.007880	.003716	.001646	.000687	.000271	.000101	.000036	7.1
7.2	.086871	.053802	.031272	.017025	.008680	.004149	.001864	.000789	.000315	.000119	.000043	7.2
7.3	.091036	.056973	.033497	.018463	.009535	.004619	.002103	.000902	.000366	.000141	.000051	7.3
7.4	.095262	.060225	.035809	.019976	.010449	.005128	.002366	.001029	.000423	.000165	.000061	7.4
7.5	.099544	.063557	.038205	.021566	.011421	.005678	.002655	.001170	.000487	.000192	.000072	7.5
7.6	.103878	.066964	.040685	.023233	.012455	.006271	.002970	.001326	.000560	.000224	.000085	7.6
7.7	.108261	.070444	.043247	.024976	.013550	.006908	.003313	.001499	.000641	.000260	.000100	7.7
7.8	.112689	.073994	.045889	.026796	.014709	.007591	.003687	.001689	.000731	.000300	.000117	7.8
7.9	.117156	.077610	.048609	.028692	.015933	.008321	.004092	.001898	.000832	.000346	.000137	7.9
8.0	.121661	.081288	.051406	.030665	.017221	.009101	.004530	.002127	.000945	.000398	.000159	8.0
8.1	.126199	.085027	.054278	.032713	.018575	.009931	.005002	.002378	.001069	.000455	.000184	8.1
8.2	.130765	.088821	.057222	.034836	.019996	.010813	.005511	.002651	.001206	.000520	.000213	8.2
8.3	.135358	.092669	.060235	.037034	.021484	.011748	.006057	.002949	.001358	.000593	.000246	8.3
8.4	.139974	.096567	.063317	.039304	.023039	.012738	.006643	.003272	.001524	.000674	.000283	8.4
8.5	.144608	.100511	.066464	.041647	.024662	.013783	.007269	.003621	.001707	.000763	.000324	8.5
8.6	.149259	.104499	.069673	.044061	.026353	.014884	.007937	.003999	.001907	.000862	.000371	8.6
8.7	.153922	.108527	.072943	.046543	.028110	.016042	.008648	.004406	.002125	.000972	.000423	8.7
8.8	.158596	.112592	.076270	.049094	.029935	.017259	.009403	.004844	.002363	.001093	.000481	8.8
8.9	.163277	.116691	.079652	.051711	.031827	.018534	.010204	.005314	.002621	.001226	.000545	8.9
9.0	.167963	.120821	.083087	.054393	.033785	.019868	.011053	.005817	.002900	.001372	.000617	9.0
9.1	.172651	.124979	.086571	.057137	.035809	.021262	.011948	.006355	.003203	.001532	.000696	9.1
9.2	.177339	.129163	.090102	.059943	.037898	.022716	.012893	.006929	.003529	.001706	.000784	9.2
9.3	.182025	.133369	.093678	.062807	.040051	.024230	.013888	.007540	.003881	.001896	.000881	9.3
9.4	.186705	.137595	.097296	.065728	.042267	.025804	.014933	.008190	.004259	.002102	.000987	9.4
9.5	.191379	.141839	.100953	.068705	.044544	.027437	.016030	.008878	.004664	.002327	.001104	9.5
9.6	.196044	.146097	.104647	.071734	.046883	.029131	.017178	.009608	.005098	.002569	.001232	9.6
9.7	.200699	.150368	.108375	.074815	.049281	.030884	.018379	.010378	.005562	.002831	.001371	9.7
9.8	.205341	.154649	.112135	.077943	.051738	.032697	.019634	.011192	.006056	.003114	.001524	9.8
9.9	.209970	.158938	.115924	.081119	.054251	.034568	.020941	.012048	.006583	.003418	.001689	9.9
10.0	.214583	.163233	.119739	.084339	.056819	.036497	.022302	.012949	.007142	.003745	.001869	10.0
A	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	A
Número de dispositivos n												

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
10.0	.214582	.163232	.119739	.084339	.056819	.036497	.022302	.012949	.007142	.003745	.001869	10.0
10.1	.219178	.167531	.123580	.087601	.059441	.038484	.023717	.013895	.007736	.004096	.002064	10.1
10.2	.223756	.171831	.127442	.090904	.062116	.040527	.025185	.014886	.008365	.004471	.002275	10.2
10.3	.228314	.176131	.131325	.094244	.064841	.042626	.026708	.015924	.009030	.004871	.002502	10.3
10.4	.232851	.180429	.135226	.097620	.067615	.044780	.028284	.017009	.009732	.005299	.002748	10.4
10.5	.237366	.184723	.139143	.101030	.070436	.046988	.029914	.018141	.010471	.005754	.003011	10.5
10.6	.241858	.189012	.143073	.104472	.073302	.049249	.031597	.019321	.011250	.006237	.003295	10.6
10.7	.246327	.193294	.147015	.107943	.076212	.051561	.033332	.020549	.012068	.006750	.003598	10.7
10.8	.250771	.197568	.150967	.111442	.079164	.053924	.035121	.021825	.012926	.007294	.003923	10.8
10.9	.255189	.201832	.154928	.114967	.082156	.056337	.036961	.023150	.013825	.007869	.004270	10.9
11.0	.259580	.206085	.158894	.118515	.085186	.058797	.038852	.024523	.014765	.008476	.004640	11.0
11.1	.263945	.210326	.162866	.122085	.088253	.061304	.040795	.025945	.015748	.009116	.005034	11.1
11.2	.268282	.214553	.166840	.125675	.091355	.063856	.042787	.027416	.016773	.009790	.005453	11.2
11.3	.272591	.218766	.170816	.129283	.094490	.066452	.044828	.028935	.017841	.010499	.005897	11.3
11.4	.276871	.222963	.174791	.132907	.097656	.069090	.046917	.030503	.018952	.011243	.006368	11.4
11.5	.281122	.227143	.178766	.136546	.100851	.071770	.049054	.032118	.020107	.012024	.006866	11.5
11.6	.285344	.231306	.182737	.140197	.104074	.074489	.051237	.033781	.021306	.012841	.007393	11.6
11.7	.289535	.235451	.186704	.143860	.107323	.077246	.053466	.035491	.022549	.013695	.007948	11.7
11.8	.293696	.239576	.190666	.147533	.110597	.080039	.055739	.037248	.023836	.014588	.008533	11.8
11.9	.297826	.243681	.194621	.151214	.113893	.082868	.058055	.039051	.025168	.015518	.009149	11.9
12.0	.301925	.247766	.198568	.154901	.117210	.085729	.060413	.040900	.026543	.016488	.009796	12.0
12.1	.305994	.251829	.202506	.158594	.120547	.088623	.062812	.042794	.027963	.017496	.010474	12.1
12.2	.310030	.255871	.206434	.162290	.123902	.091548	.065250	.044732	.029426	.018544	.011186	12.2
12.3	.314036	.259889	.210352	.165989	.127273	.094501	.067728	.046714	.030934	.019632	.011930	12.3
12.4	.318010	.263885	.214258	.169690	.130659	.097482	.070242	.048738	.032485	.020760	.012708	12.4
12.5	.321952	.267858	.218151	.173390	.134059	.100489	.072793	.050805	.034079	.021929	.013520	12.5
12.6	.325862	.271806	.222030	.177089	.137470	.103521	.075378	.052912	.035716	.023137	.014367	12.6
12.7	.329741	.275730	.225895	.180786	.140893	.106576	.077997	.055060	.037395	.024386	.015249	12.7
12.8	.333587	.279630	.229745	.184480	.144324	.109652	.080647	.057247	.039116	.025676	.016167	12.8
12.9	.337402	.283504	.233580	.188169	.147764	.112749	.083329	.059472	.040879	.027005	.017120	12.9
13.0	.341186	.287353	.237398	.191853	.151211	.115865	.086041	.061734	.042683	.028375	.018110	13.0
13.1	.344937	.291177	.241199	.195530	.154663	.118999	.088781	.064033	.044527	.029786	.019136	13.1
13.2	.348657	.294974	.244982	.199200	.158120	.122149	.091548	.066366	.046410	.031236	.020199	13.2
13.3	.352345	.298746	.248748	.202862	.161580	.125314	.094340	.068734	.048332	.032726	.021299	13.3
13.4	.356001	.302492	.252494	.206515	.165042	.128493	.097157	.071135	.050293	.034255	.022436	13.4
13.5	.359626	.306211	.256222	.210159	.168505	.131684	.099998	.073568	.052291	.035823	.023610	13.5
13.6	.363220	.309903	.259930	.213792	.171968	.134887	.102861	.076032	.054326	.037430	.024821	13.6
13.7	.366783	.313569	.263619	.217413	.175431	.138100	.105744	.078526	.056396	.039076	.026069	13.7
13.8	.370314	.317209	.267287	.221023	.178892	.141322	.108647	.081048	.058502	.040759	.027354	13.8
13.9	.373815	.320821	.270934	.224621	.182350	.144552	.111569	.083598	.060641	.042479	.028677	13.9
14.0	.377285	.324407	.274561	.228205	.185804	.147788	.114507	.086174	.062814	.044237	.030036	14.0
14.1	.380725	.327966	.278166	.231776	.189254	.151031	.117462	.088776	.065020	.046030	.031431	14.1
14.2	.384134	.331498	.281750	.235333	.192699	.154278	.120432	.091402	.067256	.047860	.032864	14.2
14.3	.387513	.335004	.285313	.238875	.196137	.157529	.123416	.094051	.069524	.049724	.034332	14.3
14.4	.390862	.338482	.288853	.242402	.199570	.160783	.126412	.096722	.071820	.051622	.035836	14.4
14.5	.394182	.341934	.292371	.245913	.202994	.164039	.129421	.099414	.074146	.053555	.037376	14.5
14.6	.397472	.345359	.295867	.249408	.206411	.167296	.132440	.102126	.076499	.055520	.038951	14.6
14.7	.400733	.348757	.299341	.252887	.209818	.170553	.135468	.104857	.078879	.057517	.040561	14.7
14.8	.403964	.352129	.302792	.256349	.213217	.173809	.138506	.107606	.081285	.059546	.042205	14.8
14.9	.407167	.355474	.306221	.259795	.216605	.177064	.141551	.110372	.083715	.061606	.043882	14.9
15.0	.410341	.358792	.309626	.263222	.219984	.180317	.144603	.113153	.086169	.063695	.045594	15.0
A	Número de dispositivos n											A
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	

n = 10 - 20

A = 15.0 - 20.0

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
15.0	.410341	.358792	.309626	.263222	.219983	.180316	.144602	.113153	.086169	.063695	.045593	15.0
15.1	.413486	.362084	.313008	.266632	.223350	.183566	.147660	.115949	.088646	.065814	.047337	15.1
15.2	.416604	.365350	.316368	.270024	.226706	.186812	.150723	.118759	.091145	.067961	.049113	15.2
15.3	.419694	.368590	.319706	.273398	.230049	.190054	.153790	.121582	.093665	.070135	.050921	15.3
15.4	.422756	.371803	.323020	.276753	.233381	.193291	.156860	.124417	.096205	.072336	.052760	15.4
15.5	.425791	.374991	.326311	.280090	.236699	.196522	.159933	.127263	.098765	.074563	.054630	15.5
15.6	.428798	.378153	.329579	.283408	.240005	.199747	.163007	.130119	.101342	.076815	.056529	15.6
15.7	.431779	.381290	.332824	.286707	.243297	.202965	.166083	.132985	.103936	.079092	.058457	15.7
15.8	.434733	.384401	.336046	.289987	.246574	.206176	.169158	.135858	.106547	.081391	.060414	15.8
15.9	.437660	.387487	.339245	.293248	.249838	.209379	.172234	.138740	.109174	.083713	.062399	15.9
16.0	.440562	.390548	.342421	.296489	.253087	.212573	.175308	.141628	.111815	.086057	.064411	16.0
16.1	.443437	.393583	.345574	.299710	.256321	.215759	.178380	.144521	.114469	.088421	.066449	16.1
16.2	.446287	.396594	.348705	.302912	.259541	.218936	.181450	.147420	.117137	.090806	.068513	16.2
16.3	.449111	.399580	.351812	.306095	.262744	.222102	.184517	.150324	.119816	.093209	.070602	16.3
16.4	.451911	.402542	.354897	.309257	.265933	.225258	.187580	.153231	.122507	.095631	.072715	16.4
16.5	.454685	.405479	.357960	.312400	.269105	.228404	.190639	.156141	.125208	.098070	.074852	16.5
16.6	.457435	.408393	.360999	.315523	.272261	.231539	.193693	.159053	.127919	.100526	.077011	16.6
16.7	.460160	.411282	.364017	.318625	.275402	.234663	.196742	.161967	.130638	.102998	.079192	16.7
16.8	.462861	.414148	.367011	.321708	.278525	.237775	.199785	.164881	.133366	.105484	.081395	16.8
16.9	.465538	.416990	.369984	.324771	.281633	.240875	.202822	.167796	.136100	.107985	.083618	16.9
17.0	.468192	.419809	.372934	.327814	.284723	.243963	.205852	.170711	.138842	.110500	.085860	17.0
17.1	.470822	.422604	.375863	.330837	.287797	.247038	.208875	.173624	.141589	.113027	.088122	17.1
17.2	.473429	.425377	.378769	.333840	.290854	.250101	.211890	.176537	.144342	.115566	.090402	17.2
17.3	.476013	.428127	.381654	.336823	.293894	.253150	.214897	.179447	.147098	.118117	.092700	17.3
17.4	.478575	.430854	.384516	.339786	.296916	.256187	.217896	.182354	.149859	.120678	.095014	17.4
17.5	.481114	.433559	.387358	.342729	.299922	.259209	.220887	.185259	.152623	.123249	.097345	17.5
17.6	.483631	.436242	.390178	.345653	.302910	.262218	.223868	.188160	.155390	.125828	.099690	17.6
17.7	.486126	.438902	.392976	.348556	.305881	.265214	.226840	.191056	.158159	.128417	.102051	17.7
17.8	.488599	.441541	.395753	.351440	.308834	.268195	.229802	.193949	.160929	.131013	.104425	17.8
17.9	.491050	.444158	.398510	.354304	.311770	.271162	.232754	.196836	.163700	.133616	.106813	17.9
18.0	.493481	.446754	.401245	.357149	.314689	.274114	.235695	.199718	.166471	.136225	.109213	18.0
18.1	.495890	.449329	.403959	.359974	.317590	.277052	.238626	.202594	.169242	.138841	.111625	18.1
18.2	.498279	.451882	.406653	.362779	.320474	.279976	.241546	.205464	.172012	.141461	.114048	18.2
18.3	.500647	.454415	.409327	.365565	.323340	.282884	.244456	.208328	.174782	.144086	.116482	18.3
18.4	.502994	.456927	.411980	.368332	.326188	.285778	.247353	.211185	.177549	.146716	.118926	18.4
18.5	.505322	.459419	.414613	.371080	.329019	.288657	.250240	.214034	.180314	.149348	.121379	18.5
18.6	.507630	.461890	.417226	.373808	.331833	.291520	.253114	.216876	.183077	.151984	.123841	18.6
18.7	.509917	.464341	.419819	.376517	.334628	.294369	.255976	.219710	.185836	.154622	.126310	18.7
18.8	.512186	.466773	.422392	.379208	.337407	.297202	.258827	.222535	.188592	.157261	.128788	18.8
18.9	.514435	.469185	.424946	.381879	.340168	.300020	.261665	.225353	.191344	.159902	.131272	18.9
19.0	.516665	.471577	.427480	.384532	.342911	.302822	.264491	.228161	.194092	.162544	.133762	19.0
19.1	.518877	.473950	.429995	.387166	.345638	.305610	.267304	.230961	.196836	.165186	.136258	19.1
19.2	.521069	.476304	.432491	.389781	.348346	.308381	.270104	.233751	.199574	.167828	.138759	19.2
19.3	.523243	.478638	.434968	.392378	.351038	.311138	.272891	.236532	.202307	.170470	.141265	19.3
19.4	.525399	.480955	.437426	.394957	.353712	.313879	.275666	.239303	.205034	.173110	.143775	19.4
19.5	.527537	.483252	.439866	.397517	.356369	.316604	.278427	.242064	.207755	.175749	.146288	19.5
19.6	.529657	.485532	.442287	.400060	.359009	.319314	.281175	.244815	.210470	.178386	.148805	19.6
19.7	.531760	.487793	.444689	.402584	.361632	.322008	.283910	.247556	.213178	.181021	.151324	19.7
19.8	.533845	.490036	.447074	.405091	.364238	.324687	.286631	.250286	.215880	.183653	.153845	19.8
19.9	.535913	.492261	.449440	.407579	.366826	.327350	.289340	.253005	.218574	.186283	.156368	19.9
20.0	.537964	.494469	.451789	.410051	.369398	.329997	.292034	.255714	.221261	.188908	.158892	20.0
A	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	A

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
5.0												5.0
5.1												5.1
5.2												5.2
5.3	.000001											5.3
5.4	.000001											5.4
5.5	.000001											5.5
5.6	.000001											5.6
5.7	.000002											5.7
5.8	.000002	.000001										5.8
5.9	.000003	.000001										5.9
6.0	.000004	.000001										6.0
6.1	.000005	.000001										6.1
6.2	.000006	.000002										6.2
6.3	.000007	.000002	.000001									6.3
6.4	.000009	.000003	.000001									6.4
6.5	.000011	.000003	.000001									6.5
6.6	.000014	.000004	.000001									6.6
6.7	.000017	.000005	.000002									6.7
6.8	.000020	.000007	.000002	.000001								6.8
6.9	.000025	.000008	.000003	.000001								6.9
7.0	.000030	.000010	.000003	.000001								7.0
7.1	.000036	.000012	.000004	.000001								7.1
7.2	.000043	.000015	.000005	.000002								7.2
7.3	.000051	.000018	.000006	.000002	.000001							7.3
7.4	.000061	.000021	.000007	.000002	.000001							7.4
7.5	.000072	.000026	.000009	.000003	.000001							7.5
7.6	.000085	.000031	.000011	.000004	.000001							7.6
7.7	.000100	.000037	.000013	.000004	.000001							7.7
7.8	.000117	.000043	.000015	.000005	.000002	.000001						7.8
7.9	.000137	.000051	.000018	.000006	.000002	.000001						7.9
8.0	.000159	.000061	.000022	.000008	.000003	.000001						8.0
8.1	.000184	.000071	.000026	.000009	.000003	.000001						8.1
8.2	.000213	.000083	.000031	.000011	.000004	.000001						8.2
8.3	.000246	.000097	.000037	.000013	.000005	.000002						8.3
8.4	.000283	.000113	.000043	.000016	.000006	.000002	.000001					8.4
8.5	.000324	.000131	.000051	.000019	.000007	.000002	.000001					8.5
8.6	.000371	.000152	.000059	.000022	.000008	.000003	.000001					8.6
8.7	.000423	.000175	.000069	.000026	.000009	.000003	.000001					8.7
8.8	.000481	.000201	.000081	.000031	.000011	.000004	.000001					8.8
8.9	.000545	.000231	.000093	.000036	.000013	.000005	.000002	.000001				8.9
9.0	.000617	.000264	.000108	.000042	.000016	.000006	.000002	.000001				9.0
9.1	.000696	.000302	.000125	.000049	.000019	.000007	.000002	.000001				9.1
9.2	.000784	.000343	.000144	.000057	.000022	.000008	.000003	.000001				9.2
9.3	.000881	.000390	.000165	.000067	.000026	.000010	.000003	.000001				9.3
9.4	.000987	.000442	.000189	.000077	.000030	.000011	.000004	.000001				9.4
9.5	.001104	.000499	.000215	.000089	.000035	.000013	.000005	.000002	.000001			9.5
9.6	.001232	.000563	.000245	.000102	.000041	.000016	.000006	.000002	.000001			9.6
9.7	.001371	.000633	.000279	.000118	.000048	.000018	.000007	.000002	.000001			9.7
9.8	.001524	.000710	.000316	.000135	.000055	.000022	.000008	.000003	.000001			9.8
9.9	.001689	.000796	.000358	.000154	.000064	.000025	.000010	.000004	.000001			9.9
10.0	.001869	.000889	.000404	.000176	.000073	.000029	.000011	.000004	.000001	.000001		10.0
A	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	A

n = 20 - 30

A = 10.0 - 15.0

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
10.0	.001869	.000889	.000404	.000176	.000073	.000029	.000011	.000004	.000001	.000001		10.0
10.1	.002064	.000992	.000455	.000200	.000084	.000034	.000013	.000005	.000002	.000001		10.1
10.2	.002275	.001104	.000511	.000227	.000096	.000039	.000015	.000006	.000002	.000001		10.2
10.3	.002502	.001226	.000574	.000257	.000110	.000045	.000018	.000007	.000003	.000001		10.3
10.4	.002748	.001359	.000642	.000290	.000126	.000052	.000021	.000008	.000003	.000001		10.4
10.5	.003011	.001503	.000717	.000327	.000143	.000060	.000024	.000009	.000004	.000001		10.5
10.6	.003295	.001660	.000799	.000368	.000163	.000069	.000028	.000011	.000004	.000002	.000001	10.6
10.7	.003598	.001830	.000889	.000414	.000184	.000079	.000032	.000013	.000005	.000002	.000001	10.7
10.8	.003923	.002014	.000987	.000463	.000209	.000090	.000037	.000015	.000006	.000002	.000001	10.8
10.9	.004270	.002211	.001094	.000518	.000235	.000103	.000043	.000017	.000007	.000003	.000001	10.9
11.0	.004640	.002425	.001211	.000579	.000265	.000117	.000049	.000020	.000008	.000003	.000001	11.0
11.1	.005034	.002654	.001337	.000645	.000298	.000132	.000057	.000023	.000009	.000004	.000001	11.1
11.2	.005453	.002900	.001474	.000717	.000335	.000150	.000065	.000027	.000011	.000004	.000002	11.2
11.3	.005897	.003163	.001622	.000796	.000375	.000169	.000074	.000031	.000012	.000005	.000002	11.3
11.4	.006368	.003445	.001782	.000882	.000419	.000191	.000084	.000035	.000014	.000006	.000002	11.4
11.5	.006866	.003746	.001954	.000976	.000468	.000215	.000095	.000041	.000017	.000007	.000003	11.5
11.6	.007393	.004067	.002140	.001078	.000521	.000242	.000108	.000046	.000019	.000008	.000003	11.6
11.7	.007948	.004409	.002339	.001188	.000579	.000271	.000122	.000053	.000022	.000009	.000003	11.7
11.8	.008533	.004772	.002553	.001308	.000643	.000303	.000138	.000060	.000025	.000010	.000004	11.8
11.9	.009149	.005158	.002782	.001437	.000712	.000339	.000155	.000068	.000029	.000012	.000005	11.9
12.0	.009796	.005566	.003027	.001577	.000788	.000378	.000174	.000078	.000033	.000014	.000005	12.0
12.1	.010474	.005999	.003289	.001727	.000870	.000421	.000196	.000088	.000038	.000016	.000006	12.1
12.2	.011186	.006456	.003568	.001889	.000959	.000468	.000219	.000099	.000043	.000018	.000007	12.2
12.3	.011930	.006939	.003865	.002062	.001056	.000519	.000246	.000112	.000049	.000021	.000009	12.3
12.4	.012708	.007448	.004180	.002249	.001160	.000575	.000274	.000126	.000056	.000024	.000010	12.4
12.5	.013520	.007983	.004516	.002448	.001273	.000636	.000306	.000142	.000063	.000027	.000011	12.5
12.6	.014367	.008547	.004871	.002661	.001395	.000703	.000340	.000159	.000071	.000031	.000013	12.6
12.7	.015249	.009138	.005247	.002889	.001526	.000775	.000378	.000178	.000081	.000035	.000015	12.7
12.8	.016167	.009758	.005645	.003132	.001668	.000853	.000420	.000199	.000091	.000040	.000017	12.8
12.9	.017120	.010407	.006065	.003390	.001819	.000938	.000465	.000222	.000102	.000046	.000020	12.9
13.0	.018110	.011087	.006509	.003665	.001981	.001029	.000514	.000248	.000115	.000052	.000022	13.0
13.1	.019136	.011797	.006975	.003957	.002155	.001128	.000568	.000276	.000129	.000058	.000025	13.1
13.2	.020199	.012537	.007466	.004267	.002341	.001235	.000626	.000306	.000144	.000066	.000029	13.2
13.3	.021299	.013310	.007982	.004595	.002540	.001349	.000690	.000340	.000161	.000074	.000033	13.3
13.4	.022436	.014114	.008524	.004941	.002751	.001473	.000758	.000376	.000180	.000083	.000037	13.4
13.5	.023610	.014951	.009091	.005308	.002977	.001605	.000833	.000416	.000201	.000093	.000042	13.5
13.6	.024821	.015820	.009685	.005694	.003216	.001747	.000913	.000460	.000223	.000105	.000047	13.6
13.7	.026069	.016723	.010306	.006102	.003471	.001898	.000999	.000507	.000248	.000117	.000053	13.7
13.8	.027354	.017658	.010955	.006530	.003741	.002061	.001093	.000558	.000275	.000131	.000060	13.8
13.9	.028677	.018628	.011632	.006981	.004027	.002234	.001193	.000614	.000305	.000146	.000068	13.9
14.0	.030036	.019631	.012338	.007454	.004329	.002419	.001301	.000674	.000337	.000163	.000076	14.0
14.1	.031431	.020668	.013073	.007951	.004649	.002615	.001416	.000739	.000372	.000181	.000085	14.1
14.2	.032864	.021739	.013837	.008471	.004987	.002825	.001540	.000809	.000410	.000201	.000095	14.2
14.3	.034332	.022844	.014632	.009015	.005343	.003047	.001673	.000885	.000452	.000223	.000106	14.3
14.4	.035836	.023984	.015456	.009584	.005718	.003283	.001815	.000967	.000497	.000247	.000118	14.4
14.5	.037376	.025158	.016311	.010178	.006112	.003532	.001966	.001055	.000546	.000273	.000132	14.5
14.6	.038951	.026366	.017197	.010798	.006526	.003797	.002128	.001149	.000599	.000301	.000147	14.6
14.7	.040561	.027609	.018113	.011444	.006961	.004076	.002299	.001250	.000656	.000332	.000163	14.7
14.8	.042205	.028885	.019061	.012117	.007417	.004372	.002482	.001359	.000718	.000366	.000181	14.8
14.9	.043882	.030195	.020041	.012817	.007894	.004683	.002676	.001475	.000784	.000403	.000200	14.9
15.0	.045594	.031540	.021052	.013543	.008394	.005011	.002883	.001599	.000856	.000442	.000221	15.0
A	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	A
	Número de dispositivos n											

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
15.0	.045593	.031539	.021051	.013543	.008394	.005011	.002883	.001599	.000856	.000442	.000221	15.0
15.1	.047337	.032917	.022094	.014298	.008916	.005356	.003101	.001731	.000933	.000485	.000244	15.1
15.2	.049113	.034328	.023168	.015080	.009461	.005719	.003332	.001872	.001015	.000532	.000269	15.2
15.3	.050921	.035773	.024274	.015891	.010029	.006100	.003577	.002023	.001104	.000582	.000297	15.3
15.4	.052760	.037250	.025412	.016730	.010621	.006500	.003835	.002183	.001199	.000636	.000327	15.4
15.5	.054630	.038759	.026582	.017599	.011238	.006919	.004108	.002353	.001301	.000695	.000359	15.5
15.6	.056529	.040301	.027783	.018496	.011879	.007358	.004395	.002533	.001409	.000758	.000394	15.6
15.7	.058457	.041874	.029016	.019422	.012546	.007817	.004698	.002724	.001525	.000825	.000432	15.7
15.8	.060414	.043478	.030280	.020377	.013237	.008297	.005016	.002927	.001649	.000898	.000473	15.8
15.9	.062399	.045114	.031575	.021362	.013955	.008797	.005351	.003141	.001781	.000975	.000517	15.9
16.0	.064411	.046779	.032902	.022376	.014698	.009319	.005702	.003368	.001921	.001059	.000564	16.0
16.1	.066449	.048475	.034259	.023420	.015468	.009863	.006070	.003607	.002070	.001148	.000616	16.1
16.2	.068513	.050200	.035648	.024493	.016264	.010429	.006456	.003859	.002228	.001243	.000671	16.2
16.3	.070602	.051954	.037066	.025596	.017087	.011018	.006860	.004124	.002395	.001344	.000730	16.3
16.4	.072715	.053736	.038515	.026729	.017937	.011630	.007282	.004404	.002573	.001453	.000794	16.4
16.5	.074852	.055545	.039993	.027890	.018814	.012265	.007723	.004698	.002761	.001568	.000862	16.5
16.6	.077011	.057382	.041501	.029082	.019718	.012924	.008184	.005006	.002959	.001691	.000935	16.6
16.7	.079192	.059246	.043037	.030302	.020650	.013606	.008664	.005330	.003169	.001822	.001013	16.7
16.8	.081395	.061135	.044603	.031551	.021609	.014313	.009164	.005670	.003390	.001960	.001096	16.8
16.9	.083618	.063050	.046196	.032830	.022595	.015045	.009684	.006025	.003623	.002107	.001186	16.9
17.0	.085860	.064989	.047817	.034137	.023609	.015801	.010226	.006397	.003869	.002263	.001281	17.0
17.1	.088122	.066952	.049466	.035472	.024651	.016582	.010788	.006786	.004127	.002428	.001382	17.1
17.2	.090402	.068939	.051142	.036836	.025720	.017388	.011372	.007192	.004399	.002602	.001490	17.2
17.3	.092700	.070949	.052843	.038228	.026817	.018219	.011978	.007616	.004684	.002786	.001604	17.3
17.4	.095014	.072981	.054571	.039647	.027941	.019076	.012605	.008058	.004983	.002981	.001726	17.4
17.5	.097345	.075034	.056324	.041094	.029093	.019959	.013256	.008518	.005296	.003186	.001855	17.5
17.6	.099690	.077108	.058102	.042568	.030272	.020867	.013928	.008998	.005624	.003401	.001992	17.6
17.7	.102051	.079202	.059904	.044069	.031478	.021800	.014624	.009496	.005967	.003629	.002136	17.7
17.8	.104425	.081315	.061730	.045596	.032711	.022760	.015343	.010014	.006325	.003868	.002289	17.8
17.9	.106813	.083448	.063579	.047148	.033970	.023745	.016085	.010551	.006700	.004118	.002451	17.9
18.0	.109213	.085598	.065451	.048727	.035257	.024756	.016850	.011109	.007091	.004382	.002622	18.0
18.1	.111625	.087766	.067345	.050330	.036569	.025793	.017639	.011687	.007498	.004658	.002802	18.1
18.2	.114048	.089951	.069260	.051958	.037908	.026856	.018452	.012285	.007922	.004947	.002992	18.2
18.3	.116482	.092152	.071196	.053611	.039273	.027944	.019289	.012905	.008364	.005250	.003192	18.3
18.4	.118926	.094369	.073153	.055287	.040663	.029058	.020150	.013546	.008823	.005567	.003403	18.4
18.5	.121379	.096600	.075129	.056986	.042078	.030198	.021035	.014208	.009300	.005898	.003624	18.5
18.6	.123841	.098845	.077124	.058708	.043519	.031363	.021944	.014892	.009796	.006243	.003856	18.6
18.7	.126310	.101105	.079138	.060453	.044984	.032553	.022877	.015598	.010310	.006604	.004100	18.7
18.8	.128788	.103377	.081170	.062219	.046473	.033768	.023835	.016325	.010842	.006980	.004355	18.8
18.9	.131272	.105661	.083219	.064007	.047987	.035008	.024817	.017075	.011394	.007371	.004622	18.9
19.0	.133762	.107957	.085284	.065816	.049524	.036273	.025823	.017847	.011966	.007779	.004902	19.0
19.1	.136258	.110265	.087366	.067644	.051084	.037562	.026853	.018642	.012557	.008202	.005195	19.1
19.2	.138759	.112583	.089464	.069493	.052666	.038875	.027907	.019459	.013167	.008642	.005501	19.2
19.3	.141265	.114910	.091576	.071361	.054272	.040213	.028985	.020298	.013798	.009100	.005820	19.3
19.4	.143775	.117248	.093703	.073247	.055899	.041574	.030087	.021161	.014450	.009574	.006153	19.4
19.5	.146288	.119594	.095844	.075152	.057547	.042959	.031213	.022046	.015121	.010065	.006500	19.5
19.6	.148805	.121948	.097998	.077075	.059217	.044366	.032363	.022954	.015814	.010575	.006861	19.6
19.7	.151324	.124310	.100164	.079014	.060907	.045797	.033536	.023885	.016527	.011102	.007238	19.7
19.8	.153845	.126679	.102343	.080970	.062618	.047250	.034733	.024838	.017261	.011648	.007629	19.8
19.9	.156368	.129055	.104533	.082942	.064348	.048725	.035953	.025814	.018016	.012212	.008035	19.9
20.0	.158892	.131436	.106734	.084930	.066097	.050222	.037195	.026813	.018793	.012795	.008458	20.0
A	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	A
	Número de dispositivos n											

n = 20 - 30

A = 20.0 - 25.0

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
20.0	.158892	.131436	.106734	.084930	.066097	.050222	.037195	.026813	.018792	.012794	.008457	20.0
20.1	.161417	.133823	.108946	.086932	.067865	.051740	.038461	.027835	.019590	.013396	.008896	20.1
20.2	.163942	.136216	.111167	.088949	.069651	.053280	.039749	.028879	.020409	.014017	.009350	20.2
20.3	.166468	.138613	.113398	.090980	.071455	.054840	.041059	.029946	.021250	.014657	.009820	20.3
20.4	.168992	.141015	.115638	.093025	.073277	.056420	.042392	.031035	.022111	.015316	.010308	20.4
20.5	.171516	.143420	.117887	.095082	.075116	.058021	.043746	.032147	.022995	.015995	.010812	20.5
20.6	.174039	.145828	.120143	.097152	.076970	.059641	.045122	.033281	.023900	.016694	.011333	20.6
20.7	.176561	.148239	.122406	.099234	.078841	.061280	.046519	.034436	.024826	.017412	.011872	20.7
20.8	.179080	.150652	.124677	.101326	.080727	.062938	.047937	.035614	.025774	.018151	.012428	20.8
20.9	.181597	.153068	.126954	.103430	.082628	.064614	.049375	.036813	.026743	.018909	.013002	20.9
21.0	.184111	.155485	.129236	.105544	.084544	.066308	.050834	.038034	.027734	.019688	.013594	21.0
21.1	.186623	.157903	.131525	.107668	.086473	.068019	.052312	.039276	.028746	.020487	.014204	21.1
21.2	.189131	.160322	.133818	.109802	.088416	.069747	.053811	.040539	.029779	.021306	.014833	21.2
21.3	.191636	.162741	.136116	.111944	.090372	.071492	.055328	.041822	.030834	.022145	.015480	21.3
21.4	.194136	.165160	.138418	.114095	.092340	.073253	.056864	.043127	.031909	.023005	.016145	21.4
21.5	.196633	.167579	.140724	.116254	.094321	.075030	.058419	.044451	.033006	.023885	.016830	21.5
21.6	.199126	.169997	.143033	.118420	.096313	.076822	.059992	.045796	.034123	.024786	.017533	21.6
21.7	.201613	.172414	.145345	.120593	.098316	.078629	.061583	.047160	.035261	.025706	.018255	21.7
21.8	.204096	.174830	.147660	.122773	.100330	.080450	.063191	.048544	.036419	.026647	.018996	21.8
21.9	.206574	.177244	.149977	.124959	.102354	.082285	.064817	.049948	.037597	.027609	.019756	21.9
22.0	.209046	.179656	.152295	.127151	.104388	.084133	.066458	.051370	.038796	.028590	.020535	22.0
22.1	.211513	.182066	.154615	.129349	.106432	.085995	.068117	.052810	.040014	.029591	.021334	22.1
22.2	.213974	.184473	.156936	.131551	.108484	.087869	.069790	.054269	.041253	.030613	.022152	22.2
22.3	.216429	.186878	.159258	.133758	.110544	.089755	.071480	.055746	.042510	.031654	.022989	22.3
22.4	.218878	.189279	.161581	.135969	.112613	.091653	.073184	.057240	.043787	.032715	.023845	22.4
22.5	.221320	.191677	.163903	.138183	.114689	.093563	.074903	.058752	.045083	.033796	.024721	22.5
22.6	.223756	.194071	.166225	.140402	.116773	.095483	.076636	.060281	.046398	.034896	.025615	22.6
22.7	.226185	.196461	.168546	.142623	.118863	.097414	.078384	.061826	.047731	.036016	.026529	22.7
22.8	.228607	.198848	.170867	.144847	.120960	.099355	.080144	.063387	.049082	.037155	.027462	22.8
22.9	.231022	.201230	.173186	.147073	.123063	.101306	.081918	.064965	.050451	.038313	.028414	22.9
23.0	.233430	.203607	.175504	.149301	.125171	.103265	.083704	.066558	.051838	.039490	.029386	23.0
23.1	.235831	.205980	.177820	.151531	.127284	.105234	.085502	.068166	.053242	.040685	.030376	23.1
23.2	.238224	.208348	.180134	.153762	.129403	.107211	.087313	.069788	.054664	.041899	.031385	23.2
23.3	.240609	.210710	.182446	.155994	.131526	.109197	.089135	.071426	.056102	.043131	.032413	23.3
23.4	.242987	.213067	.184756	.158227	.133653	.111189	.090967	.073077	.057557	.044381	.033459	23.4
23.5	.245356	.215419	.187062	.160460	.135784	.113190	.092811	.074742	.059027	.045649	.034524	23.5
23.6	.247718	.217765	.189366	.162694	.137918	.115197	.094665	.076421	.060514	.046935	.035607	23.6
23.7	.250072	.220105	.191667	.164927	.140055	.117210	.096528	.078112	.062016	.048237	.036709	23.7
23.8	.252417	.222439	.193964	.167160	.142195	.119230	.098402	.079816	.063533	.049557	.037828	23.8
23.9	.254754	.224767	.196257	.169392	.144338	.121256	.100284	.081532	.065066	.050894	.038966	23.9
24.0	.257083	.227089	.198547	.171623	.146483	.123287	.102175	.083261	.066612	.052247	.040121	24.0
24.1	.259403	.229404	.200832	.173852	.148629	.125323	.104075	.085000	.068173	.053617	.041294	24.1
24.2	.261715	.231712	.203113	.176080	.150778	.127364	.105982	.086751	.069748	.055002	.042484	24.2
24.3	.264018	.234014	.205390	.178307	.152927	.129409	.107898	.088513	.071337	.056404	.043691	24.3
24.4	.266312	.236309	.207662	.180531	.155077	.131458	.109820	.090285	.072938	.057820	.044915	24.4
24.5	.268597	.238596	.209929	.182753	.157228	.133512	.111750	.092067	.074553	.059252	.046156	24.5
24.6	.270874	.240877	.212192	.184973	.159379	.135568	.113686	.093859	.076180	.060699	.047413	24.6
24.7	.273142	.243151	.214449	.187190	.161531	.137628	.115629	.095660	.077819	.062160	.048687	24.7
24.8	.275400	.245417	.216701	.189404	.163682	.139691	.117577	.097470	.079470	.063636	.049977	24.8
24.9	.277650	.247676	.218948	.191615	.165833	.141756	.119531	.099289	.081133	.065126	.051282	24.9
25.0	.279891	.249927	.221189	.193823	.167984	.143824	.121491	.101117	.082807	.066629	.052603	25.0
A	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	A
Número de dispositivos n												

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
25.0	.279890	.249926	.221188	.193823	.167983	.143823	.121490	.101116	.082807	.066629	.052603	25.0
25.5	.290956	.261067	.232305	.204807	.178717	.154185	.131356	.110367	.091332	.074339	.059433	25.5
26.0	.301789	.272009	.243264	.215683	.189402	.164562	.141308	.119776	.100089	.082346	.066612	26.0
26.5	.312388	.282745	.254054	.226434	.200013	.174927	.151313	.129307	.109036	.090609	.074106	26.5
27.0	.322752	.293270	.264664	.237044	.210531	.185252	.161339	.138925	.118138	.099091	.081880	27.0
27.5	.332881	.303580	.275087	.247502	.220939	.195516	.171359	.148598	.127357	.107756	.089897	27.5
28.0	.342777	.313675	.285317	.257798	.231222	.205699	.181349	.158296	.136663	.116569	.098122	28.0
28.5	.352441	.323553	.295352	.267925	.241367	.215784	.191287	.167994	.146024	.125497	.106522	28.5
29.0	.361879	.333216	.305189	.277876	.251366	.225757	.201154	.177669	.155415	.134510	.115065	29.0
29.5	.371092	.342665	.314826	.287647	.261211	.235608	.210936	.187300	.164811	.143581	.123720	29.5
30.0	.380085	.351903	.324264	.297236	.270895	.245325	.220618	.196872	.174191	.152684	.132460	30.0
30.5	.388863	.360931	.333503	.306641	.280415	.254902	.230189	.206367	.183535	.161797	.141258	30.5
31.0	.397430	.369754	.342545	.315861	.289766	.264333	.239640	.215774	.192827	.170899	.150090	31.0
31.5	.405791	.378375	.351392	.324897	.298948	.273612	.248962	.225080	.202052	.179972	.158936	31.5
32.0	.413952	.386798	.360047	.333749	.307958	.282736	.258150	.234277	.211198	.189000	.167777	32.0
32.5	.421918	.395027	.368513	.342419	.316796	.291702	.267199	.243358	.220254	.197970	.176594	32.5
33.0	.429692	.403067	.376792	.350908	.325463	.300509	.276105	.252315	.229211	.206869	.185373	33.0
33.5	.437282	.410922	.384889	.359220	.333960	.309157	.284865	.261144	.238060	.215687	.194101	33.5
34.0	.444692	.418597	.392807	.367357	.342288	.317645	.293477	.269840	.246797	.224414	.202766	34.0
34.5	.451926	.426095	.400550	.375322	.350449	.325973	.301940	.278401	.255415	.233044	.211357	34.5
35.0	.458990	.433423	.408122	.383118	.358445	.334143	.310253	.286825	.263911	.241570	.219866	35.0
35.5	.465890	.440583	.415526	.390748	.366279	.342155	.318417	.295109	.272281	.249987	.228286	35.5
36.0	.472629	.447581	.422768	.398215	.373952	.350013	.326433	.303254	.280523	.258290	.236611	36.0
36.5	.479212	.454421	.429851	.405524	.381469	.357717	.334300	.311259	.288635	.266476	.244834	36.5
37.0	.485644	.461108	.436778	.412678	.388832	.365269	.342021	.319124	.296616	.274543	.252953	37.0
37.5	.491930	.467645	.443555	.419680	.396044	.372673	.349598	.326850	.304466	.282489	.260962	37.5
38.0	.498073	.474037	.450184	.426534	.403108	.379931	.357031	.334437	.312185	.290312	.268861	38.0
38.5	.504078	.480288	.456671	.433244	.410028	.387046	.364323	.341888	.319772	.298012	.276646	38.5
39.0	.509950	.486402	.463018	.439813	.416806	.394019	.371476	.349203	.327229	.305587	.284315	39.0
39.5	.515691	.492383	.469229	.446244	.423446	.400855	.378493	.356384	.334556	.313040	.291869	39.5
40.0	.521307	.498235	.475309	.452542	.429951	.407556	.385375	.363433	.341754	.320368	.299307	40.0
40.5	.526800	.503961	.481260	.458709	.436325	.414124	.392126	.370352	.348826	.327574	.306627	40.5
41.0	.532175	.509565	.487086	.464749	.442570	.420564	.398748	.377144	.355772	.334659	.313831	41.0
41.5	.537434	.515051	.492791	.470666	.448689	.426876	.405244	.383809	.362595	.341622	.320919	41.5
42.0	.542581	.520421	.498378	.476462	.454687	.433066	.411615	.390352	.369295	.348467	.327891	42.0
42.5	.547620	.525680	.503849	.482141	.460565	.439135	.417866	.396773	.375876	.355193	.334748	42.5
43.0	.552554	.530829	.509210	.487705	.466327	.445086	.423998	.403076	.382338	.361804	.341492	43.0
43.5	.557385	.535873	.514461	.493158	.471975	.450922	.430014	.409263	.388685	.368299	.348124	43.5
44.0	.562117	.540814	.519607	.498503	.477513	.456647	.435916	.415335	.394918	.374682	.354645	44.0
44.5	.566752	.545656	.524650	.503743	.482943	.462261	.441708	.421296	.401040	.380954	.361056	44.5
45.0	.571294	.550400	.529593	.508879	.488268	.467769	.447392	.427148	.407052	.387117	.367359	45.0
45.5	.575744	.555050	.534439	.513916	.493491	.473172	.452970	.432894	.412957	.393173	.373556	45.5
46.0	.580106	.559609	.539190	.518856	.498615	.478474	.458444	.438534	.418756	.399123	.379648	46.0
46.5	.584382	.564078	.543849	.523701	.503641	.483677	.463818	.444073	.424453	.404970	.385638	46.5
47.0	.588574	.568460	.548418	.528453	.508572	.488783	.469093	.449512	.430049	.410717	.391526	47.0
47.5	.592685	.572758	.552900	.533116	.513412	.493794	.474272	.454853	.435547	.416364	.397315	47.5
48.0	.596716	.576974	.557297	.537691	.518161	.498714	.479357	.460099	.440947	.421913	.403007	48.0
48.5	.600671	.581110	.561612	.542181	.522823	.503544	.484351	.465251	.446254	.427368	.408603	48.5
49.0	.604551	.585169	.565846	.546588	.527399	.508286	.489255	.470313	.451468	.432729	.414105	49.0
49.5	.608358	.589152	.570002	.550914	.531892	.512943	.494071	.475285	.456592	.437998	.419515	49.5
50.0	.612095	.593061	.574081	.555161	.536304	.517516	.498803	.480171	.461627	.443179	.424835	50.0
A	Número de dispositivos n											A
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	

n = 30 - 40

A = 10.0 - 15.0

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
10.0												10.0
10.1												10.1
10.2												10.2
10.3												10.3
10.4												10.4
10.5												10.5
10.6	.000001											10.6
10.7	.000001											10.7
10.8	.000001											10.8
10.9	.000001											10.9
11.0	.000001											11.0
11.1	.000001											11.1
11.2	.000002	.000001										11.2
11.3	.000002	.000001										11.3
11.4	.000002	.000001										11.4
11.5	.000003	.000001										11.5
11.6	.000003	.000001										11.6
11.7	.000003	.000001										11.7
11.8	.000004	.000002	.000001									11.8
11.9	.000005	.000002	.000001									11.9
12.0	.000005	.000002	.000001									12.0
12.1	.000006	.000002	.000001									12.1
12.2	.000007	.000003	.000001									12.2
12.3	.000009	.000003	.000001									12.3
12.4	.000010	.000004	.000002	.000001								12.4
12.5	.000011	.000005	.000002	.000001								12.5
12.6	.000013	.000005	.000002	.000001								12.6
12.7	.000015	.000006	.000002	.000001								12.7
12.8	.000017	.000007	.000003	.000001								12.8
12.9	.000020	.000008	.000003	.000001								12.9
13.0	.000022	.000009	.000004	.000001	.000001							13.0
13.1	.000025	.000011	.000004	.000002	.000001							13.1
13.2	.000029	.000012	.000005	.000002	.000001							13.2
13.3	.000033	.000014	.000006	.000002	.000001							13.3
13.4	.000037	.000016	.000007	.000003	.000001							13.4
13.5	.000042	.000018	.000008	.000003	.000001							13.5
13.6	.000047	.000021	.000009	.000004	.000001	.000001						13.6
13.7	.000053	.000024	.000010	.000004	.000002	.000001						13.7
13.8	.000060	.000027	.000012	.000005	.000002	.000001						13.8
13.9	.000068	.000030	.000013	.000006	.000002	.000001						13.9
14.0	.000076	.000034	.000015	.000006	.000003	.000001						14.0
14.1	.000085	.000039	.000017	.000007	.000003	.000001						14.1
14.2	.000095	.000044	.000019	.000008	.000003	.000001	.000001					14.2
14.3	.000106	.000049	.000022	.000009	.000004	.000002	.000001					14.3
14.4	.000118	.000055	.000025	.000011	.000005	.000002	.000001					14.4
14.5	.000132	.000062	.000028	.000012	.000005	.000002	.000001					14.5
14.6	.000147	.000069	.000032	.000014	.000006	.000002	.000001					14.6
14.7	.000163	.000077	.000035	.000016	.000007	.000003	.000001					14.7
14.8	.000181	.000086	.000040	.000018	.000008	.000003	.000001	.000001				14.8
14.9	.000200	.000096	.000045	.000020	.000009	.000004	.000002	.000001				14.9
15.0	.000221	.000107	.000050	.000023	.000010	.000004	.000002	.000001				15.0
A	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	A
Número de dispositivos n												

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
15.0	.000221	.000107	.000050	.000023	.000010	.000004	.000002	.000001				15.0
15.1	.000244	.000119	.000056	.000026	.000011	.000005	.000002	.000001				15.1
15.2	.000269	.000132	.000063	.000029	.000013	.000006	.000002	.000001				15.2
15.3	.000297	.000146	.000070	.000032	.000015	.000006	.000003	.000001				15.3
15.4	.000327	.000162	.000078	.000036	.000016	.000007	.000003	.000001	.000001			15.4
15.5	.000359	.000179	.000087	.000041	.000019	.000008	.000004	.000001	.000001			15.5
15.6	.000394	.000198	.000097	.000046	.000021	.000009	.000004	.000002	.000001			15.6
15.7	.000432	.000219	.000107	.000051	.000024	.000011	.000005	.000002	.000001			15.7
15.8	.000473	.000241	.000119	.000057	.000026	.000012	.000005	.000002	.000001			15.8
15.9	.000517	.000265	.000132	.000063	.000030	.000013	.000006	.000003	.000001			15.9
16.0	.000564	.000291	.000146	.000071	.000033	.000015	.000007	.000003	.000001	.000001		16.0
16.1	.000616	.000320	.000161	.000078	.000037	.000017	.000008	.000003	.000001	.000001		16.1
16.2	.000671	.000350	.000177	.000087	.000041	.000019	.000009	.000004	.000002	.000001		16.2
16.3	.000730	.000384	.000195	.000097	.000046	.000022	.000010	.000004	.000002	.000001		16.3
16.4	.000794	.000420	.000215	.000107	.000052	.000024	.000011	.000005	.000002	.000001		16.4
16.5	.000862	.000458	.000236	.000118	.000057	.000027	.000012	.000006	.000002	.000001		16.5
16.6	.000935	.000500	.000259	.000131	.000064	.000030	.000014	.000006	.000003	.000001		16.6
16.7	.001013	.000545	.000285	.000144	.000071	.000034	.000016	.000007	.000003	.000001	.000001	16.7
16.8	.001096	.000594	.000312	.000159	.000078	.000038	.000018	.000008	.000004	.000002	.000001	16.8
16.9	.001186	.000646	.000341	.000175	.000087	.000042	.000020	.000009	.000004	.000002	.000001	16.9
17.0	.001281	.000702	.000373	.000192	.000096	.000047	.000022	.000010	.000005	.000002	.000001	17.0
17.1	.001382	.000762	.000407	.000211	.000106	.000052	.000025	.000011	.000005	.000002	.000001	17.1
17.2	.001490	.000826	.000444	.000231	.000117	.000057	.000027	.000013	.000006	.000003	.000001	17.2
17.3	.001604	.000894	.000483	.000253	.000129	.000064	.000031	.000014	.000007	.000003	.000001	17.3
17.4	.001726	.000968	.000526	.000277	.000142	.000071	.000034	.000016	.000007	.000003	.000001	17.4
17.5	.001855	.001046	.000572	.000303	.000156	.000078	.000038	.000018	.000008	.000004	.000002	17.5
17.6	.001992	.001129	.000621	.000331	.000171	.000086	.000042	.000020	.000009	.000004	.000002	17.6
17.7	.002136	.001218	.000673	.000361	.000188	.000095	.000047	.000022	.000010	.000005	.000002	17.7
17.8	.002289	.001313	.000730	.000393	.000206	.000105	.000052	.000025	.000012	.000005	.000002	17.8
17.9	.002451	.001413	.000790	.000428	.000225	.000115	.000057	.000028	.000013	.000006	.000003	17.9
18.0	.002622	.001520	.000854	.000466	.000247	.000127	.000063	.000031	.000015	.000007	.000003	18.0
18.1	.002802	.001634	.000923	.000506	.000269	.000139	.000070	.000034	.000016	.000008	.000003	18.1
18.2	.002992	.001754	.000996	.000549	.000294	.000153	.000077	.000038	.000018	.000008	.000004	18.2
18.3	.003192	.001881	.001075	.000596	.000320	.000168	.000085	.000042	.000020	.000010	.000004	18.3
18.4	.003403	.002016	.001158	.000645	.000349	.000183	.000094	.000047	.000023	.000011	.000005	18.4
18.5	.003624	.002158	.001246	.000698	.000380	.000201	.000103	.000052	.000025	.000012	.000006	18.5
18.6	.003856	.002308	.001340	.000755	.000413	.000219	.000113	.000057	.000028	.000013	.000006	18.6
18.7	.004100	.002467	.001440	.000815	.000448	.000239	.000124	.000063	.000031	.000015	.000007	18.7
18.8	.004355	.002634	.001545	.000879	.000486	.000261	.000136	.000069	.000034	.000017	.000008	18.8
18.9	.004622	.002810	.001657	.000948	.000527	.000284	.000149	.000076	.000038	.000018	.000009	18.9
19.0	.004902	.002996	.001776	.001021	.000570	.000310	.000163	.000084	.000042	.000020	.000010	19.0
19.1	.005195	.003191	.001901	.001099	.000617	.000337	.000179	.000092	.000046	.000023	.000011	19.1
19.2	.005501	.003395	.002033	.001181	.000667	.000366	.000195	.000101	.000051	.000025	.000012	19.2
19.3	.005820	.003610	.002173	.001269	.000720	.000397	.000213	.000111	.000056	.000028	.000013	19.3
19.4	.006153	.003836	.002320	.001362	.000777	.000430	.000232	.000122	.000062	.000031	.000015	19.4
19.5	.006500	.004072	.002475	.001461	.000837	.000466	.000252	.000133	.000068	.000034	.000017	19.5
19.6	.006861	.004320	.002639	.001565	.000901	.000504	.000275	.000145	.000075	.000038	.000018	19.6
19.7	.007238	.004578	.002811	.001675	.000970	.000545	.000298	.000159	.000082	.000042	.000020	19.7
19.8	.007629	.004849	.002991	.001792	.001042	.000589	.000324	.000173	.000090	.000046	.000023	19.8
19.9	.008035	.005132	.003181	.001915	.001119	.000636	.000351	.000189	.000099	.000050	.000025	19.9
20.0	.008458	.005427	.003380	.002045	.001201	.000686	.000381	.000206	.000108	.000056	.000028	20.0
A	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	A
Número de dispositivos n												

n = 30 - 40

A = 20.0 - 25.0

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
20.0	.008457	.005427	.003380	.002044	.001201	.000686	.000381	.000206	.000108	.000056	.000028	20.0
20.1	.008896	.005735	.003589	.002181	.001288	.000739	.000412	.000224	.000118	.000061	.000031	20.1
20.2	.009350	.006055	.003808	.002326	.001380	.000796	.000446	.000244	.000129	.000067	.000034	20.2
20.3	.009820	.006390	.004037	.002477	.001477	.000856	.000482	.000265	.000141	.000074	.000037	20.3
20.4	.010308	.006737	.004277	.002637	.001580	.000920	.000521	.000287	.000154	.000081	.000041	20.4
20.5	.010812	.007099	.004527	.002804	.001688	.000988	.000562	.000311	.000168	.000088	.000045	20.5
20.6	.011333	.007475	.004789	.002980	.001803	.001060	.000606	.000337	.000183	.000097	.000050	20.6
20.7	.011872	.007865	.005062	.003165	.001923	.001136	.000653	.000365	.000199	.000106	.000055	20.7
20.8	.012428	.008270	.005347	.003359	.002051	.001217	.000703	.000395	.000216	.000115	.000060	20.8
20.9	.013002	.008690	.005643	.003561	.002184	.001303	.000756	.000427	.000235	.000126	.000066	20.9
21.0	.013594	.009125	.005953	.003774	.002325	.001393	.000812	.000461	.000255	.000137	.000072	21.0
21.1	.014204	.009576	.006274	.003996	.002474	.001489	.000872	.000497	.000276	.000149	.000079	21.1
21.2	.014833	.010042	.006609	.004228	.002629	.001590	.000935	.000536	.000299	.000162	.000086	21.2
21.3	.015480	.010524	.006956	.004470	.002793	.001697	.001003	.000577	.000323	.000177	.000094	21.3
21.4	.016145	.011023	.007317	.004723	.002964	.001809	.001074	.000621	.000350	.000192	.000103	21.4
21.5	.016830	.011538	.007692	.004987	.003143	.001927	.001150	.000668	.000378	.000208	.000112	21.5
21.6	.017533	.012069	.008081	.005261	.003331	.002052	.001230	.000717	.000408	.000226	.000122	21.6
21.7	.018255	.012617	.008483	.005548	.003528	.002183	.001314	.000770	.000440	.000244	.000133	21.7
21.8	.018996	.013182	.008901	.005845	.003734	.002320	.001403	.000826	.000474	.000265	.000144	21.8
21.9	.019756	.013765	.009332	.006155	.003949	.002465	.001497	.000885	.000510	.000286	.000157	21.9
22.0	.020535	.014364	.009779	.006477	.004174	.002616	.001596	.000948	.000549	.000309	.000170	22.0
22.1	.021334	.014981	.010240	.006811	.004408	.002776	.001701	.001015	.000590	.000334	.000185	22.1
22.2	.022152	.015616	.010717	.007158	.004652	.002942	.001811	.001085	.000634	.000361	.000200	22.2
22.3	.022989	.016268	.011210	.007518	.004907	.003117	.001927	.001160	.000680	.000389	.000217	22.3
22.4	.023845	.016938	.011718	.007891	.005172	.003299	.002049	.001239	.000730	.000419	.000235	22.4
22.5	.024721	.017626	.012242	.008277	.005448	.003490	.002177	.001322	.000782	.000451	.000254	22.5
22.6	.025615	.018332	.012782	.008677	.005735	.003689	.002311	.001409	.000838	.000485	.000274	22.6
22.7	.026529	.019056	.013338	.009091	.006033	.003898	.002452	.001502	.000896	.000521	.000296	22.7
22.8	.027462	.019798	.013910	.009519	.006343	.004115	.002599	.001599	.000959	.000560	.000319	22.8
22.9	.028414	.020559	.014499	.009961	.006664	.004341	.002754	.001702	.001024	.000601	.000344	22.9
23.0	.029386	.021337	.015104	.010418	.006998	.004578	.002916	.001809	.001094	.000645	.000371	23.0
23.1	.030376	.022134	.015727	.010889	.007344	.004823	.003085	.001923	.001167	.000691	.000399	23.1
23.2	.031385	.022949	.016366	.011375	.007702	.005079	.003263	.002042	.001245	.000740	.000429	23.2
23.3	.032413	.023782	.017022	.011876	.008073	.005345	.003448	.002166	.001327	.000792	.000461	23.3
23.4	.033459	.024634	.017695	.012392	.008456	.005622	.003641	.002297	.001413	.000847	.000495	23.4
23.5	.034524	.025504	.018385	.012923	.008853	.005909	.003843	.002435	.001503	.000905	.000531	23.5
23.6	.035607	.026392	.019092	.013470	.009263	.006207	.004053	.002578	.001599	.000966	.000570	23.6
23.7	.036709	.027298	.019817	.014033	.009687	.006517	.004272	.002729	.001699	.001031	.000611	23.7
23.8	.037828	.028223	.020559	.014611	.010124	.006837	.004500	.002886	.001804	.001100	.000654	23.8
23.9	.038966	.029165	.021318	.015205	.010575	.007170	.004737	.003051	.001915	.001172	.000700	23.9
24.0	.040121	.030126	.022095	.015815	.011040	.007514	.004984	.003223	.002031	.001248	.000748	24.0
24.1	.041294	.031104	.022889	.016441	.011520	.007870	.005241	.003402	.002153	.001329	.000800	24.1
24.2	.042484	.032100	.023700	.017083	.012013	.008238	.005507	.003589	.002280	.001413	.000854	24.2
24.3	.043691	.033114	.024529	.017742	.012521	.008619	.005784	.003784	.002414	.001502	.000912	24.3
24.4	.044915	.034145	.025375	.018417	.013044	.009012	.006071	.003988	.002554	.001595	.000972	24.4
24.5	.046156	.035194	.026239	.019108	.013582	.009418	.006369	.004199	.002700	.001693	.001036	24.5
24.6	.047413	.036261	.027119	.019816	.014135	.009837	.006677	.004420	.002853	.001796	.001104	24.6
24.7	.048687	.037344	.028017	.020540	.014702	.010269	.006996	.004649	.003013	.001904	.001175	24.7
24.8	.049977	.038444	.028932	.021280	.015285	.010714	.007327	.004887	.003179	.002018	.001249	24.8
24.9	.051282	.039562	.029865	.022038	.015883	.011173	.007669	.005135	.003353	.002136	.001328	24.9
25.0	.052603	.040696	.030814	.022811	.016496	.011646	.008023	.005391	.003534	.002261	.001411	25.0
A	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	A
Número de dispositivos n												

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
25.0	.052603	.040696	.030814	.022811	.016496	.011646	.008022	.005391	.003534	.002261	.001411	25.0
25.5	.059433	.046610	.035812	.026928	.019796	.014218	.009970	.006825	.004559	.002972	.001891	25.5
26.0	.066612	.052912	.041219	.031454	.023488	.017149	.012234	.008524	.005798	.003851	.002497	26.0
26.5	.074106	.059575	.047016	.036382	.027574	.020451	.014831	.010510	.007276	.004920	.003249	26.5
27.0	.081880	.066567	.053179	.041696	.032050	.024128	.017774	.012804	.009016	.006203	.004170	27.0
27.5	.089897	.073857	.059683	.047379	.036907	.028181	.021074	.015421	.011037	.007722	.005281	27.5
28.0	.098122	.081411	.066498	.053409	.042131	.032606	.024733	.018373	.013357	.009499	.006605	28.0
28.5	.106522	.089197	.073594	.059760	.047704	.037392	.028751	.021666	.015990	.011550	.008162	28.5
29.0	.115065	.097181	.080942	.066407	.053605	.042527	.033123	.025304	.018945	.013892	.009971	29.0
29.5	.123720	.105333	.088509	.073320	.059811	.047993	.037839	.029286	.022230	.016537	.012049	29.5
30.0	.132460	.113622	.096266	.080472	.066298	.053771	.042887	.033605	.025845	.019493	.014409	30.0
30.5	.141258	.122021	.104184	.087834	.073037	.059838	.048250	.038252	.029788	.022765	.017062	30.5
31.0	.150090	.130503	.112235	.095377	.080004	.066172	.053910	.043216	.034054	.026355	.020017	31.0
31.5	.158936	.139044	.120393	.103075	.087172	.072747	.059844	.048479	.038634	.030260	.023275	31.5
32.0	.167777	.147622	.128633	.110902	.094513	.079539	.066033	.054024	.043514	.034473	.026838	32.0
32.5	.176594	.156217	.136932	.118832	.102003	.086522	.072451	.059832	.048681	.038986	.030703	32.5
33.0	.185373	.164810	.145270	.126844	.109618	.093672	.079076	.065881	.054116	.043786	.034864	33.0
33.5	.194101	.173386	.153628	.134915	.117334	.100966	.085885	.072150	.059802	.048859	.039311	33.5
34.0	.202766	.181929	.161988	.143026	.125129	.108380	.092854	.078618	.065719	.054189	.044032	34.0
34.5	.211357	.190427	.170334	.151159	.132984	.115893	.099962	.085261	.071846	.059758	.049015	34.5
35.0	.219866	.198870	.178654	.159297	.140881	.123484	.107186	.092058	.078163	.065548	.054244	35.0
35.5	.228286	.207246	.186934	.167427	.148801	.131135	.114506	.098989	.084649	.071540	.059701	35.5
36.0	.236611	.215547	.195165	.175535	.156730	.138828	.121904	.106033	.091283	.077713	.065370	36.0
36.5	.244834	.223767	.203336	.183608	.164654	.146547	.129361	.113171	.098046	.084049	.071231	36.5
37.0	.252953	.231898	.211439	.191637	.172559	.154277	.136861	.120385	.104919	.090527	.077268	37.0
37.5	.260962	.239937	.219467	.199612	.180436	.162005	.144389	.127658	.111884	.097131	.083460	37.5
38.0	.268861	.247878	.227414	.207526	.188273	.169718	.151929	.134975	.118923	.103841	.089791	38.0
38.5	.276646	.255718	.235275	.215371	.196061	.177407	.159471	.142320	.126021	.110641	.096243	38.5
39.0	.284315	.263453	.243046	.223142	.203794	.185060	.167001	.149680	.133163	.117514	.102798	39.0
39.5	.291869	.271083	.250722	.230832	.211464	.192671	.174511	.157044	.140335	.124446	.109441	39.5
40.0	.299307	.278604	.258301	.238439	.219065	.200230	.181989	.164400	.147524	.131421	.116156	40.0
40.5	.306627	.286017	.265780	.245957	.226592	.207732	.189429	.171739	.154718	.138428	.122929	40.5
41.0	.313831	.293320	.273158	.253385	.234041	.215171	.196823	.179050	.161907	.145453	.129745	41.0
41.5	.320919	.300512	.280434	.260720	.241408	.222541	.204164	.186327	.169082	.152485	.136594	41.5
42.0	.327891	.307594	.287606	.267959	.248690	.229838	.211446	.193561	.176233	.159515	.143463	42.0
42.5	.334748	.314566	.294673	.275101	.255884	.237059	.218665	.200748	.183354	.166534	.150340	42.5
43.0	.341492	.321428	.301636	.282146	.262989	.244200	.225816	.207880	.190436	.173532	.157218	43.0
43.5	.348124	.328181	.308495	.289092	.270003	.251259	.232896	.214954	.197474	.180502	.164087	43.5
44.0	.354645	.334826	.315250	.295940	.276924	.258234	.239901	.221964	.204462	.187438	.170938	44.0
44.5	.361056	.341364	.321900	.302688	.283752	.265122	.246830	.228908	.211396	.194333	.177764	44.5
45.0	.367359	.347796	.328448	.309337	.290487	.271924	.253678	.235782	.218271	.201183	.184559	45.0
45.5	.373556	.354124	.334894	.315887	.297127	.278637	.260446	.242584	.225084	.207982	.191318	45.5
46.0	.379648	.360348	.341238	.322340	.303673	.285261	.267131	.249311	.231831	.214727	.198034	46.0
46.5	.385638	.366470	.347483	.328694	.310125	.291796	.273733	.255961	.238510	.221413	.204703	46.5
47.0	.391526	.372492	.353628	.334953	.316484	.298242	.280250	.262533	.245119	.228038	.211322	47.0
47.5	.397315	.378415	.359676	.341115	.322749	.304598	.286682	.269026	.251655	.234598	.217886	47.5
48.0	.403007	.384240	.365627	.347183	.328922	.310864	.293029	.275439	.258118	.241092	.224392	48.0
48.5	.408603	.389971	.371484	.353156	.335004	.317042	.299291	.281771	.264505	.247518	.230838	48.5
49.0	.414105	.395607	.377247	.359038	.340994	.323131	.305468	.288022	.270817	.253874	.237221	49.0
49.5	.419515	.401151	.382918	.364828	.346895	.329133	.311559	.294192	.277051	.260159	.243540	49.5
50.0	.424835	.406605	.388499	.370529	.352707	.335048	.317566	.300280	.283208	.266371	.249792	50.0
A	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	A
Número de dispositivos n												

n = 40 - 50

A = 20.0 - 25.0

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
20.0	.000028	.000014	.000006	.000003	.000001	.000001						20.0
20.1	.000031	.000015	.000007	.000003	.000002	.000001						20.1
20.2	.000034	.000017	.000008	.000004	.000002	.000001						20.2
20.3	.000037	.000018	.000009	.000004	.000002	.000001						20.3
20.4	.000041	.000020	.000010	.000005	.000002	.000001						20.4
20.5	.000045	.000023	.000011	.000005	.000002	.000001						20.5
20.6	.000050	.000025	.000012	.000006	.000003	.000001	.000001					20.6
20.7	.000055	.000028	.000014	.000007	.000003	.000001	.000001					20.7
20.8	.000060	.000030	.000015	.000007	.000003	.000002	.000001					20.8
20.9	.000066	.000033	.000017	.000008	.000004	.000002	.000001					20.9
21.0	.000072	.000037	.000018	.000009	.000004	.000002	.000001					21.0
21.1	.000079	.000041	.000020	.000010	.000005	.000002	.000001					21.1
21.2	.000086	.000044	.000022	.000011	.000005	.000003	.000001	.000001				21.2
21.3	.000094	.000049	.000025	.000012	.000006	.000003	.000001	.000001				21.3
21.4	.000103	.000054	.000027	.000014	.000007	.000003	.000001	.000001				21.4
21.5	.000112	.000059	.000030	.000015	.000007	.000004	.000002	.000001				21.5
21.6	.000122	.000064	.000033	.000017	.000008	.000004	.000002	.000001				21.6
21.7	.000133	.000070	.000036	.000018	.000009	.000004	.000002	.000001				21.7
21.8	.000144	.000077	.000040	.000020	.000010	.000005	.000002	.000001				21.8
21.9	.000157	.000084	.000044	.000022	.000011	.000005	.000003	.000001	.000001			21.9
22.0	.000170	.000091	.000048	.000024	.000012	.000006	.000003	.000001	.000001			22.0
22.1	.000185	.000099	.000052	.000027	.000014	.000007	.000003	.000001	.000001			22.1
22.2	.000200	.000108	.000057	.000030	.000015	.000007	.000004	.000002	.000001			22.2
22.3	.000217	.000118	.000063	.000032	.000016	.000008	.000004	.000002	.000001			22.3
22.4	.000235	.000128	.000068	.000036	.000018	.000009	.000004	.000002	.000001			22.4
22.5	.000254	.000139	.000075	.000039	.000020	.000010	.000005	.000002	.000001	.000001		22.5
22.6	.000274	.000151	.000081	.000043	.000022	.000011	.000005	.000003	.000001	.000001		22.6
22.7	.000296	.000164	.000089	.000047	.000024	.000012	.000006	.000003	.000001	.000001		22.7
22.8	.000319	.000177	.000096	.000051	.000026	.000013	.000007	.000003	.000002	.000001		22.8
22.9	.000344	.000192	.000105	.000056	.000029	.000015	.000007	.000004	.000002	.000001		22.9
23.0	.000371	.000208	.000114	.000061	.000032	.000016	.000008	.000004	.000002	.000001		23.0
23.1	.000399	.000225	.000124	.000066	.000035	.000018	.000009	.000004	.000002	.000001		23.1
23.2	.000429	.000243	.000134	.000072	.000038	.000020	.000010	.000005	.000002	.000001	.000001	23.2
23.3	.000461	.000262	.000145	.000079	.000042	.000022	.000011	.000005	.000003	.000001	.000001	23.3
23.4	.000495	.000283	.000157	.000086	.000046	.000024	.000012	.000006	.000003	.000001	.000001	23.4
23.5	.000531	.000305	.000170	.000093	.000050	.000026	.000013	.000007	.000003	.000002	.000001	23.5
23.6	.000570	.000328	.000184	.000101	.000054	.000028	.000015	.000007	.000004	.000002	.000001	23.6
23.7	.000611	.000353	.000199	.000110	.000059	.000031	.000016	.000008	.000004	.000002	.000001	23.7
23.8	.000654	.000380	.000215	.000119	.000064	.000034	.000018	.000009	.000004	.000002	.000001	23.8
23.9	.000700	.000408	.000232	.000129	.000070	.000037	.000019	.000010	.000005	.000002	.000001	23.9
24.0	.000748	.000438	.000250	.000140	.000076	.000041	.000021	.000011	.000005	.000003	.000001	24.0
24.1	.000800	.000470	.000270	.000151	.000083	.000044	.000023	.000012	.000006	.000003	.000001	24.1
24.2	.000854	.000504	.000290	.000163	.000090	.000048	.000025	.000013	.000007	.000003	.000002	24.2
24.3	.000912	.000540	.000312	.000176	.000097	.000053	.000028	.000014	.000007	.000004	.000002	24.3
24.4	.000972	.000578	.000336	.000191	.000106	.000057	.000030	.000016	.000008	.000004	.000002	24.4
24.5	.001036	.000619	.000361	.000206	.000114	.000062	.000033	.000017	.000009	.000004	.000002	24.5
24.6	.001104	.000662	.000387	.000222	.000124	.000068	.000036	.000019	.000010	.000005	.000002	24.6
24.7	.001175	.000707	.000416	.000239	.000134	.000074	.000039	.000021	.000011	.000005	.000003	24.7
24.8	.001249	.000755	.000446	.000257	.000145	.000080	.000043	.000023	.000012	.000006	.000003	24.8
24.9	.001328	.000806	.000478	.000276	.000156	.000087	.000047	.000025	.000013	.000007	.000003	24.9
25.0	.001411	.000860	.000511	.000297	.000169	.000094	.000051	.000027	.000014	.000007	.000004	25.0
A	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	A
Número de dispositivos n												A

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
25.0	.001411	.000860	.000511	.000297	.000169	.000094	.000051	.000027	.000014	.000007	.000004	25.0
25.5	.001891	.001175	.000713	.000422	.000245	.000139	.000077	.000042	.000022	.000012	.000006	25.5
26.0	.002497	.001581	.000978	.000591	.000349	.000202	.000114	.000063	.000034	.000018	.000009	26.0
26.5	.003249	.002095	.001320	.000813	.000489	.000288	.000166	.000094	.000052	.000028	.000015	26.5
27.0	.004170	.002738	.001757	.001102	.000676	.000405	.000238	.000137	.000077	.000042	.000023	27.0
27.5	.005281	.003530	.002306	.001472	.000919	.000562	.000336	.000196	.000112	.000063	.000035	27.5
28.0	.006605	.004491	.002985	.001940	.001233	.000767	.000466	.000278	.000162	.000093	.000052	28.0
28.5	.008162	.005642	.003814	.002521	.001630	.001032	.000639	.000387	.000230	.000134	.000076	28.5
29.0	.009971	.007003	.004812	.003235	.002128	.001369	.000863	.000532	.000321	.000190	.000110	29.0
29.5	.012049	.008595	.006001	.004100	.002741	.001794	.001149	.000721	.000443	.000266	.000157	29.5
30.0	.014409	.010433	.007397	.005134	.003488	.002320	.001511	.000963	.000602	.000368	.000221	30.0
30.5	.017062	.012534	.009020	.006357	.004387	.002965	.001962	.001272	.000807	.000502	.000306	30.5
31.0	.020017	.014909	.010884	.007786	.005456	.003744	.002517	.001657	.001069	.000676	.000419	31.0
31.5	.023275	.017568	.013005	.009437	.006710	.004675	.003191	.002134	.001399	.000898	.000566	31.5
32.0	.026838	.020517	.015392	.011324	.008169	.005775	.004002	.002717	.001808	.001179	.000754	32.0
32.5	.030703	.023760	.018054	.013462	.009845	.007060	.004963	.003420	.002311	.001530	.000994	32.5
33.0	.034864	.027295	.020996	.015858	.011753	.008546	.006093	.004260	.002920	.001963	.001294	33.0
33.5	.039311	.031120	.024221	.018520	.013905	.010245	.007406	.005251	.003651	.002490	.001666	33.5
34.0	.044032	.035228	.027727	.021454	.016308	.012171	.008916	.006408	.004519	.003126	.002121	34.0
34.5	.049015	.039611	.031512	.024660	.018969	.014334	.010636	.007747	.005537	.003884	.002672	34.5
35.0	.054244	.044256	.035568	.028136	.021891	.016742	.012578	.009280	.006721	.004778	.003333	35.0
35.5	.059701	.049152	.039888	.031881	.025077	.019399	.014750	.011018	.008083	.005822	.004117	35.5
36.0	.065370	.054282	.044459	.035886	.028524	.022310	.017160	.012973	.009636	.007030	.005036	36.0
36.5	.071231	.059632	.049270	.040143	.032227	.025474	.019813	.015153	.011391	.008414	.006105	36.5
37.0	.077268	.065184	.054306	.044642	.036182	.028890	.022710	.017564	.013358	.009986	.007335	37.0
37.5	.083460	.070922	.059552	.049371	.040378	.032553	.025852	.020210	.015543	.011756	.008740	37.5
38.0	.089791	.076828	.064993	.054316	.044807	.036458	.029237	.023092	.017953	.013732	.010328	38.0
38.5	.096243	.082884	.070612	.059463	.049457	.040595	.032860	.026212	.020591	.015921	.012111	38.5
39.0	.102798	.089074	.076393	.064797	.054314	.044956	.036716	.029565	.023458	.018329	.014095	39.0
39.5	.109441	.095380	.082319	.070302	.059366	.049529	.040795	.033149	.026554	.020957	.016287	39.5
40.0	.116156	.101788	.088374	.075963	.064597	.054301	.045090	.036956	.029877	.023808	.018691	40.0
40.5	.122929	.108281	.094542	.081765	.069993	.059261	.049588	.040979	.033420	.026881	.021309	40.5
41.0	.129745	.114845	.100809	.087691	.075540	.064393	.054279	.045209	.037180	.030171	.024143	41.0
41.5	.136594	.121466	.107159	.093727	.081222	.069685	.059149	.049635	.041148	.033676	.027191	41.5
42.0	.143463	.128131	.113578	.099859	.087025	.075121	.064187	.054247	.045315	.037389	.030451	42.0
42.5	.150340	.134829	.120055	.106072	.092934	.080689	.069378	.059032	.049671	.041303	.033917	42.5
43.0	.157218	.141548	.126575	.112354	.098937	.086374	.074709	.063978	.054207	.045409	.037584	43.0
43.5	.164087	.148278	.133128	.118692	.105019	.092163	.080167	.069072	.058909	.049698	.041445	43.5
44.0	.170938	.155009	.139704	.125073	.111169	.098042	.085739	.074302	.063767	.054159	.045492	44.0
44.5	.177764	.161734	.146292	.131489	.117374	.103999	.091411	.079655	.068768	.058782	.049715	44.5
45.0	.184559	.168444	.152884	.137927	.123623	.110022	.097172	.085118	.073901	.063555	.054104	45.0
45.5	.191318	.175133	.159471	.144380	.129906	.116100	.103009	.090679	.079152	.068466	.058650	45.5
46.0	.198034	.181793	.166046	.150837	.136213	.122222	.108911	.096326	.084511	.073505	.063341	46.0
46.5	.204703	.188419	.172601	.157292	.142535	.128378	.114867	.102048	.089965	.078659	.068167	46.5
47.0	.211322	.195007	.179132	.163736	.148864	.134559	.120867	.107833	.095503	.083918	.073115	47.0
47.5	.217886	.201551	.185631	.170164	.155191	.140755	.126901	.113672	.101114	.089269	.078176	47.5
48.0	.224392	.208048	.192095	.176569	.161511	.146960	.132960	.119555	.106788	.094702	.083337	48.0
48.5	.230838	.214494	.198518	.182947	.167816	.153165	.139037	.125472	.112515	.100207	.088590	48.5
49.0	.237221	.220885	.204898	.189291	.174101	.159364	.145122	.131415	.118284	.105773	.093922	49.0
49.5	.243540	.227220	.211229	.195598	.180360	.165551	.151210	.137375	.124089	.111392	.099324	49.5
50.0	.249792	.233496	.217510	.201864	.186589	.171720	.157293	.143346	.129920	.117053	.104787	50.0
A	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	A

n = 40 - 50
A = 50 - 100

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
50	.249792	.233496	.217510	.201864	.186589	.171720	.157293	.143346	.129920	.117053	.104787	50
51	.262093	.245863	.229909	.214258	.198939	.183983	.169422	.155292	.141629	.128472	.115859	51
52	.274116	.257973	.242077	.226452	.211123	.196118	.181468	.167203	.153358	.139968	.127069	52
53	.285857	.269818	.254001	.238427	.223117	.208098	.193396	.179039	.165059	.151487	.138359	53
54	.297313	.281394	.265673	.250170	.234905	.219900	.205178	.190766	.176691	.162985	.149677	54
55	.308485	.292697	.277088	.261674	.246473	.231505	.216792	.202356	.188224	.174421	.160978	55
56	.319375	.303728	.288241	.272930	.257811	.242901	.228220	.213788	.199628	.185765	.172224	56
57	.329987	.314487	.299133	.283937	.268914	.254079	.239449	.225044	.210883	.196989	.183385	57
58	.340325	.324979	.309764	.294693	.279777	.265031	.250470	.236111	.221972	.208073	.194435	58
59	.350395	.335207	.320137	.305198	.290399	.275753	.261275	.246979	.232881	.218998	.205352	59
60	.360202	.345175	.330256	.315454	.300780	.286244	.271860	.257640	.243599	.229753	.216119	60
61	.369754	.354889	.340123	.325464	.310920	.296503	.282222	.268090	.254120	.240325	.226723	61
62	.379056	.364355	.349745	.335232	.320824	.306530	.292361	.278326	.264438	.250709	.237153	62
63	.388115	.373580	.359126	.344761	.330493	.316328	.302276	.288347	.274550	.260898	.247402	63
64	.396939	.382568	.368273	.354058	.339931	.325899	.311970	.298152	.284455	.270889	.257465	64
65	.405534	.391328	.377190	.363127	.349144	.335247	.321445	.307743	.294152	.280680	.267337	65
66	.413908	.399865	.385885	.371973	.358135	.344376	.330703	.317122	.303642	.290270	.277016	66
67	.422067	.408186	.394363	.380602	.366910	.353290	.339749	.326292	.312927	.299661	.286502	67
68	.430018	.416297	.402630	.389021	.375474	.361994	.348586	.335255	.322009	.308852	.295794	68
69	.437767	.424205	.410693	.397234	.383833	.370492	.357219	.344016	.330890	.317847	.304894	69
70	.445322	.431917	.418558	.405248	.391991	.378791	.365652	.352578	.339575	.326648	.313803	70
71	.452688	.439437	.426230	.413068	.399955	.386894	.373890	.360946	.348067	.335257	.322523	71
72	.459871	.446774	.433716	.420700	.407730	.394808	.381938	.369123	.356369	.343679	.331058	72
73	.466878	.453931	.441021	.428150	.415321	.402537	.389800	.377116	.364486	.351916	.339410	73
74	.473714	.460916	.448151	.435423	.422733	.410086	.397483	.384927	.372423	.359973	.347582	74
75	.480386	.467732	.455111	.442524	.429973	.417460	.404989	.392562	.380183	.367854	.355579	75
76	.486897	.474387	.461907	.449459	.437044	.424665	.412325	.400026	.387770	.375562	.363404	76
77	.493254	.480885	.468544	.456232	.443952	.431706	.419495	.407322	.395190	.383102	.371060	77
78	.499461	.487231	.475026	.462849	.450702	.438586	.426503	.414456	.402447	.390478	.378552	78
79	.505524	.493429	.481359	.469315	.457299	.445311	.433355	.421432	.409544	.397694	.385884	79
80	.511446	.499485	.487548	.475634	.463746	.451886	.440055	.428254	.416487	.404754	.393059	80
81	.517233	.505404	.493596	.481811	.470050	.458314	.446606	.434927	.423279	.411663	.400082	81
82	.522889	.511188	.499508	.487849	.476213	.464601	.453014	.441455	.429924	.418424	.406956	82
83	.528417	.516843	.505289	.493754	.482241	.470750	.459283	.447842	.436427	.425041	.413685	83
84	.533823	.522373	.510942	.499529	.488137	.476765	.465416	.454091	.442791	.431518	.420273	84
85	.539109	.527782	.516472	.505179	.493905	.482651	.471418	.460208	.449021	.437859	.426724	85
86	.544280	.533073	.521881	.510706	.499549	.488411	.477293	.466195	.455120	.444068	.433041	86
87	.549340	.538250	.527175	.516116	.505073	.494049	.483043	.472057	.461092	.450149	.439229	87
88	.554290	.543316	.532355	.521410	.510481	.499568	.488673	.477796	.466940	.456104	.445290	88
89	.559136	.548275	.537427	.526593	.515775	.504972	.494186	.483417	.472667	.461937	.451227	89
90	.563879	.553129	.542392	.531668	.520959	.510264	.499585	.488923	.478278	.467652	.457045	90
91	.568524	.557883	.547255	.536639	.526036	.515448	.504875	.494317	.483776	.473252	.462746	91
92	.573073	.562539	.552017	.541507	.531010	.520526	.510057	.499602	.489163	.478740	.468334	92
93	.577529	.567100	.556683	.546277	.535883	.525503	.515135	.504781	.494442	.484119	.473812	93
94	.581894	.571569	.561255	.550951	.540659	.530379	.520112	.509858	.499617	.489392	.479182	94
95	.586172	.575948	.565735	.555532	.545340	.535159	.524990	.514834	.504691	.494562	.484448	95
96	.590364	.580240	.570126	.560022	.549928	.539845	.529773	.519713	.509666	.499632	.489612	96
97	.594474	.584448	.574431	.564424	.554426	.544439	.534463	.524498	.514545	.504604	.494677	97
98	.598503	.588574	.578653	.568741	.558838	.548945	.539063	.529191	.519330	.509482	.499646	98
99	.602455	.592620	.582793	.572974	.563165	.553365	.543574	.533794	.524025	.514267	.504521	99
100	.606330	.596588	.586853	.577127	.567409	.557700	.548000	.538311	.528631	.518962	.509305	100
A	Número de dispositivos n											A
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
25.0	.000004	.000002	.000001									25.0
25.5	.000006	.000003	.000001	.000001								25.5
26.0	.000009	.000005	.000002	.000001	.000001							26.0
26.5	.000015	.000008	.000004	.000002	.000001							26.5
27.0	.000023	.000012	.000006	.000003	.000002	.000001						27.0
27.5	.000035	.000019	.000010	.000005	.000003	.000001	.000001					27.5
28.0	.000052	.000028	.000015	.000008	.000004	.000002	.000001	.000001				28.0
28.5	.000076	.000043	.000023	.000013	.000007	.000003	.000002	.000001				28.5
29.0	.000110	.000063	.000035	.000019	.000010	.000005	.000003	.000001	.000001			29.0
29.5	.000157	.000091	.000052	.000029	.000016	.000008	.000004	.000002	.000001	.000001		29.5
30.0	.000221	.000130	.000075	.000042	.000024	.000013	.000007	.000004	.000002	.000001		30.0
30.5	.000306	.000183	.000107	.000062	.000035	.000019	.000011	.000006	.000003	.000002	.000001	30.5
31.0	.000419	.000255	.000152	.000089	.000051	.000029	.000016	.000009	.000005	.000002	.000001	31.0
31.5	.000566	.000349	.000212	.000126	.000073	.000042	.000024	.000013	.000007	.000004	.000002	31.5
32.0	.000754	.000473	.000291	.000176	.000104	.000061	.000035	.000019	.000011	.000006	.000003	32.0
32.5	.000994	.000633	.000395	.000242	.000146	.000086	.000050	.000029	.000016	.000009	.000005	32.5
33.0	.001294	.000836	.000531	.000330	.000202	.000121	.000071	.000041	.000023	.000013	.000007	33.0
33.5	.001666	.001093	.000704	.000445	.000276	.000168	.000100	.000059	.000034	.000019	.000011	33.5
34.0	.002121	.001412	.000922	.000591	.000372	.000230	.000140	.000083	.000049	.000028	.000016	34.0
34.5	.002672	.001805	.001196	.000778	.000497	.000311	.000192	.000116	.000069	.000040	.000023	34.5
35.0	.003333	.002282	.001534	.001012	.000655	.000417	.000260	.000160	.000096	.000057	.000033	35.0
35.5	.004117	.002857	.001947	.001302	.000855	.000552	.000350	.000218	.000133	.000080	.000047	35.5
36.0	.005036	.003542	.002446	.001659	.001105	.000723	.000464	.000293	.000182	.000111	.000067	36.0
36.5	.006105	.004350	.003044	.002092	.001412	.000936	.000610	.000390	.000246	.000152	.000092	36.5
37.0	.007335	.005294	.003752	.002613	.001787	.001201	.000793	.000514	.000328	.000206	.000127	37.0
37.5	.008740	.006385	.004584	.003233	.002240	.001525	.001020	.000671	.000433	.000275	.000172	37.5
38.0	.010328	.007637	.005550	.003963	.002781	.001918	.001300	.000866	.000567	.000365	.000231	38.0
38.5	.012111	.009060	.006663	.004817	.003422	.002390	.001640	.001107	.000734	.000479	.000307	38.5
39.0	.014095	.010664	.007934	.005804	.004175	.002951	.002051	.001402	.000942	.000622	.000404	39.0
39.5	.016287	.012457	.009374	.006938	.005049	.003613	.002542	.001759	.001196	.000800	.000527	39.5
40.0	.018691	.014448	.010991	.008227	.006057	.004386	.003123	.002187	.001506	.001020	.000679	40.0
40.5	.021309	.016640	.012795	.009682	.007209	.005281	.003805	.002696	.001879	.001288	.000869	40.5
41.0	.024143	.019040	.014790	.011312	.008516	.006308	.004597	.003296	.002324	.001613	.001101	41.0
41.5	.027191	.021647	.016983	.013123	.009985	.007478	.005511	.003996	.002851	.002002	.001382	41.5
42.0	.030451	.024463	.019376	.015122	.011625	.008799	.006556	.004808	.003469	.002464	.001722	42.0
42.5	.033917	.027487	.021972	.017314	.013443	.010281	.007742	.005740	.004188	.003008	.002126	42.5
43.0	.037584	.030715	.024770	.019700	.015445	.011931	.009078	.006802	.005018	.003644	.002604	43.0
43.5	.041445	.034143	.027769	.022284	.017634	.013755	.010572	.008003	.005967	.004380	.003165	43.5
44.0	.045492	.037766	.030966	.025063	.020013	.015758	.012230	.009352	.007045	.005226	.003818	44.0
44.5	.049715	.041575	.034356	.028038	.022583	.017944	.014059	.010856	.008261	.006192	.004571	44.5
45.0	.054104	.045564	.037935	.031204	.025344	.020315	.016062	.012522	.009622	.007285	.005434	45.0
45.5	.058650	.049723	.041694	.034557	.028294	.022871	.018244	.014354	.011135	.008514	.006415	45.5
46.0	.063341	.054044	.045627	.038092	.031429	.025613	.020606	.016357	.012807	.009886	.007522	46.0
46.5	.068167	.058515	.049724	.041802	.034746	.028538	.023148	.018534	.014641	.011408	.008764	46.5
47.0	.073115	.063127	.053977	.045680	.038238	.031642	.025870	.020886	.016643	.013085	.010146	47.0
47.5	.078176	.067869	.058377	.049718	.041901	.034923	.028770	.023414	.018814	.014921	.011675	47.5
48.0	.083337	.072731	.062912	.053906	.045725	.038374	.031845	.026116	.021156	.016921	.013356	48.0
48.5	.088590	.077701	.067574	.058235	.049704	.041990	.035090	.028992	.023669	.019086	.015193	48.5
49.0	.093922	.082770	.072352	.062697	.053829	.045762	.038501	.032037	.026352	.021417	.017190	49.0
49.5	.099324	.087927	.077235	.067281	.058092	.049685	.042070	.035247	.029203	.023915	.019348	49.5
50.0	.104787	.093162	.082214	.071978	.062482	.053749	.045792	.038618	.032218	.026578	.021668	50.0
A	Número de dispositivos n											A
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	

n = 50 - 60
A = 50 - 100

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
50	.104787	.093162	.082214	.071978	.062482	.053749	.045792	.038618	.032218	.026578	.021668	50
51	.115859	.103829	.092421	.081670	.071610	.062267	.053664	.045816	.038726	.032391	.026794	51
52	.127069	.114700	.102898	.091699	.081138	.071247	.062052	.053576	.045832	.038826	.032554	52
53	.138359	.125710	.113575	.101992	.090994	.080616	.070889	.061838	.053485	.045843	.038919	53
54	.149677	.136801	.124391	.112482	.101109	.090306	.080105	.070536	.061625	.053391	.045849	54
55	.160978	.147923	.135290	.123111	.111420	.100250	.089635	.079605	.070189	.061412	.053294	55
56	.172224	.159034	.146224	.133825	.121868	.110387	.099413	.088978	.079114	.069846	.061200	56
57	.183385	.170097	.157151	.144577	.132403	.120661	.109382	.098597	.088337	.078632	.069508	57
58	.194435	.181081	.168036	.155326	.142978	.131022	.119487	.108403	.097801	.087711	.078160	58
59	.205352	.191961	.178848	.166038	.153555	.141427	.129680	.118345	.107450	.097025	.087098	59
60	.216119	.202715	.189563	.176684	.164100	.151836	.139920	.128376	.117234	.106521	.096267	60
61	.226723	.213328	.200160	.187238	.174584	.162219	.150168	.138455	.127108	.116152	.105616	61
62	.237153	.223786	.210623	.197682	.184983	.172546	.160393	.148547	.137032	.125874	.115099	62
63	.247402	.234077	.220937	.207998	.195278	.182794	.170567	.158619	.146971	.135647	.124672	63
64	.257465	.244195	.231093	.218174	.205451	.192943	.180668	.168645	.156894	.145438	.134300	64
65	.267337	.254134	.241083	.228197	.215491	.202978	.190676	.178603	.166777	.155218	.143947	65
66	.277016	.263889	.250901	.238062	.225385	.212885	.200576	.188473	.176595	.164960	.153587	66
67	.286502	.273459	.260542	.247761	.235127	.222653	.210353	.198241	.186332	.174643	.163193	67
68	.295794	.282842	.270004	.257290	.244710	.232275	.219998	.207892	.195971	.184249	.172744	68
69	.304894	.292037	.279285	.266646	.254129	.241744	.229503	.217417	.205499	.193762	.182222	69
70	.313803	.301046	.288385	.275827	.263381	.251055	.238860	.226806	.214905	.203170	.191613	70
71	.322523	.309870	.297305	.284834	.272465	.260206	.248066	.236055	.224183	.212462	.200903	71
72	.331058	.318511	.306045	.293665	.281379	.269193	.257116	.245157	.233324	.221629	.210083	72
73	.339410	.326972	.314608	.302323	.290123	.278016	.266009	.254109	.242325	.230666	.219143	73
74	.347582	.335254	.322995	.310807	.298699	.286675	.274743	.262908	.251180	.239567	.228077	74
75	.355579	.343362	.331208	.319122	.307107	.295170	.283317	.271554	.259888	.248328	.236880	75
76	.363404	.351299	.339252	.327268	.315349	.303503	.291733	.280046	.268448	.256946	.245548	76
77	.371060	.359068	.347129	.335248	.323428	.311673	.299990	.288383	.276857	.265420	.254078	77
78	.378552	.366673	.354842	.343065	.331345	.319685	.308090	.296566	.285117	.273749	.262468	78
79	.385884	.374117	.362395	.350723	.339103	.327539	.316035	.304596	.293227	.281932	.270717	79
80	.393059	.381404	.369791	.358224	.346705	.335238	.323827	.312476	.301188	.289970	.278825	80
81	.400082	.388538	.377033	.365571	.354154	.342785	.331468	.320206	.309003	.297863	.286792	81
82	.406956	.395522	.384126	.372769	.361453	.350183	.338960	.327788	.316671	.305613	.294618	82
83	.413685	.402361	.391072	.379820	.368606	.357434	.346306	.335226	.324196	.313221	.302304	83
84	.420273	.409058	.397876	.386727	.375615	.364541	.353509	.342521	.331580	.320689	.309852	84
85	.426724	.415617	.404540	.393495	.382484	.371508	.360572	.349676	.338824	.328018	.317263	85
86	.433041	.422041	.411069	.400126	.389215	.378338	.367497	.356693	.345931	.335212	.324539	86
87	.439229	.428334	.417465	.406624	.395813	.385033	.374287	.363576	.352903	.342271	.331682	87
88	.445290	.434499	.423733	.412993	.402280	.391597	.380946	.370327	.359744	.349199	.338694	88
89	.451227	.440539	.429875	.419234	.408620	.398033	.387476	.376949	.366456	.355998	.345577	89
90	.457045	.446459	.435894	.425353	.414835	.404344	.393880	.383445	.373041	.362670	.352334	90
91	.462746	.452260	.441795	.431351	.420930	.410533	.400162	.389818	.379503	.369218	.358967	91
92	.468334	.457947	.447579	.437232	.426906	.416602	.406323	.396070	.385843	.375645	.365478	92
93	.473812	.463522	.453251	.442998	.432766	.422556	.412368	.402204	.392065	.381953	.371870	93
94	.479182	.468989	.458812	.448654	.438514	.428395	.418298	.408222	.398171	.388145	.378146	94
95	.484448	.474349	.464266	.454201	.444153	.434125	.424116	.414129	.404164	.394223	.384307	95
96	.489612	.479606	.469616	.459642	.449685	.439746	.429826	.419926	.410047	.400190	.390357	96
97	.494677	.484764	.474865	.464981	.455113	.445262	.435430	.425616	.415821	.406048	.396297	97
98	.499646	.489823	.480014	.470219	.460440	.450676	.440930	.431201	.421491	.411800	.402131	98
99	.504521	.494787	.485067	.475360	.465667	.455990	.446328	.436684	.427057	.417449	.407860	99
100	.509305	.499659	.490026	.480405	.470798	.461206	.451629	.442067	.432523	.422996	.413487	100
A	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	A
Número de dispositivos n												A

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	
25.0												25.0
25.5												25.5
26.0												26.0
26.5												26.5
27.0												27.0
27.5												27.5
28.0												28.0
28.5												28.5
29.0												29.0
29.5												29.5
30.0												30.0
30.5	.000001											30.5
31.0	.000001	.000001										31.0
31.5	.000002	.000001	.000001									31.5
32.0	.000003	.000002	.000001									32.0
32.5	.000005	.000003	.000001	.000001								32.5
33.0	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001							33.0
33.5	.000011	.000006	.000003	.000002	.000001							33.5
34.0	.000016	.000009	.000005	.000003	.000001	.000001						34.0
34.5	.000023	.000013	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001					34.5
35.0	.000033	.000019	.000011	.000006	.000003	.000002	.000001					35.0
35.5	.000047	.000028	.000016	.000009	.000005	.000003	.000001	.000001				35.5
36.0	.000067	.000039	.000023	.000013	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001			36.0
36.5	.000092	.000055	.000033	.000019	.000011	.000006	.000003	.000002	.000001	.000001		36.5
37.0	.000127	.000077	.000046	.000027	.000016	.000009	.000005	.000003	.000001	.000001		37.0
37.5	.000172	.000106	.000064	.000038	.000022	.000013	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001	37.5
38.0	.000231	.000144	.000088	.000053	.000032	.000018	.000011	.000006	.000003	.000002	.000001	38.0
38.5	.000307	.000194	.000120	.000074	.000044	.000026	.000015	.000009	.000005	.000003	.000002	38.5
39.0	.000404	.000258	.000162	.000101	.000061	.000037	.000022	.000013	.000007	.000004	.000002	39.0
39.5	.000527	.000341	.000217	.000136	.000084	.000051	.000031	.000018	.000010	.000006	.000003	39.5
40.0	.000679	.000445	.000287	.000182	.000114	.000070	.000042	.000025	.000015	.000009	.000005	40.0
40.5	.000869	.000576	.000376	.000242	.000153	.000095	.000059	.000035	.000021	.000012	.000007	40.5
41.0	.001101	.000739	.000489	.000318	.000204	.000128	.000080	.000049	.000029	.000017	.000010	41.0
41.5	.001382	.000940	.000629	.000414	.000268	.000171	.000108	.000067	.000041	.000024	.000015	41.5
42.0	.001722	.001184	.000801	.000534	.000350	.000226	.000144	.000090	.000056	.000034	.000020	42.0
42.5	.002126	.001479	.001013	.000683	.000453	.000296	.000191	.000121	.000076	.000047	.000028	42.5
43.0	.002604	.001833	.001269	.000866	.000581	.000384	.000250	.000161	.000102	.000063	.000039	43.0
43.5	.003165	.002252	.001578	.001088	.000739	.000494	.000326	.000211	.000135	.000085	.000053	43.5
44.0	.003818	.002746	.001945	.001357	.000932	.000630	.000420	.000276	.000178	.000114	.000072	44.0
44.5	.004571	.003324	.002380	.001678	.001166	.000797	.000537	.000357	.000233	.000151	.000096	44.5
45.0	.005434	.003993	.002890	.002060	.001446	.001000	.000681	.000458	.000303	.000197	.000127	45.0
45.5	.006415	.004762	.003483	.002509	.001781	.001245	.000857	.000582	.000389	.000257	.000167	45.5
46.0	.007522	.005641	.004168	.003034	.002176	.001537	.001070	.000734	.000497	.000331	.000217	46.0
46.5	.008764	.006636	.004952	.003642	.002639	.001884	.001326	.000919	.000628	.000423	.000281	46.5
47.0	.010146	.007756	.005846	.004342	.003179	.002293	.001630	.001142	.000789	.000537	.000360	47.0
47.5	.011675	.009009	.006855	.005142	.003802	.002770	.001990	.001409	.000983	.000676	.000459	47.5
48.0	.013356	.010400	.007987	.006049	.004516	.003324	.002412	.001725	.001216	.000845	.000579	48.0
48.5	.015193	.011936	.009250	.007071	.005330	.003961	.002902	.002097	.001493	.001048	.000726	48.5
49.0	.017190	.013620	.010650	.008215	.006250	.004690	.003470	.002531	.001821	.001291	.000903	49.0
49.5	.019348	.015458	.012191	.009488	.007285	.005517	.004121	.003035	.002205	.001579	.001115	49.5
50.0	.021668	.017451	.013878	.010894	.008439	.006450	.004863	.003616	.002652	.001918	.001368	50.0
A	Número de dispositivos n											A
	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	

n = 60 - 70
A = 50 - 100

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	
50	.021668	.017451	.013878	.010894	.008439	.006450	.004863	.003616	.002652	.001918	.001368	50
51	.026794	.021911	.017705	.014130	.011134	.008660	.006648	.005035	.003762	.002773	.002016	51
52	.032554	.027002	.022145	.017950	.014375	.011369	.008878	.006843	.005206	.003908	.002895	52
53	.038919	.032709	.027200	.022371	.018189	.014614	.011599	.009092	.007037	.005376	.004054	53
54	.045849	.039004	.032855	.027390	.022589	.018420	.014847	.011825	.009303	.007228	.005545	54
55	.053294	.045849	.039083	.032994	.027573	.022799	.018645	.015075	.012046	.009510	.007417	55
56	.061200	.053195	.045844	.039155	.033126	.027747	.023002	.018863	.015296	.012262	.009714	56
57	.069508	.060989	.053094	.045835	.039221	.033250	.027914	.023197	.019074	.015512	.012474	57
58	.078160	.069175	.060779	.052990	.045822	.039281	.033368	.028075	.023386	.019279	.015723	58
59	.087098	.077697	.068847	.060570	.052885	.045805	.039336	.033479	.028228	.023568	.019478	59
60	.096267	.086498	.077242	.068523	.060363	.052779	.045784	.039386	.033585	.028376	.023744	60
61	.105616	.095527	.085912	.076796	.068204	.060156	.052671	.045760	.039430	.033685	.028517	61
62	.115099	.104733	.094804	.085337	.076358	.067889	.059951	.052561	.045732	.039471	.033779	62
63	.124672	.114072	.103872	.094098	.084775	.075928	.067579	.059748	.052451	.045701	.039506	63
64	.134300	.123503	.113071	.103031	.093407	.084224	.075505	.067273	.059545	.052340	.045668	64
65	.143947	.132988	.122363	.112096	.102211	.092732	.083685	.075090	.066971	.059344	.052227	65
66	.153587	.142496	.131711	.121252	.111143	.101409	.092072	.083156	.074682	.066673	.059145	66
67	.163193	.151999	.141083	.130466	.120169	.110214	.100626	.091426	.082637	.074282	.066379	67
68	.172744	.161473	.150454	.139707	.129253	.119112	.109307	.099860	.090794	.082129	.073888	68
69	.182222	.170895	.159798	.148948	.138366	.128070	.118081	.108421	.099112	.090174	.081630	69
70	.191613	.180250	.169096	.158167	.147482	.137058	.126915	.117074	.107555	.098380	.089568	70
71	.200903	.189521	.178329	.167342	.156578	.146052	.135782	.125789	.116091	.106709	.097663	71
72	.210083	.198696	.187483	.176458	.165634	.155028	.144657	.134538	.124690	.115131	.105882	72
73	.219143	.207766	.196547	.185498	.174634	.163969	.153518	.143297	.133324	.123616	.114193	73
74	.228077	.216720	.205508	.194452	.183563	.172856	.162345	.152044	.141969	.132138	.122567	74
75	.236880	.225554	.214360	.203308	.192410	.181677	.171123	.160761	.150606	.140673	.130980	75
76	.245548	.234261	.223095	.212059	.201163	.190419	.179837	.169431	.159215	.149202	.139408	76
77	.254078	.242838	.231708	.220698	.209815	.199071	.188476	.178042	.167781	.157706	.147831	77
78	.262468	.251281	.240195	.229219	.218359	.207627	.197030	.186581	.176290	.166169	.156232	78
79	.270717	.259589	.248553	.237618	.226790	.216078	.205491	.195038	.184731	.174579	.164596	79
80	.278825	.267760	.256780	.245892	.235103	.224420	.213851	.203406	.193094	.182924	.172909	80
81	.286792	.275794	.264874	.254039	.243294	.232648	.222106	.211677	.201371	.191195	.181160	81
82	.294618	.283690	.272835	.262057	.251363	.240758	.230251	.219847	.209554	.199382	.189340	82
83	.302304	.291449	.280662	.269945	.259306	.248749	.238282	.227909	.217640	.207480	.197440	83
84	.309852	.299073	.288355	.277704	.267123	.256619	.246197	.235862	.225622	.215484	.205454	84
85	.317263	.306561	.295916	.285332	.274814	.264366	.253994	.243703	.233498	.223387	.213376	85
86	.324539	.313916	.303345	.292832	.282379	.271991	.261672	.251429	.241265	.231187	.221202	86
87	.331682	.321138	.310644	.300202	.289817	.279492	.269231	.259039	.248921	.238882	.228928	87
88	.338694	.328231	.317814	.307446	.297130	.286870	.276669	.266532	.256464	.246468	.236551	88
89	.345577	.335196	.324857	.314564	.304319	.294126	.283988	.273909	.263893	.253945	.244070	89
90	.352334	.342035	.331775	.321557	.311385	.301260	.291187	.281169	.271209	.261311	.251481	90
91	.358967	.348750	.338569	.328428	.318329	.308275	.298268	.288312	.278411	.268567	.258785	91
92	.365478	.355343	.345243	.335179	.325154	.315171	.305232	.295340	.285499	.275711	.265981	92
93	.371870	.361817	.351797	.341810	.331860	.321949	.312079	.302253	.292474	.282745	.273069	93
94	.378146	.368175	.358234	.348325	.338451	.328612	.318812	.309053	.299337	.289668	.280049	94
95	.384307	.374418	.364557	.354726	.344926	.335161	.325431	.315740	.306089	.296482	.286920	95
96	.390357	.380549	.370767	.361014	.351290	.341598	.331939	.322316	.312731	.303186	.293685	96
97	.396297	.386570	.376867	.367191	.357543	.347924	.338337	.328783	.319264	.309784	.300343	97
98	.402131	.392484	.382860	.373261	.363688	.354142	.344627	.335142	.325691	.316274	.306896	98
99	.407860	.398292	.388747	.379224	.369726	.360255	.350810	.341395	.332011	.322660	.313344	99
100	.413487	.403998	.394530	.385084	.375661	.366262	.356890	.347544	.338228	.328943	.319690	100
A	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	A
Número de dispositivos n												A

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
25.0												25.0
25.5												25.5
26.0												26.0
26.5												26.5
27.0												27.0
27.5												27.5
28.0												28.0
28.5												28.5
29.0												29.0
29.5												29.5
30.0												30.0
30.5												30.5
31.0												31.0
31.5												31.5
32.0												32.0
32.5												32.5
33.0												33.0
33.5												33.5
34.0												34.0
34.5												34.5
35.0												35.0
35.5												35.5
36.0												36.0
36.5												36.5
37.0												37.0
37.5	.000001											37.5
38.0	.000001	.000001										38.0
38.5	.000002	.000001										38.5
39.0	.000002	.000001	.000001									39.0
39.5	.000003	.000002	.000001	.000001								39.5
40.0	.000005	.000003	.000002	.000001								40.0
40.5	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001							40.5
41.0	.000010	.000006	.000003	.000002	.000001	.000001						41.0
41.5	.000015	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001						41.5
42.0	.000020	.000012	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001					42.0
42.5	.000028	.000017	.000010	.000006	.000003	.000002	.000001	.000001				42.5
43.0	.000039	.000024	.000014	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001				43.0
43.5	.000053	.000032	.000020	.000012	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001			43.5
44.0	.000072	.000044	.000027	.000016	.000010	.000006	.000003	.000002	.000001	.000001		44.0
44.5	.000096	.000060	.000037	.000023	.000014	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001		44.5
45.0	.000127	.000080	.000050	.000031	.000019	.000011	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001	45.0
45.5	.000167	.000107	.000068	.000042	.000026	.000016	.000009	.000006	.000003	.000002	.000001	45.5
46.0	.000217	.000141	.000090	.000057	.000035	.000022	.000013	.000008	.000005	.000003	.000002	46.0
46.5	.000281	.000184	.000119	.000076	.000048	.000029	.000018	.000011	.000006	.000004	.000002	46.5
47.0	.000360	.000239	.000156	.000100	.000064	.000040	.000025	.000015	.000009	.000005	.000003	47.0
47.5	.000459	.000307	.000202	.000132	.000084	.000054	.000033	.000021	.000013	.000008	.000004	47.5
48.0	.000579	.000391	.000261	.000172	.000111	.000071	.000045	.000028	.000017	.000010	.000006	48.0
48.5	.000726	.000496	.000334	.000222	.000145	.000094	.000060	.000038	.000023	.000014	.000009	48.5
49.0	.000903	.000623	.000424	.000284	.000188	.000123	.000079	.000050	.000032	.000020	.000012	49.0
49.5	.001115	.000777	.000534	.000362	.000242	.000160	.000104	.000067	.000042	.000027	.000016	49.5
50.0	.001368	.000962	.000668	.000457	.000309	.000206	.000135	.000088	.000056	.000036	.000022	50.0
A	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	A
Número de dispositivos n												

n = 70 - 80
A = 50 - 100

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
50	.001368	.000962	.000668	.000457	.000309	.000206	.000135	.000088	.000056	.000036	.000022	50
51	.002016	.001446	.001023	.000714	.000492	.000335	.000224	.000149	.000097	.000063	.000040	51
52	.002895	.002116	.001526	.001086	.000762	.000528	.000361	.000244	.000163	.000107	.000070	52
53	.004054	.003017	.002216	.001606	.001149	.000811	.000566	.000389	.000264	.000177	.000117	53
54	.005545	.004200	.003140	.002317	.001688	.001214	.000862	.000604	.000418	.000286	.000193	54
55	.007417	.005713	.004345	.003263	.002419	.001771	.001280	.000913	.000644	.000448	.000308	55
56	.009714	.007604	.005879	.004490	.003386	.002522	.001855	.001347	.000966	.000684	.000479	56
57	.012474	.009915	.007788	.006044	.004634	.003510	.002625	.001940	.001415	.001020	.000726	57
58	.015723	.012681	.010112	.007970	.006208	.004778	.003633	.002729	.002025	.001485	.001075	58
59	.019478	.015928	.012884	.010306	.008150	.006370	.004921	.003757	.002833	.002112	.001555	59
60	.023744	.019671	.016128	.013083	.010496	.008327	.006531	.005063	.003880	.002938	.002199	60
61	.028517	.023914	.019858	.016323	.013277	.010683	.008502	.006690	.005205	.004003	.003043	61
62	.033779	.028652	.024078	.020040	.016513	.013467	.010867	.008674	.006848	.005345	.004126	62
63	.039506	.033868	.028781	.024237	.020217	.016698	.013653	.011047	.008844	.007003	.005485	63
64	.045668	.039538	.033952	.028905	.024390	.020388	.016879	.013835	.011225	.009011	.007158	64
65	.052227	.045632	.039566	.034031	.029024	.024537	.020554	.017055	.014013	.011399	.009176	65
66	.059145	.052114	.045593	.039590	.034105	.029138	.024680	.020716	.017227	.014188	.011570	66
67	.066379	.058947	.052001	.045553	.039610	.034176	.029247	.024817	.020873	.017394	.014358	67
68	.073888	.066089	.058750	.051887	.045510	.039627	.034242	.029352	.024950	.021025	.017557	68
69	.081630	.073500	.065803	.058555	.051772	.045465	.039641	.034304	.029452	.025079	.021172	69
70	.089568	.081141	.073119	.065520	.058361	.051657	.045418	.039652	.034362	.029548	.025203	70
71	.097663	.088974	.080661	.072744	.065242	.058169	.051542	.045369	.039660	.034417	.029640	71
72	.105882	.096962	.088392	.080190	.072376	.064967	.057979	.051426	.045319	.039665	.034468	72
73	.114193	.105073	.096276	.087821	.079727	.072013	.064695	.057790	.051310	.045267	.039668	73
74	.122567	.113276	.104282	.095604	.087261	.079273	.071656	.064427	.057602	.051194	.045214	74
75	.130980	.121543	.112379	.103507	.094946	.086713	.078826	.071304	.064163	.057416	.051078	75
76	.139408	.129849	.120541	.111502	.102749	.094300	.086174	.078388	.070958	.063901	.057232	76
77	.147831	.138172	.128743	.119561	.110643	.102007	.093668	.085646	.077957	.070617	.063644	77
78	.156232	.146492	.136964	.127662	.118603	.109803	.101279	.093048	.085127	.077533	.070282	78
79	.164596	.154793	.145184	.135783	.126605	.117666	.108981	.100567	.092441	.084618	.077117	79
80	.172909	.163059	.153386	.143905	.134628	.125571	.116748	.108176	.099869	.091845	.084119	80
81	.181160	.171277	.161557	.152012	.142655	.133499	.124559	.115850	.107387	.099185	.091260	81
82	.189340	.179436	.169682	.160088	.150668	.141432	.132394	.123569	.114971	.106614	.098514	82
83	.197440	.187527	.177751	.168123	.158653	.149353	.140236	.131313	.122600	.114109	.105856	83
84	.205454	.195542	.185755	.176104	.166599	.157249	.148067	.139065	.130255	.121651	.113265	84
85	.213376	.203473	.193686	.184023	.174494	.165108	.155876	.146809	.137919	.129219	.120721	85
86	.221202	.211316	.201536	.191871	.182329	.172918	.163649	.154532	.145578	.136798	.128204	86
87	.228928	.219066	.209301	.199642	.190096	.180671	.171377	.162222	.153217	.144372	.135699	87
88	.236551	.226719	.216976	.207331	.197790	.188360	.179050	.169869	.160825	.151929	.143192	88
89	.244070	.234272	.224557	.214932	.205403	.195977	.186660	.177463	.168392	.159457	.150668	89
90	.251481	.241723	.232041	.222442	.212932	.203516	.194202	.184997	.175909	.166946	.158118	90
91	.258785	.249070	.239426	.229859	.220373	.210974	.201669	.192465	.183369	.174387	.165530	91
92	.265981	.256313	.246711	.237179	.227722	.218347	.209057	.199861	.190764	.181774	.172897	92
93	.273069	.263451	.253893	.244401	.234978	.225630	.216363	.207180	.198090	.189098	.180211	93
94	.280049	.270482	.260973	.251523	.242139	.232823	.223582	.214419	.205342	.196355	.187466	94
95	.286920	.277408	.267949	.258546	.249202	.239923	.230712	.221575	.212516	.203541	.194655	95
96	.293685	.284229	.274822	.265467	.256168	.246929	.237753	.228644	.219609	.210651	.201776	96
97	.300343	.290945	.281592	.272288	.263036	.253839	.244701	.235626	.226618	.217682	.208823	97
98	.306896	.297557	.288260	.279009	.269805	.260653	.251556	.242518	.233541	.224631	.215793	98
99	.313344	.304065	.294826	.285629	.276477	.267372	.258318	.249319	.240377	.231498	.222684	99
100	.319690	.310472	.301291	.292149	.283050	.273994	.264986	.256029	.247125	.238279	.229494	100
A	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	A
Número de dispositivos n												

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
100	.319690	.310472	.301291	.292149	.283050	.273994	.264986	.256029	.247125	.238279	.229494	100
101	.325934	.316778	.307656	.298571	.289525	.280520	.271560	.262647	.253784	.244974	.236221	101
102	.332078	.322984	.313922	.304895	.295904	.286951	.278040	.269173	.260353	.251582	.242864	102
103	.338124	.329092	.320091	.311122	.302186	.293288	.284427	.275608	.266832	.258102	.249422	103
104	.344072	.335103	.326163	.317253	.308374	.299530	.290721	.281951	.273221	.264535	.255894	104
105	.349925	.341019	.332140	.323289	.314468	.305678	.296923	.288203	.279521	.270879	.262281	105
106	.355685	.346842	.338024	.329232	.320469	.311735	.303033	.294365	.285732	.277136	.268581	106
107	.361352	.352572	.343815	.335083	.326378	.317701	.309053	.300437	.291854	.283306	.274796	107
108	.366928	.358211	.349516	.340844	.332197	.323577	.314984	.306420	.297888	.289389	.280925	108
109	.372416	.363762	.355128	.346516	.337928	.329364	.320826	.312316	.303835	.295386	.286969	109
110	.377817	.369225	.360652	.352100	.343570	.335063	.326581	.318125	.309696	.301297	.292928	110
111	.383132	.374602	.366090	.357598	.349127	.340677	.332251	.323849	.315472	.307124	.298804	111
112	.388364	.379895	.371444	.363011	.354598	.346206	.337835	.329488	.321164	.312867	.304596	112
113	.393513	.385106	.376715	.368341	.359987	.351651	.343336	.335043	.326773	.318527	.310307	113
114	.398582	.390235	.381904	.373590	.365293	.357015	.348756	.340517	.332300	.324106	.315936	114
115	.403571	.395285	.387014	.378758	.370519	.362298	.354094	.345910	.337746	.329604	.321485	115
116	.408484	.400257	.392045	.383848	.375666	.367501	.359353	.351224	.343113	.335023	.326955	116
117	.413320	.405153	.397000	.388860	.380736	.372627	.364534	.356459	.348402	.340364	.332346	117
118	.418082	.409974	.401879	.393797	.385729	.377676	.369639	.361618	.353614	.345628	.337661	118
119	.422771	.414721	.406684	.398659	.390648	.382650	.374668	.366701	.358750	.350816	.342900	119
120	.427389	.419397	.411417	.403449	.395493	.387551	.379623	.371709	.363811	.355929	.348064	120
121	.431937	.424002	.416079	.408166	.400267	.392379	.384505	.376645	.368800	.360969	.353155	121
122	.436416	.428538	.420671	.412814	.404969	.397136	.389316	.381509	.373716	.365937	.358174	122
123	.440828	.433006	.425195	.417393	.409603	.401824	.394057	.386303	.378561	.370834	.363121	123
124	.445174	.437408	.429651	.421905	.414169	.406443	.398729	.391027	.383338	.375661	.367999	124
125	.449456	.441745	.434043	.426350	.418668	.410995	.403334	.395684	.388046	.380420	.372807	125
126	.453675	.446018	.438370	.430731	.423101	.415482	.407872	.400274	.392686	.385111	.377548	126
127	.457832	.450229	.442634	.435048	.427471	.419903	.412346	.404798	.397262	.389736	.382223	127
128	.461928	.454378	.446836	.439303	.431778	.424262	.416755	.409259	.401772	.394296	.386832	128
129	.465965	.458468	.450978	.443497	.436023	.428558	.421102	.413656	.406219	.398793	.391377	129
130	.469944	.462499	.455061	.447630	.440208	.432794	.425388	.417991	.410604	.403226	.395859	130
131	.473866	.466472	.459085	.451706	.444334	.436969	.429614	.422266	.414928	.407599	.400279	131
132	.477731	.470389	.463052	.455723	.448401	.441087	.433780	.426481	.419191	.411910	.404639	132
133	.481542	.474250	.466964	.459684	.452412	.445146	.437888	.430638	.423396	.416163	.408938	133
134	.485300	.478057	.470820	.463590	.456366	.449149	.441940	.434738	.427543	.420357	.413179	134
135	.489005	.481811	.474623	.467441	.460266	.453097	.445935	.438781	.431634	.424494	.417363	135
136	.492658	.485513	.478373	.471240	.464112	.456991	.449876	.442769	.435668	.428575	.421490	136
137	.496260	.489163	.482072	.474986	.467905	.460831	.453764	.446702	.439648	.432601	.425561	137
138	.499813	.492764	.485720	.478680	.471647	.464620	.457598	.450583	.443574	.436573	.429578	138
139	.503318	.496315	.489318	.482325	.475338	.468357	.461381	.454411	.447448	.440491	.433541	139
140	.506775	.499819	.492867	.485920	.478979	.472043	.465113	.458188	.451270	.444358	.437452	140
141	.510185	.503274	.496369	.489468	.482571	.475681	.468795	.461915	.455041	.448173	.441311	141
142	.513549	.506684	.499823	.492967	.486116	.479270	.472428	.465593	.458762	.451938	.445120	142
143	.516869	.510048	.503232	.496420	.489613	.482811	.476014	.469222	.462435	.455654	.448878	143
144	.520144	.513368	.506596	.499828	.493065	.486306	.479552	.472803	.466059	.459321	.452588	144
145	.523376	.516644	.509915	.503191	.496471	.489755	.483044	.476338	.469637	.462941	.456250	145
146	.526566	.519876	.513191	.506510	.499832	.493159	.486491	.479827	.473168	.466514	.459865	146
147	.529714	.523067	.516424	.509785	.503150	.496520	.489893	.483271	.476654	.470041	.463433	147
148	.532821	.526217	.519616	.513019	.506426	.499837	.493252	.486671	.480095	.473523	.466956	148
149	.535888	.529325	.522766	.516211	.509659	.503111	.496567	.490027	.483492	.476961	.470434	149
150	.538916	.532394	.525876	.519362	.512851	.506344	.499841	.493341	.486846	.480355	.473869	150
A	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	A
Número de dispositivos n												

n = 80 - 90

A = 45.0 - 50.0

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
45.0	.000001											45.0
45.1	.000001											45.1
45.2	.000001											45.2
45.3	.000001	.000001										45.3
45.4	.000001	.000001										45.4
45.5	.000001	.000001										45.5
45.6	.000001	.000001										45.6
45.7	.000001	.000001										45.7
45.8	.000001	.000001										45.8
45.9	.000001	.000001										45.9
46.0	.000002	.000001										46.0
46.1	.000002	.000001	.000001									46.1
46.2	.000002	.000001	.000001									46.2
46.3	.000002	.000001	.000001									46.3
46.4	.000002	.000001	.000001									46.4
46.5	.000002	.000001	.000001									46.5
46.6	.000002	.000001	.000001									46.6
46.7	.000003	.000001	.000001									46.7
46.8	.000003	.000002	.000001	.000001								46.8
46.9	.000003	.000002	.000001	.000001								46.9
47.0	.000003	.000002	.000001	.000001								47.0
47.1	.000003	.000002	.000001	.000001								47.1
47.2	.000004	.000002	.000001	.000001								47.2
47.3	.000004	.000002	.000001	.000001								47.3
47.4	.000004	.000002	.000001	.000001								47.4
47.5	.000004	.000003	.000002	.000001								47.5
47.6	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001							47.6
47.7	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001							47.7
47.8	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001							47.8
47.9	.000006	.000003	.000002	.000001	.000001							47.9
48.0	.000006	.000004	.000002	.000001	.000001							48.0
48.1	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001							48.1
48.2	.000007	.000004	.000003	.000001	.000001							48.2
48.3	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001						48.3
48.4	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001						48.4
48.5	.000009	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001						48.5
48.6	.000009	.000006	.000003	.000002	.000001	.000001						48.6
48.7	.000010	.000006	.000004	.000002	.000001	.000001						48.7
48.8	.000011	.000006	.000004	.000002	.000001	.000001						48.8
48.9	.000011	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001						48.9
49.0	.000012	.000007	.000004	.000003	.000001	.000001						49.0
49.1	.000013	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001					49.1
49.2	.000014	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001					49.2
49.3	.000015	.000009	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001					49.3
49.4	.000015	.000009	.000006	.000003	.000002	.000001	.000001					49.4
49.5	.000016	.000010	.000006	.000004	.000002	.000001	.000001					49.5
49.6	.000017	.000011	.000006	.000004	.000002	.000001	.000001					49.6
49.7	.000019	.000011	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001					49.7
49.8	.000020	.000012	.000007	.000004	.000003	.000002	.000001	.000001				49.8
49.9	.000021	.000013	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001				49.9
50.0	.000022	.000014	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001				50.0
A	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	A

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
50	.000022	.000014	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001				50
51	.000040	.000025	.000016	.000010	.000006	.000004	.000002	.000001	.000001			51
52	.000070	.000045	.000028	.000018	.000011	.000007	.000004	.000002	.000001	.000001		52
53	.000117	.000077	.000050	.000032	.000020	.000012	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001	53
54	.000193	.000128	.000085	.000055	.000035	.000022	.000014	.000009	.000005	.000003	.000002	54
55	.000308	.000209	.000140	.000093	.000061	.000039	.000025	.000016	.000010	.000006	.000004	55
56	.000479	.000331	.000226	.000152	.000102	.000067	.000044	.000028	.000018	.000011	.000007	56
57	.000726	.000511	.000355	.000244	.000165	.000111	.000073	.000048	.000031	.000020	.000013	57
58	.001075	.000769	.000544	.000380	.000262	.000179	.000121	.000080	.000053	.000035	.000022	58
59	.001555	.001131	.000813	.000578	.000406	.000282	.000193	.000131	.000088	.000058	.000038	59
60	.002199	.001626	.001188	.000858	.000613	.000432	.000302	.000208	.000142	.000096	.000064	60
61	.003043	.002286	.001698	.001246	.000904	.000648	.000460	.000322	.000223	.000153	.000104	61
62	.004126	.003148	.002374	.001771	.001305	.000951	.000685	.000488	.000344	.000239	.000165	62
63	.005485	.004248	.003253	.002463	.001844	.001365	.000999	.000723	.000517	.000366	.000256	63
64	.007158	.005624	.004370	.003358	.002552	.001918	.001425	.001047	.000761	.000547	.000389	64
65	.009176	.007310	.005761	.004491	.003463	.002642	.001993	.001486	.001097	.000800	.000578	65
66	.011570	.009339	.007461	.005898	.004612	.003569	.002731	.002068	.001548	.001147	.000840	66
67	.014358	.011737	.009499	.007610	.006033	.004733	.003674	.002821	.002143	.001611	.001198	67
68	.017557	.014525	.011902	.009657	.007757	.006167	.004853	.003779	.002911	.002219	.001674	68
69	.021172	.017716	.014689	.012064	.009812	.007902	.006300	.004972	.003883	.003002	.002296	69
70	.025203	.021316	.017871	.014848	.012222	.009965	.008046	.006432	.005090	.003988	.003092	70
71	.029640	.025322	.021455	.018022	.015005	.012378	.010116	.008188	.006563	.005208	.004092	71
72	.034468	.029727	.025438	.021590	.018170	.015158	.012531	.010264	.008328	.006692	.005325	72
73	.039668	.034516	.029812	.025550	.021722	.018313	.015307	.012681	.010410	.008466	.006820	73
74	.045214	.039668	.034561	.029892	.025658	.021849	.018454	.015454	.012828	.010554	.008603	74
75	.051078	.045159	.039666	.034602	.029969	.025762	.021973	.018590	.015597	.012973	.010695	75
76	.057232	.050963	.045103	.039661	.034641	.030043	.025863	.022094	.018723	.015737	.013115	76
77	.063644	.057049	.050847	.045046	.039655	.034677	.030113	.025960	.022210	.018853	.015874	77
78	.070282	.063389	.056868	.050731	.044988	.039646	.034710	.030180	.026054	.022324	.018980	78
79	.077117	.069951	.063137	.056688	.050615	.044929	.039636	.034741	.030245	.026144	.022434	79
80	.084119	.076707	.069626	.062889	.056510	.050500	.044869	.039624	.034769	.030306	.026232	80
81	.091260	.083628	.076305	.069305	.062643	.056333	.050384	.044808	.039610	.034795	.030365	81
82	.098514	.090686	.083146	.075908	.068989	.062401	.056157	.050269	.044746	.039594	.034819	82
83	.105856	.097856	.090122	.082672	.075519	.068677	.062162	.055983	.050154	.044683	.039577	83
84	.113265	.105114	.097210	.089569	.082206	.075135	.068370	.061925	.055811	.050040	.044620	84
85	.120721	.112438	.104386	.096577	.089026	.081749	.074758	.068068	.061691	.055640	.049926	85
86	.128204	.119810	.111628	.103672	.095955	.088493	.081299	.074386	.067769	.061460	.055471	86
87	.135699	.127210	.118917	.110833	.102971	.095345	.087969	.080856	.074020	.067475	.061232	87
88	.143192	.134623	.126236	.118042	.110053	.102284	.094746	.087454	.080421	.073660	.067184	88
89	.150668	.142035	.133569	.125281	.117184	.109289	.101609	.094158	.086948	.079993	.073305	89
90	.158118	.149433	.140902	.132536	.124345	.116342	.108539	.100947	.093580	.086450	.079571	90
91	.165530	.156806	.148223	.139792	.131523	.123428	.115517	.107802	.100297	.093012	.085961	91
92	.172897	.164143	.155520	.147037	.138703	.130530	.122528	.114707	.107080	.099658	.092454	92
93	.180211	.171437	.162784	.154260	.145874	.137636	.129556	.121645	.113912	.106370	.099031	93
94	.187466	.178680	.170007	.161452	.153025	.144735	.136590	.128601	.120778	.113132	.105674	94
95	.194655	.185866	.177180	.168604	.160146	.151814	.143617	.135564	.127664	.119928	.112366	95
96	.201776	.192990	.184299	.175710	.167230	.158866	.150627	.142521	.134557	.126744	.119093	96
97	.208823	.200046	.191357	.182762	.174268	.165882	.157610	.149462	.141445	.133568	.125841	97
98	.215793	.207031	.198350	.189756	.181255	.172854	.164560	.156379	.148319	.140390	.132599	98
99	.222684	.213941	.205274	.196687	.188186	.179778	.171468	.163263	.155170	.147198	.139354	99
100	.229494	.220775	.212125	.203551	.195056	.186646	.178328	.170107	.161990	.153985	.146098	100
A	Número de dispositivos n											A
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	

n = 80 - 90
A = 100 - 150

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
100	.229494	.220775	.212125	.203551	.195056	.186646	.178328	.170107	.161990	.153985	.146098	100
101	.236221	.227529	.218902	.210345	.201861	.193456	.185136	.176906	.168772	.160742	.152821	101
102	.242864	.234203	.225602	.217065	.208597	.200203	.191886	.183654	.175510	.167462	.159516	102
103	.249422	.240794	.232223	.223711	.215263	.206883	.198576	.190346	.182199	.174140	.166176	103
104	.255894	.247303	.238764	.230280	.221856	.213494	.205201	.196979	.188834	.180771	.172796	104
105	.262281	.253728	.245223	.236771	.228373	.220035	.211759	.203549	.195412	.187350	.179369	105
106	.268581	.260069	.251601	.243182	.234815	.226502	.218247	.210055	.201928	.193873	.185892	106
107	.274796	.266325	.257897	.249514	.241179	.232894	.224664	.216492	.208381	.200336	.192362	107
108	.280925	.272498	.264110	.255765	.247464	.239211	.231009	.222860	.214769	.206738	.198773	108
109	.286969	.278587	.270241	.261936	.253672	.245452	.237279	.229157	.221088	.213076	.205125	109
110	.292928	.284592	.276290	.268026	.259800	.251615	.243475	.235382	.227338	.219348	.211413	110
111	.298804	.290514	.282257	.274035	.265849	.257702	.249596	.241534	.233518	.225551	.217638	111
112	.304596	.296354	.288143	.279964	.271819	.263711	.255641	.247612	.239626	.231686	.223796	112
113	.310307	.302113	.293948	.285813	.277711	.269642	.261610	.253615	.245662	.237751	.229886	113
114	.315936	.307791	.299673	.291584	.283524	.275497	.267503	.259545	.251625	.243746	.235909	114
115	.321485	.313389	.305319	.297275	.289260	.281274	.273321	.265400	.257516	.249669	.241862	115
116	.326955	.318908	.310886	.302889	.294918	.286976	.279063	.271181	.263334	.255521	.247746	116
117	.332346	.324350	.316376	.308425	.300500	.292601	.284730	.276889	.269078	.261302	.253560	117
118	.337661	.329714	.321789	.313886	.306006	.298151	.290323	.282522	.274751	.267011	.259303	118
119	.342900	.335003	.327126	.319271	.311437	.303627	.295842	.288082	.280351	.272648	.264977	119
120	.348064	.340218	.332389	.324581	.316794	.309029	.301287	.293570	.285879	.278215	.270581	120
121	.353155	.345358	.337579	.329819	.322078	.314358	.306660	.298986	.291336	.283712	.276115	121
122	.358174	.350427	.342696	.334983	.327290	.319615	.311962	.304330	.296722	.289138	.281579	122
123	.363121	.355423	.347742	.340077	.332430	.324801	.317192	.309604	.302038	.294494	.286975	123
124	.367999	.360350	.352717	.345100	.337500	.329917	.322353	.314808	.307284	.299782	.292302	124
125	.372807	.365208	.357624	.350054	.342501	.334964	.327444	.319944	.312462	.305001	.297562	125
126	.377548	.369998	.362462	.354940	.347433	.339942	.332468	.325011	.317572	.310153	.302754	126
127	.382223	.374722	.367233	.359759	.352298	.344853	.337424	.330011	.322615	.315238	.307880	127
128	.386832	.379379	.371939	.364511	.357098	.349698	.342313	.334944	.327592	.320256	.312939	128
129	.391377	.383972	.376580	.369199	.361832	.354477	.347138	.339812	.332503	.325210	.317934	129
130	.395859	.388502	.381157	.373823	.366502	.359193	.351897	.344616	.337350	.330099	.322865	130
131	.400279	.392970	.385671	.378384	.371108	.363845	.356594	.349357	.342133	.334925	.327732	131
132	.404639	.397377	.390125	.382883	.375653	.368435	.361228	.354035	.346854	.339688	.332536	132
133	.408938	.401723	.394517	.387322	.380137	.372963	.365801	.358651	.351513	.344389	.337279	133
134	.413179	.406010	.398851	.391701	.384561	.377431	.370313	.363206	.356112	.349030	.341961	134
135	.417363	.410240	.403126	.396021	.388926	.381841	.374766	.367702	.360650	.353610	.346582	135
136	.421490	.414412	.407344	.400283	.393233	.386191	.379160	.372139	.365130	.358131	.351145	136
137	.425561	.418529	.411505	.404489	.397483	.390485	.383497	.376519	.369551	.362594	.355649	137
138	.429578	.422591	.415611	.408639	.401676	.394722	.387777	.380841	.373915	.367000	.360096	138
139	.433541	.426598	.419663	.412735	.405815	.398904	.392001	.385108	.378223	.371349	.364486	139
140	.437452	.430553	.423661	.416777	.409900	.403031	.396171	.389319	.382476	.375643	.368820	140
141	.441311	.434456	.427607	.420766	.413931	.407105	.400286	.393476	.386675	.379882	.373099	141
142	.445120	.438307	.431502	.424703	.417911	.411126	.404349	.397580	.390820	.384068	.377325	142
143	.448878	.442109	.435346	.428589	.421839	.415096	.408360	.401632	.394912	.388200	.381497	143
144	.452588	.445861	.439140	.432425	.425716	.419015	.412320	.405632	.398952	.392281	.385617	144
145	.456250	.449565	.442885	.436211	.429544	.422883	.416229	.409582	.402942	.396310	.389685	145
146	.459865	.453221	.446582	.439950	.433323	.426703	.420089	.413482	.406882	.400289	.393703	146
147	.463433	.456830	.450233	.443641	.437055	.430474	.423900	.417333	.410772	.404218	.397671	147
148	.466956	.460394	.453837	.447285	.440739	.434199	.427664	.421136	.414614	.408098	.401590	148
149	.470434	.463912	.457395	.450884	.444377	.437876	.431381	.424891	.418408	.411931	.405461	149
150	.473869	.467387	.460909	.454437	.447970	.441508	.435051	.428600	.422155	.415716	.409284	150
A	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	A
Número de dispositivos n												

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
50												50
51												51
52												52
53	.000001	.000001										53
54	.000002	.000001	.000001									54
55	.000004	.000002	.000001	.000001								55
56	.000007	.000004	.000003	.000002	.000001	.000001						56
57	.000013	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001	.000001					57
58	.000022	.000014	.000009	.000006	.000003	.000002	.000001	.000001				58
59	.000038	.000025	.000016	.000010	.000006	.000004	.000002	.000001	.000001	.000001		59
60	.000064	.000042	.000027	.000018	.000011	.000007	.000004	.000003	.000002	.000001	.000001	60
61	.000104	.000070	.000046	.000030	.000020	.000013	.000008	.000005	.000003	.000002	.000001	61
62	.000165	.000112	.000076	.000050	.000033	.000022	.000014	.000009	.000006	.000004	.000002	62
63	.000256	.000177	.000121	.000082	.000055	.000037	.000024	.000016	.000010	.000006	.000004	63
64	.000389	.000273	.000190	.000131	.000089	.000060	.000040	.000026	.000017	.000011	.000007	64
65	.000578	.000412	.000291	.000204	.000141	.000096	.000065	.000044	.000029	.000019	.000012	65
66	.000840	.000609	.000437	.000310	.000218	.000151	.000104	.000071	.000048	.000032	.000021	66
67	.001198	.000881	.000641	.000462	.000329	.000232	.000162	.000112	.000076	.000052	.000035	67
68	.001674	.001249	.000923	.000674	.000487	.000349	.000247	.000173	.000120	.000082	.000056	68
69	.002296	.001738	.001302	.000965	.000708	.000514	.000369	.000263	.000185	.000129	.000089	69
70	.003092	.002373	.001802	.001355	.001008	.000742	.000541	.000390	.000279	.000197	.000138	70
71	.004092	.003182	.002450	.001867	.001408	.001051	.000777	.000568	.000412	.000295	.000209	71
72	.005325	.004196	.003273	.002527	.001932	.001462	.001095	.000812	.000597	.000434	.000312	72
73	.006820	.005441	.004299	.003363	.002605	.001998	.001517	.001140	.000849	.000625	.000456	73
74	.008603	.006947	.005557	.004402	.003454	.002683	.002064	.001572	.001186	.000885	.000655	74
75	.010695	.008738	.007073	.005671	.004505	.003544	.002761	.002130	.001628	.001231	.000923	75
76	.013115	.010834	.008871	.007197	.005785	.004607	.003634	.002839	.002197	.001684	.001278	76
77	.015874	.013254	.010971	.009002	.007320	.005898	.004708	.003724	.002917	.002264	.001740	77
78	.018980	.016008	.013390	.011106	.009131	.007442	.006010	.004810	.003813	.002995	.002331	78
79	.022434	.019104	.016140	.013525	.011239	.009259	.007562	.006121	.004910	.003903	.003074	79
80	.026232	.022541	.019224	.016268	.013656	.011369	.009385	.007681	.006231	.005010	.003992	80
81	.030365	.026317	.022645	.019342	.016394	.013785	.011497	.009510	.007799	.006340	.005109	81
82	.034819	.030421	.026398	.022746	.019457	.016517	.013912	.011624	.009632	.007915	.006449	82
83	.039577	.034840	.030474	.026477	.022845	.019568	.016637	.014036	.011748	.009753	.008030	83
84	.044620	.039558	.034859	.030525	.026553	.022940	.019677	.016755	.014158	.011870	.009873	84
85	.049926	.044556	.039538	.034877	.030573	.026627	.023033	.019784	.016870	.014278	.011990	85
86	.055471	.049812	.044491	.039517	.034892	.030619	.026698	.023123	.019888	.016983	.014395	86
87	.061232	.055303	.049698	.044426	.039494	.034906	.030663	.026766	.023210	.019989	.017093	87
88	.067184	.061006	.055136	.049585	.044361	.039470	.034918	.030705	.026832	.023295	.020088	88
89	.073305	.066898	.060783	.054971	.049472	.044295	.039445	.034928	.030745	.026896	.023378	89
90	.079571	.072956	.066615	.060562	.054807	.049360	.044228	.039419	.034936	.030782	.026957	90
91	.085961	.079157	.072611	.066337	.060344	.054645	.049248	.044161	.039391	.034943	.030818	91
92	.092454	.085480	.078749	.072272	.066061	.060129	.054484	.049136	.044094	.039363	.034948	92
93	.099031	.091906	.085007	.078347	.071938	.065790	.059915	.054324	.049025	.044026	.039334	93
94	.105674	.098415	.091367	.084542	.077952	.071608	.065522	.059705	.054166	.048914	.043958	94
95	.112366	.104989	.097809	.090837	.084084	.077562	.071283	.065257	.059496	.054009	.048804	95
96	.119093	.111614	.104317	.097214	.090316	.083633	.077179	.070963	.064996	.059290	.053853	96
97	.125841	.118274	.110875	.103657	.096629	.089803	.083190	.076801	.070647	.064738	.059086	97
98	.132599	.124955	.117469	.110150	.103008	.096054	.089299	.082753	.076429	.070335	.064484	98
99	.139354	.131647	.124085	.116678	.109437	.102370	.095488	.088803	.082324	.076062	.070028	99
100	.146098	.138337	.130712	.123230	.115902	.108736	.101743	.094932	.088314	.081900	.075700	100
A	Número de dispositivos n											A
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	

n = 90 - 100
A = 100 - 150

Probabilidad de pérdida

A	Número de dispositivos n											A
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
100	.146098	.138337	.130712	.123230	.115902	.108736	.101743	.094932	.088314	.081900	.075700	100
101	.152821	.145017	.137339	.129794	.122391	.115139	.108047	.101126	.094385	.087834	.081484	101
102	.159516	.151678	.143957	.136358	.128892	.121566	.114389	.107370	.100519	.093846	.087361	102
103	.166176	.158312	.150556	.142915	.135396	.128006	.120756	.113652	.106705	.099923	.093316	103
104	.172796	.164913	.157131	.149455	.141892	.134450	.127136	.119959	.112927	.106050	.099336	104
105	.179369	.171475	.163674	.155971	.148373	.140887	.133520	.126280	.119176	.112215	.105406	105
106	.185892	.177993	.170178	.162456	.154831	.147309	.139899	.132607	.125440	.118406	.111514	106
107	.192362	.184461	.176641	.168905	.161260	.153711	.146265	.138929	.131709	.124613	.117649	107
108	.198773	.190877	.183056	.175313	.167654	.160084	.152611	.145238	.137975	.130826	.123800	108
109	.205125	.197238	.189419	.181675	.174008	.166424	.158929	.151529	.144229	.137037	.129958	109
110	.211413	.203539	.195729	.187987	.180318	.172726	.165216	.157794	.150466	.143238	.136115	110
111	.217638	.209780	.201982	.194247	.186580	.178984	.171466	.164029	.156679	.149421	.142262	111
112	.223796	.215957	.208175	.200451	.192790	.185196	.177674	.170227	.162861	.155582	.148394	112
113	.229886	.222070	.214306	.206597	.198946	.191358	.183836	.176385	.169009	.161714	.154503	113
114	.235909	.228118	.220375	.212683	.205046	.197468	.189951	.182500	.175119	.167812	.160585	114
115	.241862	.234098	.226379	.218708	.211088	.203522	.196014	.188567	.181185	.173873	.166635	115
116	.247746	.240011	.232318	.224670	.217069	.209519	.202023	.194584	.187206	.179893	.172648	116
117	.253560	.245855	.238190	.230567	.222989	.215458	.207977	.200549	.193178	.185868	.178621	117
118	.259303	.251631	.243996	.236400	.228846	.221336	.213873	.206459	.199099	.191795	.184551	118
119	.264977	.257339	.249735	.242168	.234640	.227153	.219710	.212314	.204967	.197673	.190435	119
120	.270581	.262977	.255406	.247869	.240369	.232908	.225487	.218111	.210780	.203499	.196270	120
121	.276115	.268547	.261010	.253505	.246034	.238600	.231204	.223849	.216537	.209272	.202055	121
122	.281579	.274048	.266546	.259074	.251634	.244229	.236859	.229528	.222237	.214989	.207787	122
123	.286975	.279481	.272015	.264577	.257169	.249794	.242452	.235146	.227878	.220650	.213465	123
124	.292302	.284847	.277417	.270014	.262640	.255295	.247982	.240703	.233460	.226255	.219089	124
125	.297562	.290145	.282753	.275385	.268045	.260733	.253450	.246200	.238982	.231801	.224656	125
126	.302754	.295377	.288022	.280691	.273385	.266106	.258856	.251634	.244445	.237288	.230167	126
127	.307880	.300542	.293225	.285932	.278662	.271417	.264198	.257008	.249847	.242717	.235621	127
128	.312939	.305642	.298364	.291108	.283874	.276664	.269478	.262319	.255188	.248087	.241016	128
129	.317934	.310677	.303438	.296220	.289023	.281848	.274696	.267570	.260469	.253397	.246353	129
130	.322865	.315648	.308448	.301268	.294108	.286969	.279852	.272759	.265690	.258648	.251632	130
131	.327732	.320555	.313396	.306254	.299131	.292029	.284947	.277887	.270851	.263839	.256853	131
132	.332536	.325400	.318280	.311177	.304092	.297026	.289980	.282955	.275951	.268971	.262015	132
133	.337279	.330184	.323103	.316039	.308992	.301963	.294953	.287962	.280992	.274044	.267120	133
134	.341961	.334906	.327866	.320841	.313832	.306840	.299866	.292910	.285974	.279059	.272166	134
135	.346582	.339568	.332568	.325582	.318611	.311657	.304719	.297799	.290897	.284015	.277154	135
136	.351145	.344171	.337210	.330264	.323331	.316414	.309513	.302629	.295762	.288914	.282085	136
137	.355649	.348716	.341795	.334887	.327993	.321114	.314249	.307401	.300569	.293755	.286959	137
138	.360096	.353203	.346321	.339453	.332597	.325755	.318928	.312116	.305319	.298539	.291777	138
139	.364486	.357633	.350791	.343962	.337144	.330340	.323550	.316773	.310012	.303267	.296538	139
140	.368820	.362007	.355205	.348414	.341635	.334869	.328115	.321375	.314649	.307939	.301244	140
141	.373099	.366326	.359563	.352811	.346071	.339342	.332625	.325921	.319231	.312555	.305894	141
142	.377325	.370591	.363867	.357154	.350451	.343760	.337080	.330413	.323758	.317118	.310491	142
143	.381497	.374803	.368118	.361443	.354778	.348124	.341481	.334850	.328232	.321626	.315033	143
144	.385617	.378962	.372316	.365679	.359052	.352435	.345829	.339234	.332651	.326080	.319522	144
145	.389685	.383069	.376462	.369863	.363274	.356694	.350125	.343566	.337018	.330482	.323959	145
146	.393703	.387126	.380556	.373995	.367444	.360901	.354368	.347845	.341333	.334832	.328343	146
147	.397671	.391132	.384601	.378077	.371563	.365057	.358560	.352074	.345597	.339131	.332676	147
148	.401590	.395089	.388595	.382109	.375632	.369163	.362703	.356252	.349810	.343379	.336958	148
149	.405461	.398997	.392541	.386093	.379652	.373219	.366795	.360380	.353973	.347577	.341191	149
150	.409284	.402858	.396439	.390027	.383623	.377227	.370838	.364459	.358088	.351726	.345373	150
A	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	A
Número de dispositivos n												