



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES

**“ESTUDIO TÉCNICO DE UNA RED SATELITAL QUE BRINDE
SOPORTE A SERVICIOS DE VOIP”**

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN**

Presentado Por:

JUAN PAULO ANDRADE HERNÁNDEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

Mis más sinceros agradecimientos **A DIOS** por ayudarme a cumplir este proyecto en mi vida profesional, **A mis Padres** que con su guía estoy aquí gracias a su esfuerzo, **Al Ing. Edwin Altamirano** que con su dirección se realizo el presente proyecto.

Dedico el presente trabajo a todas aquellas personas que hicieron esto posible, especialmente a Dios porque sin su bendición nada habría sido posible, a mi hija Paula Estefanía que es mi impulso y mi fuerza en cada paso que doy, a mis padres Gustavo y Cornelia por su inmenso apoyo e infinito amor, a mis hermanas Marisol y Vanessa por su cariño y a todas esas personas que confiaron en mí y me guiaron por el camino correcto en busca de alcanzar mis sueños y mis metas.

PAULO.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes C.

**DECANO FACULTAD DE
INFORMATICA Y
ELECTRÓNICA**

Ing. Pedro Infante M.

**DIRECTOR DE ESCUELA
INGENIERÍA
ELECTRONICA EN
TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

Ing. Edwin Altamirano S.

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Geovanny Vallejo.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Tlgo. Carlos Rodríguez

**DIR. DPTO.
DOCUMENTACIÓN**

NOTA DE LA TESIS

“Yo, Juan Paulo Andrade Hernández, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”

Juan Paulo Andrade Hernández

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ADPCM	Adaptive differential pulse code modulation
ADSL	Asymmetric digital subscriber line
ATM	Asynchronous transfer mode
BPF	Berkeley Packet Filter
CB-WFQ	Class-Based Weighted Fair Queuing
CQ	Custom queuing
CSC	Common Signaling Channel
DNS	Domain Name Service
DVB	Digital video broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting-Cable
DVB-RCP	Digital video broadcasting –return channel PSTN
DVB-RCS	Digital video broadcasting –return channel Satellite
DVB-S	Digital Video Broadcasting –Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial
FIFO	First Input First Output
GEO	Orbit Geo-stationary
HTTP.	Hypertext Transfer protocol
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
ISL	Inter Satellite Link
ITU	Union International Telecommunications
LAN	Local Area Network
LEO	Low Earth Orbit
LNA	Noise Low Amplifier
LPC	Linear Prediction Coefficients
MCU	Multipoint Control Unit
MFSP	Multi Frame into Single Packet
MF-TDMA	Multi Frequency-time division Multiple access
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MPC-MLQ	Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantitation
MPE	Multiple Protocol Encapsulation
MPEG	Moving picture experts group
NCC	Network Center Control
NCR	Network Clock Referent
PBX	Private Branch Exchange
PCM	Pulse Code Modulation
POP3	Post office protocol 3

PQ	Priority Queuing
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RAS	Remote Access Service
RSVP	Resource ReserVation Protocol
RTP	Real time protocol
SDP	Session Description Protocol
SIP	Session initiation protocol
SIT	Satellite Interactive Terminal
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
TCP	Transference Control Protocol
TDM	Time division Multiple
UA	User Agent
UAC	User Agent Clients
UAS	User Agent Servers
UDP	User Datagram Protocol
VBR	Variable Bit Rate
VOIP	Voice Over Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
WFQ	Weighted fair queuing

INDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INTRODUCCION

CAPITULO 1

1. FORMULACION GENERAL DEL PROYECTO DE TESIS	16
1.1. ANTECEDENTES	16
1.2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO DE TESIS	17
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
1.4. HIPOTESIS	18

CAPITULO 2

2. MARCO TEORICO	19
2.1. VoIP	19
2.2. Funcionamiento VoIP	19
2.3. Protocolos Fundamentales VoIP	22
2.3.1. Interacción del protocolo H.323 con VoIP	22
2.4. Compresión de voz	23
2.4.1. ESTANDAR G.711	23
2.4.2. ESTANDAR G.729	24
2.4.3. ESTANDAR G.726	24
2.4.4. ESTANDAR G.723.1	24
2.5. Señalización	24
2.5.1. Direccionamiento	25
2.6. Enrutamiento	25
2.7. Protocolo SIP	25
2.7.1. Servidores de Registro	27
2.7.2. Servidores Proxy y de Redirección	28
2.7.3. Mensajes SIP	28
2.8. Aspectos de VoIP	30
2.8.1. Consumo de bps o velocidad de transmisión	30

2.8.2. Calidad de servicio (QoS)	31
2.8.3. Métodos de solución para paquetes en cola	31
2.8.4. Retardo	32
2.8.5. Pérdida de paquetes	34
2.8.6. Seguridad	34
2.9. Telefonía IP comparada con Telefonía convencional	34
2.10. Escenarios de la voz IP en servicios de telefonía.....	35
2.10.1. Llamadas teléfono a teléfono	35
2.10.2. Llamadas PC a teléfono o viceversa	35
2.10.3. Llamadas PC a PC	35

CAPITULO 3

3. REDES SATELITALES	38
3.1. Características de las Redes Satelitales.....	38
3.2. Elementos de las Redes Satelitales	38
3.3. Clasificación de las Transmisiones Satelitales.....	39
3.4. Modelos de enlace del sistema satelital	40
3.4.1. Modelo de subida	40
3.4.2. Transponder.....	41
3.4.3. Modelo de bajada	42
3.5. Satélites orbitales	42
3.6. Satélites geoestacionarios	43
3.6.1. Parámetros típicos de la órbita geoestacionaria.....	44

CAPITULO 4

4. VOZ SOBRE IP EN REDES SATELITALES	45
4.1. Voz Sobre IP en Satélites.....	45
4.2. El Satélite.....	45
4.2.1. Velocidad de transmisión	46
4.2.2. Jitter.....	46
4.2.3. Retardo de extremo a extremo.....	46
4.2.4. Perdidas de paquetes.....	47
4.3. Disponibilidad de grandes velocidades de transmisión.	47
4.4. Tecnología Vía Satélite para el protocolo IP	47
4.5. DVB-RCS.....	47
4.6. Formato de ráfaga	48
4.7. Tráfico (TRF)	49
4.8. ATM TRF.....	49
4.9. MPEG2-TS ráfaga TRF optativo	49
4.10. IP sobre MPEG-2 (Motion Picture Expert Group)	50

4.11. ISL (ENLACES ENTRE SATELITES)	51
4.12. Inconvenientes de los ISL	52
4.13. MÉTODO MFSP	54
4.13.1. Descripción del método MFSP en aplicaciones de voz	55
4.14. Procesos para la simulación de MFSP en Redes satelitales	58

CAPITULO 5

5. ESTABLECIMIENTO DE PARAMETROS PARA LA SIMULACIÓN	61
5.1. Parámetros e importancia de estos en el análisis en redes satelitales	61
5.1.1. Transporte efectivo (te)	61
5.1.2. Tiempo de viaje (rt)	61
5.1.3. Número de paquetes (carga útil)	62
5.2. Que es Matlab	65
5.3. Por que usar Matlab	66
5.4. Algoritmo del programa de simulación aplicado a VOIP en redes satelitales	66
5.5. Diagrama de flujo del programa de simulación.	66
5.6. Simulaciones realizadas en Matlab	71
5.6.1. Simulación de 2 Llamadas Agrupadas con MFSP.....	71
5.6.2. Simulación de 5 Llamadas Agrupadas con MFSP.....	81
5.6.3. Simulación de 36 Llamadas Agrupadas con MFSP.....	91

CAPITULO 6

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	101
6.1. Resultado Simulación del Agrupamiento de 2 tramas de voz con MFSP en redes satelitales ...	101
6.2. Resultado Simulación del Agrupamiento de 5 tramas de voz con MFSP en redes satelitales. ..	101
6.3. Resultado Simulación del agrupamiento de 36 tramas de voz con MFSP en redes satelitales. ..	102
6.4. Análisis de los resultados de las simulaciones del método MFSP en redes satelitales.	103

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Proceso de una llamada VOIP.	20
Figura 2.2	Codificación y compresión de voz en el mismo dispositivo.	20
Figura 2.3	Codificación y compresión de voz realizado por PBX Digital	20
Figura 2.4	Estructura de red básica conectadas telefónicamente a través de Internet	21
Figura 2.5	Pila de protocolos VOIP	22
Figura 2.6	Muestreo y codificación de la señal de voz.	23
Figura 2.7	Esquema de protocolos bajo transmisión SIP.	26
Figura 2.8	Esquema de comunicación protocolo SIP.	27
Figura 2.9	Registro SIP.	28
Figura 2.10	Mensajes SIP	29
Figura 2.11	Retardos en una llamada VoIP	33
Figura 3.12	Transmisiones Satelitales	40
Figura 3.13	Modelo de subida del sistema satelital.	41
Figura 3.14	Transponder.	42
Figura 3.15	Modelo de bajada del sistema satelital	42
Figura 3.16	Órbita del satélite.....	43
Figura 3.17	Parámetros típicos de la órbita geoestacionaria.....	44
Figura 4.18	Redes VSAT	46
Figura 4.19	Tráfico ATM en el contexto DVB-RCS	49
Figura 4.20	Tráfico MPEG en el contexto DVB-RCS	50
Figura 4.21	Tráfico DVB-RCS en el sentido ascendente y descendente	51
Figura 4.22	Área de cobertura satelital	52
Figura 4.23	Área de cobertura satelital con ISL	53
Figura 4.24	Cont. Área de cobertura satelital con ISL.....	53
Figura 4.25	Red general conexión a nivel LAN y WAN	54
Figura 4.26	Esquema general del método MSFP en aplicaciones de voz	57
Figura 5.27	Codificación de primeros 10 ms generados	63
Figura 5.28	Codificación de 10 ms generados y empaquetamiento de los primeros 10 ms	64
Figura 5.29	Codificación de 10 ms generados, empaquetamiento de los segundos 10 ms y envió a capa 2 de los primeros 10 ms generados	65
Figura 5.30	2 llamadas de tres minutos con G711. Consumo de bits Transmisión normal	71
Figura 5.31	2 llamadas de tres minutos con G711. Consumo de bits. Transmisión MFSP.....	71
Figura 5.32	2 llamadas de tres minutos con G711. Relación porcentual. Transmisión normal	72
Figura 5.33	2 llamadas de tres minutos con G711. Relación porcentual. Transmisión MFSP	72

Figura 5.34	2 llamadas de tres minutos con G726. Consumo de bits Transmisión normal	73
Figura 5.35	2 llamadas de tres minutos con G726. Consumo de bits. Transmisión MFSP.....	73
Figura 5.36	2 llamadas de tres minutos con G726. Relación porcentual. Transmisión normal	74
Figura 5.37	2 llamadas de tres minutos con G726. Relación porcentual. Transmisión MFSP	74
Figura 5.38	2 llamadas de tres minutos con G729. Consumo de bits Transmisión normal	75
Figura 5.39	2 llamadas de tres minutos con G729. Consumo de bits. Transmisión MFSP.....	75
Figura 5.40	2 llamadas de tres minutos con G729. Relación porcentual. Transmisión normal	76
Figura 5.41	2 llamadas de tres minutos con G729. Relación porcentual. Transmisión MFSP	76
Figura 5.42	2 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Consumo de bits Transmisión normal	77
Figura 5.43	2 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Consumo de bits. Transmisión MFSP...	77
Figura 5.44	2 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Relación porc. Transmisión normal	78
Figura 5.45	2 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Relación porc. Transmisión MFSP.....	78
Figura 5.46	2 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Consumo de bits Transmisión normal	79
Figura 5.47	2 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Consumo de bits. Transmisión MFSP...	79
Figura 5.48	2 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Relación porc. Transmisión normal	80
Figura 5.49	2 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Relación porc. Transmisión MFSP.....	80
Figura 5.50	5 llamadas de tres minutos con G711. Consumo de bits Transmisión normal	81
Figura 5.51	5 llamadas de tres minutos con G711. Consumo de bits. Transmisión MFSP.....	81
Figura 5.52	5 llamadas de tres minutos con G711. Relación porcentual. Transmisión normal	82
Figura 5.53	5 llamadas de tres minutos con G711. Relación porcentual. Transmisión MFSP	82
Figura 5.54	5 llamadas de tres minutos con G726. Consumo de bits Transmisión normal	83
Figura 5.55	5 llamadas de tres minutos con G726. Consumo de bits. Transmisión MFSP.....	83
Figura 5.56	5 llamadas de tres minutos con G726. Relación porcentual. Transmisión normal	84
Figura 5.57	5 llamadas de tres minutos con G726. Relación porcentual. Transmisión MFSP	84
Figura 5.58	5 llamadas de tres minutos con G729. Consumo de bits Transmisión normal	85
Figura 5.59	5 llamadas de tres minutos con G729. Consumo de bits. Transmisión MFSP.....	85
Figura 5.60	5 llamadas de tres minutos con G729. Relación porcentual. Transmisión normal	86
Figura 5.61	5 llamadas de tres minutos con G729. Relación porcentual. Transmisión MFSP	86
Figura 5.62	5 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Consumo de bits Transmisión normal	87
Figura 5.63	5 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Consumo de bits. Transmisión MFSP...	87
Figura 5.64	5 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Relación porc. Transmisión normal	88
Figura 5.65	5 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Relación porc. Transmisión MFSP.....	88
Figura 5.66	5 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Consumo de bits Transmisión normal	89
Figura 5.67	5 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Consumo de bits. Transmisión MFSP...	89

Figura 5.68	5 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Relación porc. Transmisión normal	90
Figura 5.69	5 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Relación porc. Transmisión MFSP	90
Figura 5.70	36 llamadas de tres minutos con G711. Consumo de bits Transmisión normal	91
Figura 5.71	36 llamadas de tres minutos con G711. Consumo de bits. Transmisión MFSP	91
Figura 5.72	36 llamadas de tres minutos con G711. Relación porcentual. Transmisión normal	92
Figura 5.73	36 llamadas de tres minutos con G711. Relación porcentual. Transmisión MFSP	92
Figura 5.74	36 llamadas de tres minutos con G726. Consumo de bits Transmisión normal	93
Figura 5.75	36 llamadas de tres minutos con G726. Consumo de bits. Transmisión MFSP	93
Figura 5.76	36 llamadas de tres minutos con G726. Relación porcentual. Transmisión normal	94
Figura 5.77	36 llamadas de tres minutos con G726. Relación porcentual. Transmisión MFSP	94
Figura 5.78	36 llamadas de tres minutos con G729. Consumo de bits Transmisión normal	95
Figura 5.79	36 llamadas de tres minutos con G729. Consumo de bits. Transmisión MFSP	95
Figura 5.80	36 llamadas de tres minutos con G729. Relación porcentual. Transmisión normal	96
Figura 5.81	36 llamadas de tres minutos con G729. Relación porcentual. Transmisión MFSP	96
Figura 5.82	36 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Consumo de bits Transmisión normal	97
Figura 5.83	36 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Consumo de bits. Transmisión MFSP	97
Figura 5.84	36 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Relación porc. Transmisión normal	98
Figura 5.85	36 llamadas de tres minutos con G723.1 6.3 kbps Relación porc. Transmisión MFSP	98
Figura 5.86	36 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Consumo de bits Transmisión normal	99
Figura 5.87	36 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Consumo de bits. Transmisión MFSP	99
Figura 5.88	36 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Relación porc. Transmisión normal	100
Figura 5.89	36 llamadas de tres minutos con G723.1 5.3 kbps Relación porc. Transmisión MFSP	100

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Protocolos para VOIP	25
Tabla 2.2	Cuerpo del mensaje SIP.	29
Tabla 2.3	Disponibilidad de servicios en SIP y H.323	30
Tabla 2.4	Clasificación de tipos de llamadas	32
Tabla 2.5	Retardos por codificación según codificador	33
Tabla 2.6	Retardo por paquetización	34
Tabla 4.7	Agrupamientos de 5 tramas de voz de la misma llamada	55
Tabla 4.8	Resultado de agrupamiento de tramas de la misma llamada	56
Tabla 4.9	Agrupamiento de 5 tramas de voz de diferentes llamadas	56
Tabla 4.10	Resultado de agrupamiento de tramas de varias llamadas	56
Tabla 4.11	Para llamadas sin agrupar (Proceso Normal)	60
Tabla 5.12	Número de tramas necesarias según el codificador	63
Tabla 6.13	Resultados MFSP con dos tramas	101
Tabla 6.14	Resultados MFSP con cinco tramas	102
Tabla 6.15	Resultados MFSP con treinta y seis tramas	102

INTRODUCCION

Desde hace algunos años, gracias a la evolución tecnológica se han desarrollado nuevas tecnologías y nuevos dispositivos que han revolucionado totalmente el campo de las telecomunicaciones. Un ejemplo claro fue el desarrollo de los teléfonos celulares que supusieron un punto de inflexión en el panorama de las comunicaciones. Pero la verdadera revolución ha llegado gracias a la explosión de un fenómeno sin igual: Internet.

Debido al gran crecimiento de la demanda de servicios de banda ancha (Internet, servicios multimedia, etc.) en lugares donde aún no han llegado las infraestructuras cableadas necesarias (países en desarrollo, zonas aisladas, etc.), o se hace imposible su instalación (barcos, aviones, etc.), se está incrementando el uso de redes satelitales. Se trata de redes de datos que incluyen en su ruta un segmento vía satélite, aunque no exento de una serie de inconvenientes para proporcionar este tipo de servicios.

Las comunicaciones espaciales que utilizan protocolos de tipo IP se pueden definir como Internetworking espacial, o simplemente Internet espacial. Estas comunicaciones cubren un gran entorno espacial con vehículos aéreos no tripulados (UAV), o plataformas de gran altitud (HAP), que van desde órbitas cercanas a la tierra (LEO), por debajo de los 5035 Km, hasta órbitas muy lejanas incluyendo la geoestacionaria (GEO), a 35848 Km.

El mundo de las telecomunicaciones evoluciona a un ritmo vertiginoso, con lo que respecta a las telecomunicaciones por satélite cambian a un ritmo aún mayor para estar acorde al nuevo entorno mundial. La aplicabilidad de VoIP esta influyendo en todos los medios debido a su gran utilidad de la unificación de una sola red para la transmisión de voz y datos.

Los diferentes medios de transmisión actuales presentan ventajas y desventajas para la implementación de esta tecnología. Uno de los medios de transmisión es los sistemas satelitales que tienen su gran ventaja de cobertura mundial y la no necesidad de realizar instalación de equipos en medios terrestres (unidades móviles).

El presente trabajo tiene por finalidad investigar el Método MFSP en VoIP a través de redes satelitales para examinar su aplicabilidad y la optimización de la transmisión de VoIP en redes satelitales.

CAPITULO 1

1. FORMULACION GENERAL DEL PROYECTO DE TESIS

1.1. ANTECEDENTES

Una red satelital consiste de un transponder (dispositivo receptor-transmisor), una estación basada en tierra que controla su funcionamiento y una red de usuario, de las estaciones terrestres, que proporciona las facilidades para transmisión y recepción del tráfico de comunicaciones, a través del sistema de satélite.

El funcionamiento del internet satelital consiste en un terminal cliente (antena parabólica y modem) que establece una conexión a través de un satélite con el telepuerto (donde se reciben las peticiones del terminal cliente y se envían los resultados).

El telepuerto tiene conexiones de alta velocidad a internet, las cuales son divididas entre las antenas clientes para proporcionales el servicio, debido a que el enlace es vía satélite no es posible captarlo con tarjetas inalámbricas.

La red satelital permite establecer una conexión de internet de banda ancha en prácticamente cualquier lugar del mundo, con lo cual se puede establecer comunicación con algún punto remoto sin necesidad de líneas telefónicas o cableados complicados.

Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz IP, VozIP, VoIP (por sus siglas en inglés), es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes, en lugar de enviarla en forma

analógica, a través de circuitos utilizables sólo para telefonía como una compañía telefónica convencional o PSTN (sigla de Public Switched Telephone Network, Red Telefónica Pública Conmutada).

1.2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO DE TESIS

En respuesta al requerimiento actual, la rapidez, flexibilidad y calidad de Servicio, hace frente a la creciente demanda de internet y aplicaciones que requieren gran ancho de banda.

Las redes satelitales son la solución idónea para la prestación de determinados servicios y en especial en aquellos escenarios en donde las redes terrestres convencionales no son viables, además permite llegar a emplazamientos donde otras tecnologías terrestres no están disponibles.

Este trabajo busca además revelar varios aspectos técnicos que se mueven dentro de una red Satelital, sus fortalezas o debilidades y que a futuro se podrían implementar.

La tecnología VoIP trata de transportar la voz, previamente procesada, encapsulándola en paquetes para poder ser transportadas sobre redes de datos sin necesidad de disponer de una infraestructura telefónica convencional. Con lo que se consigue desarrollar una única red homogénea en la que se envía todo tipo de información ya sea voz, video o datos, o las tres.

Los sistemas de comunicación por satélite son parte fundamental de la mayoría de redes de telecomunicaciones del mundo. Durante las ultimas tres décadas, las comunicaciones satelitales han sido parte esencial del sistema de telecomunicaciones que lidera el mercado. La combinación de voz sobre IP y a través del Satélite es una tecnología reciente que no tiene mucho desarrollo. Es más, la tecnología VOIP es relativamente un nuevo concepto que desde hace una década y media que el concepto tomó más enfoque. Esta combinación demuestra ser una opción de conectividad que eliminaría las llamadas de larga distancia de la telefonía tradicional. Hasta donde se sabe la combinación de estas tecnologías necesitan más investigación y éste es una de las mayores motivaciones de este estudio. Dejar en pie un documento que permita la posibilidad de implementar una red Satelital que brinde soporte a servicios de VoIP.

OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVOS GENERALES:

Realizar el estudio técnico de una red satelital que brinde soporte a servicios de VoIP.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- ✓ Investigar VoIP a través de redes satelitales para examinar su aplicabilidad y la optimización de la transmisión de VoIP en redes satelitales.
- ✓ Analizar la arquitectura de una red Satelital.
- ✓ Verificar el funcionamiento del método MFSP.
- ✓ Comprobar si el método MFSP presenta una mejoría en la transmisión de voz sobre IP.
- ✓ Realizar las simulaciones de transmisión de VoIP utilizando MATLAB.

1.3. HIPOTESIS

“El presente trabajo de investigación permite tener el estudio técnico de una red satelital que brinde soporte a servicios de VoIP.”

CAPITULO 2

2. MARCO TEORICO

2.1. VoIP

VoIP significa (Voice over Internet Protocol) lo que se desea es que la voz viaje encapsulada en paquetes IP. Esta tecnología unificaría dos mundos separados, el de la transmisión de voz y el de la transmisión de datos, en una sola red acarreando menores costos, ya que el mantenimiento de una sola red resulta más económico que el manteniendo de dos redes diferentes. Cabe indicar que VoIP, no es en sí mismo un servicio, sino una tecnología que encapsula la voz en paquetes para poder transportarla en una red de datos.

El servicio de telefonía se basa en conmutación de circuitos y esta utiliza ineficientemente la red, por otra parte la telefonía IP utiliza conmutación de paquetes y cada llamada es un flujo de paquetes que se envían codificadas en el canal permitiendo tener múltiples llamadas a través del mismo canal. Cuando ocurre un silencio en una conversación, los paquetes de datos de otras conversaciones pueden ser transmitidos por la red, lo que implica un uso más eficiente de la misma.

2.2. Funcionamiento VoIP

VoIP funciona, en el lado transmisor se convierte la señal analógica de la voz en una señal discreta, posterior a esto se la codifica y por ultimo se la almacena dentro de paquetes IP. Entonces es transportada a través de la red de datos y en recepción se realiza el proceso inverso. Más específicamente el proceso inicia en el extremo emisor con la señal analógica del teléfono que es digitalizada en muestras PCM por medio del codificador/decodificador de voz (codec). Estas muestras PCM ingresan al algoritmo de compresión, el cual comprime y la fracciona estas muestras dentro de paquetes IP para ser transmitidos a través de la red. En el extremo receptor se realizan exactamente las mismas funciones en un orden inverso.

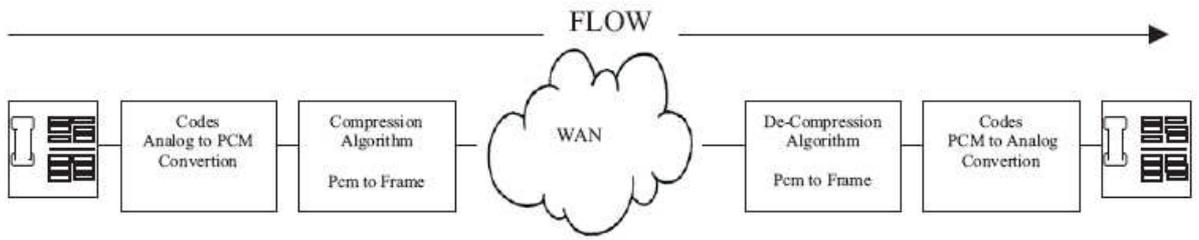


Figura 2.1 Proceso de una llamada VOIP.

Dependiendo de la forma en la que la red este configurada, el enrutador o puerta de enlace puede realizar la labor de codificación, decodificación y compresión.

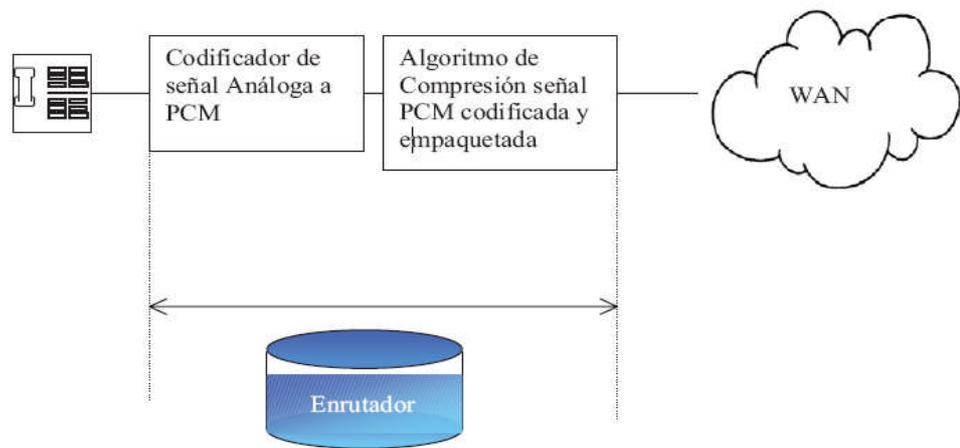


Figura 2.2 Codificación y compresión de voz en el mismo dispositivo.

En cambio si se utiliza una PBX digital, es esta la que realiza la función de codificación, y el enrutador solo se dedica a procesar el flujo de información que ha enviado la PBX.

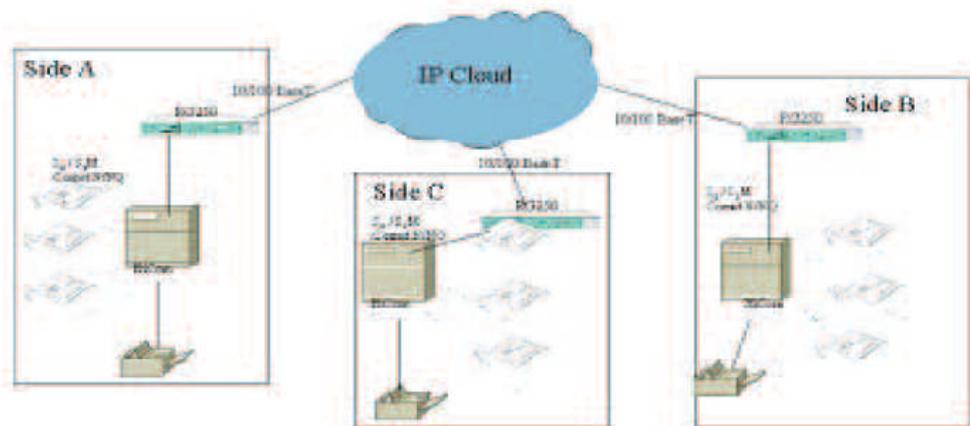


Figura 2.3 Codificación y compresión de voz realizado por PBX Digital

Dentro de la estructura básica de una red VoIP hay que diferenciar tres elementos fundamentales:

- ✓ **Terminales:** Son los dispositivos que utilizarán los usuarios para comunicarse. Implementados tanto en hardware como en software realizan las funciones de los teléfonos tradicionales.
- ✓ **Gateways:** De forma transparente se encargan de conectar las redes VoIP con las redes de telefonía tradicional.
- ✓ **Gatekeepers:** Son el centro neurálgico de las redes VoIP. Se encargan de realizar tareas de autenticación de usuarios, control de admisión, control de ancho de banda, encaminamiento, servicios de facturación y temporización, etc.

En la figura 2.4 podemos ver una estructura de red básica entre lo que serían dos delegaciones de una misma empresa conectadas telefónicamente a través de Internet.

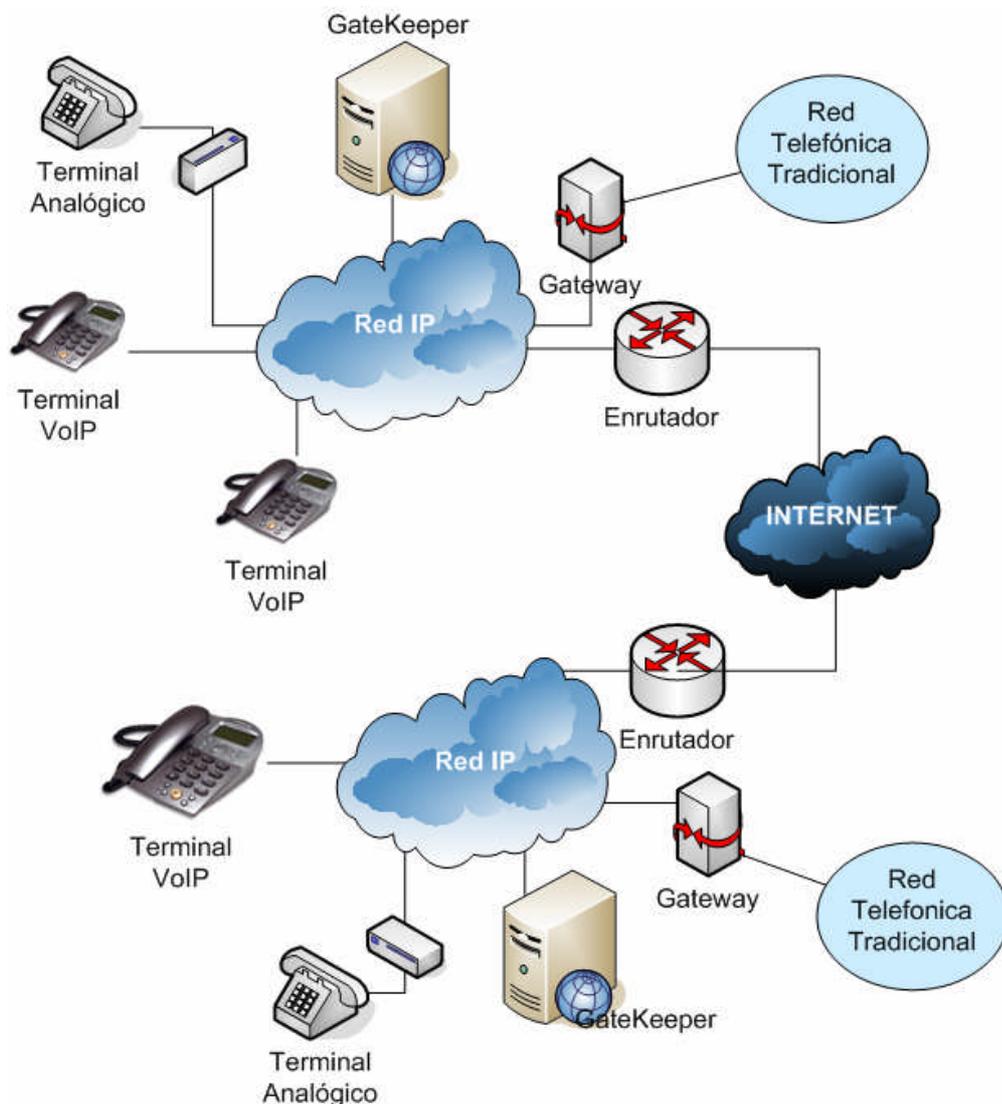


Figura 2.4 Estructura de red básica conectadas telefónicamente a través de Internet

2.3. Protocolos Fundamentales VoIP

2.3.1. Interacción del protocolo H.323 con VoIP

El estándar H.323 fue diseñado para proveer a los usuarios con transmisiones que posean capacidades de voz, video y datos sobre redes de conmutación de paquetes. El estándar H.323 proporciona la base para la transmisión de voz, datos y vídeo sobre redes no orientadas a conexión y que no ofrecen un grado de calidad del servicio, como son las redes basadas en IP, incluida Internet, por lo que se puede ocupar para implementar VoIP en una red de conmutación de paquetes.

H.323 comprende también una serie de estándares y se apoya en una serie de protocolos que cubren los distintos aspectos de la comunicación; así se tiene:

2.3.1.1. Direccionamiento

Para el direccionamiento utiliza el protocolo RAS que es un protocolo de comunicaciones que permite a una estación H.323 localizar a otra estación H.323 a través del gatekeeper, también utiliza el protocolo DNS con el mismo fin que el protocolo RAS pero a través de un servidor DNS.

2.3.1.2. Transmisión de voz:

Para la transmisión de datos se utiliza el protocolo UDP, aunque UDP no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento de los recursos (velocidad de transmisión) es mayor que con TCP.

También se utiliza el protocolo de tiempo real RTP que se encarga de los factores relativos a la temporización, etiquetando los paquetes UDP para la entrega de estos en recepción.

2.3.1.3. Control de la transmisión:

Para el control de la transmisión se utiliza el protocolo RTCP que detecta congestión en la red y aplica acciones correctoras.

Establecimiento de Llamada y Control				
Presentación				
Direccionamiento	Compresión de audio G.711 ó G.723	DTMF		Direccionamiento
RAS (H 225)	RTP/RTCP	H.245a	Q.931	DNS
Transporte UDP			Transporte TCP	
Red (IP)				
Enlace				
Física				

Figura 2.5 Pila de protocolos VOIP

Actualmente se puede partir de una serie de elementos ya disponibles en el mercado para construir las aplicaciones VoIP. Estos elementos son:

- ✓ Teléfonos IP.
- ✓ Adaptadores para PC.
- ✓ Hubs telefónicos.
- ✓ Gateways (pasarelas RTC / IP).
- ✓ Gatekeeper.
- ✓ Unidades de audio conferencia múltiple. (MCU voz)
- ✓ Servicios de directorio.

2.4. Compresión de voz

Los algoritmos de compresión reciben muestras PCM. Estos comprimen las muestras a partir de bloques de longitud que varía dependiendo el codificador, por ejemplo el tamaño básico de un bloque del estándar G 729 es 10 ms, mientras que el tamaño básico de un bloque del estándar G723.1 es 30ms.

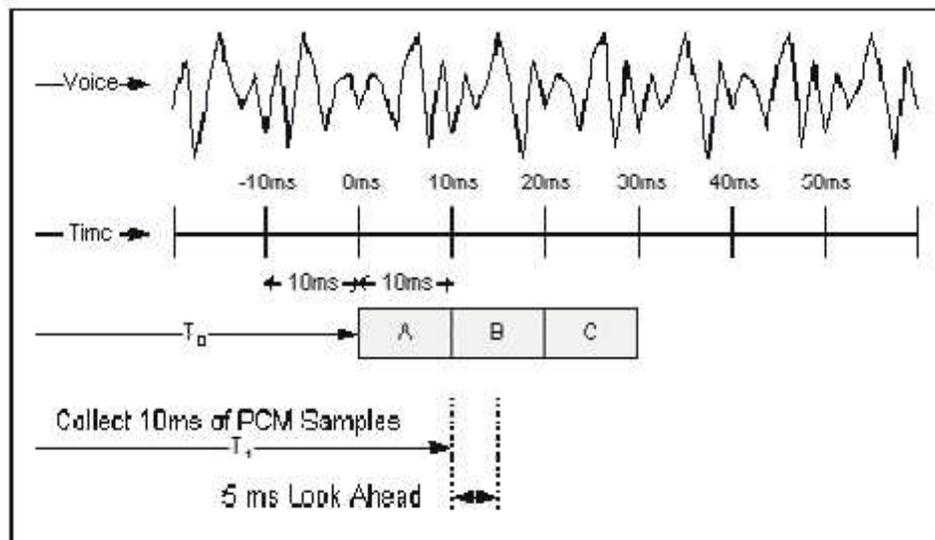


Figura 2.6 Muestreo y codificación de la señal de voz.

La señal de voz es digitalizada en tramas PCM luego de esto pasa al algoritmo de compresión en intervalos de 10 ms.

2.4.1. ESTANDAR G.711

El estándar G.711 de la ITU-T se emplea en la codificación de señales PCM implementando la “ley A” o la “ley μ ”. Obteniendo una señal digital de 64 kbps. Cuando se dispone de velocidades de red reducidas, es conveniente tratar de minimizar el requerimiento de bits por segundo. Por eso, se han desarrollado

varias recomendaciones, que reducen la velocidad de transmisión requerida, a expensas de “degradar” la calidad de la voz.

2.4.2. ESTANDAR G.729

El estándar G.729 para señales de audio desarrollado por la ITU, codifica las señales PCM a 8 kbit/s utilizando CS- ACELP. Que se fundamenta en el modelo CELP que no mantiene la estructura de onda sino que codifica el audio en base a características del oído y de la voz humana, trabajando con ventanas de audio de 10 ms que equivalen a 80 muestras u 80 bits (este valor se debe a la frecuencia de muestreo que es de 8.000 muestras por segundo).

2.4.3. ESTANDAR G.726

El estándar G.726 de la ITU-T codifica señales PCM, genera entre 16-40 kbit/s y se basa en tecnología ADPCM. El modo más utilizado frecuentemente es 32 kbit/s, ya que es la mitad de la velocidad del G.711 pero mantiene los datos de voz generados y aumenta la capacidad de utilización de la red en un 100%. ITU estandarizó G.726 por primera vez en 1984.

2.4.4. ESTANDAR G.723.1

El estándar G.723.1 fue desarrollado por la ITU, este codifica señales PCM a 6.4 kbit/s o 5.3 kbit/s utilizando ventanas de audio de 30 ms.

Para la codificación a 6.4 kbps se utiliza el algoritmo MPC-MLQ, generando 24 bytes por cada ventana de 30 ms. Para la codificación a 5.3 kbps se utiliza ACELP, generando 20 bytes por cada ventana de 30 ms.

2.5. Señalización

La señalización VoIP está distribuida en 3 áreas distintas: señalización entre la PBX origen y el enrutador, señalización entre enrutadores y señalización del enrutador a la PBX destino. Cuando el enrutador destino recibe la llamada solicitante, este genera y envía una señalización a la PBX. Después que la PBX envía un acuse de recibo, el enrutador envía los dígitos a la PBX, y genera un acuse de recibo de llamada al enrutador de origen. En una red IP (red no orientada a la conexión), la responsabilidad del establecimiento de la comunicación y de la señalización es de las estaciones finales.

RTCP es usado para establecer canales de audio. Un protocolo confiable orientado a la conexión, TCP, es utilizado entre estaciones finales para transportar los canales de señalización. RTP, el cual está soportado en UDP, es usado para el transporte del caudal de audio en tiempo real.

La **Tabla 2.1** relaciona las capas del Modelo de referencia OSI con los protocolos que utiliza el estándar H.323.

Nivel OSI	Estándar H.323
6 – Presentación	G711; G723.1; G726; G723; G728; G729
5 = Sesión	H323; H245; H225; RTCP
4 = Transporte	RTP; UDP
3 = Red	IP; RSVP; WFQ
2 = Enlace	MPLS; 802.1 D; PPP/ML(RFC 1717); ATM; Ethernet

Tabla2.1 Protocolos para VOIP

2.5.1. Direccionamiento

Se podría ver a las interfaces de voz como nuevas direcciones IP. La traducción de los dígitos marcados del PBX al host IP se realizan por medio del plan de numeración. Se vincula el número de teléfono destino con la dirección IP destino. Al recibir el enrutador el número proveniente de la PBX lo compara con los que ya han sido vinculados con alguna dirección IP que están almacenados en la tabla de enrutamiento, si hay alguna coincidencia la llamada será enrutada, después de establecer la comunicación el enlace de la intranet es transparente hacia el suscriptor.

2.6. Enrutamiento

El gran desarrollo y sofisticación de los protocolos de enrutamiento se ha convertido en una de las fortalezas IP. Características especiales como políticas de enrutamiento y uso de lista de acceso hacen posible crear esquemas de enrutamiento altamente seguros para el tráfico de voz. RSVP puede ser utilizado por las puertas de enlace VoIP para asegurar que el tráfico se transportará a través de la red por el mejor y más corto camino, esto puede incluir segmentos de redes como ATM o Redes LAN conmutadas.

2.7. Protocolo SIP

El Protocolo de Inicio de Sesión fue desarrollado por el grupo de trabajo de Ingeniería de Internet su estándar es el RFC 3261. El protocolo SIP utiliza funciones aportadas por otros protocolos como RTSP para el control de flujos y sesión, SDP para describir los flujos, RTP/RTCP para el transporte de datos en tiempo real y RSVP para la calidad del servicio y reserva de recursos.

La Figura 2.7 presenta la pila de protocolos para el protocolo SIP.

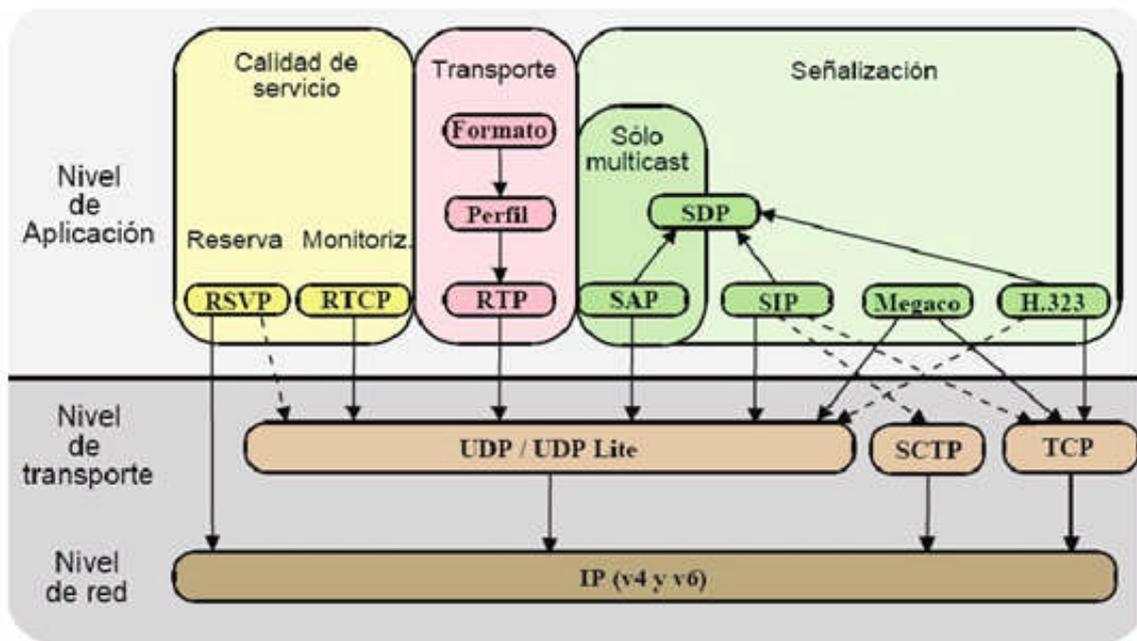


Figura2.7 Esquema de protocolos bajo transmisión SIP.

En el modelo TCP/IP SIP es un protocolo de la capa de aplicación y coexiste con otros protocolos, como lo hace el estándar H323, entre sus características más relevantes son:

- ❖ Es basado en texto
- ❖ Sintaxis similar a HTTP y SMTP
- ❖ Utiliza URLs
- ❖ Mensajería básica INVITE, ACK, BYE, CANCEL REGISTER, OPTIONS
- ❖ Los mensajes se clasifican en transacciones y llamadas
- ❖ Maneja el concepto de Terminal de usuario
- ❖ Localización basada en DNS

SIP establece un ambiente cliente-servidor debido a esto el cliente envía peticiones que el servidor responde con una o más respuestas. Por ejemplo si se desea iniciar una sesión el cliente envía una petición con el método INVITE en donde indica con qué usuario (o recurso) quiere establecer la sesión.

El servidor responde ya sea denegando o aceptado la petición. Las respuestas llevan un código de estado que proporcionan información con respecto a si las peticiones fueron procesadas con éxito o si se generó un error. Por lo que una transacción consiste en una petición inicial y todas sus respuestas, por defecto los servidores utilizan el puerto 5060 en TCP y UDP para recibir las peticiones de los clientes SIP.

Funcionamiento del protocolo

SIP permite sesiones multimedia entre dos o más usuarios. Basándose en el intercambio de mensajes entre quienes desean comunicarse. El protocolo define:

Agentes de Usuario

Estos son los puntos extremos del protocolo, un videoteléfono, teléfono, cliente de software (softphone) en otras palabras son los que generan y consumen los mensajes del protocolo SIP, un agente de usuario puede actuar como cliente (agente de usuario cliente UAC) o como servidores (agente de usuario servidor UAS). Funcionan como UAC cuando generan una petición y funcionan como UAS cuando la reciben.

La Figura ilustra este comportamiento.

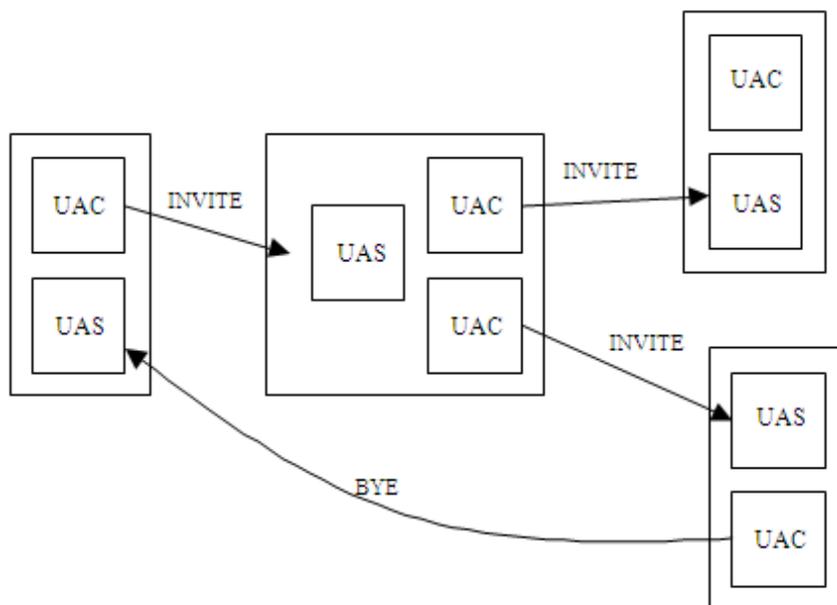


Figura 2.8 Esquema de comunicación protocolo SIP.

2.7.1. Servidores de Registro

Cada usuario tiene una dirección lógica (usuario@dominio) que no se altera respecto de la ubicación física del usuario. La ubicación física (denominada "dirección de contacto") depende en donde el usuario está conectado (dirección IP).

Cuando un usuario inicializa su terminal (ya sea su teléfono o abriendo su software de telefonía SIP) se envía una petición con el método REGISTER a un Servidor de Registro, indicando a qué dirección (ubicación física) debe asociarse la dirección lógica del usuario. Esta asociación dirección lógica con dirección física es realizada por el servidor de registro y la asociación tiene que ser renovada o si no caduca.

La Figura 2.9 indica este proceso.

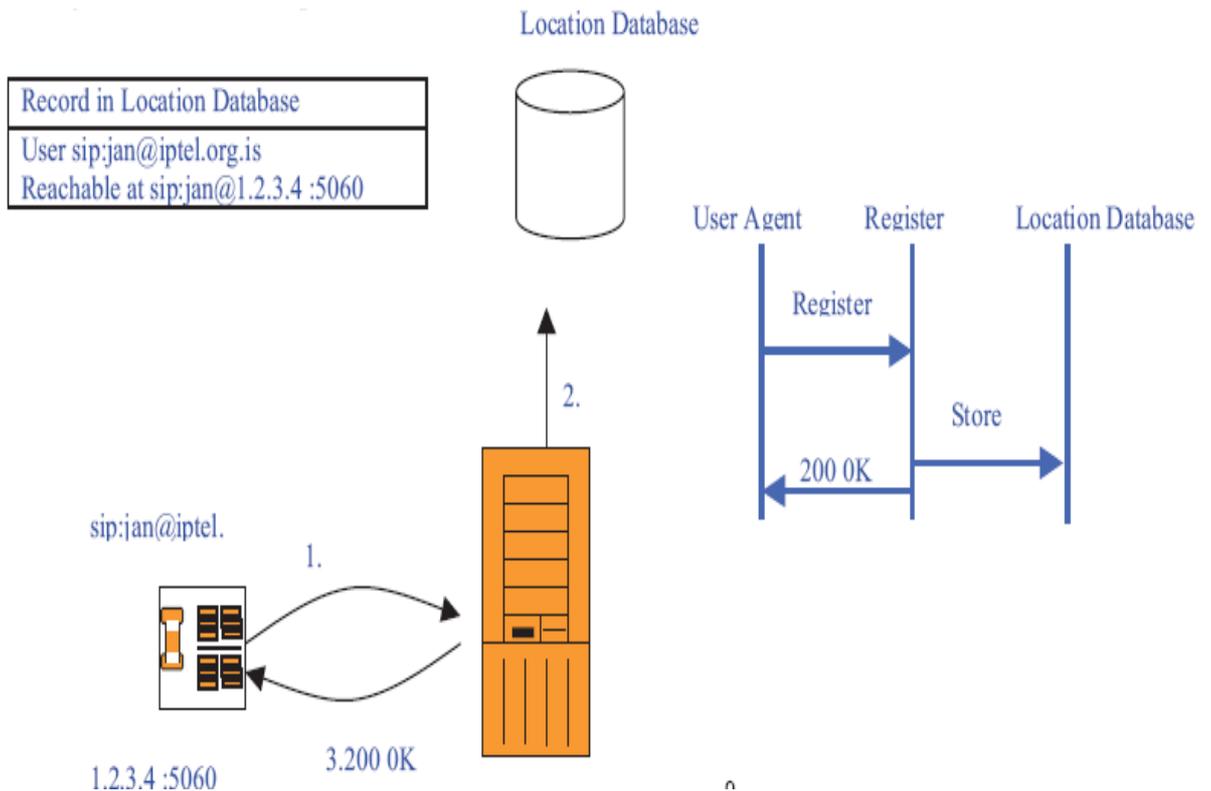


Figura 2.9 Registro SIP.

2.7.2. Servidores Proxy y de Redirección

Un servidor Proxy SIP sirve para dirigir un mensaje (petición) entre un agente de usuario cliente y un agente de usuario servidor o desde un agente de usuario a otro agente de usuario y pueden actuar de dos maneras:

Proxy Encaminando el mensaje hacia destino

Redirector Generando una respuesta que indica al origen la dirección destino o de otro servidor que lo acerque al destino.

La diferencia entre el servidor Proxy y el servidor de redirección es que el servidor Proxy queda formando parte del camino entre el UAC y el (o los) UAS, mientras que el servidor de redirección una vez que indica al UAC cómo alcanzar el siguiente punto ya no interviene más.

Un mismo servidor puede actuar como Redirector o como Proxy dependiendo de la situación.

2.7.3. Mensajes SIP

Los mensajes SIP están conformados de una línea inicial, encabezado del mensaje y el cuerpo del mensaje como se indica en la Figura 1.10.



Figura 2.10 Mensajes SIP

La línea inicial contiene la versión del protocolo, direcciones involucradas.

El encabezado contiene información de la llamada como origen, destino de la petición y la contiene en forma de texto.

El cuerpo del mensaje o carga útil (PAYLOAD) lleva la información.

Tipos de Mensajes:

INVITE	se usa para iniciar una sesión es enviado desde el UAC hacia el UAS
ACK	se usa para pedir al extremo llamado confirmación
BYE	se usa para finalizar la sesión
CANCEL	se usa para cancelar una sesión que no se ha completado
REGISTER	se usa para que el Proxy sepa de donde provienen los mensajes

Tabla 2.2 Cuerpo del mensaje SIP.

2.8. Comparación entre H.323 y SIP

H.323 y SIP se utilizan para el establecimiento y señalización de llamadas, intercambio de capacidades, control de medios y servicios adicionales sobre redes IP. A continuación se establecen similitudes y diferencias entre ambas tecnologías.

SIMILITUDES:

- Ambos permiten llamadas de dos o múltiples terminales
- Ambos soportan negociación de parámetros, codificación y los protocolos RTP / RTCP.

DIFERENCIAS:

- H.323 es un estándar extenso, complejo y rígido, que especifica todo el conjunto de protocolos en cada capa del modelo de referencia OSI lo que facilita la tarea de interoperabilidad pero es difícil de adaptar a las nuevas aplicaciones.
- SIP es un protocolo de Internet típico que funciona intercambiando líneas cortas de texto ASCII, interactúa bien con otros protocolos de Internet. Es altamente

modular y flexible, y se puede adaptar con facilidad a las nuevas aplicaciones.

- H323 especifica servicios mientras que SIP especifica señalización e inicialización.
- H323 codifica la información en binario mientras que SIP codifica en modo texto.
- La interconexión con la PSTN es fundamental para el éxito de la telefonía IP, H.323 cuenta con un punto a su favor en este aspecto al estar definida la compatibilidad con la PSTN en el propio estándar.
- H.323 no establece relación con protocolos de la red como HTTP, o los de correo electrónico (SMTP, POP3, etc.). Mientras que SIP si lo hace.

A continuación se presenta una tabla comparativa entre SIP y H.323.

ELEMENTO	H.323	SIP
Diseñado por	ITU	IETF
Arquitectura	Distribuida	Distribuida
Control de llamadas	Gatekeeper	Servidor Proxy, redirección
Endpoints	Gateway, terminal	User Agent
Compatibilidad con PSTN	Si	Ampliamente
Señalización de llamadas	Q.931 sobre TCP	SIP sobre TCP o UDP
Formato de mensajes	Binario	ASCII
Transporte de medios	RTP/RTCP	RTP/RTCP
Llamadas de múltiples partes	Si	Si
Direccionamiento	Host o numero telefónico	URL's
Encriptación	Si	Si

Tabla2.3 Disponibilidad de servicios en SIP y H.323

CONCLUSIONES

H.323 y SIP son protocolos usados para aplicaciones de VoIP.

H.323 y SIP fueron concebidos con enfoques diferentes. SIP fue diseñado como un protocolo para iniciación de sesiones no enlazado a ningún medio específico como audio o video mientras que el enfoque de H.323 es el de manejar voz y aplicaciones multimedia.

2.9. Aspectos de VoIP

2.9.1. Consumo de bps o velocidad de transmisión

Alcanzar transportar voz de alta calidad telefónica sobre IP en tiempo real no es una tarea fácil ya que requiere manejo de las capacidades de la red que permita el control del tráfico, protocolos de tiempo real (TCP/IP no lo son) y velocidades de transmisión “dedicadas” durante el tiempo en el que se realice la llamada.

Pero estos factores se están superando ya sea por mejoras en los algoritmos de compresión y la sofisticación de los actuales protocolos de enrutamiento.

2.9.2. Calidad de servicio (QoS)

La calidad de servicio (QoS) es el rendimiento de extremo a extremo de los servicios electrónicos tal como lo percibe el usuario final. Este se basa en los siguientes parámetros:

El retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes.

En base a los parámetros antes mencionados se establecen políticas de calidad de servicio que principalmente se enfocan en:

- Asignar velocidades de transmisión en forma dedicada.
- Evitar y/o administrar la congestión en la red.
- Manejar prioridades de acuerdo al tipo de tráfico.
- Modelar el tráfico de la red.

Así la comunicación sobre IP (al igual que la telefonía convencional) debe tener características de tiempo real, desafortunadamente TCP/IP no puede garantizar este tipo de particularidad, de modo que se deben introducir políticas para alcanzar lo antes mencionado. Estas políticas son:

Campo TOS en el protocolo IP:

Este campo sirve para indicar prioridades de tráfico: los altos valores indican poca urgencia, mientras que los más bajos indicaran urgencia (respuesta en tiempo real).

2.9.3. Métodos de solución para paquetes en cola:

Los arribos de paquetes tienen un flujo superior a la salida de los mismos en un punto de gestión debido al procesamiento de los mismos, lo que conlleva a la formación de colas (salida de paquetes de información es menor a la entrada de los mismos) a continuación se enumeran los principales métodos de solución de colas.

FIFO es el método más común, donde sale primero el paquete que llegó en primer lugar.

WFQ consiste en una transmisión equilibrada de paquetes considerando la velocidad de transmisión disponible y al tipo de flujo de datos que se esté transmitiendo, por ejemplo por cada paquete UDP habrá un paquete TCP.

CQ en esta opción los usuarios deciden la prioridad del paquete.

PQ en esta opción se establece un número de colas (típicamente 4), cada una con prioridad diferente: se inicia transmitiendo los paquetes de la primera cola y cuando la primera cola está vacía se envían los paquetes de la segunda cola y así sucesivamente.

CB-WFQ es muy similar a WFQ pero se adiciona el concepto de clases (hasta 64) y además velocidades de transmisión asociadas.

Capacidad de limitación, lo cual permite establecer límites para:

- ✓ Descarga.
- ✓ Carga.
- ✓ Prevención de congestión.

2.9.4. Retardo

Entendiendo todos los posibles causales de retardo en una red es posible mantener la red en un estado aceptable. La calidad de la voz es función de muchos factores:

- Los algoritmos de compresión
- Perdidas y retransmisiones de tramas
- La cancelación del eco y los retardos

A continuación se esbozan los posibles retardos en una comunicación.

2.9.4.1. Límites de los retardos (UIT G.114).

Rango(ms)	Descripción
0-150	Aceptable para las aplicaciones más comunes.
150-400	Aceptable, teniendo en cuenta que un administrador de red conozca las necesidades del usuario.
Sobre 400	Inaceptable para la mayoría de planeaciones de red, sin embargo, este límite puede ser excedido en algunos casos aislados.

Tabla 2.4 Clasificación de tipos de llamadas

2.9.4.2. Fuentes de retardo.

Se clasifican en dos tipos:

Retardo fijo, se adiciona directamente al total del retardo de la conexión.

Retardo variable, se adiciona por demoras en las colas de los buffer.

A continuación se identifican todos los posibles retardos, fijos o variables, en una red.

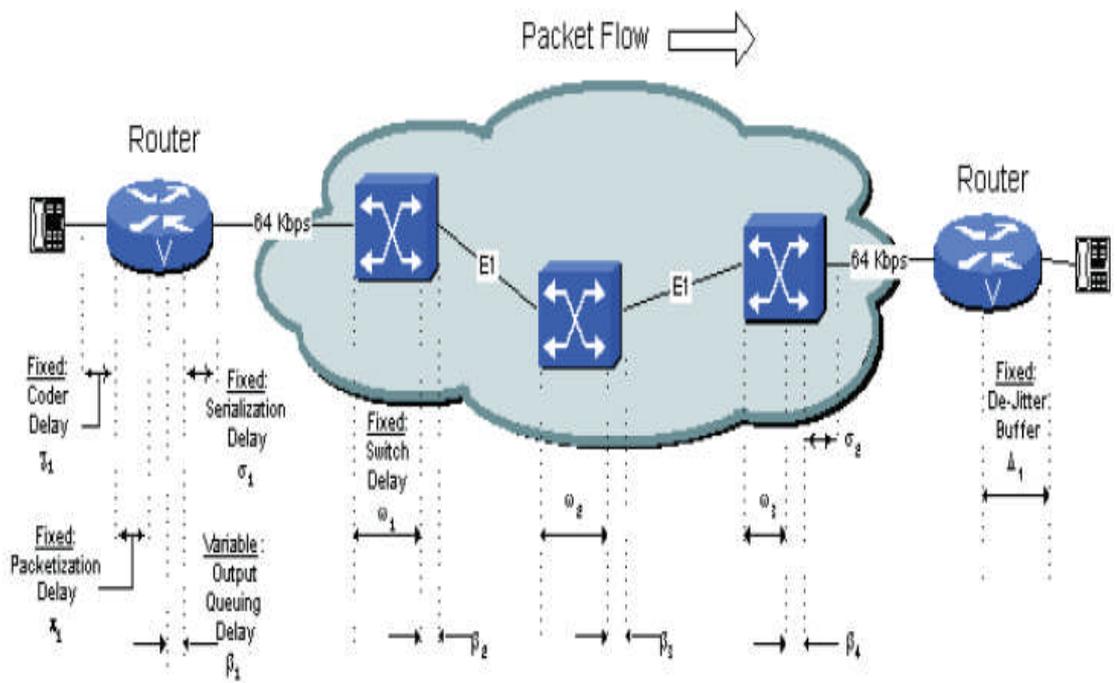


Figura 2.11 Retardos en una llamada VoIP

2.9.4.3. Retardo por codificación. Es el tiempo que tarda el DSP en comprimir un bloque de muestras PCM, como los codificadores trabajan en diferentes formas, este retardo varía dependiendo del codificador de voz, de la velocidad y carga del procesador.

A continuación en la tabla se enumeran los retardos según el algoritmo de compresión mejor y peor alternativa de retardo por codificación.

Codificador	Rate	Tamaño de muestra requerida	Mejor Opción	Peor Opción
ADPCM, G.726	32 Kbps	10 ms	2.5 ms	10 ms
CS-ACELP, G.729	8.0 Kbps	10 ms	2.5 ms	10 ms
MP-MLQ, G.723.1	6.3 Kbps	30 ms	5 ms	20 ms
MP-ACELP, G.723.1	5.3 Kbps	30 ms	5 ms	20 ms

Tabla 2.5 Retardos por codificación según codificador

2.9.4.4. Retardo por paquetización. Es el retardo para completar un paquete de información con carga útil (conversación codificada y comprimida.) Este retardo es función del tamaño de bloque requerido por el codificador de voz y el número de bloques encapsulados en una sola trama.

La Tabla 2.6 indica los retardos de paquetización más comunes

Codificador	Rate	Carga Útil	Retardo de Paquetización	Carga Útil	Retardo de Paquetización
PCM, G.711	64 kbps	160 Bytes	20 ms	240 Bytes	30 ms
ADPCM, G.726	32 Kbps	80 Bytes	20 ms	120 Bytes	30 ms
CS-ACELP, G.729	8.0 Kbps	20 Bytes	20 ms	30 Bytes	30 ms
MP-MLQ, G.723.1	6.3 Kbps	24 Bytes	24 ms	60 Bytes	48 ms
MP-ACELP, G.723.1	5.3 Kbps	20 Bytes	30 ms	60 Bytes	60 ms

Tabla 2.6 Retardo por paquetización

2.9.4.5. Retardo por conmutador de red. Las redes publicas de Frame Relay, ATM o enlaces satelitales conectan nodos finales y son las causantes de los grandes retardos de las conexiones de redes a nivel WAN, en este campo los enlaces satelitales son los que más imponen retardo, a su vez son los más complejos de cuantificar.

2.9.5. Pérdida de paquetes

La pérdida de paquetes es un problema fundamental de las redes porque los errores de transmisión pueden corromper los bits y retardar la transmisión El porcentaje de pérdida de paquetes que ocurre en una red depende básicamente del proveedor de acceso que suministra el enlace. Y la calidad de este enlace depende de la tecnología que ocupe tanto en el sentido conceptual (ADSL, cable-modem, enlaces satelitales, etc...) como en el sentido del software y hardware (equipos de ultima generación).

2.9.6. Seguridad

La enorme disponibilidad de las redes es un punto sensible. Consiguiendo una entrada en una parte clave de la infraestructura, como una puerta de enlace, se pueden capturar paquetes y tener acceso a información confidencial o suplantar identidades.

2.10. Telefonía IP comparada con Telefonía convencional

En la telefonía tradicional los recursos de una llamada telefónica no pueden ser utilizados por otra llamada hasta que la primera no finaliza.

Como en la telefonía IP el cambio ocurre en la red de transporte, red basada en el protocolo IP de conmutación de paquetes. El transporte de los paquetes que contienen la voz puede tomar diversidad de caminos y no monopolizar un recurso.

En cuanto a la red de acceso (bucle de abonado), puede ser el mismo para los dos casos. Los elementos que se necesitan para realizar llamadas vocales a través de una red IP pueden ser terminales IP o no IP en este caso se necesita de un adaptador (analógico-digital) para que transforme las señales análogas de la voz en señales digitales. Hay que

señalar que en el caso de que uno o ambos extremos de la comunicación telefónica sean un terminal IP, es importante conocer de qué modo están conectados a Internet. Si es de forma permanente o no. Si es de forma no permanente, por ejemplo, a través de un vía módem convencional (acceso dial-up), la comunicación solo se podrá realizar en el momento en que el usuario dial-up esté conectado a Internet.

2.11. Escenarios de la voz IP en servicios de telefonía

Deben distinguirse los escenarios bajo el criterio si el terminal es IP o analógico así tendríamos los siguientes escenarios

- Llamadas teléfono a teléfono
- Llamadas PC a teléfono o viceversa
- Llamadas PC a PC

2.11.1. Llamadas teléfono a teléfono

En este caso tanto el origen como el destino necesitan ponerse en contacto con un gateway. Supongamos que el teléfono A descuelga y solicita efectuar una llamada a B.

El gateway de A solicita información al gatekeeper sobre como alcanzar a B, y éste le responde con la dirección IP del gateway que da servicio a B. entonces el gateway de A convierte la señal analógica del teléfono A en un flujo de paquetes IP que encamina hacia el gateway de B, una vez recibido el flujo de datos el gateway de B va regenerando la señal analógica a partir del caudal de paquetes IP. Entonces el gateway de B se encarga de enviar la señal analógica al teléfono B.

Por tanto tenemos una comunicación telefónica convencional entre el teléfono A y su gateway (gateway A), una comunicación de datos a través de una red IP, entre el gateway A y el gateway B, y una comunicación telefónica convencional entre el gateway que da servicio al teléfono B (gateway B) y el teléfono B. Por tanto tenemos dos llamadas telefónicas convencionales, y una comunicación IP.

2.11.2. Llamadas PC a teléfono o viceversa

En este caso sólo un extremo necesita ponerse en contacto con un gateway. El PC debe contar con una aplicación que sea capaz de establecer y mantener una llamada telefónica.

2.11.3. Llamadas PC a PC

Ambos computadores sólo necesitan una aplicación encargada de gestionar la llamada telefónica, y estar conectados a la red IP para poder efectuar una llamada IP.

2.11.4. Ventajas y Desventajas

2.11.4.1. Ventajas

- ✓ Combinar el transporte de voz y datos en una sola red (datos) en vez de dos es beneficioso para cualquier operador que ofrezca ambos servicios, reflejándose esto en gastos inferiores, debido al uso de una sola red, por ejemplo en el mantenimiento de la red ya que solo se necesita personal calificado para dar soporte a una sola tecnología.
- ✓ Precios de servicio telefónico muy bajos estabilizando el precio en un valor uniforme por ejemplo una llamada desde Japón a Ecuador tendría el mismo valor que si se realizara entre Quito y Guayaquil.
- ✓ No se tendría que pagar por nuevos equipos ya que se utilizara el equipo existente en la red como enrutador, switches, hub, en vez de los caros o complicados switches para teléfonos.
- ✓ VoIP posibilita desarrollar una única red convergente que se encargue de cursar todo tipo de comunicación, ya sea voz, datos, video o cualquier tipo de información.
- ✓ En la telefonía IP los recursos que intervienen en la realización de una llamada pueden ser utilizados en otra ya que no se requiere un circuito físico durante la conversación.
- ✓ Las redes de conmutación por paquetes proveen alta calidad telefónica utilizando una velocidad de transmisión incluso mas bajo que el de la telefonía clásica, por ejemplo hay algoritmos de compresión pueden reducir hasta 8kbps la velocidad para digitalización de la voz.

2.11.4.2. Desventajas

- ✓ En redes de datos los paquetes están sujetos a perdidas o que un paquete nunca llegue a su destino por lo que transportar la información dividida en paquetes tiene riesgos por que estos pueden perderse, y además no hay una garantía sobre el tiempo que tardarán en llegar de un extremo al otro de la comunicación.
- ✓ Con respecto a seguridad , como la información viaja en sobre una red publica cualquiera puede capturar (con la aplicación adecuada) la información (llamadas) y conocer su contenido o puede capturar y reemplazarla(secuestro).
- ✓ Se cambia confiabilidad por precio y unificación.
- ✓ VoIP también presenta el limite que tiene la PSTN de no puede prestar servicio a todos sus clientes (por ejemplo, una llamada GSM no puede manejar más de algunos cientos o un par de miles de clientes).

- ✓ Como el servicio se esta prestando en redes privadas (y en consecuencia a pocos usuarios) con buenos resultados, en cambio en una red pública Internet, los niveles de calidad telefónica son bajos pues tal red no puede proveer velocidades de transmisión dedicadas ni equiparar la fluctuación de carga que se presenta.

CAPITULO 3

3. REDES SATELITALES

Un satélite puede definirse como un repetidor radioeléctrico ubicado en el espacio, que recibe señales generadas en la tierra, las amplifica y las vuelve a enviar a la tierra, ya sea al mismo punto donde se origino la señal u otro punto distinto.

Una red satelital consiste de un transponder (dispositivo receptor-transmisor), una estación basada en tierra que controla su funcionamiento y una red de usuario, de las estaciones terrestres, que proporciona las facilidades para transmisión y recepción del tráfico de comunicaciones, a través del sistema de satélite.

3.1. Características de las Redes Satelitales

- ✓ Las transmisiones son realizadas a altas velocidades en Giga Hertz.
- ✓ Son muy costosas, por lo que su uso se ve limitado a grandes empresas y países
- ✓ Rompen las distancias y el tiempo.

3.2. Elementos de las Redes Satelitales

Transponders

Es un dispositivo que realiza la función de recepción y transmisión. Las señales recibidas son amplificadas antes de ser retransmitidas a la tierra. Para evitar interferencias les cambia la frecuencia.

Estaciones terrenas

Las estaciones terrenas controlan la recepción con el satélite y desde el satélite, regula la interconexión entre terminales, administra los canales de salida, codifica los datos y controla la velocidad de transferencia.

Consta de 3 componentes:

Estación receptora: Recibe toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite.

Antena: Debe captar la radiación del satélite y concentrarla en un foco donde esta ubicado el alimentador. Una antena de calidad debe ignorar las interferencias y los ruidos en la mayor medida posible.

Estos satélites están equipados con antenas receptoras y con antenas transmisoras. Por medio de ajustes en los patrones de radiación de las antenas pueden generarse cubrimientos globales, cubrimiento a solo un país (satélites domésticos), o conmutar entre una gran variedad de direcciones.

Estación emisora: Esta compuesta por el transmisor y la antena de emisión.

La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena. Esta señal debe ser captada por la antena receptora. Para cubrir el trayecto ascendente envía la información al satélite con la modulación y portadora adecuada.

Como medio de transmisión físico se utilizan medios no guiados, principalmente el aire. Se utilizan señales de microondas para la transmisión por satélite, estas son unidireccionales, sensibles a la atenuación producida por la lluvia, pueden ser de baja o de alta frecuencia y se ubican en el orden de los 100 MHz hasta los 10 GHz.

3.3. Clasificación de las Transmisiones Satelitales

Las transmisiones de satélite se clasifican como bus o carga útil. La de bus incluye mecanismos de control que apoyan la operación de carga útil. La de carga útil es la información del usuario que será transportada a través del sistema.

Uno de los requisitos más importantes del sistema es conseguir que las estaciones sean lo más económicas posibles para que puedan ser accesibles a un gran número de usuarios, lo que se consigue utilizando antenas de diámetro chico y transmisores de baja potencia. Sin embargo hay que destacar que es la economía de escala (en aquellas aplicaciones que lo permiten) el factor determinante para la reducción de los costos.

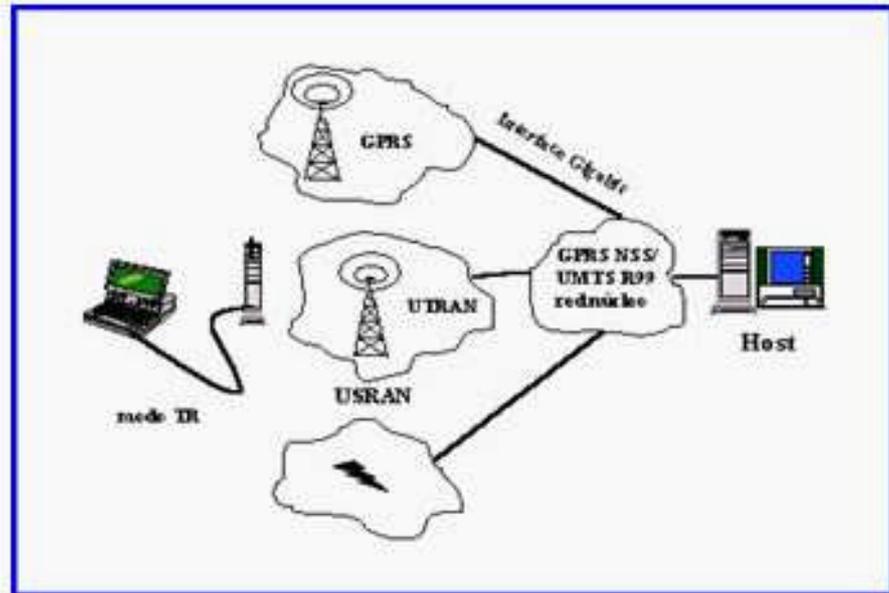


Figura 3.12 Transmisiones Satelitales

3.4. Modelos de enlace del sistema satelital

Esencialmente, un sistema satelital consiste de tres secciones básicas: una subida, un transponder satelital y una bajada.

3.4.1. Modelo de subida

El principal componente dentro de la sección de subida, de un sistema satelital, es el transmisor de la estación terrena. Un típico transmisor de la estación terrena consiste de un modulador de IF, un convertidor de microondas de IF a RF, un amplificador de alta potencia (HPA) y algún medio para limitar la banda del espectro de salida (un filtro pasa-banda de salida).

El modulador de IF convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM, en PSK o en QAM. El convertidor (mezclador y filtro pasa-banda) convierte la IF a una frecuencia de portadora de RF apropiada. El HPA proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transponder del satélite. Los HPA comúnmente usados son klystrons y tubos de onda progresiva.

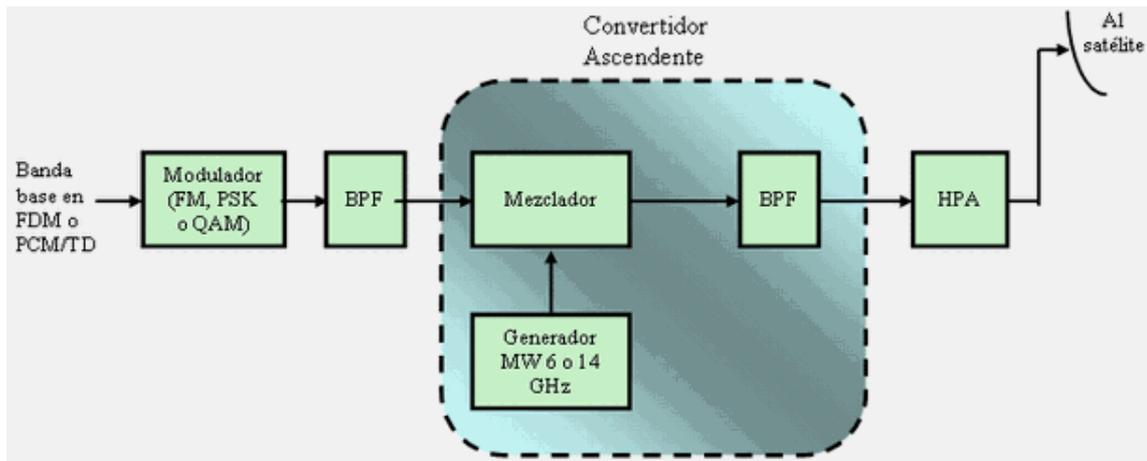


Figura 3.13 Modelo de subida del sistema satelital.

3.4.2. Transponder

Un típico transponder satelital consta de un dispositivo para limitar la banda de entrada (BPF), un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA), un translador de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasa-bandas de salida.

El transponder es un repetidor de RF a RF. Otras configuraciones de transponder son los repetidores de IF, y de banda base, semejantes a los utilizados en los repetidores de microondas.

El BPF de entrada limita el ruido total aplicado a la entrada del LNA (un dispositivo normalmente utilizado como LNA, es un diodo túnel).

La salida del LNA alimenta un translador de frecuencia (un oscilador de desplazamiento y un BPF), que se encarga de convertir la frecuencia de subida de banda alta a una frecuencia de bajada de banda baja.

El amplificador de potencia de bajo nivel, que es comúnmente un tubo de ondas progresivas (TWT), amplifica la señal de RF para su posterior transmisión por medio de la bajada a los receptores de la estación terrena.

También pueden utilizarse amplificadores de estado sólido (SSP), los cuales en la actualidad, permiten obtener un mejor nivel de linealidad que los TWT.

La potencia que pueden generar los SSP, tiene un máximo de alrededor de los 50 Watts, mientras que los TWT pueden alcanzar potencias del orden de los 200 Watts.

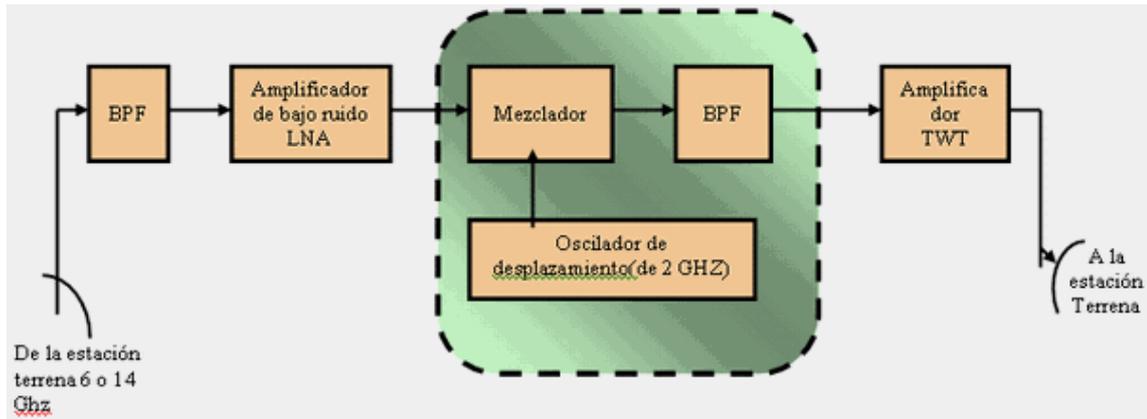


Figura 3.14 Transponder.

3.4.3. Modelo de bajada

Un receptor de estación terrena incluye un BPF de entrada, un LNA y un convertidor de RF a IF. El BPF limita la potencia del ruido de entrada al LNA. El LNA es un dispositivo altamente sensible, con poco ruido, tal como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. El convertidor de RF a IF es una combinación de filtro mezclador/pasa-bandas que convierte la señal de RF a una frecuencia de IF.

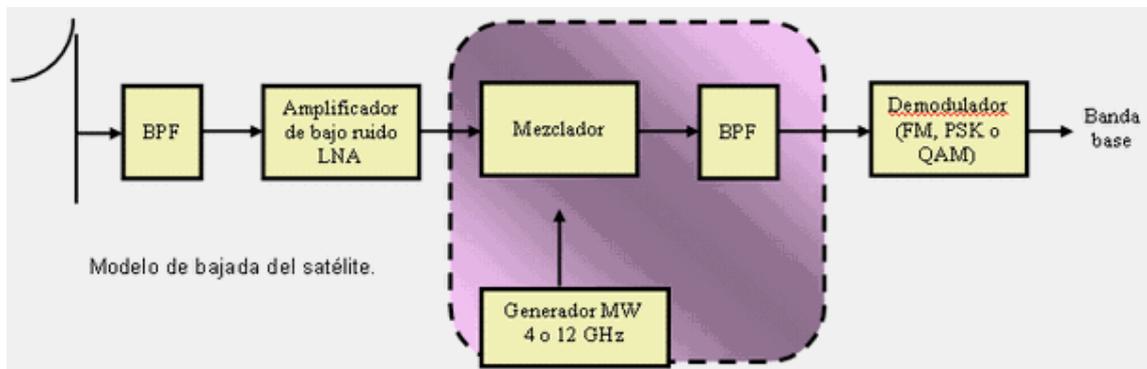


Figura 3.15 Modelo de bajada del sistema satelital.

3.5. Satélites orbitales

Los satélites orbitales o también llamados no síncronos, giran alrededor de la Tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud. Si el satélite está girando en la misma dirección que la rotación de la Tierra y a una velocidad angular superior que la de la Tierra, la órbita se llama órbita progrado. Si el satélite está girando en la dirección opuesta a la rotación de la Tierra, o en la misma dirección, pero a una velocidad angular menor a la de la Tierra, la órbita se llama órbita retrograda.

De esta manera, los satélites no síncronos están alejándose continuamente o cayendo a tierra y no permanecen estacionarios en relación a ningún punto en particular de la Tierra. Por lo tanto los

satélites no síncronos se tiene que usar cuando están disponibles, lo cual puede ser un corto periodo de tiempo, como 15 minutos por órbita.

Otra desventaja de los satélites orbitales es la necesidad de equipo complicado y costoso para rastreo en las estaciones terrestres. Cada estación terrestre debe localizar el satélite conforme esta disponible en cada órbita y después unir sus antenas al satélite y localizarlo cuando pasa por arriba. Una gran ventaja de los satélites orbitales es que los motores de propulsión no se requieren a bordo de los satélites para mantenerlos en sus órbitas respectivas.

Otros parámetros característicos de los satélites orbitales, son el apogeo y perigeo. El apogeo es la distancia más lejana, de la Tierra, que un satélite orbital alcanza, el perigeo es la distancia mínima; la línea colateral, es la línea que une al perigeo con el apogeo, en el centro de la Tierra. Se observa en la imagen a continuación, que la órbita del satélite la cual es altamente elíptica, con un apogeo de aproximadamente 40000 km y un perigeo de aproximadamente 1000 km.

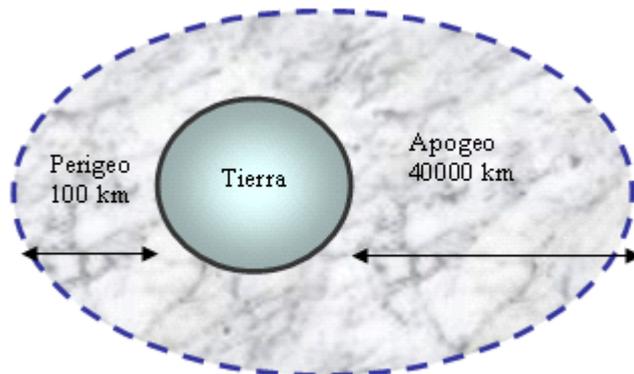


Figura 3.16 Órbita del satélite.

3.6. Satélites geoestacionarios

Los satélites geoestacionarios o geosíncronos son satélites que giran en un patrón circular, con una velocidad angular igual a la de la Tierra. Por lo tanto permanecen en una posición fija con respecto a un punto específico en la Tierra. Una ventaja obvia es que están disponibles para todas las estaciones de la Tierra, dentro de su sombra, el 100% de las veces.

La sombra de un satélite incluye a todas las estaciones de la Tierra que tienen un camino visible a el y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Una desventaja obvia es que a bordo, requieren de dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijos en una órbita. El tiempo de órbita de un satélite geosíncrono es de 24 h, igual que la Tierra.

3.6.1. Parámetros típicos de la órbita geoestacionaria

Es posible calcular algunos parámetros típicos de la órbita geoestacionaria, tales como la altura del satélite, o la velocidad del mismo, partiendo de las leyes básicas de la Física.

Como es sabido un satélite geoestacionario tiene un periodo de rotación igual al de la Tierra, por lo tanto deberemos saber con exactitud dicho periodo de rotación. Para ello se considera el día sidéreo, que es el tiempo de rotación de la Tierra medido con respecto a una estrella lejana y que difiere del díasolar o medido con respecto al sol.

La duración de este día sidereo es de 23h 56 min. 4.1seg, y es el tiempo que se utiliza para los cálculos.

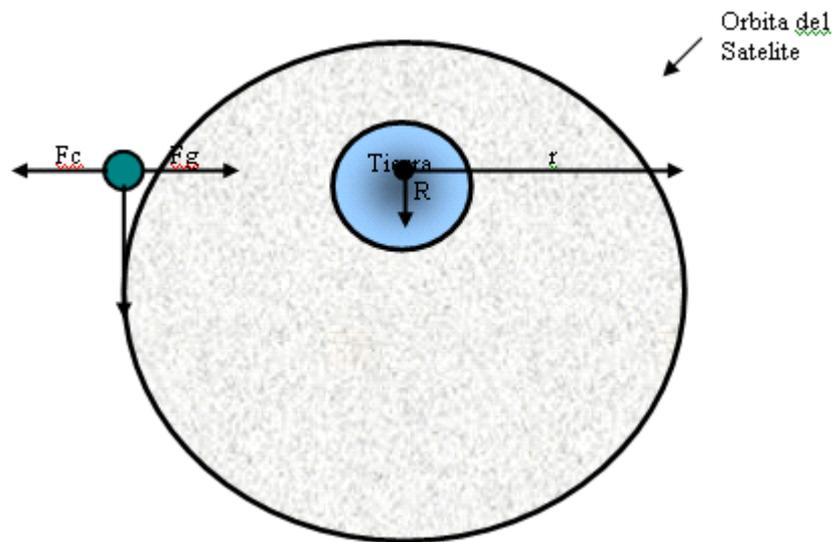


Figura 3.17 Parámetros típicos de la órbita geoestacionaria.

CAPITULO 4

4. VOZ SOBRE IP EN REDES SATELITALES

4.1. Voz Sobre IP en Satélites

En el mundo actual las telecomunicaciones cambian a una velocidad vertiginosa, lo que corresponde a las telecomunicaciones por satélite avanza a un ritmo aún mayor. Los enlaces por satélite ya son utilizados actualmente para proporcionar servicios de datos basados en IP, especialmente a zonas remotas cuya infraestructura terrestre es limitada. Por otro lado, las redes satelitales emergentes con múltiples haces de transmisión y procesamiento a bordo, brindando nuevas capacidades para enrutar dinámicamente la información entre los distintos haces, estando dentro de las exigencias de las comunicaciones en tiempo real (VoIP).

Veamos mas acerca de las telecomunicaciones por satélite para después establecer VoIP en comunicaciones satelitales.

4.2. El Satélite

El satélite representa un importante soporte para el despliegue de nuevos productos y servicios, debido a su cobertura mundial y lo que no necesitan gran infraestructura terrestre, a más de equipamiento de usuario (VSAT very small antenna terminal), que le permiten fácilmente ofrecer servicios en lugares donde las redes terrestres no lo hacen y si quisieran hacerlo tendrían que hacer una fuerte inversión, por ejemplo ofrecer servicio en islas, Antártica, Amazonia, además los sistemas satelitales ofrecen servicios de ultima generación similares a sus homólogos terrestres permitiendo brindar servicios como VoIP, veamos los componentes satelitales que influyen en las comunicaciones VoIP.

- ▲ Velocidad de transmisión
- ▲ Jitter
- ▲ Retardo de extremo a extremo
- ▲ Perdidas de paquetes

4.2.1. Velocidad de transmisión

Actualmente las comunicaciones hacia los satélites se realizan mediante las VSAT que son terminales con tamaños típicos de antenas entre 1 m y 2 m que permiten comunicación bidireccional a través del satélite. En este tipo de sistemas se tiene disponibilidad de grandes velocidades de transmisión, el esquema se representa en la Figura 4.1.

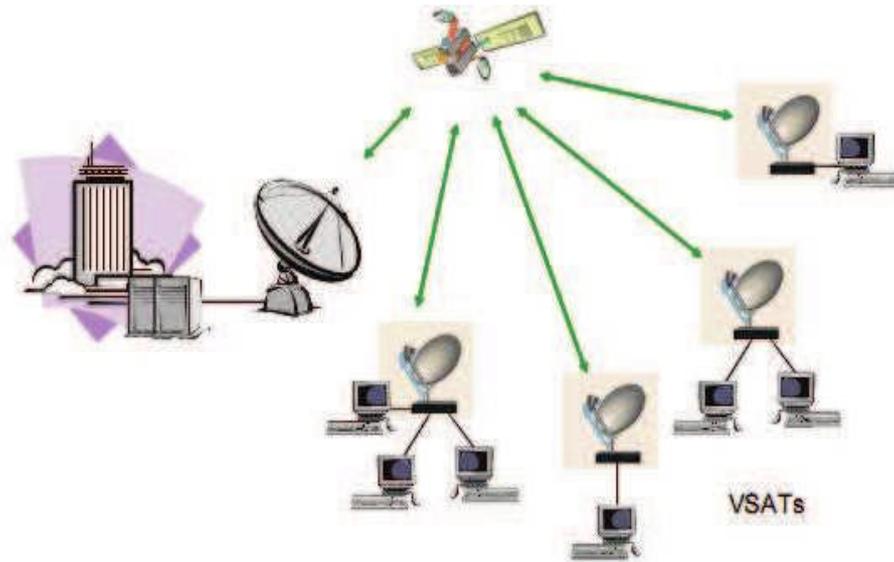


Figura4.18 Redes VSAT

4.2.2. Jitter

Se define Jitter a la variación entre el tiempo real de llegada de un bit respecto al tiempo de llegada teórico y este se incrementa entre más saltos o enlaces tenga que pasar un bit para llegar al destino, como en un entorno satelital se tiene tres saltos o puntos concéntricos de red (origen-Satélite-Destino) los enlaces por satélite ofrecen valores de Jitter muy pequeños cuyo efecto en la transmisión de paquetes es despreciable.

4.2.3. Retardo de extremo a extremo

Este depende de sistema satelital que se use ya sea LEO o GEO en los sistemas GEO (satélites que se usa en el estándar DVB-RCS) se posiciona a los satélites aproximadamente a 36000 Km. del eje ecuatorial. Esta distancia permite tener menos satélites para cubrir la totalidad de la superficie terrestre. Sin embargo adolecen de un retraso (latencia) de 0.24 segundos por salto satelital pero este retardo solo se refiere al transporte de la información a este hay que agregarle los retardos de procesamiento en cada punto de la red que se aproxima a 0,08 por punto de enlace y como tenemos tres puntos el retardo total aproximado de procesamiento es 0.024. Teniendo en total por salto satelital (origen-satélite-destino) aproximadamente 0.264 ms.

4.2.4. Pérdidas de paquetes

El sistema satelital GEO en la actualidad (DVB-RCS también) debe cumplir con la norma UIT-R M.1229 que indica que la capacidad de la red de satélites se dimensiona de manera que las pérdidas de tráfico no superen el 5% del tráfico ofrecido en la hora cargada, valores tolerables en transmisiones VoIP.

Por lo que las redes satelitales proveen las condiciones para brindar servicios de última generación y es una vía alternativa. Debido a la eclosión de las redes IP debido a su carácter multiservicio (una única red para todos los servicios), enumeremos los diferentes componentes de estos sistemas para brindar servicios de Voz sobre IP.

4.3. Disponibilidad de grandes velocidades de transmisión.

El satélite proporciona generalmente unos 40 Mbps, sin límite de distancia en su zona de cobertura. Esto permite ser plataforma para el desarrollo de soluciones innovadoras posibilitando desarrollo tecnológico, comercial, operación, mantenimiento, etc., con inversiones razonables.

La normalización del encapsulado de paquetes IP sobre el estándar de transporte MPEG-DVB permite utilizar plataformas de TV Digital para la transmisión de datos IP. Es otras palabras utilizar un sistema de transporte de un servicio muy extendido para incluir un nuevo servicio como es IP.

4.4. Tecnología Vía Satélite para el protocolo IP

DVB creado en 1993 define los estándares para TV digital y servicios de datos que definen las comunicaciones vía satélite. DVB usa compresión de audio MPEG y de vídeo (MPEG-2). El estándar DVB encapsula la información en celdas MPEG-2 lo que permite aplicarlo tanto a servicios de TV como a servicios multimedia interactivos. Las celdas MPEG-2 son bloques de tamaño fijo, 4 octetos de cabecera y 184 octetos de información, que pueden transmitirse sobre redes satelitales (DVB-S), de cable (DVB-C) o de TV digital terrestre (DVB-T). Para los servicios interactivos, DVB ha definido varios estándares sobre canales de retorno para diferentes tipos de red, tales como redes satelitales (DVB-RCS), a través de sistemas de antena colectiva (DVB-RCCS), red telefónica o RDSI (DVB-RCP), para nuestro caso es el DVB-RCS.

4.5. DVB-RCS

El sistema europeo DVB-RCS definido en mayo de 2000 es un estándar abierto, que posibilita aplicaciones interactivas y bidireccionales de transmisión de paquetes, como el "protocolo IP", mediante sistemas satelitales. Lo que permite transmitir y recibir datos de aplicaciones que utilicen el "protocolo IP" a través de enlaces satelitales, sin canal de retorno terrestre. Al posibilitar el uso del protocolo IP, se puede utilizar para transmitir

“VOZ” encapsulada en el protocolo IP, en otras palabras este estándar también permite aplicar VoIP en un entorno IP puramente satelital.

El estándar DVB-RCS, se basa en topología tipo estrella, donde se tiene un hub central (el satélite) y múltiples terminales (VSAT receptoras y trasmisoras).

El sistema cuenta con transpondedores que poseen anchos de banda de 26, 32 y 72 MHz, donde un transpondedor de 32 MHz puede alcanzar velocidades de hasta 760 Mbps. El estándar puede operar en las bandas C, Ku y Ka con valores de frecuencias para el sentido ascendente, 14-14.5 GHz o 13.75-14.25 GHz o 29.5-30 GHz, y para el sentido descendente, 10.95-12.75 GHz.

El estándar DVB-RCS, define dos canales de comunicación uno para el sentido de transmisión y otro para el sentido de recepción. El canal del sentido de transmisión es muy similar al estándar DVB-S, y el canal de retorno ocupa MF-TDMA. Éste, es un elemento compartido por los terminales que están cubiertos por la huela de un satélite.

Así los terminales comparten la capacidad del canal de retorno de uno o más transpondedores del satélite. Transmiten su información en ráfagas en un conjunto de frecuencias portadoras, donde cada una se divide en time slots, permitiendo la comunicación simultanea de varias estaciones con el satélite. Características del canal de retorno son:

- **Modulación:** Código Gray-QPSK, ya que su combinación permite gran robustez ante errores y solventar los déficit de velocidad debido a las limitaciones de potencia, con una elevada eficiencia espectral.
- Acceso MF-TDMA.
- Elección de codificación entre Reed-Solomon y Viteri, o (FEC).
- Elección entre dos formatos de trama a nivel físico: Transporte de tramas de datos MPEG2, con 184 Bytes de datos y 4 de cabecera, o ATM con formatos de celda de 48 Bytes de datos y 6 de cabecera; En función del tipo de capa física, se puede seleccionar el nivel de enlace MAC entre: MAC modo MPEG2, con los campos de trama definidos por DVB-RCS o MAC modo ATM, con la opción de elegir entre los campos de señalización de DVB-RCS o los de las conexiones propias ATM.

4.6. Formato de ráfaga

En el estándar DVB-RCS se definen cuatro tipos de ráfaga: tráfico (TRF), adquisición (ACQ), sincronización (SYNC) y canal común de señalización (CSC).

4.7. Tráfico (TRF)

El tráfico tipo TRF se usan parar lLevar datos útiles desde RCST a la puerta de enlace (Gateway) y viceversa, admitiendo dos tipos de formatos se definen ya sean celdas ATM o paquetes MPEG2-TS.

4.8. ATM TRF

La carga útil de tráfico ATM está compuesta de celdas ATM concatenadas, cada una de 53 bytes. Estas celdas siguen la estructura de una celda ATM pero no necesariamente necesitan clases de servicio. Ver la Figura 4.2 para una descripción de ráfaga ATM.

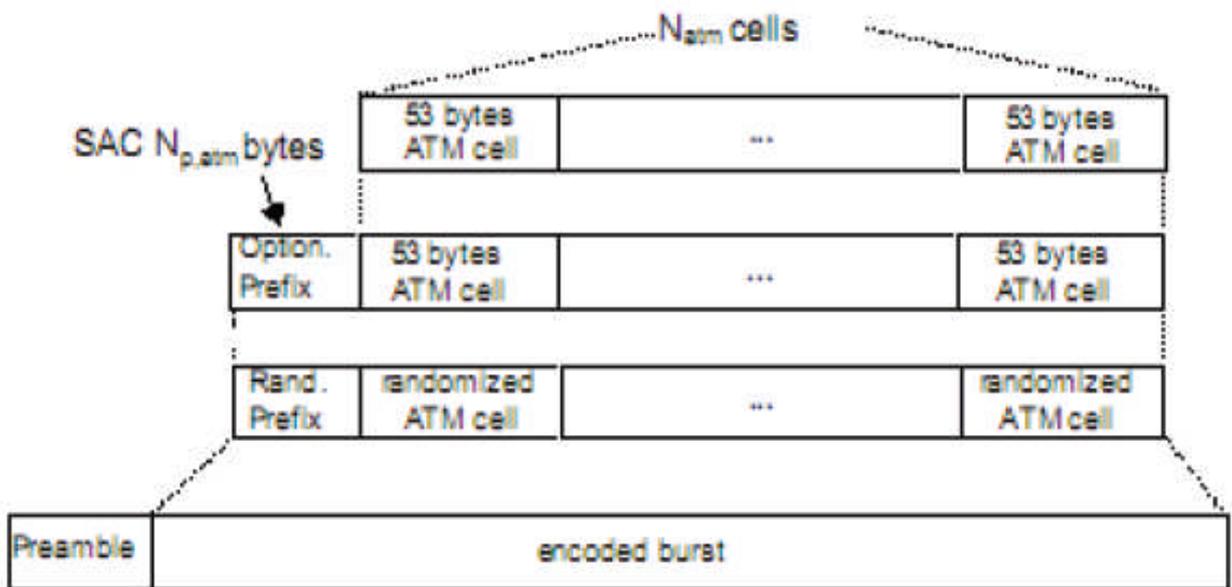


Figura 4.19 Tráfico ATM en el contexto DVB-RCS

4.9. MPEG2-TS ráfaga TRF optativo

En el caso de paquetes MPEG2-TS una ráfaga contiene N paquetes MPEG concatenados, cada uno de longitud 188 bytes. En la Figura 4.3 se indica la ráfaga del MPEG2-TS.

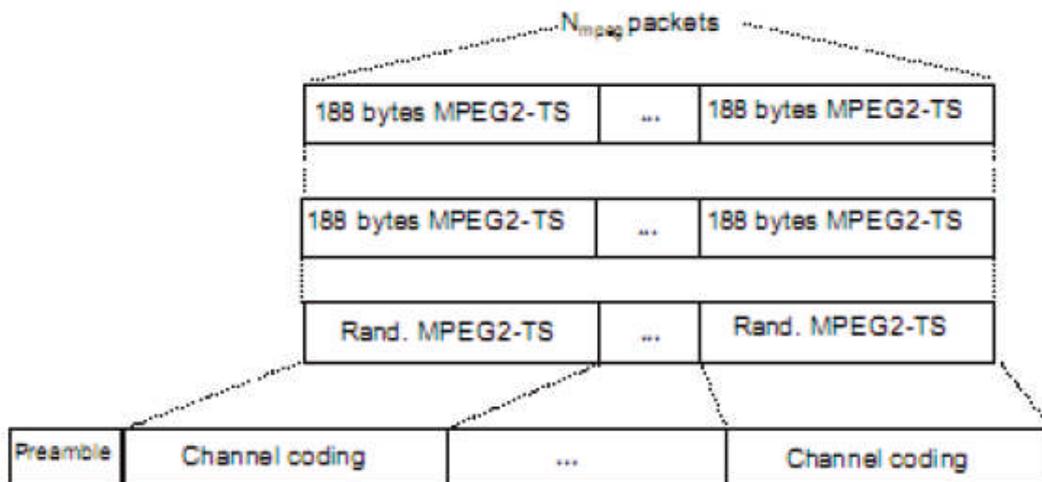


Figura 4.20 Tráfico MPEG en el contexto DVB-RCS

4.10. IP sobre MPEG-2 (Motion Picture Expert Group)

Un flujo de datagramas IP puede insertarse en el flujo de transporte MPEG-2 siguiendo dos alternativas:

- Dentro de los paquetes dedicados a los flujos comprimidos de audio y video (Volcado de datos (data streaming)).
- Dentro de las Tablas de información del sistema Multi- Protocol Encapsulation (MPE).

En el primer caso aunque se puede segmentar directamente los datagramas IP dentro de las celdas de 188 bytes del flujo de transporte, habría que dotar de un procesador específico al receptor de satélite que pudiera extraer los datagramas directamente de las celdas de transporte y ensamblar la carga útil específica solicitada por el usuario. Bajo el segundo esquema los datagramas IP son insertados dentro del flujo de transporte del MPEG-2 utilizando MPE.

La Figura 4.3 muestra la arquitectura de una red multimedia por satélite DVB-RCS, se distinguen el Canal Directo y el Canal de Retorno. El canal directo se establece desde el Concentrador hasta el terminal interactivo de usuario denominado comúnmente SIT y utiliza la norma de transmisión DVB-S. El Canal de Retorno se establece desde el terminal interactivo de usuario SIT hasta el Concentrador y sigue las siguientes características:

- **Nivel físico:** Aleatorización de los datos de entrada, codificación de canal (uso de la codificación de la norma DVB-S ó Turbo Códigos con razones de código variables 1/3, 2/5, 3/4, 5/6, y 7/8), filtrado de Nyquist (factor de caída de 0,35) y modulación QPSK.

- **Nivel de acceso al medio:** Los SIT emplean MF-TDMA para efectuar sus transmisiones a través del canal de retorno.
- **Transporte de los datos:** Los datagramas IP son segmentados y se envían en celdas ATM.

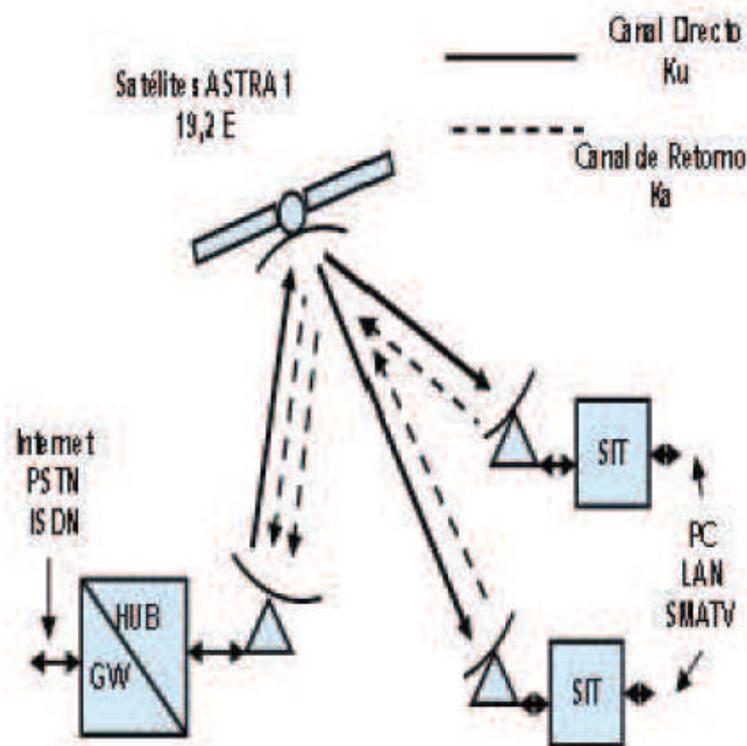


Figura 4.21 Tráfico DVB-RCS en el sentido ascendente y descendente

Una vez activo el SIT, éste comienza a recibir información general de la red desde el centro de control. Estos mensajes se envían a través del canal directo conjuntamente con los datos, ajustándose a la norma de transmisión DVB-S. Entre los mensajes de control recibidos por el SIT a través del canal directo está la señal de reloj de 27 MHz conocido como NCR.

Esta base de tiempo es utilizada por los SIT para ajustar su frecuencia de transmisión y para asegurar un sincronismo de trama en correspondencia con el protocolo de acceso MF-TDMA.

Todas las transmisiones que realiza un SIT son controladas por el NCC. Antes de que un terminal de usuario pueda enviar sus datos, éste tiene que identificarse con la red comunicándole al NCC su configuración.

4.11. ISL (ENLACES ENTRE SATELITES)

La principal ventaja de los ISL es la posibilidad de encaminar el tráfico de larga distancia, lo que dota de autonomía al sistema, reduce los incontrolables costos de los enlaces PSTN (incontrolables puesto que dependen, por ejemplo, de la orografía del terreno) y reduce el retardo de propagación. Además, podemos dar servicio a amplias zonas en las que no hay puerta

de enlace. (Por ejemplo, en el Océano Pacífico). Por otro lado el enlace con una determinada puerta de enlace puede mantenerse mientras un determinado usuario móvil permanezca en otra zona de servicio del satélite. En cambio, sin ISL, el satélite tiene que ver simultáneamente la puerta de enlace y el usuario móvil. Finalmente, debemos mencionar que los ISL permiten transportar señalización e información para la gestión de la red.

4.12. Inconvenientes de los ISL

Dotar al satélite con la capacidad ISL conlleva un cierto número de inconvenientes, como el peso adicional, la complejidad y el costo de la carga útil del satélite. En efecto, necesitamos antenas ISL, transmisores y receptores, así como dispositivos de conmutación a bordo. Las necesidades de apuntamiento, adquisición y seguimiento incrementa todavía más la complejidad ya que requieren antenas ISL orientables.

Tipos de ISL

Distinguimos dos tipos de ISL:

- ▲ **ISL intraplanos:** conectan satélites de un mismo plano orbital.
- ▲ **ISL interplano:** conectan satélites de planos orbitales diferentes.

Dos satélites de planos orbitales diferentes se ven el uno al otro con un ángulo de apuntamiento variable. De este modo, los ISL interplano requieren antenas orientables, en cambio, los ISL intraplanos pueden mantenerse con antenas fijas. Estos enlaces permiten tener mayor cobertura satelital, hay de los siguientes tipos: GEO-LEO, GEO-GEO, LEO-LEO. La Figura 4.5 indica la cobertura que tienen los satélites individualmente

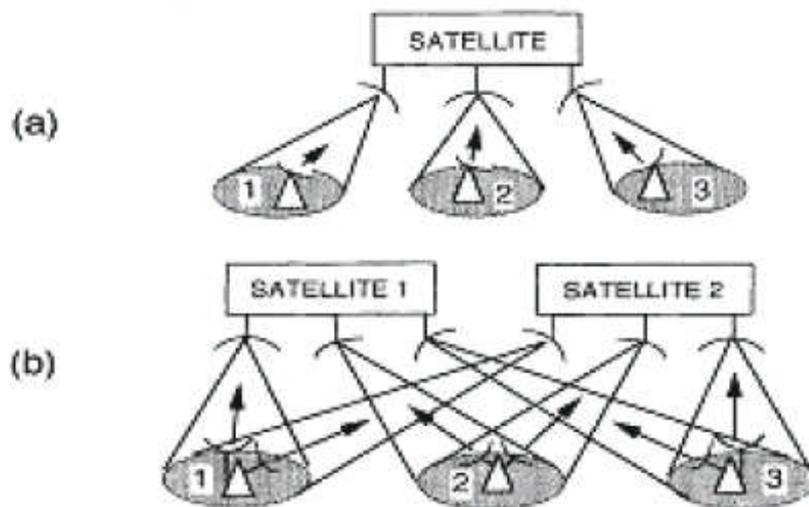


Figura 4.22 Área de cobertura satelital

Y las Figuras 4.6 y 4.7 indican el sistema con enlaces Inter. Satelitales

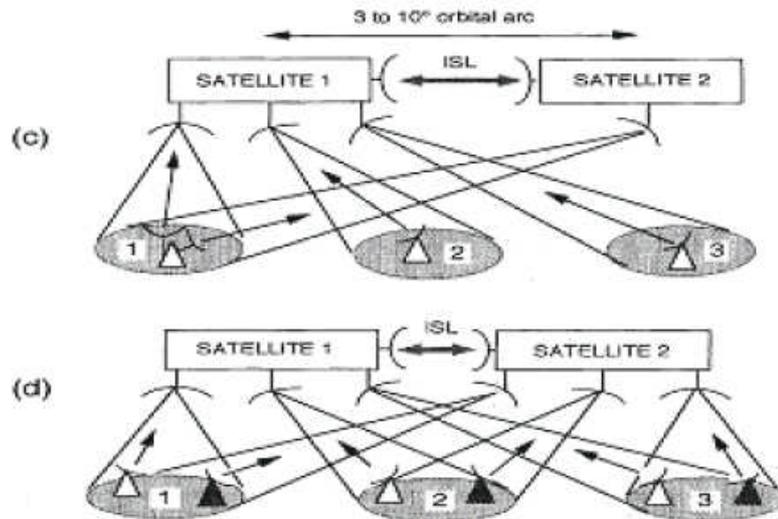


Figura 4.23 Área de cobertura satelital con ISL

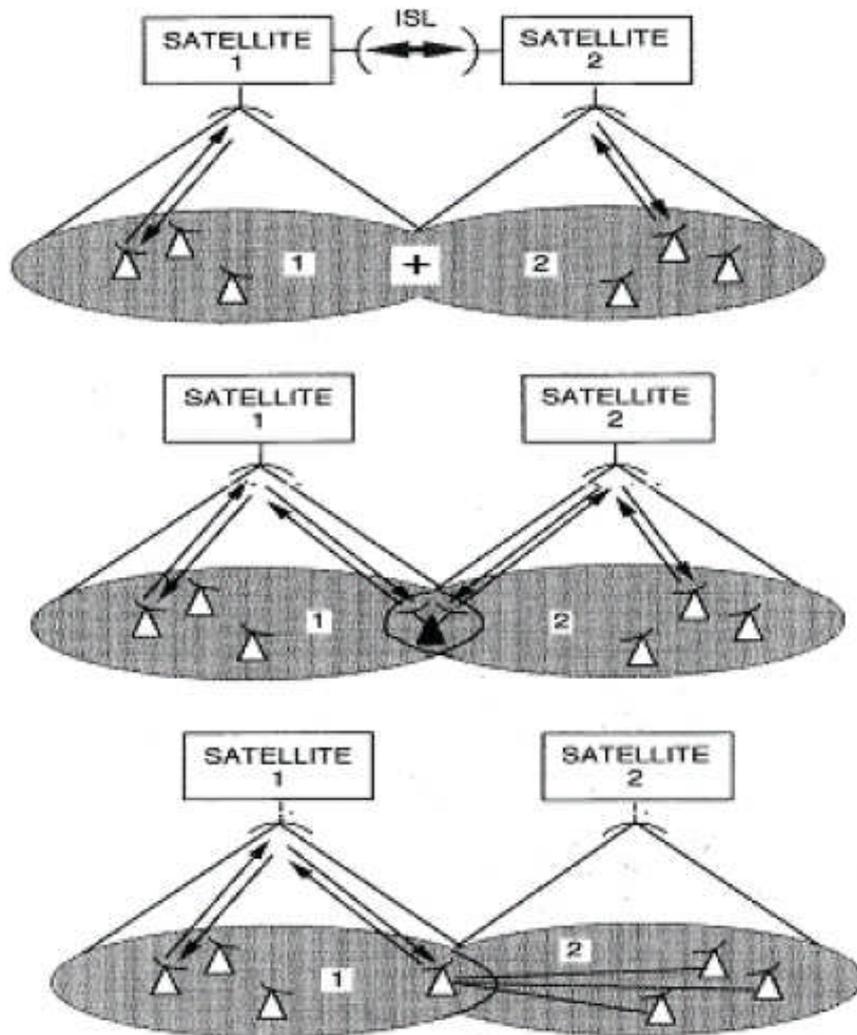


Figura 4.24 Cont. Área de cobertura satelital con ISL

Para el presente proyecto se tendría que los enlaces sean en satélites geoestacionarios. Estos enlaces si bien encarecen el satélite y aumentan su peso, también permiten disminuir el número de puertas de enlace, permitiendo cobertura global, cobertura en zonas muy poco pobladas o amplias regiones oceánicas donde colocar una puerta de enlace o punto de acceso a la red no es económicamente viable.

El sistema IRIDIUM es el único de los llamados "Big LEOs" que utiliza enlaces ínter satélite para desviar el tráfico cuando algún satélite no tiene visión directa con alguna puerta de enlace. Se compone de una red "inteligente" de satélites capaces de desviar el tráfico de unos satélites a otros. Cada satélite de la constelación tiene 4 antenas destinadas a estos enlaces.

Para nuestro caso, un usuario que pretenda llamar a otro que este en otra huella satelital solo tiene que dar un salto extra entre satélites y la transmisión de la información sufriría un retardo adicional pero en lugares donde los enlaces terrestres no llegan sería un gran acceso (cobertura global).

4.13. MÉTODO MFSP

Se tiene la red de computadoras como la de la Figura 4.8.

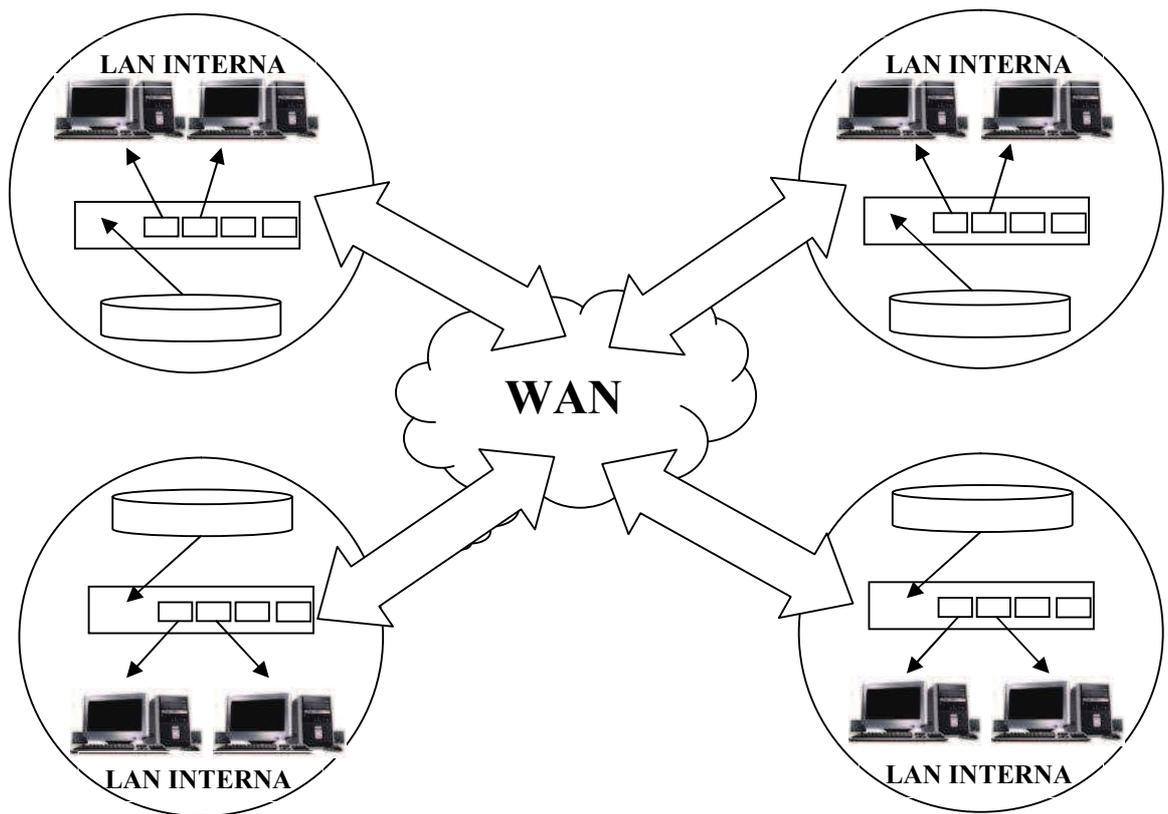


Figura 4.25 Red general conexión a nivel LAN y WAN

En la cual se envía datos desde una computadora fuente hacia una computadora destino, mediante una red de computadoras que puede ser red interna o externa en ambos casos se utiliza

el protocolo IP, pero cada envío de información, refiriéndose a aplicaciones en tiempo real como la transmisión de voz, requiere que esta sea transportada en el momento que los datos han sido generados. Por ejemplo enviar 63 bits que son generados con el codificador G723.1 en aplicaciones de voz, que representan 30 ms de conversación, requieren una cabecera de 40 Bytes (20 Bytes cabecera IP y 20 Bytes de el protocolo UDP y RTP necesarios para transmitir voz) que es el 83.6 % del paquete, lo que conlleva en generar retardos.

Utilizando múltiples tramas o poniendo a prueba el Método MFSP propone encapsular varias tramas en un solo paquete IP, para así utilizar una sola cabecera IP para transportar varias tramas de información. El método especifica que el número mínimo de tramas ha encapsularse en un paquete IP son dos.

4.13.1. Descripción del método MFSP en aplicaciones de voz

En una red IP cada trama de voz es encapsulada dentro de un paquete IP (él cual impone mínimo 20 bytes de cabecera), juntamente con el protocolo RTP, UDP (usados para transmitir voz digitalizada y que juntos imponen otros 20 bytes) y la trama de voz varia su tamaño de acuerdo al códec usado resultando un paquete de 382 bits en donde 40 Bytes (83.55%) son solo para la cabecera esto reduce notablemente tanto el número de llamadas simultaneas como la fluidez de la mismas.

Una solución seria encapsular más tramas de voz de la misma llamada, así se reducirá el exceso de cabecera, en realidad si funciona por ejemplo si encapsulamos 5 tramas de voz (30 ms) codificadas con G723.1 dando 40 bytes mas 40 bytes de cabecera (IP/UDP/RTP) en este caso la cabecera solo ocuparía el 50 % del tamaño total del paquete pero habría que esperar a que lleguen las 5 tramas de voz para enviar el datagrama, en otras palabras se incrementa el retardo

TIME	CALLS		
	1	2	3
30 ms	30 ms	30 ms	30 ms
30 ms	30 ms	30 ms	30 ms
30 ms	30 ms	30 ms	30 ms
30 ms	30 ms	30 ms	30 ms
30 ms	30 ms	30 ms	30 ms
30 ms	30 ms	30 ms	30 ms
30 ms	30 ms	30 ms	30 ms

Tabla 4.7 Agrupamientos de 3 tramas de voz de la misma llamada

La siguiente tabla 4.2 indica como se reduce el exceso de cabecera a medida que se agrupan más paquetes de voz pero también se incrementa el retardo

# de tramas	Tamaño del paquete	Carga útil	Exceso de cabecera	Retardo(ms)
1	48 bytes	8 bytes	83.33 %	30
2	56 bytes	16 bytes	71.42 %	60
3	64 bytes	24 bytes	62.50 %	90
4	72 bytes	32 bytes	55.55 %	120
5	80 bytes	40 bytes	50.00 %	150
6	88 bytes	48 bytes	45.45 %	180
7	96 bytes	56 bytes	41.66 %	210
8	104 bytes	64 bytes	38.46 %	240
9	112 bytes	72 bytes	35.71 %	270
10	120 bytes	80 bytes	33.33 %	300

Tabla 4.8 Resultado de agrupamiento de tramas de la misma llamada

Lo idóneo para no incrementar el retardo es agrupar tramas en un mismo datagrama de varias llamadas del mismo instante de tiempo (Tabla 4.3) así tenemos la tabla 4.4 que relaciona las tramas agrupadas para varias llamadas.

CALLS											
TIME	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	30 ms										
	30 ms										
	30 ms										
	30 ms										
	30 ms										

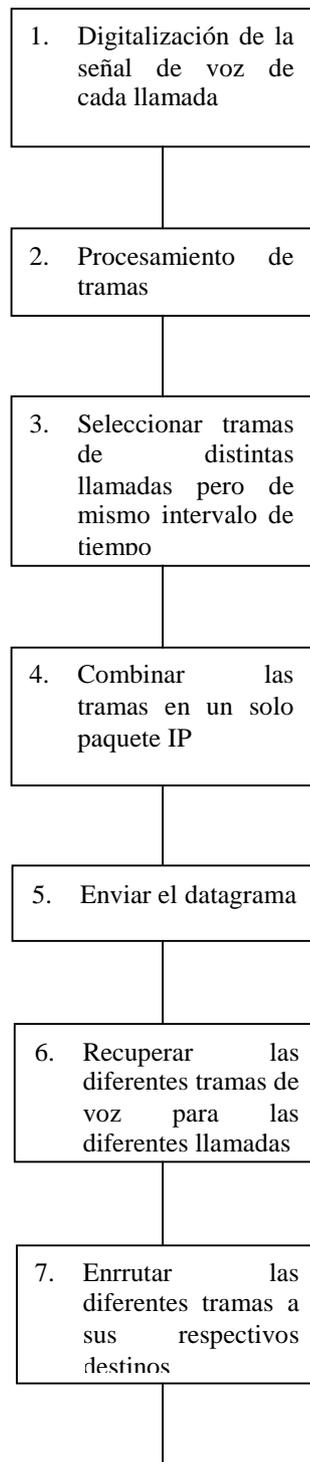
Tabla 4.9 Agrupamiento de 5 tramas de voz de diferentes llamadas

# de tramas	Tamaño del paquete	Carga útil	Exceso de cabecera	Retardo(ms)
1	48 bytes	8 bytes	83.33 %	30
2	56 bytes	16 bytes	71.42 %	30
3	64 bytes	24 bytes	62.50 %	30
4	72 bytes	32 bytes	55.55 %	30
5	80 bytes	40 bytes	50.00 %	30
6	88 bytes	48 bytes	45.45 %	30
7	96 bytes	56 bytes	41.66 %	30
8	104 bytes	64 bytes	38.46 %	30
9	112 bytes	72 bytes	35.71 %	30
10	120 bytes	80 bytes	33.33 %	30

Tabla 4.10 Resultado de agrupamiento de tramas de varias llamadas

Como podemos observar la transmisión de carga útil es mejorada al agrupar tramas del mismo instante de tiempo de varias llamadas en un solo paquete. Como lograr transportar varios paquetes de audio con una sola cabecera RTP/UDP/IP esto se puede realizar agrupando los paquetes de audio comprimidos y manteniendo un orden en transmisión y en recepción, recuperarlos sabiendo el orden adoptado en transmisión.

La Figura 4.9 es un diagrama de bloque del esquema MFSP descrito.



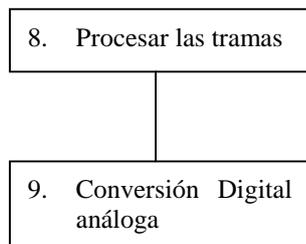


Figura 4.26 Esquema general del método MSFP en aplicaciones de voz

4.14. Procesos para la simulación de MFSP en Redes satelitales

La simulación a realizarse es de carácter interactiva por lo que el programa solicitará los siguientes datos de entrada.

- Tiempo de llamada en minutos(Tl)
- Codificador a utilizar (códec)
- Número de llamadas simultaneas

Con los datos antes mencionados seguimos a transformar el dato de tiempo de llamada (minutos) a milisegundos (TII), y procedemos con: :

Calculo de número de bits necesarios para representar la voz:

Para transmisión normal:

Con la información del codificador a utilizar (códec) sabemos la cantidad mínima de tiempo de llamada a codificar (cmc) así obtenemos el número de paquetes IP necesarios (que encapsularían las tramas de voz codificadas), mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Paquetes necesarios para una llamada} = TII / cmc$$

Paquetes necesarios para n llamadas = n * paquetes necesarios para una llamada

Donde

cmc = Cantidad mínima de tiempo de llamada codifica

TII = Tiempo de llamada en milisegundos

n = Número de llamadas simultaneas

Para transmisión con MFSP:

El programa indica que ingrese el número de tramas agrupadas (llamadas) dentro de un rango de acuerdo al codificador ingresado (rango resultado del análisis realizado en el presente proyecto).

Con el dato del codificador a utilizar (código) sabemos la cantidad mínima de tiempo de llamada a codificar (cmc) así obtenemos el número de paquetes IP que encapsularían las tramas de voz codificadas, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Paquetes necesarios para una llamada} = TII/cmc$$

Paquetes necesarios para n llamadas simultaneas = Paquetes necesarios para una llamada

Donde:

cmc = Cantidad mínima de tiempo de llamada codifica

TII = Tiempo de llamada en milisegundos

Bits empleados en la Transmisión:

En este apartado hacemos referencia al número de bits empleados para transmitir determinado mensaje, estos bits incluye los bits de cabecera IP los de la cabecera UDP y los de la cabecera RTP más los bits de la carga útil (para nuestro caso la voz codificada) por lo tanto se tiene:

Para llamadas sin agrupar (Proceso Normal)

Para el cálculo del número de bits necesarios en transmisión normal utilizamos la siguiente formula:

(Paquetes necesarios para n llamadas* bits según codificador) + n * 40 bytes (cabecera IP/UDP/RTP = 320 bits).

Donde:

N = Número de llamadas simultaneas

Para llamadas agrupadas (MFSP)

Para el cálculo del número de bits necesarios en transmisión MFSP utilizamos la siguiente formula:

(Paquetes necesarios para n llamadas *bits según codificador) + 40 bytes (cabecera IP/UDP/RTP = 320 bits).

Relación porcentual de carga útil

En la realización del presente trabajo se encontró que el método que reduciría al mínimo los retardos es transmitir los paquetes IP apenas las tramas de voz codificadas son generadas, por lo que la transmisión sin agrupamiento tendría la siguiente relación de carga útil en función de los Bits transmitidos:

Para llamadas sin agrupar (Proceso Normal)

Codificador	%
Con G711	66.67 %
Con G729	50 %
Con G726	20%
Con G723.1 (6.3 kbps)	16 %
Con G723.1 (5.3 kbps)	14 %

Tabla 4.11 Para llamadas sin agrupar (Proceso Normal)

Para llamadas agrupadas (MFSP)

Para el cálculo de este parámetro el programa realizara las siguientes operaciones:

N llamadas simultaneas por bits empleados según codificador = carga útil

Relación porcentual = carga útil / (carga útil + 40 bytes (cabecera IP/UDP/RTP = 320 bits))

CAPITULO 5

5. ESTABLECIMIENTO DE PARAMETROS PARA LA SIMULACIÓN

5.1. Parámetros e importancia de estos en el análisis en redes satelitales

A lo largo de los capítulos anteriores hemos conocido los diferentes actores que intervienen en la transmisión de VoIP en redes satelitales, así como mejorarla, entonces establezcamos parámetros de medición para comparar la transmisión de VoIP en redes satelitales:

5.1.1. Transporte efectivo (te):

Definiremos a este parámetro como la relación entre la carga transportada (en bits) y los bits transmitidos empleados. La importancia de analizar este parámetro es que mediante este vemos que tan eficiente es el esquema de transmisión, así valores pequeños nos indican que para transmitir una determinada carga se emplea demasiada cabecera mientras que para valores altos nos indican que para transmitir una determinada carga la porción de cabecera utilizada es mínima y así no tendrá gran impacto en la transmisión.

5.1.2. Tiempo de viaje (rt):

Definiremos a este parámetro como el tiempo que tarda un paquete en ir y volver. La importancia de analizar este parámetro es que mediante este sabemos si el método no agrega más retardo en la transmisión de un mensaje comparado con la transmisión normal. No se definirá parámetros para el Jitter por que la mayoría del transporte de los datos se realiza en sistemas satelitales que presentan un Jitter muy pequeño.

5.1.3. Número de paquetes (carga útil):

El número de paquetes que se presenta en una transmisión varía de acuerdo a la cantidad de llamadas a cursar, códec utilizado y el tiempo de la llamada.

Un tema muy importante es el número de tramas de voz codificadas que puede llevar un paquete IP, como sabemos la longitud total de un paquete IP es de 216 = 65536 bits de los cuales 160 bits (20 Bytes) son de cabecera y 160 bits más son para UDP y RTP por lo que quedan para datos 65216 bits libres para transportar información, a continuación se indica los paquetes de voz codificados que se lograrían encapsular en un datagrama IP dependiendo del codificador:

Para **G711** cuyo empleo de bits es 640bits por 10 ms

Dentro de un paquete IP alcanzarían:

$65216/640 = 101,9 \Rightarrow 101$ paquetes (Que lleven voz codificada).

Para **G726** cuyo empleo de bits es 320bits por 10 ms

Dentro de un paquete IP alcanzarían:

$65216/320 = 203,8 \Rightarrow 203$ paquetes (Que lleven voz codificada).

Para **G729** cuyo empleo de bits es 80 bits por 10 ms

Dentro de un paquete IP alcanzarían:

$65216/80 = 815,2 \Rightarrow 815$ paquetes (Que lleven voz codificada).

Para **G723.1** (6.3Kps) cuyo empleo de bits es 63 bits por 30 ms

Dentro de un paquete IP alcanzarían:

$65216/63 = 1035,7 \Rightarrow 1035$ paquetes (Que lleven voz codificada).

Para **G723.1** (5.3Kbps) cuyo empleo de bits es 53 por 30 ms

Dentro de un paquete IP alcanzarían:

$65216/53 = 1230,49 \Rightarrow 1230$ paquetes (Que lleven voz codificada).

La tabla 5.1 resume los resultados anteriores

Codificador	Número de tramas de voz que entrarían en paquete IP
Códec G711	101
Códec G726	203
Códec G729	815
Códec G733.1(6.3 K)	1035
Códec G723.1(5.3K)	1230

Tabla 5.12 Número de tramas necesarias según el codificador

Observemos los siguientes gráficos, veremos que si esperamos a que un datagrama IP se llene de información agregamos retardo a la transmisión (efecto que se desea minimizar lo más posible para no agregar más retardo a la transmisión).

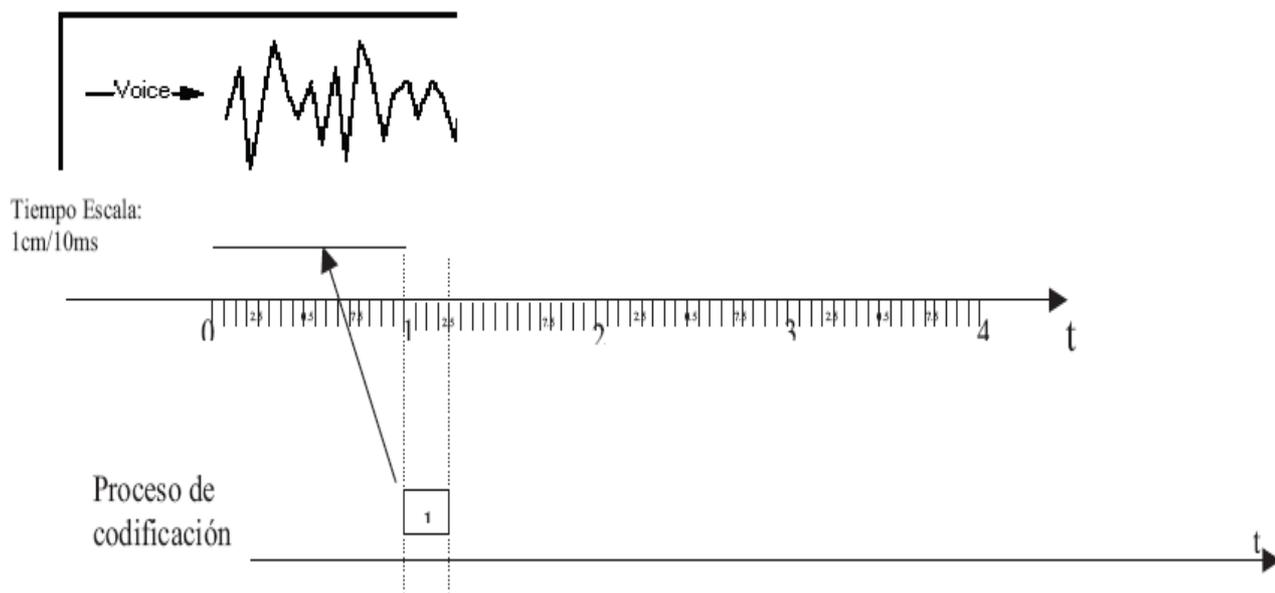


Figura 5.27 Codificación de primeros 10 ms generados

En la Figura 5.1 se indican los primeros 10 ms de una conversación, primero se recogen muestras de la señal de voz a medida que se genera y se codifica con G711, que impone un retardo de codificación de 2.5 ms.

En la Figura 5.2 se recogen muestras de la señal de voz en el instante de tiempo =22.5 ms, los primeros 10 ms de la conversación ya se han codificado con G711 y empaquetado dentro del datagrama IP (G711 impone un retardo de paquetización de 10 ms) mientras que los siguientes 10ms de la conversación acaban de terminar su proceso de codificación.

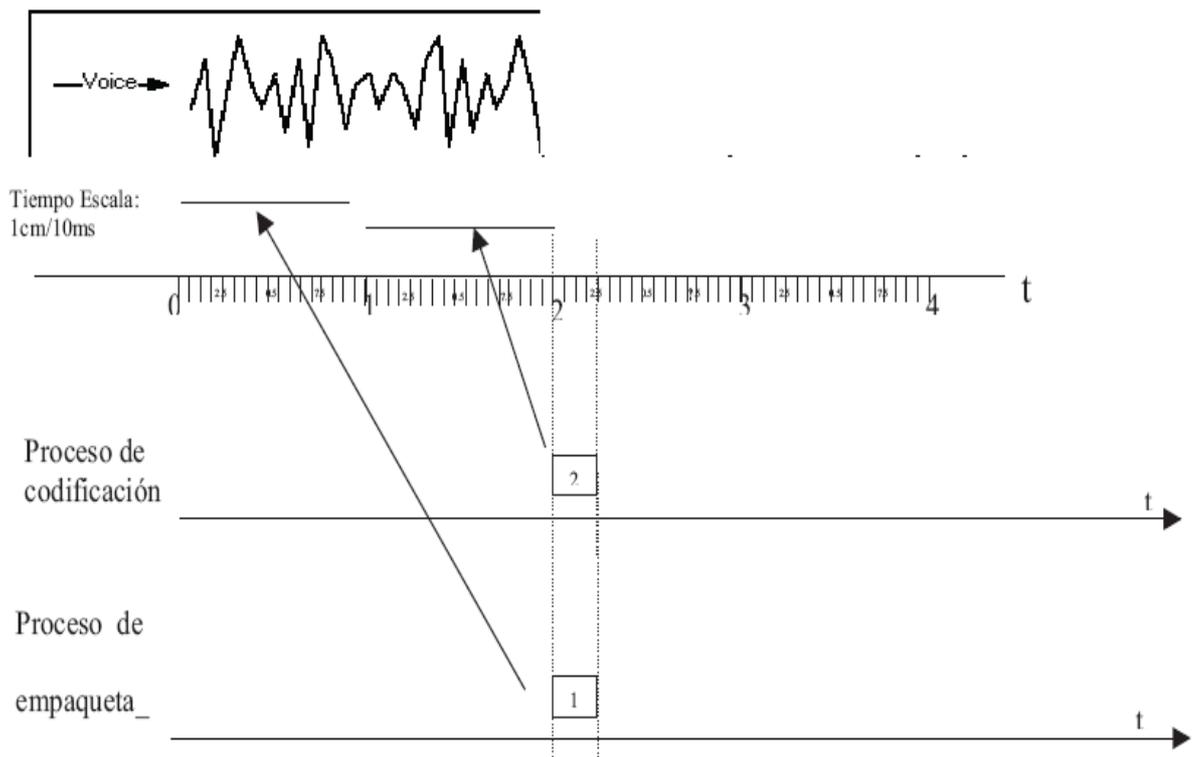


Figura 5.28 Codificación de siguientes 10 ms generados y empaquetamiento de los primeros 10 ms

En la Figura 5.3 estamos en el instante de tiempo 32.5 ms, el primer paquete codificado (primeros 10 ms) ya están siendo procesado por capa 2 para dirigirse a su destino mientras que el segundo paquete termina de ser encapsulado dentro del paquete IP y el paquete 3 (últimos 10 ms) acaba de terminar su proceso de codificación (le restan proceso de paquetización y capas inferiores) por lo que dentro de un paquete IP se debe almacenar solo lo que necesita el codificador utilizado y debe enviarse el paquete IP.

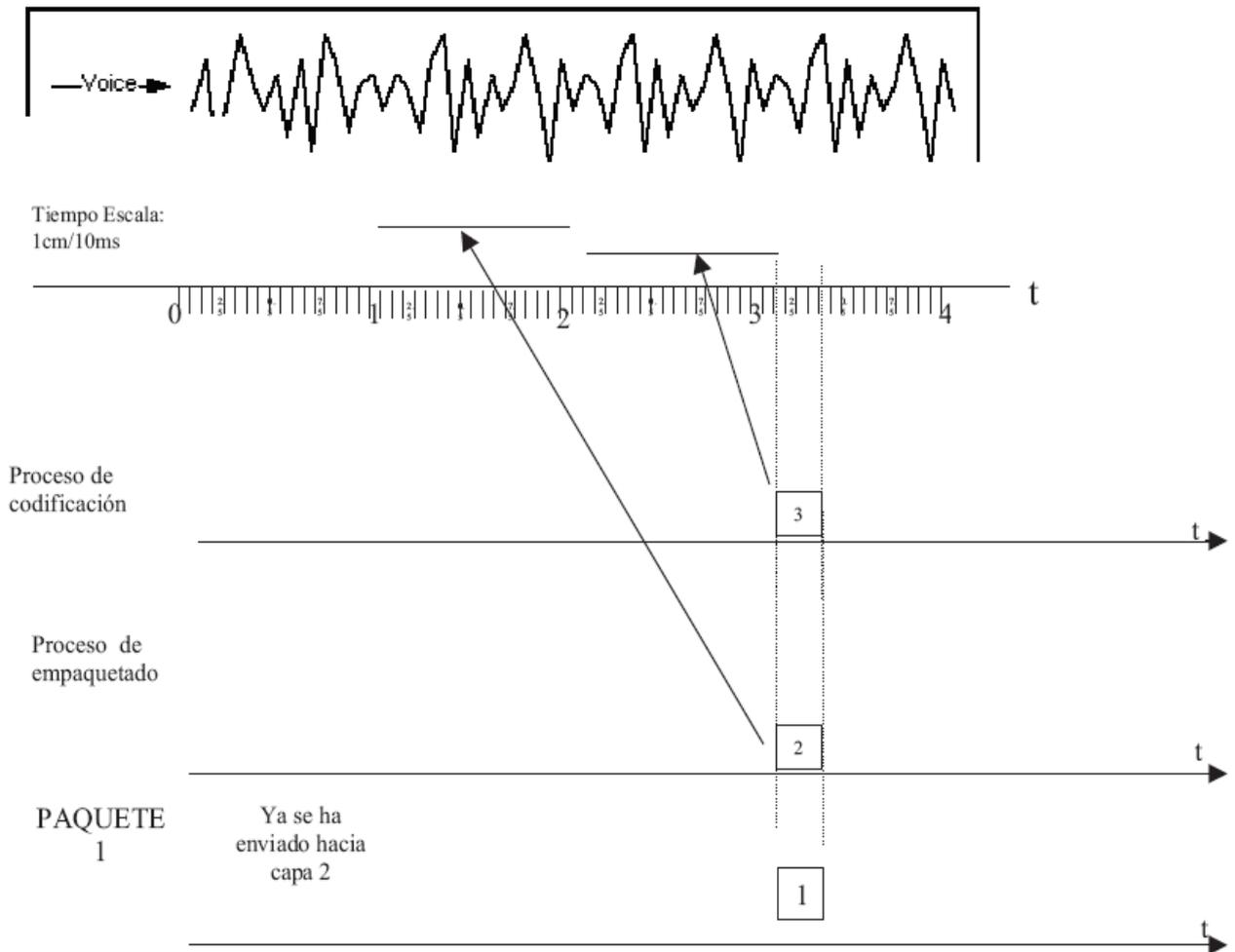


Figura 5.29 Codificación de siguientes 10 ms generados, empaquetamiento de los segundos 10 ms y envío a capa 2 de los primeros 10 ms generados

En cambio en el método MFSP como son varias llamadas simultaneas (mismo instante de tiempo) ahí si se puede encapsular más números de paquetes (hasta el número máximo que permita el códec) porque todos sufren el mismo retardo de codificación y paquetización.

5.2. Que es Matlab

El programa Matlab es el nombre abreviado de “matrix laboratory”, Matlab es un entorno de computación orientado para llevar a cabo proyectos en donde intervienen elevados cálculos matemáticos y visualización de los mismos. El programa puede realizar cálculos numéricos con vectores y matrices. Como caso particular puede también trabajar con números escalares, tanto reales como complejos. Una de las capacidades mas atractivas de Matlab es la de realizar una amplia gama de gráficos en dos y tres dimensiones. Matlab tiene también un lenguaje de programación propio, que permite adaptar un modelo matemático basado en un algoritmo de programación.

5.3. Por que usar Matlab

Al manejar vectores y matrices, Matlab nos permite fácilmente implementar ecuaciones que represente o modelen un evento físico específico, para propósitos del actual proyecto de titulación VoIP en redes satelitales, este nos permite representar el uso de bits/segundos tanto para transmisión normal como para transmisión MFSP y de esta manera poder comprobar si existe o no mejoramiento del modo de transmisión de múltiples tramas respecto del modo de transmisión de una sola trama. Otra comparación que puede realizarse es la relación porcentual de carga útil respecto a los bits totales generados tanto para transmisión de una sola trama como transmisión de múltiples tramas, al realizar la anterior comparación se comprobara que el objetivo de utilizar múltiples tramas en transmisiones VoIP en redes satelitales(reducir los retardos) es alcanzable o no.

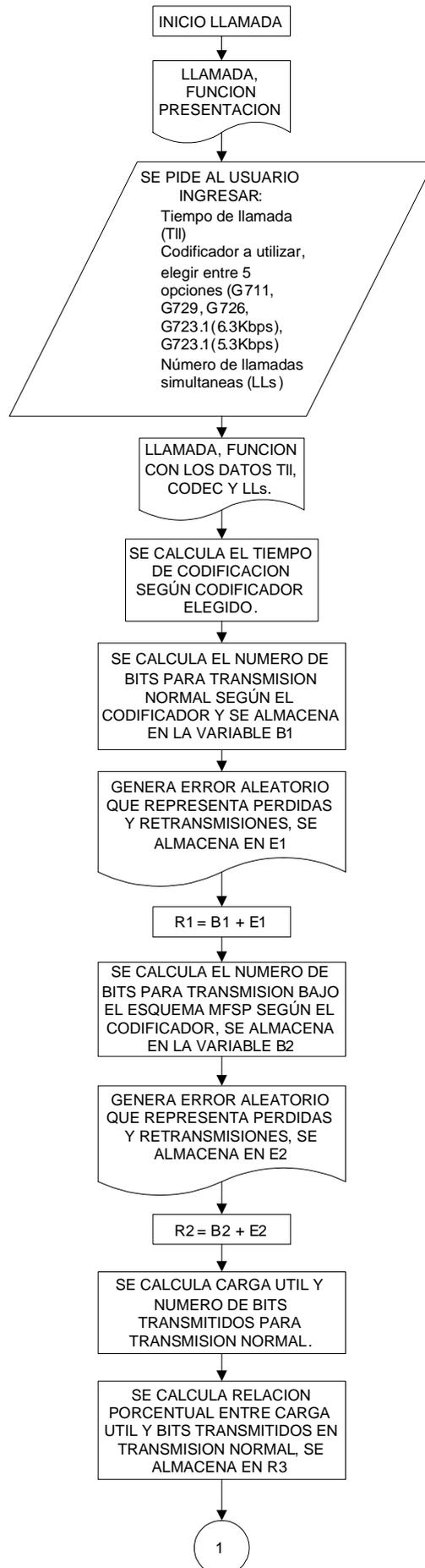
5.4. Algoritmo del programa de simulación aplicado a VOIP en redes satelitales

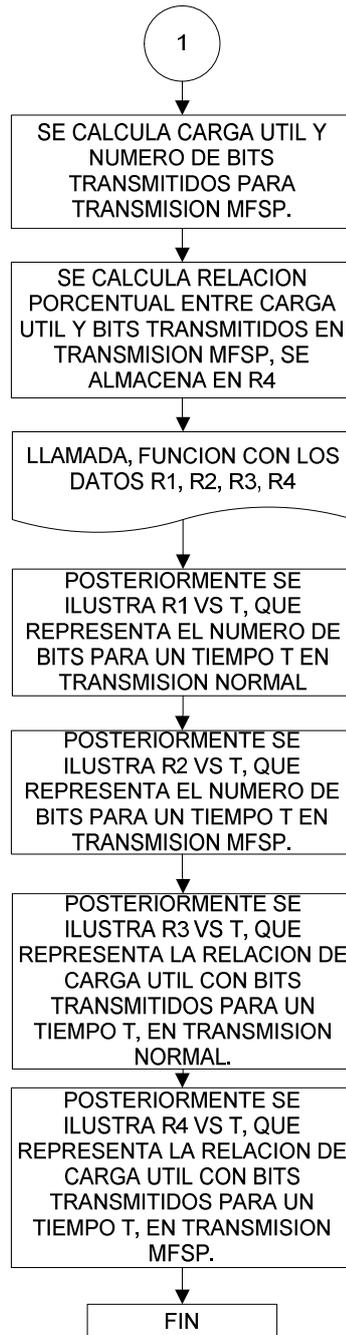
El programa pedirá como datos de ingreso el tiempo de llamada (1-10 en minutos (valores mas probables de llamadas)), el codificador (que podrá elegir entre 5 opciones, codificadores más utilizados en la actualidad), y el número de llamadas simultaneas según el codificador que se haya elegido (cómputo interno que debe realizar el programa con el dato del codificador solicitado).

El programa tendrá lazos que vuelvan a solicitar la información antes indicada si los parámetro ingresados por el usuario no están dentro del rango antes mencionado. Bajo estas condiciones la simulación tendría como datos de ingreso el codificador, el número de llamadas simultáneas y el tiempo de la llamada.

A continuación se esquematiza el programa en el siguiente diagrama de flujo.

5.5. Diagrama de flujo del programa de simulación.





A continuación se indica el código del programa, el cual tendrá los siguientes datos de entrada:

- Tiempo de llamada en segundos
- Codificador
- Número de llamadas simultaneas

FUNCIÓN

```
function [A,B,C,D] = mfsp(d,e,f)
```

```
if e > 0 ^ e < 4
```

```
    N=(d*1000)/10;
```

```
    E=fix(rand*100)+1;
```

```
    R1=(N+E)*f;
```

```
    E=fix(rand*100)+1;
```

```
    T=N+E;
```

```
    R2=T;
```

```
end
```

```
if e > 3 ^ e < 6
```

```
    N=(d*1000)/30;
```

```
    E=fix(rand*100)+1;
```

```
    R1=(N+E)*f;
```

```
    E=fix(rand*100)+1;
```

```
    T=N+E;
```

```
    R2=T;
```

```
end
```

```
if e == 1
```

```
    bitT=R1*(320+640);
```

```
    bitT2=R2*(320+(640*f));
```

```
    Carga=R1*(640);
```

```
    Carga2=R2*(640*f);
```

```
end
```

```
if e == 2
```

```
    bitT=R1*(320+320);
```

```
    bitT2=R2*(320 +(320*f));
```

```
    Carga=R1*(320);
```

```
    Carga2=R2*(320*f);
```

```
end
```

```
if e == 3
```

```
    bitT=R1*(320+80);
```

```
    bitT2=R2*(320+(80*f));
```

```
    Carga=R1*(80);
```

```
    Carga2=R2*(80*f);
```

```
end
```

```
if e == 4
```

```
    bitT=R1*(320+63);
```

```
    bitT2=R2*(320+(63*f));
```

```
Carga=R1*(63);  
Carga2=R2*(63*f);  
end  
if e==5  
bitT=R1*(320+53);  
bitT2=R2*(320+(53*f));  
Carga=R1*(53);  
Carga2=R2*(53*f);  
end  
R3=Carga/bitT;  
R4=Carga2/bitT2;  
A=R1;  
B=R2;  
C=R3*100;  
D=R4*100;
```

5.6. Simulaciones realizadas en Matlab

5.6.1. Simulación de 2 Llamadas Agrupadas con MFSP

PARA 2 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G711.

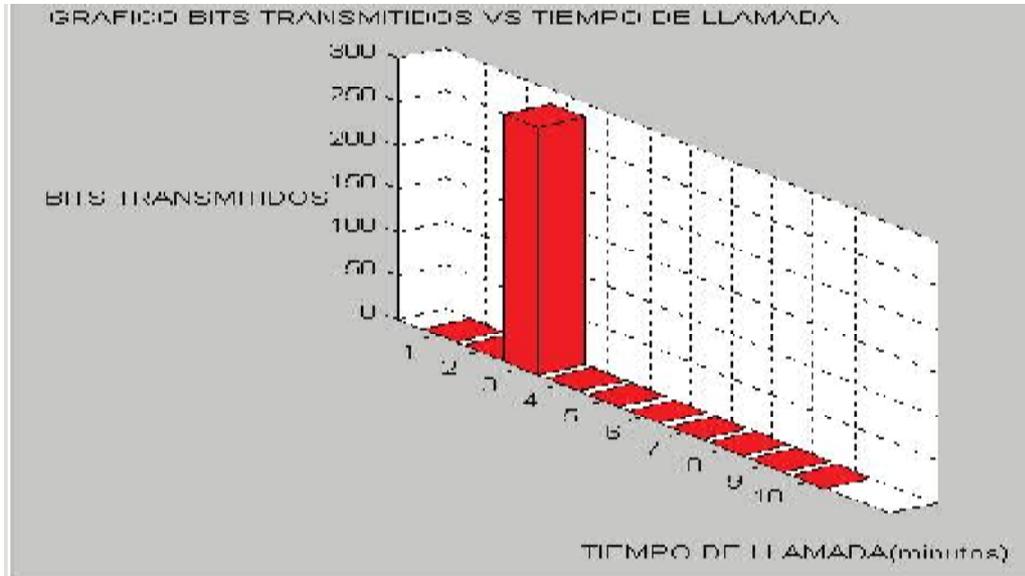


Figura 5.30 Consumo de bits en transmisión normal

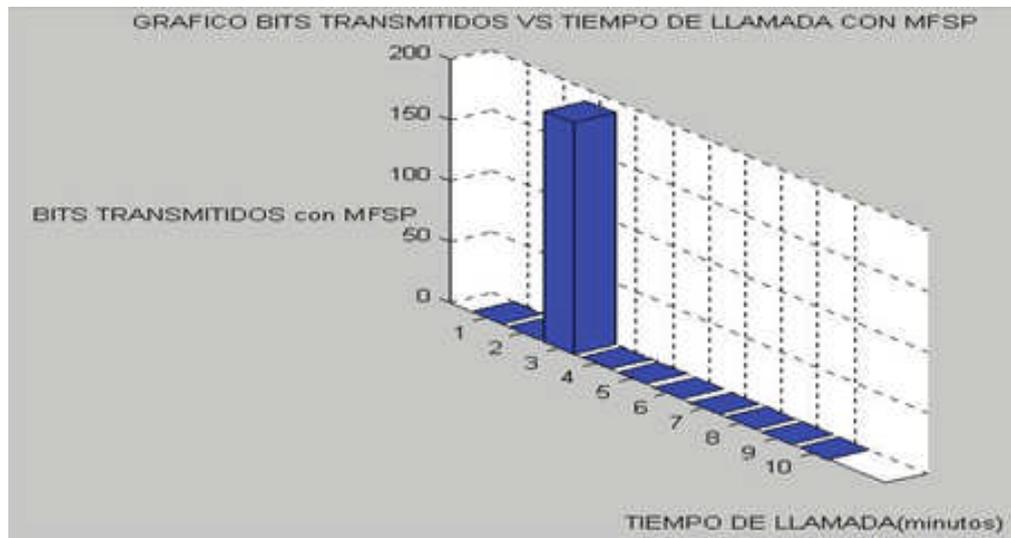


Figura 5.31 Consumo de bits en transmisión MFSP

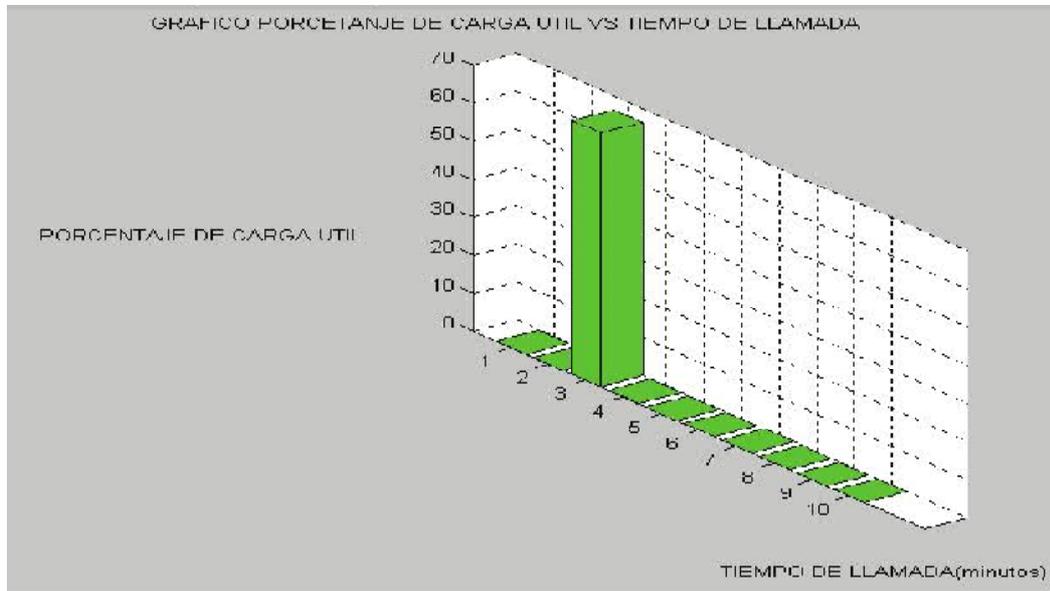


Figura 5.32 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

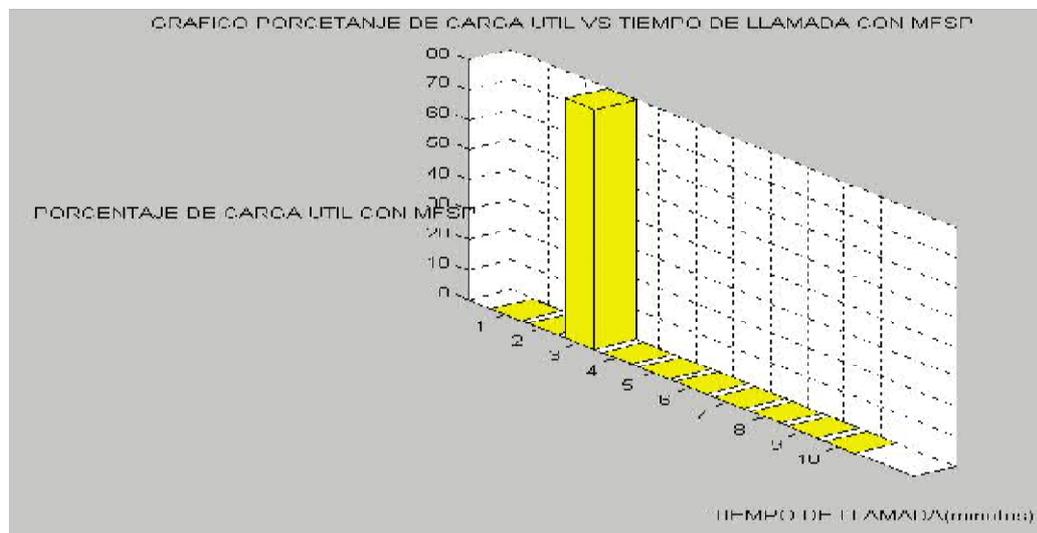


Figura 5.33 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 2 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G726.

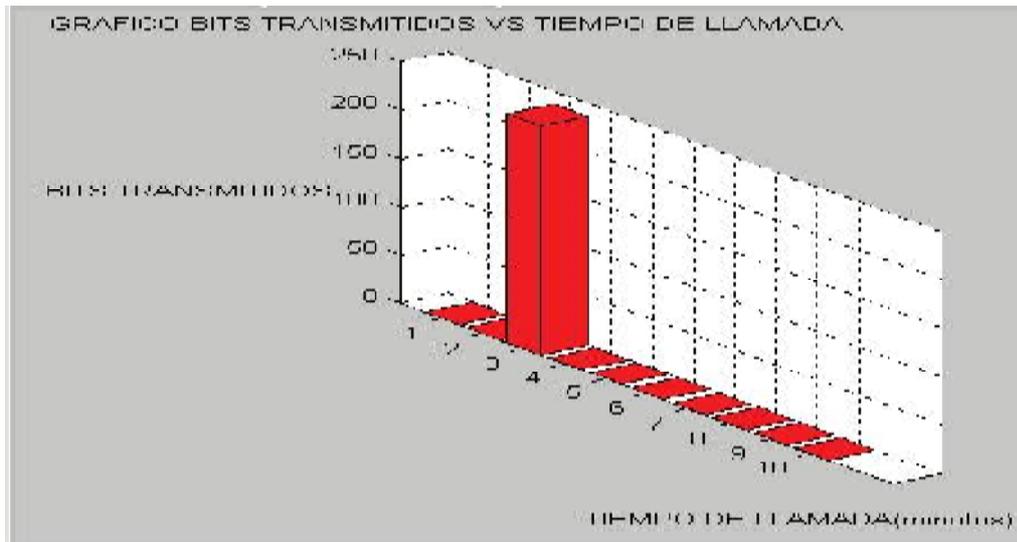


Figura 5.34 Consumo de bits en transmisión normal

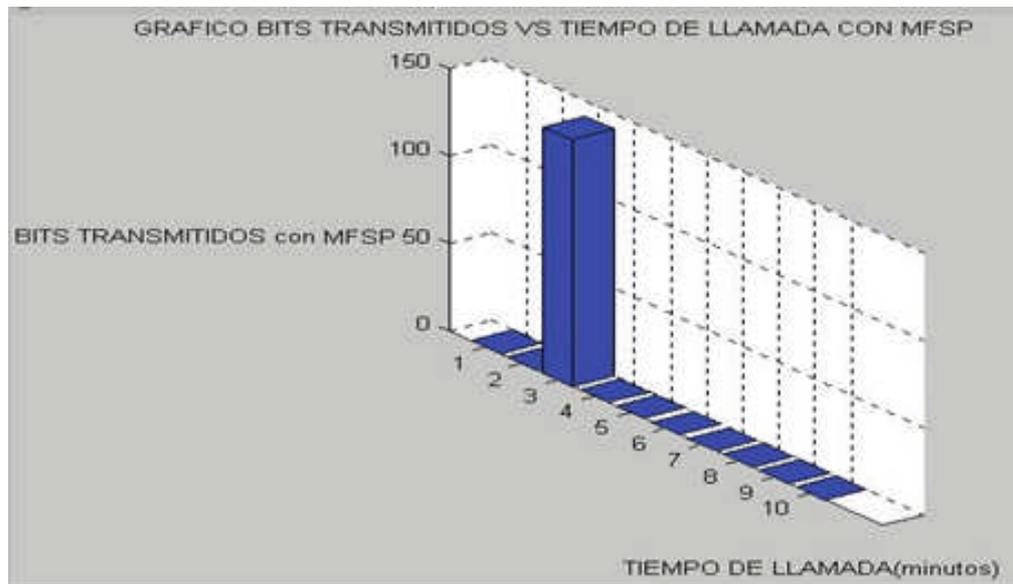


Figura 5.35 Consumo de bits en transmisión MFSP

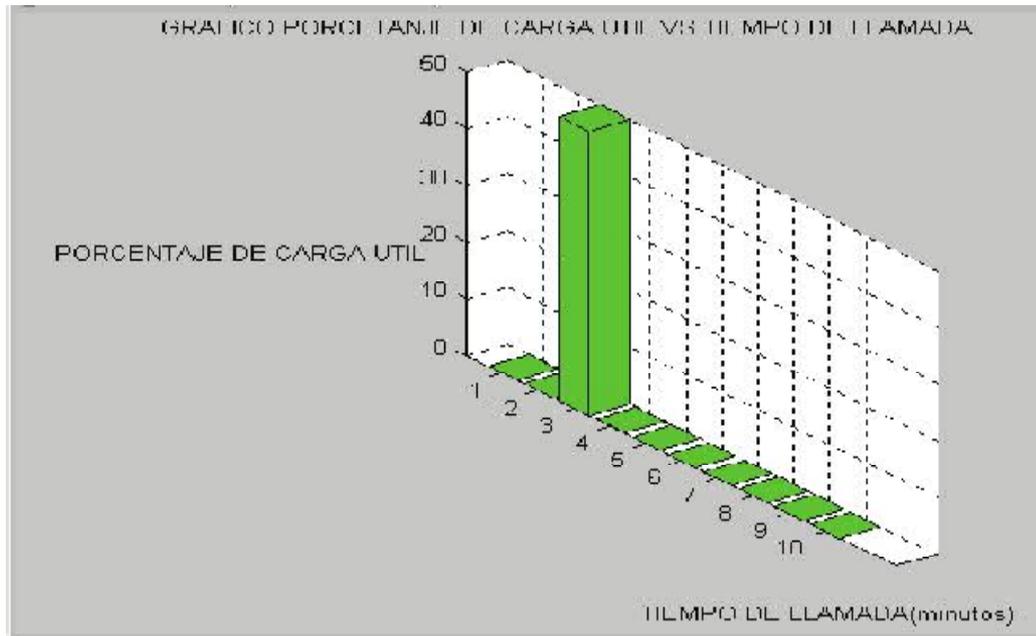


Figura 5.36 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

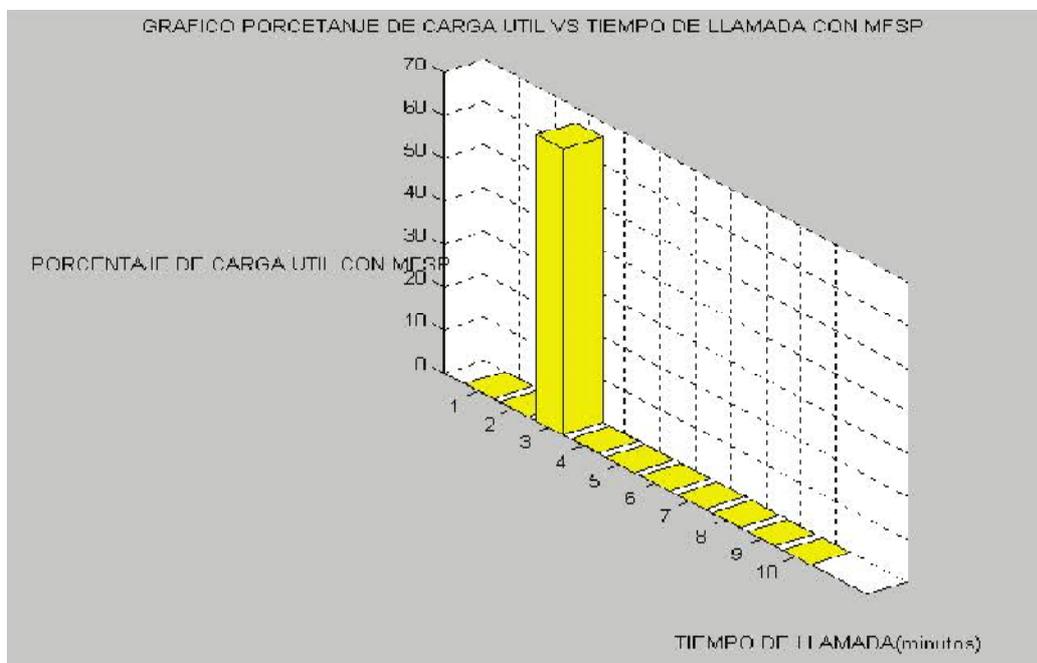


Figura 5.37 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 2 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G729

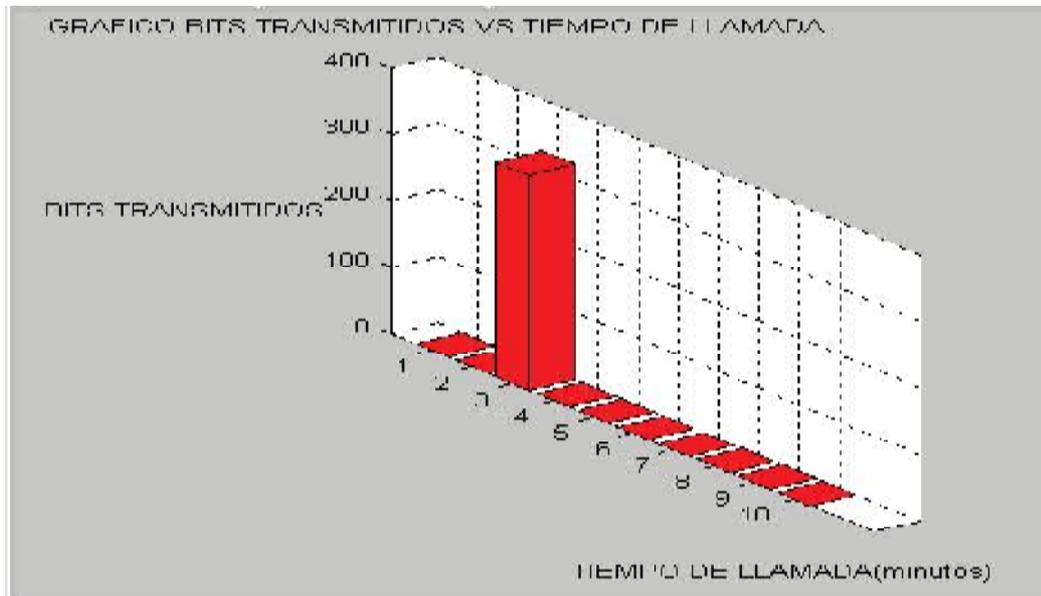


Figura 5.38 Consumo de bits en transmisión normal

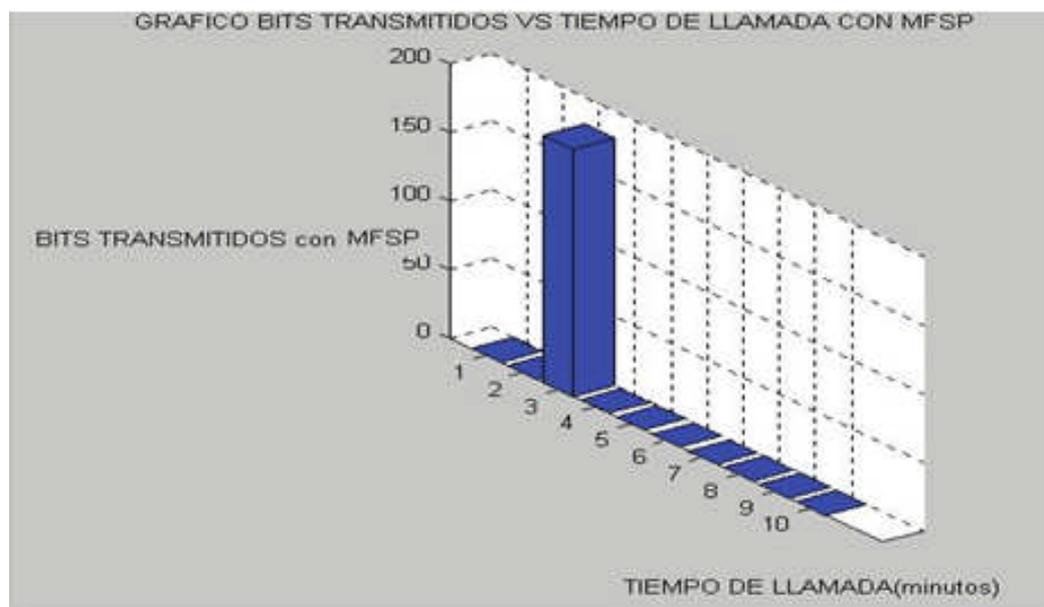


Figura 5.39 Consumo de bits en transmisión MFSP

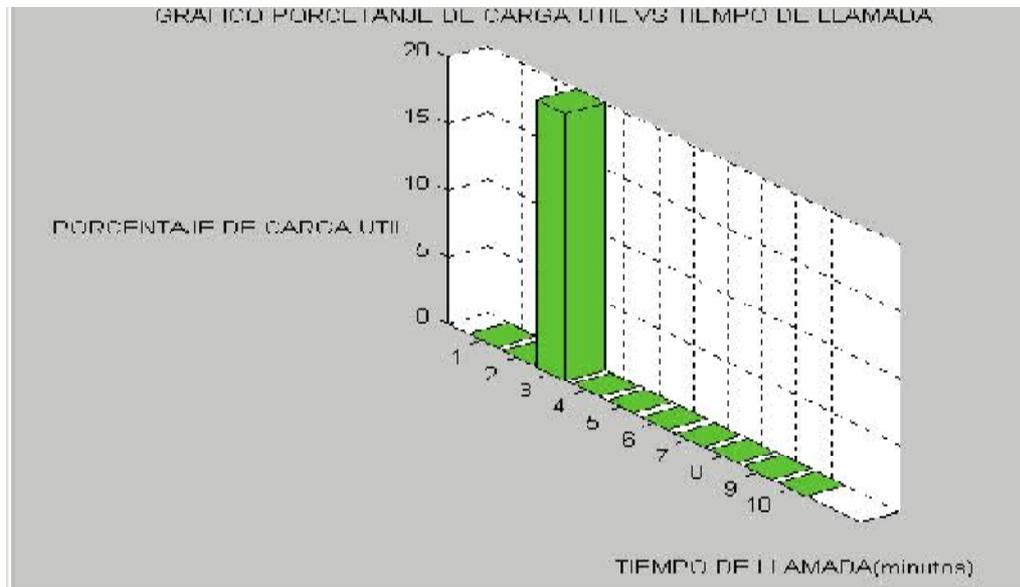


Figura 5.40 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

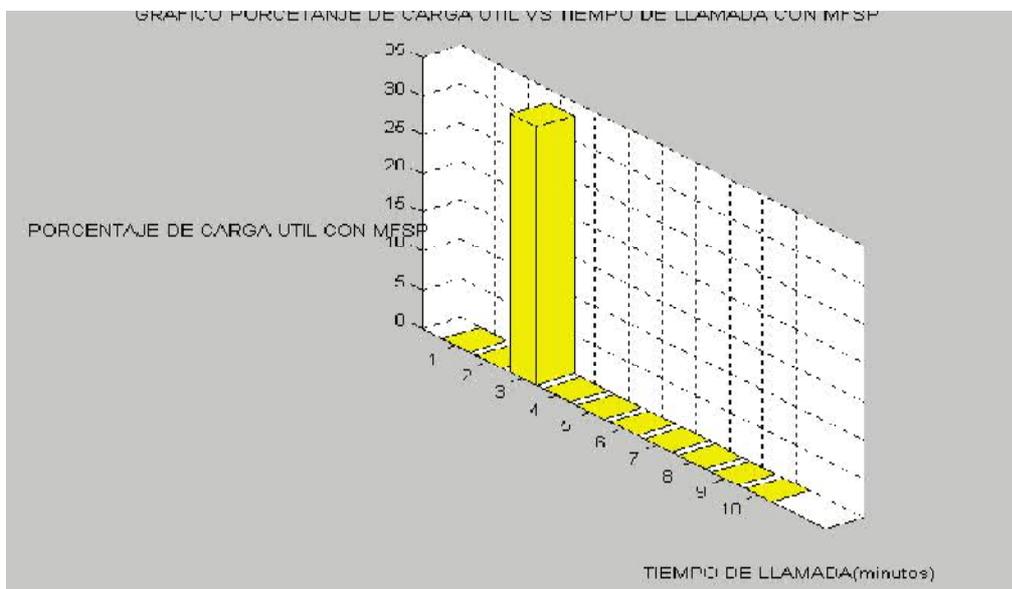


Figura 5.41 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 2 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G723.1 (6.3 KBPS)

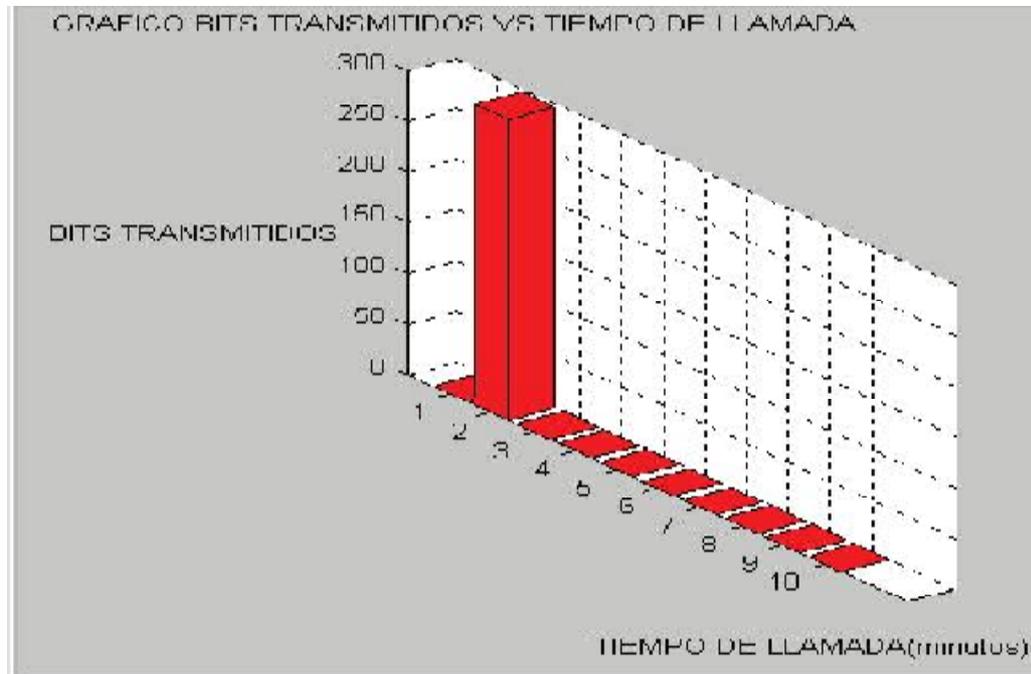


Figura 5.42 Consumo de bits en transmisión normal



Figura 5.43 Consumo de bits en transmisión MFSP

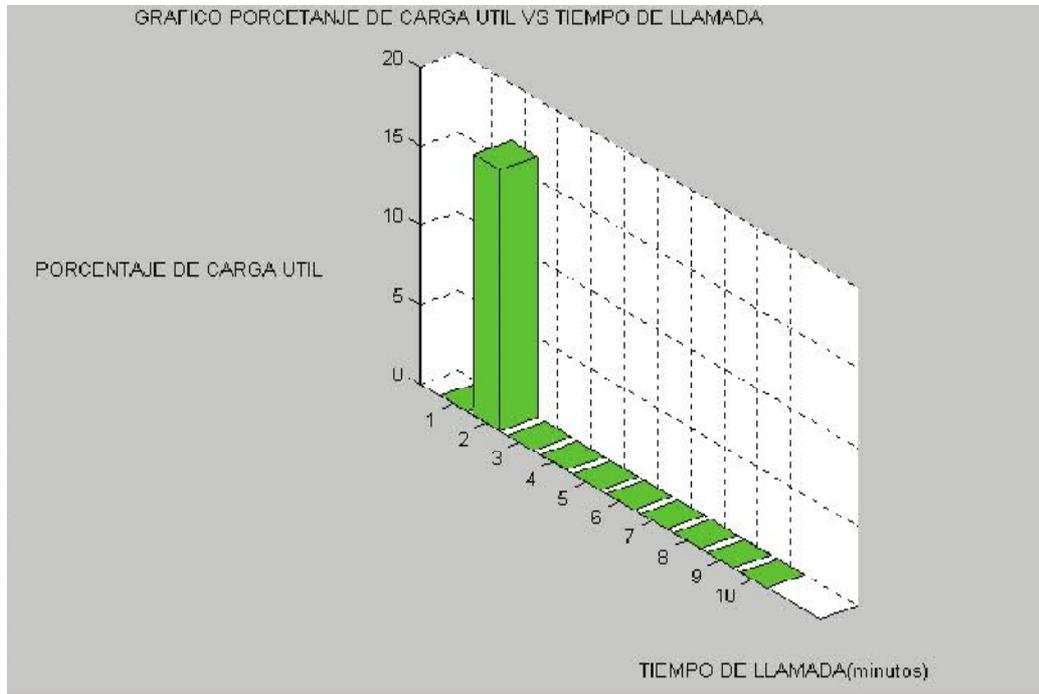


Figura 5.44 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

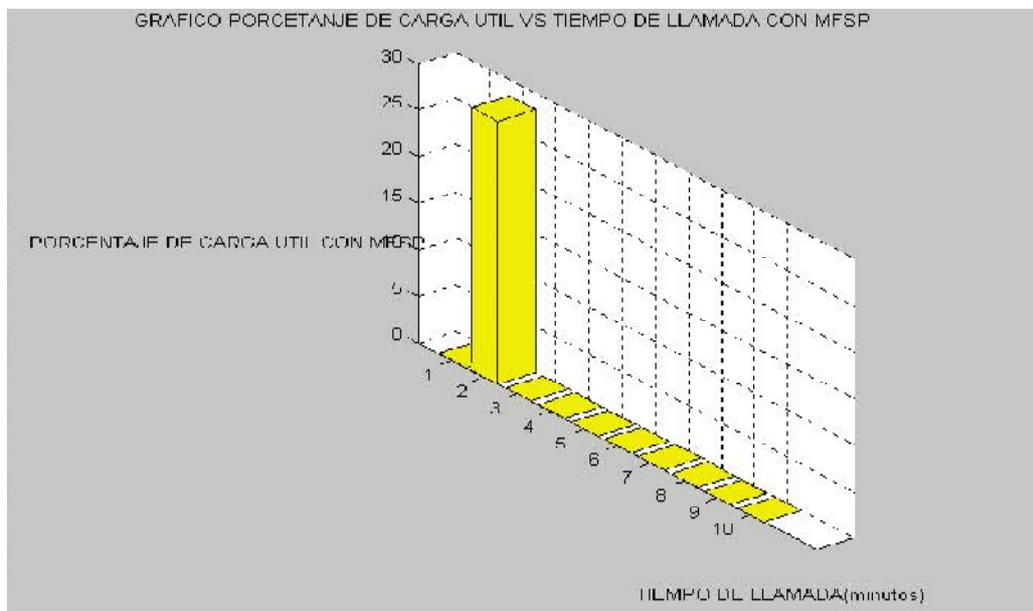


Figura 5.45 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 2 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G723.1 (5.3 KBPS)

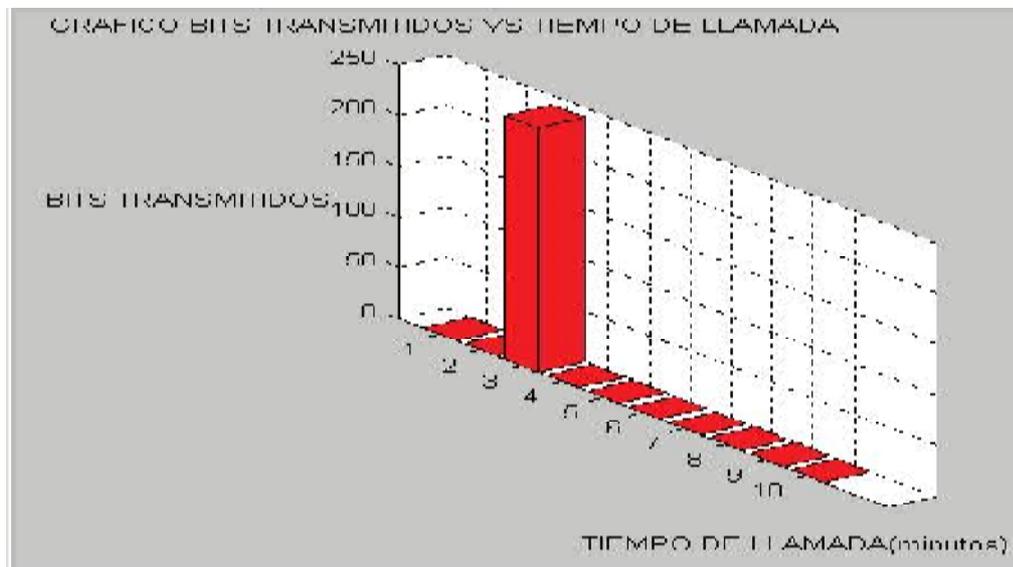


Figura 5.46 Consumo de bits en transmisión normal

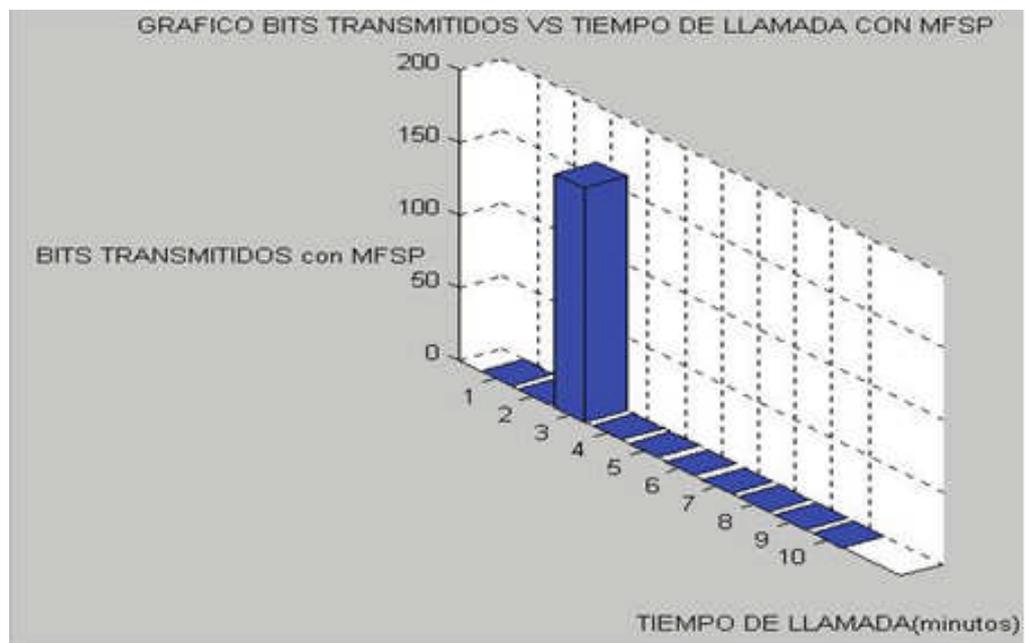


Figura 5.47 Consumo de bits en transmisión MFSP

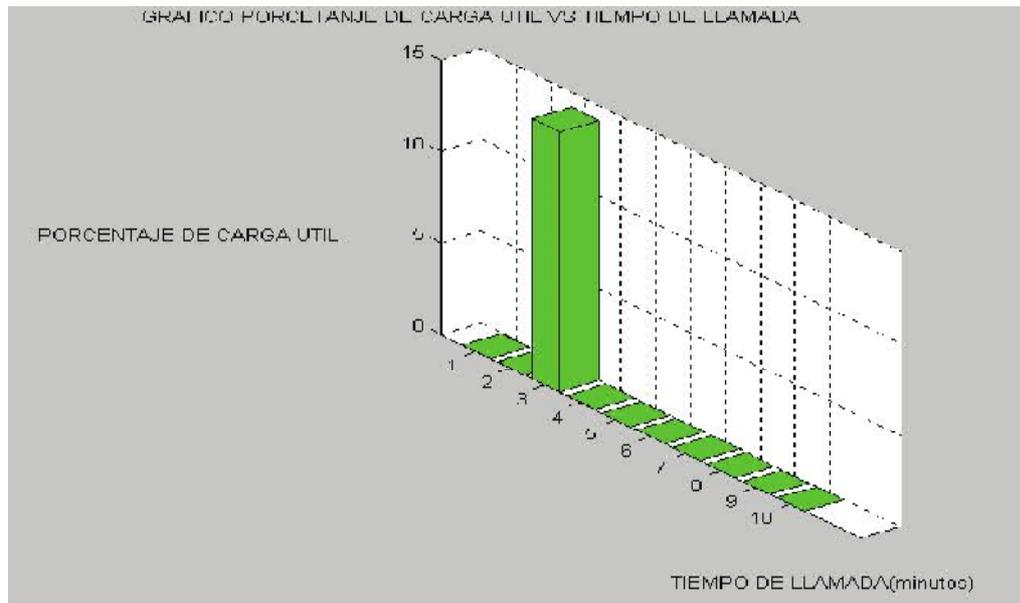


Figura 5.48 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

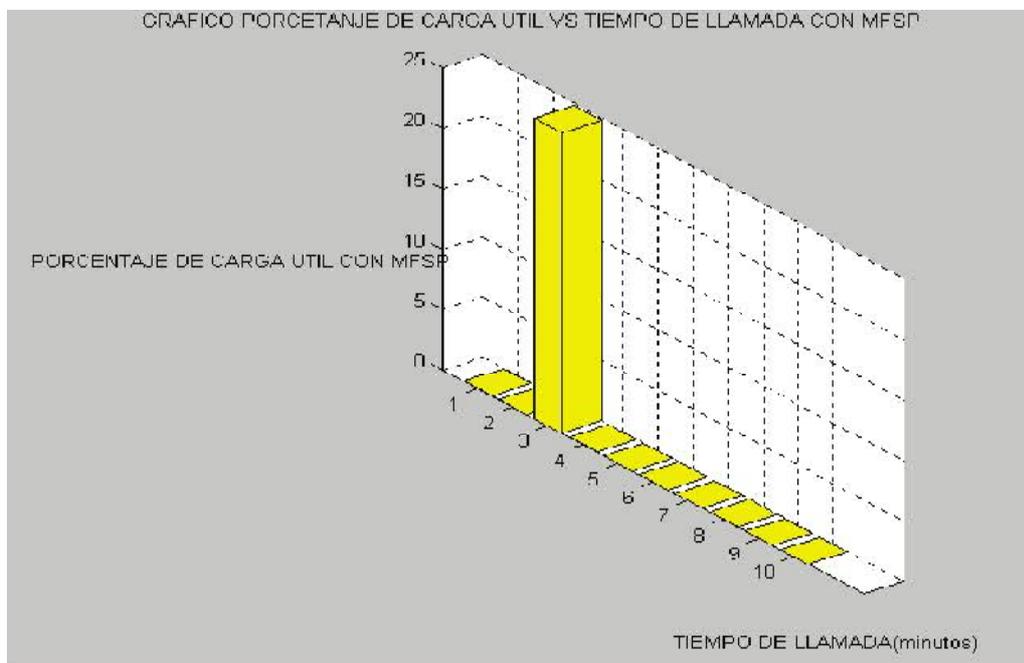


Figura 5.49 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

5.6.2. Simulación de 5 Llamadas Agrupadas con MFSP

PARA 5 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G711

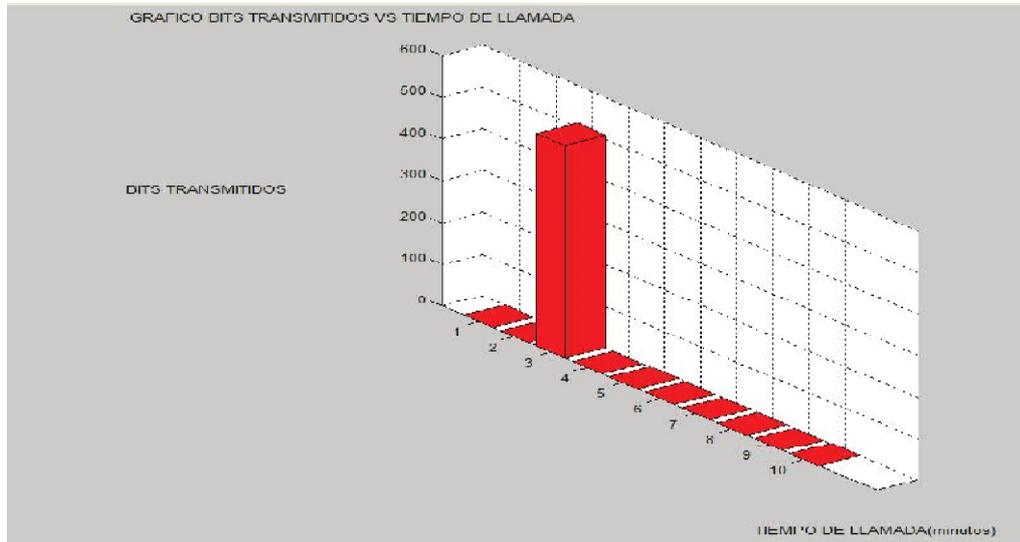


Figura 5.50 Consumo de bits en transmisión normal

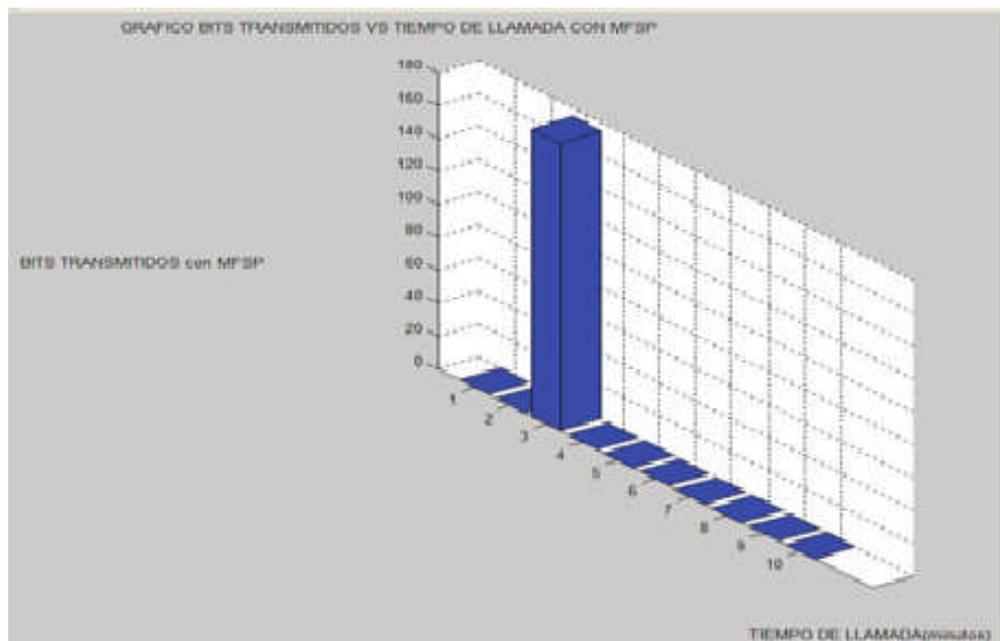


Figura 5.51 Consumo de bits en transmisión MFSP

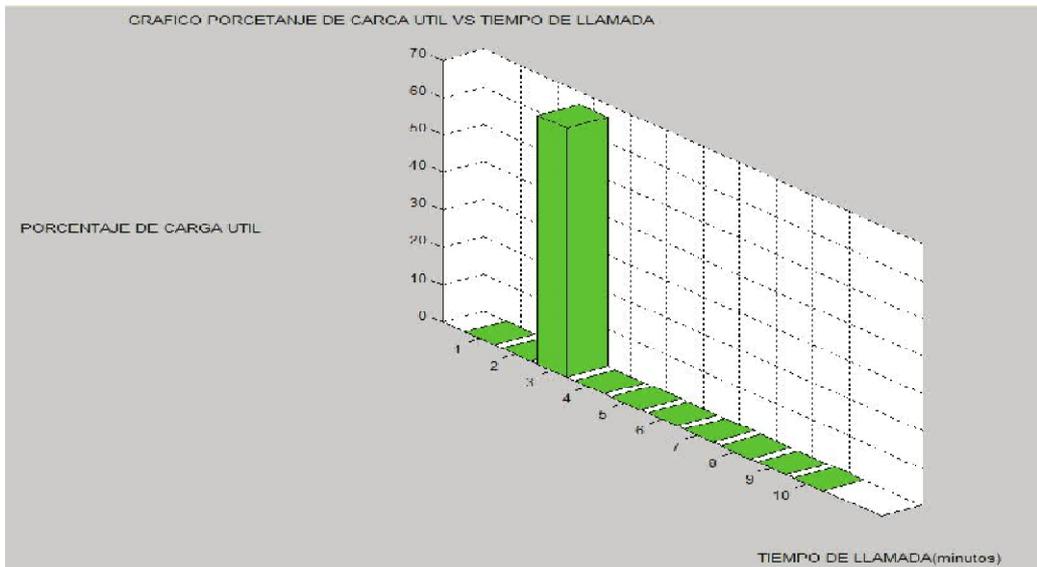


Figura 5.52 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

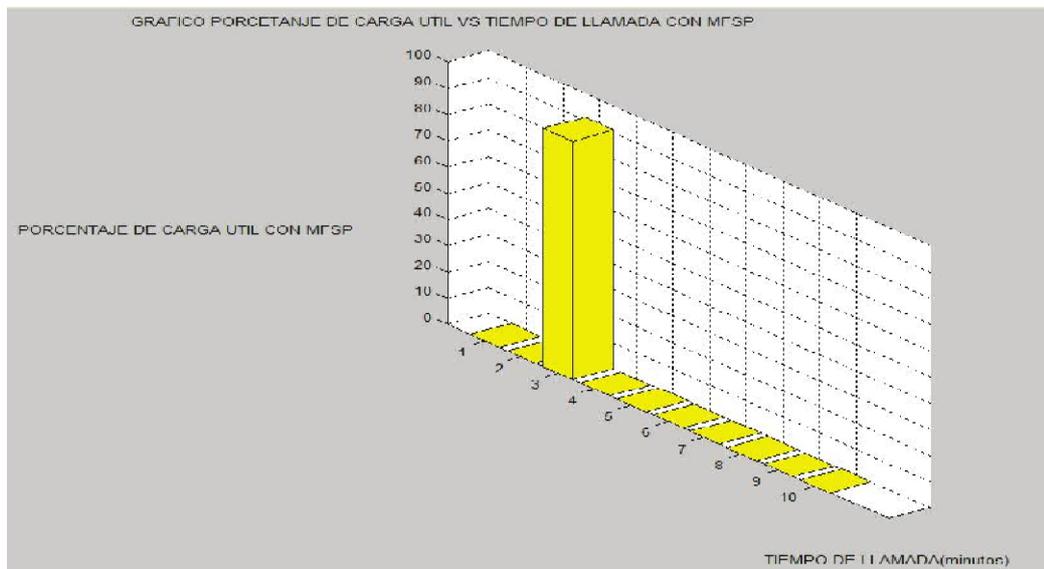


Figura 5.53 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 5 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G726

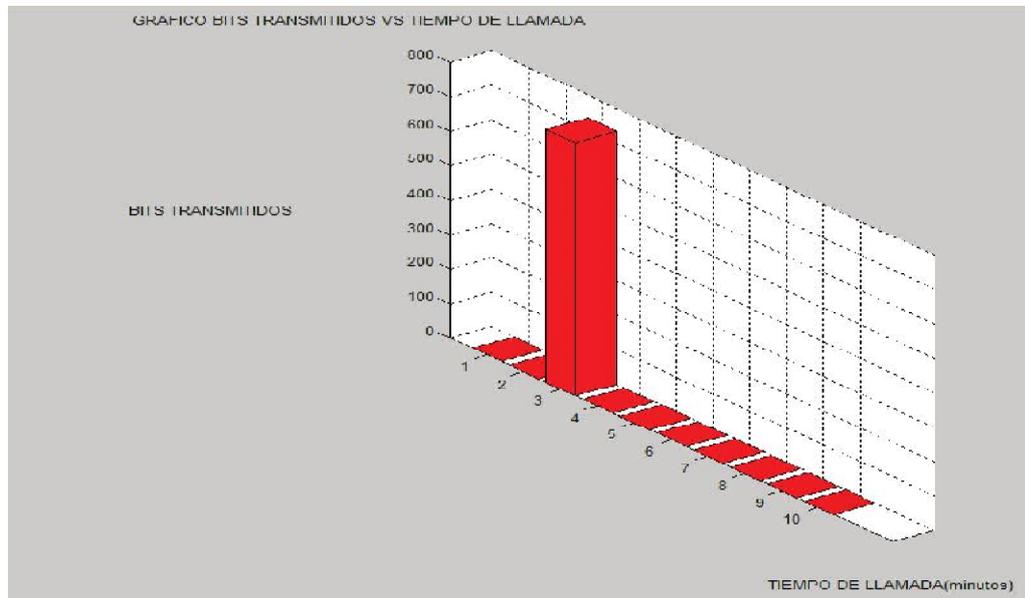


Figura 5.54 Consumo de bits en transmisión normal

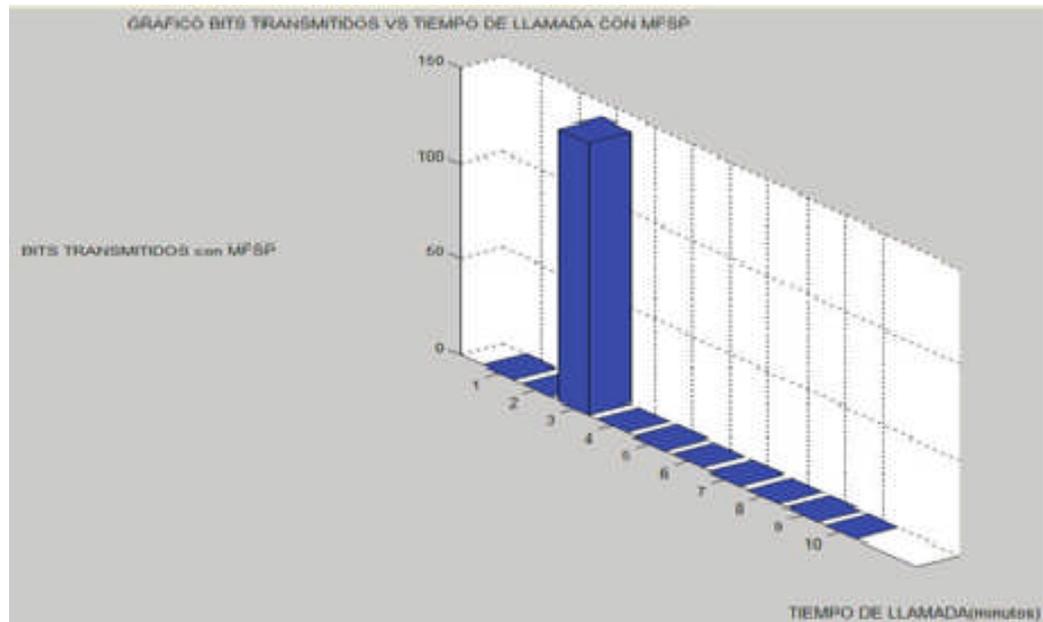


Figura 5.55 Consumo de bits en transmisión MFSP

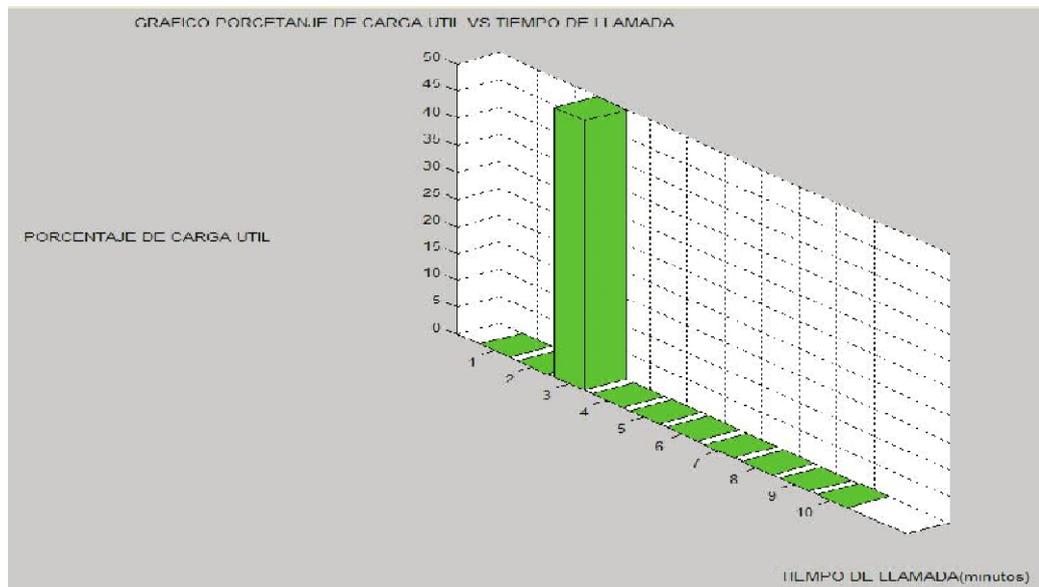


Figura 5.56 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

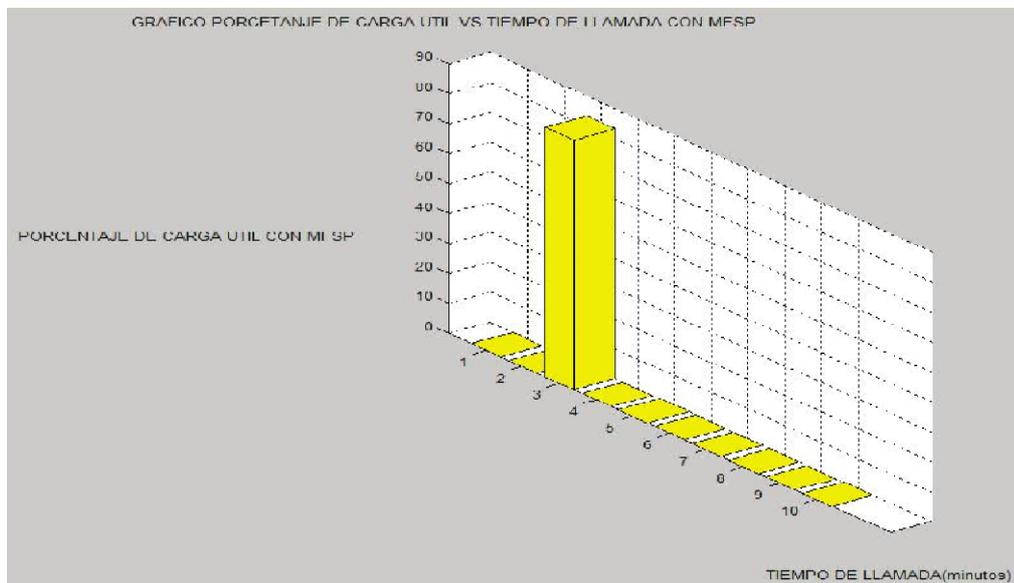


Figura 5.57 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 5 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G729

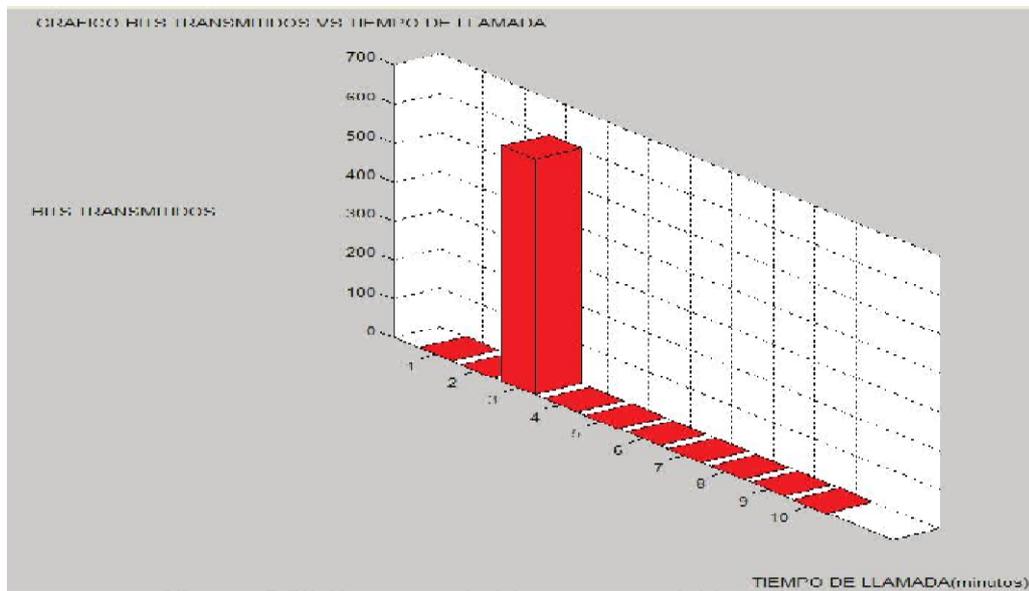


Figura 5.58 Consumo de bits en transmisión normal

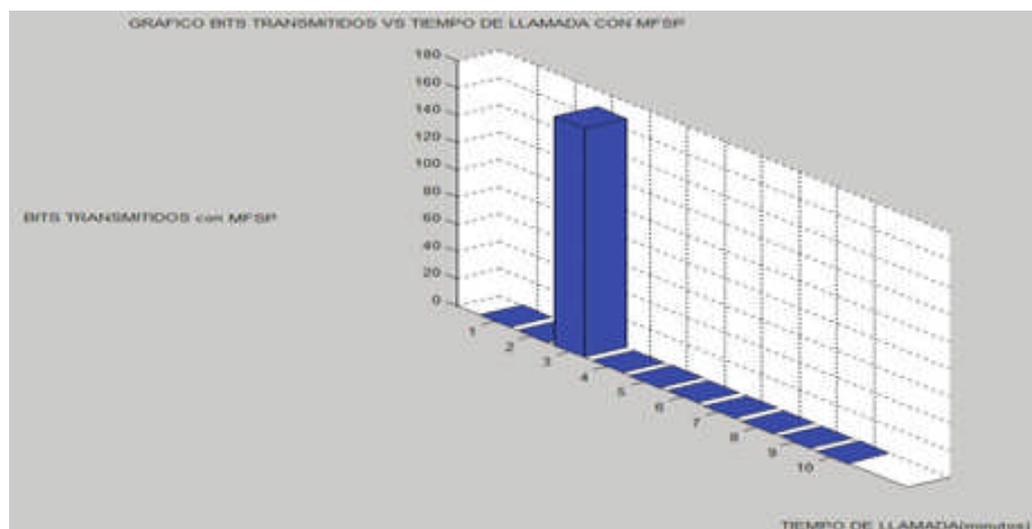


Figura 5.59 Consumo de bits en transmisión MFSP

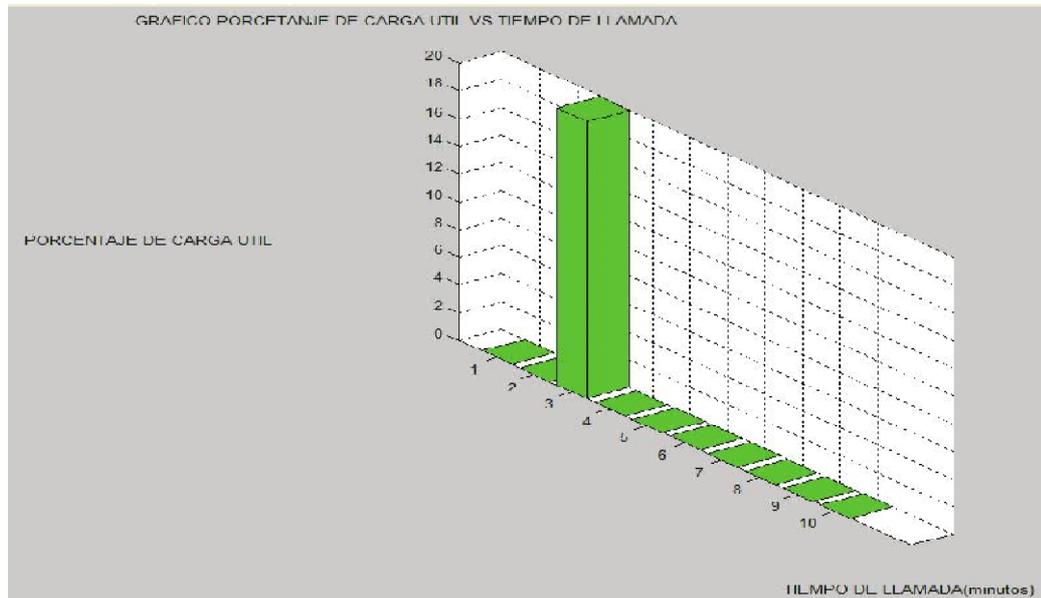


Figura 5.60 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

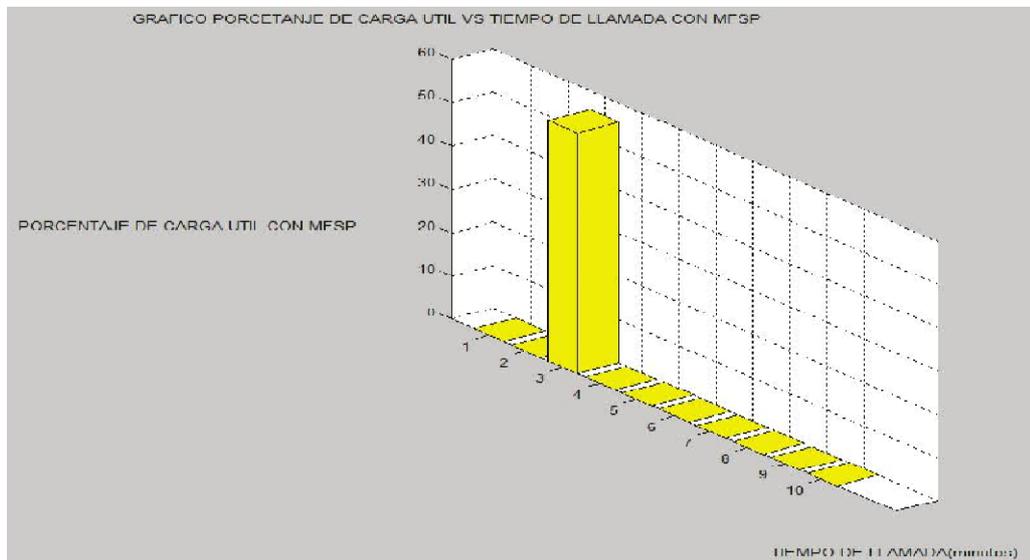


Figura 5.61 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 5 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G723.1 (6.3 KBPS)

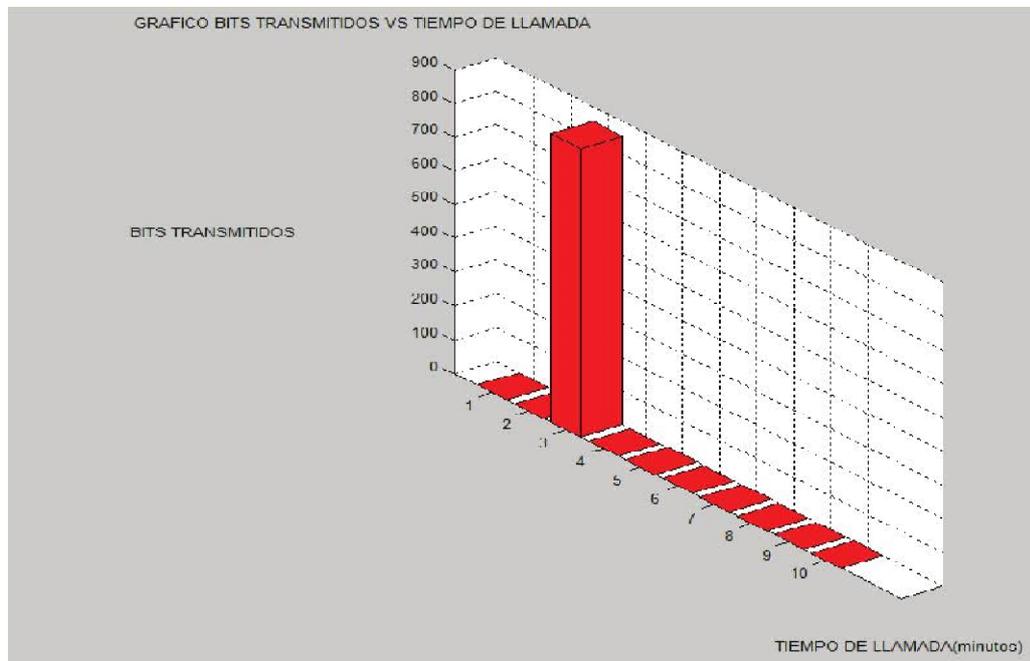


Figura 5.62 Consumo de bits en transmisión normal

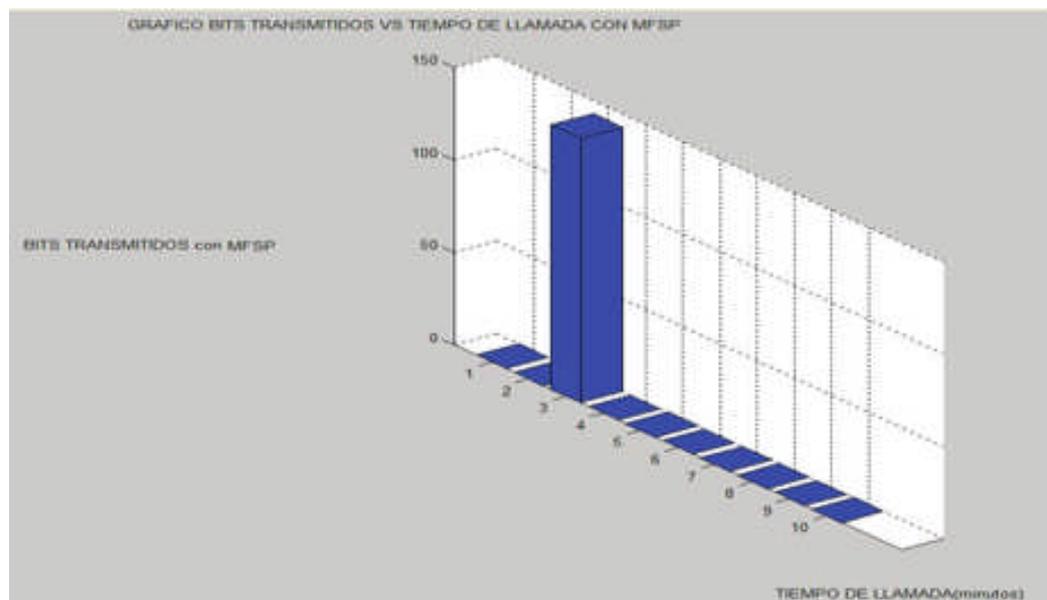


Figura 5.63 Consumo de bits en transmisión MFSP

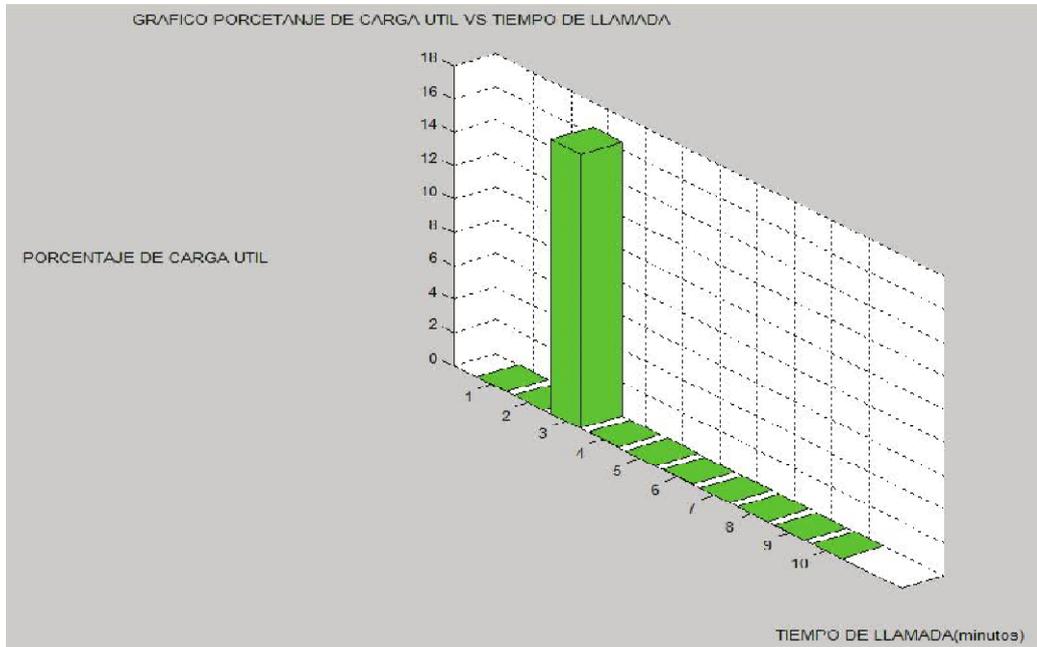


Figura 5.64 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

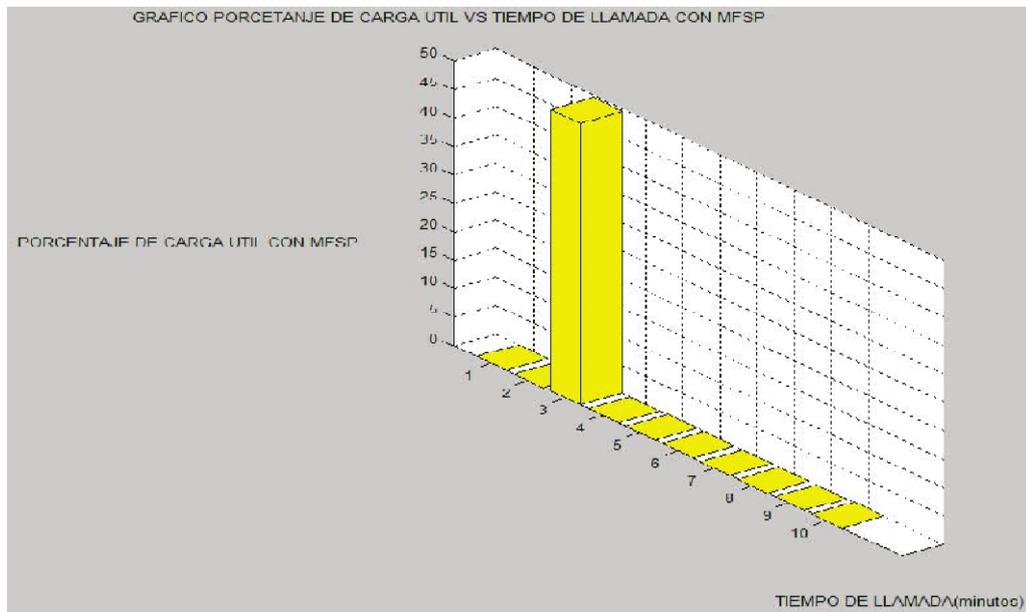


Figura 5.65 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 5 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G723.1 (5.3 KBPS)

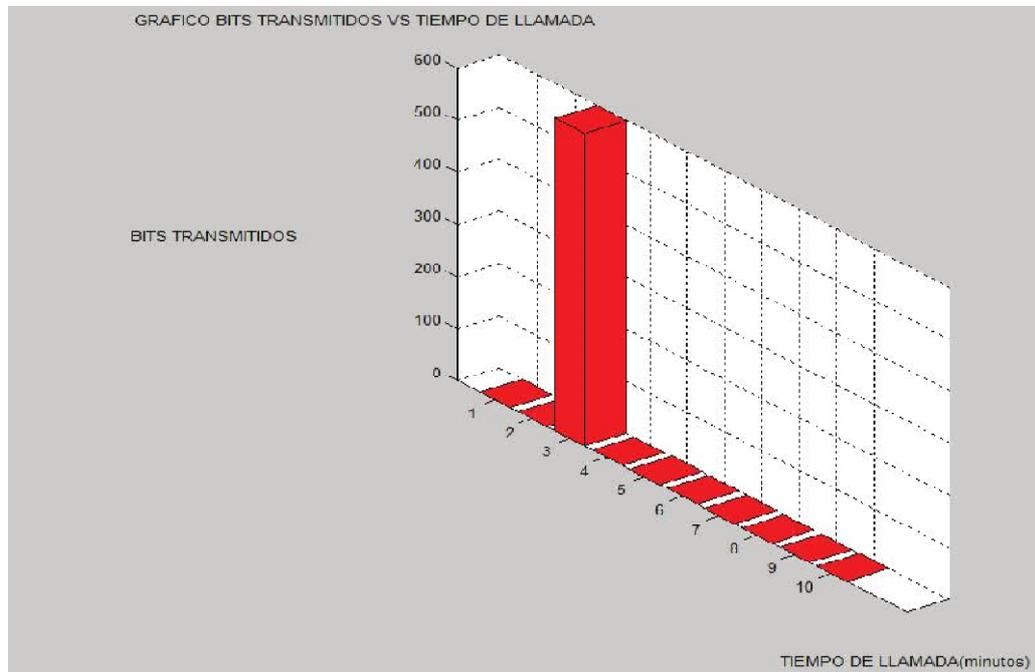


Figura 5.66 Consumo de bits en transmisión normal

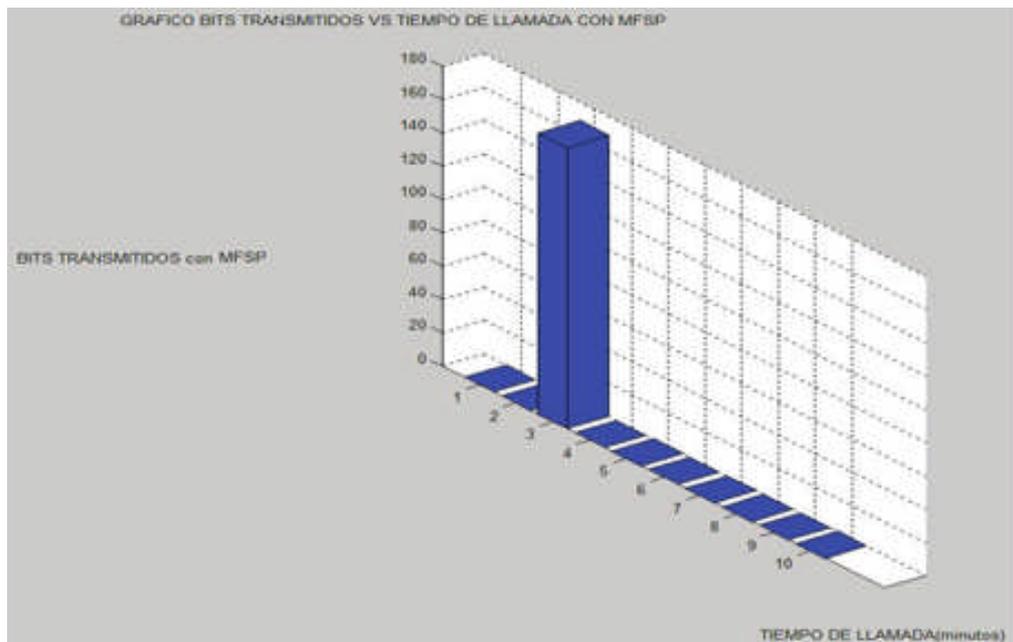


Figura 5.67 Consumo de bits en transmisión MFSP

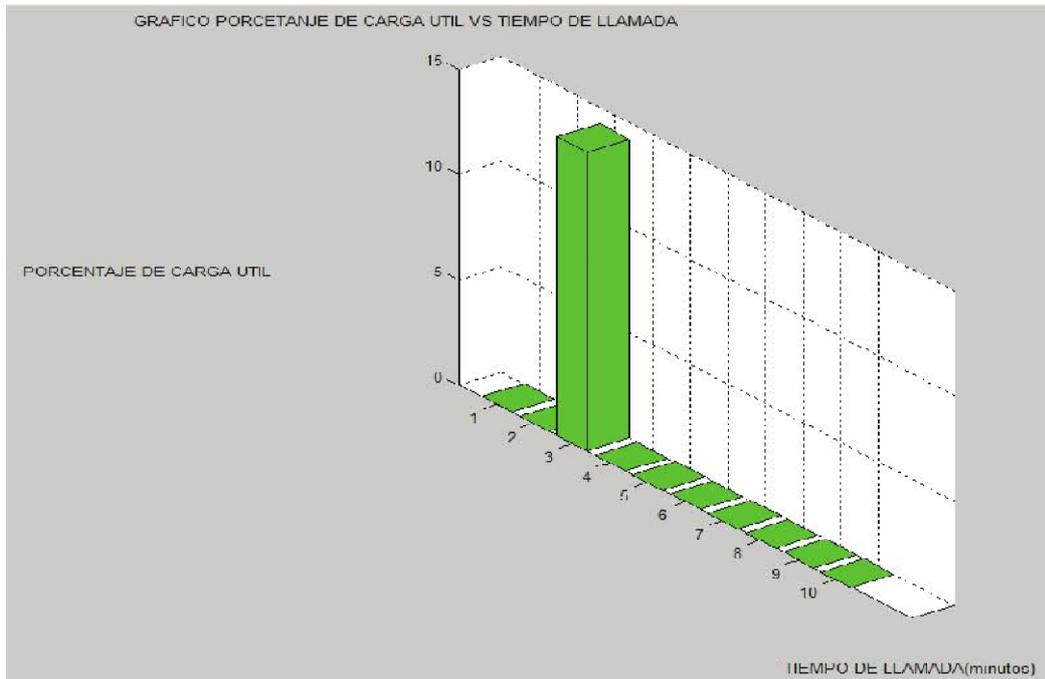


Figura 5.68 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

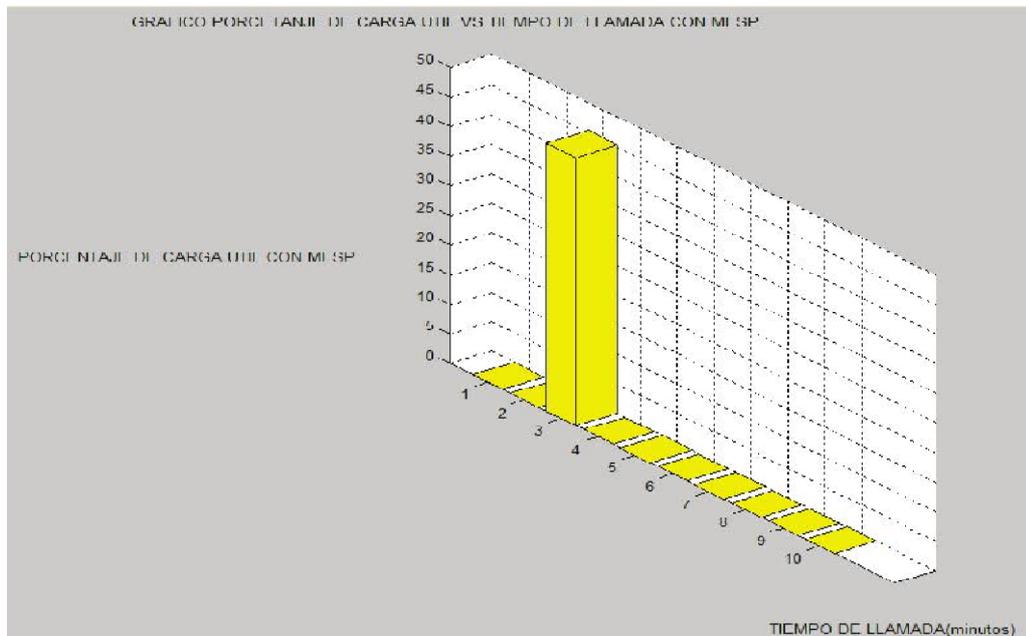


Figura 5.69 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

5.6.3. Simulación de 36 Llamadas Agrupadas con MFSP

PARA 36 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G711

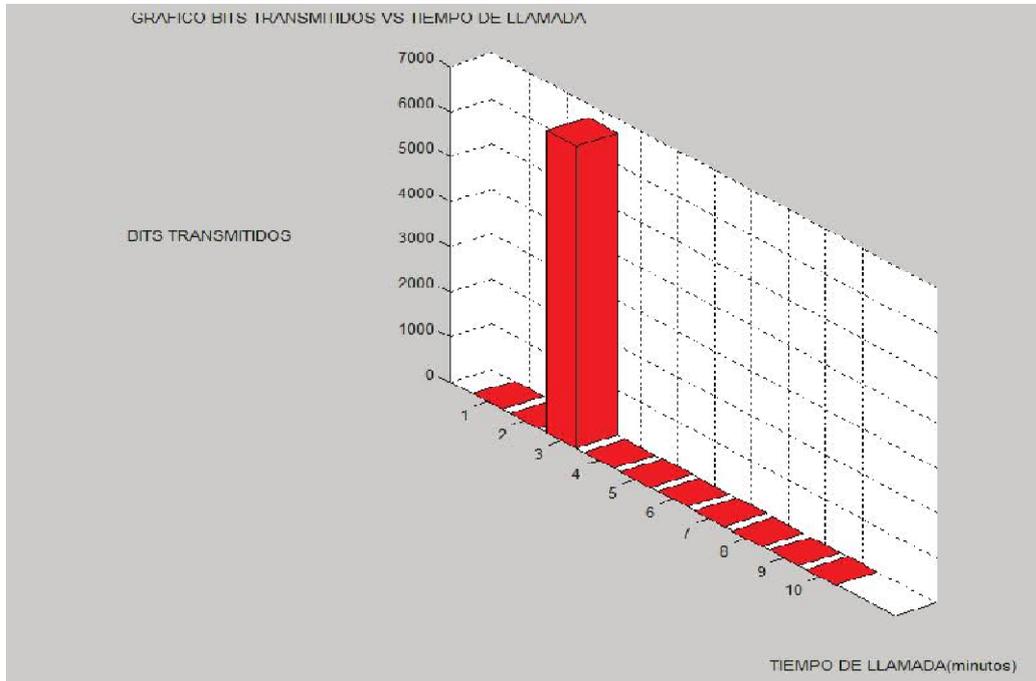


Figura 5.70 Consumo de bits en transmisión normal

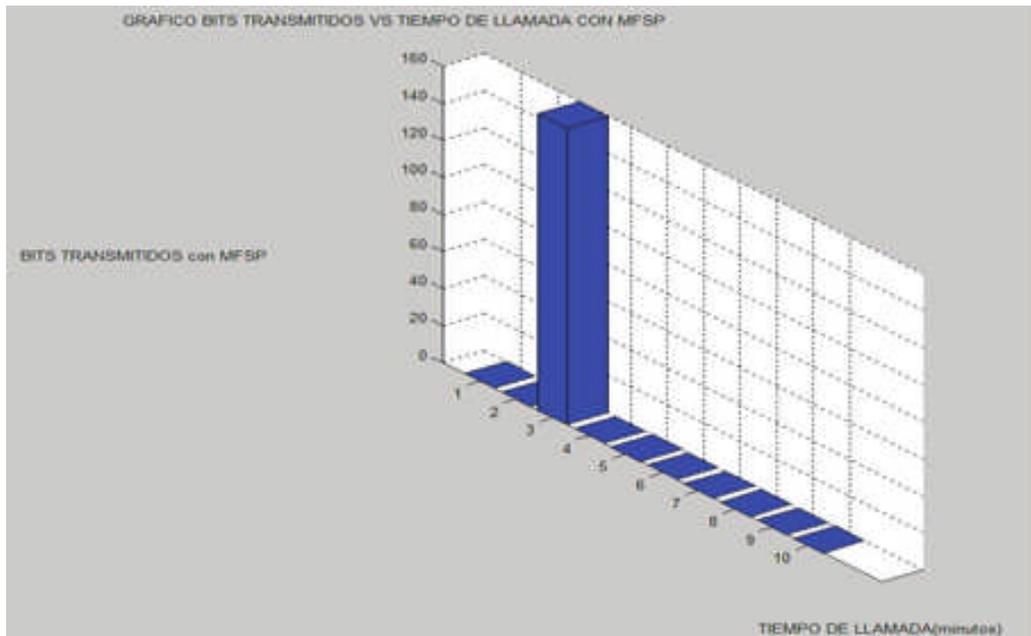


Figura 5.71 Consumo de bits en transmisión MFSP

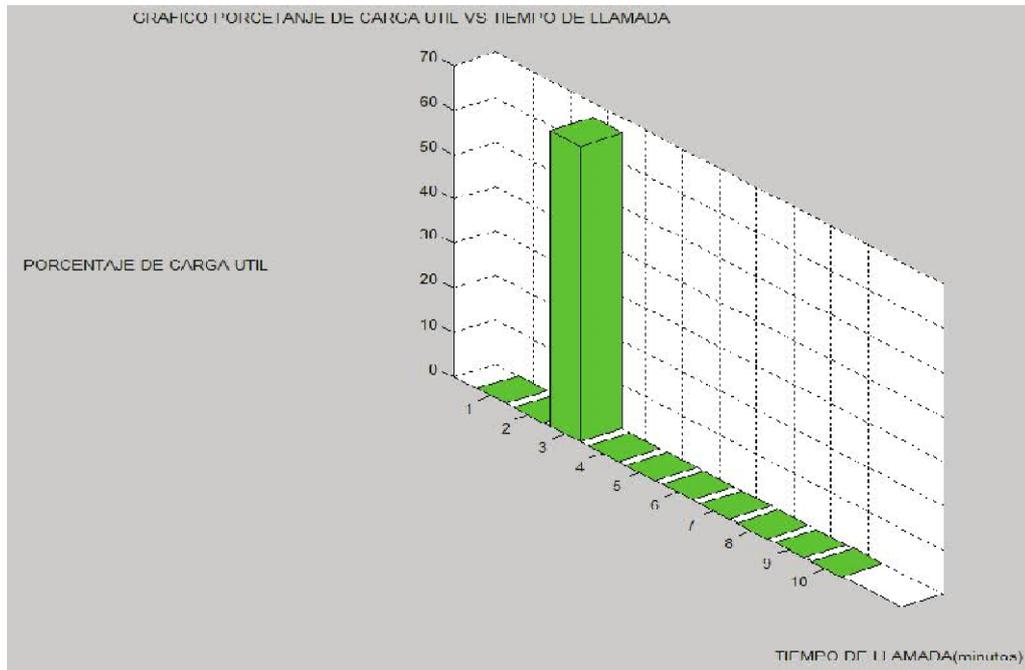


Figura 5.72 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

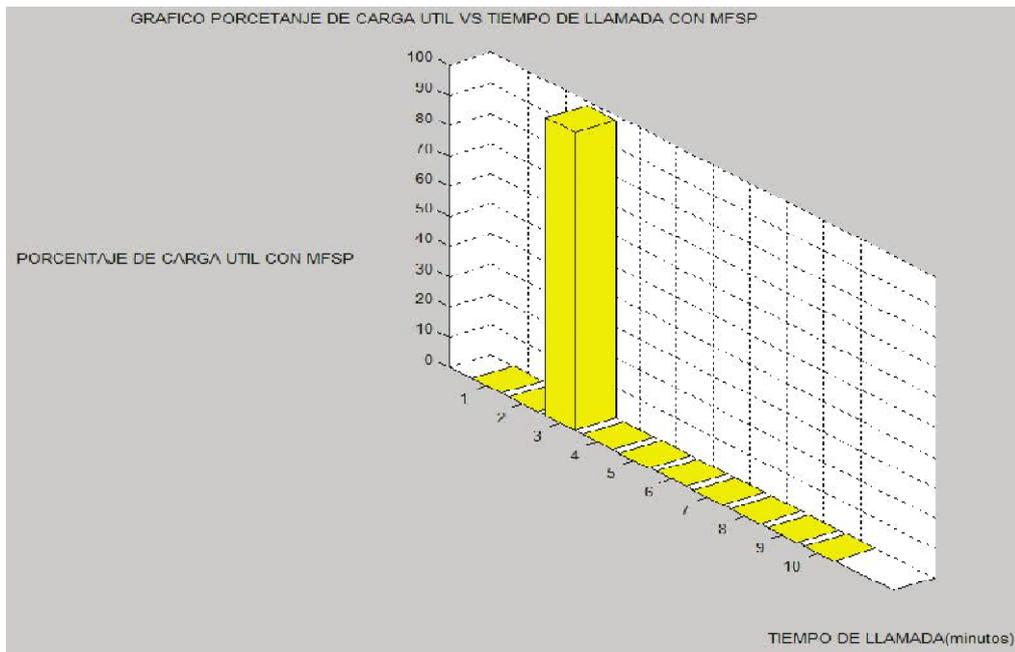


Figura 5.73 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 36 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G726

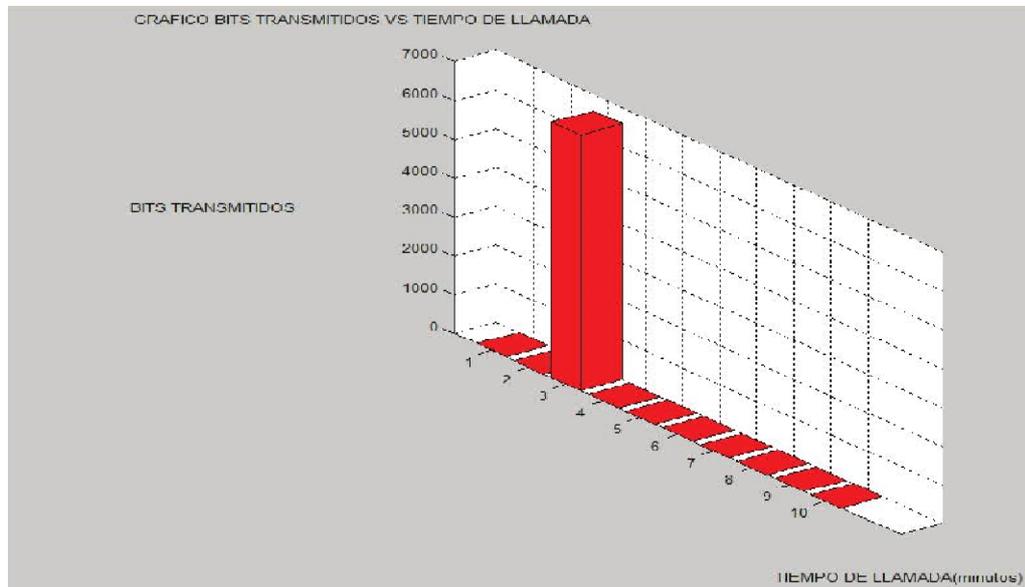


Figura 5.74 Consumo de bits en transmisión normal

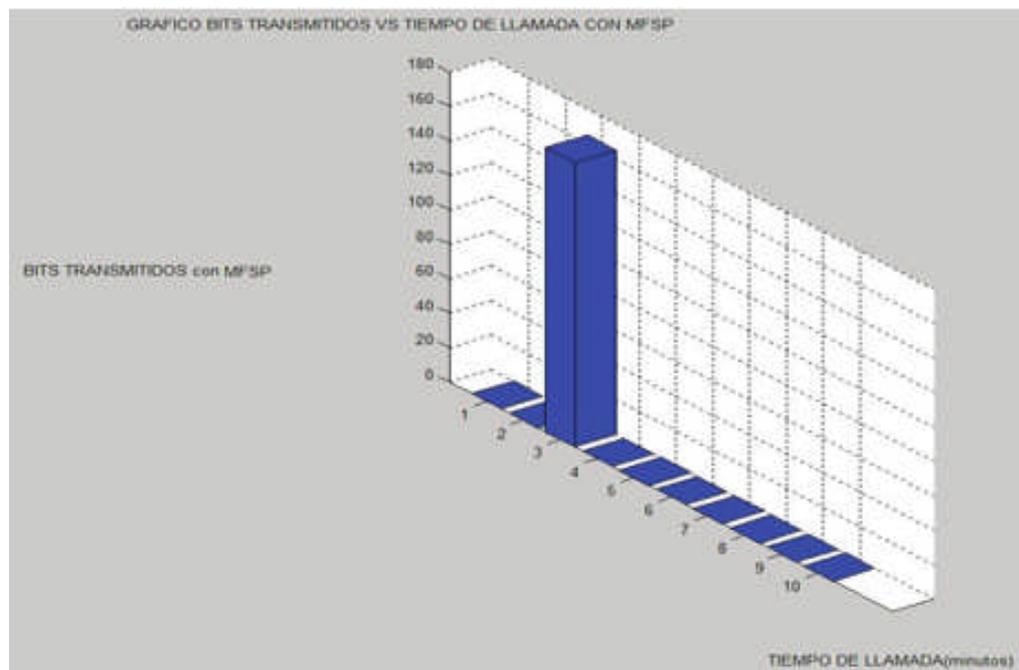


Figura 5.75 Consumo de bits en transmisión MFSP

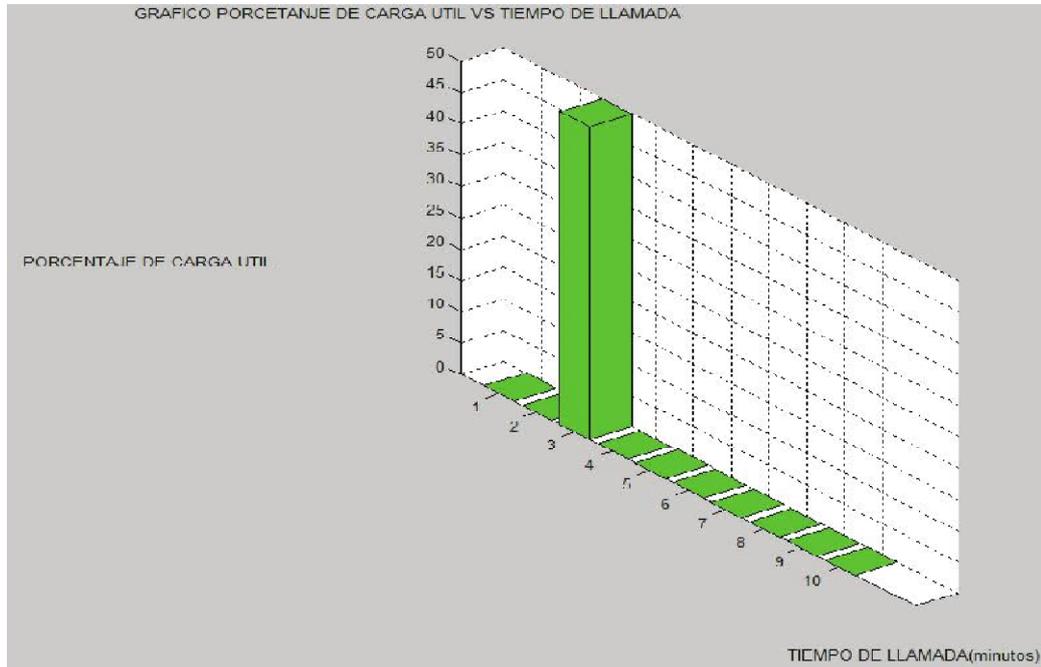


Figura 5.76 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

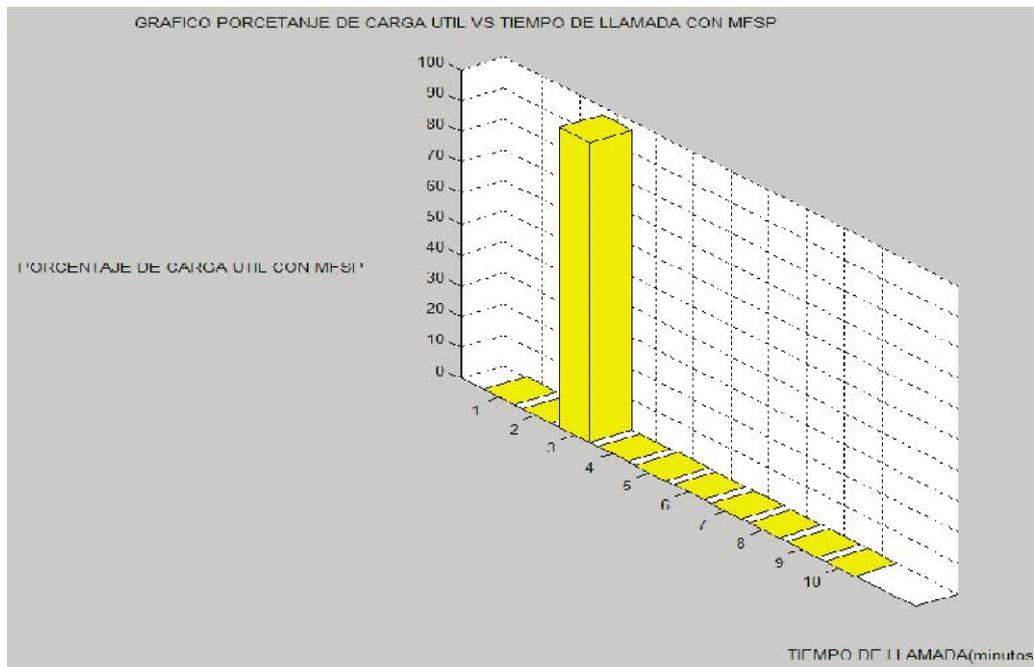


Figura 5.77 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 36 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G729

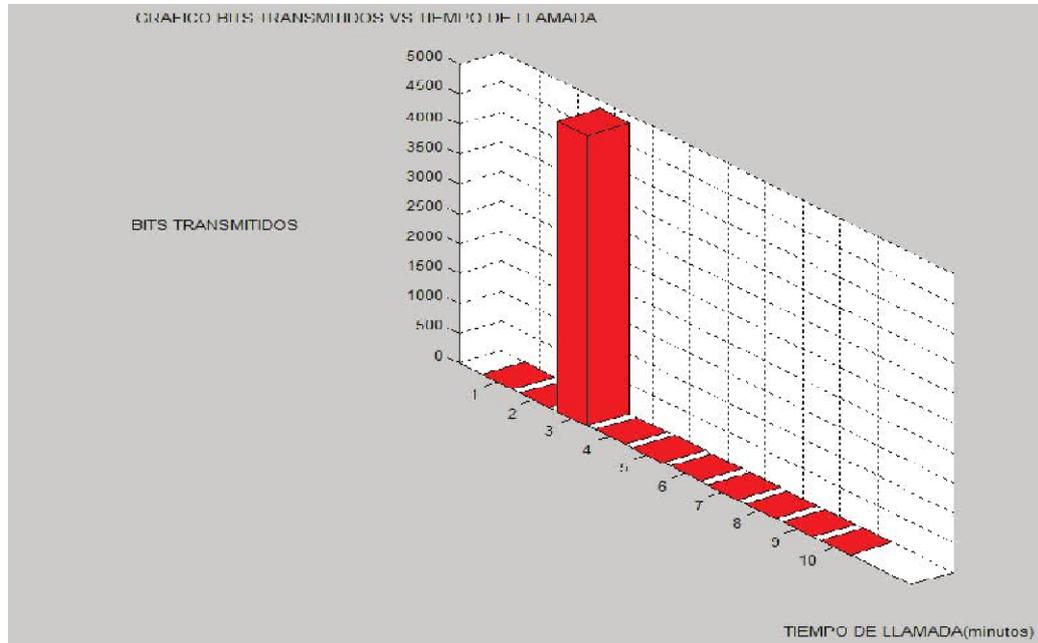


Figura 5.78 Consumo de bits en transmisión normal

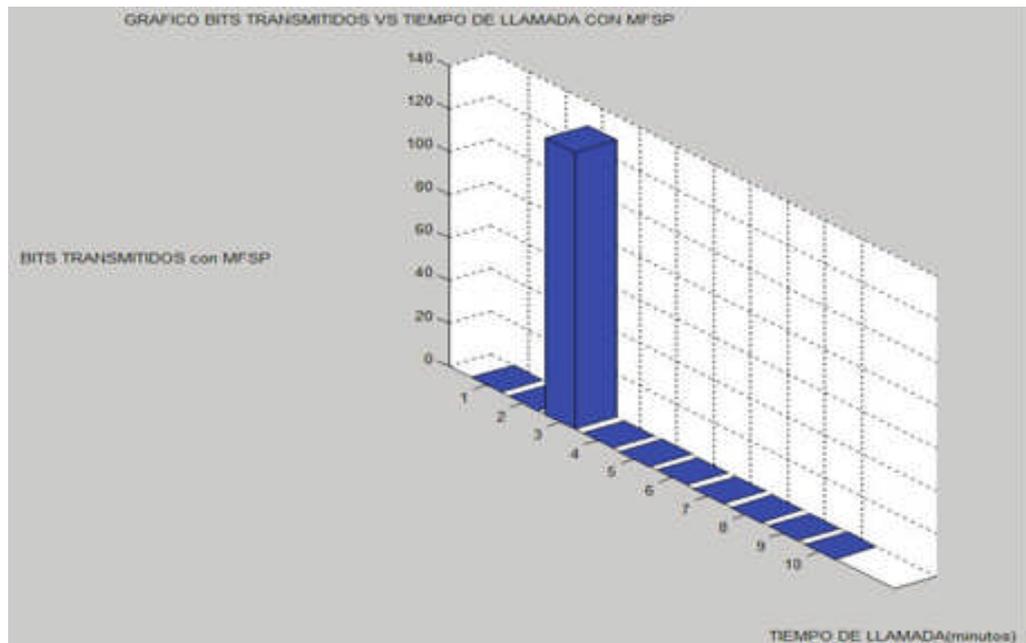


Figura 5.79 Consumo de bits en transmisión MFSP

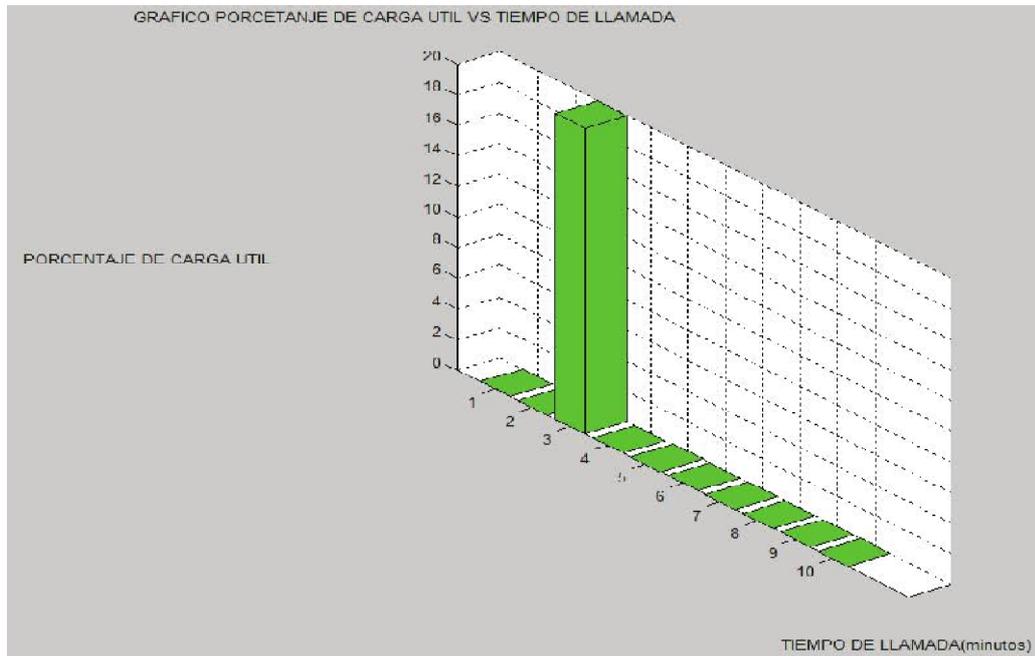


Figura 5.80 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

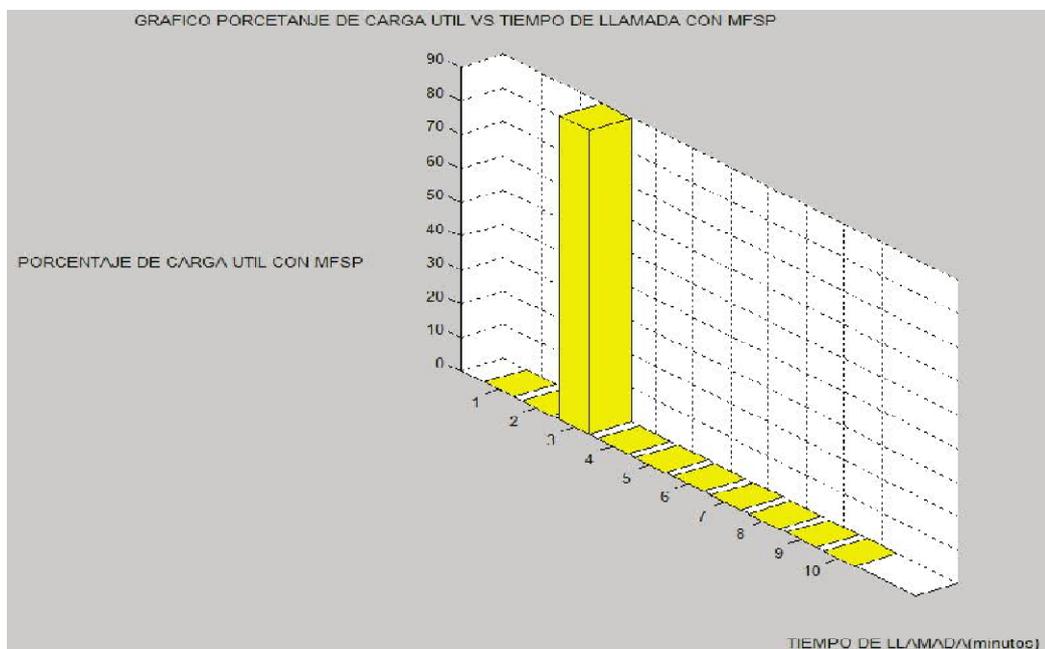


Figura 5.81 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 36 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G723.1 (6.3 KBPS)

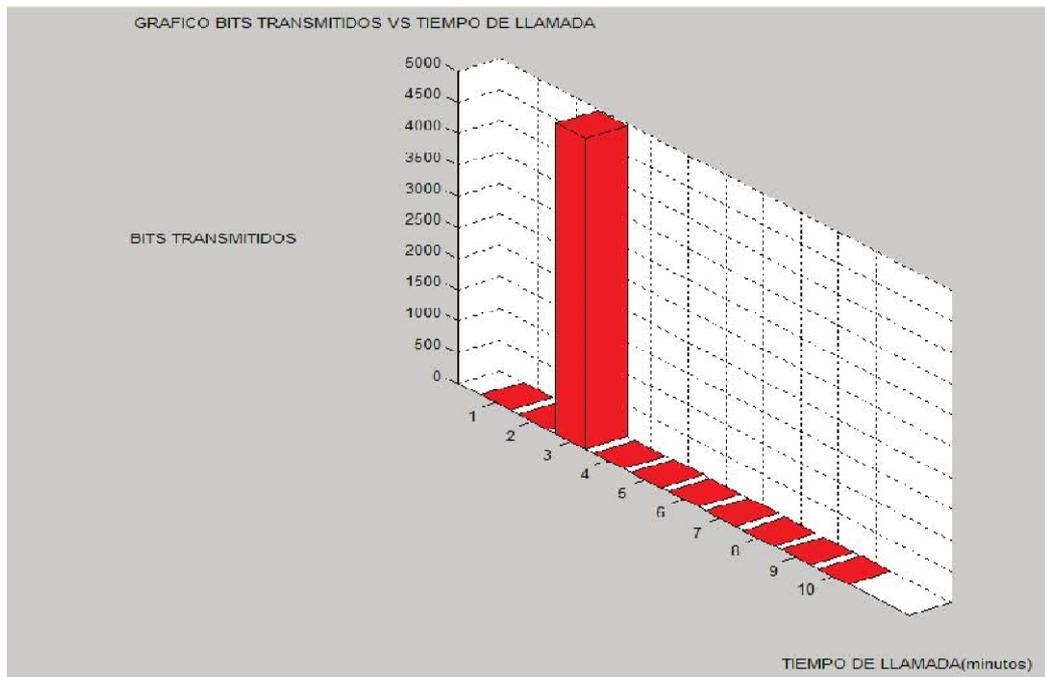


Figura 5.82 Consumo de bits en transmisión normal

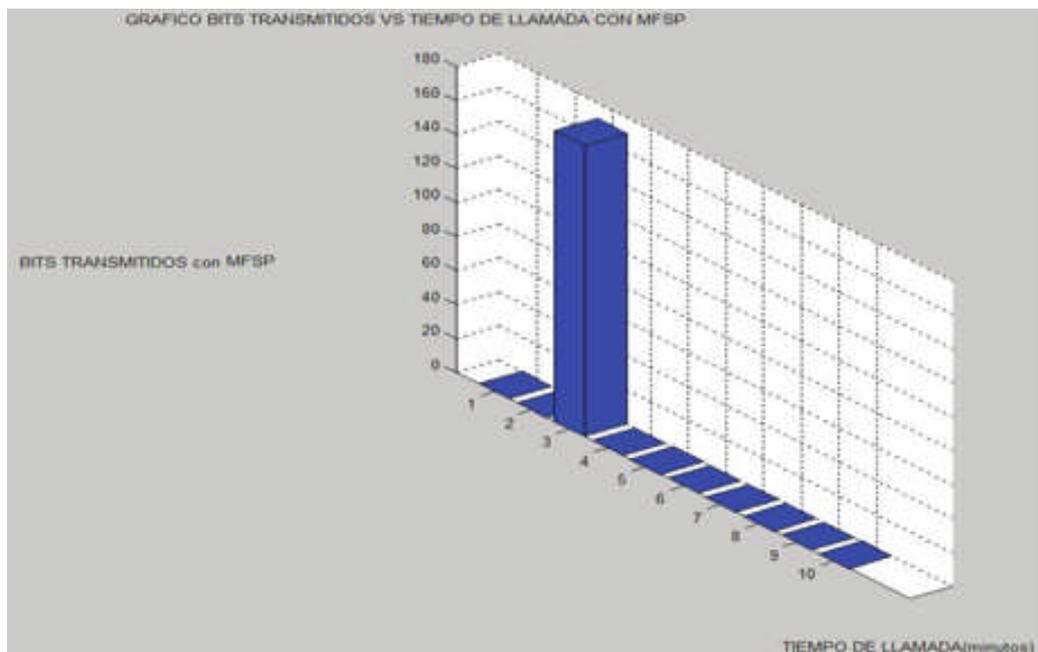


Figura 5.83 Consumo de bits en transmisión MFSP

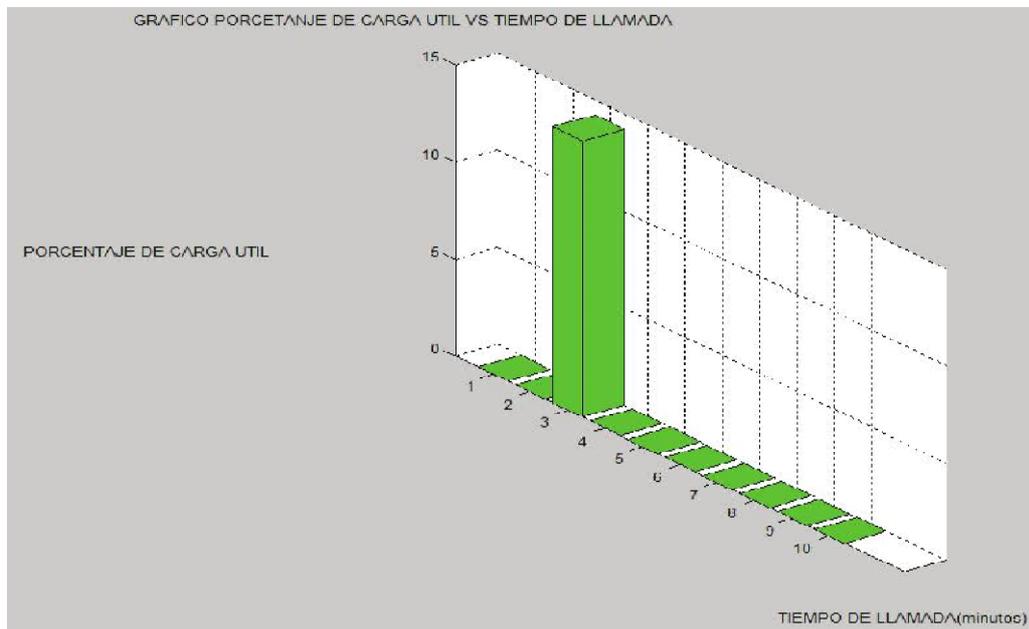


Figura 5.84 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

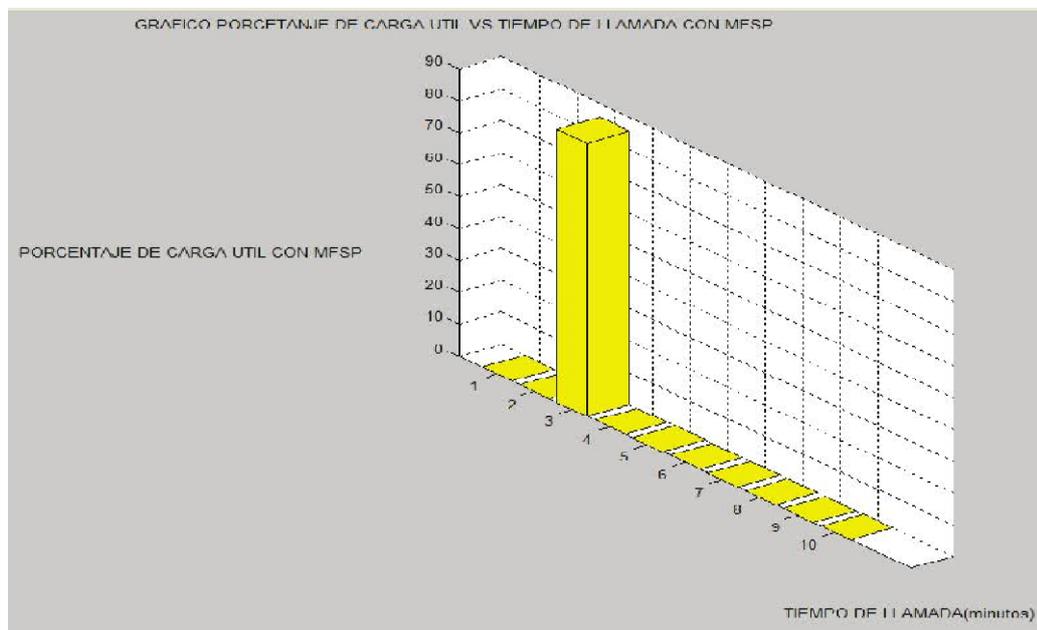


Figura 5.85 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

PARA 36 LLAMADAS SIMULTANEAS DE TRES MINUTOS CODIFICANDO CON G723.1 (5.3 KBPS)

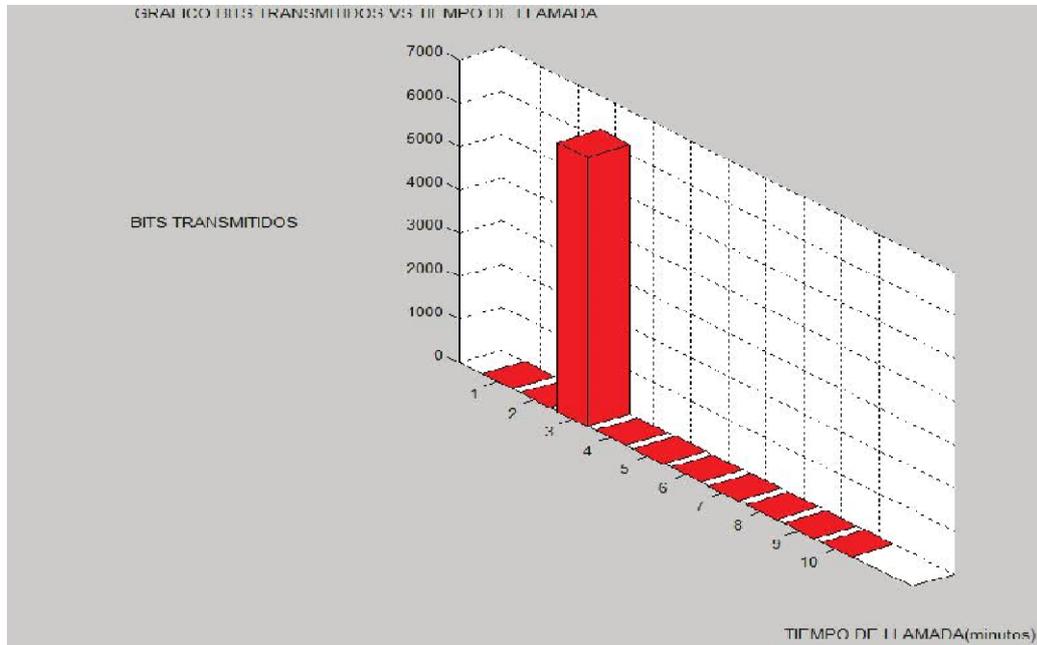


Figura 5.86 Consumo de bits en transmisión normal

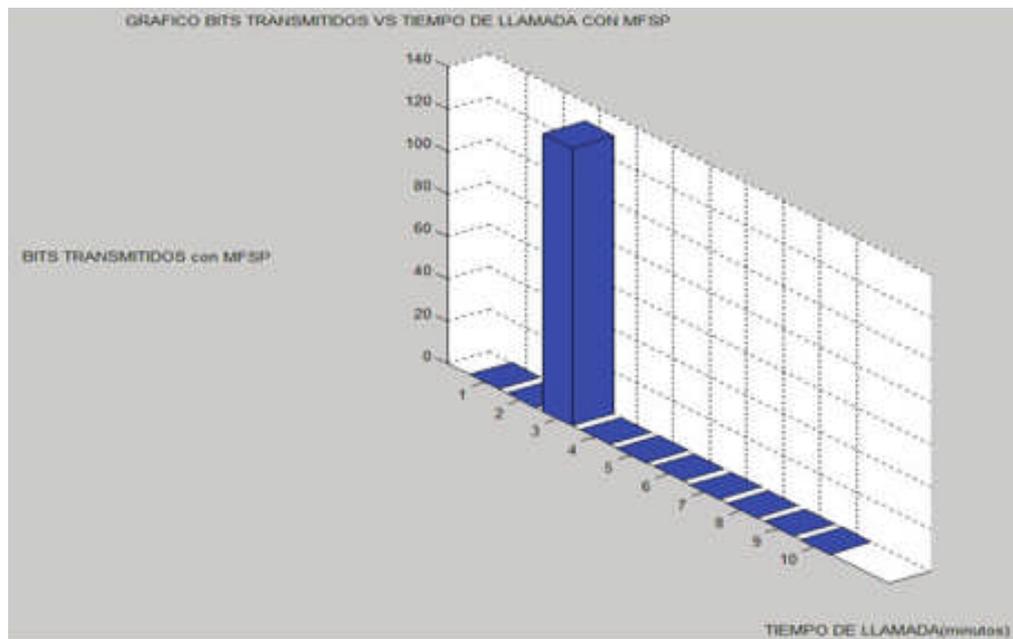


Figura 5.87 Consumo de bits en transmisión MFSP

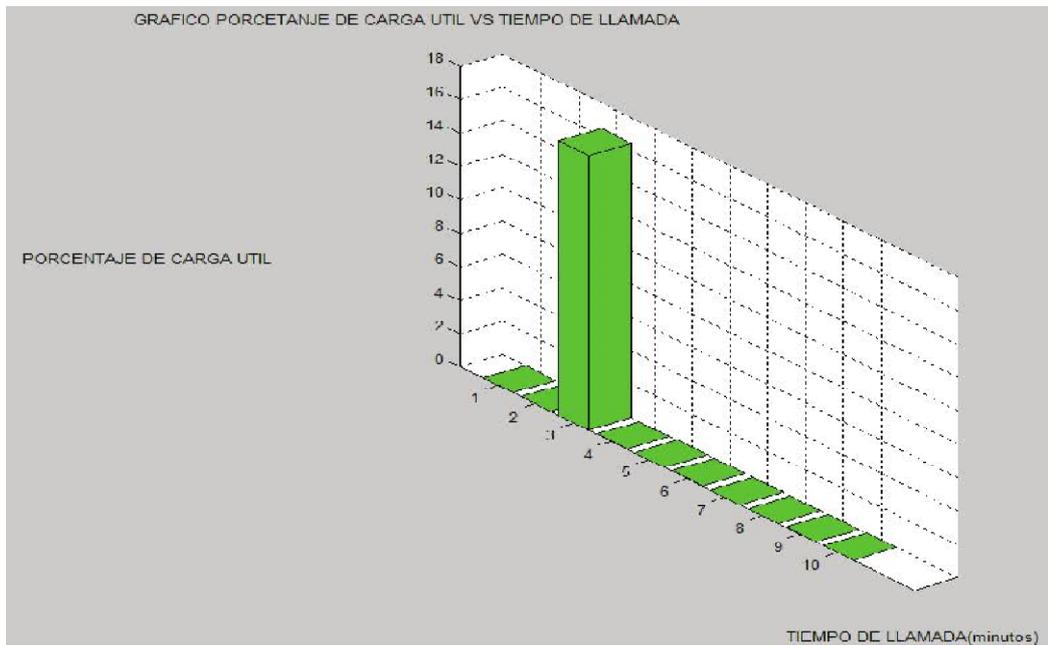


Figura 5.88 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión normal

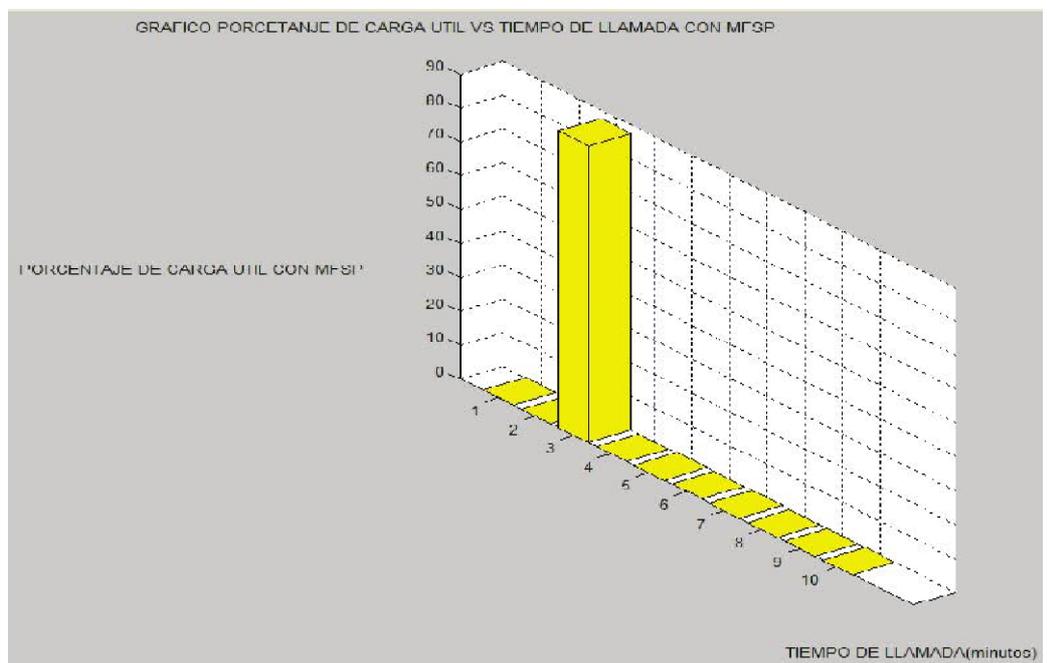


Figura 5.89 Relación porcentual carga útil vs bits transmitidos en transmisión MFSP

CAPITULO 6

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

6.1. Resultado de la Simulación del Agrupamiento de dos tramas de voz con MFSP en redes satelitales.

En base a los resultados de la simulación agrupando 2 tramas, para los diferentes codificadores, se genera la tabla 6.1. En la que constan los bits transmitidos tanto para transmisión simple como transmisión MFSP (agrupadas 2 tramas de voz) y el porcentaje de carga útil tanto para transmisión simple como para transmisión MFSP (agrupadas 2 tramas de voz).

Codificador	Tiempo de llamada	Número de llamadas simultaneas	Bits transmitidos	Bits transmitidos con MFSP	Porcentaje de carga útil [%] Transmisión simple	Porcentaje de carga útil [%] Transmisión MFSP
G711	3	2	290	180	65	80
G726	3	2	240	140	50	65
G729	3	2	320	175	20	33
G723.1 6.3 kbps	3	2	300	70	17	29
G723.1 5.3 kbps	3	2	240	160	14	25

Tabla 6.13 Resultados MFSP con dos tramas

6.2. Resultado de la Simulación del Agrupamiento de cinco tramas de voz con MFSP en redes satelitales.

En base a los resultados de la simulación agrupando 5 tramas, para los diferentes codificadores se genera la tabla 6.2. En la que constan los bits transmitidos tanto para transmisión simple como transmisión MFSP (agrupadas 5 tramas de voz) y el

porcentaje de carga útil tanto para transmisión simple como para transmisión MFSP (agrupadas 5 tramas de voz).

Codificador	Tiempo de llamada	Número de llamadas simultaneas	Bits transmitidos	Bits transmitidos con MSFP	Porcentaje de carga útil [%] Transmisión simple	Porcentaje de carga útil [%] Transmisión MFSP
G711	3	5	510	170	65	90
G726	3	5	750	140	50	83
G729	3	5	600	170	20	55
G723.1 6.3 kbps	3	5	850	140	17	50
G723.1 5.3 kbps	3	5	600	170	14	45

Tabla 6.14 Resultados MFSP con cinco tramas

6.3. Resultado de la simulación del agrupamiento de treinta y seis tramas de voz con MFSP en redes satelitales.

En base a los resultados de la simulación agrupando 36 tramas, para los diferentes codificadores, se presenta los siguientes resultados en la tabla 6.3 , en la que consta los bits transmitidos tanto para transmisión simple como transmisión MFSP (agrupadas 36 tramas de voz) y el porcentaje de carga útil tanto para transmisión simple como para transmisión MFSP (agrupadas 36 tramas de voz).

Codificador	Tiempo de llamada	Número de llamadas simultaneas	Bits transmitidos	Bits transmitidos con MFSP	Porcentaje de carga útil [%] Transmisión simple	Porcentaje de carga útil [%] Transmisión MFSP
G711	3	36	6800	160	65	98
G726	3	36	6500	170	50	98
G729	3	36	4900	130	20	90
G723.1 6.3 kbps	3	36	5000	170	14	88
G723.1 5.3 kbps	3	36	6100	130	17	85

Tabla 6.15 Resultados MFSP con treinta y seis tramas

6.4. Análisis de los resultados de las simulaciones del método MFSP en redes satelitales:

Basándose en los resultados de las tablas 6.1, 6.2 y 6.3 se puede apreciar que el método MFSP comparado con transmisión de una sola trama presenta los siguientes puntos:

- El método MFSP mejora el uso de bits para enviar información, lo que resulta en que el retardo de la transmisión disminuye, debido a que se usan menos bits, con lo que las comunicaciones fluirían de mejor manera.
- El retardo que se presenta en comunicaciones VOIP en redes satelitales disminuirían haciéndolas competitivas frente a sus rivales terrestre, de esta manera abriendo nuevas posibilidades de mercado.
- El método MFSP mejora el uso del canal, esto se debe a que se ocupan menos bits de cabecera para llevar información, incrementado la eficiencia de transmisión colocándola en planes de uso común (128/128, 256/128, 512/128.....).
- Con respecto al viaje ida – regreso (round trip) en el método MFSP presenta un viaje ida regreso mayor que en transmisión simple pero la diferencia esta dentro de un rango ampliamente aceptables debido a que la diferencia entre viaje ida - regreso con MFSP respecto del viaje ida – regreso en transmisión simple (una trama) difieren por unidades de ms.
- El Método MFSP presenta la siguiente desventaja; Si una trama se pierde por ráfagas de ruido y/o problemas en el canal de transmisión se perderían muchas tramas de voz de diferentes fuentes, comparado a la transmisión de una sola trama que si se pierde una trama, por motivos de ruidos en el canal de transmisión, una sola llamada (transmisión) se ve afectada.

CONCLUSIONES

- ✓ El uso de satélites GEO es un servicio de buena calidad en términos de pérdida de paquetes y Jitter, porque el satélite no pierde su señal de transmisión o recepción en ningún punto geográfico
- ✓ La aplicación de VoIP en redes satelitales esta dentro del rango de las comunicaciones del mejor esfuerzo (retardo <400ms), ya que debido al análisis realizado el resultado del retardo esta dentro de los estándares, al igual que los equipos utilizados para este efecto van a influir en la calidad y correcto funcionamiento.
- ✓ Con la utilización del estándar DVB-RCS canal ascendente (up link)) se obtiene encapsulamiento a nivel de la capa 2 en las celdas MPEG O ATM
- ✓ El método MFSP funciona de mejor manera cuando se encapsula varias tramas del mismo instante de tiempo de varias llamadas así se reduce tanto el exceso de cabecera y no se incrementa el retardo.
- ✓ El método MFSP aplicado en redes satelitales (simulado en esta tesis bajo el programa MatLab) si presenta una mejoría en la transmisión de voz sobre IP, reduce el número de bits transmitidos e incrementa el porcentaje de carga útil respecto de la cabecera IP/UDP/RTP.
- ✓ La elección del codificador, influye en el consumo de bits por segundo, por lo que es importante encontrar un punto medio de ahorro de bits pero sin degradar excesivamente la calidad de la voz, mediante un códec que cumpla con los requisitos del G726.
- ✓ Al reducir el número de bits innecesarios en una transmisión VoIP en redes satelitales con el esquema MFSP, los planes de acceso para un punto generador de trafico de VoIP es de acceso cómodo para los proveedores de este servicio (cabinas VoIP satelital acceso mínimo satelital 128/128).
- ✓ La compresión de cabecera IP/UDP/RTP descrita en el RFC 2508 es un método que mejora MFSP en VoIP en redes puramente satelitales.
- ✓ Mediante el método MFSP aplicado en las transmisiones de VOIP en sistemas satelitales mejora la transmisión y recepción de paquetes con una cobertura más amplia que los otros sistemas de comunicación.

RECOMENDACIONES

- ✓ El envío de tramas de voz se debe realizarse a la vez apenas los bits sean codificados y empaquetados de la porción de tiempo (10 o 30 ms según el códec), para no generar mas retado por proceso de codificación y empaquetamiento.
- ✓ El esquema de conexión sufre un retardo adicional cuando la llamada se realiza desde una zona de cobertura hacia otra zona de cobertura satelital, este proceso se lo realiza con traspaso de información entre satélites (ISL).
- ✓ Si un usuario desea comunicarse vía VoIP con otro usuario sobre enlaces satelitales y estos están en diferentes ases de cobertura satelital, el sistema se basara en el proceso descrito en este proyecto y se agregara un retardo (comunicación entre satélites (ISL), por el salto que se realiza en la comunicación (origen – satélite - destino).
- ✓ El Método MFSP presenta la siguiente desventaja; Si una trama se pierde por ráfagas de ruido y/o problemas en el canal de transmisión se perderían muchas tramas de voz de diferentes fuentes, comparado a la transmisión de una sola trama que si se pierde una trama, por motivos de ruidos en el canal de transmisión, una sola llamada (transmisión) se ve afectada en la cual puede estar compilada todo el datagrama.
- ✓ El códec G723.1 A 6.3 kbps y a 5.3 kbps no es muy recomendable utilizarlos en la transmisión porque el retardo que genera es mayor que el de los otros códec objeto de estudio.

RESUMEN

En el presente proyecto se realiza el estudio técnico de una red satelital que brinde soporte a servicios de VOIP, se analiza la arquitectura de una red Satelital y se comprueba que el método MFSP (Multi Frame into Single Packet) presenta una mejoría en la transmisión de voz sobre IP.

Se utilizo el Método Deductivo ya que las ideas, conceptos y teorías son verificables como válidos, además que servirá para recopilar la información necesaria que sea punto de partida para la elaboración de la tesis, además los materiales que se utilizo es una computadora de escritorio, una memory flash, una impresora, un Software MATLAB.

Se comprobó que el método MFSP presenta una mejora en la transmisión de voz sobre IP en redes satelitales ya que mejora el uso de bits para enviar información, lo que resulta en que el retardo de la transmisión disminuye, debido a que se usan menos bits, con lo que las comunicaciones fluirían de mejor manera, por ejemplo utilizando el codificador G711 el porcentaje de carga útil en transmisión simple es del 65 %, en cambio utilizando el mismo codificador pero en transmisión MFSP el porcentaje de carga útil es mayor, llegando al 80 % de su carga útil.

Concluyo que la aplicación del método MFSP en VoIP a través de redes satelitales mejora su utilización, colocando esta tecnología en nivel competitivo que sus homólogas terrestres. El método MFSP aplicado en redes satelitales (simulado en esta tesis bajo el programa Matlab) si presenta una mejoría en la transmisión de voz sobre IP, reduce el número de bits transmitidos e incrementa el porcentaje de carga útil respecto de la cabecera IP/UDP/RTP.

Recomendamos que el envío de tramas de voz se realice a la vez apenas los bits sean codificados y empaquetados de la porción de tiempo (10 o 30 ms según el códec) para no generar mas retardo en la transmisión.

.

ABSTRACT

This project is the technical study of a satellite network that provides support VOIP (voice over protocol internet) services, architecture is analyzed of a satellite network and verifies that the MFSP method (Multi Frame into Single Packet) shows an improvement in the transmission of voice over IP (internet protocol).

The deductive method was used, ideas, concepts and theories are verified as valid, and also it will serve to gather the necessary information as a starting point for the development of the thesis, the materials used was a desktop computer, a flash memory, a printer, MATRIX LABORATORY software.

It was found that the MFSP method presents an improvement in the voice transmission over IP networks satellite, as it improves the use of information bits to send, delay transmission decreases because fewer bits are used, which communication would flow better. Thus, for example using the encoder G711 payload percentage of single transmission is of 65 %, instead using the same encoder but the percentage de MFSP load transmission useful is greater, reaching 80% of its payload.

I conclude that the application of the MFSP in VOIP over satellite network improves its use, making this technology competitive. The method applied in satellite networks MFSP (modeled in this thesis with the Matlab program) if you have an improvement in voice over IP, the bits transmitted are reduced and the payload percentage is increased for the header IP / UDP / RTP.

We recommend that the delivery of voice frames was made, just when the bits are encoded and packaged at time partition (10 or 30 ms depending on the code) for no generating more delay in transmission.

BIBLIOGRAFIA

1. BENDIT., H., Transmisión Digital., Michigan - EE.UU., Comnet., 2007. pp. 56 – 98.
2. GLENN., M., Fundamentals of Engineering., Madrid - España., Morello., 2005., pp.342-398.
3. Rendón-Morales., E., Mata-Díaz., J., y otros. A cross-layer architecture., D. F. – México., Televes., 2005., pp. 131 – 223.
4. Yongguang., Z., A Multilayer IP Security Protocol for TCP Performance Enhancement in Wireless Networks.. Sydney - Australia., ICITA., May 2004., Volume 22., pp. 33 – 72
5. DOCUMENTO IEEE., Chandos A. Rypinski., "Características de una Radio LAN", Madrid – España., PIMRC., 1992., pp. 15 - 18
6. Revista PC/Tips Byte., Nicolas Baran., artículo: Redes Inalambricas., Barcelona – España., NDSS., Abril 1992., 30 P.
7. Revista PC/Magazine., Padriac Boyle., articulo: "Sin Conexión"., Barcelona – España., NDSS Marzo 1995., 32 P.
8. Bibliografía de Internet
9. VOIP
 - <http://www.hackingvoip.com/>
(2011 - 11 - 12)
 - <http://www.amazon.com/Practical-VoIP-Security-Thomas-Porter/dp/1597490601>
(2011 – 11 -12)
 - http://www.infosecwriters.com/text_resources/pdf/Voip_JMccarron.pdf
(2011 – 11 - 12)
 - http://www.ccip.govt.nz/ccip-publications/ccip-reports/voice_over_ip_security.pdf
(2011 – 11 - 13)
 - <http://www.oreilly.com/catalog/voiphks/>
(2011 – 11 - 15)
 - http://www.wormulon.net/files/pub/Syscan_06_-_VoIP_Security_Issues.pdf
(2011 – 11 - 25)
 - <http://www.ipadventures.com/docs/VoIPSecurity.pdf>
(2011 – 12 - 05)
 - <http://Voz%20sobre%20IP%20-%20Wikipedia,%20la%20enciclopedia%20libre.htm>
(2011 – 12 - 10)
10. REDES SATELITALES
 - http://download.securelogix.com/library/Registration_hijacking_060105.pdf
(2011 – 12 - 15)
 - http://download.securelogix.com/library/SIP_Security030105.pdf
(2011 – 12 - 15)
11. MFSP
 - <http://www.blackhat.com/presentations/bh-usa-06/BH-US-06-Scholz.pdf>

(2011 – 12 - 20)

http://www.iaik.tugraz.at/teaching/11_diplomarbeiten/archive/thalhammer.pdf

(2011 – 12 - 20)

<http://CiBERALL%20>

(2011 – 12 - 20)