

2



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS
DE TRANSMISIÓN DE DATOS DEL
SISTEMA DE COMUNICACIÓN SATELITAL
DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO
P R E S E N T A :
LUIS FELIPE ARMENTA GARZA



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JAVIER FRANCISCO PACHECO ALVARADO**

CIUDAD UNIVERSITARIA

2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A Dios por darme la oportunidad de llegar a este momento, darme salud y guiarme por el camino de la verdad.

GRACIAS PAPA por toda tu entrega y dedicación para poder concluir este trabajo de tesis. GRACIAS MAMA por tu cariño, tu inteligencia y tu apoyo. GRACIAS HERMANO por tu carisma, compañerismo, alegría y entusiasmo, eres sin duda mi mejor amigo.

A mi abuela por su paciencia, su amor y sus consejos, a todas mis tías y mis tíos por su aliento para seguir adelante, a mis primos Claudia, Kathya, Alejandra, Felipe, Oscar y Mario por su apoyo y alegría.

A mi abuelito Francisco Armenta López (QEPD), por su carácter, sus ganas de vivir y el gran ejemplo de vida que me brindó.

A Erica por todo el apoyo y el amor que me brindo durante la licenciatura.

A mi primo Miguel Santoyo por el apoyo que me brindó desde tiempo atrás y concluyó con este trabajo de investigación en el SSN.

Al Mtro. Gerardo Ferrando Bravo, Director de la Facultad de Ingeniería, por sus consejos su conocimiento, su apoyo incondicional y sobre todo, por su amistad.

Al Dr. Juan Ramón de la Fuente, Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su liderazgo y gran amor a la Universidad.

Al Dr. Javier Francisco Pacheco Alvarado, Jefe del Servicio Sismológico Nacional, por creer en mí y brindarme su confianza, para realizar la presente investigación.

Al Ing. Carlos Slim Helú, Presidente del Grupo CARSO, por su ejemplo como ingeniero y gran generosidad.

Al Ing. Fernando Echeagaray Moreno, Coordinador de Planeación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería, por toda su ayuda, amistad y afecto.

Al Dr. Salvador Landeros Ayala, Jefe de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, por su apoyo incondicional en todos los proyectos que emprendí.

Al Ing. Enrique Jiménez Espriú, Jefe de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial de la Facultad de Ingeniería, por su gran alegría y sus comentarios siempre tan acertados.

Al Ing. Gonzalo López de Haro, Secretario General de la Facultad de Ingeniería, por todo su apoyo y amistad.

Al Mtro. Rolando de la Llata Romero, Jefe de la División de Ciencias de la Tierra, por sus consejos, amistad y entusiasmo.

Al Mtro. Luis Arturo Haro Ruiz, Jefe de la División de Ingeniería Eléctrica, por su ánimo para emprender nuevos proyectos de vida.

Al Ing. Jesús Pérez Santana, Jefe del Departamento de Sistemas del SSN, por ser un gran amigo y asesor de tesis.

A todos los miembros del H. Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería, por su dedicación y entrega, en favor de la Academia Universitaria y en especial, al Sr. Consejero Técnico Osvaldo Viguera, mi gran amigo.

A todos los profesores que me impartieron cátedra, formando en mí, a un mexicano con plena conciencia de los problemas de la nación, con gran fortaleza para resolverlos con las armas del conocimiento.

A las agrupaciones estudiantiles: SAIEE, SIAA, SAIMM, SAFIR, SEII, SEG, SAGFI, SEII, IEEEE-UNAM, SAE-UNAM, ACI-UNAM, ASCE, Foto Club, Cine Club, SAIP, SAITG, CECICM, KLEI2COPIO, LINDA y ASME, por su entusiasmo para emprender proyectos en favor de la unión de todos los alumnos de la Facultad de Ingeniería.

A mi gran amigo Fortino Saavedra Bernal (QEPD), para mi un gran ejemplo de humildad y sencillez, quien siempre fue feliz en todo lo que hizo y de quien estoy orgulloso de haberlo conocido.

A todos mis compañeros y amigos que estuvieron cerca de mí y que de cada uno de ellos me llevo lo mejor.

A todas las personas que laboran en el Servicio Sismológico Nacional, que sin duda se convirtieron en mis amigos y de los cuales aprendí muchas cosas de mi área de estudios.

A la Fundación Telmex, la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, Fundación UNAM, el Instituto de Geofísica y SEDESOL por su apoyo económico durante mis estudios.

A la Facultad de Ingeniería, por formarme y forjarme como ingeniero de calidad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi Alma Mater, por ser la mejor Universidad de Latinoamérica y de la que me siento muy orgulloso de pertenecer.

INDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	3
CAPITULO I. SERVICIO SISMOLOGICO NACIONAL	
1.1 Antecedentes	4
1.2 Red Sismológica Nacional	9
1.2.1. Red Convencional	9
1.2.2. Red del Valle de México	11
1.2.3. Red de Banda Ancha	12
1.3 El SSN y las Telecomunicaciones	14
CAPITULO II. INFRAESTRUCTURA DE LA RED SISMOLOGICA DE BANDA ANCHA.	
2.1 Generalidades	17
2.1.1. Ondas Sísmicas	19
2.1.2. Sismógrafos y Sismogramas	22
2.1.3. Localización del Epicentro	24
2.1.4. Intensidad y Magnitud	25
2.2 Estaciones Sismológicas Remotas	31
2.2.1. Características de Construcción	32
2.2.2. Instalación Eléctrica	33
2.2.3. Sistema de Protección Eléctrica	34
2.2.4. Sensores	35
2.2.5. Sistema Digitalizador de Datos	36
2.2.6. Sistema de Comunicación	36
2.3 Estación Central	37
2.3.1 Procedimientos y Difusión de la Información	38

CAPITULO III. SISTEMAS DE TELECOMUNICACION DE LA RED SISMOLOGICA DE BANDA ANCHA

3.1 Comunicación de Datos	41
3.1.1 Organismos de Normalización	41
3.2 Sistemas y Redes de Comunicación	43
3.2.1 Tipos de Redes	44
3.2.1.1 Redes Punto a Punto	44
3.2.1.2 Redes de Difusión	45
3.2.1.3 Redes de Conmutación	45
3.2.2 Clasificación de Redes	47
3.2.3 Protocolos y Arquitectura de Protocolos	48
3.2.4 Modelo de Referencia OSI	49
3.2.4.1 Capa de Aplicación	51
3.2.4.2 Capa de Presentación	52
3.2.4.3 Capa de Sesión	52
3.2.4.4 Capa de Transporte	53
3.2.4.5 Capa de Red	55
3.2.4.6 Capa de Enlace de Datos	56
3.2.4.7 Capa Física	57
3.2.4.8 Transmisión de Datos en OSI	58
3.2.5 Arquitectura TCP/IP	60
3.2.5.1 Capa de Aplicación	62
3.2.5.2 Capa de Transporte	62
3.2.5.3 Capa de Internet	63
3.2.5.4 Capa de Red	64
3.2.6 Modelo OSI – Arquitectura TCP/IP	64
3.3. Sistemas de Telecomunicación del SSN	66
3.3.1 Canales de Comunicación	67
3.3.1.1 Guiados: Cables y Fibra Óptica	68
3.3.1.2 No Guiados: Transmisión Inalámbrica	71

3.3.2 Línea Telefónica Privada	74
3.3.3 Internet	75
3.3.4 Radio módem	77
3.3.5 Satélite	77
3.4 Operación de los Sistemas de Telecomunicación del SSN	81
3.4.1 Tipo de Enlace de las Estaciones Remotas	81
3.4.2 Fallas en las Estaciones Sismológicas	84
CAPÍTULO IV OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACION SATELITAL DEL SSN	
4.1 Sistema de Comunicación Satelital	85
4.2 Métodos de Acceso al Satélite	90
4.2.1 Acceso Múltiple por División de Frecuencias (FDMA)	91
4.2.1.1 Tecnología SCPC/FDMA (DGSCA-UNAM)	93
4.2.2 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)	93
4.2.2.1 Tecnología TDM/TDMA (Satelitron)	95
4.3 Base de Datos	96
4.3.1 Lenguaje Perl	98
4.4 Determinación de los Valores Óptimos en los Parámetros de Transmisión de Datos	99
4.4.1 Definición del problema	99
4.4.2 Software de Comunicaciones C-Kermit	100
4.4.3 Protocolo Kermit	102
4.4.4 Eficiencia de Transmisión	102
4.4.5 Metodología	103
4.4.6 Pruebas y Ensayos	104
4.4.7 Resultados	108
4.4.8 Evaluación	114
CONCLUSIONES	117
BIBLIOGRAFÍA	122

INTRODUCCION

Introducción

El Servicio Sismológico Nacional (SSN), es parte integral del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, desde 1929. Aun cuando pertenece a una institución autónoma, sus responsabilidades siguen siendo aquellas estipuladas en los estatutos de su creación, que encargan al SSN, el proporcionar información oportuna sobre la ocurrencia de sismos, en el territorio nacional.

De ocurrir un sismo de gran magnitud, cobra gran relevancia la necesidad de proporcionar de inmediato la información a los medios de comunicación, servicios de emergencia y protección civil, en razón de que las comunidades cercanas al lugar del epicentro, tienden a quedar imposibilitadas para solicitar ayuda.

Para ello, el Servicio Sismológico Nacional, cuenta con estaciones sismológicas distribuidas estratégicamente a lo largo de todo el país, que transmiten la información sísmica por diferentes medios de comunicación, a la estación central ubicada en el Instituto de Geofísica de la UNAM, en ciudad Universitaria, D.F., para su análisis, evaluación y difusión.

A casi un siglo de su fundación, el SSN a contado invariablemente, con los instrumentos sísmicos más modernos y avanzados de su época. En un principio, la red sismológica nacional se integraba con estaciones remotas autónomas, equipadas con sismógrafos mecánicos y electromagnéticos, tiempo después, con estaciones telemétricas digitales con enlace de microondas y últimamente, con estaciones de banda ancha equipadas con sensores, como sismómetros y acelerómetros de alta sensibilidad controlados por computadora y transmisión de datos a la estación central, por diferentes sistemas de telecomunicación, en su mayoría, comunicación satelital.

Actualmente, el sistema de comunicación satelital presenta una eficiencia muy baja en la transmisión de datos en cada una de las estaciones sísmicas, entre otras cosas, debido a que el protocolo de comunicaciones utilizado, Kermit, es muy robusto, lo que hace que la extracción de datos de las estaciones, se realice de forma lenta y por ello, la eficiencia de transmisión disminuya. Sin embargo, la misma robustez lo hace plenamente seguro y no permite la pérdida, ni la omisión de datos. Por otro lado, este protocolo es el de mejor desempeño en los equipos de adquisición de datos sísmicos Quanterra, de las estaciones remotas.

En este contexto, en el presente trabajo me he propuesto a lograr el objetivo de la investigación, elevando a su mejor nivel la calidad de las comunicaciones satelitales del SSN. Previo a lo anterior, es indispensable el que programe una base de datos para actualizar el inventario de los equipos utilizados por el SSN.

En esta forma, el presente trabajo en su primer capítulo, hace referencia al crecimiento cronológico del SSN, desde su fundación hasta lo que hoy en día es la Red Sismológica Nacional, integrada por la Red Convencional, la Red del Valle de México y la Red de Banda Ancha, así como, la importancia de las telecomunicaciones en la operación del SSN, que lo posibilita de ofrecer la información sísmica oportunamente.

En el segundo, se presentan algunos aspectos de la Tectónica de Placas, que ubica a nuestro país en una región de máxima actividad sísmica, se analizan además, las diferentes ondas sísmicas que se liberan al ocurrir un sismo, se describen los primeros sismógrafos y los actuales sensores, el uso e importancia de los sismogramas, la localización del epicentro mediante la información de las estaciones remotas, se analizan las escalas de intensidad y magnitud empleadas en la medición y cuantificación de los sismos, se describe la infraestructura de la Red de Banda Ancha, las estaciones sismológicas remotas, los sensores de banda ancha, el sistema digitalizador de datos y el de

comunicación, así como la estación central, con sus procedimientos y difusión de la información.

En el tercero, se presenta la comunicación de datos y los organismos de normalización, se analizan los sistemas y redes de comunicación, los tipos y clasificación de redes, protocolos y arquitectura de protocolos, se explica el modelo de referencia OSI y la arquitectura TCP/IP, asimismo, los sistemas de telecomunicación empleados por el SSN, canales de comunicación, línea telefónica privada, Internet, radio módem y satélite, así como, la operación de los sistemas de telecomunicación y tipos de enlace.

En el último capítulo, se describe el sistema de comunicación satelital del SSN, los métodos de acceso al satélite, la tecnología SCPC/FDMA (DGSCA-UNAM) y la tecnología TDM/TDMA (Satelitrón), se explica la base de datos para el inventario de equipos programada en el lenguaje Perl y la determinación de los valores óptimos en los parámetros de transmisión de datos con la definición del problema, el protocolo Kermit, la eficiencia de transmisión, la metodología de la investigación, las pruebas y ensayos experimentales, los resultados obtenidos y la evaluación de los mismos.

Finalmente, en función de los resultados obtenidos, se formulan las conclusiones del trabajo realizado.

Objetivo de la Investigación

El objetivo preciso de la presente investigación es: Determinar los valores óptimos de los parámetros de transmisión de datos, mediante pruebas y ensayos experimentales y en esta forma, elevar a un nivel satisfactorio la eficiencia de transmisión, de las comunicaciones satelitales del Servicio Sismológico Nacional.

CAPITULO I

SERVICIO SISMOLOGICO NACIONAL

1.1 Antecedentes

El Servicio Sismológico Nacional (SSN), tiene como objetivo fundamental, el proporcionar información oportuna sobre la ocurrencia de sismos en el territorio nacional y determinar sus principales parámetros, como son la magnitud y el epicentro. Estos parámetros se almacenan en bases de dato, que constituyen los Catálogos Sísmicos de México, principal fuente de información para los estudios de riesgo sísmico a nivel nacional.

Para dar cumplimiento a este objetivo, el SSN cuenta con estaciones sísmicas distribuidas a lo largo del territorio nacional. Los equipos instalados envían sus datos por diferentes medios de transmisión a la estación central, localizada en el Instituto de Geofísica de la UNAM, donde se realiza su análisis y evaluación.

Es de señalar, que la participación de nuestro país en el desarrollo de la sismología moderna, se inicia el 1o. de abril de 1904 al reunirse en Estrasburgo, Francia, dieciocho países, entre ellos México, con el fin de formar la Asociación Sismológica Internacional y mejorar la instrumentación sísmica a nivel mundial.

Para cumplir con los compromisos adquiridos en esa reunión, el gobierno mexicano decreta la fundación del Servicio Sismológico Nacional, el 5 de septiembre de 1910, como parte de las celebraciones del Primer Centenario de la Independencia Nacional. Desde su inauguración, el SSN queda bajo el cargo del Instituto Geológico Nacional, dependiente de la Secretaría de Minería y Fomento.

Entre 1910 y 1923, se instalan nueve estaciones sismológicas, mecánicas y autónomas, que en su momento representaban la mejor tecnología existente. La Central es instalada en Tacubaya, D.F. y las foráneas en las ciudades de Chihuahua, Guadalajara, Mazatlán, Monterrey, Oaxaca y Zacatecas.

Esta red en su época, una de las más avanzadas del mundo, registraba sismos en toda la República Mexicana con magnitudes mayores o iguales a 6.0, cuando la Red Sísmica Mundial sólo podía localizar sismos en cualquier parte del mundo con magnitudes mayores a 6.8.

En 1929, el SSN pasa a ser parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y desde 1948, su central queda adscrita al Instituto de Geofísica (IGF) de dicha institución.

En un principio, el SSN dispuso de los instrumentos más modernos de la época; sin embargo, es hasta los años sesenta, que comienza con la instalación de sismógrafos electromagnéticos, llegando a tener aproximadamente 20 instrumentos autónomos, con grabación de las señales sísmicas en papel ahumado y fotográfico.

A mediados de los setenta, la UNAM inicia la instalación de la Red Sísmica de Apertura Continental (RESMARC), con el fin de contar con estaciones telemétricas digitales en todo el territorio nacional. En esta red, la transmisión de las señales se realizaba por medio de enlaces de microondas, proporcionadas por TELECOMM de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

En agosto de 1986, RESMARC pasa a formar parte del SSN, integrándose a la red nacional existente. En esta forma, nace la Red Convencional, con lo que se mejora el monitoreo sísmico en el país y por primera vez, permite al SSN, contar con registros en tiempo real desde diferentes puntos de la República Mexicana.

En 1988, la Red Convencional se amplía recibiendo apoyo de Petróleos Mexicanos (PEMEX), que facilita canales de su red de microondas para la transmisión de los datos.

A inicios de los años 90, el Departamento de Instrumentación del Instituto de Geofísica, comienza a desarrollar un sistema de adquisición y procesamiento automático de datos y a instrumentar nuevas estaciones telemétricas digitales.

A partir de 1992, con apoyo presupuestal de la Secretaría de Gobernación y de la UNAM, se inicia la modernización de la Red Sismológica Nacional con la instalación de equipos de nueva tecnología y es así como nace la Red de Estaciones Sismológicas de Banda Ancha.

La Red Sismológica de Banda Ancha, está configurada para monitorear la sismicidad en las regiones de mayor potencial sísmico dentro de la República Mexicana. Las estaciones se localizan en su mayoría, a lo largo de las costas del Océano Pacífico y del Estado de Veracruz, así como en el Eje Neovolcánico.

Cada estación sísmica de la Red de Banda Ancha, cuenta con un sismómetro y un acelerómetro, sensores de alta sensibilidad controlados por una computadora y la transmisión de datos se hace vía satélite, Internet o teléfono. Los sensores seleccionados permiten cubrir un rango amplio de frecuencias útiles para estudios de sismología e ingeniería civil, por lo que son conocidos como instrumentos de banda ancha, que son capaces de registrar sin distorsión un amplio rango de señales sísmicas, desde sismos pequeños hasta de gran magnitud.

En 1993 queda instalada la primera estación de banda ancha, localizada cerca de la ciudad de Iguala, Guerrero y un año después, el CONACYT proporciona apoyo financiero complementario al proyecto de modernización de la Red Sismológica Nacional para el desarrollo y construcción de una moderna estación central, en el Instituto de Geofísica de la UNAM, equipada para recibir, procesar y almacenar las señales registradas por los instrumentos sísmicos.

El proceso de desarrollo de la Red de Banda Ancha continúa hoy en día. En el 2001, se instalaron las estaciones CCIG en Comitán, Chis., CMIG en Cuauhtémoc, Oax. y SCIG en Sabancuy, Camp., sumando en la actualidad, un total de 21 estaciones sismológicas de banda ancha.

Por otra parte, en los últimos años el Instituto de Geofísica de la UNAM, se ha dado a la tarea de instalar la Red del Valle de México, con estaciones sismológicas equipadas con nuevos digitalizadores, en diferentes sitios rodeando al Distrito Federal, con el objeto de mejorar la calidad de los datos y las localizaciones de los temblores originados en esta área. La mayoría de estas estaciones se localizan en el Estado de México.

Aunado a lo anterior, la Red Sismológica Nacional, se complementa con otras subredes de estaciones telemétricas, entre ellas, las del Instituto de Ingeniería de la UNAM (SISMEX), que enfoca sus investigaciones a problemas de riesgo sísmico y la red del CENAPRED que lo hace en el monitoreo volcánico.

En la actualidad, además de la UNAM, otras instituciones de enseñanza superior del interior de la República, muestran gran interés por el estudio de la sismicidad regional, entre ellas el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B.C. (CICESE), que maneja la Red Sísmica del Noroeste (RESNOM), que enfoca sus estudios sísmicos al Mar de Cortés y las fallas de Baja California y la Universidad de Colima, con su Red Sismológica de Colima (RESCO), destinada a la vigilancia del volcán de Colima y la sismicidad en el estado.

Asimismo el Centro de Instrumentación de la Fundación Javier Barros Sierra, que ha desarrollado un sistema de alarma sísmica, el cual entra en operación al detectarse un sismo importante en las costas de Guerrero y antes de que sus efectos arriben a la Ciudad de México, la población cuenta con 50 segundos aproximadamente, para tomar medidas preventivas y de mitigación.

El proyecto de modernización ha permitido colaborar con organizaciones internacionales en la investigación sísmica. Se han registrado, procesado, almacenado, así como intercambiado información con países interesados en los datos registrados en México de los temblores más importantes ocurridos a escala mundial, desde la instalación de la primera estación de banda ancha.

Una de las metas de la comunidad científica mundial es incrementar el número de estaciones de banda ancha con la finalidad de obtener datos sísmicos que permitan conocer en detalle el interior de la Tierra tanto a escala regional, como global.

Las estaciones CMIG en Cuahutémoc, Oax., LPIG en La Paz, BCS y TEIG en Tepich, QR, se emplean para el monitoreo de explosiones nucleares como parte del Tratado Sobre Desarme Nuclear, firmado por México ante la Organización de las Naciones Unidas.

Estas estaciones se han incorporado a la Red Internacional de Monitoreo Sísmico (INSM) y deben cumplir con estrictos estándares internacionales en cuanto a nivel de ruido, rapidez en el envío de datos en tiempo real y calidad de los registros. Actualmente, se encuentran en proceso de instalación, otras tres estaciones de banda ancha, todas en Isla Socorro para este mismo fin.

También las estaciones TEIG en Tepich, QR, LPIG en La Paz, BCS y CUIG en Ciudad Universitaria, D.F., son estaciones que utilizan la red mundial a través de convenios de cooperación con la Federación de Redes Sismológicas Digitales de Banda Ancha (FDSN), el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNRS), respectivamente.

1.2 Red Sismológica Nacional

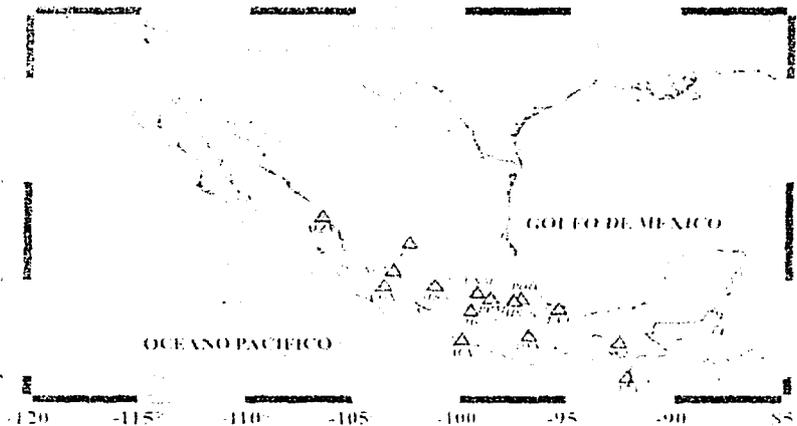
Actualmente, el Servicio Sismológico Nacional, cuenta con 47 estaciones sismológicas remotas en operación para el registro de temblores; 40 del Instituto de Geofísica, 6 del Instituto de Ingeniería y 1 del CENAPRED.

La totalidad de las estaciones envían sus datos a la estación central localizada en el Instituto de Geofísica de la UNAM y se encuentran organizadas en 3 diferentes subredes: Red Convencional, Red del Valle de México y Red de Banda Ancha, que se distinguen básicamente por la cobertura o zona de estudio y la tecnología de instrumentación sísmica y sistemas de telecomunicación.

1.2.1 Red Convencional

Esta red de cobertura nacional es la más antigua del SSN y está formada por 13 estaciones sismológicas que envían su señal en forma instantánea, directamente a la estación central localizada en el IGF de la UNAM. La totalidad de los equipos utilizados son sensores verticales de periodo corto (1 seg). La transmisión de los datos se realiza en tiempo real a través de microondas de TELECOMM y llega al SSN mediante líneas telefónicas privadas de la red telefónica de TELMEX.

Se incluyen las estaciones III en Iguala, Gro. e IIS en Cd. Serdán, Pue., como parte complementaria de la Red Convencional; estas estaciones pertenecen a la Red Sísmica del Instituto de Ingeniería de la UNAM y su señal se recibe en el IGF para complementar la red del SSN, al igual que la señal de la estación POH en el Pico de Orizaba, Pue., del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

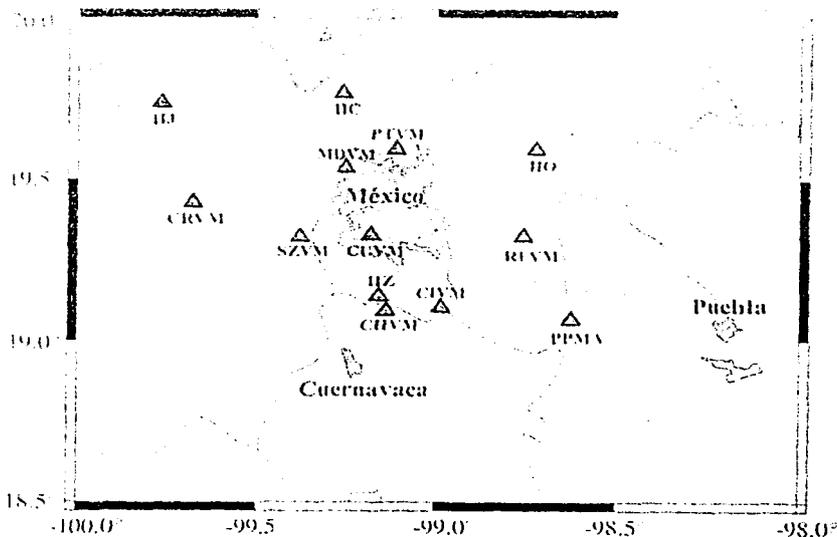


Distribución de las estaciones de la Red Convencional

Estaciones de la Red Convencional		
Código	Nombre	Ubicación
ACX	Acapulco	Guerrero
CGX	Ciudad Guzmán	Jalisco
EVV	El Vigía	Veracruz
MRX	Morclía	Michoacán
OXX	Oaxaca	Oaxaca
PPM	Popocatepetl	Puebla
SCX	San Cristóbal	Chiapas
SFJ	Santa Fé Jalisco	Jalisco
TPX	Tapachula	Chiapas
UNM	UNAM	Ciudad Universitaria, D.F.
<i>Instituto de Ingeniería</i>		
IIS	Ciudad Serdán	Puebla
III	Iguala	Guerrero
<i>Centro Nacional de Prevención de Desastres</i>		
POH	Pico de Orizaba	Puebla

1.2.2 Red del Valle de México

El objetivo de esta red es estudiar la sismicidad en el D.F. y sus alrededores y conocer mejor el riesgo sísmico en el Valle de México. Está formada por 13 estaciones telemétricas de periodo corto y la transmisión de los datos se realiza a través de enlaces digitales de radio directamente al SSN. Se incluyen las estaciones IJ en Jocotitlán, Edo. de Mex., IIC en Coyotepec, Edo. de Mex., IIO en Organos, Edo. de Mex. e IIZ en Zempoala, D.F., que pertenecen a la red sísmica del Instituto de Ingeniería de la UNAM, las que envían su señal al SSN para complementar la Red del Valle de México.



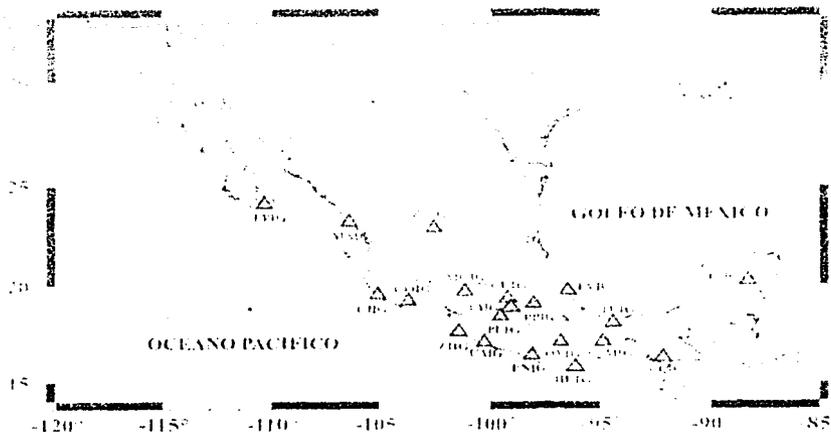
Distribución de las estaciones de la Red del Valle de México

En la tabla se presentan los códigos de cada estaciones, donde el sufijo VM indica que es parte de la Red del Valle de México.

Estaciones de la Red del Valle de México		
Código	Nombre	Ubicación
CRVM	Cerrillo Valle de México	Estado de México
CHVM	Chichinautzin	Morelos
CIVM	Cilcoayo	Distrito Federal
CUVM	CU	Ciudad Universitaria, D. F.
PTVM	Pico Tres Padres	Estado de México
PPMA	Popocatepeltl	Puebla
MDVM	Presa Madín	Estado de México
RFVM	Río Frio	Estado de México
SZVM	Salazar	Estado de México
<i>Instituto de Ingeniería</i>		
IJJ	Jocotitlán	Estado de México
IIC	Coyotepec	Estado de México
IIO	Organos	Estado de México
IIZ	Zempoala	Distrito Federal

1.2.3 Red de Banda Ancha

La Red de Banda Ancha está formada por 21 estaciones sismológicas y se encuentra configurada para monitorear la sismicidad en las regiones de mayor potencial sísmico dentro de la República Mexicana. Las estaciones se localizan en su mayoría, a lo largo de las costas del Océano Pacífico y de Veracruz, así como del Eje Neovolcánico. Todas las estaciones remotas cuentan con los mismos instrumentos de medición y condiciones similares de ubicación, como tipo de suelo y construcción de la caseta que los alberga.



Distribución de las estaciones de la Red de Banda Ancha

En la tabla se presentan los códigos de cada estación, donde el sufijo IG indica que pertenece al Instituto de Geofísica de la UNAM.

Estaciones de la Red de Banda Ancha		
Código	Nombre	Ubicación
CAIG	Cayaco	Guerrero
CJIG	Chamela	Jalisco
CUIG	Ciudad Universitaria	CU-UNAM, D. F.
COIG	Colima	Colima
CCIG	Comitán	Chiapas
CMIG	Cuahtémoc	Oaxaca
HUIG	Huatulco	Oaxaca
PLIG	Iguala	Guerrero
LPIG	La Paz	Baja California Sur
LVIG	Laguna Verde	Veracruz

MAIG	Mazatlán	Sinaloa
MOIG	Morelia	Michoacán
OXIG	Oaxaca	Oaxaca
PNIG	Pinotepa	Oaxaca
PPIG	Popocatepetl	Estado de México
SCIG	Sabancuy	Campeche
TEIG	Tepich	Quintana Roo
TUIG	Tuzandépetl	Veracruz
YAIG	Yautepec	Morelos
ZAIG	Zacatecas	Zacatecas
ZIIG	Zihuatancjo	Guerrero

Las estaciones de banda ancha cuentan con dispositivos de telemetría que permiten el almacenamiento de los datos obtenidos por los sensores y los transmiten mediante diferentes sistemas de telecomunicación a la estación central de monitoreo, empleando un programa de interrogación y extracción automática para su análisis, evaluación y difusión.

1.3 El SSN y las Telecomunicaciones

Las telecomunicaciones son fundamentales para lograr el objetivo principal del Servicio Sismológico Nacional, el de proporcionar información oportuna a las autoridades, a los medios de comunicación y al público en general, sobre los sismos ocurridos dentro de la República Mexicana y esto con el fin de que se brinde la ayuda necesaria a las poblaciones afectadas.

Al ocurrir un sismo, los datos obtenidos en las estaciones sismológicas remotas, son enviados a la estación central a través de diversos sistemas de telecomunicación, para ser analizados, evaluados y procesados para calcular los principales parámetros como son la magnitud y el epicentro y así elaborar

diariamente los reportes de sismicidad nacional, para ponerlos a disposición de quien lo solicite, a través de Internet o líneas telefónicas.

Tratándose de sismos de gran magnitud, la importancia de la transmisión de datos de las estaciones remotas a la estación central cobra gran relevancia, por la necesidad de proporcionar de inmediato, la información a los servicios de emergencia, protección civil y medios de comunicación, en razón de que las comunidades cercanas al epicentro, tienden a quedar imposibilitadas para solicitar ayuda inmediata.

La Red Convencional, transmite sus datos a la estación central, a través de microondas de TELECOMM, recibándose en el SSN mediante líneas telefónicas.

La Red del Valle de México, realiza la transmisión de datos directamente al SSN, a través de enlaces digitales de radio.

La Red de Banda Ancha, se encuentra comunicada con la estación central de monitoreo sísmico del SSN, en el Instituto de Geofísica, a través de las siguientes tecnologías:

- Satélite
- Línea telefónica privada
- Internet
- Radio módem

De las 21 estaciones de banda ancha, se tienen 13 estaciones remotas con enlace vía satélite. El equipo de comunicación está integrado por una unidad de procesamiento de datos con 4 puertos de comunicación, un plato de 2.4 metros de diámetro y un radio transmisor.

En 10 de estas estaciones con enlace satelital, CAIG en Cayaco, Gro., CCIG en Comitán, Chis., HUIG en Huatulco, Oax., PLIG en Iguala, Gro., LVIG en Laguna Verde, Ver., OXIG en Oaxaca, Oax., PNIG en Pinotepa Nacional, Oax., SCIG en Sabancuy, Camp., TUIG en Tuzandépetl, Ver. y YAIG en Yauhtepec, Mor., los datos son almacenados en disco duro y se transmiten bajo demanda a una velocidad de 19200 bps hacia una estación maestra en las instalaciones de SATELITRON. El enlace entre SATELITRON y el Instituto de Geofísica se lleva a cabo por medio de un enlace telefónico E0 de TELMEX.

Las otras 3 estaciones con enlace vía satélite CMIG en Cuauhtémoc, Oax., LPIG en La Paz, BCS y TEIG en Tepich, QR, se utilizan para el monitoreo de explosiones nucleares y están comunicadas al IGF mediante enlaces satelitales de alta velocidad por medio de la antena satelital maestra de la UNAM.

Se tienen además, 3 enlaces a través de líneas telefónicas privadas, que han servido como prueba piloto para evaluar la operación de las mismas, bajo la red digital integrada de Telmex. La operación ha sido satisfactoria en las estaciones CJIG en Chamela, Jal., MAIG en Mazatlán, Sin. y ZIIG en Zihuatanejo, Gro. La transmisión por línea privada alcanza hasta 19200 bps y se lleva a cabo a través de módem.

Otras 4 estaciones de banda ancha están comunicadas a través de un enlace Internet, CUIG en Ciudad Universitaria, D.F., COIG en Colima, Col., MOIG en Morelia, Mich. y ZAIG en Zacatecas, Zac. Para la estación de Colima se requiere utilizar un enlace de radio módem para llegar hasta la estación sísmológica desde el centro de cómputo, en la Universidad de Colima.

Últimamente, ante la creciente necesidad de monitorear la actividad del volcán Popocatepetl, se instaló la estación de banda ancha PPIG en Tlamacas, Edo de Mex., con el que se mantiene un enlace a 19200 bps mediante el uso de un radio módem.

CAPITULO II

INFRAESTRUCTURA DE LA RED SISMOLOGICA DE BANDA ANCHA

2.1 Generalidades

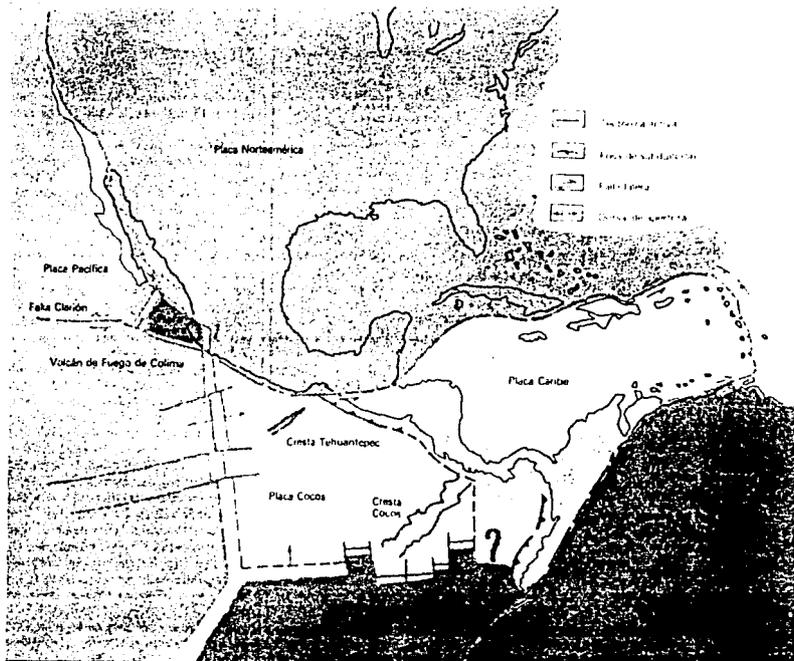
En la sismología moderna, la Tectónica de Placas vino a revolucionar los conceptos existentes sobre el origen de los sismos. Esta teoría, sostiene que la corteza de la Tierra, se encuentra fragmentada en forma de rompecabezas, en enormes placas o cascarones rígidos que flotan sobre un manto plástico y caliente en constante movimiento.

Las placas tectónicas, al interactuar en sus fronteras, se rozan y presionan entre sí y en ciertas zonas llegan a incrustarse unas bajo las otras, fenómeno conocido como subducción.

Este fenómeno, provoca que se generen fuerzas de fricción que mantienen atoradas a las placas adyacentes, produciendo grandes esfuerzos en los materiales. Cuando dichos esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca o cuando se vence la fuerza de fricción, se produce la ruptura violenta y la liberación repentina de la energía acumulada, generándose así, un sismo que radia dicha energía en forma de ondas que se propagan en todas direcciones, a través del medio sólido de la Tierra.

Las placas tectónicas varían de tamaño, aún cuando, todas son de inmensas proporciones y aproximadamente 100 kilómetros de grosor. Éstas se mueven muy lentamente y lo han hecho por millones de años con espectaculares consecuencias en las zonas de subducción, al delinear grandes fallas geológicas y generar cadenas montañosas y volcánicas. El ejemplo más claro de ello es tal vez, el llamado "Anillo de Fuego del Pacífico", que conforma las costas americana y asiática del Océano Pacífico.

Como parte de este anillo, nuestro país se encuentra en una zona con fronteras de 5 placas tectónicas, lo que significa estar situada en una de las regiones sísmicas más activas del mundo.



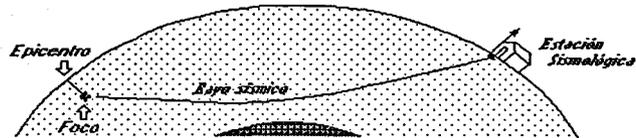
Placas Norteamericana (sobre la que yace México), Caribe, Cocos, Rivera y Pacífica

La mayoría de los sismos localizados en México, se concentran a lo largo de las fronteras entre las placas tectónicas de Cocos y Rivera, que subducen a la Norteamericana a lo largo de las costas del Pacífico, en especial, frente a las costas de Guerrero y Oaxaca, que por su cercanía, las ondas sísmicas repercuten notablemente en el centro del país. Asimismo, se han localizado sismos en el interior del territorio nacional, principalmente a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana, mejor conocida como Eje Neovolcánico donde se concentra la mayor población de México.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.1.1. Ondas Sísmicas

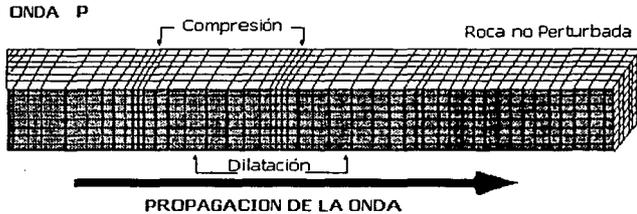
Los sismos son perturbaciones súbitas en el interior de la Tierra, que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo; la causa principal de la mayoría de los sismos (grandes y pequeños), es la ruptura y fracturamiento de rocas en las capas superficiales de la Tierra, como resultado de un proceso gradual de acumulación de energía, esto debido a fenómenos geológicos de subducción y en menor grado en zonas de fallas de transformación y zonas de adhesión a lo largo de las placas tectónicas. Existen también sismos menos frecuentes causados por actividad volcánica y temblores artificiales ocasionados por la detonación de explosivos. El sitio donde se inicia la ruptura se llama foco o hipocentro y su proyección en la superficie de la Tierra, epicentro.



El fenómeno sísmico es similar al hecho de arrojar un objeto a un estanque de agua. La energía liberada por el choque de dicho objeto con la superficie del agua, se manifiesta como un frente de ondas, en este caso circular, que se aleja en forma concéntrica del punto donde cayó el objeto. En forma similar, las ondas sísmicas se alejan del foco propagándose por el interior de la Tierra, produciendo vibraciones en la superficie.

Existen fundamentalmente dos tipos de ondas sísmicas internas, es decir, vibraciones que se propagan en el interior de la Tierra : ondas compresionales o longitudinales y ondas de corte o cizallamiento.

Las ondas compresionales, llamadas P en la terminología sísmológica, comprimen y dilatan el medio donde se propagan, en una dirección de propagación del frente de ondas. Existe similitud de estas ondas con las del sonido, que son ondas compresionales que se propagan en el aire.



El segundo tipo de ondas que se propagan en sólidos, son las ondas de corte llamadas ondas S. En este caso, la deformación que sufre el sólido es en dirección perpendicular a la trayectoria del frente de ondas. La propagación de esta ondas produce un esfuerzo cortante en el medio y de ahí el nombre de ondas de corte o cizallamiento.



La velocidad de propagación de las ondas en el interior de la Tierra varía, dependiendo de la densidad y de las propiedades elásticas de las rocas.

En rocas típicas de la corteza terrestre, las ondas P se propagan a velocidades promedio de entre 4.5 y 6.5 km/seg. Las ondas P viajan aproximadamente dos veces más rápido que las ondas S. Como viajan más rápidamente, las ondas P son registradas antes que las ondas S; es por ello que en sismología a las ondas compresionales se les llama ondas primarias (P) y a las ondas de corte, que arriban más tarde, ondas secundarias (S).

Además de las ondas internas P y S, existen otros tipos de ondas, que se propagan sobre la superficie de la Tierra a velocidades todavía menores que las de las ondas P y S y son conocidas como ondas superficiales o Raleigh.

Las ondas sísmicas, son radiadas por el foco del temblor y cubren un rango muy amplio tanto en amplitud como en periodo (o frecuencia). Las ondas de periodo largo (de baja frecuencia), pueden tener prácticamente periodo infinito y las de periodo corto, pueden ser del orden de décimas de segundo. Las primeras, corresponden a deformaciones permanentes del terreno cerca del epicentro, las segundas están dentro del rango audible. Curiosamente, debido a que la Tierra tiene una frecuencia de resonancia de aproximadamente una hora, las ondas sísmicas con periodo de este orden, hacen que el planeta oscile como si se tratara de una campana gigantesca.

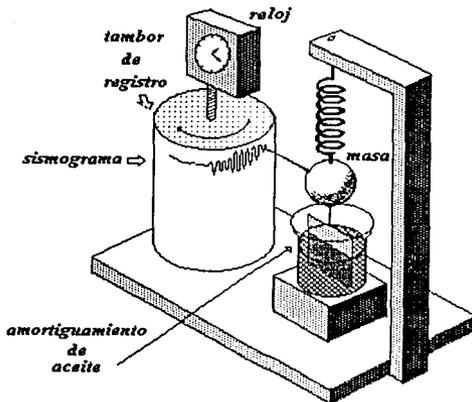
Las amplitudes de las ondas sísmicas, por otro lado, pueden ir desde micras (millonésimas de metro) hasta decenas de metros. Debido a este enorme rango de variación, tanto en amplitud como en periodo, muchos y muy variados instrumentos y métodos son requeridos para captar toda la información emitida por la fuente del temblor.

Las deformaciones en el terreno originadas por señales sísmicas de períodos muy largos, son medidas con métodos geodésicos, mientras que las de periodo corto (1 hora 0.1 seg), son registradas con otros instrumentos como el sismógrafo.

2.1.2 Sismógrafos y Sismogramas

La vibración de la Tierra debido a la ocurrencia de un sismo, se observa experimentalmente con el auxilio de sismógrafos; instrumentos sumamente sensibles a los movimientos de la superficie de la Tierra.

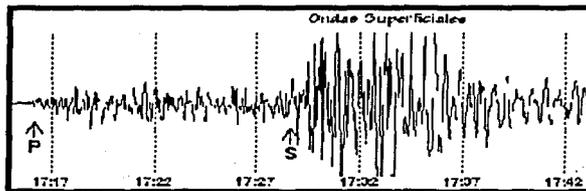
Los primeros sismógrafos se construyeron empleando un sistema puramente mecánico. En la actualidad se han modificado y perfeccionado, aunque el principio básico de operación y registro de un sismógrafo que mide el desplazamiento vertical del terreno, es el mismo y consiste en una masa suspendida de un resorte sostenido por un soporte empotrado en el suelo. Cuando el suelo se mueve por el paso de las ondas sísmicas, también se mueve el soporte, sin embargo, las inercia de la masa hace que ésta permanezca estable en su sitio, permitiendo medir así, el desplazamiento relativo entre la masa y el suelo.



Sismógrafo vertical

Normalmente, el desplazamiento relativo de la masa con respecto al suelo es tan pequeño que es necesario amplificarlo para poder medirlo. En un principio, la amplificación se hacía mecánicamente y en la actualidad, se lleva a cabo electrónicamente. Los instrumentos modernos amplifican el movimiento del terreno centenas de miles de veces.

Una vez amplificado el movimiento del suelo, éste se registra en papel, lo que se conoce como sismograma.



Sismograma típico

Los sismógrafos requieren de un control preciso de tiempo que se inscribe directamente sobre los sismogramas, para identificar exactamente el tiempo de llegada de las diferentes ondas sísmicas que arriban a una estación sismológica.

El diseño y construcción de los sismógrafos se ha perfeccionado notablemente. Se cuenta ahora con sismómetros, siendo los más avanzados los de banda ancha, que hacen posible obtener un registro digital de la velocidad de suelo con un gran intervalo de frecuencias.

Otro tipo de instrumentos emparentados con los sismógrafos y que son muy utilizados en sismología e ingeniería, son los acelerómetros, instrumentos con el mismo principio del sismómetro, pero diseñados para responder a la aceleración del terreno.

Hoy en día, las estaciones sísmicas equipadas con sismómetros y acelerómetros, envían las señales detectadas por medio de sistemas de telecomunicación a estaciones centrales localizadas a grandes distancias para su monitoreo y difusión.

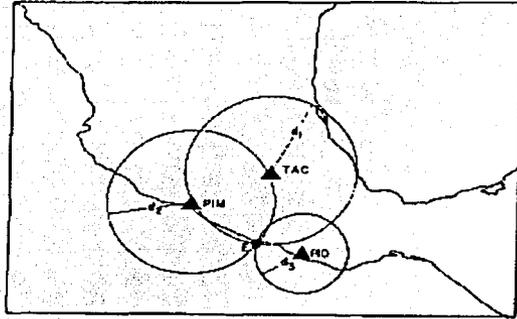
2.1.3 Localización del epicentro

Como las ondas sísmicas viajan a diferentes velocidades, las diferencias de tiempo de arribo entre las ondas P y S registradas en una estación sismológica, están en función directa de su distancia al sitio donde ha ocurrido el temblor.

En la práctica se ha encontrado que para distancias regionales, la diferencia en segundos entre el tiempo de arribo de las ondas P (t_p) y las ondas S (t_s) multiplicada por ocho, nos da la distancia aproximada al epicentro, en kilómetros: $\text{distancia} \approx 8 \times (t_s - t_p)$.

Sin embargo, los datos de una sola estación, no bastan para determinar el epicentro del sismo, puesto que la diferencia ($t_s - t_p$) nos da la distancia, pero no la dirección, por lo que es necesario contar con un mínimo de tres estaciones sismológicas, que registren el temblor para poder estimar la ubicación del epicentro.

En términos generales, la localización es relativamente simple: basta ubicar las estaciones sismológicas en un mapa y trazar para cada una de ellas, un círculo, cuyo radio sea igual a la distancia de la estación al epicentro que se ha calculado con base en las diferencias de llegada de las ondas P y S. El punto o región donde se intersectan los círculos trazados es el epicentro.



Epicentro de un sismo en las costas de Guerrero, localizado mediante el registro de 3 estaciones sísmicas.

En la práctica, el procedimiento para localizar epicentros en las estaciones sismológicas es más complicado, pues debe tomarse en consideración la estructura interna y la esfericidad de la Tierra. Las localizaciones epicentrales se hacen rutinariamente por medio de equipos de computo, aunque el principio general es el mismo.

2.1.4 Intensidad y Magnitud

Las escalas de intensidad y magnitud se utilizan para medir o cuantificar los temblores. La escala de magnitud, está relacionada con la energía liberada por la onda sísmica y la de intensidad, con los daños producidos por el sismo.

Así, la escala de magnitud esta relacionada con el proceso físico del sismo, mientras que la intensidad lo está con el impacto del evento en la población, las construcciones y la naturaleza.

El primer intento para catalogar los temblores se hizo por medio de una clasificación que tomaba en cuenta los efectos observables. En 1902, Mercalli propuso una tabla que fue posteriormente modificada en 1931 y desde entonces, se ha llamado Escala de Intensidades de Mercalli Modificada (MM), que consta de 12 grados, denotados en números romanos del I al XII.

Como la intensidad varía de un lugar a otro, las evaluaciones en un punto determinado, constituyen generalmente un promedio; por eso, se acostumbra hablar solamente de grados enteros.

Escala de Intensidades de Mercalli Modificada	
Valor de Intensidad	Descripción
I	No sentido.
II	Sentido por personas en posición de descanso, en pisos altos o situación favorable.
III	Sentido en el interior. Los objetos suspendidos oscilan. Se perciben vibraciones como si pasara un camión ligero. La duración es apreciable. Puede no ser reconocido como un terremoto.
IV	Los objetos suspendidos oscilan. Hay vibraciones como en el paso de un camión pesado o sensación de sacudida como de un balón pesado golpeando las paredes. Los automóviles parados se balancean. Las ventanas, platos y puertas vibran. Los cristales tintinean. Los objetos de barro se mueven. Los tabiques y armazones de madera crujen.
V	Sentido al aire libre; se aprecia la dirección. Los que están durmiendo despiertan. Los líquidos se agitan, algunos se derraman. Los objetos pequeños son inestables, desplazados o volcados. Las puertas se balancean, abriéndose y cerrándose. Ventanas y cuadros se mueven. Los péndulos de los relojes se paran, comienzan a andar, cambian de período.
VI	Sentido por todos. Muchos se asustan y salen de sus viviendas. La gente anda inestablemente. Ventanas, platos y objetos de vidrio se rompen. Adornos, libros, etcétera, caen de las estanterías. Los cuadros también caen. Los muebles se mueven o vuelcan. Los revestimientos débiles de las construcciones de tipo D se agrietan. Las campanas pequeñas suenan (iglesias, colegios). Árboles y arbustos son sacudidos visiblemente.

VII	Es difícil mantenerse en pie. Lo perciben los conductores. Edificios tipo D, se agrietan. Las chimeneas débiles se rompen al ras del tejado. Caída de ciclos rasos, ladrillos, piedras, tejas, cornisas, también antepechos no asegurados y ornamentos de arquitectura. Algunas grietas en edificios tipo C. Olas de estanque, agua enturbiaada con barro. Pequeños corrimientos y hundimientos en arena o montones de grava. Canales de cemento para regadío, dañados.
VIII	Conducción de los coches, afectada. Daños en edificios de tipo C; colapso parcial. Algún daño a construcciones de tipo B; nada en edificios de tipo A. Caída de estuco y algunas paredes de mampostería. Giro o caída de chimeneas de fábricas, monumentos, torres, depósitos elevados. La estructura de las casas se mueven sobre los cimientos, si no están bien sujetos. Trozos de pared sueltos, arrancados. Ramas de árboles rotas. Cambios en el caudal de fuentes y pozos. Grietas en suelo húmedo y pendientes fuertes.
IX	Pánico general. Construcciones del tipo D destruidas; edificios tipo B con daños importantes. Daño general de cimientos. Armazones arruinadas. Daños serios en embalses. Tuberías subterráneas rotas. Amplias grietas en el suelo. En áreas de aluvi6n, eyección de arena y barro; aparecen fuentes y cráteres de arena.
X	La mayoría de las construcciones y estructuras de armazón, destruidas con sus cimientos. Algunos edificios bien construidos en madera y puentes, destruidos. Daños serios en presas, diques y terraplenes. Grandes corrimientos de tierra. El agua rebasa las orillas de canales, ríos, lagos, etc. arena y barro desplazados horizontalmente en playas y tierras llanas. Carriles torcidos.
XI	Carriles muy retorcidos. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio.
XII	Daños prácticamente totales. Grandes masas de rocas desplazadas. Visuales y líneas de nivel, deformadas. Objetos proyectados al aire.
Tipos de construcción	
A	Estructura de acero y hormig6n armado, bien diseñados, calculadas para resistir fuerzas laterales. Buena construcción, materiales de primera calidad
B	Estructura de hormig6n armado, no diseñadas en detalle para resistir fuerzas laterales. Buena construcción y materiales.
C	Estructura no tan débiles como para fallar la unió de las esquinas, pero no reforzadas ni diseñadas para resistir fuerzas laterales. Construcciones y materiales corrientes.
D	Construcciones de materiales pobres, tales como adobe; baja calidad de construcción. No resistente a fuerzas horizontales.

La escala de intensidad permite cuantificar los daños a las construcciones causados por un temblor. Lo que no permite, es la comparación de los sismos entre sí, puesto que en un momento dado, un sismo pequeño puede causar más daño a una población si está cercana al epicentro, que uno grande pero a mayor distancia. Por otro lado, la intensidad no proporciona información sobre la energía liberada por el sismo, así pues, hubo la necesidad de catalogar los sismos de acuerdo con los procesos físicos de la fuente, de manera que pudiesen ser medidos a través del registro obtenido en los sismogramas.

El concepto de magnitud de un sismo se fundamenta, en que la amplitud de las ondas sísmicas es una medida de la energía liberada en el foco, luego entonces, la magnitud permite clasificar a los sismos en base a la amplitud de onda máxima registrada por un sismógrafo.

Para mayor precisión, la magnitud de un sismo, viene siendo el promedio de las magnitudes calculadas en tantas estaciones como sea posible.

La magnitud es un parámetro que propuso Charles Richter en 1935, para clasificar los sismos del sur de California, pero su uso se ha extendido a otras regiones del mundo, siendo actualmente la escala Richter, la más conocida y ampliamente utilizada.

La escala original de Richter, tomaba las amplitudes máximas de ondas superficiales de sismos ocurridos a distancias cortas, para calcular lo que él denominaba, magnitud local o magnitud M_L .

Posteriormente, el uso de la escala original de magnitudes de Richter, se extendió para calcular magnitudes a grandes distancias, utilizando las amplitudes máximas de ondas P (m_b) o de ondas superficiales (M_s).

Estas escalas específicas, proporcionan valores ligeramente diferentes para un mismo sismo. Las diferencias pueden ser de décimos de grado, por lo que los sismólogos analizan detenidamente la escala a emplear.

El SSN dispone de programas de computo que mediante un procedimiento rutinario selecciona la escala Richter conveniente y obtiene la magnitud del promedio de las magnitudes determinadas en las diversas estaciones que registran el sismo.

Una buena manera de imaginarse la energía liberada por un sismo según la escala de Richter, es compararla con la energía liberada por la detonación de TNT.

La escala por ser de tipo logarítmico, no aumenta en proporción directa. En términos generales, la energía se va multiplicando por 30 por cada grado de aumento de la escala de Richter.

Magnitud Richter	Equivalencia en TNT	Ejemplos (aproximados)
1.0	30 libras (13 kilogramos)	Una pequeña explosión en un sitio de construcción.
2.0	1 tonelada	Una gran explosión minera
3.0	29 toneladas	
3.5	73 toneladas	
4.0	1,000 toneladas	Arma nuclear pequeña
4.5	5,100 toneladas	Tornado promedio
5.0	32,000 toneladas	
5.5	80,000 toneladas	Terremoto de Little Skull Mtn., NV, 1992
6.0	1,000,000 de toneladas	Terremoto de Double Spring Flat, NV, 1994.

6.5	5,000,000 de toneladas	Terremoto de Jalapa, Ver, 1920
7.0	32,000,000 de toneladas	Terremoto de Acambay, Edo. de Méx., 1912
7.5	160,000,000 de toneladas	Terremoto en Costa de Oaxaca, 1999
8.0	1,000,000 de toneladas	Terremoto en Costa de Michoacán, 1985
8.5	5,000,000,000 de toneladas	Terremoto de Anchorage, AK, 1964
9.0	32,000,000,000 de toneladas	Terremoto de Chile, 1960
10.0	1 millón 1,000,000,000,000 de toneladas	Energía acumulada en Falla tipo San Andrés
12.0	160 millones 160,000,000,000,000 de toneladas	¡¡Fracturaría la Tierra en la mitad por el centro!! o la energía solar recibida diariamente en la Tierra

Fuente: Laboratorio Sísmico de la Universidad de Nevada, Reno.

Se presenta una tabla con los efectos típicos de los temblores en diversos rango de magnitud

Magnitud Richter	Efectos del sismo
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado.
3.5 – 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
5.5 – 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 – 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente
7.0 – 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8 o mayor	Gran Terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas

Fuente: Laboratorio Sísmico de la Universidad de Nevada, Reno.

2.2 Estaciones Sismológicas Remotas

Las estaciones sismológicas remotas, se encuentran localizadas en lugares estratégicos, determinados por sismólogos del Instituto de Geofísica de la UNAM.

Es característico, que las casetas que alojan los instrumentos sísmicos y equipos de transmisión, se encuentren retirados de industrias y talleres, unidades habitacionales e inclusive del paso de maquinaria y transporte pesado, porque el ruido urbano afecta la calidad de las señales.

Las casetas de todas las estaciones sismológicas de banda ancha son similares en cuanto a diseño, tamaño y materiales empleados en su construcción y se encuentran protegidas con un cercado perimetral de malla de alambre.



Estación sismológica de banda ancha en Pinotepa Nacional, Oax.

2.2.1. Características de Construcción

Las dimensiones interiores de las casetas son de 4.20 m de largo por 3.00 m de ancho por 2.80 m de altura, con paredes de doble muro de tabique, formando en el centro una cámara de aire cubierta con espuma poliuretano y techo de concreto reforzado. El interior está dividido en 2 cuartos, uno para los sensores y otro para el equipo de computación.

La razón de que las instalaciones cuenten con doble pared y un aislamiento de aire, es para minimizar los cambios de temperatura en el interior de la caseta. Aún así, el sismómetro está cubierto con material aislante de temperatura y forrado con papel aluminio para evitar inducciones eléctricas.

Para registrar con buena señal a ruido y minimizar los efectos de sitio, se construye un pilar o pedestal sobre la roca, independiente de la estructura de la caseta, donde se colocan los sensores.

Características del pedestal para los sensores:

- El pedestal o plancha de concreto debe ser lo primero que se construya y alrededor de éste, la caseta.
- Debe quedar orientado respecto al norte geográfico.
- Para su construcción es necesario descubrir y limpiar la roca sin ser fracturada.
- El colado debe realizarse lentamente y con suficiente agua para evitar burbujas y asegurar que quede bien sujeto a la roca.
- En caso de no existir roca, será necesario enterrar varillas de acero para asegurar un buen acoplamiento con el suelo.
- Debe estar desligado completamente de la caseta.

2.2.2. Instalación Eléctrica

Alimentación de Corriente Alterna:

Las estaciones remotas de banda ancha cuentan con servicio eléctrico monofásico, a partir del transformador sobre el poste de CFE. La acometida es recibida por la mufa para conectarse al medidor colocado sobre la pared exterior de la caseta. En el interior, se tiene el centro de carga con dos pastillas termomagnéticas una de 10 A para alumbrado y otra de 30 A para alimentación de los equipos.

Se cuenta con 3 contactos dobles monofásicos, 2 para el cuarto de la computadora y 1 para el cuarto de los sensores. El alumbrado consiste de 2 lámparas ahorradoras de 22 watts o menos, una para cada cuarto y también se tiene un extractor de aire de 1500 RPM, 127 V, 0.77 A

Suministro de Corriente Directa:

La corriente directa en las estaciones sismológicas de banda ancha, se proporciona mediante el siguiente equipo:

- Un banco de baterías con cargador marca MEI.

El cargador es alimentado con 110 V CA y el banco de baterías suministra 24 V CD, para la operación de los sensores y el sistema digitalizador de datos, básicamente.

Cuando se presenta un interrupción en la corriente alterna, los instrumentos y equipos de corriente directa quedan en posibilidad de continuar operando, en la adquisición y almacenamiento de datos, suspendiéndose únicamente su transmisión a la estación central.

2.2.3 Sistema de Protección Eléctrica

El sistema de protección eléctrica de cada una de las estaciones remotas del SSN cuenta con el siguiente equipo:

- Un Regulador de voltaje marca Sola Basic CVH200.

Este regulador tiene una capacidad de 2 KVA y protege a los equipos de CA, manteniendo el voltaje a un nivel de 120 V.

- Un sistema detector de rayos, marca Rabun Labs, modelo 1000.

Este equipo es de gran utilidad en el correcto funcionamiento de las estaciones, por ser un detector de rayos de estado sólido, que funciona automáticamente para desconectar ó aislar y/o interrumpir ó desviar la protección de entrada-salida del equipo eléctrico, por un tiempo definido por el usuario desde la detección del rayo. Después de ese tiempo, restablece todas las conexiones como estaban antes de ocurrir el rayo.

- Una unidad de desconexión (Relevador de carga), marca Rabun Labs, modelo ACP-130.

Este relevador es controlado por el sistema detector de rayos, modelo 1000 y permite controlar en forma remota la desconexión de los equipos de CA.

Se cuenta con un sistema de tierras físicas para los instrumentos y equipos, consistente en una barra de conexiones colocada atrás de la computadora, sobre la pared a una altura de 30 cm. Esta barra de cobre está conectada con cable trenzado de cobre calibre 1/0 a un rehilete también de cobre, enterrado fuera de la caseta en su correspondiente registro tipo albañal.

2.2.4 Sensores

Los sensores de banda ancha tienen la característica de contar con un sistema de retroalimentación electromagnética. Este sistema permite mantener fija la masa del péndulo durante el proceso de registro. Esta característica y el hecho de contar con una transducción capacitiva del movimiento (a diferencia de los instrumentos con transducción inductiva), elimina el problema de saturación de los registros, muy común en los aparatos convencionales. Si se compara el rango dinámico de un sensor de banda ancha (144 dB) con un sensor convencional (máximo de 60 dB), se observa que la sensibilidad es 10000 veces mayor, lo que permite tener gran ventaja, este tipo de instrumentos sobre los convencionales. Las estaciones constan de los siguientes sensores:

- Un sismómetro marca Streckeisen, modelo STS-2

Este sismómetro permite registrar ondas sísmicas en una amplia banda de frecuencias, con respuesta plana a la velocidad del suelo de 0.01 a 30 Hz y capacidad de registrar sismos en una amplia gama de magnitudes, desde sismos locales pequeños hasta grandes sismos lejanos, sin problemas de saturación de la señal.

- Un acelerómetro marca Kinematics, modelo FBA-23

Este sensor permite registrar las aceleraciones del suelo dentro de un amplio espectro de frecuencias, sin saturación de la señal para sismos grandes locales y regionales. Las características de este tipo de sensores, permiten estimar con gran precisión, la magnitud de sismos grandes que puedan ocurrir en el territorio nacional.

Todos los observatorios de la red, poseen un reloj GPS que permite obtener un tiempo de registro de alta precisión controlado por la red mundial de satélites.

2.2.5 Sistema Digitalizador de Datos

Este sistema consta del siguiente equipo.

- Una computadora marca Quanterra modelo Q680/LT-G

Esta computadora Quanterra posee un digitalizador de 24 bits, lo que permite registrar y almacenar las señales sin saturación, tanto de sismos pequeños que ocurran cerca de la estación remota, como sismos mayores a mayor distancia de la misma.

En general, los datos se archivan en forma continua a 20, 1 y 0.1 muestras por segundo y son convertidas a formato digital y almacenadas en el disco duro del registrador Quanterra. En el caso de temblores moderados o grandes de magnitud ≥ 3.5 , las señales de velocidad y aceleración se archivan a 80 muestras por segundo. Los datos almacenados en las estaciones remotas se transmiten a la estación central mediante un programa de interrogación y extracción automática para su análisis posterior.

2.2.6 Sistema de Comunicación

El sistema de comunicación vía satélite de las estaciones de banda ancha, consta de:

- Una antena parabólica Prodelin de 2.4 m de diámetro

Esta antena es utilizada para transmitir la información procesada por la estación remota hacia la estación central, en donde se analiza y evalúa. Esta transmisión se puede dar en tiempo real o por petición desde la estación central.

- Un módem satelital Hughes PES8000, o bien
- Un módem satelital Vitacom M4000

El módem, es un dispositivo que modula y demodula las señales transmitidas. La diferencia entre ellos, es que el segundo tiene un multiplexor incluido de 4 canales.

Con estos equipos, los datos almacenados en el procesador Q680/LT-G se transmiten vía satélite a la Estación Central instalada en el Instituto de Geofísica en Ciudad Universitaria, D.F.

2.3 Estación Central

La Estación Central de Monitoreo permite adquirir, registrar, almacenar, procesar y distribuir la información de la Red Sismológica Nacional a centros de investigación e instituciones de protección civil tanto nacionales como internacionales.

El equipo de cómputo de la Estación Central está destinado a la adquisición, procesamiento y difusión de los datos generados por las distintas redes del SSN. Además del almacenamiento masivo de la información sísmica, permite que los investigadores, instituciones gubernamentales y agencias de información puedan también tener acceso al banco de datos de información sísmica.

Aproximadamente, se almacenan un total de 20 Mbytes de información por día y en caso de sismos de gran magnitud, podrían generarse hasta 2 Gbytes diarios.

En la tabla se detalla la infraestructura de computo de la estación central.

Computadora	Función
Sun UltraSpare Station 10	Análisis y procesamiento de datos en tiempo real. Cálculo de magnitud y localización semiautomática de sismos. Servidor de archivos.
Sun UltraSpare Station 10	Desarrollo de sistemas. Enlace con estaciones remotas de Banda Ancha mediante líneas telefónicas privadas.
Sun UltraSpare Station 10	Enlace de datos vía satélite con estaciones remotas de Banda Ancha.
Sun UltraSpare Station 10	Ruteco, correo electrónico, página web. Envío automático de mensajes a los radiolocalizadores
PC Pentium III	Envío automático de fax.
PC Pentium III	Adquisición de datos en tiempo real de las estaciones de la Red Convencional.
PC Pentium III	Adquisición de datos en tiempo real de las estaciones de la Red del Valle de México.
PC Pentium III	Servidor de archivos de Novell
PC Pentium III	Análisis de datos de la Red Convencional
Raid	Sistema de almacenamiento masivo en línea. Este sistema permite el almacenamiento de hasta ¼ de Terabyte de datos, que están disponibles al usuario.
Juke Box	Sistema de almacenamiento masivo. Permite el acceso transparente al usuario de hasta 82 Gbytes de datos en en línea que se almacenan en cartuchos ópticos reescribibles de 1.2 Gbytes.

2.3.1 Procedimientos y Difusión de la Información

Las computadoras de tipo PC que se encargan de recibir en forma continua los datos de las estaciones de la Red Convencional y Red del Valle de México, ejecutan un algoritmo de detección automática donde se decide si la señal es un temblor o no. En caso de confirmarse, la señal es almacenada, preparada y transferida a las estaciones de trabajo para su análisis y procesamiento.

Simultáneamente, varias de estas señales son graficadas en tiempo real sobre tambores de registro en papel.



Tambores de registro y sistema de adquisición

Al mismo tiempo, las computadoras SUN se conectan a cada una de las estaciones de la red de banda ancha e inician la transferencia de los datos obtenidos. Después de procesar esta información, se elabora un reporte diario y otro semanal de la actividad sísmica. Estos datos son enviados vía fax a las autoridades civiles y militares, CENAPRED, Secretaría de Gobernación, instancias de protección civil, así como a la Secretaría de la Defensa Nacional, a medios de comunicación y otras instituciones interesadas en esta información.

Para el caso de temblores moderados a grandes, una señal audible alerta al personal para procesar de inmediato la información. La infraestructura de la estación central ha permitido el desarrollo de una serie de rutinas que permiten la determinación de magnitudes para estos sismos en un tiempo aproximado de 10 minutos después de ocurrido el sismo.

Esta información se transmite también a los medios de comunicación masiva para informar a la población. Se han puesto a disposición del público diversas alternativas para la difusión y acceso a la información sísmica:

- Una página en Internet que se actualiza día tras día en forma automática:
<http://www.ssn.unam.mx>
- Envío de los parámetros sísmicos vía correo electrónico.
- Envío de fax automático a través de una computadora tipo PC.
- Información diaria que se proporciona a través de una contestadora telefónica en el servicio de SISMOTEL (56 22 81 12).

Recientemente, el SSN en colaboración con Skytel, puso a disposición un sistema de información automática para radiolocalizadores. Cada vez que alguna de las máquinas de monitoreo sísmico detecta un evento, se envía un mensaje de alerta al personal de guardia. Cuando los parámetros de magnitud y epicentro han sido determinados, un nuevo mensaje es enviado automáticamente a los radiolocalizadores que el SSN decida, como puede ser el caso de las autoridades de Protección Civil, del CENAPRED y de las personas que quisieran contar con este servicio.

CAPITULO III

SISTEMAS DE TELECOMUNICACION DE LA RED SISMOLOGICA DE BANDA ANCHA

3.1 Comunicación de Datos

La comunicación de datos es el proceso de transferir información digital entre dos o más puntos, es decir, es la transmisión de datos en ambas direcciones entre una ubicación central y ubicaciones remotas (terminales) a través de canales de comunicación. Esta transferencia de información, normalmente se hace en forma binaria y para facilitararlo, se requieren interfases como módems, multiplexores, concentradores, etc. en cada extremo de las líneas. En la fuente y el destino, los datos están en forma digital, sin embargo, durante la transmisión, los datos pueden estar en forma digital o analógica.

3.1.1 Organismos de Normalización

En los últimos años, la industria de la comunicación de datos ha crecido ha una velocidad inusitada. Consecuentemente, la necesidad de información entre sistemas diferentes de comunicación, también ha aumentado. Por consiguiente, para asegurar una transferencia de información ordenada entre dos o más sistemas de comunicación, se reúnen regularmente diversas organizaciones, asociaciones de empresas y usuarios, para unificar criterios y establecer reglas y normas con la intención, de que los fabricantes de equipos y usuarios de comunicación, se ajusten a las mismas. Entre estos organismos, están los siguientes, algunos de ellos establecidos mediante tratados internacionales.

Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU): Con sede en Ginebra, Suiza, la ITU es una organización internacional del Sistema de la Naciones Unidas en la que los gobiernos y el sector privado, coordinan los servicios y redes mundiales de telecomunicaciones. Además, la ITU es una de las principales editoras de información sobre tecnología, reglamentación y normas de telecomunicaciones.

Organización Internacional de Estándares (ISO): La ISO es la organización internacional para la estandarización y se encarga de establecer reglas y normas para gráficos, intercambio de documentos y tecnologías relacionadas. La ISO es responsable de endosar y coordinar el trabajo de otras organizaciones de estándares.

Instituto de Estándares Nacional Americano (ANSI): Es la agencia de estándares oficial de los Estados Unidos y es el representante para votar por este país en ISO.

Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE): Es una organización profesional a nivel internacional de ingenieros en electrónica, en computación y en comunicaciones. Los miembros del Instituto dirigen a la sociedad hacia nuevos desarrollos tecnológicos y formulan normas internacionales

Comité Consultivo para Telefonía y Telegrafía Internacional (CCITT): La membresía de la CCITT consiste de autoridades y representantes del gobierno de muchos países y es ahora la organización de estándares para las Naciones Unidas, que desarrolla las reglas y estándares recomendados para la comunicación telefónica y telegráfica.

Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicación (CCIR): Actual Sector de Radiocomunicación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

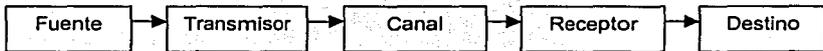
Comité de Actividades de Internet (IAB): Este comité tiene como objetivo, el supervisar la estandarización de los protocolos de Internet.

Asociación de Industrias Electrónicas (EIA): Es una organización norteamericana que establece y recomienda estándares industriales y es la responsable de desarrollar la serie de estándares RS (estándar recomendado) para datos y telecomunicaciones.

3.2 Sistemas y Redes de Comunicación

Un sistema de telecomunicación, permite transmitir y/o recibir información. Los componentes y las características del sistema, determinan el tipo de información que puede ser transmitida o recibida, el número de canales, la velocidad de los datos, las frecuencias, la distancia de cobertura y el costo, además de su grado de inmunidad a las interrupciones e interferencias.

Los elementos fundamentales de un sistema de telecomunicación son los siguientes:



Donde:

La fuente, es la que genera la información a transmitir (computadora, persona al teléfono, etc). Dependiendo de la fuente, la información tendrá un formato u otro.

El transmisor, transforma los datos a transmitir en señales electromagnéticas susceptibles de ser transmitidas por la red.

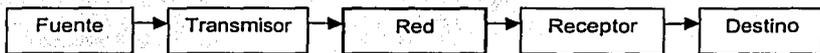
El canal, es el medio por el que se transmiten las señales y puede ser guiado (cables metálicos, fibra óptica) o no guiado (vacío, aire, atmósfera).

El receptor, recoge las señales electromagnéticas y las convierte en un formato que entiende el destino (información de salida).

El destino, es quien recibe la información que genera el origen.

Cabe señalar que, el sistema de telecomunicación entre computadoras más sencillo, sería el conformado de dos equipos conectados por un medio de comunicación.

A mayor número de equipos, crece la necesidad de medios e interfaces, por ello, surge el concepto de Redes de Comunicación, sistema compartido que permite reducir el número de medios de transmisión necesarios e interfaces en cada máquina. En tal caso, los elementos del sistema de telecomunicación son:



En esta forma, las redes de comunicación son un conjunto de recursos/facilidades que permiten transmitir señales electromagnéticas de un origen a un destino.

3.2.1 Tipos de Redes

Según su modo/técnica de comunicación, existen tres tipos de redes:

- Punto a punto (redes dedicadas o malladas)
- Difusión
- Conmutación

3.2.1.1 Redes Punto a Punto

En este tipo de redes existe un medio de transmisión dedicado entre cada pareja de equipos de la red. También se les denomina malladas, porque se tiende una malla entre todos los equipos.

La ventaja de esta red es que, es sencilla si el número de equipos es pequeño y su desventaja radica en el costo y complejidad, cuando el número de equipos a conectar es muy grande.

3.2.1.2 Redes de Difusión

En este tipo de redes, existe un único medio de transmisión compartido por todos los equipos de la red.

Entre sus ventajas destacan las siguientes:

- Sólo se tiene un medio de transmisión.
- Si se quiere llegar a todos los equipos de la red sólo se transmite una vez la información.

Y sus desventajas son:

- Hay que regular el medio compartido para que no emitan a la vez dos estaciones. Hay que repartir el turno de emisión, lo que se llama multiplexación.
- Existe falta de privacidad, lo que transmite una estación, las demás estaciones lo escuchan.
- La capacidad del medio de transmisión es finita, por lo que a mayor número de estaciones, se reduce el medio de transmisión.

3.2.1.3 Redes de Conmutación

En los todos casos anteriores de redes, siempre hay un medio de transmisión entre el origen y el destino, propio o compartido.

En las redes de conmutación, los equipos de la red no se comunican unos con otros, sino que se conectan a nodos de conmutación de tal manera que cuando un equipo manda información a otro, primero se lo manda a un nodo de conmutación, luego a otro y así sucesivamente hasta llegar al destino.

En el interior de la red, los nodos están conectados entre sí, en malla si son pocos o utilizando otro medio de transmisión si son muchos, pero siempre existiendo un canal de transmisión entre un equipo y otro.

Dependiendo de cómo trabaja el nodo de conmutación, estas redes se dividen en:

- Red de conmutación de circuitos

Se diseñan para que se tengan varios enlaces entre los nodos de conmutación. Como ejemplo tenemos la red telefónica.

La ventaja de este tipo de redes es que una vez establecido el enlace, se dispone de un circuito dedicado de uso exclusivo durante la comunicación. La desventaja es que están diseñados para voz, no es adecuada para la transmisión de datos, porque el tiempo de establecimiento es relativamente alto.

- Red de conmutación de paquetes

En estas redes se transmite un tamaño máximo de mensaje; si se supera, se fragmenta en paquetes, los que son enviados por datagramas o por circuitos virtuales.

En forma de datagramas cada fragmento posee una cabecera indicando el destino y un número de secuencia y cada paquete se envía por separado en forma independiente.

La ventaja de estas redes, es que se trata de una tecnología muy sencilla, como ejemplo tenemos Internet. La desventaja es que como puede haber distintos caminos por donde viajan los paquetes, esto obliga al receptor almacenar todos los fragmentos para después ordenarlos, lo que implica mayor capacidad de procesamiento y memoria en el destino.

Con respecto al envío por circuitos virtuales, se crea un circuito por el que viajan todos los paquetes en forma ordenada. Esto se consigue realizando la comunicación en 3 fases: el establecimiento del circuito virtual, la comunicación y el desmantelamiento del mismo.

Son eficientes si trabajamos con redes de alta velocidad y gran número de paquetes. Ejemplos de conmutación de circuitos virtuales: X.25, Frame Relay (paquete máximo de 1600 bytes), ATM (tamaño fijo de paquete de 53 bytes).

3.2.2 Clasificación de Redes

Existen 3 tipos principales de redes de computadora:

- Redes de Área Local (LAN)

Son redes privadas localizadas en un edificio o campus, su extensión es de algunos kilómetros. Muy usadas para la interconexión de computadoras personales y estaciones de trabajo. Se caracterizan por: tamaño restringido, tecnología de transmisión (por lo general broadcast), alta velocidad y topología.

En la actualidad existen redes LAN inalámbricas (WLAN) que son capaces de unir computadoras a través de ondas de radio, sin la necesidad de un cable de conexión entre ellas.

- Redes Metropolitanas (MAN)

Básicamente son una versión más grande de una Red de área local y utiliza normalmente tecnología similar, puede ser pública o privada. Una MAN puede soportar tanto voz como datos y tiene uno o dos cables, pero carece de elementos de intercambio de paquetes o conmutadores, lo que simplifica bastante el diseño.

- Redes de Área Amplia (WAN)

Son redes que cubren una amplia región geográfica, a menudo un país o un continente. Este tipo de redes contiene máquinas que ejecutan programas de usuario llamadas hosts o sistemas finales que están conectados a una subred de comunicaciones. La función de la subred es transportar los mensajes de un host a otro, por lo que los aspectos de la comunicación pura (la subred) están separados de los aspectos de la aplicación (los host), que simplifica el diseño. En la mayoría de las redes de amplia cobertura se pueden distinguir dos componentes: Las líneas de transmisión (circuitos, canales o troncales) y los elementos de intercambio que son las computadoras.

3.2.3 Protocolos y Arquitectura de Protocolos

Los protocolos de comunicaciones definen las normas que posibilitan que se establezca una comunicación entre varios equipos o dispositivos, en razón de que estos equipos pudiesen ser diferentes entre sí. Un interfaz, sin embargo, es el encargado de la conexión física entre los equipos, definiendo las normas para las características eléctricas y mecánicas de la conexión. La arquitectura de protocolos de comunicación, divide el problema de la comunicación entre computadoras, en una serie de subproblemas, conocidos como niveles o capas. El modelo y la arquitectura más importantes son OSI y TCP/IP.

3.2.4 Modelo de Referencia OSI

El modelo de Referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos OSI (Open Systems Interconnection – Reference Model) fue publicado por la Organización Internacional de Estándares ISO en el año 1984, bajo la norma ISO-7498.

El modelo OSI surge de la necesidad imperante de interconectar sistemas de comunicación de procedencia diversa de distintos fabricantes, cada uno de los cuales empleaban sus propios protocolos para el intercambio de señales.

Este modelo, está compuesto por una serie de 7 niveles o capas, cada una con una funcionalidad específica, para permitir la interconexión e interoperatividad de sistemas heterogéneos. La utilidad del mismo radica en la separación que en él se hace de las distintas tareas que son necesarias para comunicar dos sistemas independientes.

Las 7 capas que plantea el modelo de referencia OSI son:



Los criterios que llevaron a este modelo de referencia fueron:

- Una capa se creará en situaciones en donde se necesite un nivel de diferencia abstracto.

- Cada capa deberá efectuar una función bien definida.
- La función que realizará cada capa deberá seleccionarse con la intención de definir protocolos normalizados internacionalmente.
- Los límites de las capas deberán seleccionarse tomando en cuenta la minimización del flujo de información, a través de las interfaces.
- El número de capas debe ser lo suficientemente grande para que cada una realice sólo una función y lo suficientemente pequeña para que la arquitectura sea manejable.

El modelo representa las relaciones entre una red y los servicios que puede soportar como una jerarquía de capas de protocolos. Cada capa usa los servicios ofrecidos por capas más bajas además de sus propios servicios para crear otros nuevos que estén disponibles para capas superiores. Cada una de las siete capas del modelo de referencia OSI realiza tareas únicas y específicas, conoce las capas inmediatamente adyacentes, usa los servicios de la capa que está por debajo y realiza funciones y proporciona servicios para las capas superiores.



3.2.4.1 Capa de Aplicación

La capa de aplicación es la capa del modelo OSI más cercana al usuario y está relacionada con las funciones de mas alto nivel que proporcionan soporte a las aplicaciones o actividades del sistema, suministrando servicios de red a las aplicaciones del usuario y definiendo los protocolos usados por las aplicaciones individuales. Es el medio por el que los procesos de aplicación de usuario acceden al entorno OSI.

Su función principal es proporcionar los procedimientos precisos que permitan a los usuarios ejecutar los comandos relativos a sus propias aplicaciones.

Los procesos de las aplicaciones se comunican entre si, por medio de las entidades de aplicación asociadas, manteniendo éstas controladas por protocolos de aplicación y utilizando los servicios del nivel de presentación.

Difiere de las demás capas debido a que no proporciona servicios a ninguna otra capa, sino solamente a aplicaciones que se encuentran fuera del modelo OSI. La capa de aplicación establece la disponibilidad de los diversos elementos que deben participar en la comunicación, sincroniza las aplicaciones que cooperan entre sí y establece acuerdos sobre los procedimientos de recuperación de errores y control de la integridad de los datos.

Algunos ejemplos de procesos de aplicación son:

- Programas de hojas de cálculo.
- Programas de procesamiento de texto.
- Transferencia de archivos (ftp).
- Login remoto (rlogin, telnet).
- Correo electrónico (mail - smtp).
- Páginas web (http).

3.2.4.2 Capa de Presentación

La capa de presentación proporciona sus servicios a la capa de aplicación, garantizando que la información que envía la capa de aplicación de un sistema, pueda ser entendida y utilizada por la capa de aplicación de otro, estableciendo el contexto sintáctico del diálogo. Su tarea principal es aislar a las capas inferiores del formato de los datos de la aplicación, transformando los formatos particulares (ASCII, EBCDIC, etc.) en un formato común de red. Es también la responsable de la obtención y de la liberalización de la conexión de sesión cuando existan varias alternativas disponibles.

Por ello, de ser necesario, la capa de presentación realiza las siguientes operaciones:

- Traducir entre varios formatos de datos, utilizando un formato común, para establecer la sintaxis y la semántica de la información transmitida. Para ello convierte los datos desde el formato local al estándar de red y viceversa.
- Definir la estructura de los datos a transmitir. En el caso de un acceso a base de datos, define el orden de transmisión y la estructura de los registros.
- Definir el código a usar para representar una cadena de caracteres (ASCII, EBCDIC, etc).
- Dar formato a la información para visualizarla o imprimirla.
- Comprimir los datos si es necesario.

3.2.4.3 Capa de Sesión

La capa de sesión proporciona sus servicios a la capa de presentación, proporcionando el medio necesario para que las entidades de presentación, organicen y sincronicen su diálogo y procedan al intercambio de datos.

Sus funciones principales son:

- Establecer, administrar y finalizar las sesiones entre dos hosts que se están comunicando.
- Restaurar la sesión a partir de un punto seguro y sin pérdida de datos; de no ser posible, terminar la sesión de una manera ordenada, checando y recuperando todas sus funciones.
- Sincronizar el diálogo entre las capas de presentación de los dos hosts y administrar su intercambio de datos, estableciendo las reglas o protocolos para el diálogo entre máquinas y así poder regular quien habla y por cuanto tiempo o si hablan en forma alterna, es decir, las reglas del diálogo que son acordadas.
- Ofrecer disposiciones para una eficiente transferencia de datos, clase de servicio y un registro de los problemas de la capa de sesión, presentación y aplicación.
- Manejar tokens, que son objetos abstractos y únicos que se usan para controlar las acciones de los participantes en la comunicación.
- Hacer checkpoints, que son puntos de recuerdo en la transferencia de datos.

3.2.4.4 Capa de Transporte

La capa de transporte proporciona sus servicios a la capa de sesión, efectuando la transferencia de datos entre dos entidades de sesión. Para ello, segmenta los datos originados en el host emisor y los reensambla en una corriente de datos dentro del sistema del host receptor.

El límite entre la capa de sesión y la capa de transporte, puede imaginarse como el límite entre los protocolos de capa de medios y los protocolos de capa de host. Mientras que las capas de aplicación, presentación y sesión están

relacionadas con aspectos de las aplicaciones, las tres capas inferiores se encargan del transporte de datos. Además, esta capa es la primera que se comunica directamente con su par de destino, debido a la comunicación de las capas anteriores que es de tipo máquina a máquina.

La capa de transporte intenta suministrar un servicio de transporte de datos que aísla las capas superiores de los detalles de implementación del transporte, liberándolas de luchar por conseguir una transferencia de datos segura y económica. Específicamente, temas como la confiabilidad del transporte entre dos hosts, es responsabilidad de la capa de transporte. Al proporcionar un servicio de comunicaciones, la capa de transporte establece, mantiene y termina adecuadamente los circuitos virtuales. Al proporcionar un servicio confiable, se utilizan dispositivos de detección y recuperación de errores de transporte.

Se conocen con el nombre de circuitos virtuales, a las conexiones que se establecen dentro de una subred y en ellos, no hay necesidad de elegir una ruta nueva para cada paquete, porque cuando se inicia la conexión, se determina la ruta de la fuente al destino, ruta que es usada para todo el tráfico posterior.

Las funciones de la capa de transporte son las siguientes:

- Controlar la interacción entre procesos de usuarios.
- Incluir controles de integración entre usuarios de la red para prevenir pérdidas o doble procesamiento de transmisiones.
- Controlar el flujo de transacciones y direccionamiento de máquinas a procesos de usuario.
- Asegurar que se reciban todos los datos y en el orden adecuado, realizando un control de extremo a extremo.
- Aceptar los datos del nivel de sesión, fragmentándolos en unidades más pequeñas llamados segmentos, pasándolos después al nivel de red.

- Realizar funciones de control y numeración de unidades de información, fragmentación y reensamblaje de mensajes.
- Garantizar la transferencia de información a través de la subred.

3.2.4.5 Capa de Red

La capa de red proporciona sus servicios a la capa de transporte, siendo una capa compleja que proporciona conectividad y selección de ruta entre dos sistemas de hosts, que pueden estar ubicados en redes geográficamente distintas. También se ocupa de aspectos de contabilidad de paquetes. En esta capa es donde trabajan los routers.

Es la responsable de las funciones de conmutación y encaminamiento de la información, proporcionando los procedimientos necesarios para el intercambio de datos entre el origen y el destino, por lo que es necesario que conozca la topología de la red, con el objeto de determinar la ruta más adecuada.

Las funciones principales de la capa de red son:

- Dividir los mensajes de la capa de transporte en unidades más complejas, denominadas paquetes y los ensambla al final.
- Conocer la topología de la subred y manejar el caso en que la fuente y el destino estén en redes distintas.
- Encaminar la información a través de la subred, observando las direcciones del paquete para determinar los métodos de conmutación y enrutamiento y enviar los paquetes de la fuente al destino, a través de ruteadores intermedios.
- Enviar los paquetes de nodo a nodo usando un circuito virtual o como datagramas.
- Controlar la congestión de la subred.

3.2.4.6 Capa de Enlace de Datos

La capa de enlace de datos proporciona sus servicios a la capa de red, suministrando un tránsito de datos confiable a través de un enlace físico. Al hacerlo, la capa de enlace de datos se ocupa del direccionamiento físico (comparado con el lógico), la topología de red, el acceso a la red, la notificación de errores, formación y entrega ordenada de tramas y control de flujo. Por tanto, su principal misión es convertir el medio de transmisión en un medio libre de errores de cualquier tipo.

Sus principales funciones son:

- Establecer los medios necesarios para una comunicación confiable y eficiente entre dos máquinas en red.
- Agregar una secuencia especial de bits al principio y al final del flujo inicial de bits de los paquetes, estructurando este flujo bajo un formato predefinido llamado trama o marco. Suelen ser de unos cientos de bytes.
- Sincronizar el envío de las tramas, transfiriéndolas de una forma confiable libre de errores. Para detectar y controlar los errores se añaden bits de paridad, se usan CRC (Códigos Cíclicos Redundantes) y envío de acuses de recibo positivos y negativos y para evitar tramas repetidas se usan números de secuencia en ellas.
- Enviar los paquetes de nodo a nodo, usando un circuito virtual o como datagramas.
- Controlar la congestión de la subred.
- Regular la velocidad de tráfico de datos.
- Controlar el flujo de tramas mediante protocolos, que prohíben que el remitente envíe tramas sin la autorización explícita del receptor, sincronizando así, su emisión y recepción.
- Realizar la secuencia de enlace lógico y de acceso al medio (soportes físicos de la red).

3.2.4.7 Capa Física

Es la capa más baja y utiliza el medio de transmisión para enviar y recibir datos, es decir, que la misión principal de esta capa es transmitir bits por un canal de comunicación, de manera que cuanto envíe el transmisor, llegue sin alteración al receptor.

La capa física proporciona sus servicios a la capa de enlace de datos, definiendo las especificaciones eléctricas, mecánicas, de procedimiento y funcionales para activar, mantener y desactivar el enlace físico entre sistemas finales, relacionando la agrupación de circuitos físicos a través de los cuales los bits son movidos.

También tiene que ver con la impedancia, resistencia y otras medidas eléctricas o electrónicas del medio y la forma que tiene (tamaño, número de patas) el conector del medio y cuáles son los tiempos aprobados para enviar o recibir una señal. También toma en cuenta si el medio permite la comunicación simplex, half duplex o full duplex.

Las características tales como niveles de voltaje, temporización de cambios de voltaje, velocidad de datos físicos, distancias de transmisión máximas, conectores físicos y otros atributos similares se definen a través de las especificaciones de la capa física.

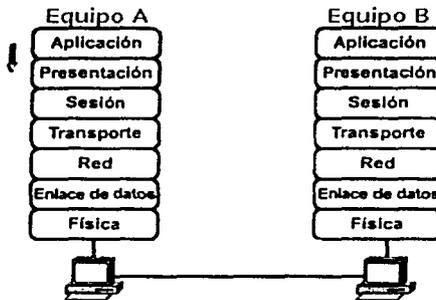
Sus principales funciones son:

- Definir las características físicas (componentes y conectores mecánicos y eléctricas (niveles de tensión).
- Definir las características funcionales de la interfaz (establecimiento, mantenimiento y liberación del enlace físico).
- Transmitir el flujo de bits a través del medio.

- Manejar voltajes y pulsos eléctricos.
- Especificar cables, conectores y componentes de interfaz con el medio de transmisión, polos de clavija, etc.
- Garantizar la conexión, pero no la confiabilidad de ésta.

3.2.4.8 Transmisión de Datos en OSI

Un envío de datos típico bajo el modelo de referencia OSI, comienza en este caso con una aplicación en el equipo A, mismo que genera los datos que desea enviar a su contraparte, el equipo B. Estos datos los pasa a la capa de aplicación.



La capa de aplicación toma los datos y los encapsula añadiendo un encabezado que contiene información de control. El paquete completo resultante se lo pasa a la capa de presentación.

La capa de presentación lo recibe y no intenta siquiera decodificar o separar los componentes del paquete, sino que lo toma como datos y le añade un

encabezado con información de control de esta capa y el paquete resultante se lo envía a la capa de sesión.

La capa de sesión recibe el paquete, que también sólo son datos para ella y le añade un encabezado de control. El resultado se lo envía a la capa de transporte.

La capa de transporte recibe todo el paquete como datos y le añade su propio encabezado de control creando otro paquete que envía a la capa de red, la que se encargará de enrutarlo a su destino, entre otras actividades que realiza.

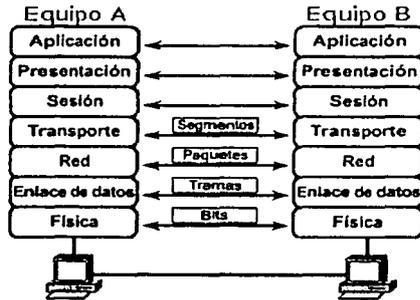
Las capas de red, ligada de datos y física, toman respectivamente, el paquete que les envía la capa superior y añaden a éste, un encabezado definido por el protocolo que corresponde a cada capa y pasan el resultado a la capa inferior.

La capa física traducirá el último paquete, a las señales apropiadas para que viajen por el medio físico hasta el nodo destino.

En el nodo destino, la capa física toma los paquetes y les quita el encabezado de la capa física, pasando el paquete resultante a la capa de enlace de datos.

La capa de enlace lo recibe y le quita el encabezado de esta capa, pasando el resultado a la capa de red, quien lo toma y le quita el encabezado de red, pasando el paquete a la capa de transporte, que elimina el encabezado de transporte y pasa el resultado a la capa de sesión, quien también le quita el encabezado respectivo y pasa el paquete a la capa de presentación, que a su vez le quita el encabezado de presentación y pasa el paquete a la capa de aplicación que, finalmente, le quita el último encabezado y le entrega el paquete de datos reales a la aplicación en el nodo destino.

De manera virtual, se establecen conexiones directas entre las capas del mismo nombre de los dos diferentes nodos. Por ejemplo, el paquete que envía la capa de red es interpretado por la capa de red en el destino y no por otra capa. Para las capas inferiores de la de red, dicho paquete fue interpretado como datos y para las capas superiores (transporte, sesión, presentación y aplicación) como un paquete compuesto de datos y encabezado.



Por otro lado, todas las capas excepto la de aplicación, procesan los paquetes realizando operaciones que sólo sirven para verificar que el paquete de datos real esté íntegro o para que éste llegue a su destino, sin que los datos por sí mismos sufran algún cambio.

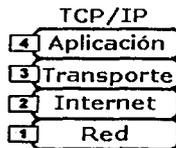
3.2.5 Arquitectura TCP/IP

Aunque el modelo de referencia OSI sea universalmente reconocido, el estándar abierto de Internet desde el punto de vista histórico y técnico es el Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet (TCP/IP).

El modelo de referencia TCP/IP y la pila de protocolos TCP/IP hacen que sea posible la comunicación entre dos computadoras, desde cualquier parte del mundo, a casi la velocidad de la luz. TCP/IP es compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de hardware.

El Departamento de Defensa de Estados Unidos creó el modelo TCP/IP al necesitar una arquitectura que pudiese conectar múltiples redes y que tuviera la capacidad de mantener conexiones aún cuando una parte de la subred esté dañada o perdida, lo que podría ocurrir por ejemplo, en caso de una guerra nuclear. Necesitaba una arquitectura de red de este tipo, porque al producirse la invasión a Granada por ese país, las diferentes redes de su ejército, no fueron capaces de comunicarse entre sí, debido a que cada una de ellas poseía una arquitectura propietaria de empresas diferentes: IBM, Unisys, etc.

Este problema de diseño conduce al desarrollo del proyecto ARPANET, financiado por el DARPA, Agencia de Investigación del Departamento de Defensa. Este proyecto comienza en los años 60 y en 1972 surge el modelo de comunicación entre computadoras de diferentes redes basado en el intercambio de paquetes. En la creación de este modelo de comunicación, estaban implicadas varias universidades estadounidenses, que lo modificaron creando un sistema propio, que pasa a llamarse Internetting, que cuando se fue ampliando a redes cada vez mayores, se transformó en Internet. Su base fue el modelo TCP/IP, que desde entonces se transforma en el estándar a partir del que se desarrolla la Red de Redes.



El modelo TCP/IP se basa en el tipo de red de conmutación de paquetes y tiene cuatro capas: Aplicación, Transporte, Internet y Red. Es importante observar que algunas de las capas del modelo TCP/IP poseen el mismo nombre que las capas del modelo OSI, aunque no se corresponden exactamente unas con otras, por lo que no deben confundirse.

3.2.5.1. Capa de Aplicación

Los diseñadores de TCP/IP sintieron que los protocolos de nivel superior deberían incluir los detalles de las capas de sesión y presentación. Simplemente crearon una capa de aplicación que maneja protocolos de alto nivel, aspectos de representación, codificación y control de diálogo. El modelo TCP/IP combina todos los aspectos relacionados con las aplicaciones en una sola capa y da por sentado que estos datos están correctamente empaquetados para la siguiente capa.

3.2.5.2. Capa de Transporte

Permite que capas pares en los host de fuente y destino puedan conversar. La capa de transporte se refiere a los aspectos de calidad del servicio con respecto a la confiabilidad, el control de flujo y la corrección de errores. Utiliza pues, los servicios de la capa de red para proveer un servicio eficiente y confiable a los procesos de la capa de aplicación.

El hardware y el software dentro de la capa de transporte se denominan entidad de transporte y pueden estar en el kernel, en un proceso de usuario, en una tarjeta, etc.

En esta capa se produce la segmentación de los datos producidos en la capa de aplicación en unidades de menor tamaño, denominadas paquetes o datagramas, donde datagrama es un conjunto de datos que se envía como un mensaje independiente.

La capa de transporte no se preocupa de la ruta que van a seguir los datos para llegar a su destino final. Simplemente considera que la comunicación entre ambos extremos está ya establecida y la utiliza.

3.2.5.3 Capa de Internet

El propósito de la capa de Internet es enviar paquetes origen desde cualquier red y que estos paquetes lleguen a su destino, independientemente de la ruta y de las redes que se utilizaron para llegar al mismo.

En esta capa se produce la determinación de la mejor ruta y la conmutación de paquetes. Durante su transmisión, los paquetes pueden ser divididos en fragmentos.

Para poder enrutar los datagramas de la capa de transporte, éstos se encapsulan en unidades independientes, en las que se incorporan diferentes datos necesarios para el envío, como dirección de origen del datagrama, dirección de destino, longitud del mismo, etc.

En una comunicación con arquitectura TCP/IP ambos host pueden introducir paquetes en la red, viajando estos independientemente de su destino. Por ello, no hay garantía ninguna de entrega de los paquetes, ni de orden en los mismos.

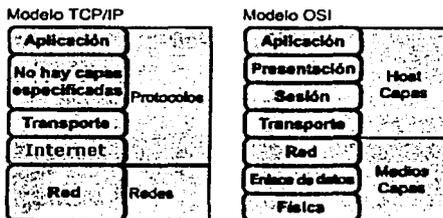
3.2.5.4 Capa de Red

El nombre de esta capa es muy amplio y se presta a confusión. También se denomina capa de host a red. Es la capa que se ocupa de todos los aspectos que requiere un paquete IP para realizar realmente un enlace físico y luego llevar a cabo otro enlace físico. Esta capa incluye los detalles de tecnología de LAN y WAN y todos los detalles de las capas física y de enlace de datos del modelo OSI.

Uno de los principales elementos que maneja esta capa es el de las direcciones físicas, números únicos de 6 bytes asignados a cada tarjeta de red y que son el medio principal de localización de un host dentro de una red. Cada tarjeta tiene un número identificador, cuyos 3 primeros bytes son asignados por el fabricante de la misma, mientras que los otros 3 se asignan de forma especial. Cuando un host debe enviar un paquete a otro de su red, lo busca mediante su número de tarjeta de red (dirección física).

3.2.6 Modelo OSI - Arquitectura TCP/IP

Si se comparan el modelo OSI y el modelo TCP/IP, observaremos que ambos presentan las siguientes similitudes y diferencias:



Similitudes:

- Ambos se dividen en capas o niveles.
- Ambos tienen capas de aplicación, aunque incluyen servicios muy distintos.
- Se supone que la tecnología es de conmutación de paquetes (no de conmutación de circuitos).
- Los profesionales en redes de comunicación deben conocer ambos: OSI como modelo y TCP/IP como arquitectura real.

Diferencias:

- OSI distingue de forma clara los servicios, las interfaces y los protocolos. TCP/IP no lo hace así, no deja en forma clara esta separación.
 - Servicio: lo que una capa hace.
 - Interfaz: cómo se pueden acceder a los servicios.
 - Protocolo: implementación de los servicios.
- OSI fue definido antes de implementar los protocolos, por lo que algunas funcionalidades necesarias fallan o no existen. En cambio, TCP/IP se creó después que los protocolos, por lo que se amolda a ellos perfectamente.
- TCP/IP combina las funciones de la capa de presentación y de sesión en la capa de aplicación.
- TCP/IP combina las capas de enlace de datos y la capa física del modelo OSI en una sola capa.
- TCP/IP parece ser más simple porque tiene menos capas.
- Los protocolos TCP/IP son los estándares en torno a los cuales se desarrolló Internet, de modo que la credibilidad del modelo TCP/IP se debe en gran parte a sus protocolos. En comparación, no se crean redes a partir de protocolos específicos relacionados con OSI, aunque todo el mundo utiliza el modelo OSI como guía.

Concluyendo, el modelo OSI es excelente como marco teórico para describir la funcionalidad de los dispositivos y protocolos que hacen funcionar una red, pero

en la práctica, se acepta que las capas de sesión y presentación no son muy útiles, por lo que generalmente se usa un modelo reducido de 5 capas: aplicación, transporte, red, enlace de datos y física.

3.3 Sistemas de Telecomunicación del SSN

En términos generales, se tienen cuatro modos de transmisión para los circuitos de comunicación de datos: simplex, half-duplex, full-duplex, full/full-duplex.

En el SSN se emplea el modo de transmisión full duplex (FDX), donde las transmisiones son posibles en ambas direcciones simultáneamente, pero deben estar entre las mismas dos estaciones. Las líneas de full-duplex también se llaman de dos sentidos simultáneas, duplex o líneas de dos sentidos. Un sistema telefónico estándar es un ejemplo de este tipo de transmisión.

Por otro lado, los códigos de comunicación de datos son secuencias de bit preescritas, usadas para codificar caracteres y símbolos. Consecuentemente, los códigos de comunicación de datos frecuentemente se llaman conjuntos de caracteres, códigos de caracteres, códigos de símbolos o lenguajes de caracteres.

Esencialmente, existen sólo tres tipos de caracteres usados en los códigos de comunicación de datos: caracteres de control de enlace de datos, los cuales se usan para facilitar el flujo ordenado de información de una fuente a un destino; caracteres de control gráfico que involucran la síntesis o presentación de la información en la terminal de recepción y caracteres alfanuméricos, los cuales se usan para representar los múltiples símbolos usados para letras, números y puntuación en el lenguaje.

Los tres conjuntos de caracteres comúnmente utilizados para la codificación son: el Código Baudot, el Código Estándar Americano para el Intercambio de Información (ASCII) y el Código de Intercambio de Decimal Codificado en Binario Extendido (EBCDIC).

Los sistemas de telecomunicación del SSN emplean el Código ASCII para la transmisión de datos, que es un conjunto de caracteres de siete bits que tiene 2^7 o 128 combinaciones. Con ASCII, el bit menos significativo (LSB) se designa como b_0 y el bit más significativo (MSB) se designa como b_6 . El b_7 no es parte del código ASCII pero generalmente se reserva para el bit de paridad. En realidad, con cualquier conjunto de caracteres, todos los bits son igualmente importantes porque el código no representa un código binario con más peso. Es común, con los códigos de caracteres referirse a bits por su orden; b_0 es el bit de orden cero, b_1 es el bit de primer orden, b_7 es el bit del séptimo orden, etc. El ASCII es el código más usado hoy en día.

3.3.1 Canales de Comunicación

El canal de comunicación, es el medio físico a través del cual viaja la información de un punto a otro. Las características de un canal son de fundamental importancia para una comunicación efectiva, porque de ellas, depende en gran medida la calidad de las señales recibidas en el destino o en los nodos intermedios en una ruta. Los canales pueden pertenecer a una de dos clases:

- Canales guiados
- Canales no guiados

3.3.1.1 Canales Guiados: Cables y Fibra Óptica

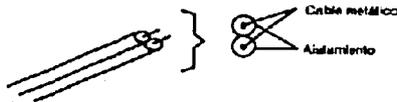
Son canales que guían las señales que contienen información desde la fuente hasta el destino, por ejemplo: cables de cobre, cables coaxiales y fibras ópticas. Por estos tipos de canales pueden ser transmitidas las siguientes tasas:

- Cable de cobre (par trenzado): hasta 4 Mbps.
- Cable coaxial: hasta 500 Mbps.
- Fibra óptica: hasta 2000 Mbps o bien 2 Gbps

Cable de Cobre (de par)

Constituyen el modo más simple y económico de todos los medios de transmisión, sin embargo, presentan una serie de inconvenientes.

En todo conductor, la resistencia eléctrica aumenta al disminuir la sección del conductor, por lo que hay que llegar a una relación aceptable entre volumen/peso y la resistencia eléctrica del cable. Esta última, está afectada directamente por la longitud del cable, de manera que cuando se sobrepasan ciertas longitudes, hay que recurrir al uso de repetidoras para restablecer el nivel eléctrico de la señal.



Cable de par

Tanto la transmisión como la recepción utilizan un par de conductores que, si no están apantallados, son muy sensibles a interferencias y diafonías producidas por la inducción electromagnética de unos conductores en otros (motivo por el que en ocasiones percibimos conversaciones telefónicas ajenas a nuestro teléfono). Un cable apantallado es aquel que está protegido de las interferencias eléctricas externas, normalmente a través de un conductor eléctrico externo al cable, por ejemplo una malla.

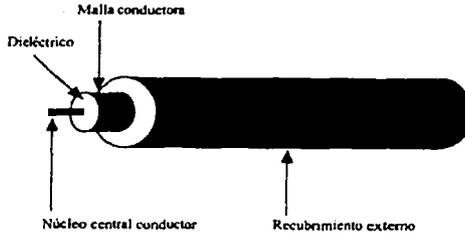
Un modo de subsanar estas interferencias consiste en trenzar los pares, de modo que las intensidades de transmisión y recepción, anulen las perturbaciones electromagnéticas sobre otros conductores próximos. Razón por la que este tipo de cables, se llaman de pares trenzados. Con este tipo de cables es posible alcanzar velocidades de transmisión comprendidas entre 2 Mbps y 100 Mbps en el caso de señales digitales.

Cable Coaxial

Presenta propiedades más favorables frente a interferencias y a la longitud de la línea de datos, de modo que el ancho de banda puede ser mayor. Esto permite una mayor concentración de las transmisiones analógicas y mayor capacidad de las transmisiones digitales.

Su estructura es la de un cable formado por un conductor central macizo o compuesto por múltiples fibras al que rodea un aislante dieléctrico de mayor diámetro.

Una malla exterior aísla de interferencias al conductor central y un material aislante recubre y protege todo el conjunto. En redes de área local se utilizan dos tipos de cable coaxial: fino y grueso.



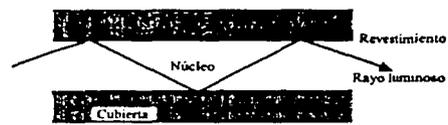
Sección de un cable coaxial

Fibra Óptica

Las fibras ópticas son filamentos de vidrio de alta pureza extremadamente compactos; el grosor de una fibra es similar a la de un cabello humano. Fabricadas a alta temperatura con base en silicio, su proceso de elaboración es controlado por medio de equipos de computo, para permitir que el índice de refracción de su núcleo, que es la guía de la onda luminosa, sea uniforme y evite las desviaciones. Entre sus principales características se puede mencionar que son compactas, ligeras, con bajas pérdidas de señal, amplia capacidad de transmisión y un alto grado de confiabilidad debido a que son inmunes a las interferencias electromagnéticas de radiofrecuencia.

La diferencia fundamental entre las transmisiones que utilizan fibras ópticas y las de naturaleza puramente eléctrica está en el hecho de que en las primeras, la información se sobrepone a señales ópticas, es decir, la información modula alguna característica de estas señales. Las ventajas de este tipo de transmisiones son múltiples: son menos sensibles a ruido de tipo eléctrico y por el espacio que ocupan en el espectro las señales ópticas, la capacidad de estas transmisiones es mayor que las de los sistemas basados en cables metálicos.

La composición del cable de fibra óptica consta de un núcleo, un revestimiento y una cubierta externa protectora. El núcleo es el conductor de la señal luminosa y su atenuación es despreciable. La señal es conducida por el interior de éste núcleo fibroso, sin poder escapar de él debido a las reflexiones internas y totales que se producen, impidiendo tanto el escape de energía hacia el exterior como la adición de nuevas señales externas.



Sección longitudinal de una fibra óptica

3.3.1.1 Canales No Guiados: Transmisión Inalámbrica

Los canales no guiados difunden la señal sin una guía, a estos pertenecen los canales de radio, que incluyen también microondas y enlaces satelitales. Las microondas utilizan antenas de transmisión y recepción de tipo parabólico para transmitir con haces estrechos y tener mayor concentración de energía radiada. Principalmente se utilizan en enlaces de larga distancia, desde luego con repetidoras, pero a últimas fechas se han utilizado también para enlaces cortos punto a punto. Entre los canales no guiados podemos encontrar los siguientes:

Radio Transmisión

El medio de transmisión en los enlaces de radio es el espacio libre, con o sin atmósfera, a través de ondas electromagnéticas que se propagan a la velocidad de la luz. Para llevar a cabo la transmisión se utiliza un sistema de antenas emisoras y receptoras.

La propagación por el medio atmosférico produce en ocasiones problemas de transmisión provocados por los agentes meteorológicos. Estos efectos negativos se pueden comprobar fácilmente en las emisiones televisivas, cuando las condiciones meteorológicas no son favorables, en forma de interferencias, nieve, rayas, doble imagen, etc.

De modo general, cuanto mayor es la frecuencia de la señal que se emite tanto más sensible es a este tipo de problemas, de modo que la distancia máxima entre las antenas emisora y receptora debe ser menor para garantizar una comunicación íntegra.

Microondas Vía Satélite

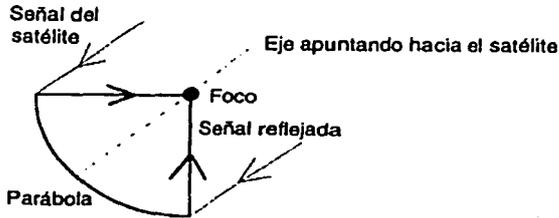
El principio de operación de los satélites es sencillo, aunque al transcurrir los años se ha ido haciendo más complejo: se envían señales de radio desde una antena hacia un satélite estacionado en un punto fijo alrededor de la Tierra (geoestacionario).

Los satélites tienen un reflector orientado hacia los sitios donde se quiere hacer llegar la señal y en esos puntos, también se tienen antenas cuya función es precisamente captar la señal reflejada por el satélite. De esos puntos en adelante, la señal es procesada para que por último sea entregada a su destino.

Las ventajas de las comunicaciones vía satélite son evidentes: se pueden salvar grandes distancias sin importar la topografía o la orografía del terreno y se pueden usar antenas que tengan coberturas geográficas amplias, de manera tal que, muchas estaciones receptoras terrenas puedan recibir y distribuir simultáneamente la misma señal que fue transmitida una sola vez. Y por lo mismo, las comunicaciones vía satélite han servido para una gran variedad de aplicaciones que van desde la transmisión de conversaciones telefónicas, la

transmisión de televisión, las teleconferencias y la transmisión de datos. Las tasas de transmisión pueden ser desde muy pequeñas (32 kbps) hasta del orden de los Mbps.

Los sistemas basados en transmisiones vía satélite requieren de antenas parabólicas. La geometría de una parábola es tal, que una emisión que llega a la parábola paralela a su eje es reflejada pasando por su foco y una emisión que sale de su foco, al incidir sobre la superficie parabólica, es reflejada paralela a su eje.



Operación de una antena parabólica

Aplicando estas propiedades a las telecomunicaciones se observa que si se orienta el eje de la antena parabólica hacia el satélite, las emisiones provenientes del mismo llegarán a la antena paralela a su eje y aquellas emisiones provenientes del foco de la parábola seguirán una trayectoria paralela al eje de la parábola hasta llegar al satélite. Como consecuencia, en el foco de la parábola debe ser ubicado el transmisor, cuya función consiste en hacer llegar la información hacia el satélite para que éste, a su vez, la retransmita hasta su destino final, mediante un enlace descendente.

3.3.2 Línea Telefónica Privada

Este tipo de línea telefónica provee el servicio que permite establecer un enlace dedicado punto a punto entre dos entidades.

El enlace dedicado punto a punto, es una cantidad de recursos y capacidad de red dedicados al uso exclusivo y permanente de un usuario, quien puede administrar esta capacidad de acuerdo a sus necesidades de transmitir cualquier tipo de señal sobre ellas. Es dedicado, porque sólo lo utiliza la empresa que contrata el enlace, mismo que no pasa por la red pública conmutada. Si un usuario desea enlazar más de dos lugares, requerirá establecer enlaces punto a punto por cada par de ellos a conectar.

Para el servicio telefónico, existen dos sistemas de multiplexaje normalizados: el sistema norteamericano y el sistema internacional. Son incompatibles, de modo que dentro del territorio norteamericano, Canadá y Japón, se usa el estándar norteamericano y tienen equipos de conversión para cuando quieren comunicarse con el resto del planeta. En México, se usa interiormente y exteriormente el sistema internacional; de forma que no se requieren convertidores para enlazarnos con cualquier país.

Los equipos que trabajan según la norma americana pueden multiplexar 24 canales telefónicos, con frecuencia de muestreo de 8000 muestras/segundo (una cada 125 μ seg) y codificador de 8 bits/muestra, lo que produce: $24 \times 8000 \times 8 = 1'536,000$ bits/seg. A esta cantidad, hay que agregarle los bits de separación, que se distribuyen de forma especial: normalmente se agregan estos bits después de cada muestra digitalizada, pero en este caso, se agrega un solo bit después de que se ha formado un paquete de 24 muestras digitalizadas, una de cada canal.

El sistema de multiplexaje de norma internacional, multiplexa 32 canales telefónicos, de los que 30 son para servicio a los usuarios y los dos restantes son para sincronización. En este estándar, tampoco hay bits de sincronía entre muestras, porque estos se encuentran concentrados en los dos canales mencionados. Cada canal es muestreado a 8,000 muestras/seg y codificado con 8 bits, lo que genera 64,000 bits/seg, igual que en el estándar norteamericano. En la norma internacional, una señal digital de 64,000 bits/segundo se conoce como un enlace telefónico E_0 .

Por lo anterior, si por la línea telefónica queremos enviar 64,000 bits/seg, se contrata con Telmex un enlace E_0 y se pueden contratar tantos E_0 como se desee; pero si nuestras necesidades requieren cerca de 30 de estos, es mejor contratar un E_1 .

Hay que dejar puntualizado que no es de importancia para Telmex, de donde obtengamos la señal binaria; puede ser de un equipo telefónico o de cualquier otro origen, lo importante es que sea a la velocidad de 64 Kbits/seg o de 2.048 Mbits/seg.

3.3.3 Internet

Internet tiene su origen en la red informática ARPAnet que comenzó a desarrollarse en los Estados Unidos como un proyecto del DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) sobre la década de los 60 y no fue hasta el inicio de la década de los 70, que comenzaron a crearse las primeras aplicaciones. A finales de 1969 cuatro hosts fueron conectados en esta red inicial, que fue creciendo rápidamente durante los años siguientes, pero fue a partir de 1972 cuando se comenzó a investigar la forma de que los paquetes de información pudiesen moverse a través de varias redes de diferentes tipos y no necesariamente compatibles. De esta manera se consigue enlazar redes

independientes consiguiendo que puedan comunicarse de forma transparente las computadoras de todas ellas. Este proyecto recibió el nombre de "Internetting" y para referirse al sistema de redes funcionando conjuntamente y formando una red mayor se utilizó el nombre de "Internet".

Internet es la red de redes más grande del mundo. Está compuesta por miles de redes independientes que utilizan un protocolo o idioma común para poder comunicarse entre ellas: TCP/IP o Transmission Control Protocol / Internet Protocol.

Estas redes unen computadoras de todo tipo: grandes y pequeñas, de acceso público o privado, universitarias, gubernamentales, militares, experimentales, comerciales y privadas en 160 países del mundo.

Estas computadoras están unidas por diversos medios: líneas telefónicas conmutadas, red digital integrada, enlaces satelitales, microrondas, fibra óptica, cable coaxial, radioenlaces, etc. Esto permite a los usuarios intercambiar todo tipo de información desde cualquier punto del planeta y durante todo el día.

En las computadoras y redes que forman Internet, se pueden encontrar grandes cantidades de información sobre prácticamente cualquier tema y en su mayoría esta información es gratuita.

En lo que se refiere al Servicio Sismológico Nacional, Internet es el medio de comunicación preferido, ya que en condiciones ideales se pueden alcanzar velocidades de transmisión hasta de 19200 bps. Sin embargo, este tipo de infraestructura sólo se puede obtener en grandes ciudades, sitios inadecuados para una estación sismológica, en razón de que el ruido urbano afecta la calidad de las señales. Sin embargo, Internet es fundamental para la difusión de información sísmica del SSN .

3.3.4 Radio Módem

El radio módem es una unidad inalámbrica de comunicación de datos UHF para la transferencia de datos en forma serial entre computadoras o aparatos de medición automáticos. Está formado con un transmisor UHF, un receptor UHF altamente sensible y una interfaz avanzada para la computadora. El sistema de interface usa un corrector de errores lógicos de dos niveles y grandes buffers de almacenamiento para los datos transmitidos y recibidos.

Esta característica permite la comunicación continua sobre el lado serial de la interfaz, aún si las fallas de la señal ocurren entre los transmisores-receptores UHF.

3.3.5 Satélite

Los satélites de comunicaciones tienen propiedades importantes para muchas aplicaciones. Un satélite de comunicaciones se puede ver como una gran repetidora de microondas en el espacio.

El satélite contiene varios transpondedores, cada uno de los cuales capta alguna porción del espectro, amplifica la señal de entrada y después la redifunde a otra frecuencia para evitar la interferencia con la señal de entrada. Los haces retransmitidos pueden ser amplios y cubrir una fracción sustancial de la superficie de la Tierra o estrechos y cubrir un área de sólo cientos de kilómetros de diámetro.

Los satélites de comunicaciones a altitudes bajas son problemáticos porque están a la vista de una estación terrestre determinada sólo durante un intervalo de tiempo corto.

Sin embargo, a una altitud aproximada de 36,000 km sobre el ecuador, el periodo del satélite es de 24 horas, de modo que gira a la misma velocidad que la Tierra. Un observador que detecte un satélite en una órbita ecuatorial lo verá suspendido en un punto fijo del cielo, al parecer sin movimiento. Es deseable tener un satélite fijo en el firmamento, porque de otra manera, se necesitaría una costosa antena guiable para rastrearlo.

Con la tecnología actual, no es prudente tener a los satélites espaciados menos de dos grados en el plano ecuatorial de 360 grados, para evitar la interferencia. Con el espaciado de dos grados sólo puede haber $360/2=180$ satélites geosíncronos de comunicaciones en el espacio al mismo tiempo. Algunos de estos apartados orbitales se reservan para otras clases de usuarios (difusión de televisión, uso gubernamental y militar).

Por fortuna, los satélites que utilizan partes diferentes del espectro no compiten, de modo que cada uno de los 180 satélites posibles, podría manejar varias corrientes de datos en ambos sentidos simultáneamente. Como alternativa, dos o más satélites pueden ocupar un apartado orbital si operan a diferentes frecuencias.

Para evitar el caos total en el espacio, ha habido acuerdos internacionales respecto quién puede usar determinados apartados orbitales y frecuencias. Las principales bandas comerciales son las siguientes:

La banda C fue la primera en destinarse al tráfico comercial por satélite; en ella se asignan dos intervalos de frecuencia, el más bajo para tráfico de enlaces descendentes (desde el satélite) y el superior para tráfico de enlaces ascendente (hacia el satélite). Para una conexión dúplex se requiere un canal en cada sentido. Estas bandas ya están sobrepobladas porque también las usan las portadoras comunes para enlaces terrestres de microondas.

La siguiente banda más alta disponible para las portadoras de telecomunicaciones comerciales es la banda Ku. Esta banda no está congestionada todavía, sin embargo, existe un problema: la lluvia.

El agua es un excelente absorbente de las microondas cortas. Afortunadamente, las tormentas fuertes casi nunca abarcan áreas extensas, de modo que con usar varias estaciones terrestres ampliamente separadas en lugar de una sola se puede resolver el problema, a expensas de gastar más en antenas, cables y circuitos electrónicos para conmutar con rapidez entre estaciones.

Se tiene también ancho de banda en la banda Ka para tráfico comercial por satélite, pero el equipo necesario para aprovecharlo todavía es caro. Además de estas bandas comerciales, existen muchas bandas gubernamentales y militares.

Banda	Frecuencias	Enlace descendente (GHz)	Enlace ascendente (GHz)	Problemas
C	4/6	3.7 - 4.2	5.925 - 6.425	Interferencia terrestre
Ku	11/14	11.7 - 12.2	14.0 - 14.5	Lluvia
Ka	20/30	17.7 - 21.7	27.5 - 30.5	Lluvia; costo del equipo

Un satélite normal tiene entre 12 y 20 transpondedores, cada uno con un ancho de banda de 36 a 50 MHz. Se puede usar un transpondedor de 50 Mbps para codificar una sola corriente de datos de 50 Mbps, 800 canales digitales de voz a 64 kbps, o varias combinaciones distintas. Además, dos transpondedores pueden aplicar diferentes polarizaciones a la señal, de modo que puedan utilizar

la misma gama de frecuencias sin interferencia. En los primeros satélites, la división de los transponderadores en canales era estática, dividiendo el ancho de banda en bandas de frecuencia fijas (FDM). Hoy en día también se usa la multiplexión por división en el tiempo, debido a su mayor flexibilidad.

Un avance nuevo en el mundo de la comunicación por satélite, es la invención de microestaciones de bajo costo, conocidas como Terminales de Abertura Muy Pequeña VSAT (Very Small Aperture Terminals). Estas diminutas terminales tienen antenas de 1 metro y salidas de cerca de 1 watt de potencia. El enlace ascendente por lo general llega a 19.2 kbps, pero el descendente es más rápido, con frecuencia de 512 kbps. En muchos sistemas VSAT, las microestaciones no tienen suficiente energía para comunicarse en forma directa unas con otras (desde luego, por la vía del satélite). Para ello se necesita una estación terrena especial, el eje, con una antena grande de ganancia alta para retransmitir el tráfico entre VSAT. En este modo de operación, ya sea el emisor o el receptor, tiene una antena grande y un amplificador potente.

Los satélites de comunicaciones tienen diversas propiedades que son radicalmente diferentes, de los enlaces terrestres punto a punto. Para empezar, aunque las señales hacia y desde un satélite viajan a la velocidad de la luz (cerca de 300.000 km/seg), la gran distancia del viaje redondo introduce un retardo sustancial. Dependiendo de la distancia entre el usuario y la estación terrena y de la elevación del satélite sobre el horizonte, el tiempo de tránsito de extremo a extremo es de 250 a 300 mseg. Una cifra común es 270 mseg (540 para un sistema de VSAT con un eje).

Como base de comparación, los enlaces terrestres de microondas tienen un retardo de propagación de casi 3 m seg/km y los enlaces de cable coaxial o fibra óptica tienen un retardo de aproximadamente 5 m seg/km (las señales electromagnéticas viajan más rápidamente en el aire que en los materiales sólidos).

Otra propiedad importante de los satélites es que por su naturaleza son medios de difusión. No cuesta más mandar un mensaje a miles de estaciones dentro del alcance de un transpondedor que mandarlo a una sola. En algunas aplicaciones, esta propiedad es muy útil. Aun cuando la difusión se puede simular mediante líneas punto a punto, la difusión por satélite puede ser mucho más económica. Por otro lado, desde el punto de vista de la seguridad y confidencialidad, los satélites no son garantía: todos pueden oír todo. El cifrado es esencial cuando se requiere seguridad.

Los satélites también tienen la propiedad de que el costo de transmitir un mensaje es independiente de la distancia recorrida. Una llamada al otro lado del océano no cuesta más en cuanto a servicio, que una llamada al otro lado de la calle.

3.4 Operación de los Sistemas de Telecomunicación del SSN

Los diferentes sistemas de Telecomunicación que enlazan a las estaciones remotas con la estación central, en el Instituto de Geofísica de la UNAM, se mantienen en operación continua todo el tiempo.

En todas las estaciones remotas se emplea la telemetría, que es la técnica que se utiliza para conocer el valor de una variable, sin depender de la presencia física del dispositivo de lectura en el sitio donde se efectúa la medición.

3.4.1 Tipo de Enlace de las Estaciones Remotas

En las 21 estaciones de banda ancha se tienen, 3 enlaces a través de líneas telefónicas privadas, 4 por Internet, 1 por radio módem, 10 por vía satélite a través de Satelitron y 3 vía satélite por medio de la antena maestra de la UNAM.

En la tabla se presenta la localización geográfica de cada una de las estaciones sismológicas de la Red de Banda Ancha y su tipo de enlace.

Estaciones de la Red de Banda Ancha			
Código	Localización	Ubicación	Tipo de enlace
CAIG	Cayaco 17.05° N 100.27° W 80 m.s.n.m.	Guerrero: Coyuca de Benitez Ejido El Cayaco	Satélite TDM/TDMA Puerto RS-232C, 19.2 Kpbs.
CJIG	Chamela 19.50° N 105.04° W 129 m.s.n.m.	Jalisco: Campus de la UNAM Reserva Ecológica de Chamela	Enlace de línea privada de 4 hilos, velocidad 16.8 Kpbs. Modem AT&T Comsphere 3810
CUIG	Ciudad Universitaria 19.33° N 99.18° W 2200 m.s.n.m.	Distrito Federal, CU-UNAM Pozo de Paleomagnetismo	Fibra óptica directa desde la Estación hasta el IGF
COIG	Colima 19.18° N 103.69° W 1000 m.s.n.m.	Colima: Ciudad de Colima Cerro de la Cumbre Universidad de Colima	Radio modem a 19.2 Kpbs hasta la U.C. sede de Resco, con modem Black Box RF -115. Enlace Internet de la U.C. a la UNAM
CCIG	Comitán 16.28° N 92.14° W 1500 m.s.n.m.	Chiapas: Ciudad de Comitán Terrenos Ejidales	Satélite TDM/TDMA Puerto RS-232C, 19.2 Kpbs.
CMIG	Cuauhtémoc 17.09° N 94.88° W 200 m.s.n.m.	Oaxaca: Ciudad de Matías Romero Colonia Cuauhtémoc	Enlace satelital a través de la Antena Maestra de la UNAM
HUIG	Huatulco 15.80° N 96.00° W 50 m.s.n.m.	Oaxaca: Huatulco Tangolunda terrenos de FONATUR	Satélite TDM/TDMA Puerto RS-232C, 19.2 Kpbs.
PLIG	Iguala 18.39° N 99.50° W 875 m.s.n.m.	Guerrero: Ciudad de Iguala Ejido Platanillo	Satélite TDM/TDMA Puerto RS-232C, 19.2 Kpbs.
LPIG	La Paz 24.10° N 110.69° W 47 m.s.n.m.	Baja California Sur: Ciudad de La Paz Campus Universidad Autónoma de B.C.S.	Enlace satelital a través de la Antena Maestra de la UNAM
LVIG	Laguna Verde 19.72° N 996.42° W 41 m.s.n.m.	Veracruz: Laguna Verde Instalaciones CFE	Satélite TDM/TDMA Puerto RS-232C, 19.2 Kpbs.

MAIG	Mazatlán 23.19° N 106.42° W 10 m.s.n.m	Mazatlán: Ciudad de Mazatlán. Campus UNAM Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	Enlace de línea privada de 4 hilos, velocidad 16.8 Kpbs. Modem AT&T Comsphere 3810
MOIG	Morelia 19.68° N 101.19° W 1500 m.s.n.m.	Michoacán: Ciudad de Morelia Campus UNAM	Comunicación a través de Red UNAM Internet
OXIG	Oaxaca 17.08° N 96.72° W 2000 m.s.n.m.	Oaxaca: Ciudad de Oaxaca Cerro del Fortín (Observatorio)	Satélite TDM/TDMA Puerto RS-232C, 19.2 Kpbs.
PNIG	Pinotepa 16.39° N 98.13° W 100 m.s.n.m.	Oaxaca: Pinotepa Nacional Ejido Mancuernas	Satélite TDM/TDMA Puerto RS-232C, 19.2 Kpbs.
PPIG	Popocatepetl 19.07° N 98.63° W	Estado de México: Estación de Tlamacas	Radio Modem de 19.2 Kbps Modem Black Box RF115
SCIG	Sabancuy 18.97° N 91.19° W 35 m.s.n.m	Campeche: Sabancuy	Satélite TDM/TDMA Puerto RS-232C, 19.2 Kpbs.
TEIG	Tepich 20.23° N 88.23° W 69 m.s.n.m.	Quintana Roo: Ejido Tepich	Enlace satelital a través de la Antena Maestra de la UNAM
TUIG	Tuzandépetl 18.03° N 94.42° W 100 m.s.n.m.	Veracruz: Coatzacoalcos Instalaciones CFE	Satélite TDM/TDMA Puerto RS-232C, 19.2 Kpbs.
YAIG	Yautepec 18.86° N 99.07° W 1340 m.s.n.m.	Morelos: Ciudad de Yautepec Fraccionamiento Lomas del Real	Satélite TDM/TDMA Puerto RS-232C, 19.2 Kpbs.
ZAIG	Zacatecas 22.7° N 99.18° W 2540 m.s.n.m.	Zacatecas: Universidad de Zacatecas Facultad de Ingeniería	Internet
ZIIG	Zihuatanejo 17.61° N 101.46° W 50 m.s.n.m.	Guerrero: Ciudad de Zihuatanejo Aeropuerto de Zihuatanejo	Enlace de línea privada de 4 hilos, velocidad 16.8 Kpbs. Modem AT&T Comsphere 3810

3.4.2 Fallas en las Estaciones Sismológicas

Las fallas que se presentan en los equipos de las estaciones sismológicas de banda ancha y que afectan a los sistemas de telecomunicación, pueden ser de tipo general o específicas.

De las fallas de tipo general, podemos señalar básicamente, las interrupciones de energía eléctrica que afectan la transmisión de datos, no así, la adquisición y almacenamiento de los mismos, porque estos equipos operan con corriente directa y para ello, se cuenta en cada estación con un banco de baterías. En cuanto se reanuda el suministro de energía eléctrica, se procede desde la estación central, mediante un programa de extracción, a recibir los datos que en el momento de la suspensión de energía se dejaron de enviar desde la estación remota.

Cabe señalar, que al presentarse la interrupción de energía eléctrica en una estación de banda ancha, el problema se subsana en gran medida, por contarse con otras estaciones que también registran los datos sísmicos.

Por otra parte, durante las tormentas al ser detectado un rayo, el sistema de protección eléctrica que se tiene en cada estación sísmica, suspende el servicio de energía a los equipos, reanudándolo en forma automática al pasar los efectos del rayo.

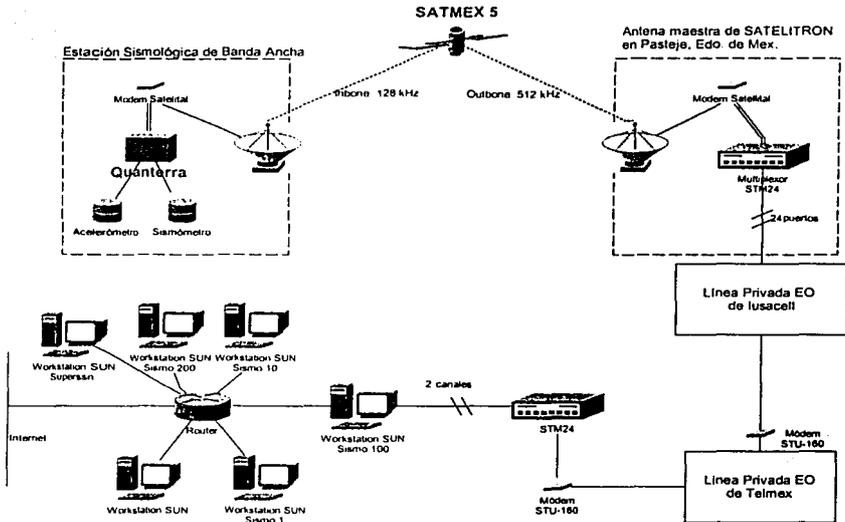
Por lo que se refiere a las fallas específicas en los equipos, es importante señalar que todo sistema físico sin excepción, está sujeto a cambios en sus parámetros, los cuales modifican el comportamiento para el cual fueron diseñados. Estos cambios pueden ser debidos a efectos de temperatura y humedad y por el uso y envejecimiento de los componentes y equipos. En tal caso, se presenta personal especializado del SSN a la estación remota a realizar las reparaciones necesarias.

CAPITULO IV

OPTIMIZACION DE LOS PARAMETROS DE TRANSMISION DEL SISTEMA DE COMUNICACION SATELITAL DEL SSN

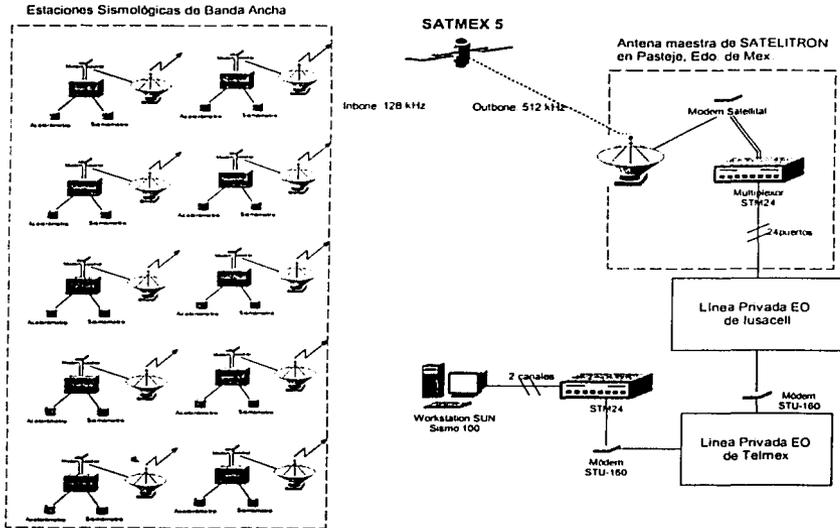
4.1 Sistema de Comunicación Satelital

El sistema de comunicación vía satélite de cada una de las estaciones sismológicas remotas, se compone de los elementos que se aprecian en el diagrama siguiente.



En este diagrama se observan los diferentes componentes, a partir de una de las estaciones sismológicas de banda ancha, que envía la señal al satélite Satmex 5, mismo que la refleja a la antena maestra de Satelítón, en Pastejé, Estado de México y mediante un enlace de líneas privadas E0 de lusacell y Telmex, se recibe en la estación central del SSN.

En el siguiente diagrama se aprecia el sistema de comunicación satelital, para el conjunto de 10 estaciones sismológicas de Banda Ancha.



Este diagrama corresponde al sistema de comunicación satelital de las siguientes 10 estaciones remotas:

- CAIG Cayaco, Gro
- CCIG Comitán, Chis.
- HUIG Huatulco, Oax.
- PLIG Iguala, Gro.
- LVIG Laguna Verde, Ver.
- OXIG Oaxaca, Oax.

- PNIG Pinotepa Nacional, Oax.
- SCIG Sabancuy, Camp.
- TUIG Tuzandépell, Ver.
- YAIG Yautepec, Mor.

El sistema de comunicación vía satélite del SSN, en su totalidad, está contratado bajo el esquema de renta a la empresa Satelitron, que incluye equipos, instalación, operación y mantenimiento, desde los módems Hughes PES 8000 hasta la línea privada E0 de Iusacell, inclusive el servicio del satélite Satmex 5. La línea privada E0 que enlaza a la estación central, está contratada con Telmex.

El sistema de comunicación satelital está diseñado para la transmisión de datos a una velocidad de 19200 bps, con tecnología TDM/TDMA en banda C.

Cabe hacer notar, que las estaciones CMIG en Cuauhtemoc, Oax., LPIG en La Paz, BCS y TEIG en Tepic, QR., empleadas en la detección de explosiones nucleares, se encuentran enlazadas a través de la estación maestra de la UNAM y de ésta, con fibra óptica a las instalaciones del SSN. Transmite con tecnología SCPC/FDMA en banda Ku.

Los equipos que conforman el sistema de comunicación satelital del SSN, son los siguientes:

Módem satelital marca Hughes, modelo PES 8000

El módem PES (Personal Earth System), modula las señales de salida del Quanterra y provee de comunicaciones entre las estaciones remotas y la estación hub, localizada en el centro de control de Satelitron.

Este módem soporta de manera eficaz, aplicaciones que manejan grandes volúmenes de datos y a la vez, provee tiempo de respuesta, para aplicaciones interactivas.

Las estaciones con enlace satelital a través de la antena maestra de la UNAM, emplean el Módem satelital marca Vitacom, modelo M4000 con las mismas características que el módem anterior.

Antena Parabólica marca Prodelin, modelo 1251

Una vez que el módem satelital ha modulado la señal, la antena parabólica se encarga de adecuarla para ser transmitirla por microondas en banda C, al satélite Satmex 5.

Esta antena parabólica de recepción/transmisión, es de 2.4 m de diámetro, de dos gajos, con un intervalo de frecuencias de recepción de 3.625 – 4.2 GHz y un intervalo de frecuencias de transmisión de 5.850 – 6.425 GHz.

Satélite SATMEX 5

Satmex 5 es un satélite geoestacionario, que proporciona servicios de comunicaciones comerciales como Internet, telefonía internacional, televisión analógica y digital, transmisión de datos y distribución de contenido multimedia. Se encuentra ubicado en la órbita 116.8° W.

Satmex 5 pertenece a la familia B-601HP de alta potencia y de estabilización triaxial. Su diseño lo dota con más de 7000 watts de potencia para la operación de carga útil.

Los beneficios que ofrece Salmex 5 son:

- Cobertura continental en bandas C y Ku.
- Alta potencia en ambas bandas, ideal para nuevas aplicaciones con antenas más pequeñas.
- Flexibilidad en la configuración de redes de usuarios.

Cabe hacer notar que las transmisiones satelitales de las estaciones remotas a la antena maestra de Satelitron, se realizan en banda C y las estaciones enlazadas a la antena maestra de la UNAM, lo hacen en banda Ku.

Antena Maestra de Satelitron

Esta antena se encuentra ubicada en Patejé, Estado de México, donde se recibe la señal del satélite SATMEX 5, enlazándose a través de una línea privada E0 de lusacell y más adelante a otra línea privada E0 de Telmex, a la estación central del Servicio Sismológico Nacional.

Estación Central del SSN

La señal procedente de Satelitron llega a través de un enlace privado E0 de Telmex a un módem STU-160, conectado a un multiplexor STM24, del que se derivan 24 canales, para las señales de las 10 estaciones remotas que operan bajo la red de Satelitron.

Cada uno de estos 24 canales se conectan a la estación de trabajo SUN Ultra Sparc Sismo100, la que a su vez está conectada a un router, el cual sirve de enlace con el resto de las estaciones de trabajo y PC's de la estación central del SSN.

Con respecto a las señales recibidas en la antena maestra de la UNAM, éstas son enviadas a través de filamentos de fibra óptica a un módem óptico, ubicado en la estación central del mismo SSN.

4.2 Métodos de Acceso al Satélite

En un sistema de frecuencia fija para operación full-duplex, cada enlace satelital requiere de 2 canales de RF, es decir, 2 frecuencias de ascenso y 2 de descenso. Para evitar interferencias, cada estación terrena debe transmitir y recibir en diferentes frecuencias. Las frecuencias de transmisión de RF están fijas y el transpondedor del satélite sólo proporciona la traslación de frecuencias de subida/bajada. Cada enlace adicional requiere de 4 frecuencias más para sus portadoras de RF, además de que en un arreglo como éste, cada estación terrena sólo puede comunicarse con la correspondiente a su enlace.

En un sistema de acceso múltiple, se optimiza el uso de la capacidad de un satélite y del ancho de banda asignado. Por medio de estos métodos, cualquier estación terrena puede comunicarse con cada una de las otras estaciones que se encuentran en el sistema, utilizando un transpondedor de satélite común.

Una ventaja de la comunicación vía satélite sobre otros medios de transmisión, es la habilidad de enlazar todas las estaciones terrenas al mismo tiempo (comunicación punto-multi punto).

De manera similar, el acceso múltiple hace posible que diversas estaciones, envíen señales simultáneamente al mismo satélite. Para lograrlo, se utilizan diversas técnicas por medio de las cuales, se asigna capacidad en el transpondedor para cada estación terrena.

Las técnicas de acceso múltiple más comúnmente usadas son: el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).

4.2.1 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

En FDMA (Frequency División Múltiple Access), el ancho de banda del canal de RF se divide en bandas de frecuencia más pequeñas. Las estaciones terrenas transmiten una o varias portadoras, cada una con diferente frecuencia. A cada portadora a transmitir, se le asigna una subdivisión de frecuencia junto con una pequeña banda de guarda, para evitar interferencias entre portadoras adyacentes.

Cualquiera de las subdivisiones puede ser utilizada, por cualquiera de las estaciones terrenas, en algún momento determinado. Para asegurar que dos estaciones terrenas, no transmitan en la misma subdivisión y al mismo tiempo, se utiliza un mecanismo de control. La potencia de las señales debe ser balanceada, de tal manera que una señal potente a cierta frecuencia, no interfiera con una señal débil, en un frecuencia cercana.

El transpondedor del satélite recibe estas portadoras con diferentes frecuencias, cambia sus frecuencias, las amplifica y las retransmite de regreso hacia la Tierra. Cada estación terrena, selecciona dentro del espectro de frecuencias que recibe, a la portadora de su interés.

FDMA utiliza equipos de estaciones terrenas normales, pero está limitado por la amplificación de potencia del satélite, requerida para manejar portadoras múltiples simultáneamente.

Una desventaja de FDMA es precisamente, que las portadoras de múltiples estaciones terrenas, están presentes en el transpondedor del satélite al mismo tiempo. Esto resulta en una distorsión por modulación cruzada, entre varias transmisiones de las estaciones terrenas, porque los productos de intermodulación se originan cuando un amplificador no lineal, debe transportar señales múltiples simultáneamente. La intermodulación también consume potencia neta utilizable del transpondedor. Por tanto, la distorsión ocasionada por la intermodulación, sólo se puede reducir sacrificando potencia. Las modulaciones de portadoras comúnmente usadas en FDMA son FM y PSK.

Dado que en FDMA el retardo de transmisión es mínimo, este método es adecuado para aplicaciones que manejan datos interactivos o para transmisiones de altos volúmenes de información.

Acceso Múltiple de Canal Único por Portadora (SCPC)

Un caso particular de FDMA es la técnica de operación de canal único por portadora SCPC (Single Channel Per Carrier). Para esta técnica, se tiene que asignar una portadora con su correspondiente ancho de banda, para cada estación terrena, por lo que cada usuario hace uso exclusivo de su ancho de banda asignado. SCPC se emplea con modulación digital.

Una de las principales ventajas de SCPC, es que pueden transmitirse volúmenes muy grandes de información, tal como archivos o incluso video digital.

Por sus propias características, SCPC no es una técnica adecuada si se cuenta con muchas estaciones terrenas y un ancho de banda muy limitado.

4.2.1.1 Tecnología SCPC/FDMA (DGSCA-UNAM)

Esta tecnología se emplea en las estaciones remotas que están enlazadas con la antena maestra de la UNAM ubicada en la DGSCA.

Los enlaces SCPC/FDMA (Single Channel per Carrier/Frequency Division Multiple Access) son una solución especialmente recomendable para servicios de comunicaciones que requieran de alta velocidad y/o cuando las ubicaciones remotas se encuentren a distancias considerables, en donde no haya fácil acceso de otro medio de comunicación.

4.2.2 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

En la técnica TDMA (Time Division Múltiple Access), las estaciones terrenas que comparten el transpondedor del satélite, usan una portadora con la misma frecuencia para transmitir en base a una división de tiempo, estando presente una sola señal a la vez.

El método de acceso TDMA, ha demostrado tener una eficiencia superior en el uso del canal de comunicación, a un costo mayor debido a la complejidad en el equipo que compone la red. El uso de este esquema de acceso, requiere normalmente de un control centralizado, considerando especialmente los segmentos de tiempo que son asignados en forma determinística.

Cada estación que requiere enviar información, transmite una corta ráfaga de una portadora, durante una ranura de tiempo precisa (time slot), dentro de una trama o secuencia (frame) TDMA. Tan pronto como una ráfaga de una estación se completa, otra estación tendrá su ranura de tiempo. Además, se utilizan tiempos de guarda entre las ráfagas emitidas por las estaciones.

El transpondedor del satélite recibe una ráfaga a la vez, la amplifica y la retransmite de regreso hacia la Tierra, de tal manera que cada estación terrena, recibe la totalidad de las ráfagas y tiene que seleccionar el tráfico destinado solamente para ella.

En un sistema TDMA de asignación fija, cada estación terrena ocupa una o varias ranuras de tiempo fijas de la misma duración, sin embargo, los sistemas TDMA, pueden acomodar variantes en el flujo del tráfico entre las estaciones, incrementando o decrementando la duración de las ráfagas.

Una trama TDMA está compuesta a su vez, por varias tramas para las estaciones terrenas (en las que transmiten sus ráfagas), separadas por tiempos de guarda.

Las transmisiones de todas las estaciones terrenas están sincronizadas a una ráfaga de referencia o preámbulo, contenida al principio de cada trama TDMA (antes de los datos de cada trama de estación terrena) y que sirve para que las estaciones recuperen la señal de reloj y la portadora.

Una de las principales ventajas de TDMA, es que con un pequeño ancho de banda asignado en el transpondedor, se pueden enlazar un gran número de estaciones terrenas. Además, dado que en cualquier momento sólo está presente una portadora en el transpondedor del satélite, se elimina la distorsión por intermodulación en las portadoras y se hace uso de la potencia máxima del transpondedor.

TDMA es más apropiado para la transmisión de información digital, porque las señales digitales son más adecuadas para su almacenamiento y conversión de velocidades, que las señales analógicas. Generalmente se utiliza la modulación digital PSK.

Dado que TDMA requiere de una sincronización muy precisa, las estaciones terrenas son más complejas y costosas, aún cuando, la sincronización es controlada por el hub o estación maestra, las estaciones terrenas deben contar con sus propios mecanismos para administración de tiempo.

Por sus características, TDMA no es eficiente para la transmisión de grandes volúmenes de información, está mejor enfocado al manejo interactivo de mensajes, como la consulta de bases de datos.

Multicanalización por División de Tiempo (TDM)

Multicanalización es la transmisión de información (voz o datos) de más de una fuente a más de un destino, por el mismo medio de transmisión. Las transmisiones ocurren en el mismo medio, pero no necesariamente al mismo tiempo. El medio de transmisión puede ser, un par de cables metálicos, un cable coaxial, un sistema de radio de microondas terrestre, uno de radio de microondas por satélite o un cable de fibra óptica. El método más común para realizar este proceso es, el de multicanalización por división de tiempo (TDM).

Con TDM, las transmisiones para fuentes múltiples ocurren sobre el mismo medio, pero no al mismo tiempo.

4.2.2.1 Tecnología TDM/TDMA

La tecnología de acceso al satélite TDM/TDMA (Time Division Multiplexing/Time Division Multiple Acces), es flexible y eficiente, permitiendo transmitir con un máximo aprovechamiento de ancho de banda, integrando una gran cantidad de sitios remotos.

Todo esto, debido a que la intercomunicación entre los diferentes usuarios es selectiva e identifica la prioridad de la información a transmitir por cada sitio, es decir, los sitios remotos envían su información, de manera tal que cada estación identifica el tiempo en el que le corresponde transmitir

Ventajas que ofrece el sistema TDM/TDMA

- Mejora el desempeño de la red si el tráfico de datos es en baja y mediana velocidad. Permite el manejo de redes independientes, asegurando la confiabilidad en la información transmitida.
- Fácil crecimiento de números de sitios en la red. Soporta una gran variedad de protocolos sin necesidad de agregar equipos adicionales de conversión. Configuración remota, monitoreo y diagnóstico de software, sin necesidad de trasladarse al sitio remoto.

4.3 Base de Datos

En el transcurso de la presente investigación, hubo la necesidad de crear una base de datos para actualizar el inventario de equipos de las estaciones remotas, a fin de conocer los recursos tecnológicos con los que cuenta el SSN.

La base de datos se plantea en tres grupos para almacenar la información y están organizados de la siguiente manera:

1. Equipo de comunicaciones
2. Equipo de cómputo
3. Equipo eléctrico y de protección

La base de datos en su menú inicial muestra las siguientes opciones:

1. Consulta
2. Altas y Bajas
3. Mantenimiento
4. Créditos
5. Salir de la base de datos

Dentro de la primera opción, se despliegan las 21 estaciones que conforman la Red de Banda Ancha del SSN, después se puede elegir entre ellas, la que se desee modificar. Una vez que se selecciona la estación remota, se despliega un menú con los tres grupos de datos en los que se almacenará la información:

1. Equipo de comunicaciones
2. Equipo de cómputo
3. Equipo eléctrico y de protección

Una vez que es seleccionada la opción (ej. Equipo de comunicaciones) se despliega un menú con todos los equipos de comunicaciones dados de alta, entre los cuales se puede elegir.

Si se elige un equipo a modificar, a continuación se despliega otro menú, en el cual se indica la cantidad de equipos a dar de alta, la marca del mismo, el número de serie, el número de inventario UNAM y por último, la fecha de modificación del equipo.

Después, desde el menú inicial de la base de datos, se puede elegir el revisar el archivo histórico de la estación, para conocer los movimientos de los equipos de cada uno de los grupos, en forma detallada.

Esta base de datos, también tiene la opción dentro del menú de mantenimiento, para dar de alta nuevos equipos en cada uno de los grupos mencionados anteriormente y asimismo, tiene la opción de dar de alta nuevas estaciones.

Por otro lado, esta base de datos es de gran utilidad para los especialistas que laboran en el SSN, por tener como base al lenguaje Perl, que puede ser fácilmente transportable a través de diversas plataformas, por citar un caso, en SUN Solaris que se emplea en la estación central y en MS-DOS en las laptops que se utilizan durante las visitas a las estaciones.

Además, con esta base de datos se pueden sincronizar la información entre la estación central y las estaciones remotas, porque los archivos de almacenamiento modificados se pueden sobrescribir sobre los originales, sin afectar el funcionamiento de la misma.

4.3.1 Lenguaje Perl

Perl (Practical Extraction and Report Language) es un lenguaje de programación desarrollado por Larry Wall, a partir de herramientas de Unix como son: ed, grep, awk, c-shell, para la administración de tareas propias de Unix. No establece ninguna filosofía de programación concreta. No se puede decir que sea orientado a objetos, modular o estructurado, aunque soporta todos estos paradigmas, su punto fuerte son las labores de procesamiento de textos y archivos.

No es ni un compilador, ni un intérprete, está en un punto intermedio. Cuando mandamos a ejecutar un programa en Perl, se compila el código fuente a un código intermedio en memoria, que se optimiza como si fuésemos a elaborar un programa ejecutable, pero es ejecutado por un motor como si se tratase de un intérprete.

4.4 Determinación de los Valores Óptimos en los Parámetros de Transmisión de Datos

El objetivo de la presente investigación, es el determinar los valores óptimos en los parámetros de transmisión de datos, mediante pruebas y ensayos experimentales.

Lograr este objetivo es importante para el SSN, porque con ello mejorará notablemente la eficiencia de transmisión de datos y como consecuencia, reducirá el tiempo en el proceso y difusión de la información en caso de un sismo.

4.4.1 Definición del problema

El sistema de comunicación satelital del SSN, ha sido diseñado para transmitir a una velocidad de 19200 bps, sin embargo, en la actualidad se ha observado una baja notable en la eficiencia de la transmisión de datos

Las causas probables son en primer lugar, que el servicio lo prestan dos empresas de telecomunicaciones con diferentes criterios de operación. La solución al respecto, es que el SSN cuente con un frecuencia dedicada, dotándolo de una antena maestra en sus instalaciones en el Instituto de Geofísica, similar a la de DGSCA-UNAM.

En segundo término, las causas probables son por el uso, la humedad, el polvo y las reparaciones, cambios en equipos y componentes del sistema de comunicación vía satélite, que realizan los técnicos de la empresa arrendadora.

Sean unas u otras las causas, el problema existe, la eficiencia y la velocidad de transmisión de datos es considerablemente baja.

Es importante mencionar que la transmisión de datos se realiza bajo el protocolo Kermit, que por su misma robustez, es seguro y no permite la omisión de datos, a cambio y en detrimento de la velocidad y eficiencia de transmisión.

4.4.2 Software de Comunicaciones C-Kermit

C-Kermit es un software de comunicaciones escrito en lenguaje C. Está disponible para diferentes tipos de computadoras y sistemas operativos, incluyendo literalmente cientos de variedades de Unix (HP-UX, Solaris, IRIS, SCO, Linux,...), Open VMS, Microsoft Windows NT, 95, 98, Me y 2000, IBM OS/2, Stratus VOS, Data General AOS/VS, Microware OS-9, Apple Macintosh, Commodore Amiga y Atari ST. En todas estas plataformas, C-Kermit incluye:

- Establecimiento de la conexión. Esto significa hacer conexión a través de un módem haciendo una llamada telefónica o (en la mayoría de los casos) conexiones de red, incluyendo TCP/IP, Telnet o Rlogin, X.25, LAT, NET-BIOS u otros tipos de redes de comunicaciones. Para las conexiones hechas a través de la línea telefónica, C-Kermit soporta un amplio rango de modems y un sofisticado y fácil de utilizar, directorio de llamadas de acceso rápido. También, C-Kermit acepta conexiones entrantes de otras computadoras.
- Sesiones de Terminal. Una conexión de terminal interactiva puede ser hecha vía módem o red. Windows 95, 98, Me, 2000, NT y las versiones de OS/2 de C-Kermit, pueden también emular tipos específicos de terminales, como las de Digital Equipment Corporation VT320, el Wyse 60, o los tipos de terminales ANSI usadas para acceder a los BBS o a las consolas PC UNIX, mapeo de llaves, controladores de impresoras, colores y teclas rápidas para el mouse.

- **Transferencia de archivos.** Se pueden transferir tanto archivos de tipo texto como de tipo binario desde cualquier computadora a otra, o viceversa, libre de errores, usando la implementación más avanzada y con un mayor rendimiento del protocolo de transferencia Kermit.
- **Características cliente/servidor.** Estas permiten un acceso uniforme y conveniente desde su computadora de escritorio, hacia la amplia variedad de computadoras y servicios, los cuales Kermit tiene disponibles, en los que se puede iniciar todos los arreglos de la transferencia de archivos, además, de la administración de las funciones desde el software del usuario.
- **Conversión de caracteres internacionales.** El software Kermit permanece hasta ahora como el único de los protocolos de comunicaciones que tiene la habilidad de reconciliar las diferencias entre los conjuntos de caracteres incompatibles, usados para representar textos en diferentes lenguajes.
- **Automatización.** El lenguaje de comandos C-Kermit es también un lenguaje de programación de scripts y esto lo hace poderoso y de muy fácil uso, así como portable a través de cientos de plataformas y de los diversos métodos de comunicación. Usa también la automatización en todas sus rutinas de comunicaciones, el intercambio simple de datos, en las operaciones complejas de actualización, en el monitoreo y reporte del uso de la red.

Todas las características del C-Kermit son configurables, ofreciendo un grado de control sin precedentes sobre todas sus conexiones.

4.4.3 Protocolo Kermit

La característica que distingue al protocolo Kermit de la mayoría, es su amplia gama en los ajustes para permitir la adaptación a cualquier clase de conexión entre computadoras. La mayoría de los otros protocolos se diseñan para trabajar solamente en ciertas clases o calidades de conexión y/o entre ciertas clases de computadoras. Kermit, por otra parte, permite que se tengan adecuadas transferencias de archivos, más que cualquier otra conexión.

El protocolo Kermit a diferencia de los protocolos X, Y y Zmodem, no requiere de lo siguiente:

- Una conexión transparente a los caracteres de control
- Una conexión de 8-bits
- Una conexión limpia
- Control de flujo en la capa física.

4.4.4 Eficiencia de Transmisión

La eficiencia de transmisión de datos, es el cociente de la velocidad a la que el archivo es transferido, entre la velocidad de la conexión. Por ejemplo, si se tiene una conexión serie a 1200 bps (120 cps) y se transmiten 36,000 bytes de información en 400 segundos, la velocidad de la transferencia es de 90 cps, entonces se tiene una conexión con una eficiencia de $90 / 120 = 75\%$. Si se transmite la misma cantidad de datos, ahora en 200 segundos, entonces la eficiencia es de 150% y esto se puede dar en el caso de que exista compresión de datos.

Si después de realizar la transmisión de un archivo hacia la estación central, se ejecuta el comando stat de Kermit, tendremos información muy valiosa para evaluar el desempeño de la transmisión. La fórmula para calcular la eficiencia es:

$$e = \frac{f \times 10}{r \times t}$$

donde:

f = tamaño del archivo en caracteres

t = tiempo transcurrido en segundos

r = velocidad de transmisión en bits por segundo (bps)

Para realizar los ensayos de cada prueba de la presente investigación, procedí a crear un programa en Perl, primeramente para que éste pudiese obtener los datos de los valores de los parámetros de transmisión dados y ya con ellos almacenados, formular el script que leerá el software de comunicaciones C-Kermit, para realizar la conexión a la estación remota.

Después de recibir el archivo enviado desde la estación remota, el mismo programa lee los resultados otorgados por el software de comunicaciones Kermit y con estos muestra los valores empleados para cada parámetro, así como la eficiencia final obtenida, al utilizar dichos valores en el ensayo.

4.4.5 Metodología

La investigación se realizará en las instalaciones del Servicio Sismológico Nacional, en el Instituto de Geofísica de la UNAM, empleando las estaciones de trabajo SUN Ultra Sparc, cuyo software de comunicación para acceder a los equipos digitalizadores de datos sísmicos, es C-Kermit, haciendo uso del protocolo Kermit, para la transmisión de los datos, bajo el siguiente procedimiento.

1. Se realizarán pruebas y ensayos experimentales, considerando las actuales condiciones de operación, de los parámetros de transmisión de datos, del sistema de comunicación satelital.
2. Se variarán selectivamente los valores de estos parámetros, a efecto de obtener la mejor eficiencia de cada uno de ellos.
3. Se obtendrá la eficiencia máxima de transmisión para cada estación sísmica, a partir de los parámetros con mejor comportamiento.
4. Se presentarán los resultados en tablas para su correspondiente evaluación.

4.4.6 Pruebas y Ensayos

Para las pruebas y ensayos experimentales se tomaron como referencia 7 parámetros de transmisión, utilizados en el software de comunicaciones C-Kermit, basados en el protocolo Kermit, utilizados en las transmisiones actuales del sistema de comunicación satelital del SSN y son los siguientes:

- *Set window 2*

Comando que especifica cuantos paquetes, de 1 hasta 32, pueden ser transmitidos antes de que los reconocimientos de datos lleguen a la estación central, desde las estaciones remotas.

- *Set send timeout 7*

Este comando es utilizado en modo dinámico (dynamyc), de modo que el número de segundos es utilizado como valor inicial del timeout.

- Set receive timeout 7

Este comando le indica al C-Kermit, el intervalo del timeout a petición del Kermit, utilizado por la estación remota, en segundos.

- Set block-check 2

Uno de los trabajos más importantes de Kermit, es el identificar la presencia de ruido y de interferencia, durante la transmisión de datos y retransmitirlos cuando estén dañados, realizándolo a través del comando block check. Entre más alto sea el valor del block check, mayor será la detección de errores en la transmisión.

- Set receive packet-length 1024

Este comando se le asigna al equipo que recibe el archivo, antes de que la transferencia comience. El receptor del archivo, proporciona el permiso al transmisor del mismo, de enviar los paquetes por arriba de la longitud del número en bytes, indicado en el comando receive packet-length.

- Set send packet-length 128

Este comando se le asigna al equipo que envía el archivo. El máximo valor utilizado debe ser menor, que el del comando receive packet-length

- Set flow-control xon/xoff

El comando que controla el flujo de datos a través de la transmisión es el flow control. Cuando se utiliza la opción xon/xoff, indica que la operación de la transmisión será fin a fin, esto es, que se llevará a cabo entre C-Kermit y la computadora que se encuentra al final de la conexión.

En lo referente a las pruebas y ensayos, se programaron 5 pruebas con un total de 750 ensayos experimentales, que se describen a continuación:

Prueba No. 1

Manteniendo fijos los parámetros de transmisión de datos, primeramente se consideró como variable el primero de ellos (set window), realizando diferentes ensayos hasta obtener la eficiencia máxima para el mismo. Así sucesivamente, con el segundo hasta el séptimo de ellos, habiendo realizado un total de 320 ensayos, para las 10 estaciones sísmicas de la red de banda ancha con sistema de comunicación satelital.

Prueba No. 2

Con los valores de los parámetros con los que se obtuvo la máxima eficiencia en la prueba No.1, se realizó otro ensayo por cada estación remota, a efecto de comprobar si con esta combinación mejoraba aún más la eficiencia de transmisión.

Prueba No. 3

Se combinaron los parámetros obtenidos en la prueba No. 2 en parejas, tomando como valor fijo en principio, el primer parámetro (set window) con los seis restantes variables, después el segundo (set send timeout) con los cinco restantes y así sucesivamente hasta terminar, con un total de 210 ensayos.

Prueba No. 4

Para esta prueba, se consultó al autor del software de comunicación C-Kermit, el Dr. Frank da Cruz de la Universidad de Columbia, quien señaló que para mejorar aún más los resultados obtenidos, había que tomar en cuenta los siguientes seis parámetros, que se especifican a continuación.

- Set buffers 280000

Comando que aloja el número específico de bytes de la memoria para ser enviados y transmitidos por los paquetes de buffers, respectivamente.

- Set repeat counts on

Activa o desactiva la compresión de los caracteres repetitivos durante la transferencia de un archivo.

- Set transfer locking-shift forced

Este comando especifica el como y de que forma serán utilizados los locking shifts, por parte del protocolo Kermit para codificar y decodificar los paquetes de datos . Un sinónimo de este comando es el set xfer locking-shift

- Set reliable auto

El comando set reliable auto indica a Kermit cuando deberá usarse el comando set reliable on, para el caso de que se tenga una comunicación con conexión confiable o de que el Kermit remoto suponga que lo es, durante la negociación de protocolos entre los Kermit local y remoto.

- Set streaming auto

Este comando indica a Kermit llevar a cabo el streaming, si es que éste cuenta con conexión TCP/IP o si se tiene el comando set reliable on activado.

- Set channel auto

Este comando sirve para indicarle al Kermit que el canal de comunicación es limpio, es decir, que no se necesita tanta robustez por parte del protocolo para realizar la transmisión de datos.

La prueba No. 4 se realizó con los parámetros señalados anteriormente, considerando además los 7 originales que mostraron el mejor comportamiento en la prueba No. 1, con un total de 200 ensayos.

Después se procedió a realizar un procedimiento similar al de la prueba No. 1, solamente que ahora variando cada uno de los valores de los parámetros sugeridos por la Universidad de Columbia.

Prueba No. 5

Se llevó a cabo la prueba final con los valores de los parámetros que arrojaron las eficiencias máximas, tanto de la prueba No. 1 como de la prueba No. 4 y para ello, se realizaron 10 ensayos.

4.4.7 Resultados

El valor de cada uno de los parámetros, con que se obtuvo la eficiencia original de las estaciones remotas, son los que se muestran en la columna de la izquierda y los sugeridos por el autor del software de comunicaciones Kermit, están colocados en la columna de la derecha.

W = set window 2

BU = set buffers 280000

ST = set send timeout 7

CO = set repeat counts on

RT = set receive timeout 7

XF = set xfer locking-shift forced

BL = set block 2

RE = set reliable auto

SP = set send packet-length 128

SI = set streaming auto

SR = set send receive-length 1024

CH = set channel auto

F = set flow xon

Cabe hacer notar que por indicaciones del mismo autor, el parámetro set flow se modificó al valor "none" para poder emplear los parámetros por él sugeridos.

Los resultados de las 5 pruebas realizadas se muestran en las siguientes tablas:

Prueba No. 1

Estación	Eficiencia original (%)	W 31 (%)	ST 7 (%)	RT 7 (%)	BL 3 (%)	SP 128 (%)	SR 9000 (%)	F Xon (%)
CAIG	32.00	40.00	32.00	32.00	32.00	31.42	33.00	32.25
CCIG	60.95	64.00	60.95	53.33	60.95	60.95	60.95	60.95
HUIG	34.91	50.53	34.29	34.90	36.92	35.55	36.23	34.91
LVIG	28.24	41.73	23.41	23.41	23.41	30.48	27.83	33.68
OXIG	30.84	37.10	29.76	31.60	33.25	32.41	32.00	30.84
PLIG	34.91	45.71	34.91	34.91	33.10	34.91	34.29	33.68
PNIG	32.82	41.02	32.82	32.32	33.33	33.86	31.84	31.37
SCIG	31.35	43.27	31.15	30.29	31.35	31.22	31.35	30.72
TUIG	32.69	38.24	32.68	32.16	30.48	32.43	32.17	33.22
YAIG	43.24	60.38	59.25	59.29	39.02	42.66	41.03	44.12

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Prueba No. 2

Estación	Eficiencia Original (%)	Eficiencia Obtenida (%)
CAIG	32.00	32.00
CCIG	60.95	62.33
HUIG	34.91	45.71
LVIG	28.24	41.74
OXIG	30.84	37.10
PLIG	34.91	40.85
PNIG	32.82	38.79
SCIG	31.35	37.05
TUIG	32.69	38.97
YAIG	43.24	60.34

Prueba No.3

Estación	Eficiencia original (%)	Eficiencia obtenida al combinar parámetros						
		W 31 (%) [1]	ST 7 (%) [2]	RT 7 (%) [3]	BL 3 (%) [4]	SP 128 (%) [5]	SR 9000 (%) [6]	F Xon (%) [7]
CAIG	32.00	[1-6] 40.00	[2-4] 32.33	[3-6] 33.21	[4-6] 33.21	[5-6] 33.00	[6-7] 32.00	[7] 32.25
CCIG	60.95	[1-4] 63.56	[2-3] 61.32	[3-5] 60.62	[4-6] 60.82	[5-7] 61.47	[6-7] 62.03	[7] 60.45
HUIG	34.91	[1-4] 46.86	[2-3] 40.85	[3-7] 33.22	[4-6] 35.55	[5-6] 35.55	[6-7] 34.91	[7] 34.91
LVIG	28.24	[1-7] 42.67	[2-3] 35.55	[3-5] 33.10	[4-6] 32.54	[5-6] 34.29	[6-7] 30.97	[7] 33.68
OXIG	30.84	[1-6] 37.64	[2-4] 31.23	[3-7] 31.61	[4-7] 31.23	[5-6] 31.22	[6-7] 31.22	[7] 30.84
PLIG	34.91	[1-3] 44.65	[2-6] 34.29	[3-4] 34.91	[4-5] 34.99	[5-6] 33.10	[6-7] 33.10	[7] 33.61
PNIG	32.82	[1-4] 40.25	[2-3] 32.82	[3-4] 32.32	[4-5] 30.48	[5-7] 32.82	[6-7] 31.84	[7] 31.37
SCIG	31.35	[1-6] 42.87	[2-3] 33.42	[3-4] 30.70	[4-5] 31.30	[5-6] 32.00	[6-7] 31.22	[7] 30.72
TUIG	32.69	[1-6] 38.24	[2-4] 39.50	[3-4] 32.69	[4-6] 31.67	[5-7] 31.42	[6-7] 31.18	[7] 33.22
YAIG	43.24	[1-6] 60.34	[2-4] 61.54	[3-4] 43.84	[4-5] 43.84	[5-6] 42.11	[6-7] 43.52	[7] 43.30

Prueba No. 4

Estación	Eficiencia original (%)	Eficiencia parámetros autor (%)	BU 280000 (%)	CO off (%)	XF (%)	RE (%)	SI (%)	CH (%)
CAIG	32.00	38.55	47.76	44.44	[off] 52.46	[on] 53.33	[on] 51.61	[off] 54.24
CCIG	60.95	29.54	36.23	37.65	[off] 36.92	[on] 39.18	[off] 36.92	[off] 38.41
HUIG	34.91	34.29	42.67	39.18	[off] 49.23	[on] 49.22	[off] 48.00	[on] 35.29
LVIG	28.24	30.48	20.87	13.91	[on] 36.92	[on] 25.60	[on] 23.13	[off] 27.04
OXIG	30.84	32.41	37.65	35.07	[on] 36.57	[on] 37.64	[off] 37.65	[on] 38.21
PLIG	34.91	34.29	44.65	42.67	[on] 41.74	[on] 42.67	[off] 44.65	[on] 42.66
PNIG	32.82	31.84	38.79	41.03	[forced] 41.03	[off] 41.03	[off] 39.51	[off] 41.25
SCIG	31.35	27.53	40.64	40.64	[on] 41.29	[on] 41.97	[on] 32.82	[off] 40.00
TUIG	32.69	33.50	38.60	36.52	[off] 38.60	[off] 39.74	[on] 39.35	[off] 39.35
YAIG	43.24	42.11	60.34	52.46	[on] 60.34	[on] 60.37	[on] 60.38	[on] 61.55

Prueba No. 5

Estación	Eficiencia original (%)	Eficiencia parámetros autor (%)	Eficiencia obtenida (%)
CAIG	32.00	38.55	35.56
CCIG	60.95	29.54	41.49
HUIG	34.91	34.29	40.00
LVIG	28.24	30.48	40.85
OXIG	30.84	32.41	32.00
PLIG	34.91	34.29	43.64
PNIG	32.82	31.84	32.31
SCIG	31.35	27.53	40.87
TUIG	32.69	33.50	36.85
YAIG	43.24	42.11	59.79

4.4.8 Evaluación

Para evaluar los resultados, se presenta la siguiente tabla con el resumen de las eficiencias máximas obtenidas, en las 5 pruebas realizadas.

Estación	Eficiencia original (%)	Eficiencia Parámetros autor (%)	Prueba 1 (%)	Prueba 2 (%)	Prueba 3 (%)	Prueba 4 (%)	Prueba 5 (%)
CAIG	23.00	38.55	40.00	32.00	40.00	54.24	35.56
CCIG	60.95	29.54	64.00	62.33	63.56	39.18	41.49
HUIG	34.91	34.29	50.53	45.71	46.86	49.23	40.00
LVIG	28.24	30.48	41.73	41.74	42.67	36.92	40.85
OXIG	30.84	32.41	37.10	37.10	37.64	37.65	32.00
PLIG	34.91	34.29	45.71	40.85	44.65	44.65	43.64
PNIG	32.82	31.84	41.02	38.79	40.25	41.25	32.31
SCIG	31.35	27.53	43.27	37.05	42.87	41.97	40.87
TUIG	32.69	33.50	38.24	38.97	39.50	39.74	36.85
YAIG	43.24	42.11	60.38	60.34	61.54	61.55	59.79

En la siguiente tabla, se muestra la eficiencia original de transmisión de datos, de cada una de las estaciones remotas y los valores óptimos de los parámetros, con los que se alcanzó la eficiencia máxima.

Eficiencia máxima obtenida a partir de la optimización de los parámetros de transmisión de datos del sistema de comunicación satelital del Servicio Sismológico Nacional.

Estación	Eficiencia original (%)	W	ST	RT	BL	SP	SR	F	BU	CO	XF	RE	SI	CH	Eficiencia máxima (%)
CAIG	32.00	31	7	7	3	128	9000	none	280000	off	off	on	on	off	54.24
CCIG	60.95	31	7	7	2	128	1024	xon							64.00
HUIG	34.91	31	7	7	2	128	1024	xon							50.53
LVIG	28.24	31	7	7	2	128	1024	xon							42.63
OXIG	30.84	31	7	7	3	128	9000	none	280000	off	forced	auto	auto	auto	37.65
PLIG	34.91	31	7	7	2	128	1024	xon							45.71
PNIG	32.82	31	7	7	3	128	9000	none	280000	off	forced	auto	auto	off	41.25
SCIG	31.35	31	7	7	2	128	1024	xon							43.27
TUIG	32.69	31	7	7	3	128	9000	none	28000	off	forced	off	auto	auto	39.74
YAIG	43.24	31	7	7	2	128	1024	xon							60.38

Discusión de Resultados

De los resultados de la tabla anterior, podemos observar que para el caso de 5 estaciones remotas, CCIG, HUIG, LVIG, PLIG, SCIG, se conservaron los mismos valores en sus parámetros, tal como estaban en su configuración original, ST7, RT7, BL2, SP128, SR1024, Fxon, excepto para uno de ellos, cuyo valore se ajustó a W31, forma en que obtuvimos la máxima eficiencia para dichas estaciones.

Con respecto a las 5 estaciones restantes, CAIG, OXIG, PNIG, TUIG, YAIG, se emplearon los siguientes parámetros originales, W31, ST7, RT7, BL3, SP128, SR9000, Fnone, combinados con los propuestos por el autor del protocolo Kermit, permaneciendo sólo dos de ellos constantes, BU280000 y COoff y el resto de los parámetros variaron entre, XFoff/forced, REon/auto/off, Slon/auto, CHoff/auto, con los que se obtuvo la eficiencia máxima de estas estaciones.

CONCLUSIONES

Conclusiones

Nuestro país se encuentra localizado en una de las regiones sísmicas más activas del mundo. En consecuencia, la probabilidad de ocurrencia de temblores de gran magnitud es realmente alta. En este contexto, la mayoría de los sismos en el territorio nacional, se han localizado a lo largo de las costas del Pacífico, en particular, frente a las costas de Guerrero y Oaxaca, que por su cercanía, las ondas sísmicas alcanzan fácilmente el centro del país, donde se concentra la mayor población.

La Ciudad de México, además de presentar un alto potencial de riesgo sísmico y volcánico, está asentada en una cuenca cubierta en su mayor parte, por una capa de sedimentos que tiene la característica de amplificar las vibraciones del suelo provocadas por los sismos.

En tales condiciones, cabe suponer que sus habitantes debemos asumir los riesgos en que vivimos, lo que significa, la necesidad de seguir mejorando nuestra capacidad de análisis, evaluación y prevención del riesgo sísmico.

Al respecto, los estudios de sismología e ingeniería civil que se llevan a cabo a partir de los datos que se generan en la Red Sismológica Nacional, entre otros, la aceleración del suelo, sirven para ir actualizando los coeficientes empleados en el diseño de las estructuras antisísmicas, establecidos en los reglamentos de construcción vigentes.

Asimismo, la información que en forma oportuna proporciona el SSN sobre la ocurrencia de sismos y sus principales parámetros, el epicentro y la magnitud, a los medios de comunicación, servicios de emergencia y protección civil, son fundamentales para prestar la ayuda necesaria de ocurrir un sismo importante.

Para ello, el Servicio Sismológico Nacional dispone actualmente de la tecnología más avanzada en instrumentación sísmica y transmisión de datos, agrupados en la Red Sismológica de Banda Ancha, que cuenta con sismómetros y acelerómetros que mediante computadoras se enlazan vía satélite, a la estación central del Instituto de Geofísica de la UNAM, en Ciudad Universitaria, D.F. y difunden en Internet la información en tiempo real.

La transmisión de datos en el sistema de comunicación satelital del SSN se realiza bajo el protocolo Kermit, que por su robustez es muy seguro y evita la omisión de datos, en contra y en detrimento de la velocidad de transmisión y su eficiencia.

Es por ello, que en el presente trabajo de investigación, con el afán de aligerar la robustez del protocolo Kermit y de esta manera mejorar la eficiencia en la transmisión de datos, se programaron 5 pruebas con un total de 750 ensayos experimentales, en las 10 estaciones remotas con comunicación satelital, tecnología TDM/TDMA brindada bajo arrendamiento con la empresa Satelitrón.

Estas estaciones son las siguientes:

- CAIG Cayaco, Gro
- CCIG Comitán, Chis.
- HUIG Huatulco, Oax.
- PLIG Iguala, Gro.
- LVIG Laguna Verde, Ver.
- OXIG Oaxaca, Oax.
- PNIG Pinotepa Nacional, Oax.
- SCIG Sabancuy, Camp.
- TUIG Tuzandépetl, Ver.
- YAIG Yautepec, Mor.

En las primeras 3 pruebas se ensayaron los siguientes parámetros:

- set window
- set send timeout
- set receive timeout
- set block
- set send packet-length
- set send receive-length
- set flow

Y en las 2 últimas pruebas los siguientes parámetros:

- set buffers
- set repeat counts
- set xfer locking-shift
- set reliable
- set streaming
- set channel

Durante el desarrollo de las cinco pruebas con sus respectivos ensayos, me percaté que el principal problema lo representaba el valor del parámetro "set window", que de acuerdo a la configuración original utilizada por el SSN, antes del presente trabajo de investigación, poseía un valor muy bajo de 2 y una vez modificado a un valor de 31, máximo para este parámetro, aumentó considerablemente la eficiencia en cada una de las estaciones remotas. Este parámetro es de gran importancia dentro de las transmisiones de datos, porque es el que define el número de paquetes a ser transmitidos, antes de que el código de reconocimiento llegue a la estación central, por ello, la razón de ajustarlo a su valor máximo.

Asimismo, en combinación con el valor 31 para "set window", se ajustó el valor del parámetro "set receive packet-length" a 9000, valor máximo aceptado por este parámetro, que permite seleccionar la cantidad máxima en bytes a ser recibida por cada bloque de paquetes y en esta forma, se logró mayor rapidez en la transferencia, lo que representó, una mejor eficiencia en la transmisión de datos.

Cabe hacer notar, que la modificación en el resto de los parámetros, nos permitió elevar aún más la eficiencia en la transmisión de datos, no obstante, que la combinación con mejores resultados fue la de "set window" con "set receive packet-length" .

En resumen, los resultados obtenidos en la presente investigación son satisfactorios, al poder mejorar la eficiencia de transmisión, en el mejor de los casos, 22.24 puntos porcentuales por arriba de la configuración original, lo que significa, un aumento en la eficiencia del 69.5%, logrando de esta manera, el objetivo de la investigación, determinar los valores óptimos de los parámetros de transmisión de datos, del sistema de comunicación satelital del SSN.

La investigación realizada reviste de gran importancia, porque al mejorar la eficiencia de transmisión, se obtiene mayor rapidez en la adquisición de los datos y por consiguiente, se abrevia el tiempo en el procesamiento y difusión de la información sísmica y con ello, se está en posibilidad de dar aviso oportunamente a las autoridades gubernamentales y de protección civil, para que en caso de ocurrir un sismo de gran magnitud, éstas puedan acudir a los lugares cercanos al epicentro y se brinde la asistencia necesaria. Entonces, la rapidez y buen funcionamiento de la transmisión de datos, desde las estaciones remotas a la estación central, se traduce en mayor celeridad para atender a la población que ha sufrido algún percance por un evento sísmico.

Por otra parte, hago patente mi agradecimiento, porque gracias a este trabajo de investigación, tuve la oportunidad de conocer algunas de las estaciones de la Red de Banda Ancha y su modo de operación, así también, aprendí a utilizar el software de comunicaciones C-Kermit, el cual surge de un proyecto desarrollado por la Universidad de Columbia, que consiste de un protocolo de comunicaciones lo suficientemente robusto, para poder transmitir sobre cualquier canal de comunicación y es compatible para utilizarlo en diferentes computadoras, con cualquier sistema operativo.

Es indiscutible que, el SSN juega un papel muy importante en la protección civil en la República Mexicana y es por ello, que gracias a la modesta aportación que se hizo con este trabajo de investigación, podemos sentirnos satisfechos de haber contribuido en gran medida, con la sociedad en general, porque en el caso de un evento sísmico importante, se podría actuar de una manera mucho más rápida y eficaz, en pro de las comunidades afectadas.

El SSN es y será pieza fundamental dentro del desarrollo tecnológico nacional y es un claro ejemplo de que con pocos recursos, se hace mucho en beneficio de la sociedad.

Por último, el Servicio Sismológico Nacional es grande por su gente y fuerte por su espíritu y es además orgullosamente UNAM.

POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

BERMUDEZ, Guillermo. *Viaje al Centro de la Tierra con Escala en México*. Revista Información Científica y Tecnológica, Vol. 8, No. 112, México, 1986.

DA CRUZ, Frank y Christine M. Gianone. *A Locking Shift Mechanism for the Kermit File Transfer Protocol*. Universidad de Columbia, E.U.A., 1991.

DA CRUZ, Frank y Christine M. Gianone. *Using C-Kermit. Communication Software*. Edit. Digital Press, E.U.A. 1997.

ESPINDOLA, Juan M. y Zenón Jiménez. *Terremotos y Ondas Sísmicas. Una Breve Introducción*. Instituto de Geofísica, UNAM, 1994.

GONZALEZ Sainz, Nestor. *Comunicaciones y Redes de Procesamiento de Datos*. Edit. McGraw Hill, Colombia, 1995.

IBARRA Pereyra, Mario A. *Notas del Curso de Comunicaciones Digitales*. Facultad de Ingeniería, UNAM, 2001.

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. *Servicio Sismológico Nacional. Red Sismológica Nacional*. Serie: Infraestructura científica y desarrollo tecnológico, México, 2001.

NERI Vela, Rodolfo. *Líneas de Transmisión*. Edit. McGraw Hill. México, 1999.

SUAREZ, Gerardo y Zenón Jiménez. *Sismo en la Ciudad de México y el Terremoto del 19 de Septiembre de 1985*. Instituto de Geofísica, UNAM, 1987.

TANENBAUN, Andrew. *Computer Networks*. 3ra. Edición. Edit. Prentice Hall. E.U.A., 1999.

TOMASI, Wayne. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Edit. Prentice Hall. México, 1996.

VROMANS, Johan. *Perl 5, Desktop Reference*. Edit. O'Reilly & Associates, E.U.A. 1996.

YAMAMOTO, Jaime. *Terremotos, Una Rendija al Apocalipsis*. Revista de Geografía Universal, Vol. 20, No. 5. México, 1985.

Internet

<http://www.ssn.unam.mx>
Servicio Sismológico Nacional

<http://www.usgs.gov>
Servicio Geológico de los Estados Unidos

<http://www.igeofcu.unam.mx>
Instituto de Geofísica, UNAM

<http://www.cires.org.mx>
Centro de Instrumentación y Registro Sísmico. Fundación Javier Barros Sierra.
Sistema de Alerta Sísmica de la Ciudad de México.

<http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec.htm>
Redes de telecomunicaciones. Canales de transmisión

<http://www.tau.org.ar/base/lara.pue.udlap.mx/redes/rede196.htm>
Introducción a las redes de datos. Transmisión datos modelo OSI.

<http://www.it.uc3m.es/~cgr/scd/apuntes-scd.pdf>
Redes de comunicaciones. Modelo OSI.

http://obelix.umh.es/99-00/teleco_sist/msat1/public_html/index.htm
Satélites de comunicaciones

<http://www.satelitron.com.mx>
Satelitron S.A. de C.V.

<http://www.satmex.com>
Satélites Mexicanos, S.A. de C.V.

<http://epq.com.co/~cjara/perl/tutorial.html>
El Evangelio de Perl según Cjara

<http://www.columbia.edu/kermit>
El Proyecto Kermit