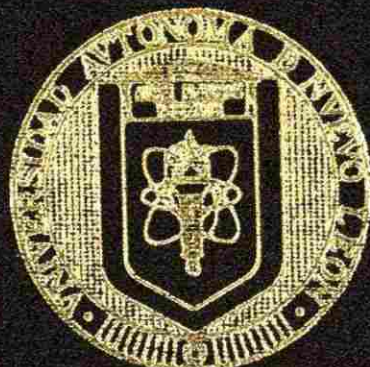


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



METODOS DE MEDICION Y PRUEBA EN ORBITA
PARA TRANSPONDER DE SATELITES

POR:

ING. JESUS RODRIGUEZ ZAMORA

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA CON ESPECIALIDAD
EN TELECOMUNICACIONES

CD. UNIVERSITARIA

DICIEMBRE 2002

2002

METODOS DE MEDICION Y PRUEBA EN ORBITA

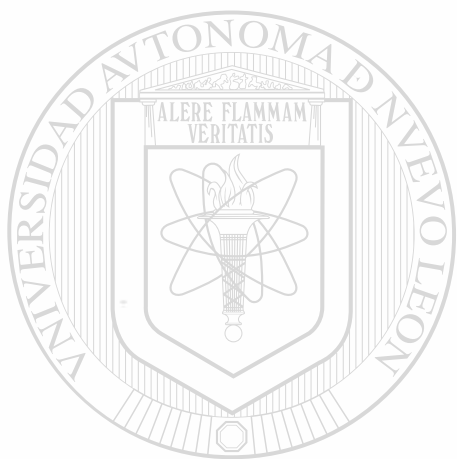
PARA TRANSPONDER DE SATELITES

IRZ

TM
Z5853
.M2
FIME
2002
.R62



1020148553



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

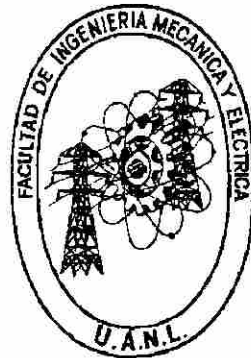
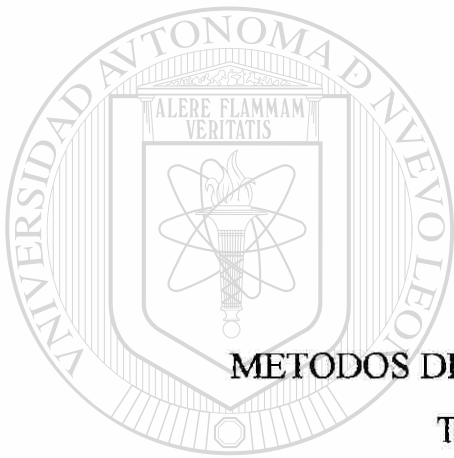


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



METODOS DE MEDICION Y PRUEBA EN ORBITA PARA
TRANSPONDER DE SATELITES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
POR
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



ING. JESÚS RODRÍGUEZ ZAMORA

TESIS
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERIA CON ESPECIALIDAD EN TELECOMUNICACIONES

CD UNIVERSITARIA

DICIEMBRE DE 2002

975081

TH

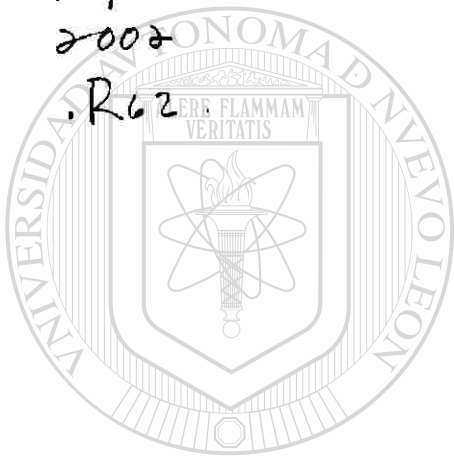
Z5853

.H2

F4c

2002

.R62



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO
TESIS

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
División de Estudios de Post-grado

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis “Métodos de Medición y Prueba en Orbita para Transponder de Satélites”, realizada por el alumno Ing. Jesús Rodríguez Zamora matrícula 794309 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería con especialidad en Telecomunicaciones.

El comité de Tesis




Asesor

M.C. Fernando Estrada Salazar.



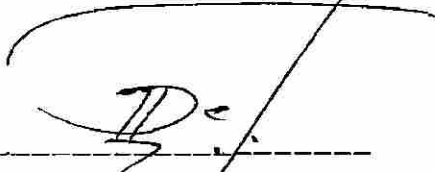
Coasesor

M.C. Ciró Calderón Cárdenas.



Coasesor

M.C. Jorge A. Becerra Turrubiartes.



Vo. Bo

Dr. Guadalupe Alan Castillo Rodríguez.
División de Estudios de Post-grado



DEDICATORIA.

A DIOS:

Te doy gracias por haberme permitido llegar felizmente a este día.
Por todo la sabiduría y conocimientos que me das.

A MIS PADRES:

MARÍA ELENA Y BENITO.

Gracias por darme la vida, por estar conmigo en mis triunfos, derrotas y anhelos. Por enseñarme a ser alguien de provecho y apoyarme a conseguir mis metas. Ya que sin ustedes no lo hubiera logrado.

A MIS HERMANOS:

URIEL Y EDGAR.

Gracias por estar conmigo, por darme su apoyo, compañía y alentarme a seguir adelante.

HUGO(+).

Gracias, ya que desde el cielo siempre estuviste conmigo para no dejarme derrotar y pensar que estabas conmigo me dio la fuerza para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS.

A mis abuelos, por los momentos que vivimos juntos y por los consejos que me dieron para seguir adelante y no mirar atrás.

A mis tíos, por darme su apoyo y darme la confianza para lograr mis metas.

A mis primos, por estar conmigo y darme su confianza para realizar mi sueño.

A mis padrinos, por su compañía y por los consejos que me dieron para terminar mi carrera.

A mis amigos, que no los menciono por nombre no vaya a olvidarme de alguien, pero saben quienes son, ellos me han acompañado en las buenas y las malas, y juntos logramos nuestros sueños.

A mis sobrinos, por alegrarme la vida con sus travesuras.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

A mis maestros de maestría, por todos los conocimientos transmitidos.

A mi asesor, por transmitirme sus conocimientos y experiencias y ayudarme a realizar uno de mis sueños.

A Guy Harles, por su apoyo y conocimientos transmitidos para realizar esta tesis.

PRÓLOGO.

El avance de la tecnología es cada vez más rápido, por lo que es necesario mantenerse actualizado, ya que el tráfico de la información crece cada día y es necesario mejorar los sistemas de comunicaciones existentes. En este caso la comunicación vía satélite es muy importante por su gran capacidad de información que maneja y por la gran cobertura que proporciona.

Se requiere mejorar los sistemas de comunicación vía satélite. Es necesario tener un mejor funcionamiento en el transponder del satélite. El mejorar las pruebas en órbita del transponder del satélite nos permitirá un mejor funcionamiento de este.

Con el desarrollo del espectro expandido ó disperso es posible obtener un método para tener mejores resultados en las pruebas del transponder del satélite en órbita, para los parámetros de amplitud y el retraso de grupo del canal del transponder.

Con este nuevo método de espectro expandido las mediciones impactan menos durante la operación comercial del transponder y además los costos se reducen.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



INDICE.

CAPITULO	PAGINA
Síntesis	1
1. Introducción	3
1.1. Descripción del Problema.	3
1.2. Objetivo de la Tesis.	3
1.3. Hipótesis.	3
1.4. Límites de Estudios.	4
1.5. Justificación del Estudio.	4
1.6. Metodología.	4
1.7. Revisión Bibliográfica.	4
2. Conceptos Básicos.	5
2.1. Concepto de satélite	5
2.2. Tipos de órbitas	7
2.3. Satélites geoestacionarios	7
2.3.1. Ventajas de las órbitas geosincronas	9
2.3.2. Desventajas de las órbitas geosincronas	9
2.4. Sistemas de comunicaciones por satélite actuales	10
2.5. Patrones orbitales	10
2.6. Angulo de vista	11
2.6.1. Angulo de vista	12
2.6.2. Azimut	13
2.7. Clasificaciones orbitales, espaciamiento y asignaciones	14
2.8. Bandas comerciales	16
2.9. Patrones de radiación: huellas	17
2.9.1. Reutilizar	19
2.10. Modelos de enlace del sistema satelital	19

2.10.1. Modelo de subida	19
2.10.2. Transponder	20
2.10.3. Modelo de bajada	21
2.10.4. Enlaces cruzados	22
2.11. Control y Supervisión del Sistema de Comunicaciones	22
2.11.1. Pruebas en Orbita	23
3. Tipos de Modulación.	25
3.1. Concepto de modulación.	25
3.2. Modulación en amplitud(AM).	25
3.3. Modulación en frecuencia(FM).	27
3.4. Modulación por pulsos codificados(PCM)	28
3.4.1 Cuantificación.	30
3.4.2. PCM adaptable(APCM).	31
3.4.3 Modulación delta.	31
3.4.4. ADPCM.	32
3.5. Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)	32
3.6. Modulación por desplazamiento de fase (PSK)	33
3.6.1 PSK binario.	34
3.6.2 Cuatro fases PSK.	34
3.6.3 Ocho fases PSK.	35
3.7. Modulación en amplitud en cuadratura(QAM).	36
3.7.1.8 QAM.	37
3.8. Técnicas de multiplexaje digital.	39
3.8.1 FDM.	39
3.8.2 TDM.	39
3.8.3 WDM.	39
3.9. Jerarquías digitales.	39
3.9.1 Jerarquía europea.	40
3.9.2 Jerarquía norteamericana.	41
3.10. Técnicas de acceso múltiple.	41

3.10.1	FDMA.	43
3.10.2	TDMA.	43
3.10.3	CDMA.	44
4.	Espectro expandido.	45
4.1.	Concepto de espectro expandido.	45
4.1.1	Ganancia de procesamiento y margen de interferencia	50
4.2.	Espectro expandido de secuencia directa (DSSS).	52
4.3.	Espectro expandido de salto de frecuencia (FHSS).	56
4.4.	Salto de tiempo (TH).	60
4.5.	Sistemas de pulso FM (CHIRP).	61
4.6.	Formas híbridas.	62
4.6.1	Modulación FH/DS	63
4.6.2	Modulación TH/FH.	65
4.6.3	Modulación TH/DS.	66
5.	Método Actual.	68
5.1.	Degradación de señal digital por retraso de grupo.	68
5.2.	Portadora digital.	69
5.3.	Pruebas del método actual.	71
5.4.	Resultados de pruebas.	73
5.5.	Prueba de amplitud.	78
6.	Método de espectro expandido.	80
6.1.	Introducción.	80
6.2.	Principios del método de espectro expandido.	83
6.3.	Detección de señal.	85
6.4.	Parámetros básicos de la implementación de un módem.	89
6.5.	Aplicaciones y ventajas del método de espectro expandido.	93

6.5.1 Prueba del transponder con el método actual.	93
6.5.2. Ventajas del nuevo método.	95
6.6 Verificación del método de espectro expandido.	96
6.6.1. Influencia en carga útil.	98
7. Conclusiones y recomendaciones.	99
7.1. Conclusiones.	99
7.2. Recomendaciones.	100
Bibliografía.	101
Listado de Figuras.	103
Listado de Tablas.	106
Apéndices.	107
Apéndice A Abreviaturas.	108
Apéndice B Preguntas mas frecuentes sobre Espectro Expandido.	110
Apéndice C MC30-A.	113
Glosario.	116
<hr/>	
Resumen Autobiográfico.	125

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



SÍNTESIS.

Esta tesis introduce un nuevo método de la medición para el comienzo de vida y la prueba en servicio de transponders de los satélites que utiliza señales de espectro expandido. Se presentan los fundamentos de este nuevo método, que permiten la medición de la amplitud y el retraso de grupo de un canal del transponder. Las ventajas del nuevo método comparado a los métodos existentes se discuten y se presentan los resultados de medición que verifican la aplicabilidad del nuevo método.

Empiezo con la explicación de que es un satélite, el tipo de órbitas y frecuencias que utiliza, como esta formado una comunicación satelital y se hace mención de que los principales satélites de comunicación se encuentran en la órbita geostacionaria. Se mencionan sus ventajas y desventajas.

Se analiza los patrones de radiación y como esta formado el transponder y las estaciones terrenas de transmisión y recepción, así como las pruebas que se realizan en la puesta en órbita de un satélite.

Se da una explicación sobre lo que es modulación y sus diferentes tipos tanto analógica como digital ya que es necesario para entender lo que es el espectro expandido. En modulación analógica se explica como AM y FM y en modulación digital, PCM, PSK, QAM y QPSK, esta ultima muy utilizada en enlaces satélites.

Se estudia las diferentes técnicas de multiplexaje digital que son FDM, TDM y WDM, así como la formación de grupos para el trafico en el sistema tanto en la jerarquía digital europea como americana.

Con los sistemas de satélite, el ancho de banda disponible para las comunicaciones es muy limitada. Por lo tanto, para utilizar eficientemente la capacidad del transponder, hay que trabajar de punto a multipunto, técnica que se conoce como acceso múltiple. Por lo tanto se expone las técnicas de acceso múltiple FDMA, TDMA y CDMA.

Se explica que es el espectro expandido(SS), que se puede definir como una técnica de la modulación que hace el sacrificio del ancho de banda para ganar en funcionamiento señal a ruido. Se explica los diferentes tipos de espectro expandido dando una principal importancia al espectro expandido de secuencia directa(DSSS) y al de salto de frecuencia(FHSS).

También se explican los sistemas de salto de tiempo(TH), sistema de pulso FM(Chirp) y sistemas híbridos.

Se analiza la degradación de la señal del satélite por el retraso de grupo, así como afecta en la portadora digital y se estudia como se realiza la prueba del retraso de grupo con el analizador de acoplamiento de microondas(MLA), y se muestran los resultados del retraso de grupo para varias modulaciones.

Para finalizar se analiza el nuevo método de espectro expandido para la prueba en órbita del transponder del satélite, sus principios, como se detecta la señal y aplicaciones; y se compara con el método tradicional y se muestran las ventajas que se tienen con este nuevo método.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



1. INTRODUCCIÓN.



1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

No obstante el alto desarrollo tecnológico en el área de comunicaciones y en particular en lo que respecta a satélites, aun existe cierto grado de incertidumbre al tratar de predecir el comportamiento de un satélite al ser puesto en órbita.

1.2.OBJETIVO DE LA TESIS.

Con el desarrollo de nuevas tecnologías entre los que se cuenta la de espectro expandible surge la posibilidad de implementar métodos más eficientes para caracterizar los parámetros de un transponder de satélite en órbita. El objetivo es proponer un nuevo método de análisis mediante espectro expandible.

1.3.HIPÓTESIS.

Yo supongo que con el método de espectro expandido serán más eficientes las mediciones para poner en operación los transponder´s comerciales y a un menor costo, en comparación a los métodos tradicionales.

1.4.LÍMITES DEL ESTUDIO.

Esta tesis comparará los métodos clásicos con el método de espectro expandido sin profundizar en ningún otro procedimiento.

1.5.JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

El mundo actual gira alrededor de los sistemas de comunicación, mientras más eficientes sean estos y los métodos de monitoreo se tendrá una mayor confiabilidad y por lo tanto una comunicación más eficaz y eficiente. Se requiere que el estudio sea realizado por una persona con conocimientos en Telecomunicaciones.

1.6.METODOLOGÍA.

- Recopilación de información.
- Asesoría con expertos.
- Analizar la información.
- Generar las propuestas preliminares.
- Ponderar las propuestas.
- Definir la propuesta final.
- Redacción del documento.

1.7. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Revisé algunos estudios sobre espectro expandido y no encontré un trabajo relacionado con el tema de prueba en órbita de tranponders de satélite, ya que el método de estudio fue realizado por Guy Harles de SES ASTRA y está en etapa de prueba. Esta tesis comparará este nuevo método con el método actual con apoyo de Guy Harles.

2. CONCEPTOS BASICOS.

2.1. CONCEPTO DE SATÉLITE.

A principios de 1960, la American Telephone and Telegraph Company (AT&T) publicó estudios, indicando que unos cuantos satélites poderosos, de diseño avanzado, podrían soportar mas trafico que toda la red AT&T de larga distancia. El costo de estos satélites fue estimado en solo una fracción del costo de las facilidades de microondas terrestres equivalentes. Debido a que AT&T era proveedor de servicios, los reglamentos del gobierno le impedían desarrollar los sistemas de satélite. Debido a esto, los desarrollos iniciales en la tecnología de satélites tardaron en surgir.

A través de los años, los precios de la mayoría de los bienes y servicios han aumentado sustancialmente; sin embargo, los servicios de comunicación por satélite, se han vuelto más accesibles cada año. En la mayoría de los casos, los sistemas de satélite ofrecen mas flexibilidad que los cable submarinos, los cables subterráneos escondidos, radio de microondas en línea de vista, radio de dispersión troposférica, o sistemas de fibra óptica.

Un satélite de comunicaciones es un repetidor de radio en el cielo (transponder). Un sistema de satélite consiste de un transponder, una estación base en tierra, para

controlar su funcionamiento y una red de usuarios de las estaciones terrestres, que proporciona las facilidades para transmisión y recepción de tráfico de comunicaciones, a través del sistema del satélite. Las transmisiones de satélite se catalogan como "bus" o carga útil. El bus incluye mecanismos de control que apoyan la operación de carga útil. La carga útil es la información del usuario que será transportada a través del sistema. Aunque en los últimos años los nuevos servicios de datos y radioemisión de televisión son más y más demandados, la transmisión de las señales de teléfono de voz convencional (en forma analógica o digital), aun son el volumen principal de la carga útil del satélite.

Los satélites son llamados satélites orbitales o no sincronos. Los satélites no sincronos giran alrededor de la tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud. Si el satélite esta girando en la misma dirección que la rotación de la tierra y a una velocidad angular superior que la de la tierra, la órbita se llama órbita progrado. Si el satélite esta girando en la dirección opuesta a la rotación de la tierra o en la misma dirección, pero a una velocidad angular menor a la de la tierra, la órbita se llama órbita retrograda. En la figura 2.1 se muestra el satélite Orion I.

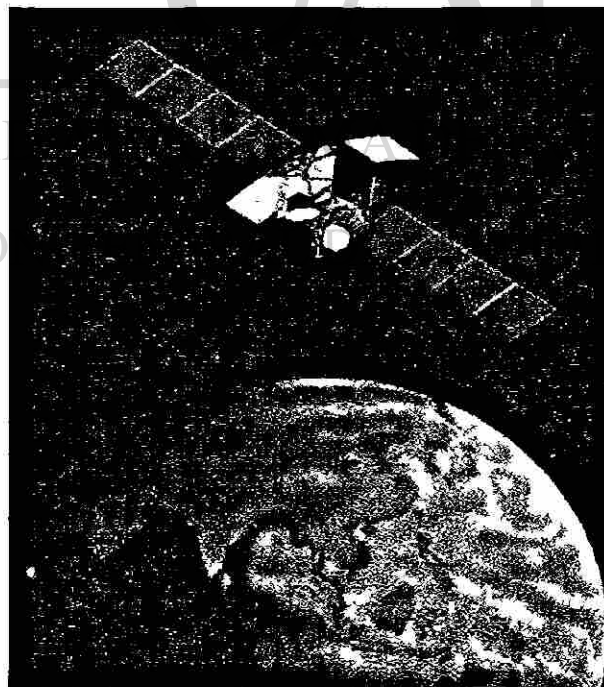


Fig. 2.1 Satélite Orion I

2.2. TIPOS DE ORBITAS.

GEO.- Órbita terrestre geosíncrona. Los satélites GEO orbitan a 35848 Km sobre el ecuador terrestre. Son satélites que giran en un patrón circular, con una velocidad angular igual y en el mismo sentido de la tierra. Tiempo de retardo elevado (.24s).

MEO.- Los satélites de órbita terrestre media se encuentran a una altura de entre 10075 y 20150 Km. Su posición relativa respecto a la tierra no es fija. Tiempo de retardo (.06-.14 s).

LEO.- Las órbitas terrestres de baja altura se encuentran por debajo de 5035 Km. Tiempo de retardo muy pequeño (.03 s). Se necesitan muchos satélites para cubrir totalmente la tierra. Ejemplo de satélites LEO son: Orbcomm, Iridium, Teledesic.

HALE.- Las plataformas de gran altitud y resistencia son básicamente aeroplanos alimentados por energía solar, se encuentran a 21 Km de la superficie de la tierra.

2.3. SATELITES GEOESTACIONARIOS.

Los satélites geoestacionarios o geosíncronos son satélites que giran en un patrón circular, con una velocidad angular igual y en el mismo sentido de la tierra. Consecuentemente, permanecen en una posición fija con respecto a un punto específico de la tierra.

Una ventaja obvia es que están disponibles para todas las estaciones de la tierra, dentro de su huella o cobertura, 100% de las veces. La sombra de un satélite incluye a todas las estaciones de la tierra que tienen un camino visible a él y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Una desventaja obvia es que a bordo, requieren de dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantener su posición en órbita. El periodo de órbita de un satélite geosíncrono es de 24h, igual que la tierra.

Syncom I, lanzado en febrero de 1963, fue el primer intento de colocar un satélite geosíncrono en órbita. Syncom I se perdió durante la colocación en órbita. Syncom II y Syncom III fueron lanzados, de manera exitosa, en febrero de 1963 y agosto de 1964. El satélite Syncom III fue usado para transmitir los Juegos Olímpicos de 1964, desde Tokio. Los proyectos Syncom demostraron la posibilidad de usar satélites geosíncronos.

Desde los proyectos Syncom, un número de naciones y corporaciones privadas han lanzado, de manera exitosa, satélites que se están usando actualmente para proporcionar comunicaciones regionales y globales, así como internacionales. Hay más de 200 sistemas de comunicaciones por satélite funcionando en el mundo hoy en día. Proporcionan circuitos de datos y teléfono de portadora común fija mundial; televisión de cable punto a punto (CATV); distribución de televisión en red; radiodifusión de música; servicio de telefonía móvil; redes privadas para corporaciones, agencias del gobierno y aplicaciones militares.

En 1964, se estableció una red de satélite comercial global conocida como Intelsat (Organización Satelital para Telecomunicaciones Internacionales). Intelsat es propiedad y operada por un consorcio de más de 100 países. Intelsat es manejada por las entidades de comunicaciones designadas en sus países respectivos.

El primer satélite Intelsat fue Early Bird I, el cual fue lanzado en 1965 y proporcionaba 480 canales de voz. De 1966 a 1987, se lanzaron una serie de satélites designados, Intelsat II, III, IV, V y VI. Intelsat VI tiene capacidad de 80,000 canales de voz.

En la figura 2.2 se muestra la posición de los satélites en la órbita geostacionaria.

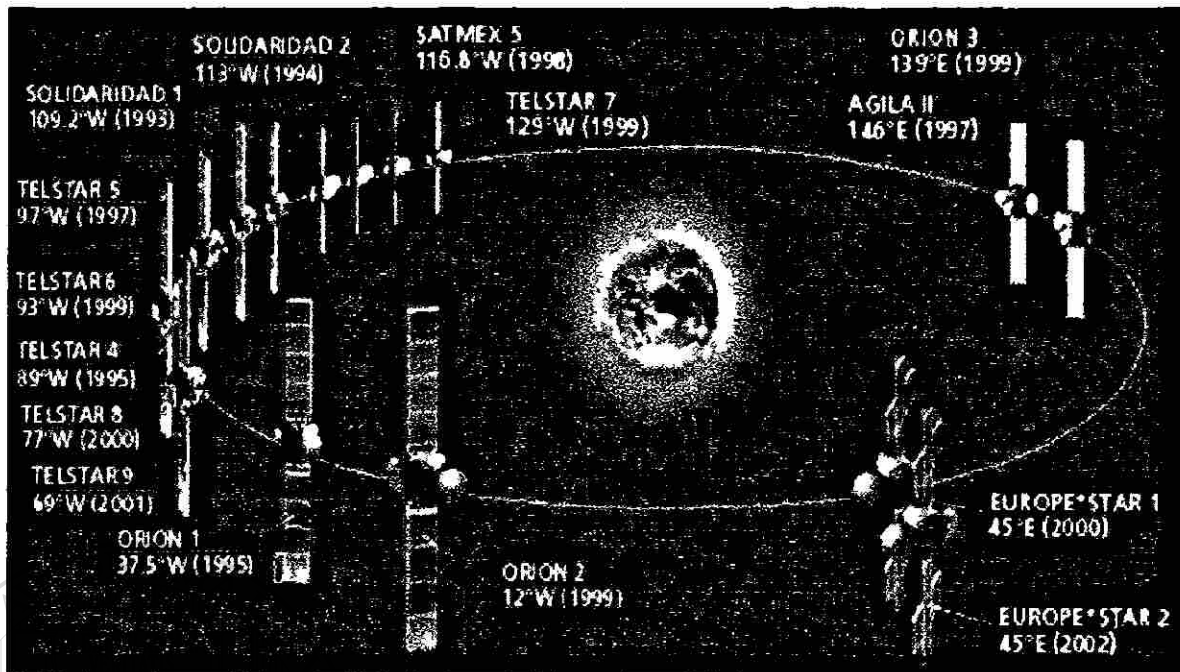


Fig. 2.2 Posición de satélites

Los satélites domésticos (Domsats) son usados para proporcionar los servicios de satélite dentro del país. En Estados Unidos y México, todos los domsats están situados en órbitas geostacionarias.

2.3.1. VENTAJAS DE LAS ORBITAS GEOSINCRONAS:

- Permanecen en posición fija con respecto a un punto específico en la tierra.
- No hay necesidad de cambiar de un satélite a otro, cuando giran por encima, no hay interrupción en la transmisión por los tiempos de conmutación.
- Pueden cubrir un área de la tierra mucho más grande con respecto a los de órbita baja.

2.3.2. DESVENTAJAS DE LAS ORBITAS GEOSINCRONAS:

- La gran altura de los satélites geosíncronos introducen tiempos de retardo.
- Los satélites geosíncronos requieren de alta potencia de transmisión y receptores más sensibles debido a las distancias.

2.4.SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR SATÉLITES ACTUALES.

En la tabla 2.1 se muestra algunos de los sistemas de comunicación existentes y sus características.

	CARACTERISTICAS DEL SISTEMA			
	Westar	Intelsat V	SBS	Fleeti Stacom
Operador	Telégrafo Western Union	Intelsat	Sistemas de negocios satelitales	Departamento de defensa EU
Banda de frecuencia	C	C Y Ku	Ku	UHF, X
Cobertura	Cono	Global, Zonal	Cono	Global
No.de Transponder	12	21	10	12
Transponder BW (MHz)	36	36-77	43	.005-.5
EIRP(dbW)	33	23.5-29	40-43.7	26-28
Acceso Múltiple	FDMA, TDMA	FDMA, TDMA	TDMA	FDMA
Modulación	FM, QPSK	FDM/FM, TDMA	QPSK	FM, QPSK ®
Servicio	Tele fija, TTY	Tele fija, TVD	Tele fija, TVD	Militar móvil

TABLA 2.1 Sistemas de comunicaciones

2.5.PATRONES ORBITALES.

Un satélite permanece en órbita debido a que la fuerza centrífuga, causada por su rotación alrededor de la tierra, es contrabalanceada por la atracción gravitacional de la tierra. Entre mas alejado gire de la tierra el satélite, más grande es la atracción

gravitacional y sería mayor la velocidad requerida para mantenerlo en órbita con la tierra.

Los satélites de baja altitud tienen órbitas cercanas a la tierra, viajan aproximadamente a 28,157.68 kilómetros por hora. A esta velocidad se requiere de $1 \frac{1}{2}$ h para girar alrededor de toda la tierra. Consecuentemente, el tiempo que el satélite esta visible en una estación terrestre en particular, es solamente $\frac{1}{4}$ h o menos de órbita. Los satélites de altitud media (9,654 a 19,308 kilómetros de altura) tienen un periodo de rotación de 5 a 12 h y permanecen a la vista en una estación terrestre específica de 2 a 4 h por órbita.

Los satélites geosincronos de alta altitud (30,571 a 40,225 kilómetros de altura) viajan aproximadamente 6,789 millas por hora y tienen un periodo de rotación de 24 h, exactamente el mismo que la tierra. Consecuentemente, permanecen en una posición fija, con respecto a una estación de la tierra específica y tienen un tiempo de disponibilidad de 24 h.

Cuando el satélite gira en una órbita arriba del ecuador, se llama órbita ecuatorial.

Cuando un satélite gira en una órbita que lo lleva arriba del polo norte y sur, se llama órbita polar. Cualquier otro trayecto orbital se llama órbita inclinada.

Un nodo ascendente, es el punto en donde la órbita cruza el plano ecuatorial de sur a norte; un nodo descendente, es el punto en donde la órbita cruza el plano ecuatorial de norte a sur. La línea que une a los nodos ascendentes y descendentes, por el centro de la tierra, se llama línea de nodos.

2.6. ANGULOS DE VISTA.

Para orientar una antena desde una estación terrena hacia un satélite, es necesario conocer el ángulo de elevación y azimut. Estos se llaman ángulos de vista.

En la figura 2.3 se muestra el ángulo de elevación y azimut.

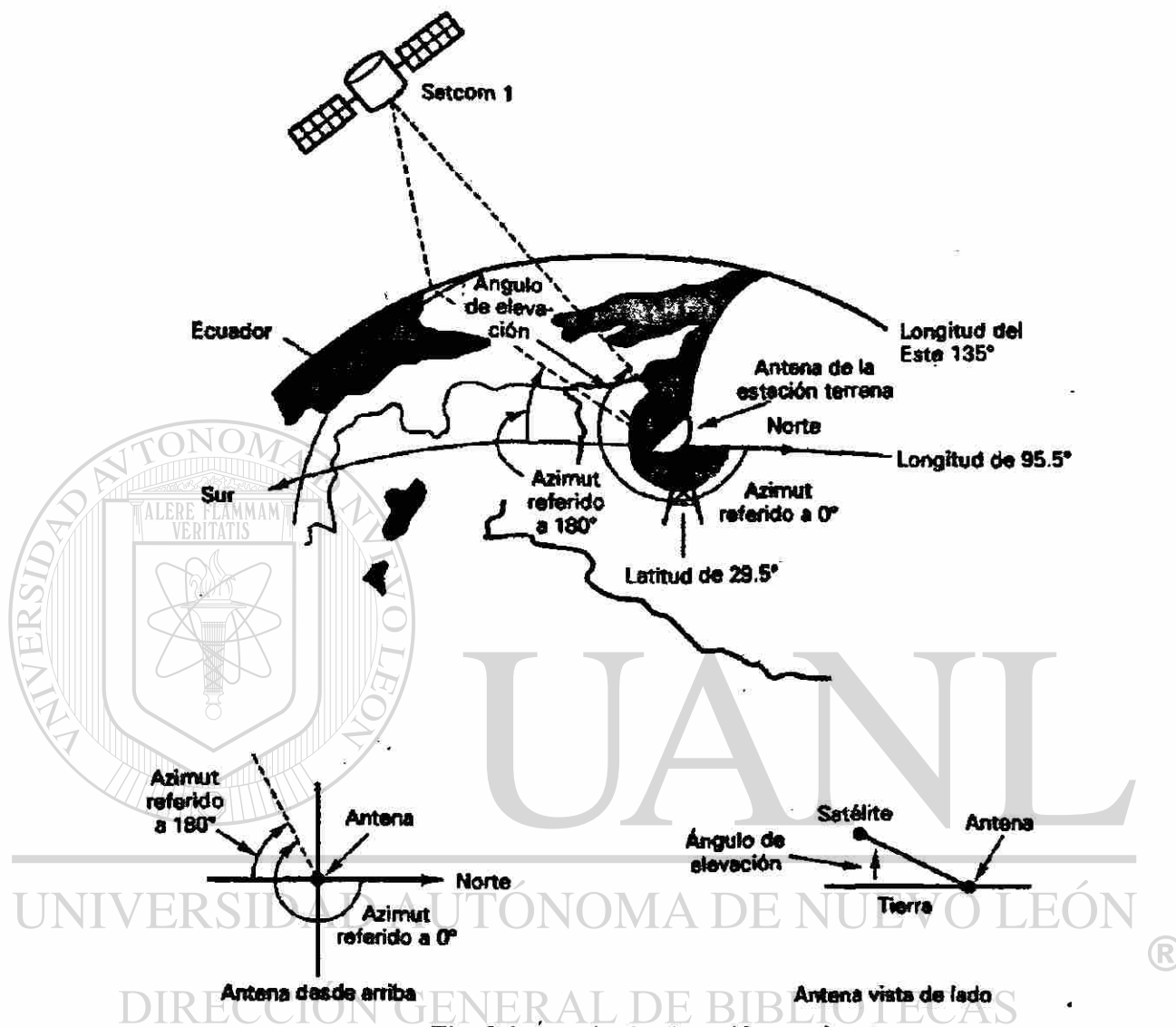


Fig. 2.3 Ángulo de elevación y azimut.

2.6.1. ANGULO DE ELEVACIÓN.

Es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrestre y la horizontal. Entre más pequeño sea el ángulo de elevación, mayor será la distancia que una onda propagada debe pasar por la atmósfera de la tierra.

Como con cualquier onda propagada a través de la atmósfera de la tierra, sufre absorción y también, puede contaminarse severamente por el ruido. Generalmente, 5° es

considerado como el mínimo ángulo de elevación aceptable. La ecuación 2.1 muestra como se determina el ángulo de elevación.

$$Ang.Elev = \text{tg}^{-1} \frac{\cos \mu \sim \frac{R}{R+h}}{|\text{sen } \mu|} \quad \text{Ec.2.1}$$

Donde

$$\cos \mu = \cos lat \cos \Delta L$$

2.6.2.AZIMUT.

Se define como el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Normalmente se mide en una dirección, según las manecillas del reloj. El ángulo de elevación y el azimut dependen de la latitud y la longitud de la estación terrena, así como el satélite en órbita.

Para un satélite geosíncrono, en una órbita ecuatorial, el procedimiento es el siguiente: De un mapa, se determina la longitud y latitud de la estación terrestre. Se conoce la longitud del satélite de interés. La ecuación 2.2 muestra como se determina el azimut.

$$Azimut = \text{tg}^{-1} \frac{\text{tg } \Delta L}{\text{sen } lat} \quad \text{Ec.2.2}$$

Se calcula la diferencia, en grados(ΔL), entre la longitud del satélite y la longitud de la estación terrena. Después se determina el ángulo de elevación y azimut por medio de una gráfica ó de las ecuaciones 2.1 y 2.2.

En la tabla 2.2 se muestra algunos ejemplos de la localización en grados de satélites en la órbita geoestacionaria.

SATELITES	LOCALIZACION (GRADOS)
SPACENET 2	69 W
SATCOM F2	72
GALAXY 6 & SBS-6	74
SATCOM K2	81
TELSTAR 302 & SATCOM K1	85
TELSTAR 402	89
GALAXY 7	91
GALAXY 3	95
TELSTAR 401	97
GALAXY 4	99
GSTAR 1	103
GSTAR 4	105
ANIK E2	107.3
ANIK E1	111.1
SOLIDARIDAD 2	113.5
SATMEX 5	116.8
TELSTAR 303	123
GALAXY 5	125
SATCOM C3	131

TABLA 2.2 Localización de satélites

2.7. ESTABILIZACIÓN, ESPACIAMIENTO Y ASIGNACIONES DE FRECUENCIA.

Hay dos clasificaciones para los satélites de comunicaciones: Hiladores (Spinners[®] o contra-rotacionales) y satélites estabilizadores de tres ejes (estabilización por giro o triaxial). Los satélites spinner, utilizan el movimiento angular de su cuerpo giratorio para proporcionar una estabilidad de giro. Con un estabilizador de tres ejes, el cuerpo permanece fijo en relación a la superficie de la tierra, mientras que el subsistema interno proporciona una estabilización de giro.

En la figura 2.4 se muestra un satélite estabilizador de 3 ejes.

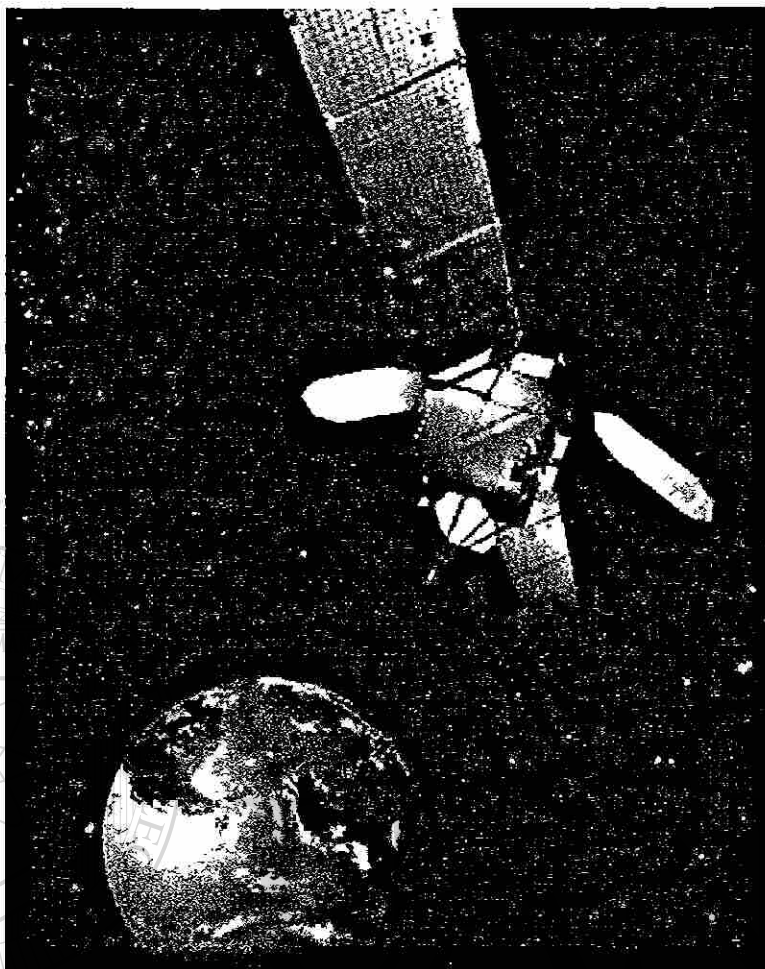


Fig. 2.4 Satélite estabilizador de 3 ejes

Los satélites geosíncronos deben compartir un espacio y espectro de frecuencia limitados, dentro de un arco específico, en una órbita geoestacionaria. Cada satélite de comunicación se asigna una longitud en el arco geoestacionario, aproximadamente a 35,880 kilómetros, arriba del ecuador. La posición en la ranura depende de la banda de frecuencia de comunicación utilizada. Los satélites trabajando, en o casi en la misma frecuencia, deben estar lo suficientemente separados en el espacio para evitar interferir uno con otro.

Hay un límite realista del número de estructuras satelitales que pueden estar estacionadas, en un área específica del espacio. La separación espacial requerida depende de las siguientes variables:

- Ancho del haz y radiación del lóbulo lateral de la estación terrena y antenas del satélite.
- Frecuencia portadora de RF.
- Técnica de codificación o de modulación usada.
- Límites aceptables de interferencia.
- Potencia de la portadora de transmisión.

Generalmente, se requieren 3 a 6^o de separación espacial dependiendo de las variables establecidas anteriormente.

2.8. BANDAS COMERCIALES.

Banda C	Up-link	5.925-6.425 GHz.
	Down-link	3.7-4.2 GHz.
Banda Ku	Up-link	14-14.5 GHz.
	Down-link	11.7-12.2 GHz.

Cambio de frecuencia en banda C= 2225 MHz.

Cambio de frecuencia en banda Ku=2300 MHz.

Banda L Rango: 1.53-2.7 GHz.

Requieren transmisores menos potentes.

Banda Ka Rango: 18-31 GHz.

Espectro disponible muy amplio, tiene gran ancho de banda; requieren transmisores potentes, alta atenuación por lluvia.

Banda X Rango: 7.9-8.4 GHz.

Las frecuencias de la portadora, más comunes, usadas para las comunicaciones por satélite, son las bandas 6/4 y 14/12. El primer número es la frecuencia de subida(ascendente) y el segundo número es la frecuencia de bajada(descendente). Diferentes frecuencias de subida y de bajada se usan para prevenir que ocurra retroalimentación.

Entre más alta sea la frecuencia de la portadora, más pequeño es el diámetro requerido de la antena para una ganancia específica. La mayoría de los satélites domésticos utilizan la banda de 6/4 GHz. Desafortunadamente, esta banda también se usa extensamente para los sistemas de microondas terrestres. Se debe tener cuidado cuando se diseña una red satelital para evitar interferencia.

Ciertas posiciones en la órbita geosíncrona tienen más demanda que otras. Por ejemplo, la posición Atlántico-medio que es usada para interconectar a Estados Unidos y Europa es de demanda excepcionalmente alta. La posición de Pacífico-medio es otra.

Las frecuencias son administradas por la WARC (Conferencia de Radio Administrativa Mundial).

2.9. PATRONES DE RADIACIÓN: HUELLAS

El área de la tierra cubierta por un satélite depende de la ubicación del satélite en su órbita geosíncrona, su frecuencia de portadora y la ganancia de sus antenas. Los ingenieros satelitales seleccionan la frecuencia de la portadora y la antena para un satélite, en particular, para concentrar la potencia transmitida limitada en un área específica de la superficie de la tierra. La representación geográfica del patrón de radiación de la antena de un satélite se llama una huella.

Las líneas de contorno representan los límites de la densidad de potencia de igual recepción. En la figura 2.5 se muestra la huella del Satmex 5 en banda Ku.

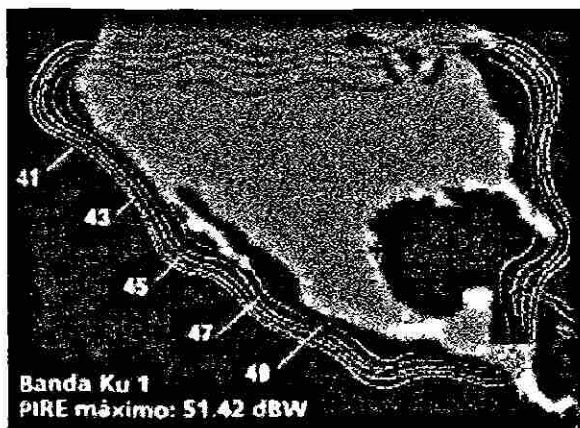


Fig. 2.5 Huella del Satmex 5 en banda Ku.

El patrón de radiación de una antena de satélite se puede catalogar como de punto, zonal o tierra. Los patrones de radiación de las antenas de cobertura de tierra tienen un ancho de haz de casi 17° e incluyen la cobertura de aproximadamente un tercio de la tierra. La cobertura zonal incluye un área menor a un tercio de la superficie de la tierra. Los haces de puntos concentran la potencia radiada en un área geográfica muy pequeña. En la figura 2.6 se muestra la huella general del Satmex.

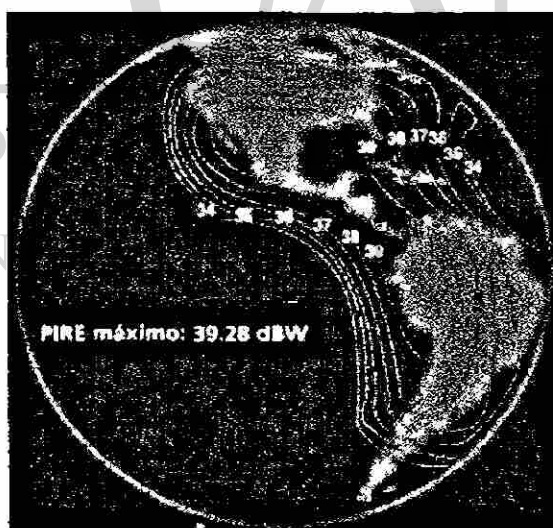


Fig. 2.6 Huella general del Satmex

2.9.1. REUTILIZACIÓN.

Cuando se llena una banda de frecuencia asignada, se puede lograr capacidad adicional mediante la reutilización del espectro de frecuencia. Incrementando el tamaño de una antena (incrementando la ganancia de la antena), el ancho de haz de la antena también se reduce. Por lo tanto, diferentes rayos de la misma frecuencia pueden ser dirigidos a diferentes áreas geográficas de la tierra.

Esto se llama reutilización la frecuencia. Otro método para reutilización la frecuencia es usar la polarización dual. Diferentes señales de información se pueden transmitir a diferentes receptores de estaciones terrestres usando la misma banda de frecuencias, simplemente orientando sus polarizaciones electromagnéticas de una manera ortogonal (perpendicular o a 90° grados).

La polarización dual es menos efectiva debido a que la atmósfera de la tierra tiene una tendencia a reorientar o repolarizar una onda electromagnética conforme pasa. Reutilización es incrementar la capacidad de un ancho de banda limitado.

2.10. MODELOS DE ENLACE DEL SISTEMA SATELITAL.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

2.10.1. MODELO DE SUBIDA.

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

filtro pasa-bandas de salida). El modulador de IF convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM, en PSK o en QAM.

El convertidor (mezclador y filtro pasa-bandas) convierte la IF a una frecuencia de portadora de RF apropiada. El HPA proporciona potencia de salida para propagar la señal al transponder del satélite. Los HPA comúnmente usados son tubos de onda progresiva. En la figura 2.7 se muestra el modelo de subida de un enlace satelital.

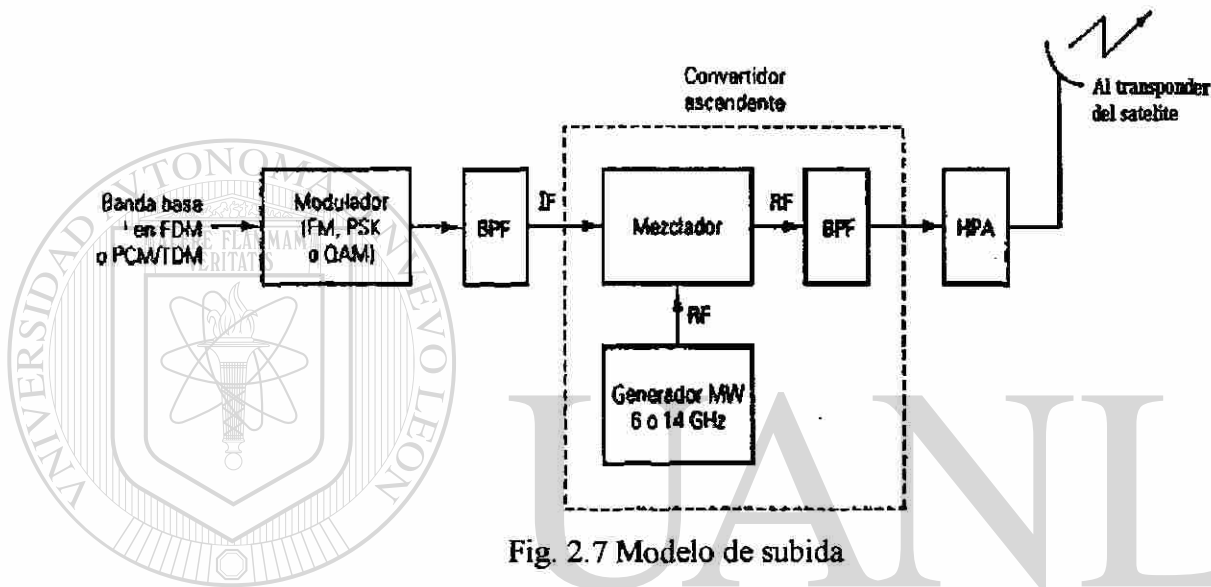


Fig. 2.7 Modelo de subida

2.10.2. TRANSPONDER.

Un típico transponder satelital consta de un dispositivo para limitar la banda de entrada (BPF), un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA), un traslador de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasa-bandas de salida. El transponder es un repetidor RF a RF. Otras configuraciones de transponder son los repetidores de IF, y de banda base, semejantes a los que se usan en los repetidores de microondas.

El BPF de entrada limita el ruido total aplicado a la entrada del LNA (un dispositivo normal utilizado como un LNA, es un diodo túnel y GaASFET's). La salida del LNA alimenta a un traslador de frecuencia(un oscilador de desplazamiento y un

BPF), que convierte la frecuencia de subida de banda alta a una frecuencia de bajada de banda baja.

El amplificador de potencia de bajo nivel, que es comúnmente un tubo de ondas progresivas, amplifica la señal de RF para su transmisión por medio de la bajada a los receptores de la estación terrena. Cada canal de RF del satélite requiere de un transponder separado. En la figura 2.8 se muestra un transponder típico.

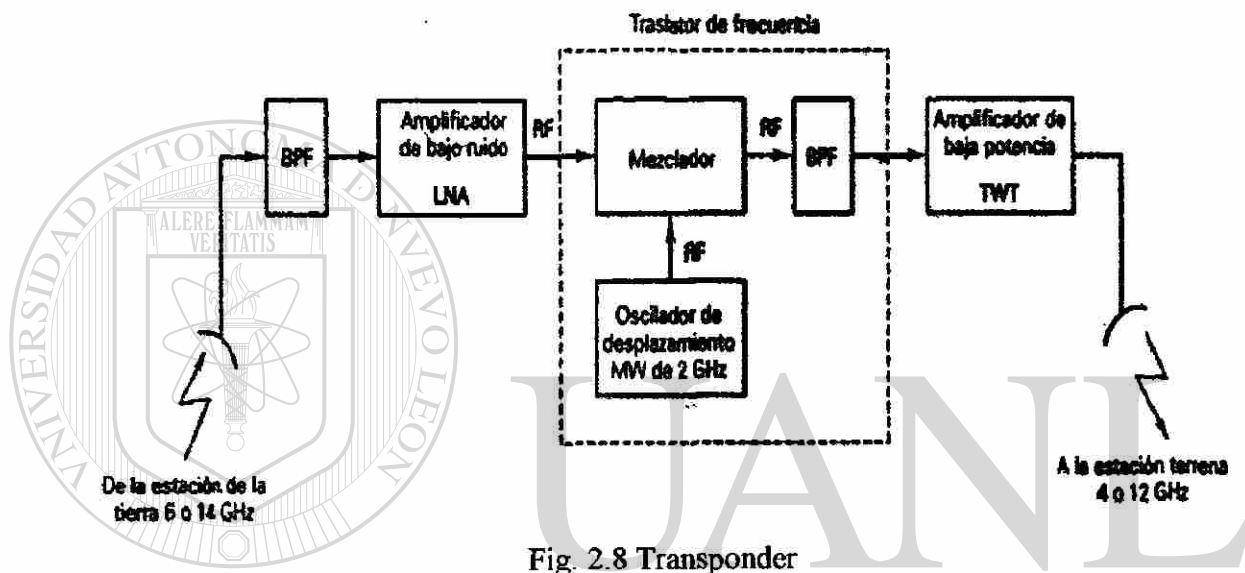


Fig. 2.8 Transponder

2.10.3. MODELO DE BAJADA.

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

En la figura 2.9 se muestra el enlace de bajada de un sistema satelital.

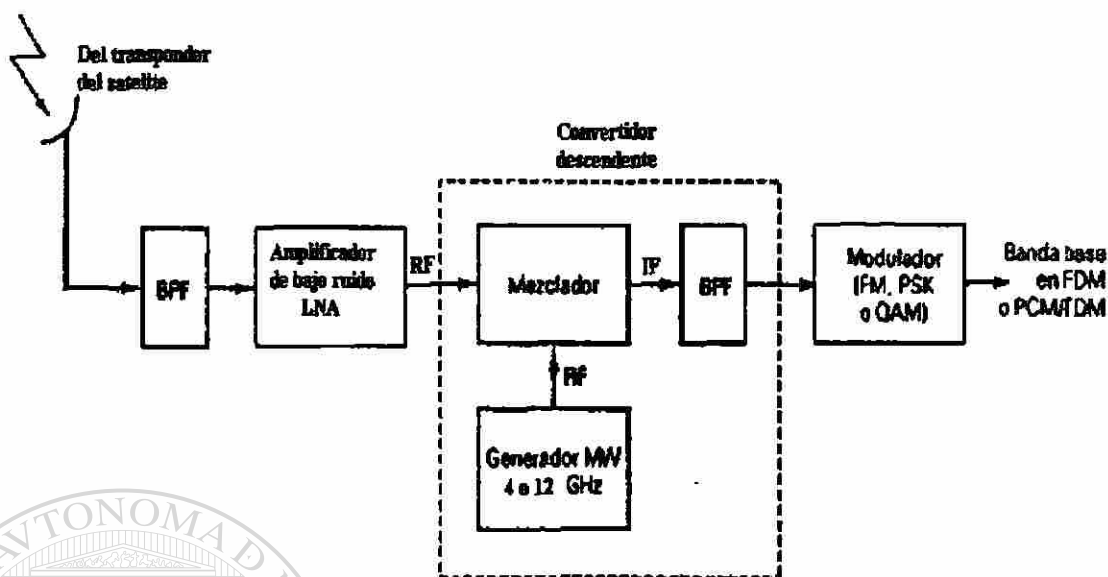


Fig. 2.9 Modelo de bajada.

2.10.4. ENLACES CRUZADOS.

Ocasionalmente, hay una aplicación en donde es necesario comunicarse entre satélites. Esto se realiza usando enlaces cruzados entre satélite o enlaces intersatelitales (ISL). Una desventaja de usar un ISL es que el transmisor y receptor son enviados ambos al espacio. Consecuentemente, la potencia de salida del transmisor y la sensibilidad de entrada del receptor se limitan.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2.11 CONTROL Y SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES.

En todo tipo de sistema son básicas las funciones de control y supervisión si se requiere obtener un correcto funcionamiento del mismo.

Particularmente, en un sistema de comunicaciones por satélite estas funciones pueden subdividirse como sigue:

- Telecontrol y telemetría del satélite.

- Pruebas periódicas en órbita de los parámetros principales del módulo de comunicaciones.
- Supervisión de la calidad y características de las señales emitidas a través del satélite.

El conjunto de estas funciones se coordina a través de un Centro de Control, donde se procesa la información en base a la cual se toman las decisiones necesarias para estructurar el sistema y tomar las medidas correctoras que pudieran requerirse.

Todas estas funciones se pueden integrar en una sola estación terrena, simplificándose así el control del sistema a la vez que se evita la duplicidad innecesaria de equipo.

2.11.1 PRUEBAS EN ÓRBITA.

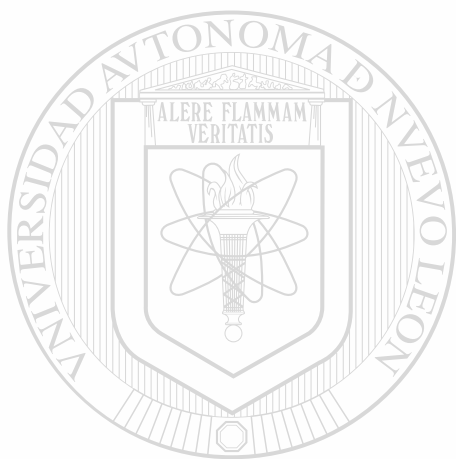
Se realizan periódicamente para supervisar las características del módulo de comunicaciones del satélite. Con ellas se trata de obtener información sobre los parámetros que definen los canales repetidores del satélite. Se hacen medidas de los valores especificados que sean importantes para el desempeño del satélite. En general, estos parámetros se subdividen en tres categorías: parámetros de entrada, de salida y de transferencia.

De los aproximadamente 20 parámetros que se deben controlar, se mencionan los siguientes: factor de mérito, densidad de flujo de potencia a la entrada, potencia radiada, estabilidad de frecuencia, características de transferencia y linealidad del repetidor, discriminación en polarización y características de la radiobaliza.

Este tipo de pruebas son necesarias tras la puesta en órbita del satélite para la aceptación del mismo y a fin de establecer las características reales que presenta el módulo de comunicaciones. Posteriormente, a lo largo de la vida del satélite se siguen

realizando periódicamente, o cuando se detecta un fallo o degradación en los repetidores, con el fin de seguir su evolución y comportamiento.

Esta función, por el tipo de medidas que entraña, requiere de una alta precisión de los equipos de medida, así como de una gran interconectividad entre los subsistemas.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3. TIPOS DE MODULACION.

3.1 CONCEPTO DE MODULACIÓN.

La modulación nace de la necesidad de transportar una información a través del espacio. Este es un proceso mediante el cual dicha información (onda moduladora) se inserta a una portadora.

Técnica empleada para modificar una señal con la finalidad de posibilitar el transporte de informaciones a través de un canal de comunicación y recuperar la señal en su forma original en el otro extremo. Ahora serán posibles dos técnicas para la transmisión de datos: Analógica y Digital.

3.2 MODULACIÓN DE AMPLITUD(AM)

Una portadora puede modularse de diferentes modos dependiendo del parámetro de la misma sobre el que se actúe. En la figura 3.1 se muestra una onda portadora.

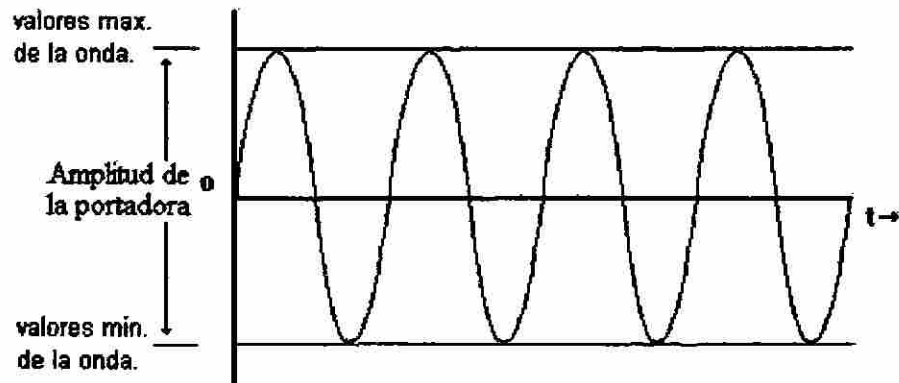


Fig. 3.1 Representación de la Onda Portadora.

Modulación en amplitud (AM) es el proceso de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal modulante (información). Las frecuencias que son suficientemente altas para radiarse de manera eficiente por una antena y propagarse por el espacio libre se llaman comúnmente radiofrecuencias o simplemente RF.

Con la modulación en amplitud, la información se imprime sobre la portadora en forma de cambios de amplitud. En la figura 3.2 se muestra una onda modulada en amplitud.

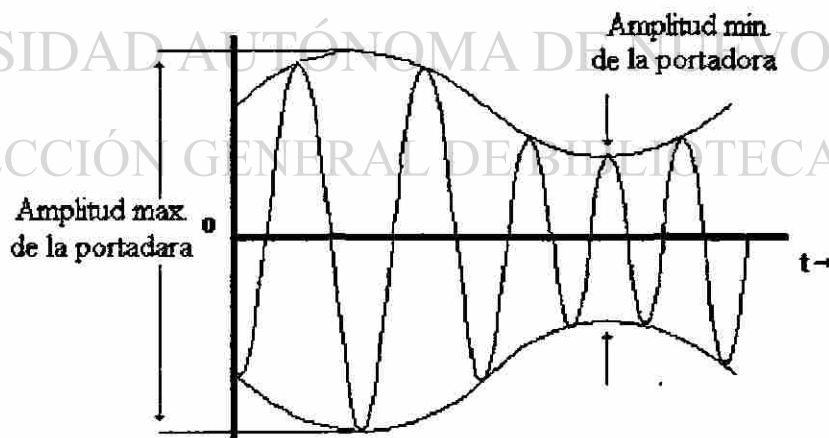


Fig. 3.2 Onda Modulada en Amplitud.

Otra característica de la modulación de amplitud es que, en su recepción, los desvanecimientos de señal no provocan demasiado ruido, por lo que es usado en algunos casos de comunicaciones móviles, como ocurre en buena parte de las comunicaciones entre un avión y la torre de control, debido que la posible lejanía y el movimiento del avión puede dar lugar a desvanecimientos. Sin embargo, la modulación en amplitud tiene un inconveniente, y es la vulnerabilidad a las interferencias.

3.3 MODULACIÓN DE FRECUENCIA (FM).

La modulación de amplitud tiene en la práctica dos inconvenientes: por un lado, no siempre se transmite la información con la suficiente calidad, ya que el ancho de banda en las emisiones está limitado; por otra parte, en la recepción es difícil eliminar las interferencias producidas por descargas atmosféricas, motores, etc.

La modulación de frecuencia consiste en variar la frecuencia de la onda portadora de acuerdo con la intensidad de la onda de información. La amplitud de la onda modulada es constante e igual que la de la onda portadora.

La frecuencia de la portadora oscila más o menos rápidamente, según la onda moduladora, esto es, si aplicamos una moduladora de 100 Hz, la onda modulada se desplaza arriba y abajo cien veces en un segundo respecto de su frecuencia central, que es la portadora; además el grado de esta variación dependerá del volumen con que modulemos la portadora, a lo que denominamos “índice de modulación”. En la figura 3.3 se muestra una onda modulada en frecuencia.

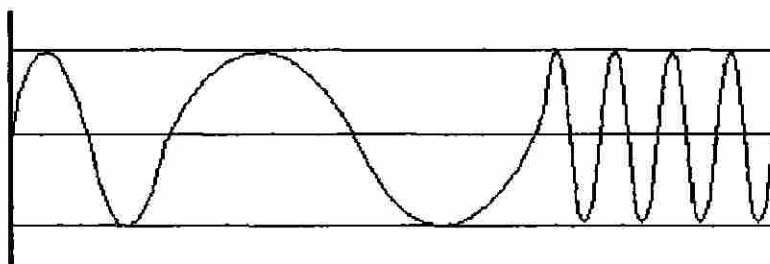


Fig. 3.3 Onda Modulada en Frecuencia.

Debido a que los ruidos o interferencias que se mencionaron anteriormente alteran la amplitud de la onda, no afecta a la información transmitida en FM, puesto que la información se extrae de la variación de frecuencia y no de la amplitud, que es constante.

Como consecuencia de estas características de modulación podemos observar cómo la calidad de sonido o imagen es mayor cuando modulamos en frecuencia que cuando lo hacemos en amplitud o banda lateral. Además sin alterar la frecuencia de la portadora, podemos transmitir señales sonoras o información de otro tipo (datos o imágenes), que comprenden mayor abanico de frecuencias moduladoras, sin por ello abarcar mayor ancho de banda

3.4 MODULACIÓN POR PULSOS CODIFICADOS(PCM)

La modulación por pulsos codificados (PCM) es la representación de una señal por medio de una serie de pulsos digitales, primero haciendo un muestreo de la señal, cuantificándola, y después codificándola. Los sistemas de este tipo tienen grandes ventajas técnicas y económicas sobre los sistemas analógicos. La PCM fue inventada en 1937 por A. H. Reeves, un inglés, pero debido a la complejidad de los circuitos no resultó práctica hasta el advenimiento del transistor.

El muestreo de la forma de onda analógica produce un tren de señales con modulación de pulsos en amplitud (PAM). Cada muestra se codifica para formar un número binario que representa su amplitud, se somete a un procesamiento y después se transmite. En ciertos puntos del sistema, las señales digitales se pueden "regenerar" y retransmitir libres del ruido acumulado.

Es en este proceso de regeneración que la PCM presenta ventajas con respecto a los sistemas analógicos. En un sistema analógico, la amplificación de la señal en los repetidores también amplifica el ruido y la diafonía "recogidos" en la sección anterior. En consecuencia, la relación señal-ruido se deteriora gradualmente.

En el caso de la PCM, la señal final de salida no debería contener ningún ruido inducido, independientemente del grado de complejidad del sistema, ya que los regeneradores y el equipo de recepción detectan únicamente la presencia o ausencia de un impulso (véase el nivel de decisión en la Figura 3.4). Los dígitos se descodifican en el receptor y se vuelve a formar una señal analógica.

El procedimiento básico se muestra en la Figura 3.4, en la cual, para mayor claridad, sólo aparece un regenerador.

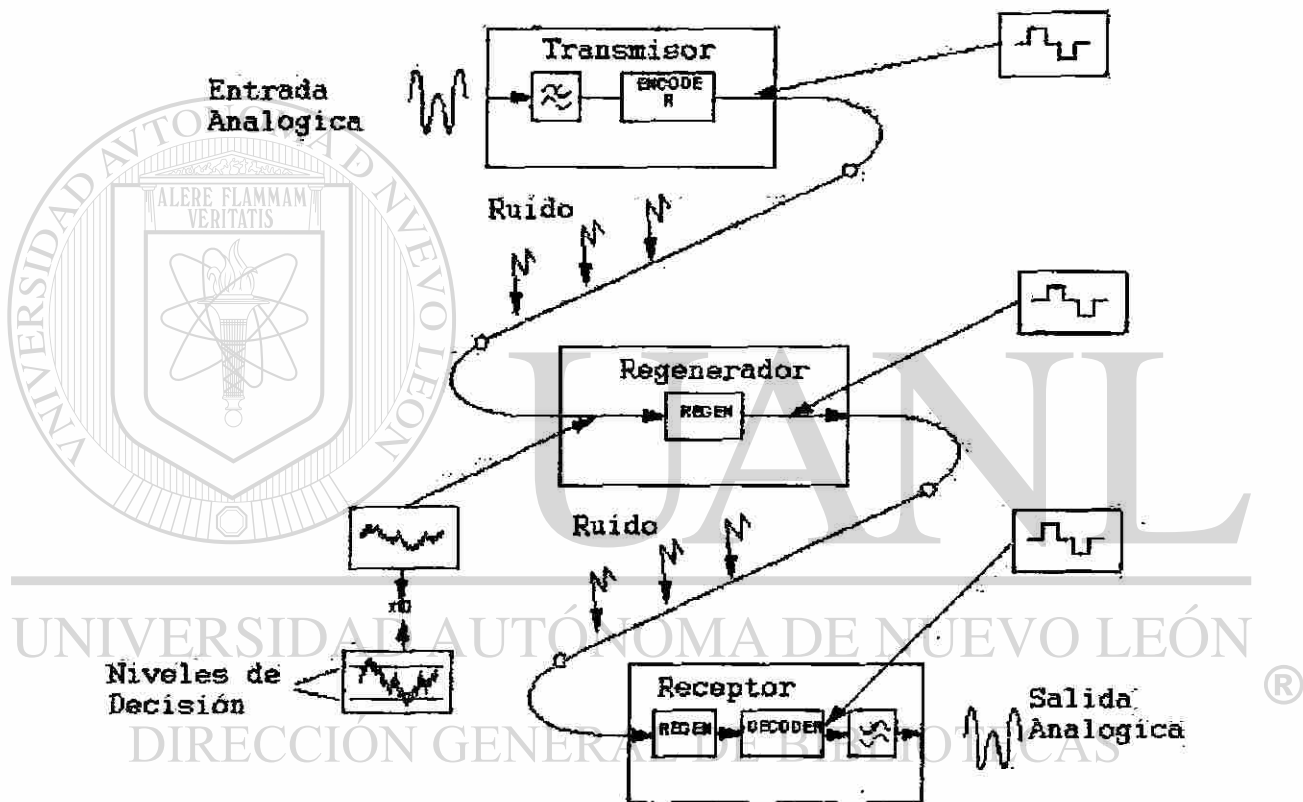


Fig. 3.4 PCM

La modulación por pulsos codificados (PCM), es el formato digital clásico y de uso más difundido, que convierte las muestras cuantificadas en grupos de códigos de pulsos binarios mediante amplitudes fijas. En lugar de transmitir la amplitud exacta de la señal muestreada, solo se admiten ciertos valores discretos del tamaño de la muestra. Luego, una vez efectuado el muestreo en un sistema de modulación de pulsos en amplitud (PAM), se transmite el valor discreto más próximo al verdadero. En el extremo

receptor, el nivel de la señal tendrá un valor ligeramente distinto de cualquiera de los pasos discretos especificados, debido al ruido y a las distorsiones registrados en el canal de transmisión. Si la perturbación es insignificante, se podrá detectar exactamente el valor discreto transmitido y, por lo tanto, será posible reconstruir aproximadamente la señal original. Los sistemas que utilizan códigos para representar valores de señal discretos (muestras) se denominan sistemas de modulación por pulsos codificados. En general, un grupo de pulsos interrumpidos puede representar 2^n valores discretos de muestreo. En el caso de un códec lineal con n dígitos binarios por muestra, la relación potencia de señal/potencia de distorsión de cuantificación (S/D) varía como sigue:

$$S/D = 6n + 1,8 \text{ dB}$$

Esta relación lineal muestra que cada dígito binario añadido incrementa en 6 dB la relación S/D.

3.4.1 CUANTIFICACIÓN

En la práctica, es imposible transmitir información sobre la amplitud exacta de las señales analógicas, ya que sólo se admiten ciertas amplitudes discretas del tamaño de una muestra. Después que la señal analógica es muestreada en un sistema PAM, se transmite el nivel más próximo a la amplitud verdadera. En el extremo receptor se reconstruye la señal a este nivel. Este procedimiento de representación de la señal admitiendo sólo ciertas amplitudes discretas se llama cuantificación. Introduce un error inicial en la amplitud de las muestras, dando lugar al ruido de cuantificación o distorsión de cuantificación.

Siempre que una reducción de la calidad de la línea no impida la adopción de una decisión correcta en cuanto a la presencia o ausencia de un impulso, el proceso de regeneración eliminará el ruido de línea. Por lo tanto, el único ruido presente en la señal reconstruida en el extremo receptor será el ruido de cuantificación. En consecuencia, en los sistemas de transmisión de señales cuantificadas, el ruido máximo se selecciona

intencionalmente, mientras que en los sistemas analógicos el ruido máximo depende de las características del trayecto de transmisión.

3.4.2 PCM ADAPTABLE (APCM)

En la PCM normal, la S/D puede ser más aceptable en una amplia gama de potencias de señal y la magnitud del paso de cuantificación se vuelve más o menos proporcional a la amplitud de la señal. En cambio los sistemas PCM adaptables utilizan un cuantificador lineal cuyo paso se ajusta en el tiempo para que corresponda a las estadísticas a corto plazo de la señal. De hecho, el codificador funciona con una S/D de cresta instantánea.

Una aplicación práctica de la APCM es la compansión casi instantánea (NIC), que es compatible con la PCM de ley A de 13 y 15 segmentos, y con la μ -255.

3.4.3 MODULACIÓN DELTA

Existen varias alternativas a la modulación convencional por pulsos codificados, la mayoría de las cuales producen velocidades binarias inferiores a 64 kbit/s para cada canal de voz, y por lo tanto se conocen comúnmente como codificación a baja velocidad (LRE). Una de ellas es la modulación delta.

La modulación delta es uno de los métodos para codificar una señal analógica, convirtiéndola en un tren de bits digital.

La modulación delta es sólo uno de un grupo de códigos diferenciales, con los cuales se transmite la diferencia entre dos señales, en vez de una serie de muestras de señales codificadas. Aunque la modulación delta tiene algunos usos militares y comerciales, el código diferencial más común que probablemente encontraremos en la mayoría de las estaciones de INTELSAT se llama modulación diferencial adaptable por pulsos codificados (ADPCM).

3.4.4 MODULACIÓN DIFERENCIAL ADAPTABLE POR PULSOS CODIFICADOS (ADPCM).

La ADPCM es un código reconocido por INTELSAT y el UIT-T como método para duplicar, como mínimo, el número de usuarios analógicos en la mayoría de los enlaces digitales, y comúnmente se usa con equipo digital de multiplicación de circuitos.

El principio en que se basa la ADPCM consiste en tomar palabras de ocho bits producidas en forma convencional, que representan muestras codificadas de señales analógicas, y comparar cada una de ellas con una estimación de lo que será esa palabra de ocho bits. La diferencia entre estas dos señales (la real y la estimada) es lo que se transmite. Siempre que la estimación sea suficientemente buena, la diferencia entre ambas palabras de ocho bits será poca. En consecuencia, se necesitan menos de ocho bits para representar cada señal de tráfico.

3.5 MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA (FSK).

La modulación por desplazamiento de frecuencia, es una forma de modulación digital de bajo rendimiento. El FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía, entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua. La expresión general para una señal FSK binaria se muestra en la ecuación:

$$v(t) = V_c \cos \left[\left(w_c + \frac{v_m(t) \Delta w}{2} \right) t \right]$$

donde

$v(t)$ = forma de onda FSK binaria.

V_c = amplitud pico de la portadora no modulada.

W_c = frecuencia de la portadora.

$V_m(t)$ = señal modulante digital binaria.

Δw = cambio en frecuencia de salida.

Con FSK binario, la frecuencia central o de portadora se desplaza, por los datos de la entrada binaria. La salida de FSK se desplaza entre dos frecuencias: una frecuencia de marca o de 1 lógico y una frecuencia de espacio o de 0 lógico. En la modulación digital, la razón de cambio en la entrada del modulador se llama razón de bit y tiene las unidades de bits por segundo(bps). La razón de cambio en la salida del modulador se llama baudio o razón de baudio y es igual al recíproco del tiempo de un elemento de señalización de salida. En la figura 3.5 se muestra una señal de FSK.

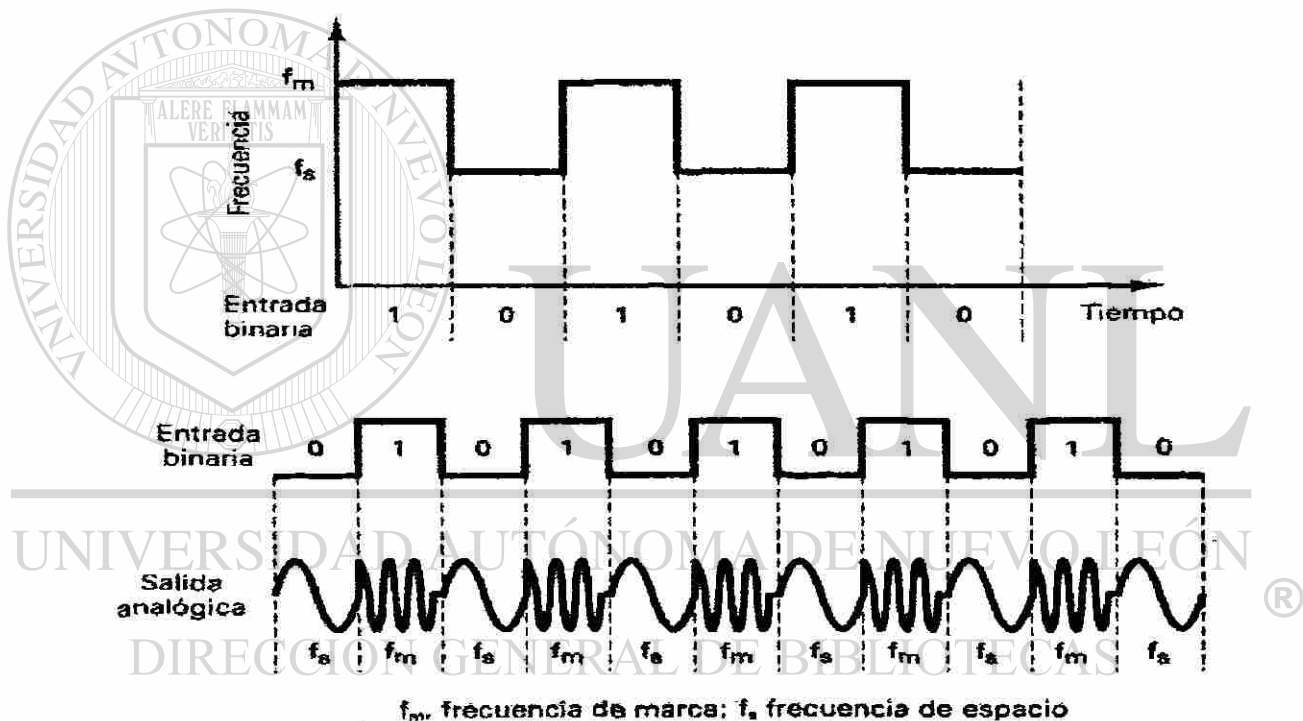


Fig. 3.5 Señal FSK.

3.6 MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FASE (PSK).

La mayoría de las formas de modulación usados en la comunicación de los satélites son los esquemas de M-PSK, donde $M = 2^b$, y donde usualmente es escogido $b \approx 1, 2$ o 3 . En la modulación M-PSK, la información de entrada binaria es primeramente

dividida en bloques de b - bits. Entonces cada bloque es transmitido como uno de los M posibles símbolos, cada uno esta siendo llevado por una señal portadora senoidal teniendo uno de las M posibles valores de fase.

Los más importantes esquemas de modulación M-PSK para satélites de comunicación son los siguientes: BPSK, QPSK y 8-PSK.

3.6.1.PSK BINARIO.

Generalmente referido como BPSK ó 2-PSK, en el cual $M = 2$. En este caso, un dato de entrada binario modula a una amplitud constante y portadora de frecuencia constante en el cual hay dos valores de fase diferidos en 180° representados en un símbolos binarios de 0 y 1 respectivamente. Un símbolo BPSK puede ser escrito

$$s(t) = v(t) (A \cos w_c t)$$

Donde $v(t)$ es una onda de pulso de banda base con no retorno a cero (NRZ) este consiste en un pulso rectangular binario aleatorio tomando valores de -1 o 1 , teniendo un periodo T_s .

3.6.2. CUATRO FASES PSK.

Referido como QPSK (cuadratura de PSK) o 4PSK en el cual la fase de la portadora puede tomar uno de los cuatro valores 45° , 135° -45° o -135° . Cada símbolo transmitido representa 2 bits de entrada y se muestra en la tabla 3.1.

Bits de entrada	Fase de salida
0 0	-135
0 1	-45
1 0	+135
1 1	+45

TABLA 3.1 Tabla de Verdad de QPSK.

En la Figura 3.6 se representa el diagrama fasorial de QPSK.

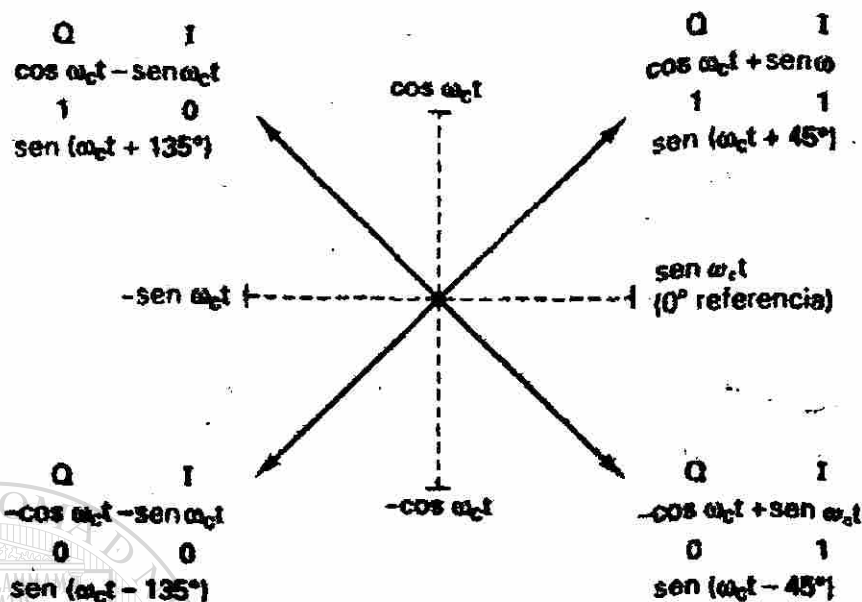


Fig. 3.6 Diagrama Fasorial QPSK

3.6.3. OCHO FASES PSK.

Generalmente denotado como 8-PSK, en el cual el símbolo de la portadora transmitida toma uno de los posibles 8 valores, cada uno representa 3 bits de entrada.

En los esquemas de modulación M-PSK, la conversión de símbolos binarios a ángulos de fase son generalmente hechos usando el código Gray.

La idea esencial de la codificación del código Gray es permitir el cambio de un número binario para asignación de número binario para relacionarlos con ángulos de fase.

Esto minimiza el número de bits de error que resulta de un error de modulación. Esto es cuando el ruido origina un incremento en el error, el más probable tipo de error es aquel en que el receptor digital selecciona un símbolo adyacente para corregirlo.

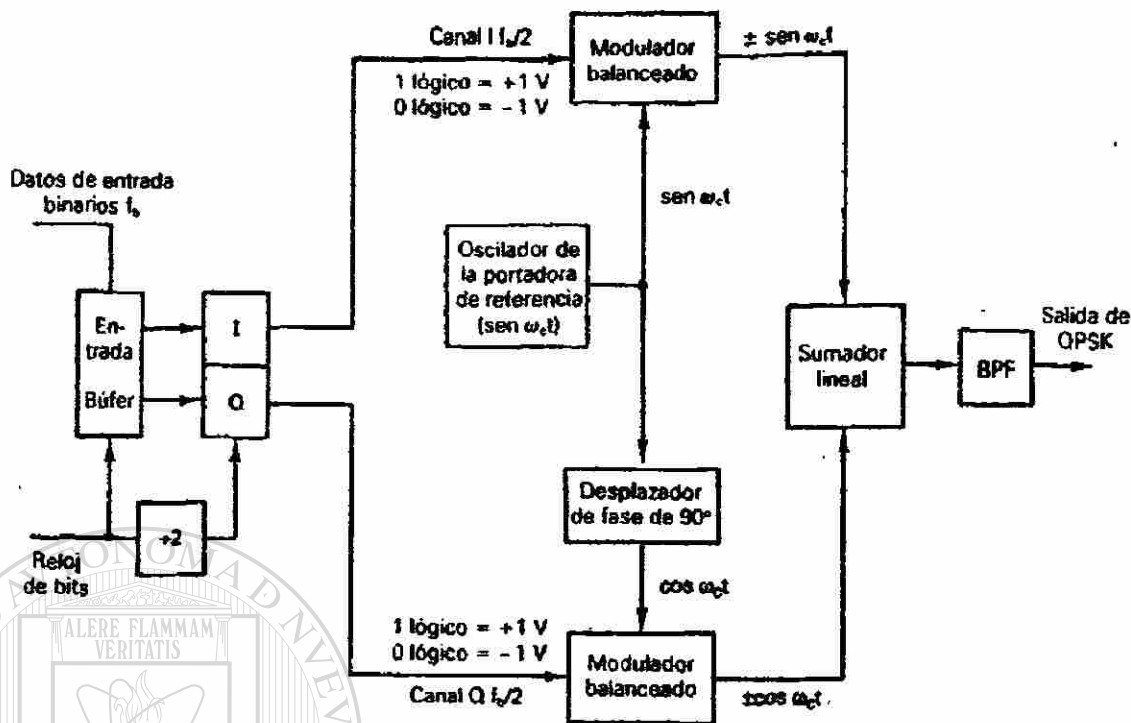


Fig. 3.7 Modulador de QPSK.

La figura 3.7 muestra un diagrama a bloques del modulador en cuadratura. Considerando las funciones requeridas para la modulación QPSK.

El multiplexor convierte la entrada binaria en dos entradas paralelas. La mitad de la señal $V_I(t)$ y $V_Q(t)$ referido como señales I (en fase) y Q (cuadratura)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS 3.7 MODULACIÓN DE AMPLITUD EN CUADRATURA

(QAM)

La Modulación de Amplitud en cuadratura (QAM), es una forma de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

3.7.1. 8 QAM

El QAM de ocho (8-QAM), es una técnica de codificación M-ario en donde $M = 8$. A diferencia del 8-PSK, la señal de salida de un modulador de 8-QAM no es una señal de amplitud constante.

La figura 3.8 nos muestra el diagrama a bloques de un transmisor de 8-QAM, la única diferencia entre el transmisor de 8-QAM y el transmisor de 8-PSK es la omisión del inversor entre el canal C y el modulador de producto Q.

Así como el 8-PSK, los datos que están entrando se dividen en grupos de tres bits: los flujos de bits I, Q, C, cada uno con una tasa de bits igual a un tercio de la tasa de datos que están entrando. Los bits I y Q, determinan la polaridad de la señal PAM, a la salida de los convertidores de nivel 2 a 4, y el canal C determina la magnitud.

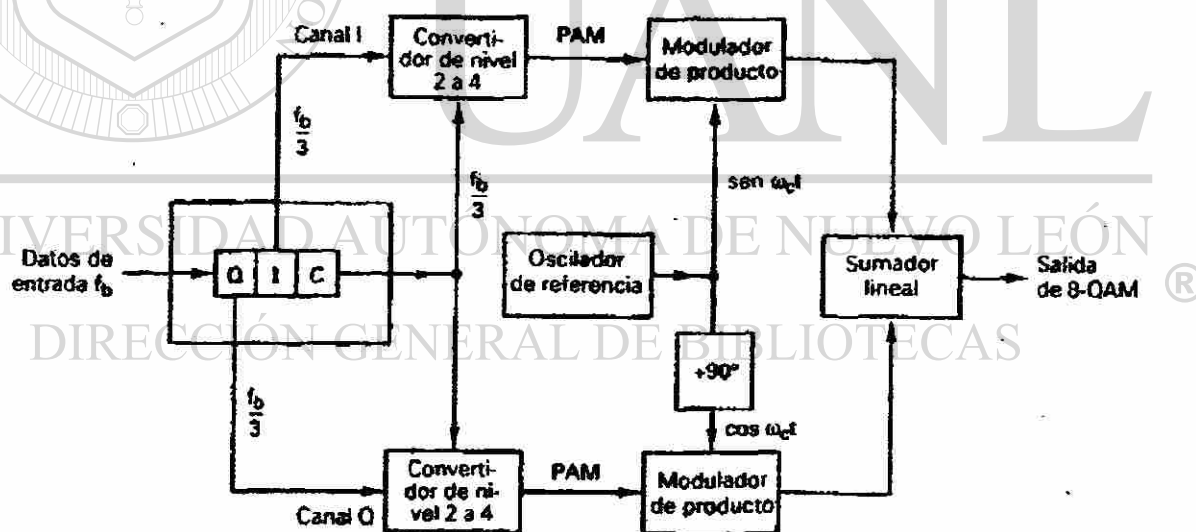


Fig. 3.8 Transmisor de 8 QAM.

Debido a que el bit C se alimenta sin invertir a los convertidores de niveles 2 a canal 4 I/Q, las magnitudes de las señales PAM I/Q, siempre son iguales. Sus polaridades dependen de la condición lógica de los bits I/Q y, por consiguiente, pueden ser diferentes.

Enseguida se muestra la tabla de verdad (Tabla 3.2) para los convertidores de niveles 2 a 4, canal I y Q; son iguales.

I/Q	C	Salida
0	0	-0.541 V
0	1	-1.307 V
1	0	0.541 V
1	1	1.307 V

TABLA 3.2 Tabla de Verdad para Convertidor.

Para los códigos tribit que quedan (001,010,011,100,101,110,111), el procedimiento es el mismo. Los resultados se muestran en la figura 3.9.

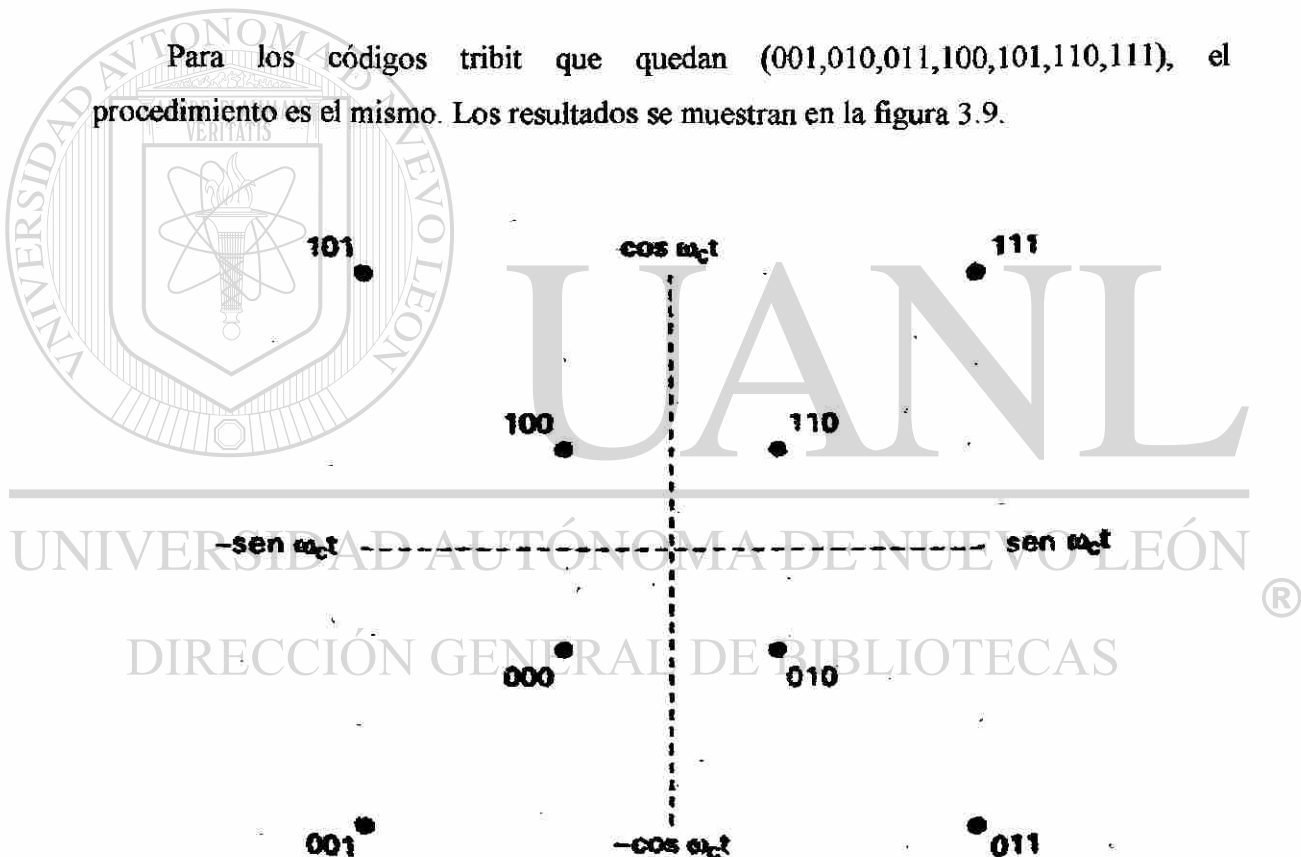


Fig. 3.9 Diagrama de Constelación de 8 QAM.

3.8. TÉCNICAS DE MULTIPLEXAJE DIGITAL.

En las secciones anteriores se explicó la forma en que las señales analógicas se convierten en trenes digitales a 64 kbit/s por medio del filtraje, el muestreo, la cuantificación y la codificación.

También se explicó distintas técnicas de codificación, como la modulación delta, que produce velocidades binarias más bajas. En esta sección analizaremos los principios del multiplexaje.

3.8.1. FDM (MULTIPLEXIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA)

Es una técnica en la cual el espectro de frecuencia se divide en pequeños espectros donde cada usuario posee una banda de frecuencia exclusiva.

3.8.2. TDM (MULTIPLEXIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO)

Es una técnica de multiplexión en la cual los usuarios tienen a su disposición todo el ancho de banda del canal de transmisión pero en un tiempo limitado.

3.8.3. WDM (MULTIPLEXIÓN POR LONGITUD DE ONDA)

Es una técnica exclusiva de fibras ópticas en la cual el usuario tiene un rango en longitud de onda de todo el ancho espectral de emisión de luz

3.9. JERARQUÍAS DIGITALES.

De la misma manera que se combinan grupos en supergrupos a fin de cursar más tráfico en un sistema de una sola portadora analógica, las salidas de los multiplexadores

primarios se combinan en bloques más grandes (a una velocidad binaria mayor) para la transmisión de señales digitales.

3.9.1. JERARQUÍA EUROPEA.

Esta jerarquía, generalmente llamada jerarquía de la CEPT (Conferencia de Administraciones Postales y Telecomunicaciones Europeas), está constituida por bloques fundamentales de multiplexadores primarios de 2,048 Mbit/s, y se ilustra en la Figura 3.10. El procedimiento recomendado por el UIT-T consiste en combinar cuatro de estos bloques de 2 Mbit/s en un tren de datos de 8 Mbit/s. Esto se logra extrayendo un bitio por vez de cada entrada de 2 Mbit/s y agregando señales de alineación de trama a fin de obtener una salida de 8,448 Mbit/s. El multiplexador descrito es de segundo orden. Si se necesita más tráfico, se pueden combinar cuatro de estos bloques de 8 Mbit/s para producir un tren de datos de 34 Mbit/s con un multiplexador de tercer orden, y progresivamente de 140 Mbit/s hasta 565 Mbit/s.

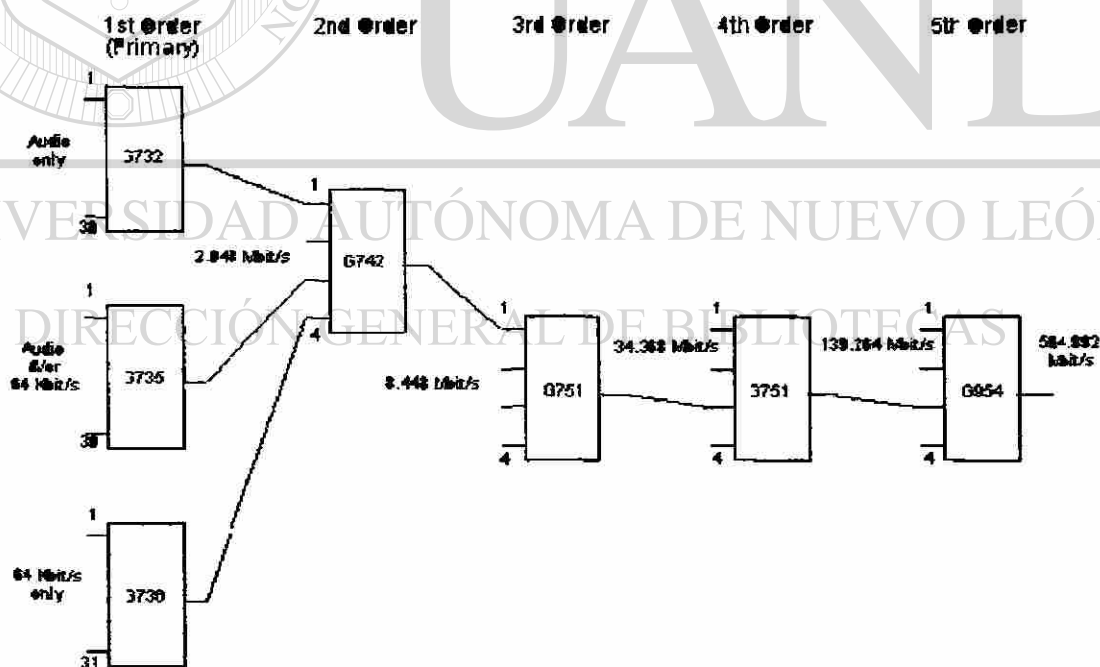


Fig. 3.10 Jerarquía Europea.

3.9.2. JERARQUÍA NORTEAMERICANA

Esta jerarquía, que a menudo se conoce con la sigla NAS (Sistema Norteamericano), utiliza como elemento constitutivo fundamental un multiplexador de 1,544 Mbit/s, que se ilustra en la Figura 3.11.

Con un multiplexador de segundo orden se combinan cuatro de estos trenes primarios, produciendo un tren de 6 Mbit/s. La etapa siguiente del multiplexaje consiste en combinar siete de estos afluentes de 6 Mbit/s en un tren de 45 Mbit/s. (Nota: Con frecuencia, un solo aparato hace todo esto, tomando hasta 28 sistemas de 1,544 Mbit/s y combinándolos para producir un tren de 45 Mbit/s).

Por encima de los 45 Mbit/s, actualmente se tiende a combinar tres para producir un tren de 140 Mbit/s, que entonces es idéntico a la jerarquía de la CEPT.

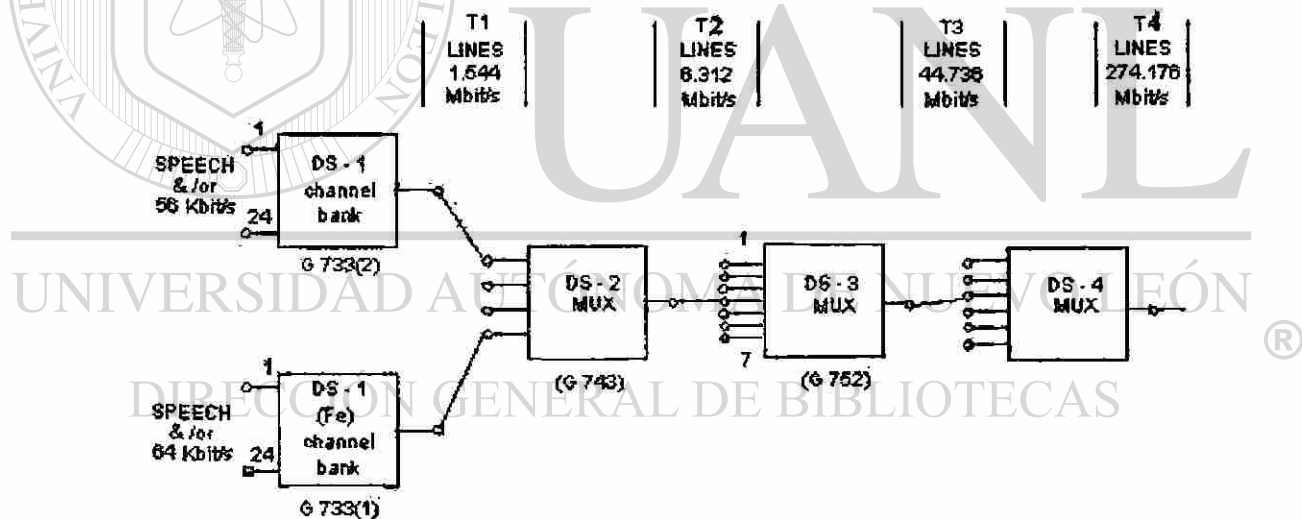


Fig. 3.11 Jerarquía Norteamericana.

3.10. TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE

Los usuarios de una red internacional de telefonía o datos se comunican entre sí en forma aleatoria. Uno de los problemas de las telecomunicaciones consiste en asignar

canales en una forma suficientemente flexible como para que los usuarios dispongan de un canal cada vez que deseen comunicarse.

Con los sistemas de satélite, el ancho de banda disponible para las comunicaciones es muy limitada. Por lo tanto, para utilizar eficientemente la capacidad del transponder, hay que trabajar de punto a multipunto, técnica que se conoce como acceso múltiple. En la figura 3.12 se muestra los esquemas para acceso múltiple: FDMA, TDMA y CDMA.

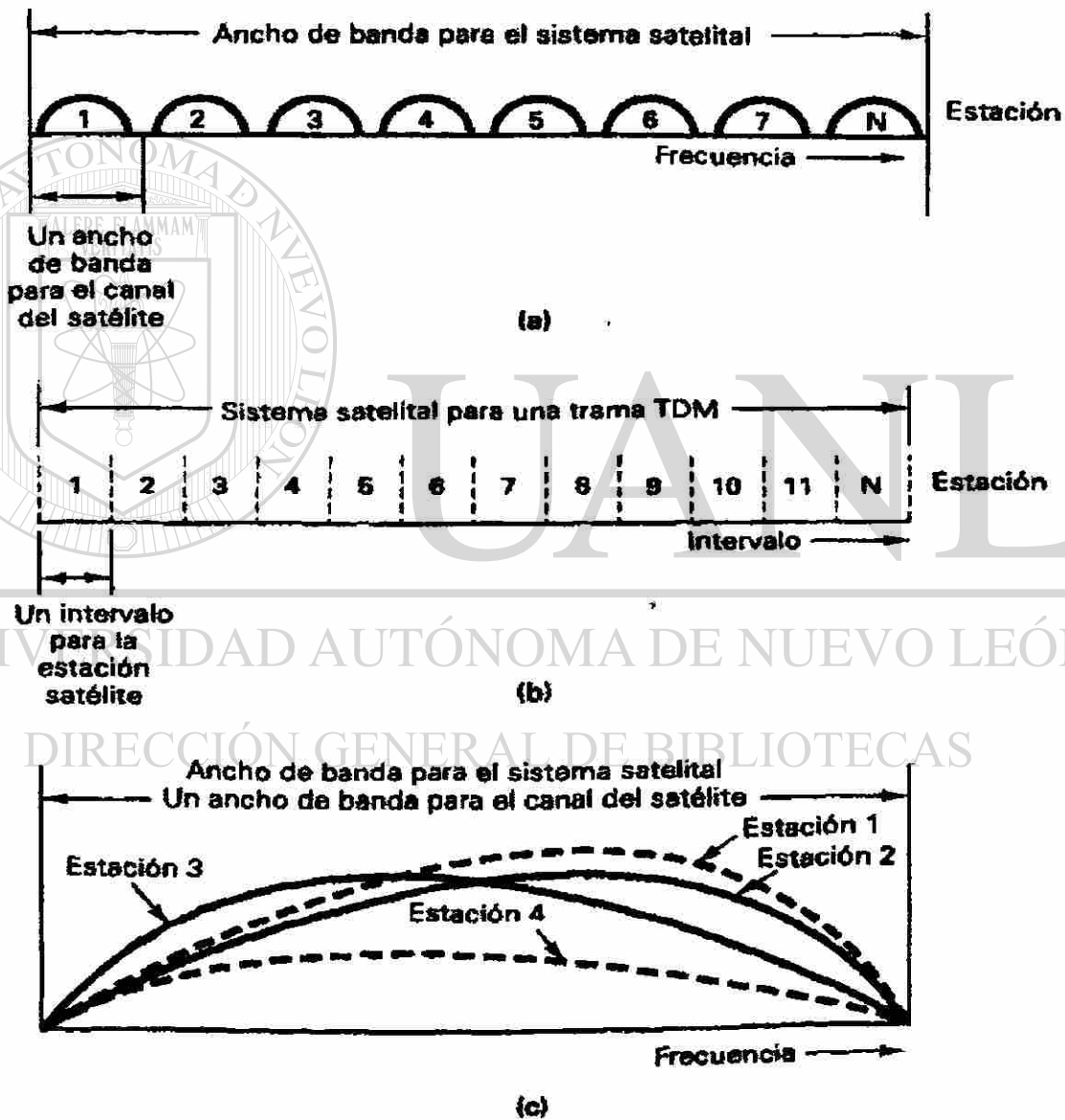


Fig. 3.12 Acceso Múltiple: a) FDMA, b) TDMA y c) CDMA.

3.10.1.FDMA - ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA.

Toda estación terrena que funcione en esta modalidad tiene que transmitir como mínimo una portadora al satélite. Cada portadora contiene tráfico dirigido a distintos destinos dentro de cada región atendida por el satélite. Estas portadoras multicanales tienen su propia frecuencia radiada preasignada en la banda del enlace ascendente. De ahí el nombre de distribución de frecuencias.

En el enlace descendente, cada estación terrena recibe y desmodula distintas portadoras FDMA provenientes de distintos puntos. De la banda base desmodulada se extrae solamente el tráfico destinado a la estación terrena, haciendo caso omiso del resto (ya que está dirigido a otros puntos de destino).

3.10.2.TDMA - ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO.

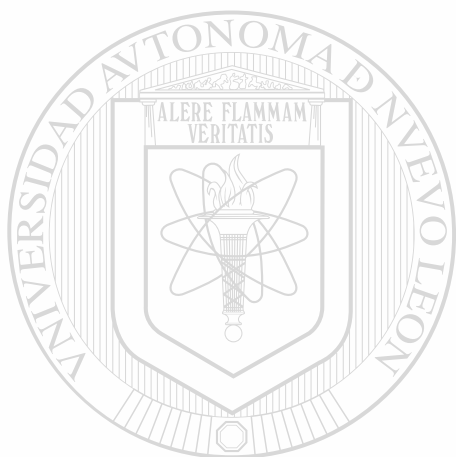
Con el TDMA se resuelve el problema del ruido de intermodulación inherente al funcionamiento en la modalidad FDMA.

El TDMA se caracteriza por la preasignación de un intervalo de tiempo para el acceso. Cada estación terrena usa la misma frecuencia radiada al satélite; por lo tanto, siempre habrá una sola portadora en el transponder para el caso satelital. Como en todo momento siempre hay una sola portadora funcionando, no existe ruido de intermodulación y se puede cursar más tráfico. Cada "intervalo" o "ráfaga" contiene tráfico dirigido a muchos puntos de destino diferentes.

La asignación de "ráfagas" de intervalos de tiempo de las distintas fuentes se efectúa bajo el control de una estación terrena de referencia (que emplea técnicas de computadora complejas), de manera que el sistema es por necesidad complicado.

3.10.3.CDMA - ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO.

También conocida como Acceso Múltiple de Espectro Disperso. Técnica de acceso al satélite mediante la cual la señal es transmitida dentro de un determinado ancho de banda en ciertos periodos de tiempo a través de un código de transformación. CDMA es una forma de espectro expandido de secuencia directa.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

4. ESPECTRO EXPANDIDO.

4.1. CONCEPTO DE ESPECTRO EXPANDIDO.

Las técnicas del sistema de espectro expandido ó disperso, aplicadas en los años recientes, han producido resultados en las comunicaciones, la navegación, y los sistemas de prueba que no eran posibles con los formatos de señales estándares. En muchos usos la llegada de los transistores de alta velocidad y/o de los circuitos integrados son la llave para el equipo basado en la modulación de espectro expandido.

Antes de que procuremos definir un sistema de espectro expandido, estemos seguros que, entendemos qué significa espectro. Cada sistema de transmisión o modulación tiene una forma característica que incluye no solamente la frecuencia en la cual se centra la señal, si no también el ancho de banda de la señal cuando es modulada por la forma de onda de la señal prevista.

Espectro, es la representación del dominio de la frecuencia de la señal y, para nuestros propósitos, especialmente la señal modulada. Por lo regular las señales son presentadas en el dominio de tiempo (es decir, como funciones del tiempo).

Cualquier señal, sin embargo, puede también ser presentada en el dominio de la frecuencia, y la transformada (con operadores matemáticos) está disponible para convertir la función en el dominio de la frecuencia o de tiempo a partir de un dominio a otro y regresar otra vez.

El más básico de estos operadores es la transformada de Fourier, para cual la relación entre el dominio del tiempo y la frecuencia es definida por la ecuación 4.1:

$$F(f) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \exp - j\omega t dt \quad \text{Ec.4.1}$$

la cual transforma una función conocida del tiempo a una función de frecuencia. La ecuación 4.2 que representa la función inversa.

$$F(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\omega) \exp j\omega t d\omega \quad \text{Ec.4.2}$$

La transformada de Fourier no existe para algunas funciones porque ellas requieren la existencia de la integral (ecuación 4.3):

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t) dt \quad \text{Ec.4.3}$$

Por lo tanto la mayoría de las señales no continuas frecuentemente pueden ser transformadas por medio de la integral de Laplace (ecuación 4.4):

$$L(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \exp - st dt \quad \text{Ec.4.4}$$

En la figura 4.1 se muestra algunas de las transformadas de Fourier que son las más importantes en nuestras consideraciones de los sistemas de espectro expandido.

Literalmente, un sistema de espectro expandido es uno en el cual la señal transmitida se extiende por un ancho de banda, mucho más amplio, en realidad, que el ancho de banda mínimo requerido para transmitir la información que es enviada. Una

señal de voz, por ejemplo, puede ser enviada con modulación en amplitud en un ancho de banda solamente el doble de la información misma. Otras formas de modulación, tales como desviación baja FM o banda lateral única AM, también permite que la información sea transmitida en un ancho de banda comparable al ancho de banda de la información misma.

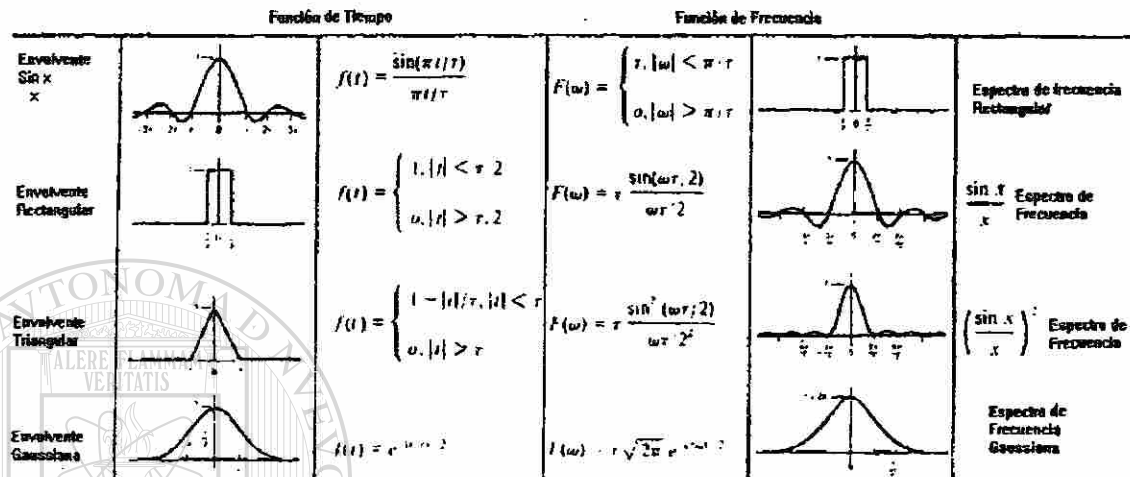


Fig. 4.1 Transformadas de Fourier.

Un sistema de espectro expandido, por otra parte, toma a menudo una señal de banda base (decir un canal de voz) con un ancho de banda de solamente de unos cuantos kilohertz, y la distribuye sobre una banda que pueden ser muchos megahertz de ancho. Esto es realizado modulando la información que se enviará junto con una señal de ancho de banda codificada.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tres tipos generales de técnicas son aceptados como ejemplos de métodos de espectro expandido:

1. Modulación de una portadora por código de secuencia digital cuya razón de chip es mucho más alta que el ancho de banda de la señal de información. Tales sistemas son llamados sistemas modulados de "secuencia directa".

2. Frecuencia portadora cambiando en incrementos discretos en un patrón dictado por un código de secuencia. Éstos son llamados "salto de frecuencia". El transmisor salta de frecuencia a frecuencia dentro de un cierto sistema predeterminado; la orden del uso de la frecuencia es determinada por un código de secuencia.

3. Pulso FM o modulación “Chirp” en la cual una portadora es barrida sobre un ancho de banda durante un intervalo de pulso dado.

En la figura 4.2 se muestra los espectros de frecuencia típicos de los sistemas de secuencia directa y salto de frecuencia. Estos espectros son a menudo cientos de megahertz de ancho, donde las señales convencionales se limitan generalmente a anchos de banda en el rango de 10-100 kilohertz.

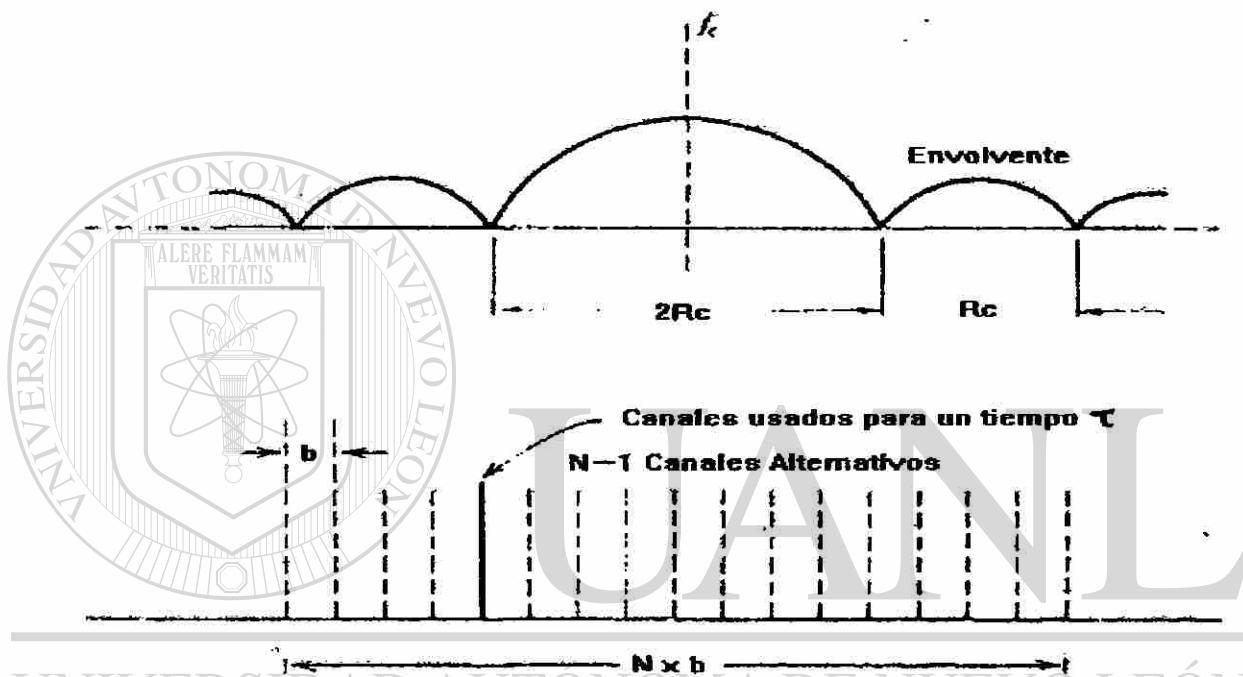


Fig. 4.2 Espectros de Frecuencia Típicos de Secuencia Directa y Salto de frecuencia. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La base de la tecnología de espectro expandido es expresada por C. E. Shannon en la forma de capacidad de canal(ecuación 4.5):

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad \text{Ec.4.5}$$

Donde

C = capacidad en bits por segundo,

W = ancho de banda en hertz,

N = Potencia de ruido,

S = Potencia de la señal.

La ecuación 4.5 muestra la relación entre la capacidad de un canal para transferir la información sin error, comparada con la razón señal a ruido existente en el canal, y el ancho de banda usado para transmitir la información.

Un sistema de espectro expandido, entonces, debe resolver dos criterios:

1. El ancho de banda transmitido es mucho mayor que el ancho de banda o razón de la información enviada.
2. Alguna función diferente a la información que es enviada debe ser empleada para determinar el ancho de banda resultante.

Ésta es la esencia del espectro expandido en la comunicación, el arte de expandir el ancho de banda de la señal, transmitiendo esta señal expandida, y recuperando la señal deseada por "re-mapeando" el espectro expandido recibido dentro del ancho de banda de la información original. Además, en el proceso es posible permitir al sistema entregar la información libre de error en una señal en ambiente ruidoso.

En un mundo rodeado por un espectro limitado de RF para satisfacer las demandas cada vez mayores de los sistemas militares, comerciales y los usuarios privados, la pregunta "porqué espectro expandido" ciertamente se considera válida. Para sistemas de espectro expandido son muchas razones para empezar a tener usos. Algunas de las características que pueden ser citadas son las siguientes:

1. Capacidad de dirección selectiva.
2. Multiplexación por división de código es posible para el acceso múltiple.
3. Espectros de potencia de baja densidad para ocultar la señal.
4. Mensajes ocultos.
5. Sonido de alta resolución.
6. Rechazo de interferencia.

Estas características vienen como resultado del formato de código de señal y del ancho de banda amplio de la señal que resulta. Un solo receptor o grupo de receptores puede ser seleccionados para asignar un código dado de referencia, mientras otros dan

un código diferente. La dirección selectiva puede entonces ser tan simple como transmitir la modulación de secuencia de código apropiada.

En la figura 4. 3 se muestra la diferencia en la densidad de potencia de una señal continua no modulada y la de espectro expandido de una señal típica de secuencia directa.

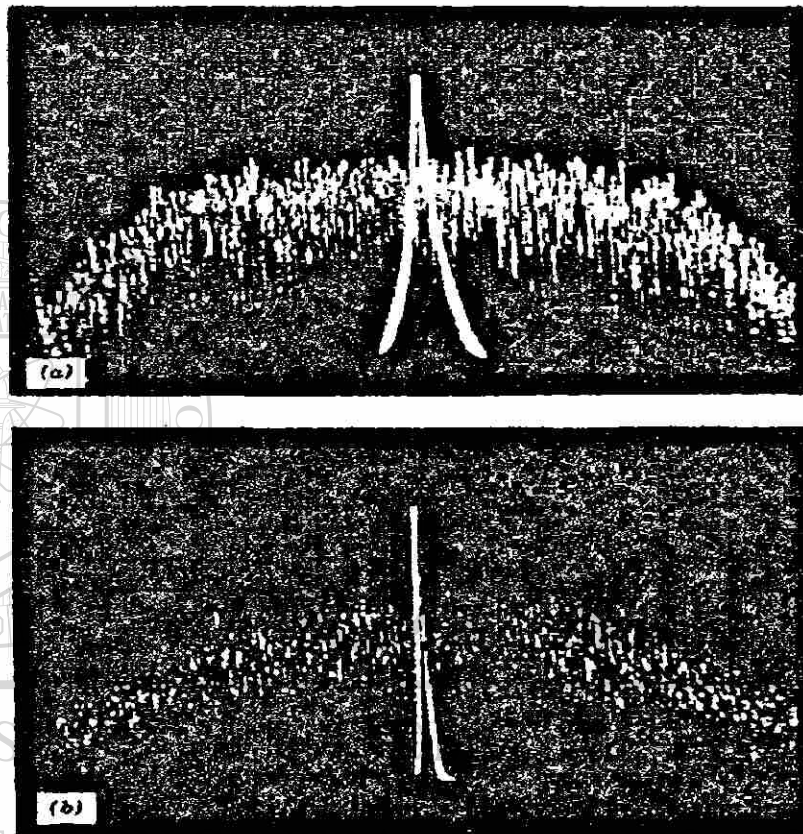


Fig. 4.3 Densidad de Potencia de a)Señal Continua no Modulada y b)Secuencia Directa.

4.1.1 GANANCIA DE PROCESAMIENTO Y MARGEN DE INTERFERENCIA.

El parámetro más común utilizado para describir o especificar el sistema de espectro expandido es la ganancia de procesamiento (G_p). La ganancia de procesamiento es calculada con facilidad, si el ancho de banda empleado en un sistema y índice de información es conocido.

La ganancia de procesamiento que debe ser considerada aquí es una personificación de dicho teorema, en la que la señal es expandida y la ganancia de procesamiento producida por la expansión y “des-expansión” es igual a la razón del ancho de banda de RF entre el ancho de banda de la información usados para enviarla.

En el procesador de espectro expandido la ganancia de procesamiento disponible se puede estimar por la ecuación 4.6:

$$G_p = \frac{BW_{RF}}{R_{info}} \quad \text{Ec.4.6}$$

donde el ancho de banda de RF (BW_{RF}) es el ancho de banda de la señal transmitida de espectro expandido y índice de información (R_{info}) es la razón de datos en el canal de banda base de información.

Margen de interferencia es la cantidad que es generalmente usada con objeto de especificar el sistema de espectro expandido, pero es menos fácilmente predecible el ancho de banda de la información y de la razón de información. Uno puede estar seguro, sin embargo, que el margen de interferencia en cualquier sistema dado es siempre menos que la ganancia de procesamiento disponible de ese sistema.

El margen de interferencia toma en cuenta el requerimiento para una razón señal a ruido útil para la salida del sistema y permite pérdidas internas, esto se representa en la ecuación 4.7 (cuando es expresado en dB),

$$M_j = G_p - \left[L_{sys} + \left(\frac{S}{N} \right)_{out} \right] \quad \text{Ec.4.7}$$

donde

L_{sys} = pérdidas del sistema implementado.

$(S/N)_{out}$ = razón señal a ruido en la salida de información.

A continuación se describen las dos principales técnicas de espectro expandido, secuencia directa y salto de frecuencia; así como salto de tiempo, sistemas de pulso FM(chirp) y las formas híbridas.

4.2 ESPECTRO EXPANDIDO DE SECUENCIA DIRECTA (DSSS).

Los sistemas de secuencia directa (o para ser más exactos, portadora modulada directamente, modulación de código de secuencia) son los mejor conocidos y los más extensamente usados de los sistemas de espectro expandido. Esto es debido a su relativa simplicidad desde el punto de vista que no requieren una alta velocidad, o un sintetizador de frecuencia de ajuste rápido.

La modulación de secuencia directa, es exactamente la modulación de una portadora por un código de secuencia. En el caso general, el formato puede ser AM (pulso), FM, o cualquier otra forma de modulación de amplitud o ángulo. Muy común, sin embargo, es la modulación por desplazamiento de fase binaria 180° , aunque la razón para esto pueda no ser inmediatamente obvia. La forma básica de la señal de secuencia directa es producida por una simple portadora modulada en bifase (PSK). Un espectro típico de este formato de señal se muestra en la figura 4.4.

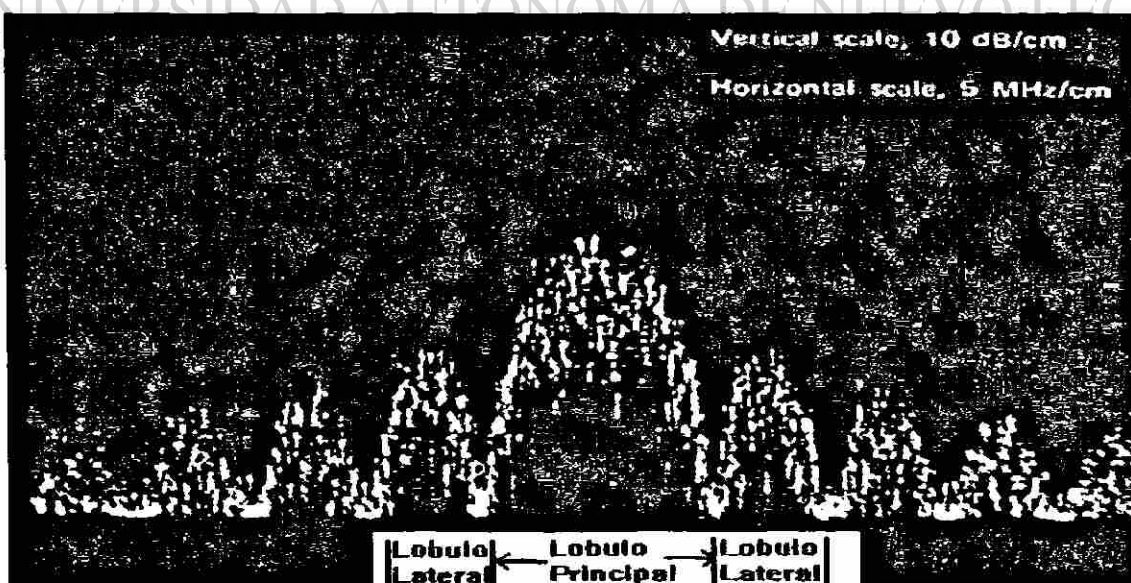


Fig.4.4 Espectro Típico de Secuencia Directa.

El ancho de banda del lóbulo principal (nulo a nulo) de la señal mostrada es dos veces la frecuencia de reloj del código de secuencia usado como señal de modulación. Cada uno de los lóbulos laterales tiene un ancho de banda de nulo a nulo que es igual a la frecuencia de reloj; es decir, si el código de secuencia que es utilizada como una forma de onda de modulación tiene una razón de operación de 5 Mcps(cps= chips por segundo), el ancho de banda nulo a nulo del lóbulo principal es 10 MHz y cada lóbulo lateral es 5 MHz de ancho. Esto es exactamente el caso en la figura 4.4.

Típicamente, el modulador bifásico de secuencia directa tiene la forma mostrada en la figura 4.5, donde un mezclador balanceado cuyas entradas son un código de secuencia y una portadora de RF funciona como el modulador bifásico.

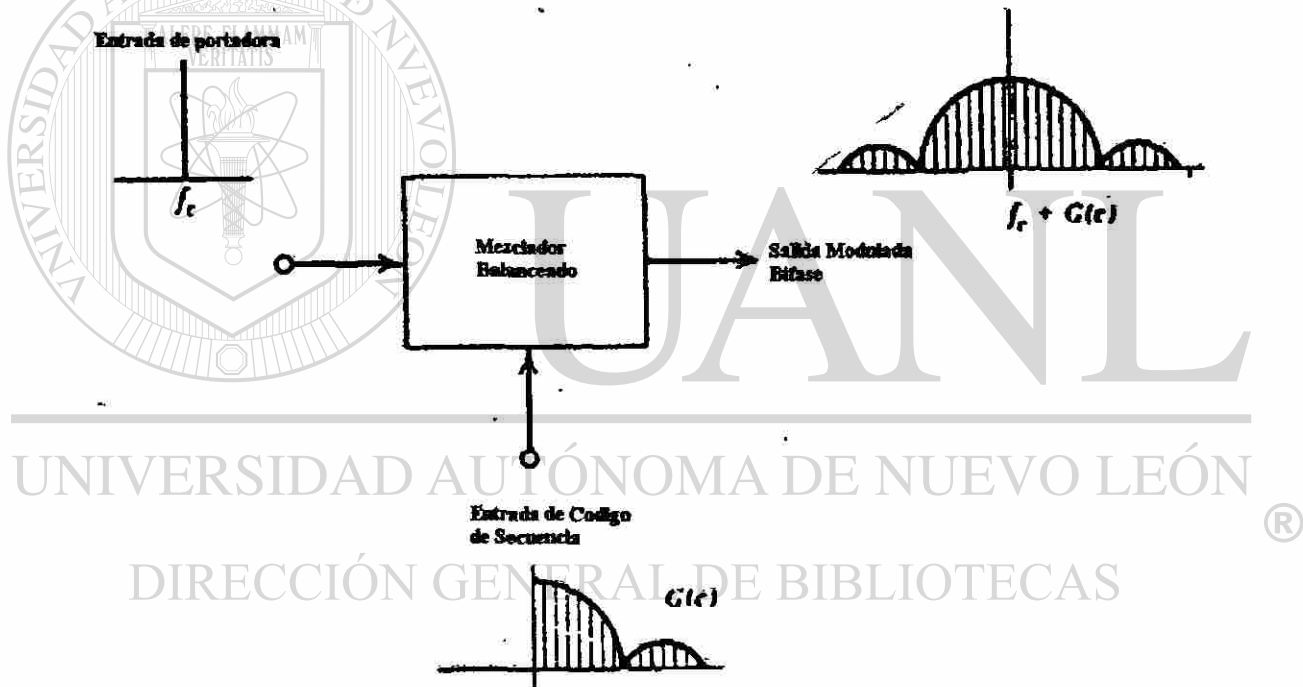


Fig. 4.5 Modulador Bifásico de Secuencia Directa.

En la figura 4.6 se muestra la señal portadora modulada bifase en el dominio del tiempo

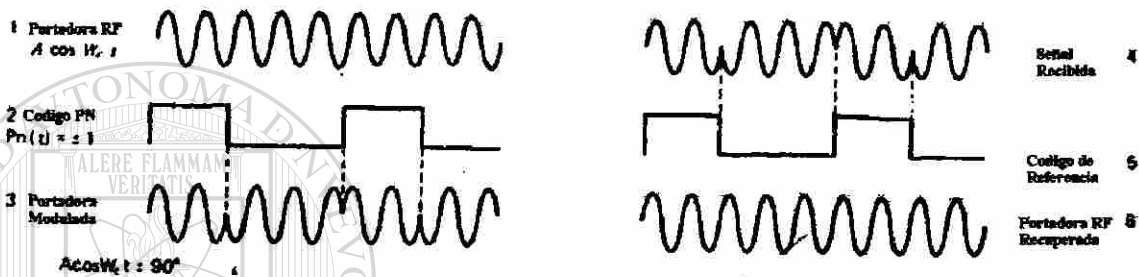
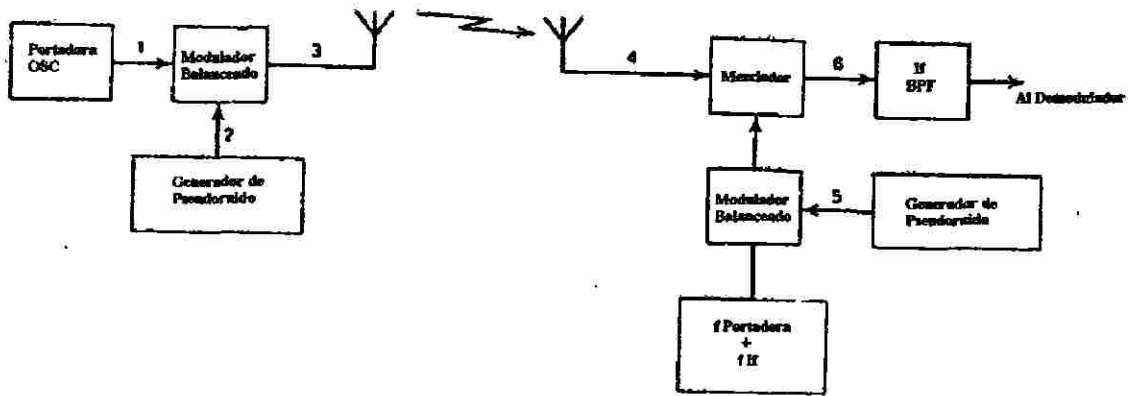


Fig. 4.6 Sistema de Secuencia Directa.

Es útil notar que, aunque otras formas de modulación tales como PAM pueden ser usadas, la modulación balanceada es la más común en sistemas de secuencia directa.

Esto es verdad por varias razones:

1. La portadora suprimida producida es difícil de detectar sin recurrir a métodos algo sofisticados. En la figura 4.7 se muestra una señal típica de secuencia directa con supresión de portadora. Es obvio que un receptor convencional no puede ser útil para detectar la portadora aquí porque está debajo del nivel de ruido producido por la modulación de código. Para la comparación, en la figura 4.8 se muestra el mismo modulador pero sin el balance de portadora; por lo tanto, la portadora mas larga no es suprimida.

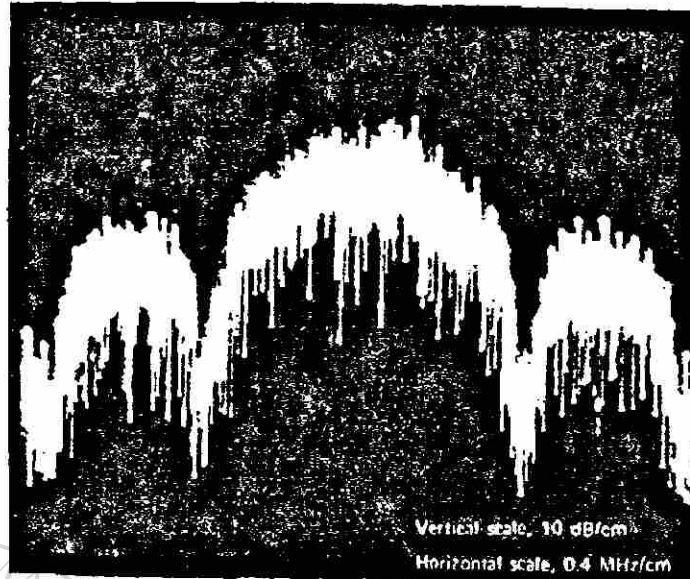


Fig. 4.7 Señal de Secuencia Directa.

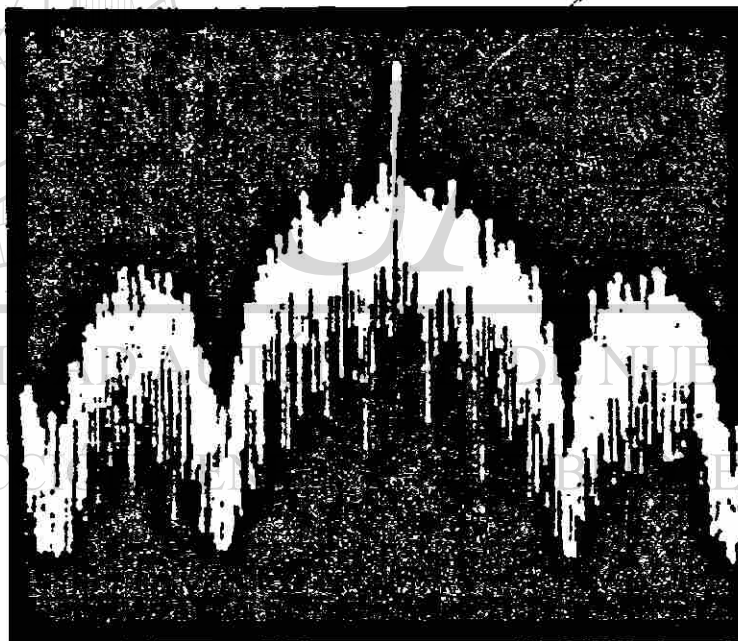


Fig. 4.8 Secuencia Directa sin Balance de Portadora.

2. Más energía está disponible para enviar la información útil porque la potencia transmitida se utiliza para enviar solamente la señal de código producida.

3. La señal tiene un constante nivel envolvente (excepción de AM secundario) para que la potencia eficiente transmitida sea maximizada para el ancho de banda usado.

En la modulación PAM una portadora sería un pulso modulado por un código como se muestra en la figura 4.9. Esto produce un espectro similar a $[(\sin x) / x]^2$ pero carece de potencia efectiva en el receptor. Así para algunos rangos de operación una potencia de pico más alta puede ser necesaria. PAM tampoco no tiene una portadora suprimida.

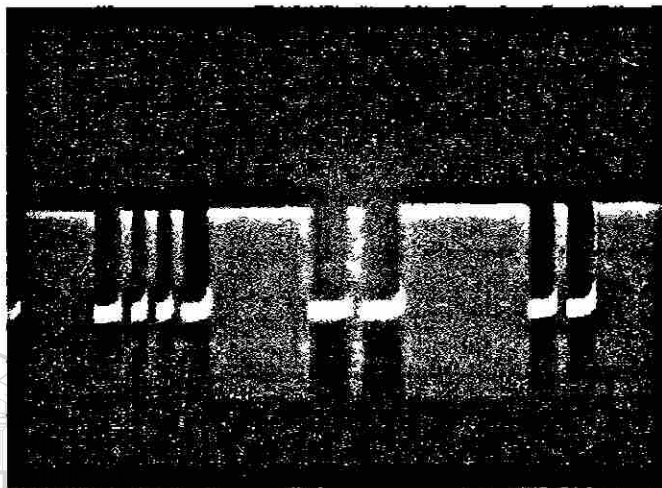


Fig. 4.9 Modulación PAM.

4.3 ESPECTRO EXPANDIDO DE SALTO DE FRECUENCIA (FHSS).

Modulación “ Salto de frecuencia” es más precisamente el termino “multifrecuencias, código de selección por multifrecuencias por corrimiento de frecuencia. No es más que FSK (modulación por desplazamiento de frecuencia), excepto que el juego de frecuencias a seleccionar es muy amplio. El FSK a menudo usa solamente dos frecuencias; para ejemplo f_1 se envía para significar una “marca”, f_2 para significar un “espacio”.

Salto de frecuencia, de otra manera, tiene a menudo millares de frecuencias disponibles. Un sistema real tiene 2 frecuencias discretas disponibles, aleatoriamente elegidas, cada una seleccionada en base de un código en combinación con la información transmitida. El número de frecuencias seleccionadas y el índice de salto de frecuencia a frecuencia en cualquier salto de frecuencia es determinado por los requisitos puestos en él para un uso particular.

Un sistema de salto de frecuencia consiste básicamente de un generador de código y un sintetizador de frecuencia capaz de responder al código de salida de un generador de código. El gran reparto de esfuerzo tiene que ser utilizado en el desarrollo en sintetizadores de frecuencia de rápida repuesta para sistemas de espectro expandido.

Idealmente, la salida instantánea de salto de frecuencia es una sola frecuencia. Prácticamente, sin embargo, el usuario del sistema debe estar satisfecho con un espectro de salida que sea un compuesto de frecuencias deseadas, bandas laterales generadas por saltos, y de frecuencias parásitas generadas por productos.

En la figura 4.10 se muestra un diagrama de bloques simplificado de un sistema de transmisión de salto de frecuencia.

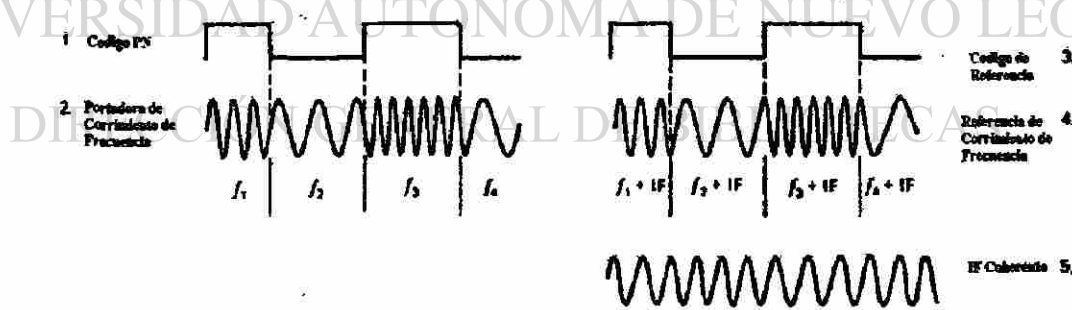
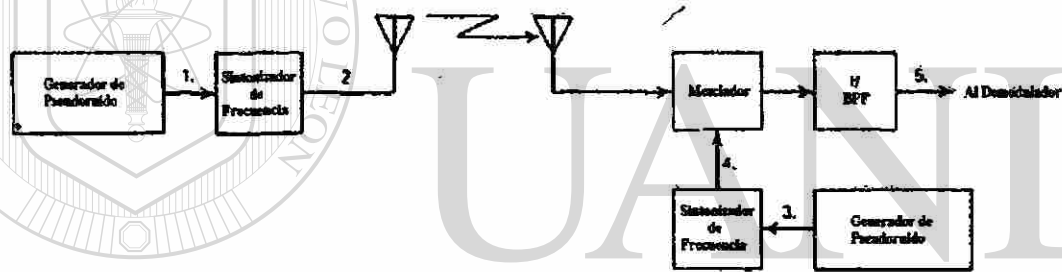


Fig. 4.10 Sistema de Salto de Frecuencia.

El espectro de salto de frecuencia es mostrado en la figura 4.11.

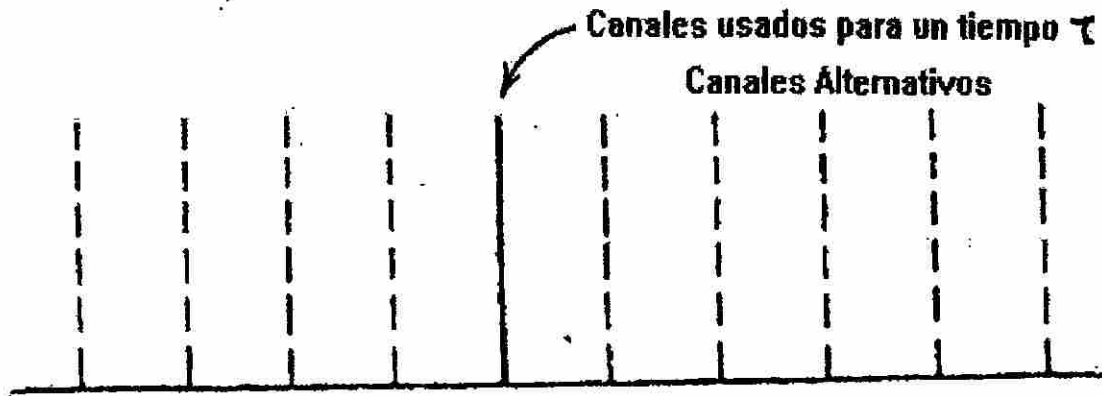


Fig. 4.11 Espectro de Salto de Frecuencia.

Durante un periodo de tiempo, el espectro ideal de salto de frecuencia puede ser perfectamente rectangular, con transmisiones distribuidas uniformemente en cada canal de frecuencia disponible. El transmisor se debe también diseñar para transmitir, a un grado tan cerca como práctico, la misma cantidad de potencia en cada canal.

En la figura 4.12 se muestra un espectro ideal de salto de frecuencia. Este particular espectro puede ser visto de una salto de frecuencia de banda angosta (se muestran solamente 28 frecuencias), de modo que el nivel de salida es plano sobre la banda de salida.

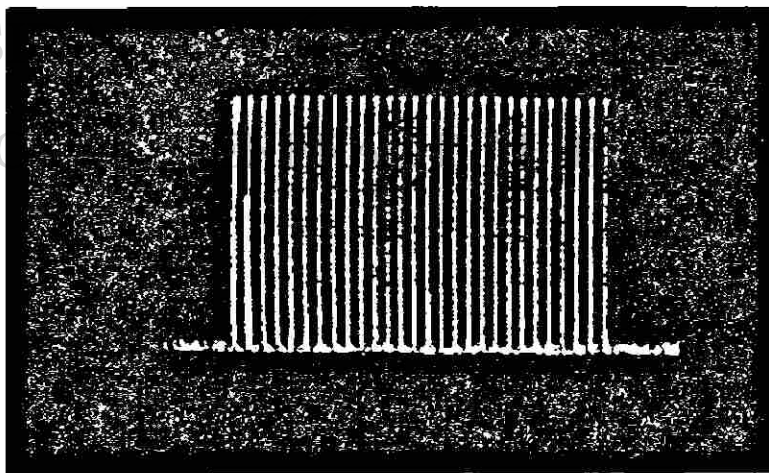


Fig. 4.12 Espectro Ideal de Salto de Frecuencia.

La razón mínima de conmutación de frecuencia usada en un sistema de salto de frecuencia, es determinada por diferentes parámetros:

1. El tipo de información que es enviada y su razón.
2. La cantidad de redundancia usada.
3. Distancia al potencial de interferencia más cercano.

La información en un sistema de salto de frecuencia puede ser transmitida con cualquier manera disponible para otros sistemas. Generalmente, sin embargo, alguna forma de señal digital es usada.

Un sistema de salto de frecuencia debe tener un alto número de frecuencias usadas en demanda. El número requerido es dependiente del rango de error del sistema.

La razón de error para un sistema de salto de frecuencia, en el cual nosotros asumimos que la redundancia binaria FSK es usada (f_a = marca, f_b =espacio) puede ser aproximado por la ecuación 4.8 para la extensión binomial acumulativa:

$$P_e = \sum_{x=r}^c \binom{c}{x} p^x q^{c-x} \quad \text{Ec.4.8}$$

donde

p = probabilidad de error para una sola prueba = J/N ,

J = el número de canales de interferencia,

N = el número de canales disponibles para la salto de frecuencia,

q = probabilidad de ningún error para una sola prueba = $1 - p$

C = el número de chips(frecuencias enviadas por bit de información).

r = el número de decisiones incorrectas de chip necesarias para causar un error de bit.

4.4 SALTO DE TIEMPO(TH).

El salto de tiempo, en otras palabras, es la conocida modulación de pulsos; esto es, la secuencia de código es usada para afinar el transmisor por intervalos, como en la figura 4.13. Los tiempos por intervalos del transmisor son por lo tanto pseudo aleatorios, como el código, que puede dar una transmisión promedio de ciclo obligado de tanto como 50%. Esta forma de señal, como modulación de espectro expandido, encuentra su mayor aplicación en combinación de salto de frecuencia en sistemas RACEP desarrollados por Martín Marietta Corp.

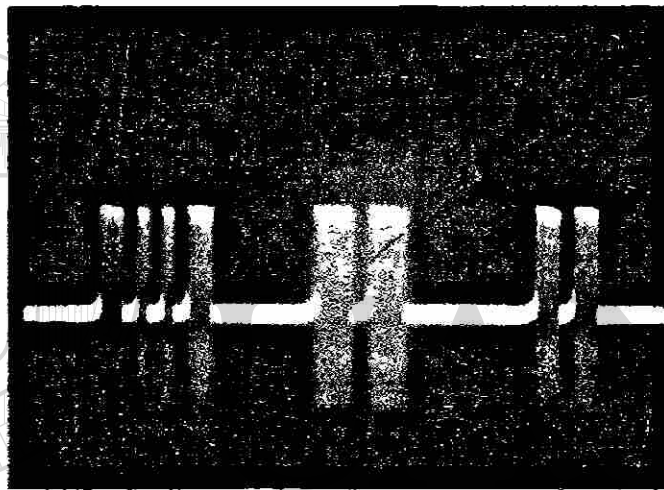


Fig. 4.13 Espectro de Salto de Tiempo.

El punto fino de la diferencia que separa tiempo-frecuencia y la salto de frecuencia es sencillo, es que en los sistemas de salto de frecuencia la frecuencia transmitida se cambia en cada tiempo de código chip, mientras que un sistema de salto de frecuencia puede cambiar la frecuencia y/o amplitud solamente en las transiciones de uno/cero en el código de secuencia.

En la figura 4.14 se muestra un sistema de salto de tiempo en forma de bloque. La simplicidad del modulador es obvia. Cualquier fuente de señal de pulso modulado capaz de seguir la forma de onda de código es elegible para un modulador de salto de tiempo.

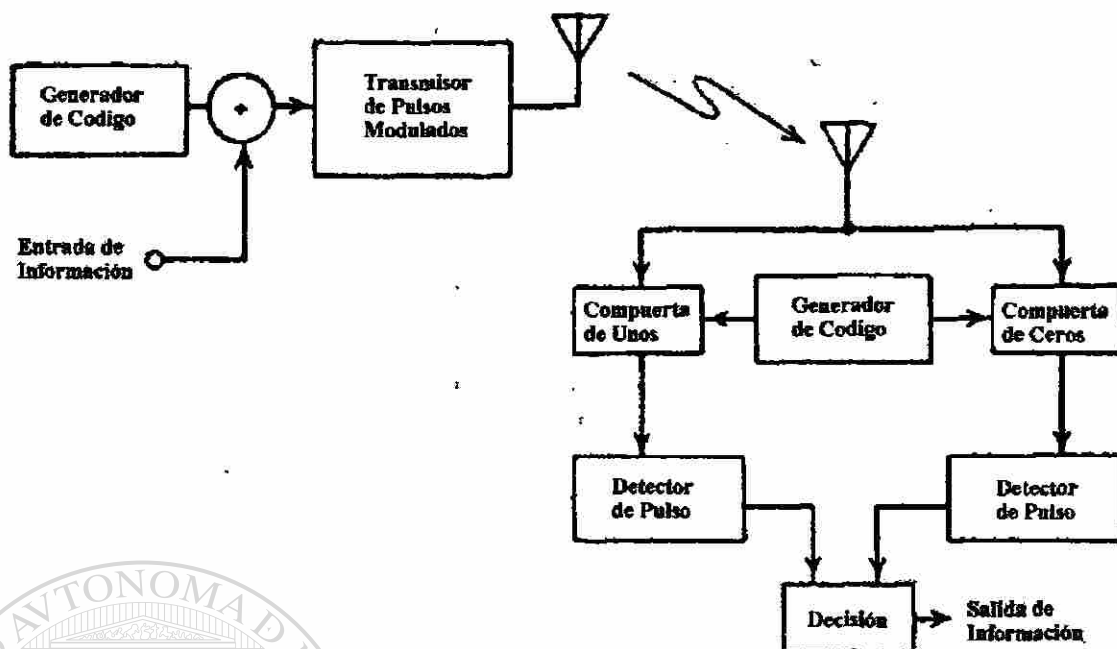


Fig.4.14 Sistema de Salto de Tiempo.

El salto de tiempo puede ser usado para ayudar en la reducción de interferencia entre los sistemas de multiplexación en división del tiempo.

4.5 SISTEMAS DE PULSO FM (CHIRP).

Tipo de modulación de espectro expandido que no emplea necesariamente la codificación sino utiliza un ancho de banda más amplia que el mínimo requerido de modo que pueda realizar la ganancia de procesamiento es la modulación "Chirp". Esta forma ha encontrado su uso principal en el radar, pero es también aplicable a las comunicaciones. Las transmisiones chirp son caracterizadas por señales pulsadas de RF cuyas frecuencias varían de una cierta manera conocida durante cada período del pulso. La ventaja de estas transmisiones para radar es que la reducción significativa de la potencia es posible. El receptor usado para señales chirp es un filtro equilibrado, iguala la razón de cambio angular de la señal de barrido de frecuencia transmitida. La codificación no se utiliza normalmente con este tipo de filtro equilibrado.

La señal de barrido de frecuencia transmitida de la señal chirp es justamente producida por un generador de barrido común de laboratorio, porque la mayoría de los sistemas chirp utilizan un patrón lineal de barrido. Cualquier patrón, conveniente al requerimiento de un filtro del receptor equilibrado debe ser construido. Aquí, sin embargo, consideramos solamente las señales barridas lineales. En la figura 4.15 se ilustra las formas de onda típicas que existen en un sistema Chirp.

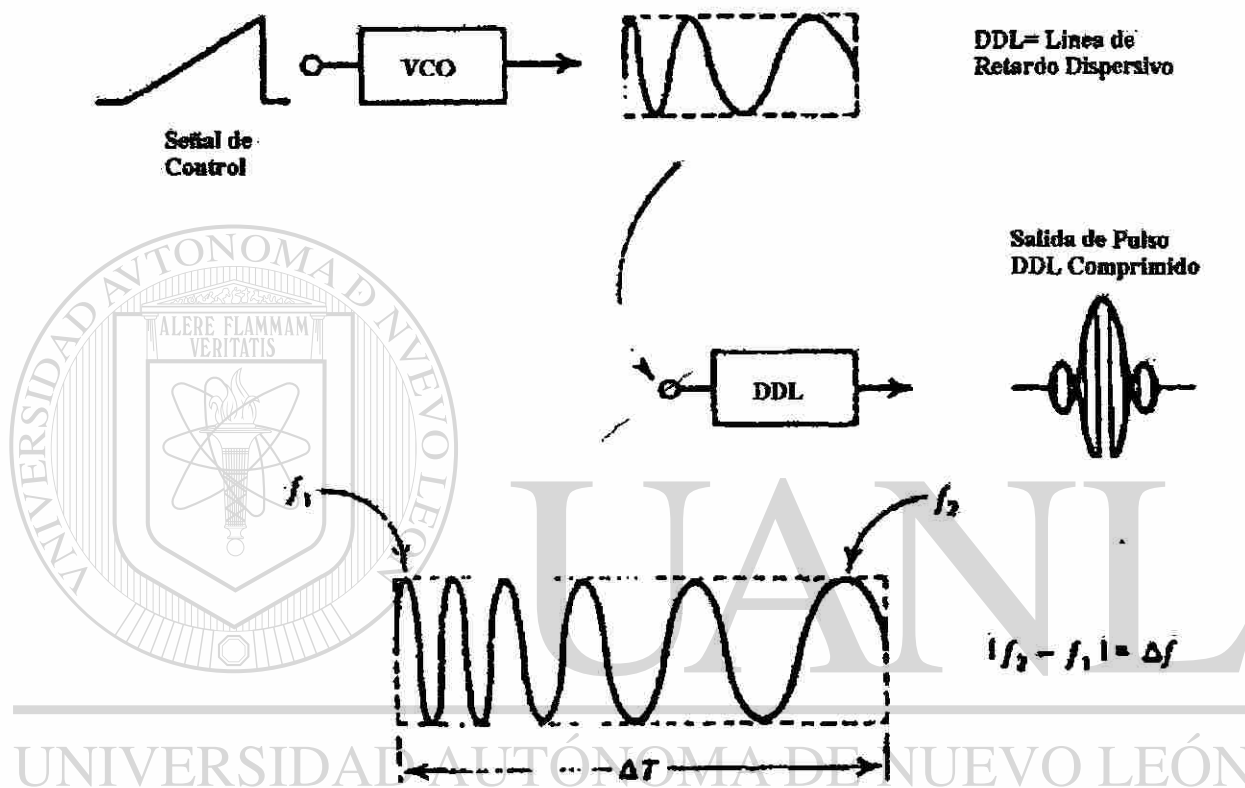


Fig. 4.15 Formas de Ondas Típicas del Sistema Chirp.

4.6 FORMAS HÍBRIDAS.

Además de las formas más usuales de modulación de espectro expandido, hay combinaciones híbridas de modulación que ofrecen ciertas ventajas, o amplía por lo menos la utilidad de las técnicas de secuencia directa y salto de frecuencia. Las más frecuentes combinaciones usadas (o híbridos) de señales de espectro expandido se componen:

- 1) Modulación simultánea de salto de frecuencia y secuencia directa

- 2) Salto de tiempo y frecuencia simultaneo
- 3) Modulación simultanea de salto de tiempo y secuencia directa.

La ventaja en combinar dos métodos de modulación de espectro expandido es generalmente que las características pueden ser proporcionadas cuando no son disponibles de un solo método de modulación.

4.6.1 MODULACIÓN DE SALTO DE FRECUENCIA / SECUENCIA DIRECTA.

La modulación de salto de frecuencia / secuencia directa (FH/DS) consiste en una señal modulada de secuencia directa cuyo centro de frecuencia salta periódicamente. En la figura 4.16 se ilustra el espectro de frecuencia de tal modulador. La señal de espectro expandido mostrada se compone de un número de señales de espectro expandido. Una señal de secuencia directa cubriendo una parte de la banda aparece instantáneamente, y la señal entera de DS aparece en otras partes de la banda según lo dictado por el patrón de salto de frecuencia.



Las señales híbridas de FH/DS se utilizan por varias razones:

- Para ampliar la capacidad del espectro expandido.
- Para el acceso múltiple y la dirección discreta.
- Para multiplexar.

Los transmisores híbridos de FH/DS son superposiciones directas de la modulación de secuencia directa en un portador de salto de frecuencia, según lo

mostrado en la figura 4.17. Este modulador se diferencia de un modulador de secuencia directa simple principalmente en que la frecuencia portadora está variando (saltado).

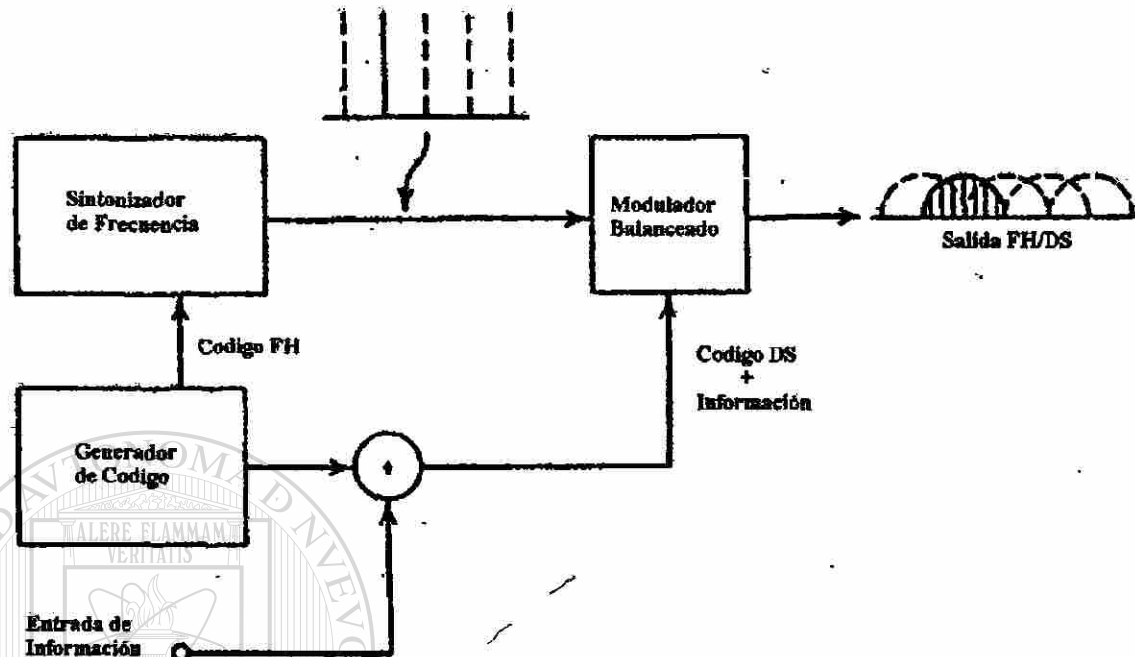


Fig. 4.17 Transmisor Híbrido FH/DS.

En la figura 4.18 se muestra la configuración de un receptor típico FH/DS en el cual el generador local de referencia es esencialmente una replica del modulador que transmite, con dos excepciones:

- 1) la referencia local de la frecuencia central es compensada con una cantidad igual en el IF y
- 2) el código DS está sin modificar por la entrada de la banda base.

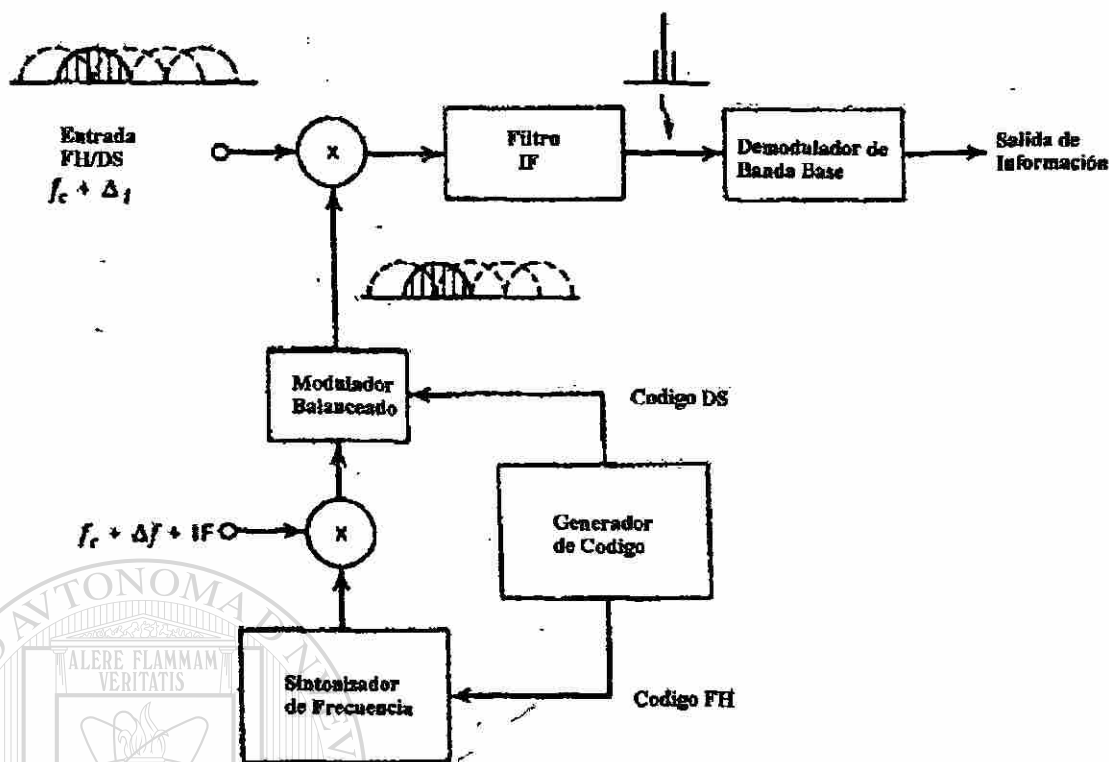


Fig. 4.18 Receptor Híbrido FH/DS.

La ganancia de procesamiento en decibeles para un apropiado diseño de un sistema híbrido FH/DS es la suma de las ganancias producidas por las dos modulaciones de espectro expandido (ecuación 4.9); esto es,

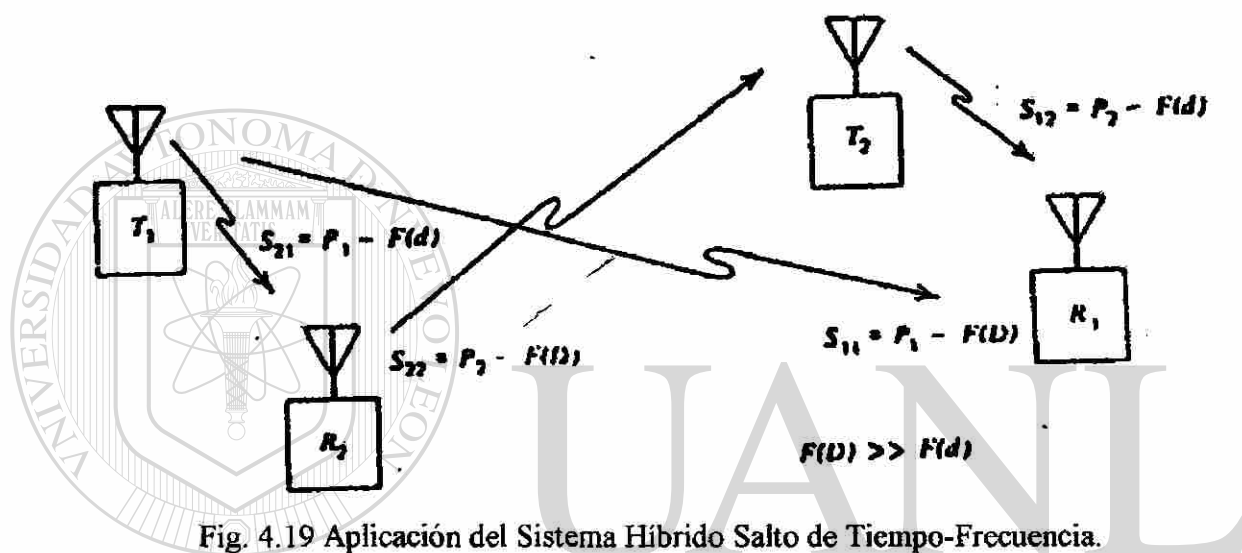
$$G_{p(FH/DS)} = G_{p(FH)} + G_{p(DS)} \quad \text{Ec.4.9}$$

4.6.2 SALTO DE TIEMPO-FRECUENCIA.

La modulación de salto de tiempo-frecuencia ha encontrado su más grande aplicación en aquellos sistemas en los cuales una gran cantidad de usuarios con distancias o potencias extensamente variables deben funcionar simultáneamente en un solo enlace. Tales sistemas tienden a emplear la codificación simple, principalmente como medio de dirección, mejor dicho para separar el espectro específicamente. La tendencia general es diseñar para el equivalente de un sistema de conmutación telefónica sin hilos en el cual el acceso aleatorio y la dirección discreta sean las metas operacionales primarias. Para tales aplicaciones el salto de tiempo-frecuencia se adapta

bien; esto ofrece una de las pocas (y quizás la única) soluciones viables al problema cercano-lejos.

Consideremos por un momento dos enlaces de recepción y transmisión cuyos receptores y transmisores se espacian como se muestra en la figura 4.19 y en los cuáles el receptor para cada enlace se coloca de modo que el otro transmisor del enlace cause interferencia. El problema en este sistema es que erróneo en la diferencia de distancia desde un receptor a su transmisor deseado y al transmisor más cercano.



4.6.3 MODULACIÓN DE SALTO DE TIEMPO Y SECUENCIA DIRECTA.

Cuando la transmisión de secuencia directa es usada, y la multiplexación por división de código no permite el suficiente acceso al enlace, el salto de tiempo ha demostrado ser una manera útil mediante la adicción de multiplexión por división de tiempo (TDM), ser una ayuda en el control de tráfico. El alto grado de tiempo de sincronización entre las terminales de transmisión-recepción de secuencia directa debido a los requerimientos de códigos de correlación permite idealmente a salto de tiempo; es decir, porque un receptor de secuencia directa debe alinear su código local de referencia dentro de una fracción de un tiempo de código chip p_n , tiene ya sincronización bastante buena para soportar la operación de TDM.

Todo lo que es requerido para agregar TDM de salto de tiempo a un sistema de secuencia directa es la conmutación encendido-apagado (ON-OFF) y control. Para salto de tiempo la decisión ON-OFF puede ser fácilmente derivada del mismo generador de código de secuencia usado para derivar el código de espectro expandido.

Una fácil implementación del control de swicheo (ON-OFF) podría ser una compuerta de n-entrada que detecta algún estado previamente elegido del registro de corrimiento que enciende y apaga el transmisor de acuerdo al estado detectado. La figura 4.20 ilustra un transmisor y receptor de salto de tiempo y secuencia directa (TH/DS).

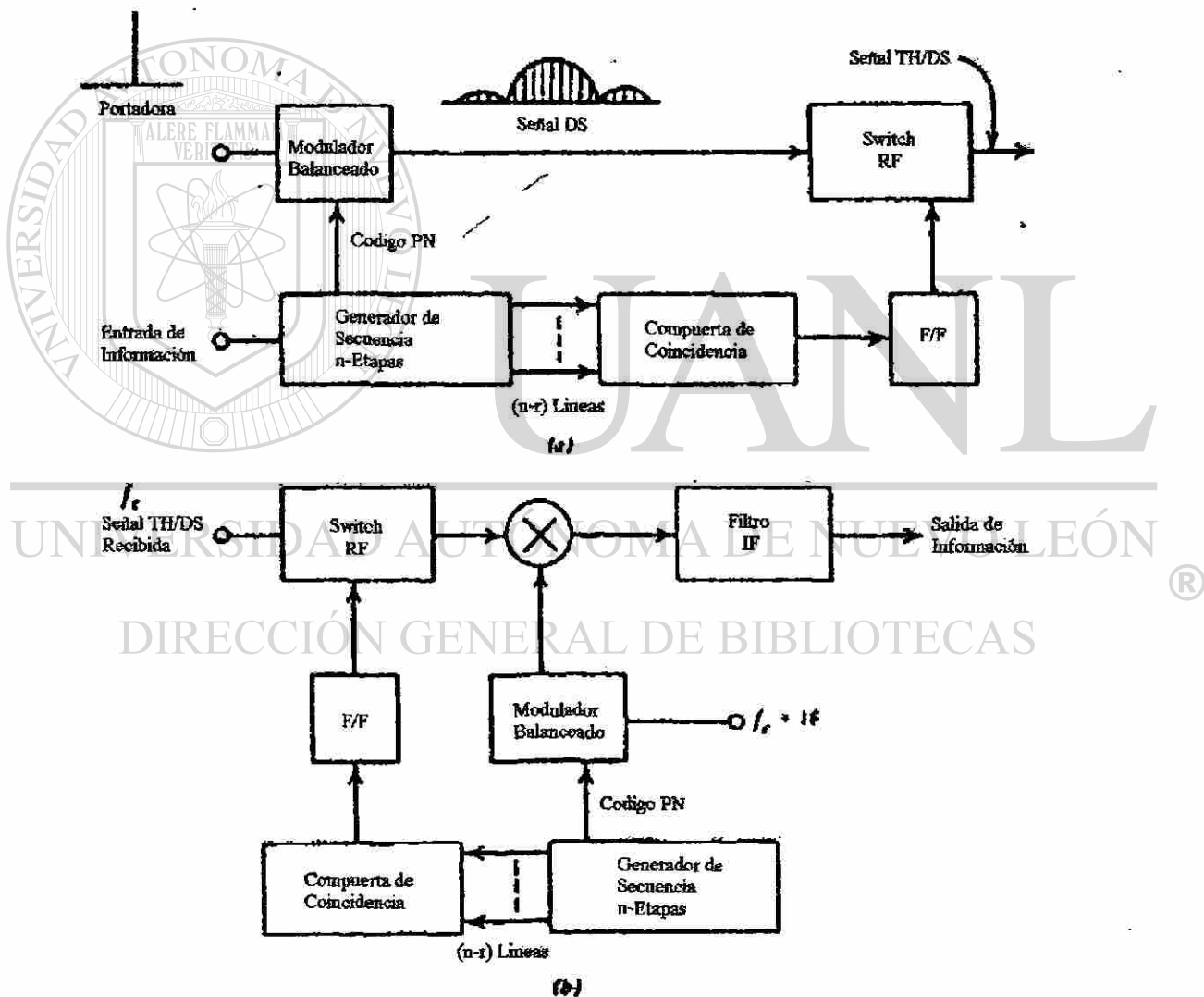


Fig. 4.20 Sistema Híbrido TH/DS a) Transmisor y b) Receptor.

5. METODO ACTUAL.

5.1 DEGRADACIÓN DE SEÑAL DIGITAL POR RETRASO DE GRUPO.

Los rangos de datos se están incrementando para apoyar la demanda que se eleva súbitamente para el tráfico del Internet, la TV digital y otros servicios digitales. Para los operadores de los satélites esto significa que las señales numéricas están llenando sus transponder al límite. Para aumentar el rendimiento de procesamiento los operadores recurren a comprimir la información para optimizar el ancho de banda disponible del transponder y a desplegar portadoras digitales más eficientes para abarcar velocidades de datos más altos en ese ancho de banda.

Hay una consecuencia. A medida que las señales ocupan más ancho de banda disponible más se deterioran porque la trayectoria de transmisión, tanto uplink como downlink, degrada la señal. Las más eficientes portadoras de alto orden que soportan rangos de datos más altos son más susceptibles a la degradación. A menos que se haga algo para compensar los deterioros llega a ser necesario reducir el rango de datos a través del transponder.

Un parámetro que es difícil de medir es el retraso de grupo variable sobre la frecuencia. El retraso de grupo es la razón de cambio de corrimiento de fase con respecto a la frecuencia angular. El retraso de grupo referido a la variación de fase a través del ancho de banda del transponder. Es también difícil encontrar mucha información sobre la degradación del acoplamiento en función del retraso de grupo que se requiere para estimar el funcionamiento.

Las hojas de datos para los módems de los satélites proporcionan el BER previsto en los valores específicos E_b/N_0 . Esta información es válida solamente para un ambiente del laboratorio en donde el modulador está conectado uno detrás del otro con el desmodulador de IF. Cuando los componentes adicionales asociados al uplink, al transponder de los satélites y al downlink se agregan, los efectos de la filtración, de no-linealidad y de otras imperfecciones causan la degradación adicional.

5.2 PORTADORA DIGITAL.

El espectro de la frecuencia de una portadora digital se muestra en la figura 5.1.

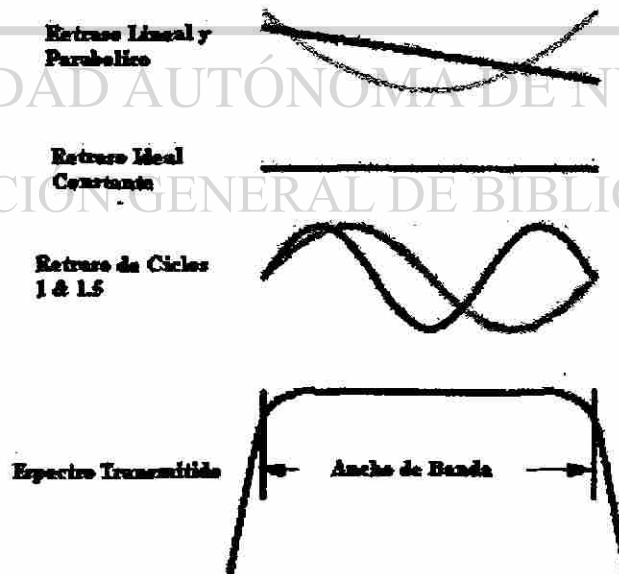


Fig. 5.1 Retraso de Grupo y Espectro Transmitido.

Para la conveniencia se identifica el ancho de banda de la razón del símbolo, también el ancho de banda de 3 dB para esta clase de los portadores. Sobre el portador transmitido se trazan varios tipos de retraso de grupo que se utilizan para caracterizar los acoplamientos. En la parte superior de la figura 5.1 se muestran los retrasos lineal y parabólico los cuales son retrasos típicos experimentados en las redes de los satélites. El retraso de grupo parabólico se asocia generalmente a los filtros pasa bandas encontrados en los transponders y el equipo de comunicación de los satélites.

Los retrasos senoidales son causados a menudo por las uniones mal hechas de la impedancia en el sistema. Idealmente, el retraso de grupo es constante (línea recta sin la inclinación) de modo que todas las frecuencias del portador transmitido experimenten el mismo retraso de tiempo con el acoplamiento. Si no, los dígitos recuperados interfieren el uno con el otro que los hace difícil de distinguir y los errores ocurren. La respuesta del retraso de grupo es la diferencia en el tiempo del tránsito contra la frecuencia para las señales que pasan a través de un canal de comunicaciones. Los componentes tales como HPAs, LNAs, guía de onda, cables coaxiales, convertidor ascendente (upconverters) y convertidor descendente (downconverters) son la causa de retraso de grupo en las redes de los satélites. La figura 5.2 representa los componentes que hacen un acoplamiento típico.

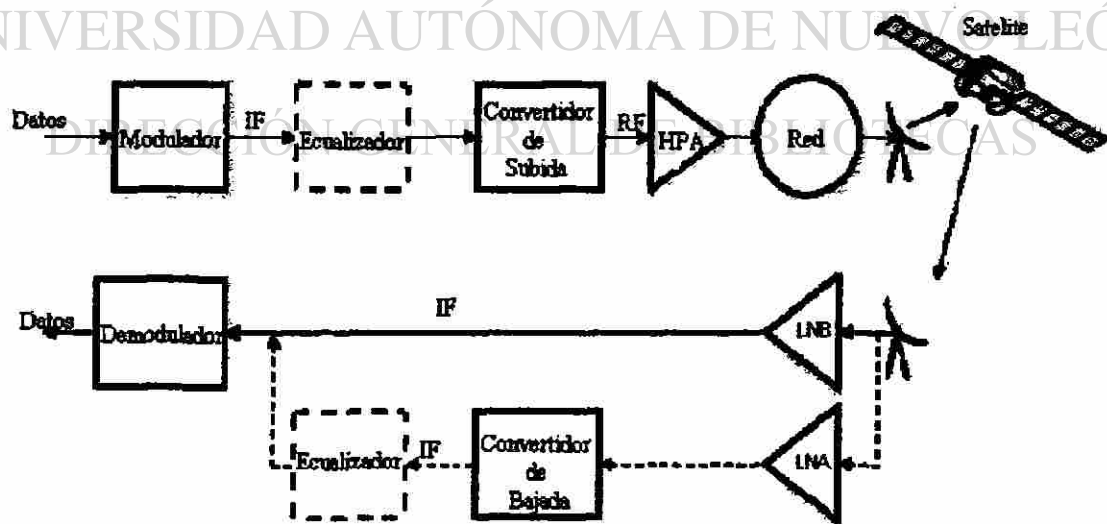


Fig.5.2 Equipo de Enlace en un Satélite Típico

El efecto neto es que los pulsos de corta duración que son aplicados en la entrada de la red salen de la red teniendo una duración más larga. Esta separación deja la energía a partir de un pulso en la ranura de tiempo de otros pulsos. Para los canales de datos de alta velocidad, esta energía residual de los pulsos anteriores aumentará la razón de error. Algunos documentos de INTELSAT y del Eutelsat proporcionan los niveles permitidos máximo del retraso de grupo, e indican la degradación agregada total esperada a través del canal de los satélites. La degradación específica debido al retraso de grupo es escasa en los datos publicados.

La prueba fue conducida para permitir la predicción de este agregado a la degradación del retraso de grupo para los portadores de QPSK, de 8PSK y del 16QAM. Los ecualizadores se agregan típicamente a un sistema para compensar para el retraso de grupo, pero durante la prueba un ecualizador fue utilizado para controlar a la cantidad del retraso de grupo. Los datos recogidos permitirán que los ingenieros se determinen si la igualación es necesaria para una razón específica de la modulación y de datos.

5.3 PRUEBAS DEL MÉTODO ACTUAL.

El retraso de grupo se mide con un analizador de enlace de microondas (MLA), que tiene un transmisor para inyectar una señal de prueba y un receptor para medir al retraso de grupo que alcanza el receptor. Puesto que la prueba del retraso de grupo no puede ser hecho con tráfico vivo es usualmente realizada solamente durante el arranque de sistema. Durante la operación se prefieren las pruebas no invasoras. Por ejemplo, la supervisión del portador digital con un analizador de espectro para caracterizar la respuesta de amplitud del acoplamiento se puede hacer sin la interrupción del tráfico.

La prueba separada fue conducida para caracterizar el retraso de grupo lineal, parabólico y de ondulación. Las pruebas del retraso de grupo de ondulación fue conducido para diferentes periodos de ondulación así como la amplitud. El periodo de ondulación fue determinado por la cantidad de ciclos de ondulación dentro del ancho de banda del símbolo. El cable disponible para el stub limitó la prueba de ondulación.

En la figura 5.3 se muestra la prueba que fue utilizada. Un stub (cable terminal) permite la introducción del retraso de grupo de ondulación y el ecualizador fue utilizado para simular los diferentes niveles del retraso de grupo lineal y parabólico. El retraso de grupo parabólico, lineal y de ondulación fue caracterizado para el máximo retraso sobre el ancho de banda de la razón del símbolo. Las pruebas fueron conducidas en diversas razones del símbolo usando modulaciones QPSK, 8PSK y 16QAM.

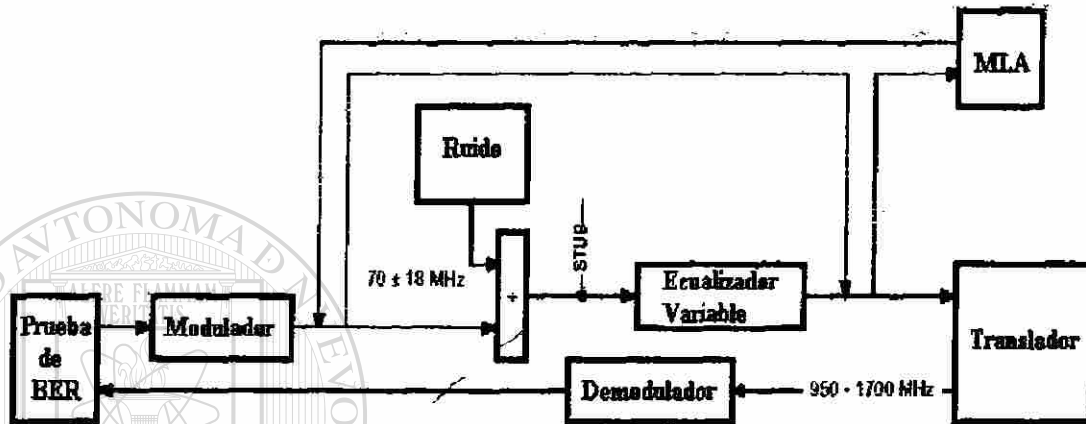


Fig. 5.3 Prueba Establecida

El retraso de grupo se caracteriza sobre el ancho de banda de la razón de símbolo del espectro transmitido. Este ancho de banda es también el ancho de banda de 3 dB del espectro y contiene el 97% de la potencia transmitida. La razón de símbolo es fácil de medir y conveniente calcular según lo demostrado abajo,

$$BW_{3dB} = SR = \frac{DR}{m \times CR_v \times CR_r}$$

BW3dB = 3 dB Bandwidth

Ec. 5.1

SR = Razón de símbolo (sym/s)

DR = Razón de datos (bits/s)

m = factor de la modulación (orden de la modulación)

= 2 QPSK, 3 8PSK, 4 16QAM

CR_v = Razón de código de Viterbi (es decir el 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)

CR_r = Razón de código de Reed Solomon (i.e 188/204)

La ecuación 5.1 demuestra porqué la razón de símbolo depende del tipo de modulación y de codificación. A medida que el factor de modulación, m , en el denominador incrementa la ocupación el ancho de banda decrece. Similarmente, un aumento en la razón del código, el CRv o el CRrs, también reduce el ancho del espectro transmitido.

Los datos de prueba fueron tomados para cada tipo de modulación en varias razones del símbolo. Para acelerar la prueba el módem más grande que soporta la corrección de error (FEC) fue utilizado y el código externo Reed Solomon fue invalidado. Sin el retraso de grupo agregado para una referencia E_b/N_0 fue determinado para un BER de aproximadamente 10^{-5} mientras que el modulador y el demodulador se colocan juntos en IF. Los datos adicionales fueron recogidos con retraso de grupo variable para determinar el E_b/N_0 agregado requerido para alcanzar las mismas BER. El valor del retraso de grupo registrado era la variación total medida sobre el ancho de banda del símbolo.

Deseamos originalmente utilizar los índices del símbolo de 10, 20 y 30 Msym/s. Los módems disponibles limitaron la razón del símbolo de QPSK a un máximo de 28.6 Msym/s y permitieron 16QAM que probaban solamente en un índice fijo de 16.15 Msym/s. Para recoger los datos adicionales de 8PSK, el índice máximo del símbolo de 37.5 Msym/s también fue probado.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5.4 RESULTADOS DE PRUEBAS.

Las figuras 5.4 a la 5.7 son las representaciones gráficas de los datos recogidos y las ecuaciones polinomiales (poly) que son aptas para representar los datos. Los datos de entrada sobre el eje X se normalizan a la razón del símbolo del módem (SR) multiplicada por el retraso de grupo (GD).

La razón del símbolo está en símbolo/segundo (sym/s) y el retraso de grupo en segundos (s). Los datos dependientes sobre el eje Y representan la degradación y son el

E_b/N_0 agregado o requirieron la energía de superar los efectos del retraso de grupo cuando están comparados a la referencia sin el retraso de grupo.

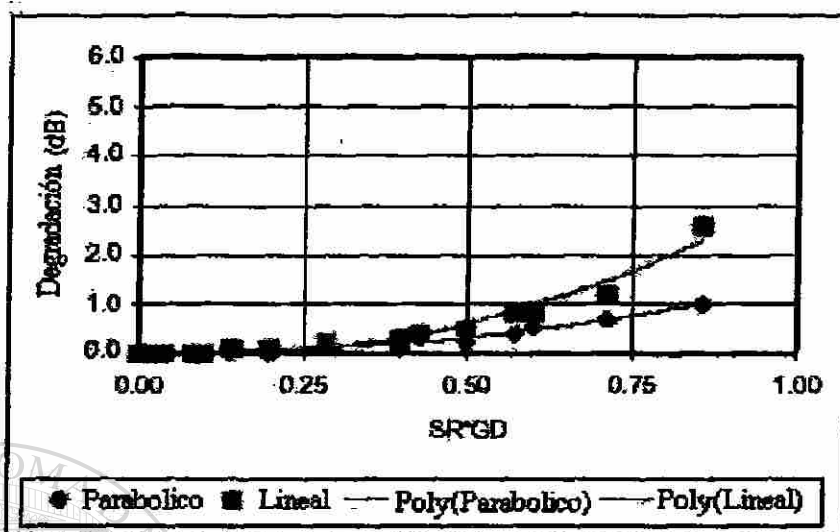


Fig. 5.4 QPSK Lineal y Parabólico GD.

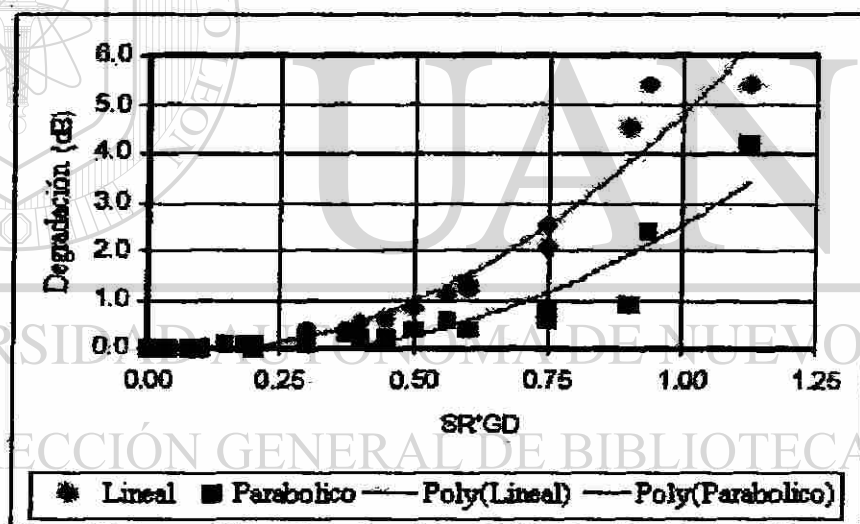


Fig. 5.5 8PSK Lineal y Parabólico GD.

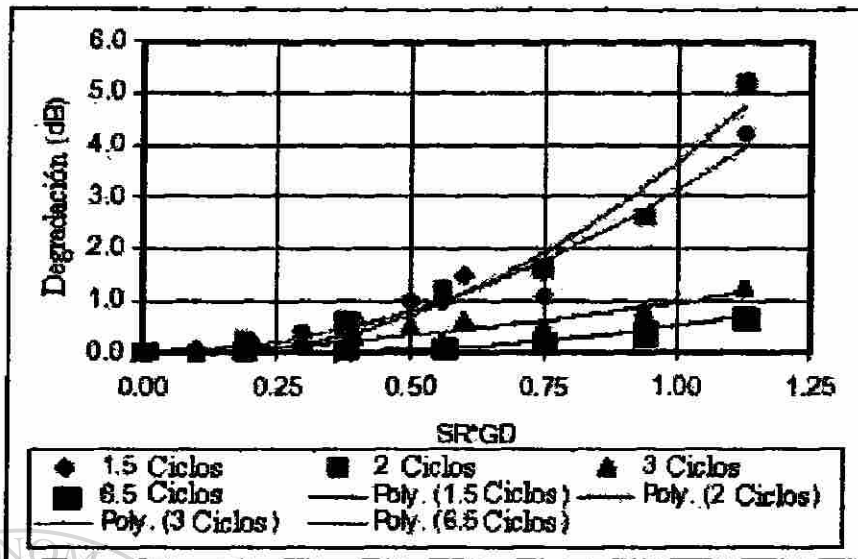


Fig. 5.6 8PSK Ondulación GD.

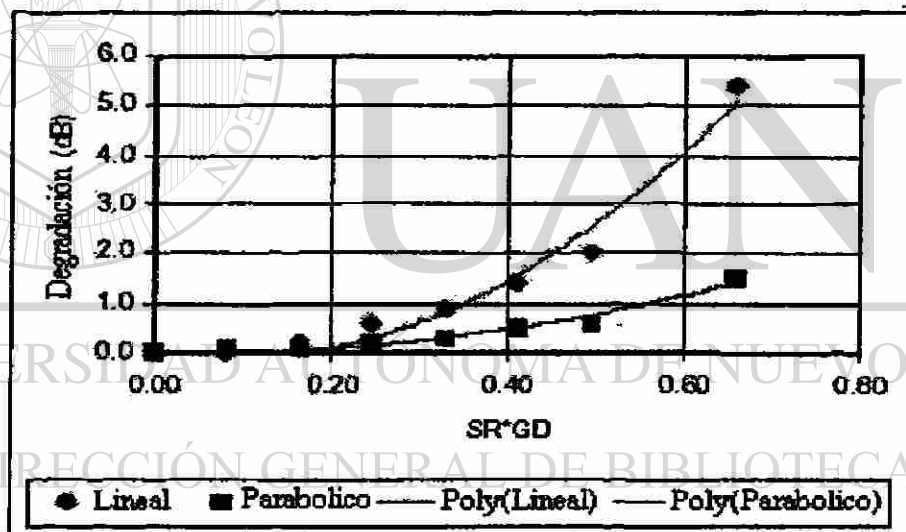


Fig. 5.7 16QAM Lineal y Parabólico GD.

Las ecuaciones polinomiales usadas para producir los gráficos se muestran en la tabla 5.1.

QPSK GD Parabólico	Degradación = $1.5 * SR * GD^2 - 0.1 * SR * GD$
QPSK GD Lineal	Degradación = $4.2 * SR * GD^2 - 0.9 * SR * GD$
8PSK GD Parabólico	Degradación = $4.0 * SR * GD^2 - 1.5 * SR * GD$
8PSK GD Lineal	Degradación = $5.7 * SR * GD^2 - 0.9 * SR * GD$
8PSK GD 1.5 GD Ciclo Ripple	Degradación = $3.1 * SR * GD^2 + 0.05 * SR * GD$
8PSK GD 2 GD Ciclo Ripple	Degradación = $4.5 * SR * GD^2 - 0.8 * SR * GD$
8PSK GD 3 GD Ciclo Ripple	Degradación = $0.6 * SR * GD^2 + 0.4 * SR * GD$
8PSK GD 6 GD Ciclo Ripple	Degradación = $0.8 * SR * GD^2 - 0.3 * SR * GD$
16 QAM GD Parabólico	Degradación = $3.7 * SR * GD^2 - 0.3 * SR * GD$
16 QAM GD Lineal	Degradación = $15.8 * SR * GD^2 - 2.7 * SR * GD$
16 QAM 2 GD Ciclo Ripple	Degradación = $5.4 * SR * GD^2 + 0.1 * SR * GD$

Tabla 5.1 Ecuaciones Polinomiales para Pruebas de Datos.

La prueba condujo a varias conclusiones para la operación a través de los transponder de los satélites típicos:

- Para la razón del símbolo debajo de 10 Msym/s la degradación del retraso de grupo es la esperada y la ecualización no se requiere.
- Para la razón del símbolo sobre de 25 Msym/s el uso de un ecualizador llega a ser a menudo necesario.

- El retraso de grupo lineal causa mayor degradación que el retraso de grupo parabólico.

- La degradación causada por el retraso de grupo de ondulación es dependiente de la cantidad de ondulación. Poca ondulación causa más degradación. La misma cantidad de retraso de grupo lineal parece causar siempre más degradación que la ondulación.

En general hasta 0.5 dB agregados en la degradación de retraso de grupo es aceptable para QPSK y posiblemente hasta 1.0 dB para 16QAM. Recordar que respuesta de amplitud y no linealidad incluyendo la compresión y la conversión de AM/PM causará una degradación adicional.

En la tabla 5.2 se muestra el SR*GD máximo permisible para un nivel dado de degradación. Esta tabla se puede utilizar como ayuda del diseño para determinarse si se utiliza la ecualización.

El valor de SR*GD es sin dimensiones. La razón del símbolo tiene una dimensión de 1/tiempo así que 1 Msym/s tiene una dimensión de $1/(10^{-6}$ segundos). El retraso de grupo se mide típicamente en ns = 10^{-9} segundos. Si la razón del símbolo SR en Msym/s y GD está en ns entonces un factor de 0.001 es incluido.

Por ejemplo, si deseamos una portadora de 30 Msym/s de una señal QPSK con 0.2 dB inferior de la degradación agregada miraríamos la segunda fila de la tabla. La tabla indica el $SR*GD = 0.41$ para QPSK parabólico y el $SR*GD = 0.35$ para QPSK lineal. Se calcula el SR dado, el máximo GD como sigue:

$$0.41/(30 \cdot 0,001) = 13,67 \text{ ns} \quad \text{Parabólico}$$

$$0.35/(30 \cdot 0,001) = 11,67 \text{ ns} \quad \text{Lineal}$$

Degradación (dB)	QPSK Parabólico SR x GD	QPSK Lineal SR x GD	8PSK Parabólico SR x GD	8PSK Lineal SR x GD	16 QAM Parabólico SR x GD	16 QAM Lineal SR x GD	Parabólico Promedio SR x GD	Lineal Promedio SR x GD	Parabólico Combinado SR x GD	Lineal Combinado SR x GD
0.1	0.30	0.30	0.43	0.24	0.21	0.20	0.31	0.25	0.37	0.18
0.2	0.41	0.35	0.47	0.26	0.28	0.23	0.39	0.29	0.43	0.24
0.3	0.49	0.40	0.51	0.32	0.33	0.25	0.44	0.32	0.47	0.28
0.4	0.56	0.43	0.55	0.36	0.37	0.27	0.49	0.35	0.52	0.32
0.5	0.62	0.47	0.58	0.39	0.41	0.28	0.54	0.38	0.55	0.35

Tabla 5.2 Máximo SR * GD.

Si el retraso de grupo del canal entero incluyendo el enlace ascendente, el transponder y el receptor excede cualquiera de estos valores un ecualizador debe ser utilizado. Así el retraso de grupo parabólico total debe estar debajo $13.67/(30/2)^2 = 0.06$ ns/MHz² y el retraso de grupo lineal total debe estar debajo de $11.67/30 = 0.39$ ns/MHz.

5.5 PRUEBA DE AMPLITUD.

La característica de la amplitud se mide según lo mostrado en la fig. 5.8. Las pruebas se realizan con el valor de operación asignada de la ganancia del transponder.

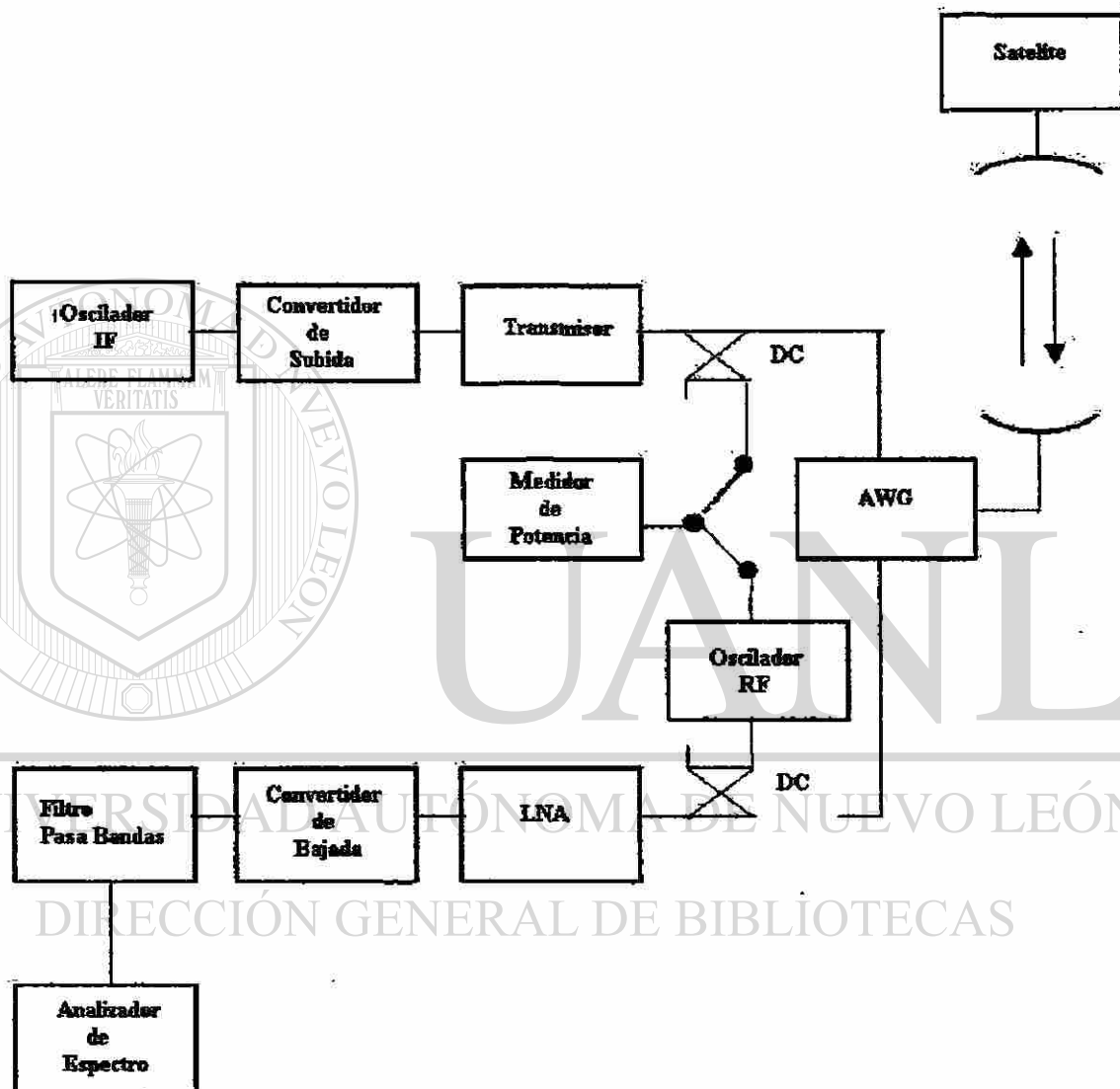


Fig.5.8 Prueba de Amplitud.

Método de prueba

1. Establecer la disposición de prueba.

2. Transmitir de la estación terrena (ES) hacia el satélite una portadora no modulada en la frecuencia de centro del transponder bajo prueba.

3. Fijar la energía del transmisor de la ES que corresponde al modo de la saturación del amplificador de energía de la salida del transponder bajo prueba aumentando la energía del transmisor de la ES de modo que el nivel de la señal de la recepción en el analizador de espectro pudiera permanecer sin cambiar transponder.

4. Para disminuir la potencia del transmisor de salida de la ES en 1-2 dB (el cual corresponde a la disminución relativa del nivel de potencia de la señal de entrada del transponder) utilizando un analizador de espectro cambiar la salida de IF del filtro pasa bandas, medir la disminución del nivel de la señal recibida del satélite (que sea proporcional a la disminución relativa de la potencia de salida del transponder). Cuando la ejecución de las pruebas antedichas uno debe registrar los niveles de la energía que corresponden al punto de saturación de la salida de potencia del transponder además de cuando disminuye la potencia de salida del transponder por 3.6, 10 y 15 dB correspondientemente en la salida del transmisor de la ES. Los resultados de las pruebas se podían requerir para realizar las pruebas para otros parámetros del transponder.

5. De acuerdo con los resultados de la prueba anterior, trazar la respuesta de amplitud del transponder como carta, donde los cambios del nivel de potencia en dB en la salida del transponder en lo referente al nivel de la saturación (punto básico inicial tomado como 0 dB) se demuestran en función en de los cambios del nivel de la energía en la entrada del transponder.

6. METODO DE ESPECTRO EXPANDIDO

6.1 INTRODUCCIÓN.

Desde el punto de vista de un ingeniero de comunicaciones, la parte principal de un satélite es el transponder, el cual recibe señales de una estación terrena y las retransmite a los usuarios en tierra. Las señales pueden ser video analógico modulado en frecuencia ó digital como QPSK ó señales video digital para satélites de radiodifusión (Dvb-s) ó cualquier otra clase de datos usados en aplicaciones punto a punto ó punto a multipunto.

Para evaluar la integridad de un transponder de un satélite, es necesario medir sus características (respuesta a la frecuencia, por ejemplo) y las características de su amplificador de alta potencia (HPA), tal como sensibilidad y potencia de saturación. Después del lanzamiento, estas características tienen que ser medidas en una prueba de comienzo de vida, ya que ellas están sujetas al envejecimiento del equipo, tienen que ser supervisados regularmente a través de la operación del sistema para garantizar que todavía cumplan las especificaciones iniciales. Existen dos clases de prueba de

transponder las cuales son comienzo de vida y prueba en servicio. El enfoque de este estudio es sobre el método de medición de la repuesta en frecuencia.

El recorrido de la señal de un transponder utilizado en los satélites para la transmisión directa a casa (DTH) se muestra en la figura 6.1. Una señal que pasa a través de un transponder de satélite es primero recibida por la antena y amplificada en un amplificador de bajo ruido (LNA) en el satélite y entonces la información es recuperada en el receptor. Pues la señal entrante consiste en diferentes portadoras moduladas como FM o QPSK ellas son multiplexadas usando FDMA, la portadora modulada es recibida y separada del resto de la señal.

Cada portadora modulada tiene su propio amplificador limitador (DLA) y amplificador de alta potencia (HPA). El HPA es usualmente un amplificador de tubo de ondas progresivas (TWTA). Ya que el HPA funciona generalmente en su región de saturación no lineal, este solo puede amplificar una señal sencilla con objeto de evitar la distorsión de la señal de salida debido a los productos de intermodulación. La salida amplificada es entonces filtrada por medio de un filtro de pasa banda (filtro OMUX) con objeto de prevenir la transmisión de ruido de banda ancha desde el HPA y después se combina con las otras señales amplificadas en la antena transmisora.



Fig. 6.1 Secuencia de señal de un transponder de satélite.

La característica de la banda de paso del transponder resulta de los filtros IMUX y OMUX. Generalmente la respuesta de frecuencia de la cadena de filtros se mide con la ayuda de un analizador de enlace de microondas (MLA). Utiliza una portadora modulada en frecuencia que barre sobre la región de la frecuencia de medición y mide la respuesta en amplitud y el retraso de grupo, similar a una medición del analizador de red.

El retraso de grupo τ_G es determinado distinguiendo la medición de fase ϕ con respecto a la frecuencia f y esta dado por:

$$\tau_G = -\frac{1}{2\pi} \frac{d\phi}{df} \quad \text{Ec. 6.1}$$

El MLA necesita una razón señal a ruido positiva y suficiente para medir la amplitud y la fase. Por lo tanto la carga útil del transponder de satélite tiene que ser apagada, pues la medición puede alterar las señales de vídeo o datos. Ésta es una pérdida importante de eficiencia en la operación del satélite. Otra desventaja de la medición con MLA es su inexactitud debido a la conversión de la amplitud-fase (AM-PM) en el caso de una medición de una señal de alto nivel alimentada a través de un filtro en un amplificador no lineal. Además, la señal de frecuencia modulada del MLA tiene una alta densidad espectral, la cual puede, bajo ciertas circunstancias, producir interferencia con los sistemas de satélites cercanos, como será explicada más adelante.

Las aplicaciones de las señales de espectro expandido ayuda a superar todas estas desventajas. Una vez que la portadora medida se module con una señal pseudo ruido (PN), el nivel requerido de la señal es mucho más bajo comparado con una medición de MLA. La medición puede también ser realizada sin apagar la carga útil del transponder.

Ya que una señal PN tiene una auto correlación muy aguda en retraso a cero, esta puede ser detectada por la correlación de la señal medida retornada con la secuencia PN conocida. La detección se hace con un lazo de amarre de retardo (DLL) que determina exactamente amplitud y el retraso de grupo del canal.

Usando la técnica de la medición de espectro expandido en un transponder ocupado, la respuesta de frecuencia del canal se mide bajo condiciones reales de operación, mientras que las mediciones de MLA pueden no alcanzar estas condiciones realistas. Como resultado de los bajos niveles de potencia en la medición de la señal, la

interferencia de otros canales se minimizan en la prueba del comienzo de vida así como en la prueba de servicio.

6.2 PRINCIPIOS DEL MÉTODO DE ESPECTRO EXPANDIDO.

Se llama secuencia pseudo-ruido a la secuencia de unos y ceros con ciertas propiedades estadísticas que son conocidas en el transmisor y receptor pero que parece una secuencia aleatoria. Una vez que la señal medida es modulada en fase con una secuencia PN, es posible detectar la señal medida en un ambiente ruidoso, aun con valores negativos de portada a ruido (C/N).

Esto es posible porque la secuencia PN tiene un pico sencillo, inequívoco en su función del auto correlación. Demodulando la superposición recibida de la señal medida y el ruido con una secuencia PN conocida, es posible analizar la señal medida aun si el nivel es 30 dB menor que el ruido. La demodulación de la señal medida es conseguida en un DLL que "mira" la señal modulada PN y determina la amplitud y el retraso de grupo de la señal. Se generan las secuencias PN usando los registros de corrimiento de retroalimentación. Y ellos se clasifican dependiendo de su longitud y propiedades estadísticas. Una secuencia de longitud infinita tiene una función de auto correlación triangular PN. Las funciones de auto correlación triangular son óptimas para la detección de la señal.

Por lo tanto una secuencia PN finita se optimiza con respecto a su función de auto correlación haciendo tan cercana a una relación triangular tanto como sea posible. La máxima longitud de la secuencia PN son secuencias PN con pico de auto correlación principal y picos laterales suprimidos. Esto asegura una alta ganancia de procesamiento cuando se utilizan para la transmisión de una señal medida debido a que se minimiza la probabilidad de que el DLL amarre sobre un lóbulo lateral en vez del pico principal. La figura 6.2 muestra la función de auto correlación de un registro de corrimiento máximo de una secuencia PN de longitud 31. Las secuencias como estas son aplicables en un

sistema práctico de medición. Puede verse que su forma es casi triangular y que los lóbulos laterales son mucho más pequeños que el pico principal.

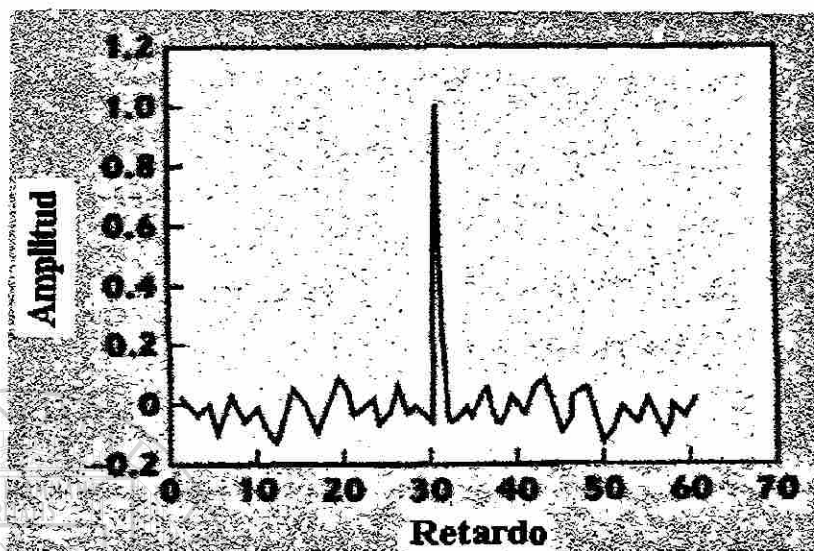


Fig 6.2 Función de Autocorrelación de una Longitud Máxima de 31 Secuencias PN.

Una vez que una señal portadora de señal limpia se modula con una secuencia PN, su espectro no será mayor que un simple pico, sino va a ser como una señal de espectro $\sin(x)/x$.

La potencia de la onda portadora se extiende por una región más grande de la frecuencia. El ancho de la señal modulada PN en la región de la frecuencia depende de la “razón de chip” del modulador de PN y mientras mayor sea la razón de chip mayor será el espectro de la señal modulada.

La forma de una señal modulada PN y su dependencia de su razón de chip son mostrados en la figura 6.3.

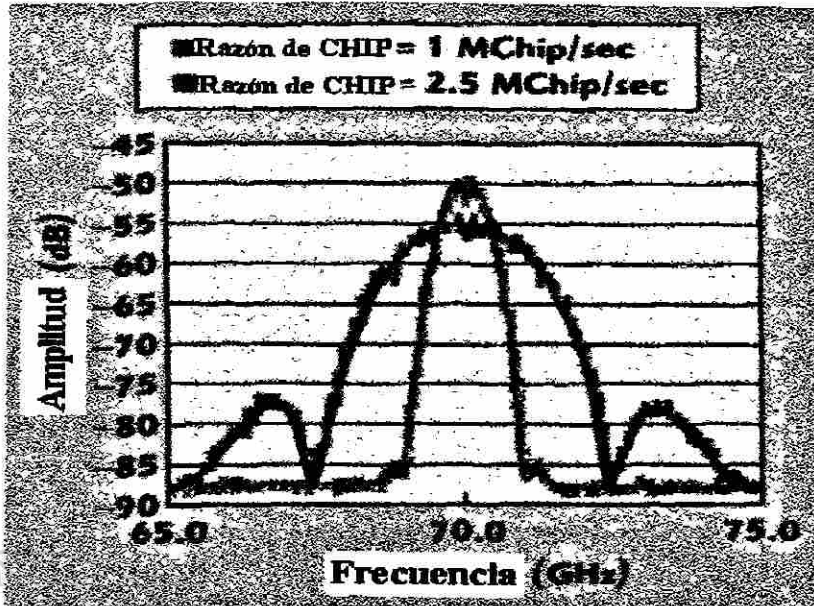


Fig. 6.3 Señal Modulada de PN con 1 y 2.5 Chiprates de Mchip/sec.

Los espectros son medidos en un sistema de medición de espectro expandido real bajo condiciones de laboratorio.

6.3 DETECCIÓN DE SEÑAL.

Para poder detectar una señal de medición modulada PN, es necesario sincronizar el código PN para la demodulación. Esto se hace con el DLL. Para el proceso de la demodulación, la secuencia PN en el receptor se debe sincronizar con la secuencia PN entrante. En un DLL coherente, el receptor se sincroniza con la fase conocida por el transmisor. En el caso general, la fase de la señal PN es recuperada de la misma señal medida en un DLL no coherente, ya que la fase del transmisor no es conocida.

Hay dos clases principales de DLLs no coherente que se describen en este contexto. Un diagrama de bloque de un DLL estándar se muestra en la figura 6.4. La señal de entrada al DLL es una señal de datos que se multiplica con una secuencia PN conocida en el transmisor. Esta multiplicación expande la señal de datos y permite que sea detectada desde otras señales. Para recuperar la señal modulada, la señal de entrada tiene que ser multiplicada con una replica sincronizada de la secuencia PN.

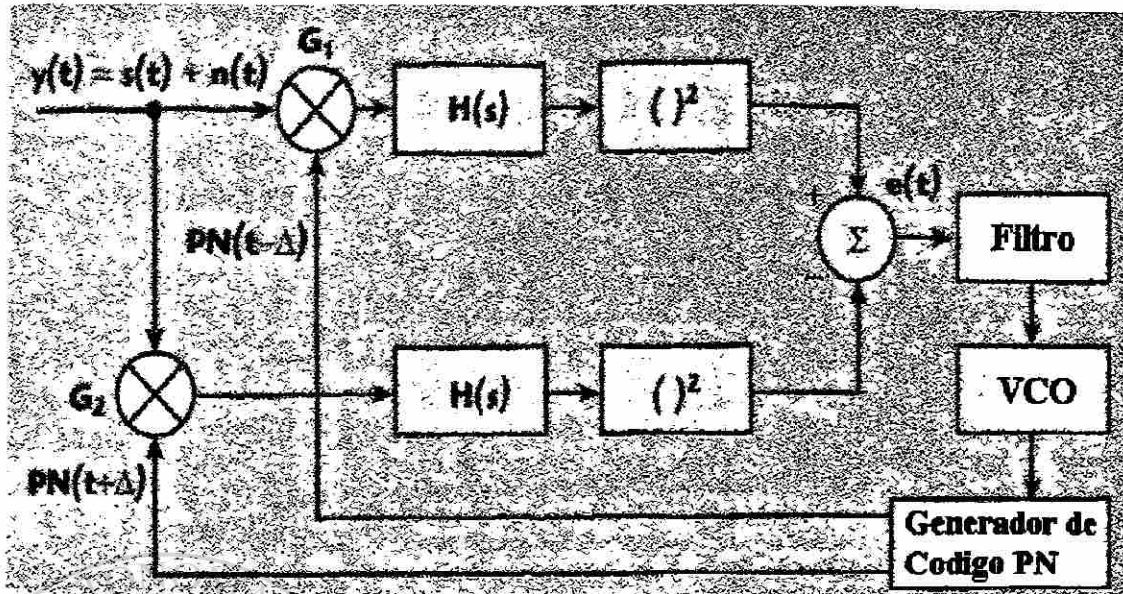


Fig. 6.4 Lazo de Amarre de Retardo No Coherente Estándar.

Una señal de entrada consistente en una señal modulada PN $s(t)$ y ruido $n(t)$ es correlaciona con la secuencia PN conocida. La señal se multiplica con una versión adelantada y retardada del código PN.

Esas dos replicas de código PN están separadas 2Δ en tiempo, mientras que el desfase en el tiempo Δ debe ser más pequeño que la duración T_C de un chip de secuencia PN. Para conseguir una correlación, las señales multiplicadas son filtradas con un filtro $H(s)$ pasa bandas.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Después las señales se cuadran en cuadratura y se diferencian para una conseguir una señal de error que permita el control del generador de código PN debido a su forma característica, la señal del error $e(\tau)$ como función de corrimiento τ es llamada curva S. Puede ser visto en la figura 6.5 para una secuencia PN no filtrada (Cuadrada perfecta).

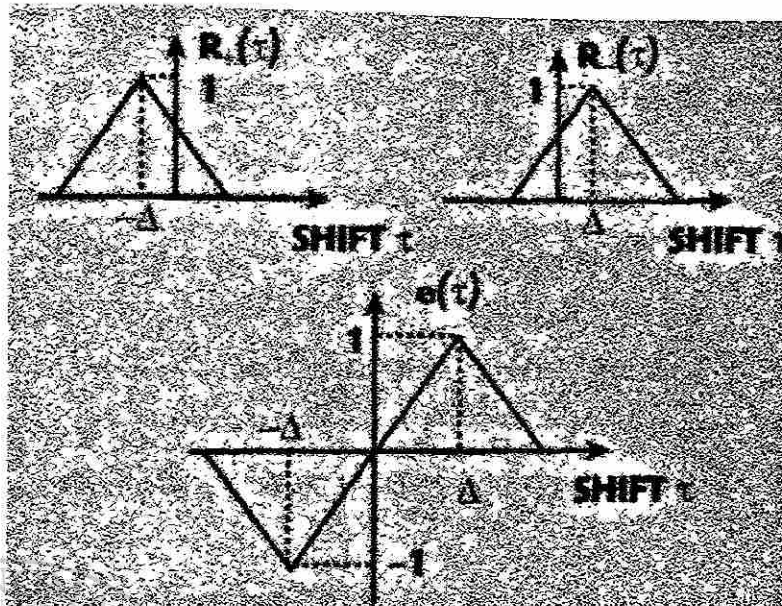


Fig.6.5 Autocorrelación de Avance y Retraso de Código PN y su Curva "S" Resultante.

El DLL exhibe un error de seguimiento una vez que el cero de la curva S no es mayor en el origen. El valor de la curva S en $\tau = 0$ constituye una señal de error $e(t)$ sobre el tiempo. Mediante ligeros barridos en la posición de la secuencia PN local con respecto a la señal recibida, el amarre DLL sobre la señal entrante hasta que se alcanza un cero en la curva S y $e(t)$ se aproxima a cero. La señal de error de lazo de un DLL estándar se puede calcular usando la ecuación 6.2, donde G_1 y G_2 denotan la ganancia el aumento de las dos ramas bloques de correlación.

$$\overline{e(t)} = \left\{ H(s) \left[G_2 \overline{y(t)PN(t+\Delta)} \right] \right\}^2 - \left\{ H(s) \left[G_1 \overline{y(t)PN(t-\Delta)} \right] \right\}^2 \quad \text{Ec. 6.2}$$

Esto muestra que un desbalance de ganancia $G_1 \neq G_2$ causa un error de seguimiento porque la señal de error que controla el VCO y la sincronización del código PN es diferente a cero en el adecuado tiempo de corrimiento t . El desequilibrio puede llegar a ser crucial porque es muy difícil implementar la misma ganancia en ambas

ramas debido a la tolerancia de los dispositivos electrónicos, y es casi imposible mantener una correlación balanceada debido al hecho otra vez de los cambios de las características del dispositivo.

Otros métodos para el seguimiento del código PN fueron considerados para finalmente resolver el problema de desbalance de ganancias para DLL estándar. El lazo Tau-Dither reduce la complejidad del hardware debido al uso de solamente un lazo de retroalimentación que conmuta al principio y al final de la trayectoria. Aunque esto elimina el problema de desbalance de ganancias, no muestra el mismo funcionamiento de seguimiento.

L. T. LaFlame fue el primero en realizar una modificación del DLL estándar que solucionó el problema de desbalance de ganancias y mantuvo las mismas características del funcionamiento. Este DLL fue modificado más adelante por Yost y Boyd, quienes fueron capaces de reducir la complejidad del hardware del DLL de LaFlame. El DLL de LaFlame es una modificación del DLL estándar que fue pensado para eliminar el error de seguimiento debido al gran desbalance. La figura 6.6 muestra una implementación en práctica de un DLL de LaFlame.

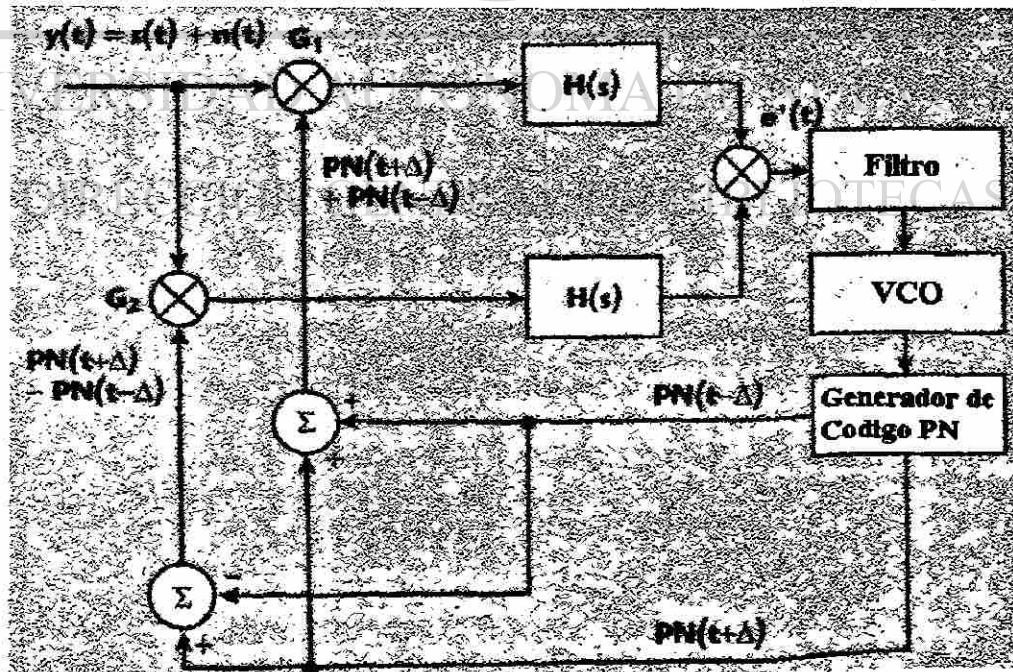


Fig. 6.6 Implementación de un LaFlame DLL.

En vez de diferenciar al principio y al final la señal de correlación, el DLL de LaFlame correlaciona la señal de entrada con la suma y la diferencia de la versión anterior y posterior de la secuencia PN, y multiplica los resultados para obtener la señal de error.

La ecuación 6.3 muestra que la señal del error es la misma que para un DLL estándar pero con un desbalance de ganancia $G_1 \neq G_2$ esto no desfasa el punto de seguimiento. Este principio de seguimiento es básicamente implementado en la configuración de medición usado para esta evaluación.

$$\begin{aligned} \overline{e'(t)} &= G_1 G_2 H(s) \\ &\left\{ \overline{y(t)} \left[\overline{PN(t+\Delta)} + \overline{PN(t-\Delta)} \right] \right\} \\ &\bullet H(s) \left\{ \overline{y(t)} \left[\overline{PN(t+\Delta)} - \overline{PN(t-\Delta)} \right] \right\} \\ &= G_1 G_2 H^2(s) \overline{y(t)}^2 \\ &\left[\overline{PN(t+\Delta)}^2 - \overline{PN(t-\Delta)}^2 \right] \end{aligned} \quad \text{Ec. 6.3}$$

6.4 PARÁMETROS BÁSICOS DE LA

IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDEM. BIBLIOTECAS

Un DLL de LaFlame fue utilizado para la implementación del sistema de medición en este trabajo y se muestra en la figura 6.7.

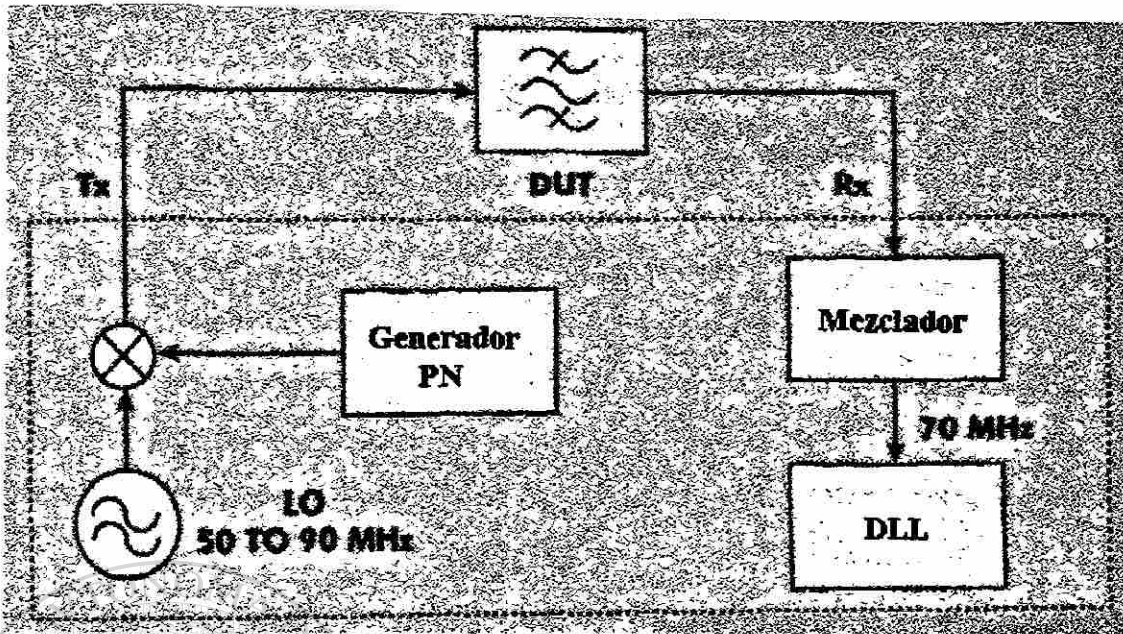


Fig.6.7 Canal de Medición de un Módem de Espectro Expandido.

Un oscilador local proporciona la señal de barrido desde 50 a 90 MHz la cual es modulada con una secuencia PN que es generada desde un generador PN. Esta señal de medición se pasa a través del dispositivo bajo prueba (DUT) el cual tiene un filtro pasa banda bajo condiciones de laboratorio, en vez de un transponder real de satélite que pudiera estar en servicio.

En el módulo receptor, la señal medida es convertida a una frecuencia intermedia central IF y entonces aplicada al DLL de LaFlame donde la amplitud y el retraso de grupo es determinado para cada punto de barrido.

Una potencia de transmisión típica para señales de prueba es aproximadamente 30 dB debajo de una señal típica de vídeo en un transmisor de satélite comercial.

Para poder detectar una señal de medición que esta localizado 30 dB debajo del nivel de ruido, es necesario tener una ganancia de procesamiento. La ganancia de procesamiento GP de un receptor PN depende del cociente de razón de chip y la razón de transmisión de datos en el canal medido según la ecuación 6.4.

$$G_p(\text{dB}) = 10 \lg \frac{\text{Razon de Chip}}{\text{Razon de Datos}}$$

Ec. 6.4

Observe que la señal medida es generalmente una señal digital modulada de QPSK en lugar de una señal portadora limpia considerada en la introducción anterior a la modulación PN. Para obtener una ganancia de procesamiento suficientemente alta, una razón de transmisión de datos de 1 kbit/s y una secuencia PN de un registro de corrimiento de quince etapas (produciendo la longitud del chip de $2^{15}-1 \approx 32767$) pueden ser utilizados para producir una señal de ancho de banda de 32.767 Mchip.

En este caso la ganancia de procesamiento resulta ser $G_p = 45.15$ dB según la ecuación 6.4, la cual es más que suficiente para detectar una señal medida de 30 dB abajo de la señal de carga útil. La figura 6.8 muestra cómo la señal medida teniendo un ancho de banda de 1 KHz, es expandida en casi todo el ancho de banda del canal de 32 MHz y cómo las viejas señales son recuperadas a través del receptor, comprimiendo este con una copia local de la secuencia PN.

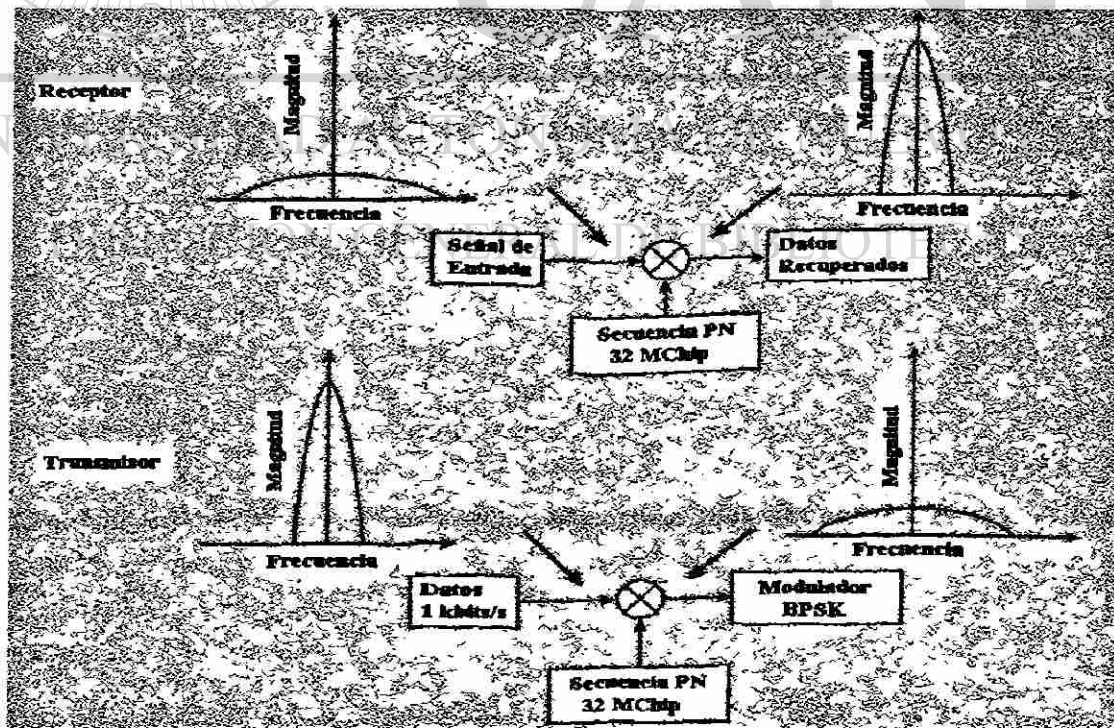


Fig.6.8 Expansión y Compresión de una Medición de Señal.

En el caso de medición de un canal de comunicaciones satelital, la distancia entre la estación terrena y el satélite pueden cambiar debido al movimiento del satélite. Un satélite geostacionario puede moverse en una dirección radial con una velocidad de varios m/s, dando una variación de retraso de grupo inaceptable durante el tiempo de la medición. Además, la pérdida de trayectoria entre la estación terrena y el satélite pudiera variar debido a los efectos atmosféricos.

Estos problemas son solucionados usando una señal de referencia localizada en una frecuencia fija en alguna parte del mismo transponder o aún en un transponder vecino en el mismo satélite.

La respuesta de frecuencia deseada del canal de comunicaciones puede ser obtenida restando los valores medidos de una señal de referencia de los valores de un barrido de frecuencia. Aplicando el nuevo método de medición alcanza exactitudes de 0.1 dB en un barrido de la amplitud y un 1ns en un barrido de retraso de grupo.

La exactitud de barrido del retraso de grupo es consistente con un modelo para la variación de error en el tiempo de un DLL coherente estándar o de un DLL no coherente bajo condiciones de una ganancia de procesamiento suficiente. Según Holmes, la desviación estándar τ_{DLL} del error de retraso de grupo es dado por la ecuación 6.5.

$$\sigma = T_c \cdot \sqrt{\frac{B_{DLL}}{2 \cdot C/N_0}} \quad \text{Ec. 6.5}$$

Donde

T_c = longitud de chip

C/N_0 = cociente señal a ruido

B_{DLL} = ancho de banda del lazo de procesamiento.

6.5 APLICACIONES Y VENTAJAS DEL MÉTODO DE ESPECTRO EXPANDIDO.

El nuevo método de espectro expandido tiene ventajas considerables sobre los métodos existentes de medición. Estas ventajas se discuten en esta sección así como las que se refieren a las mediciones de respuesta de frecuencias. Además los modems de espectro expandido, abren una amplia variedad de otras aplicaciones, incluyendo mediciones precisas de rango entre la estación terrestre y el satélite, la traslación de la frecuencia y medición del punto de operación de TWTA.

Además, también se logra la medición de todos los parámetros de una configuración en el transmisor y el receptor en diferentes sitios.

6.5.1 PRUEBA DEL TRANSPONDER CON EL MÉTODO ACTUAL.

El método actual para medir amplitud y retraso de grupo de un transponder en los satélites utiliza un analizador de enlace de microondas (MLA). El transmisor del MLA genera una señal modulada en frecuencia, que es barrida sobre la banda de frecuencia que se analizará.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La respuesta de amplitud se mide a través de la evaluación del nivel de la señal recibida sobre frecuencia, mientras que el retraso de grupo se determina de la ecuación 6.1.

Hay dos principales escenarios para prueba de transponder de satélites en órbita. Una vez que el satélite es lanzado y es colocado en su órbita, las pruebas de comienzo de vida (BOL) son realizadas con el objeto de reevaluar las características del transponder que pudieran haber sufrido cambio durante el lanzamiento.

La segunda aplicación es en prueba con servicio durante la operación del satélite, sin desconectar la señal de carga útil. Para asegurar la calidad del servicio, la degradación de las características del canal debido al envejecimiento debe ser observada.

La figura 6.9 muestra la situación durante una prueba de BOL con la carga útil desconectada. Una estación terrena prueba un satélite transmitiendo una señal de monitoreo a través del transponder (DUT). Esta señal también se recibe en el equipo de DTH de los usuarios finales de un satélite cercano, donde puede generar interferencia y deterioro en la recepción de la carga útil.

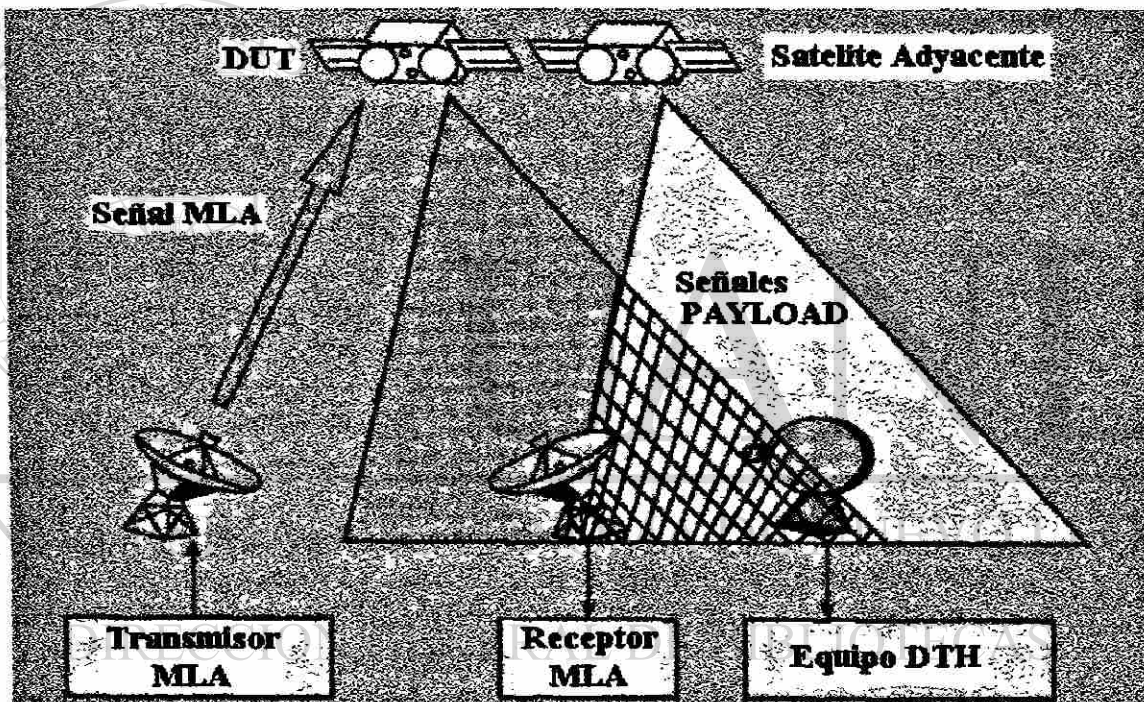


Fig.6.9 Interferencia debido a las Mediciones de MLA durante una Prueba de BOL.

Por lo tanto, antes de realizar mediciones sobre transponders con señales MLA (durante la prueba de BOL en una ranura orbital, por ejemplo, al lado de un satélite operacional usando las mismas bandas de frecuencia) las pruebas de las señales de enlaces de subida deben ser coordinados entre ambos operadores de los satélites. Como el arco geostacionario comienza a saturarse con satélites operando en banda Ku, es

difícil encontrar ranuras orbitales libres para los propósitos de la prueba de BOL con métodos estándares de medición.

6.5.2 VENTAJAS DEL NUEVO MÉTODO.

Si se aplica el nuevo método de espectro expandido, la situación es diferente y la mayoría de los problemas que ocurren durante la prueba usando el MLA pueden ser solucionados. La ventaja más importante es que la potencia de la transmisión de la señal de medición puede ser cerca de 30 dB menor que en el caso de MLA. El problema descrito previamente no es el más crítico, puesto que la señal de medición está debajo del nivel de ruidos y no influye a usuarios de DTH.

Una situación nueva completamente se muestra en la figura 6.10 para las pruebas regulares en órbita.

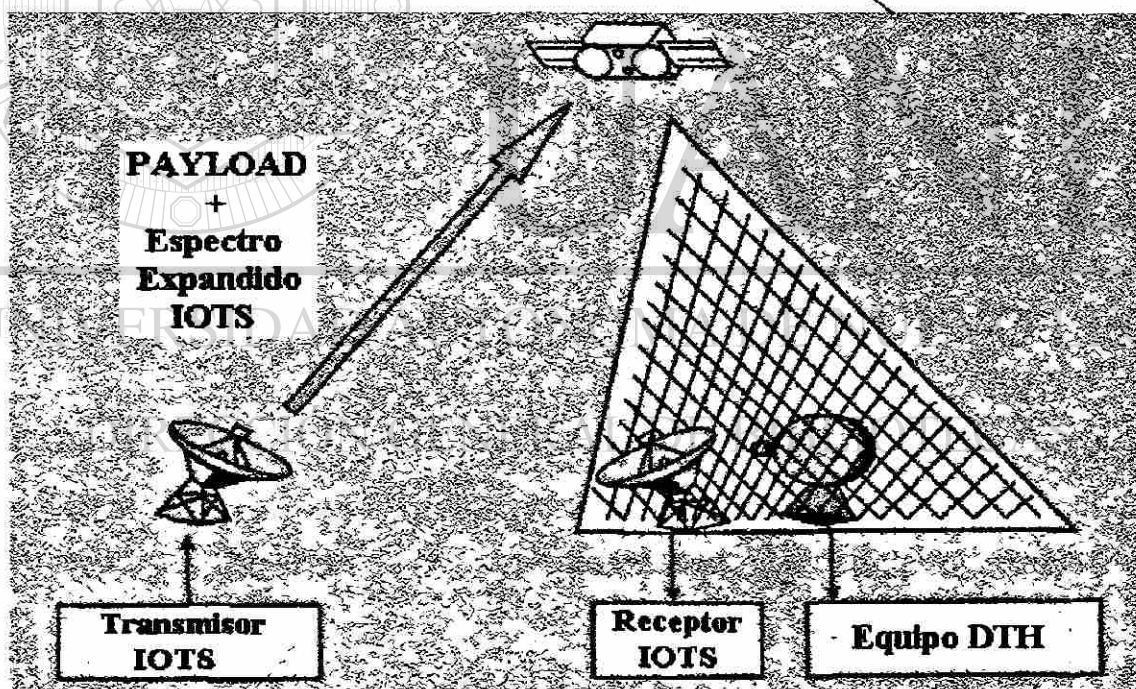


Fig. 6.10 Medición de Espectro Expandido en Órbita.

La señal de carga útil y la señal de la prueba en órbita (IOTS) se transmiten al transponder del satélite. La señal retransmitida es detectada por el receptor de IOTS y

los usuarios caseros de DTH. Puesto que la señal modulada PN de medición no afecta la señal de carga útil, no habrá disminución en la calidad del servicio del transponder medido así como en los transponders de satélites adyacentes.

Esta clase de medición no es posible con las señales de MLA, porque la señal de carga útil sería deteriorada seriamente. También, el MLA no podría trabajar bajo estas condiciones de C/N.

Otro punto crucial es que el transponder medido está trabajando bajo condiciones reales mientras que este no está durante una medición de MLA. La señal de MLA no calienta el hardware del transponder bajo condiciones de carga reales, puesto que la señal de MLA no debe conducir al TWTA a saturación.

Por otro lado el retraso de grupo no será medido correctamente. Debe ser también considerado que una señal MLA tiene una densidad espectral de potencia totalmente diferente de una señal estándar de carga útil.

6.6 VERIFICACIÓN DEL MÉTODO DE ESPECTRO

EXPANDIDO.

El sistema descrito hasta ahora se ha implementado en un sistema de medición real y las mediciones se han realizado en un ambiente de laboratorio con un filtro pasa bandas usado como DUT, el cual es posible modelar todos los tipos de canales de transmisión, no solamente los transponders de satélites.

Las figuras 6.11 y 6.12 muestran los resultados de medición para la amplitud y el retraso de grupo comparado con las mediciones de MLA tomadas del mismo DUT. Puede ser visto que ambas mediciones se acoplan extremadamente bien.

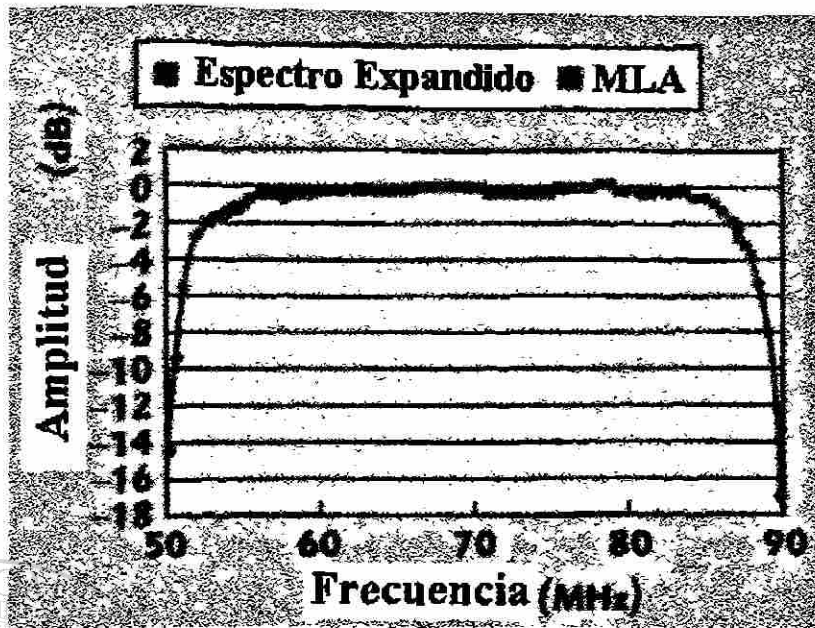


Fig. 6.11 MLA y Mediciones de Amplitud de Espectro Expandido en IOT.

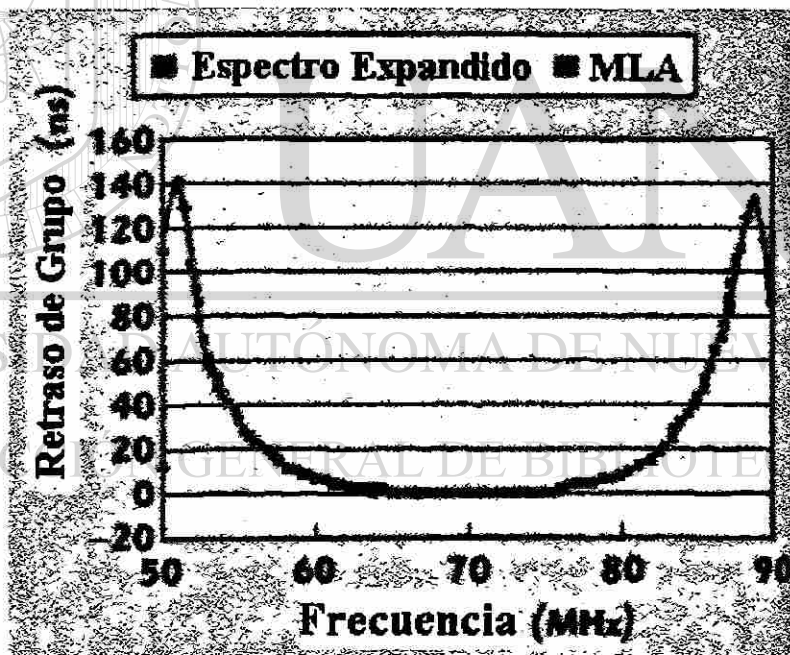


Fig.6.12 MLA y Mediciones de retraso de Grupo de Espectro Expandido en IOT.

Otra ventaja de usar señales de espectro expandido es que todavía mide correctamente a altas atenuaciones en las regiones fuera de la banda del filtro mientras que el MLA no. Estas mediciones confirman la funcionalidad del nuevo método de espectro expandido.

6.6.1 INFLUENCIA EN CARGA UTIL.

Con el objeto de estar seguro que el nuevo método de espectro expandido es conveniente para la medición de la amplitud y el retraso de grupo mientras que el transponder está en servicio, es necesario examinar la influencia de las señales de medición moduladas PN sobre la degradación de la señal video. Se han examinado señales analógicas de video moduladas como FM y digitales moduladas como QPSK y señales Dvb-s.

La degradación de la señal de video analógica se ha examinado en la banda base usando un medidor de razón señal a ruido. Se ha encontrado que no hay degradación en la razón señal a ruido si la señal PN es más de 27 dB abajo de la carga útil de video. Esta condición se resuelve con el equipo nuevo de medición, que trabaja 30 dB debajo de la carga útil de video.

La degradación de la señal de video digital se ha examinado con respecto a la razón bit error (BER) que tiene que permanecer debajo de 10^{-3} para asegurar la calidad del servicio. Esta especificación se resuelve bajo condiciones peores de transmisión una vez que la señal PN modulada siga siendo más de 14 dB debajo de la carga útil de video.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 Conclusiones.

Esta tesis analiza un nuevo método basado en espectro expandido para prueba de transponder de satélite en órbita. Después del análisis del nuevo método se observa ventajas significativas sobre el método convencional para medir características basadas en los satélites del transponder.

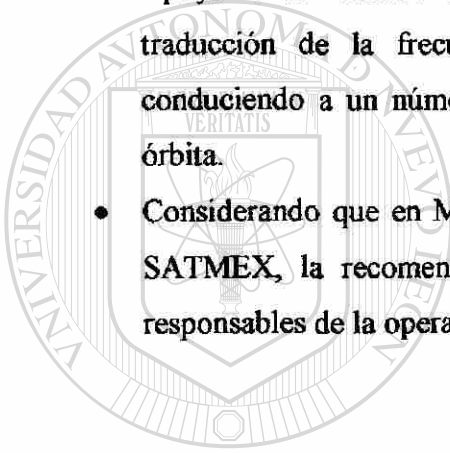
Las mediciones son menos molestas para la operación comercial del transponder, por lo tanto los costos se reducen. El método se considera ser aplicable después de que el éxito fuera alcanzado en mediciones válidas de la prueba y después de comprobar la influencia de las señales de la medición en la carga útil.

El uso de este nuevo método de medición no se limita a los transponders basados en los satélites. Por ejemplo, el módem de espectro expandido se puede también utilizar para las mediciones de pérdidas de retorno simplemente agregando los aisladores apropiados del RF. Combinando ambas características, el nuevo método se podía utilizar como reemplazo del analizador de red para DUTs específicos.

7.2 Recomendaciones.

Se recomienda la aplicación de este nuevo método de espectro expandido para la prueba de transponder de satélite en órbita por tener estas principales ventajas:

- El método puede ser aplicado en presencia de otra señal, sin la generación de interferencia mutua, debido a la densidad espectral baja de un sistema del espectro expandido.
- Los resultados de la medición son muy confiables.
- Apoya no solamente mediciones de la respuesta de frecuencia, pero también la traducción de la frecuencia y la señal pequeña ganan en la medición, conduciendo a un número de usos para la prueba basada en los satélites en órbita.
- Considerando que en México, que los sistemas satelitales han sido asignada a SATMEX, la recomendación de este método es dirigida hacia ellos como responsables de la operación de los satélites mexicanos.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

BIBLIOGRAFÍA.

- Dixon, Robert C, Spread Spectrum System with commercial applications, Editorial John Wiley & Sons, Inc, 1994.
- Miller, Michael J, Satellite Communications (Mobile and Fixes Services), Kluwer Academic Publishers, 1993.
- Mompin Poblet, Jose, Televisión Directa por Satélite, Editorial Marcombo, 1986.
- Roddy, Dennis, Satellite Communications, Editorial Mc Graw Hill, 1996.
- Rodríguez Zamora, Jesús, Comunicación Vía Satélite Proyecto Iridium, FIME-UANL, 2000.
- Tomasi, Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Editorial Prentice Hall, 1996.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- Van Trees, Harry L, Satellite Communications, I.E.E.E 1979.

INTERNET

<http://www.ses-astra.com>

Guy Harles, Earth Station Engineer, Email: Guy.Harles@ses-astra.com

http://www.une.edu.ve/~iramirez/te1/disertaciones_unidad2b.html

<http://www.sss-mag.com/sstopics.html>

<http://www.sss-mag.com/spectrum.html>

<http://www.denayer.be>

<http://206.223.8.10/linksite/manuals/datasheets/delaydeg7.pdf>

<http://www.intersputnik.com/docs/Isog-200.pdf>

<http://www.siste.com.ar/modulacion.htm>

<http://www.geocities.com/capecanaveral/hall2217/digital.htm>

<http://www.redlibre.net/HOWTO/Inalambrico-COMO-3.html>

<http://mx.geocities.com/AdmonRedes/EquipoSiete.htm>

<http://mipagina.euskaltel.es/samal/raul.html>

<http://www.newwaveinstruments.com/resources/glossary.htm>

<http://cobalt.et.tudelft.nl/~glas/ssc/techn/techniques.html>

<http://www.bee.net/mhendry/vrml/library/cdma/cdma.htm>

<http://esapub.esrin.esa.it/prf/pffv6n4/pypv6n4.htm>

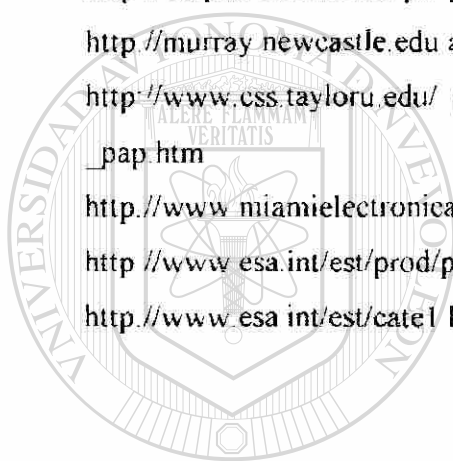
<http://murray.newcastle.edu.au/users/staff/eemf/ELEC351/SProjects/Morris/applic.htm>

http://www.css.tayloru.edu/physics/picosat/technical_specs/communications/sum_from_pap.htm

<http://www.miamielectronica.com/analizador.htm>

<http://www.esa.int/est/prod/prod0636.htm>

<http://www.esa.int/est/catel.htm>



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTADO DE FIGURAS.

CAPITULO	PAGINA
2	
2.1. Satélite Orion I.	6
2.2. Posición satelital.	9
2.3. Angulo de elevación y azimut.	12
2.4. Satélite estabilizador de 3 ejes.	15
2.5. Huella del Satmex 5 en banda Ku.	18
2.6. Huella general del Satmex 5.	18
2.7. Modelo de subida.	20
2.8. Transponder.	21
2.9. Modelo de bajada.	22
3	
3.1. Representación de onda portadora.	26
3.2. Onda modulada en amplitud.	26
3.3. Onda modulada en frecuencia.	27
3.4. PCM.	29
3.5. Señal FSK.	33
3.6. Diagrama fasorial QPSK.	35
3.7. Modulador de QPSK.	36
3.8. Transmisor de 8 QAM.	37
3.9. Diagrama de constelación 8 QAM.	38
3.10. Jerarquía europea.	40
3.11. Jerarquía norteamericana.	41
3.12. Acceso múltiple: a)FDMA, b)TDMA y c) CDMA.	42
4	
4.1. Transformadas de Fourier.	47
4.2. Espectros de frecuencia típicos de DS y FH.,	48

4.3. Densidad de potencia a) Señal continua no modulada y b) DS.	50
4.4. Espectro típico de secuencia directa.	52
4.5. Modulador bifásico de secuencia directa.	53
4.6. Sistema de secuencia directa.	54
4.7. Señal de secuencia directa.	55
4.8. Secuencia Directa sin balance de portadora.	55
4.9. Modulación PAM.	56
4.10. Sistema de salto de frecuencia.	57
4.11. Espectro de salto de frecuencia.	58
4.12. Espectro ideal de salto de frecuencia.	58
4.13. Espectro de salto de tiempo	60
4.14. Sistema de salto de tiempo.	61
4.15. Formas de onda típicas del sistema Chirp.	62
4.16. Espectro de frecuencia del sistema híbrido FH/DS.	63
4.17. Transmisor híbrido FH/DS.	64
4.18. Receptor híbrido FH/DS.	65
4.19. Aplicación del sistema híbrido TH/FH.	66
4.20. Sistema híbrido TH/DS a) Tx y b) Rx.	67

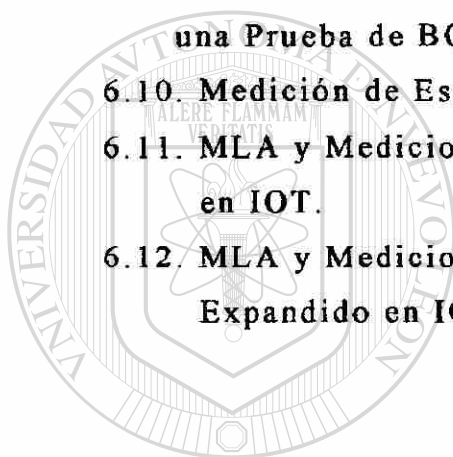
5 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

5.1. Retraso de Grupo y Espectro Transmitido.	69
5.2. Equipo de Enlace.	70
5.3. Prueba Establecida.	72
5.4. QPSK Lineal y Parabólico GD.	74
5.5. 8PSK Lineal y Parabólico GD.	74
5.6. 8PSK Ondulación GD.	75
5.7. 16QAM Lineal y Parabólico GD.	75
5.8. Prueba de Amplitud.	78

6

6.1. Secuencia de Señal de un Transponder de Satélite.	81
--	----

6.2. Función de Autocorrelación de una Longitud Máxima de 31 Secuencias de PN.	84
6.3. Señal Modulada de PN con 1 y 2.5 Chiprates de Mchip/sec.	85
6.4. Retraso de Lazo Bloqueado No Coherente Estándar.	86
6.5. Autocorrelación de Avance y Retraso de Código PN y su Curva "s" Resultante.	87
6.6. Implementación de un LaFlame DLL.	88
6.7. Canal de Medición de un Módem de Espectro Expandido.	90
6.8. Expansión y compresión de una Medición de Señal.	91
6.9. Interferencia Debido a las Mediciones de MLA Durante una Prueba de BOL.	94
6.10. Medición de Espectro Expandido en Órbita.	95
6.11. MLA y Mediciones de Amplitud de Espectro Expandido en IOT.	97
6.12. MLA y Mediciones de retraso de Grupo de Espectro Expandido en IOT.	97



UANL

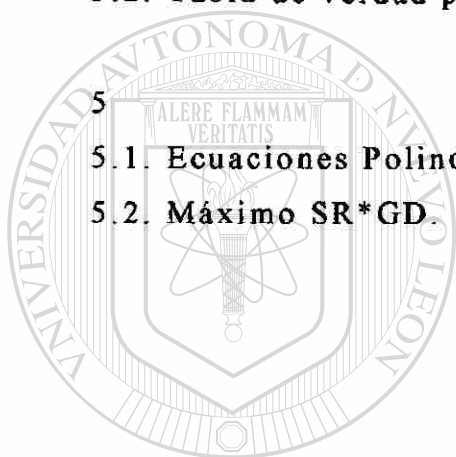
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



LISTADO DE TABLAS.

CAPITULO	PAGINA
2	
2.1. Sistemas de comunicaciones.	10
2.2. Localización de satélites.	14
3	
3.1. Tabla de verdad de QPSK.	34
3.2. Tabla de verdad para convertidor.	38
5	
5.1. Ecuaciones Polinomiales para Prueba de Datos.	76
5.2. Máximo SR*GD.	77

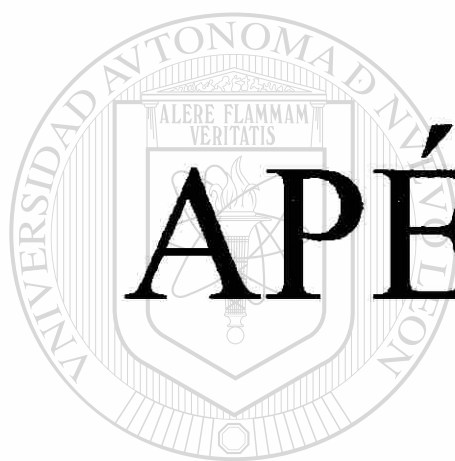


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





APÉNDICES.

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

APÉNDICE A.

ABREVIATURAS.

ADPCM	Modulación Diferencial Adaptable por Pulsos Codificados.
AM	Modulación en Amplitud.
APCM	Modulación Adaptable por Pulsos Codificados.
AT&T	Compañía de Telefonía y Telegrafía Americana.
BER	Razón Bit Error.
BOL	Prueba de Comienzo de Vida.
BPF	Dispositivo Limitador de Banda.
C/N	Relación Portadora a Ruido.
CEPT	Conferencia de Administraciones Postales y Telecomunicaciones Europeas.
CDMA	Acceso Múltiple por División de Código.
DVB-s	Doble Banda Lateral Vestigial.
DLA	Amplificador Limitador.
DLL	Lazo de Amarre de Retardo.
DOWN-LINK	Enlace Descendente Satelital.
<hr/>	
DS	Secuencia Directa.
DSSS	Espectro Expandido de Secuencia Directa.
DTH	Transmisión Directa a Casa.
DUT	Dispositivo Bajo Prueba.
Eb/No	Relación de Energía por Bit a Densidad de Ruido.
EIRP	Potencia Isotópica Radiada Efectiva.
ES	Estación Terrena.
FDM	Multiplex por División de Frecuencia.
FDMA	Acceso Múltiple por División de Frecuencia.
FH	Salto de frecuencia.
FHSS	Espectro Expandido de Salto de frecuencia.
FM	Modulación en Frecuencia.

FSK	Modulación por Desplazamiento de Frecuencia.
GD	Retraso de Grupo.
GEO	Orbita Terrestre Geosíncrona.
GP	Ganancia de Procesamiento.
HPA	Amplificador de Alta Potencia.
IF	Frecuencia Intermedia.
IOT	Prueba en Orbita.
ISL	Enlace Intersatelital.
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
LNA	Amplificador de Bajo Ruido.
MLA	Analizador de Enlace de Microondas.
NAS	Sistema Norteamericano.
PAM	Modulación de Pulsos en Amplitud.
PCM	Modulación de Pulsos Codificados.
PN	Pseudo Ruido.
PSK	Modulación por Desplazamiento de Fase.
QPSK	Modulación por Desplazamiento de Fase en Quadratura.
RF	Radiofrecuencia.
S/D	Relación Potencia de Señal a Potencia de Ruido de Cuantificación.
SFD	Densidad de Potencia de Saturación.
SR	Razón de Símbolo.
SS	Espectro Expandido ó Disperso.
TDM	Múltiplex por División de Tiempo.
TDMA	Acceso Múltiple por División de Tiempo.
TH	Salto de tiempo.
TTY	Teletipo.
TVD	Distribución de Televisión.
TWTA	Tubo de Ondas Progresivas.
UP-LINK	Enlace Ascendente Satelital.
WARC	Conferencia de Radio Administrativa Mundial.
WDM	Múltiplex por División de Longitud de Onda.

APÉNDICE B.

Preguntas mas frecuentes sobre Espectro Expandido.

1. ¿Qué es el espectro expandido?

La señal transmitida es diseminada sobre una banda de frecuencia mucho mayor que la estrictamente necesaria para transmitir la información enviada. La principal ventaja es la inmunidad a la interferencia de la banda estrecha.

2. ¿Cómo funciona el Espectro Expandido?

Funciona mediante cinco pasos:

- 1.- Muestra la señal de banda estrecha ideal de un remitente de datos del usuario.
- 2.- La señal enviada se extiende, convirtiendo la señal de banda estrecha en una señal de banda ancha. Este nivel de señal del usuario puede ser tan bajo como el ruido y así será muy difícil de descubrirlo.
- 3.- Durante la transmisión la banda estrecha y la banda ancha de interferencia se agregan a la señal.
- 4.- El receptor sabe ahora como despreciar la señal, convirtiendo ahora la señal del usuario en una señal de banda estrecha.
- 5.- Finalmente el receptor aplica un filtro de pasa bandas para cortar la frecuencia del lado izq. y der. de la señal. Y así el receptor puede reconstruir los datos originales por que el poder de la señal del usuario es bastante alta, es decir, que la señal es más fuerte que la interferencia restante.

3. ¿Cómo puede el espectro expandido ayudar cuando se estén utilizando señales de banda estrecha?

Aumentando la inmunidad a la interferencia de la banda estrecha.

4. Mencione algunas ventajas de utilizar de utilizar Espectro Expandido.

- Resistencia a las interferencias.
- Puede compartir la misma banda de frecuencia con otros usuarios.
- Baja probabilidad de intercepción e interferencia.
- Posibilidad de utilizar altas velocidades en enlaces digitales, limitadas en otros sistemas por el ancho de banda.

5. Mencione algunas desventajas de utilizar de utilizar Espectro Expandido.

- Complejidad en los receptores para expandir la señal.
- La necesidad de una banda de frecuencia debido a la expansión de la señal.

6. Explique el termino SDMA. (Acceso Múltiple por División de Espacio)

Se usa para asignar un espacio separado a usuarios en las redes inalámbricas. Una aplicación típica es la asignación de una estación base a un usuario de teléfono móvil. El teléfono móvil puede recibir varias estaciones con diferente calidad. Un algoritmo MAC podría decidir que estación base es la mejor, teniendo en cuenta que frecuencias (FDM), tiempos de slots (TDM) o código (CDM) es todavía disponible (dependiendo de la tecnología). Típicamente SDMA nunca es usado por separado, sino en combinación con uno o más otros esquemas. La base del algoritmo SDMA es formado por células y antenas sectorizadas que constituyen la infraestructura que pone en práctica la multiplexión por división de espacio (SDM).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

7. Explique el termino FDMA (Acceso Múltiple por división de Frecuencia)

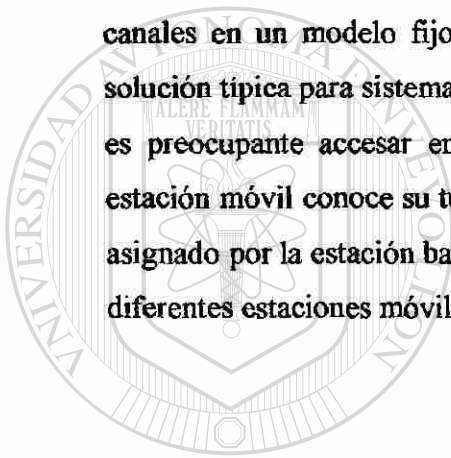
FDMA divide el espectro de frecuencia disponibles en múltiples canales, utilizando el usuario siempre el mismo durante toda la transmisión. En otras palabras tenemos: Forma para mantener varios flujos de información independientes en un mismo canal de comunicación. A cada flujo de información le es atribuido una gama de frecuencias, garantizando de esta manera que éstos no se mezclen aunque sean enviados en forma simultaneo.

8. Explique el término TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)

Comparado a FDMA, el acceso múltiple por división de tiempo ofrece más esquemas flexibles, que comprende todas las tecnologías que asignan ciertos intervalos de tiempo para la comunicación, esto es, controlando TDM. Ahora la sincronización con una cierta frecuencia no es necesaria, es decir, el receptor puede quedarse en la misma frecuencia todo el tiempo. Usando sólo una frecuencia y simples transmisores y receptores, hay muchos algoritmos diferentes para controlar el acceso al medio.

9. Explique el término TDM Fijo (cierto tiempo a un canal).

El algoritmo más simple para la utilización TDM asigna intervalos de tiempo para canales en un modelo fijo. Esto da como resultado un ancho de banda fijo y es la solución típica para sistemas de teléfonos inalámbricos. El MAC es bastante simple, solo es preocupante acceder en el tiempo de slot reservado. Si esto es asegurado, cada estación móvil conoce su turno y ninguna interferencia pasara. El modelo fijo puede ser asignado por la estación base, donde la competencia de querer acceder en el medio entre diferentes estaciones móviles es resuelta.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



APÉNDICE C.

MC30-A.

ANALIZADOR DE ESPECTRO Y MEDIDOR DE CAMPO



ESPECIFICACIONES TECNICAS Y CARACTERISTICAS DEL MEDIDOR DE CAMPO/ ANALIZADOR DE ESPECTRO MC30-A

ENTRADA Y SINTONIA

- Frecuencias de operación: 46-860 MHz y 950-2150 MHz (banda de satélite)
- Conector de entrada: BNC
- Impedancia: 75 Ohmios

- Protección de entrada: +/- 50 Vpp, 130 dB μ V RF (3 Vrms)
- Atenuación 0dB a 70dB, manual o automático.
- Frecuencia en pasos: 50 KHz en FM, 250 KHz en terrestre y 1 MHz en satélite
- Sintonía Potenciómetro variable o por memoria.
- Pantalla 14 cm (5.5") Blanco y Negro
- Procesador Control lógico por microprocesador Zilog isplsi.
- Memoria Pre-memorizados planes de CATV y 32 posiciones programables por banda.
- Display Total y 4 niveles de espectro expandido.
- Espectro Expandido 32/16/8/4 MHz en terrestre, y 128/64/32/16 MHz en satélite
 - Rango de medidas de señal : 20 dB μ V (-87 dBm, 30 dB μ V in sat picture) a 120 dB μ V (+13 dBm)
 - Display de Medidas Lectura directa en el LCD display.
 - Precisión. +/- 3dB

IMAGEN Y SONIDO

- Frecuencias y display de ajustes. En LCD screen (2 líneas, 32 caracteres)
- Demodulation 8 MHz terrestre, 27 Mhz satélite
- Display Analogo Display de canal sintetizado, positivo (Ku) y negativo (C) modulación de vídeo.
- Compatible Audio y Video ESTANDAR 88 a 108 MHz FM, M/N (USA/Canadá/Japón) 4.5 MHz sound, D/K/K' (OIRT system) 6.5 MHz sound, I (UK) 6.0 MHz sound, B/G (CCIR system) 5.5 MHz sound, L/L' (France) 6.5 MHz sound, C-Band negative, Ku-Band positive, 5.5 MHz to 9 MHz satélite audio. PAL y NTSC ajustable según el país o usuarios.
- Audio Amplificador 500 mW parlante incorporado

LNB(F) Control y Alimentación

- LNB(F) power supply y control 14V / 18V (450 mA) y 22KHz (600 mV), LED indicated, con protección de cortes.
- DISEÑO Comprometidos, frecuencia, análogos niveles, posicionador.

- Potencia (fuente): 12V, 3.5 AH battery or 12V, 4A external
- Consumo: 1.8A (sin LNB)
- Batería (vida útil): +/- 1 hora y 20 minutos.
- Recarga de la batería (tiempo): +/- 8 horas
- Dimensiones: 24 x 14 x 27 cm
- Peso: 5.8 Kg

Procedimiento

1. Encienda el analizador seleccionando 14 o 18 volts y si desea tener audio, seleccione el AUDIO BUZZER ON.
2. Ajuste la unidad en modo "normal view" y debe ver una barra vertical a la izquierda de la pantalla o display.
3. Si el LNB trabaja, usted vera ruido generado entre los 1400-1800 Mhz y si es demasiado, ajuste la atenuación a -10 o -20 db.
4. Oriente la parábola según usted desee hasta que vea señales en el analizador. También escuchara un zumbido si el BUZZER ON esta activado. Cuando esto suceda, usted detecto un satélite.
5. Mueva la parabólica en direcciones opuestas hasta que vea una mejor intensidad de señales en el satélite que usted busca.
6. Ahora que usted ha identificado el satélite, ponga el marcador de pantalla en una de las señales mas débiles que vea y ajuste EXPANDED VIEW para ver esa señal mejor. Ajuste la antena según necesite y busque la mejor señal o la mas fuerte.
7. Una vez que ajusto la antena, ajuste el LNB para eliminar errores de polaridad cruzada y la interferencia que la misma ocasiona en la recepción.
8. Chequee que todos los tornillos de la antena se han apretado y una vez terminado el ajuste, apague el analizador y desconéctelo de los cables.

GLOSARIO.

Aislamiento de polarización cruzada

Relación del nivel de la componente de la señal deseada a la salida de la antena receptora en la misma polarización que la antena transmisora, con respecto a la componente de esta misma señal en la polarización contraria.

Amplificador

Dispositivo diseñado para aumentar el nivel de potencia, voltaje o corriente de señales eléctricas o electromagnéticas

Amplificador de Alta Potencia (HPA)

Dispositivo que incrementa el nivel de potencia de la señal en la etapa final para ser transmitida al satélite.

Amplificador de Bajo Ruido (LNA)

Dispositivo que tiene como función amplificar la señal recibida del satélite a través de una antena con una contribución mínima de ruido.

Amplitud Modulada (AM)

Técnica de modulación mediante la cual la amplitud de una onda portadora de radio varía de acuerdo a la amplitud de la señal de entrada.

Ancho de banda

Es la diferencia entre dos frecuencias dadas. Rango de frecuencias ocupado por una señal.

Angulo de azimut

Angulo de apuntamiento de una antena con respecto al Norte geográfico en el sentido de las manecillas del reloj.

Angulo de elevación

Angulo de apuntamiento de una antena con respecto al plano horizontal.

Antena Cassegrain

Antena de reflector parabólico principal y un subreflector hiperbólico colocado frente al alimentador, entre el vértice y el foco principal del reflector.

Apogeo

Es el punto más alejado del centro de la Tierra en la órbita de un satélite.

Atenuación

Término general para denotar una disminución en la magnitud de una señal en una transmisión de un punto a otro. Puede ser expresada como la relación entre la magnitud de entrada y la magnitud de salida, o en decibeles.

Atenuación por lluvia

Pérdida o reducción de las características de potencia y polarización de las ondas radioeléctricas debido a la lluvia o a nubes muy densas. Varía de región a región de acuerdo a la tasa de pluviosidad.

Atenuador de posición (ATP)

Dispositivo que reduce la potencia a la entrada del sistema. En un satélite de comunicaciones disminuye la sensibilidad a la recepción. Su valor se expresa en dB.

Back off

Nivel de reducción de potencia a la entrada de un amplificador para asegurar su operación en la región lineal, logrando con esto reducir al mínimo posible el ruido por intermodulación.

Banda de frecuencias

Conjunto de frecuencias comprendidas entre límites determinados.

Banda ancha

De manera general, es un equipo o sistema a través del cual se transmite información a muy alta velocidad. Un sistema de comunicación de banda ancha puede incluir la transmisión simultánea de varios servicios como vídeo, voz y datos.

Banda base

Banda de baja frecuencia que ocupan las señales antes de modular la señal portadora de transmisión.

Banda C

Rango de frecuencias que va de 3.7 a 6.4 GHz utilizada para transmisión/recepción de señales del Servicio Fijo por Satélite y microondas.

Banda Ku

Rango de frecuencias que va de 11 a 18 GHz utilizada para la transmisión/recepción de señales del Servicio Fijo por Satélite.

Banda L

Rango de frecuencias ubicado entre 1 y 2 GHz. Se emplea para comunicaciones móviles por satélite.

Bit Error Rate (BER)

Tasa de bits erróneos. Relación del número de bits erróneos al total de bits transmitidos en un determinado intervalo de tiempo.

Banda Ka

Rango de frecuencias de 20 a 30 GHz utilizada para la transmisión/recepción de señales desde estaciones fijas y móviles.

BPSK

Técnica de modulación digital por corrimiento de fase binario. La información digital se transmite cambiando la fase de la portadora 180° .

Broadcast

Transmisión unidireccional a múltiples puntos receptores. Radiodifusión.

Constante de Boltzmann

Relación de la energía promedio de una molécula a la temperatura absoluta del medio. Su valor es $k=1.38 \times 10^{-23}$ joules/kelvin = 228.5992 dBJ/K.

Cadena ascendente

Arreglo de equipos de telecomunicaciones utilizados en la transmisión de señales al satélite.

Cadena descendente

Arreglo de equipos de telecomunicaciones utilizados en la recepción de señales desde el satélite.

Canal Unico por Portadora (SCPC)

Técnica de acceso al satélite por división de frecuencia (FDMA) en el que la portadora se transmite de un punto a otro de manera continua.

CCITT

Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía. Actual Sector de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T).

CCIR

Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicación. Actual Sector de Radiocomunicación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-R).

CDMA

Acceso Múltiple por División de Código; también conocida como Acceso Múltiple de Espectro Expandido ó Disperso. Técnica de acceso al satélite mediante la cual la señal es transmitida dentro de un determinado ancho de banda en ciertos periodos de tiempo a través de un código de transformación.

Comando

Ordenes generadas desde una estación terrestre hacia el satélite para su configuración o para efectuar ciertas acciones en éste.

CW

Portadora limpia. Señal sin modular

Centro de caja

Punto central de la posición orbital considerándola dentro de un cubo imaginario en el que deriva el satélite en cualquier dirección con un cierto rango de tolerancia.

Centro de control

Instalación integrada por sistemas y equipos para el control del satélite, recepción de telemetría y transmisión de comandos. ®

Cobertura

Región de tierra que es alcanzada por la radiofrecuencia emitida por un satélite. También se le denomina área de servicio.

Cobertura configurable

Capacidad del satélite para cambiar su área de servicio.

DAMA

Acceso Múltiple de Asignación por Demanda. Técnica de acceso al satélite en la que varias estaciones comparten un determinado ancho de banda en diferentes intervalos de

tiempo en función de una solicitud de transmisión y dejándolo disponible para el uso de otras estaciones del sistema.

Db

Unidad estándar para expresar la relación entre dos parámetros utilizando logaritmos de base 10. Se utiliza debido a que facilita los cálculos cuando intervienen cantidades muy grandes y muy pequeñas como en el caso de los enlaces vía satélite.

DBc

Decibeles referidos al nivel de potencia de la portadora.

DBi

Decibeles referidos a la potencia radiada por una antena isotrópica.

DBm

Decibeles referidos a la potencia expresada en miliwatts.

DBW

Decibeles referidos a la potencia expresada en Watts. La potencia de los satélites se expresa en dBW.

Densidad de potencia de ruido

Es la potencia de ruido generada por unidad de ancho de banda o en un determinado ancho de banda de referencia.

Derechos de aterrizaje

Permiso que otorga el ente regulador de un país para la transmisión y recepción de señales desde estaciones terrenas ubicadas en su territorio hacia satélites determinados. ®

Desecho espacial

Todo objeto fabricado en la Tierra que flota en el espacio sin un fin útil.

Eb/No

Relación de energía por bit a densidad espectral de ruido en Watts por Hertz.

Estación terrestre

Estación situada en un punto fijo en la Tierra destinada a establecer comunicación con una o varias estaciones espaciales, puede ser transmisora, receptora o transreceptora.

FDMA

Acceso Múltiple por División de Frecuencia. Técnica de acceso al satélite en la que cada portadora se transmite de manera constante en una frecuencia exclusiva durante todo el tiempo.

Figura de Mérito (G/T)

Es un indicador de la sensibilidad del sistema de recepción. Se define como la relación de la ganancia de la antena a la recepción con respecto a la temperatura de ruido del sistema a la recepción; sus unidades normalmente son dB/K.

Figura de ruido

Representada como la relación señal a ruido a la entrada de un sistema con respecto a la relación señal a ruido a la salida del mismo sistema. Es la medida de la degradación de la relación señal a ruido en un sistema de comunicaciones.

Guía de onda

Dispositivo para conducción de ondas electromagnéticas.

Interferencias solares

Fenómeno natural que se presenta cuando el Sol atraviesa el plano ecuatorial de la Tierra y queda alineado con el satélite y el haz de la antena de una estación terrena. La radiación de energía electromagnética del Sol provoca un incremento importante en la temperatura de la antena, que interfiere con su operación normal. Las interferencias solares se presentan dos veces al año durante los equinoccios de primavera y otoño; su duración es de alrededor de 10 minutos por cinco días aproximadamente.

Interferometría

Detección, análisis y erradicación de interferencias

Modulación por Código de Pulsos (PCM)

Técnicas de modulación a través de la cual una señal analógica puede ser transmitida de manera digital mediante un proceso de muestreo, cuantificación y codificación. Tiene la ventaja de poder regenerar su señal digital en puntos intermedios del medio de transmisión, sin embargo requiere mayor ancho de banda que la analógica.

Multicasting

Transmisión desde un sólo punto a múltiples usuarios de una red que pertenecen a un grupo definido, no necesariamente a todos.

Orilla de cobertura (EOC)

Límite del área de servicio de un satélite.

Portadora

Señal de frecuencia fija generalmente, que es modulada por la señal de información a fin de transportarla.

Portadora limpia (CW)

Señal sin modular, onda continua

Portadora modulada

Señal que variará su amplitud, fase o frecuencia con respecto a una referencia conocida de acuerdo a la técnica de modulación utilizada en la transmisión.

Posición orbital

Es la ubicación de un satélite en el arco orbital. Se expresa en grados (Este / Oeste) a partir del meridiano de Greenwich.

PSK

Modulación por Corrimiento de Fase. Técnica de modulación digital.

Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE ó EIRP)

Es el resultado de la combinación de la potencia del transmisor con la ganancia de la antena en una dirección determinada: hacia el satélite o del satélite hacia la estación receptora. Se expresa en dBW.

Rango

Es el proceso a través del cual se determina la ubicación exacta del satélite.

Rango del atenuador

Ajuste de ganancia de un transponder expresado en dB

Relación portadora a densidad de ruido (C/No)

Relación de potencia entre la portadora y la densidad de potencia de ruido en un ancho de banda de 1 Hz. Se expresa en dB/Hz.

Relación portadora a ruido (C/N)

Relación de la potencia de una portadora digital con respecto a la potencia de ruido en el ancho de banda que ocupa. Se expresa en dB.

Relación señal a ruido

Relación de la potencia de una señal analógica con respecto al nivel de ruido. Se expresa en dB.

Ruido

Señales indeseables en un circuito de comunicaciones. Se expresa en dB.

Ruido térmico

Ruido producido por el movimiento aleatorio de los electrones tanto en un medio de transmisión como en los equipos de comunicación.

Ruido de intermodulación

Se presenta cuando una o más señales pasan a través de un dispositivo no lineal con niveles de entrada demasiado altos produciendo señales espurias.

Satélite

Cuerpo que gira alrededor de otro y cuyo movimiento está determinado principal y permanentemente por la fuerza de atracción de éste último. En comunicaciones, artefacto puesto alrededor de la Tierra como repetidor de señales de radiofrecuencia.

Satélite geoestacionario

Satélite geosincrónico cuya órbita circular se encuentra sobre el plano ecuatorial y que aparentemente permanece fijo con respecto a un punto determinado sobre la Tierra. La altura de la órbita geoestacionaria es de 35,848 kms.

Satélite de giro

Satélite estabilizado debido al giro de una de sus secciones.

Satélite triaxial

Satélite estabilizado en sus tres ejes y con movimiento en las tres direcciones gracias a la disposición de los impulsores.

Sistema de Localización de Transmisores (TLS)

Sistema para geolocalización de fuentes generadoras de interferencia radioeléctrica.

Servicio ocasional

Servicio que se proporciona para un evento determinado en fecha y hora específica.

Telemetría

Información del satélite a través de la cual se conoce su status y su configuración.

TDMA

Acceso Múltiple por División de Tiempo. Técnica de acceso al satélite en la que un determinado ancho de banda es utilizado por múltiples estaciones en diferentes intervalos de tiempo.

Tolerancia de deriva

Rango en el cual un satélite puede moverse dentro del cubo imaginario alrededor de su posición orbital.

Transponder

Parte esencial del subsistema de comunicaciones de un satélite que tiene como función principal la de amplificar la señal que recibe de la estación terrena, cambiar la frecuencia y retransmitirla nuevamente a una estación terrena ubicada dentro de su área de cobertura.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

UIT

Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunications Union).

USAT

Terminal de apertura ultra pequeña. Estaciones terrenas con antenas de diámetro menores a 70 cm utilizadas para la transmisión/recepción de datos vía satélite.

Vida útil de un satélite

Periodo de tiempo en el que un satélite presta servicios.

VSAT

Terminal de pequeña apertura. Estaciones terrenas con antenas de diámetro igual o menor a 2.4 metros.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO.

Jesús Rodríguez Zamora, deseando obtener el grado de Maestro en Ciencias, de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería con especialidad en Telecomunicaciones, presentando la tesis “Métodos de Medición y Prueba en Orbita para transponder de Satélites”.

Nació un 3 de marzo de 1977, en la ciudad de Poza Rica de Hgo, Veracruz, México. Sus padres, María Elena Zamora Orozco y Benito Rodríguez Pérez; hermanos Uriel y Edgar.

Sus estudios los cursó en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UANL, de 1996 a 2000, obteniendo el título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones el 10 de octubre de 2000.

Experiencia laboral en la empresa Grupo Cormac, como Ingeniero de Proyectos, encargado de investigación de equipo especializado en telecomunicaciones para Telmex, desarrollo de proyectos para distintas empresas del área de telecomunicaciones y asistencia técnica a clientes.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

