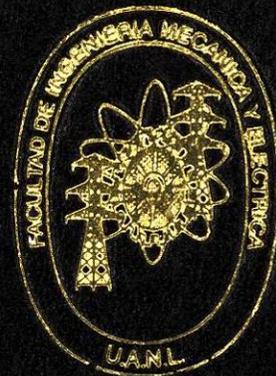
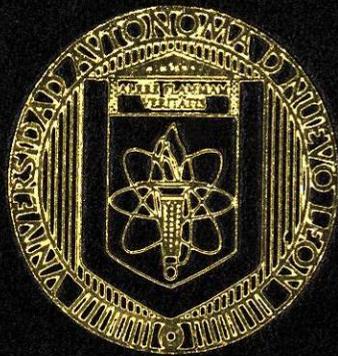


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
ING. EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA

JONHANTAN CUAUHTEMOC CABRALES MEJIA

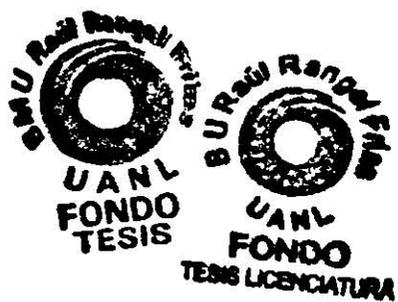
ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA

T  
TK510  
C333  
C.1



1080096872

T  
TKS104  
C33



**Tesis presentada por :**

**Jonhantan Cuauhtémoc Cabrales Mejía**

**Asesor :**

**Ing. Fernando Estrada**

## INDICE

|  | pagina |
|--|--------|
| Introducción . . . . .   | 2      |
| ¿ Que es un satélite ? . . . . .                               | 3      |
| Clasificación de los satélites . . . . .                       | 4      |
| Orbita geoestacionaria . . . . .                               | 6      |
| Fuentes de energía . . . . .                                   | 7      |
| Area de cobertura . . . . .                                    | 8      |
| Descripción del satélite . . . . .                             | 9      |
| Circuito hipotético de referencia ( del transmisor ) . . . . . | 11     |
| Circuito hipotético de referencia ( del satélite ) . . . . .   | 12     |
| Circuito hipotético de referencia ( del receptor ) . . . . .   | 13     |
| Acceso múltiple . . . . .                                      | 14     |
| Ventajas y desventajas relativas . . . . .                     | 15     |
| Ruido de intermodulación . . . . .                             | 16     |
| Diseño de enlaces de comunicación vía satélite . . . . .       | 17     |
| Procedimiento de solución del ejemplo . . . . .                | 18     |
| Solución final ( plan de frecuencias ) . . . . .               | 25     |

# INTRODUCCION

El hombre siempre ha tenido la necesidad de comunicarse con sus semejantes. Al principio lo hacia con señales de humo o producía sonidos con troncos de arboles huecos, pero a medida que la necesidad de comunicarse a mayor distancia crecía se tuvieron que inventar nuevos métodos para lograrlo.

En el siglo XIX se inventaron el telégrafo y la radio, los cuales ya permitían la comunicación a gran distancia, pero tenían la desventaja de que tenían un ancho de banda muy limitado y además eran poco confiables. El aumento de las necesidades de canales en las telecomunicaciones mundiales, urgió al hombre a crear nuevos métodos y sistemas de comunicación, capaces de incrementar la cantidad de información transmitida en forma segura y confiable.

Fue así como en la década de los 50's surgieron las microondas las cuales tienen como ventajas: un gran ancho de banda, solo viajan en línea recta y cruzan libremente la ionosfera.

Debido a que las microondas viajan en línea recta presentan la desventaja de que debe haber línea de vista entre el transmisor y el receptor, además de que cada cierta distancia debe haber una repetidora que amplifique la señal, por lo que esto imposibilita la comunicación intercontinental.

Debido a las desventajas de la red terrestre de microondas se opto por poner solo una repetidora de microondas en el espacio.

## **¿ Qué es un satélite ?**

**Un satélite es básicamente una repetidora de microondas puesta en el espacio, y tiene las siguientes ventajas :**

- 1. Menor cantidad de repetidoras.-** para las grandes compañías televisoras es mas conveniente utilizar un satélite para cubrir una región grande, debido a que se ahorran el costo de instalar repetidoras de microondas por toda la región.
- 2. Mayor calidad.-** todo proceso electrónico genera ruido, y si en un sistema de comunicación hay muchas repetidoras el ruido generado será muy grande, por lo tanto en un sistema vía satélite solo se tiene una sola fuente de ruido.
- 3. Sistema mas confiable.-** la seguridad de que la señal llegue depende del numero de repetidoras, si una repetidora falla el sistema ya no funciona. Los satélites no pueden fallar debido al estricto control de calidad de los fabricantes, y las piezas susceptibles a fallas, tales como amplificadores, tubo de ondas progresivas, etc. se ponen redundantes.

## Clasificación de los satélites :

1. **De acuerdo a su principio de operación.-** Pasivos : la señal solo rebotaba en el satélite, en la actualidad ya no se utilizan. Activos : en este tipo de satélites la señal entra con una frecuencia, se amplifica y sale con otra frecuencia, estos son los que están todavía en uso.
  
2. **De acuerdo a su aplicación.-** podemos clasificarlos en 2 grupos : civiles y militares. Dentro de los civiles se encuentran los meteorológicos, cartográficos, de investigación y los de comunicaciones, los cuales conviene que sean geoestacionarios.
  
3. **De acuerdo a su órbita.-** se clasifican en :
  - a) no geoestacionarios : significa que se mueve con respecto a la Tierra y por lo tanto no se puede disponer de ellos las 24 horas, su órbita puede ser ecuatorial o no ecuatorial, polar, elíptica, circular, etc.
  
  - b) geoestacionarios : estos satélites están fijos con respecto a un punto en la Tierra, esto presenta las ventajas de que una vez localizado el satélite ya no es necesario reorientar la antena para rastrearlo y la otra ventaja es que se dispone de él las 24 horas del día.

#### **4. De acuerdo a su cobertura.-**

- a) Global.- su transmisión cubre aproximadamente el 40 % de la Tierra, por ejemplo los satélites Intelsat.
  
- b) Domestico.- cubren solo un área específica, según los requerimientos de un país.
  
- c) Regional.- cubren varias zonas que pueden incluir a varios países, por ejemplo el satélite Solidaridad el cual transmite hacia México, el sur de Estados Unidos y Centroamerica.

La diferencia entre ellos radica en el tipo de antena utilizada ; para la cobertura global se requiere de una antena tipo corneta, mientras que las coberturas regional y domestica requieren antenas tipo parábolas.

## Orbita geoestacionaria

Las condiciones para que el satélite guarde una órbita geoestacionaria son las siguientes :

- 1.- La órbita debe ser circular.
- 2.- La órbita debe ser ecuatorial.
- 3.- La altura sobre el nivel del mar debe ser de 35,890 Kilómetros.
- 4.- El satélite debe desplazarse en el mismo sentido de rotación de la Tierra.

**¿ Por que poner el satélite de comunicaciones en una órbita geoestacionaria ?**

Porque esto permite el uso de antenas terrestres estacionarias y además el satélite es visible desde casi la mitad de la superficie terrestre.

Si el satélite se pusiera en una órbita no ecuatorial la fuerza de gravedad de la Tierra tendería a moverlo hacia el ecuador.

La razón de que sea una órbita circular es que la elíptica no sirve porque el satélite estaría mas tiempo en un lugar que en otro de la Tierra.

La altura sobre el nivel del mar se obtiene de la ecuación del periodo orbital la cual se encuentra definida por la ley de Keppler :

$$P_o^2 = \frac{4(\pi)^2(R + h)^3}{\mu}$$

donde :

Po : periodo orbital ( segundos )

R : radio de la Tierra ( metros )

h : altura del satélite ( metros )

$\mu$  : constante de Keppler (  $3.99 \times 10^{14} \text{ mt}^3 / \text{seg}^2$  )

De esta ecuación se despeja " h " y se toma el periodo orbital de 24 horas. Con esto se obtiene la altura de 35,890 Kilómetros.

## **Fuentes de energía**

Los satélites requieren de 2 fuentes de energía para cumplir con su función. Estas fuentes son la eléctrica y la mecánica.

**Eléctrica** : a).- celdas solares :son la fuente principal de energía.

b).- pilas recargables : se usan como complemento de las fotoceldas cuando estas no reciben luz del sol .

**Mecánica** : hidrazina : este combustible es el que determina la vida útil del satélite, la cual es de 10 a 14 años . Cuando el satélite tiende a salirse de su órbita asignada unos pequeños cohetes lo empujan a su órbita normal, utilizando este combustible, pero cuando se agota ya no es posible regresarlo a su lugar y entonces la vida útil del satélite ha llegado a su fin, aunque los componentes electrónicos sigan funcionando correctamente.

## Area de cobertura

### Satélites Intelsat ( internacional )

Para implementar un sistema de comunicaciones de cobertura global se requieren 3 satélites, separados 120° uno de otro colocados en los océanos Indico, Pacifico y Atlántico respectivamente.

La razón de que los satélites estén separados 2.5° como mínimo uno con respecto del otro es evitar que se traslapen las señales enviadas al satélite, ya que estos utilizan frecuencias iguales ( 2.5° de separación equivalen a 1849 Km aproximadamente ). Sin embargo si los satélites bañan diferentes regiones de la Tierra se les puede permitir una separación de hasta 1°.

### Frecuencias de las bandas comerciales

| <b>banda</b> | <b>frecuencia<br/>ascendente</b> | <b>frecuencia<br/>descendente</b> |
|--------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| banda C      | 5,925 a 6,425 Mhz                | 3,700 a 4,200 Mhz                 |
| banda Ku     | 14 a 14.5 Ghz                    | 11.7 a 12.2 Ghz                   |
| banda Ka     | 27.5 a 31 Ghz                    | 17.7 a 21.2 Ghz                   |

La razón de que se utilice una frecuencia para subir la señal al satélite y se baje con otra frecuencia diferente es que éste utiliza una misma antena para transmitir y para recibir la señal y si se utilizara la misma frecuencia habría una retroalimentación que provocaría que el sistema oscilara y se generara ruido que distorsionaría la señal de información.

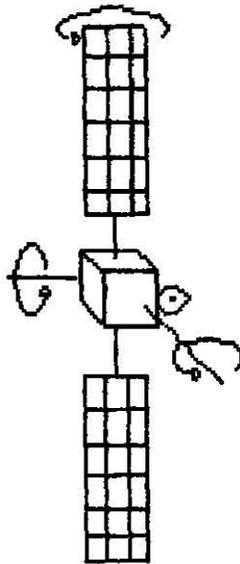
Por otra parte, la frecuencia de subida es mayor que la de bajada debido a que a mayor frecuencia portadora hay una mayor atenuación, y como el satélite no puede aportar mucha potencia para amplificar la señal necesita de una frecuencia menor al transmitir hacia abajo para que tenga las menores pérdidas posibles.

## Descripción del satélite

Para que un satélite se mantenga en equilibrio en un lugar específico, necesita estar girando sobre su eje rápidamente ; al ser lanzado se le da un impulso de giro y después, él mismo continuará girando debido a que en el espacio no hay fricción que lo frene.

Debido a que el satélite gira para mantenerse en equilibrio, las antenas de comunicaciones deben girar a la misma velocidad que el cuerpo del satélite, pero en sentido contrario, dando la apariencia de que están posicionadas en el mismo lugar.

Tomando como ejemplo el satélite Solidaridad, se tiene que éste está estabilizado en tres ejes ( X, Y, Z ) y cuenta con 24 transponders ( un transponder es un sistema de comunicación que consta de receptor, mezclador y transmisor, lo cual significa que hasta 24 usuarios pueden usar el mismo satélite.



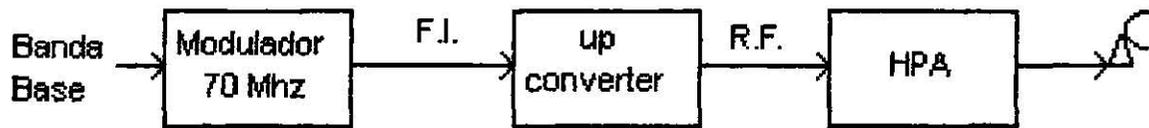
Satélite Solidaridad

Así mismo, durante el diseño del satélite se toman en cuenta los elementos electrónicos que generan calor y los cuales se colocan en las paredes del mismo para que mantengan estable la temperatura interior.

Los transistores utilizados para amplificar la señal están fabricados a base de Arseniuro de Galio debido a que este compuesto genera menos ruido térmico que el Silicio o el Germanio. Y para prevenir alguna falla en los enlaces de comunicaciones todos los sistemas susceptibles de fallas tales como los amplificadores y tubos de ondas progresivas se ponen redundantes.

Aparte de las antenas de telecomunicaciones los satélites utilizan una antena omnidireccional para recibir señales que controlan los sistemas y motores propios del satélite, esta antena funciona en banda L ( 1.5 ~ 1.6 Ghz ).

## Circuito hipotético de referencia ( del transmisor )



La banda base puede ser señal de telefonía, televisión o señal digital.

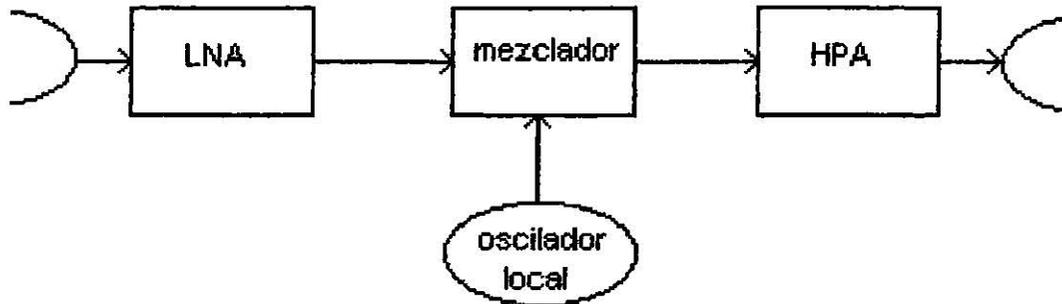
Una razón de que se module la señal en FM es porque la frecuencia modulada es superior en calidad a la amplitud modulada y si se modulara la señal de banda base con frecuencias de microondas se tendría una eficiencia muy baja y además el equipo para hacer esto sería muy costoso ; en cambio si se modula la banda base a baja frecuencia ( 70 Mhz ) se obtiene una mejor eficiencia. Otra razón de utilizar 70 Mhz es para que todos los usuarios usen un valor estándar dictado por la norma y no el que ellos mismos elijan.

Después de modularse a la señal de salida se le llama Frecuencia Intermedia.

El up-converter eleva la frecuencia de 70 Mhz al rango de microondas

Y finalmente la señal se amplifica para ser enviada hacia el satélite.

## Circuito hipotético de referencia ( del satélite )



El LNA es un amplificador de bajo ruido, el cual introduce menos ruido que uno normal debido a que está diseñado con transistores de efecto de campo de Arseniuro de Galio ( GaAs FET ) los cuales reducen el ruido generado al amplificar una señal eléctrica.

El oscilador local genera frecuencias de referencia para realizar el traslado de las frecuencias de bajada, para la banda C ( 2225 Mhz ) y para la banda Ku ( 2300 Mhz ).

En el mezclador se combina la señal recibida ( frecuencia ascendente) con la del oscilador local y el resultado es una frecuencia menor ( frecuencia descendente ) que es la que se amplifica en el HPA y luego esta señal es enviada a la antena transmisora, que en algunas ocasiones es la misma que la de recepción, esto es válido debido a que se manejan frecuencias diferentes y por lo tanto no se pueden mezclar entre sí .

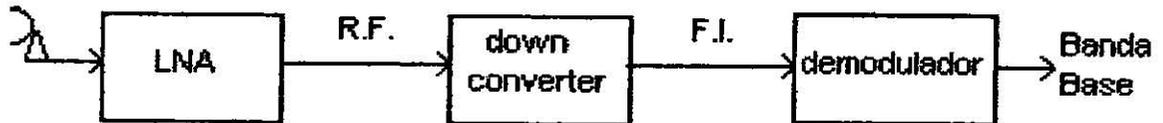
El hecho de que se utilice una frecuencia menor en el enlace de bajada es que la potencia está limitada por la capacidad de las celdas solares, las cuales son las únicas fuentes de energía eléctrica disponible en el satélite y considerando que a mayor frecuencia existen más pérdidas de propagación es preferible seleccionar la frecuencia que proporcione menos pérdidas para la bajada y lograr que la señal llegue a tierra con un mayor nivel de potencia.

### **frecuencia descendente :**

Banda C  $f_{desc} = f_{asc} - 2225 \text{ Mhz}$

Banda Ku  $f_{desc} = f_{asc} - 2300 \text{ Mhz}$

### Circuito hipotético de referencia ( del receptor )



La señal de microondas recibida en la estación terrena vuelve a ser pasada por un amplificador de bajo ruido ( LNA ), después pasa por el convertidor descendente que reduce la frecuencia a 70 Mhz o Frecuencia Intermedia, y por ultimo esta señal F.I. se demodula para obtener las señales originales de banda base.

## **Acceso Múltiple**

El acceso múltiple se define como la capacidad para que un gran número de estaciones terrenas transmisoras establezcan sus enlaces de comunicación correspondientes a través de un solo satélite.

Los tres tipos mas comunes de acceso múltiple son :

1.- Acceso múltiple por división de frecuencia ( FDMA ) donde todos los usuarios tienen acceso al satélite al mismo tiempo pero cada uno transmite en su propia frecuencia. Esta es la forma de acceso múltiple mas utilizada para señales analógicas debido a que la señal esta presente todo el tiempo.

2.- Acceso múltiple por división de tiempo ( TDMA ) donde los usuarios transmiten por turno en su propio intervalo de tiempo. Mientras esta transmitiendo, cada usuario puede hacer uso de uno o mas transponders. Esta forma de acceso múltiple es utilizada para señales digitales, debido a sus características intermitentes.

3.- Acceso múltiple por división de códigos ( CDMA ) muchas estaciones terrenas transmiten simultáneamente señales codificadas distribuidas en todo el ancho de banda asignado. Los sistemas decodificadores reciben las transmisiones combinadas provenientes de diferentes estaciones y recuperan cada una de ellos.

## **Ventajas y desventajas relativas**

### **Ventajas de FDMA :**

- 1.No requiere sincronización, cada estación transmite en forma independiente de las otras .**
- 2.La asignación de cada canal es simple y directa.**

### **Desventajas de FDMA :**

- 1.Los niveles de potencia de los enlaces ascendentes deben ser muy bien coordinados para hacer un uso eficaz de la potencia de salida de los transponders.**
- 2.El sistema esta propenso a ruido de intermodulacion por lo que es necesario reducir la potencia total del transponder conforme aumenta el numero de portadoras, con la consecuente perdida de eficiencia.**

### **Ventajas de TDMA :**

- 1.No se comparte la potencia del transmisor y por lo tanto no hay intermodulacion.**
- 2.El sistema es flexible en cuanto a la PIRE ( potencia isotropica radiada efectiva ) que cada usuario transmite en cada enlace ascendente.**

### **Desventajas de TDMA :**

- 1.Se requiere una sincronía perfecta en la red de enlaces.**
- 2.Se requiere de una gran capacidad de almacenamiento de datos si la trama de bits es larga.**

## **Ruido de Intermodulación**

Debido a la característica no lineal del tubo de ondas progresivas ( amplificador de señales ) del transponder del satélite, cuando se presentan varias portadoras se producen productos de intermodulación entre las portadoras afectando la calidad de la transmisión. A estos productos de intermodulación se le da el nombre de " ruido de intermodulación ".

Cuando dos o mas portadoras están presentes en el mismo transponder, este ruido de intermodulación aparece como traslape en el espectro original de frecuencias asignado a cada portadora.

La única manera de reducir el ruido de intermodulación es disminuir el nivel de la señal de entrada en el tubo de ondas progresivas de modo que éste pueda operar en la región lineal.

## **Diseño de enlaces de Comunicación vía satélite**

El objetivo de este punto es el diseño de un sistema de comunicación vía satélite a partir de datos reales y cumpliendo con los requisitos de calidad de transmisión exigidos por los organismos internacionales. Para comprender mejor este tema se ilustrará mediante un ejemplo.

**Ejemplo :**

El gobierno francés planea establecer un servicio de telecomunicaciones vía satélite entre Francia y algunos de sus territorios, con el fin de proporcionar los siguientes servicios :

a). comunicar Francia con La Guayana, Martinica, Guadalupe y La Reunión por medio de un enlace bilateral que permita la transmisión de 252 canales de voz.

b). comunicar La Guayana con Martinica y Guadalupe con San Bartolomé por medio de un enlace bilateral que permita la transmisión de 96 canales de voz.

Las condiciones siguientes deberán ser respetadas :

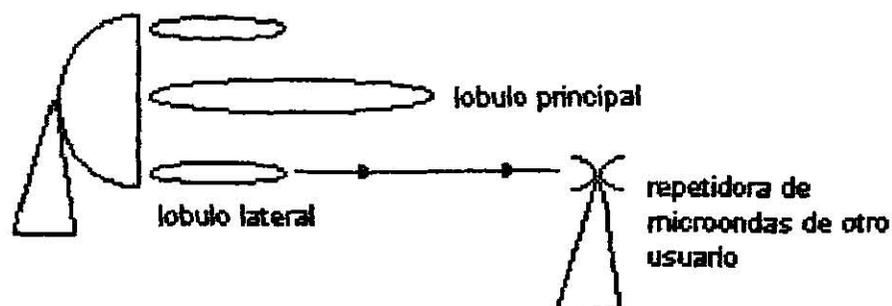
1. El satélite será colocado en una órbita geoestacionaria de tal forma que sea visto por las diferentes estaciones terrenas con una elevación superior a los  $5^{\circ}$  , además no deberá haber otro satélite que utilice la misma frecuencia a  $3^{\circ}$  de separación.
2. Las bandas de frecuencia utilizadas son las primeras bandas asignadas al servicio fijo de telecomunicaciones por satélite ( banda C ).
3. Se utilizaran 2 transponders de 75 Mhz de ancho de banda, una banda de 25 Mhz será dejada como guarda entre los 2 transponders. El transponder 2 transmitirá los 7 enlaces destinados a la región Antillas - Guayana por medio de una antena tipo spot - beam ( haz puntual ). El transponder 1 transmitirá los otros 5 enlaces destinados a Francia y La Reunión por medio de una antena tipo corneta de cobertura global. Esta misma corneta servirá de antena de recepción para todos los enlaces.

4. El sistema utilizado es el de Acceso Múltiple por División de Frecuencia y las diferentes portadoras son moduladas en frecuencia ( FDMA / FM ). Se dejara una banda de guarda del 10% del ancho de banda del enlace a cada lado de cada canal.

El primer paso para obtener la solución del problema es optimizar la posición del satélite ( esto significa colocar el satélite en un lugar que tenga línea de vista con todas las estaciones terrenas ) con una elevación mínima de la antena de 5°.

¿Por que mínimo 5° ?

a). para prevenir la interferencia de nuestra señal con otra antena terrestre que este cerca de la nuestra, esto es debido a que las antenas no tienen un patrón de radiación unidireccional, sino que tienen un lóbulo principal y lóbulos laterales indeseables.



b). otra razón para elevar la antena es para evitar la introducción de ruidos a nuestro sistema debido a que la radiación solar rebota en el suelo y se refleja hacia los lóbulos laterales.



una mayor elevación de la antena permite recibir menos ruido.

Como primer paso hay que calcular la posición del satélite a partir de la fórmula de elevación :

$$EI = \frac{\text{tg}^{-1} \cos \mu - \frac{R_T}{R_T + h}}{\text{sen } \mu} \quad \text{y} \quad \cos \mu = \cos(\text{lat}) \cos(dL)$$

donde :

dL = separación angular entre la longitud de la estación terrena y la longitud del satélite. ( con una EI = 5° obtenemos una dL<sub>max</sub> )

$$dL_{\text{max}} = \cos^{-1} \left| \frac{0.235}{\cos(\text{lat})} \right|$$

Las coordenadas de las estaciones terrenas de cada enlace se obtienen de las tablas de datos

| <i>enlace</i> | <i>latitud<br/>(grados y minutos)</i> | <i>longitud</i> | <i>latitud<br/>(grados)</i> |
|---------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Francia       | 48° 31' N                             | 3° 54' E        | 48.51° N                    |
| San Barto     | 17° 55' N                             | 62° 50' W       | 17.91° N                    |
| Guadalupe     | 16° 15' N                             | 61° 35' W       | 16.25° N                    |
| Martinica     | 14° 31' N                             | 61° 01' W       | 14.51° N                    |
| Guayana       | 4° 56' N                              | 52° 18' W       | 4.93° N                     |
| La Reunión    | 20° 54'S                              | 55° 32' E       | 20.90° N                    |

utilizando la formula de  $dL_{max}$  obtenemos la separación angular de cada enlace.

$$dL_{Fran} = 69.22^\circ$$

$$\underline{dL_{Fran} = 69^\circ 13'}$$

$$dL_{Bart} = 75.7^\circ$$

$$\underline{dL_{Bart} = 75^\circ 42'}$$

$$dL_{Gpe} = 75.83^\circ$$

$$\underline{dL_{Gpe} = 75^\circ 49'}$$

$$dL_{Mart} = 75.95^\circ$$

$$\underline{dL_{Mart} = 75^\circ 57'}$$

$$dL_{Guay} = 76.35^\circ$$

$$\underline{dL_{Guay} = 76^\circ 21'}$$

$$dL_{Reun} = 75.43^\circ$$

$$\underline{dL_{Reun} = 75^\circ 25'}$$

Después de estas operaciones hay que realizar el calculo de la posición del satélite.

Limites de posicionamiento del satélite para cada lugar

$$\text{Lim. sup.} = dL_{max} + \text{long.}$$

$$\text{Lim. inf.} = dL_{max} - \text{long.}$$

| Francia                                    | Bartolomé                                  | Guadalupe                                  |
|--|--|--|
| Lim. sup.= $69^{\circ}13' + 3^{\circ}54'$  | Lim. sup.= $75^{\circ}42' + 62^{\circ}50'$ | Lim. sup.= $75^{\circ}49' + 61^{\circ}35'$ |
| Lim. sup.= $73^{\circ}07' E$               | Lim. sup.= $138^{\circ} 32' W$             | Lim. sup. = $137^{\circ} 24' W$            |
| Lim. inf.= $69^{\circ}13' - 3^{\circ} 54'$ | Lim. inf.= $75^{\circ}42' - 62^{\circ}50'$ | Lim. inf.= $75^{\circ}49' - 61^{\circ}35'$ |
| Lim. inf.= $65^{\circ}19' W$               | Lim. inf.= $12^{\circ}52' E$               | Lim. inf.= $14^{\circ}14' E$               |
| Martinica                                  | Guayana                                    | Reunión                                    |
| Lim. sup.= $75^{\circ}57' + 61^{\circ}01'$ | Lim. sup.= $76^{\circ}21' + 52^{\circ}18'$ | Lim. sup.= $75^{\circ}25' + 55^{\circ}32'$ |
| Lim. sup.= $136^{\circ}58' W$              | Lim. sup.= $128^{\circ}39' W$              | Lim. sup.= $130^{\circ}57' E$              |
| Lim. inf.= $75^{\circ}57' - 61^{\circ}01'$ | Lim. inf.= $76^{\circ}21' - 52^{\circ}18'$ | Lim. inf.= $75^{\circ}25' - 55^{\circ}32'$ |
| Lim. inf.= $14^{\circ}56' E$               | Lim. inf.= $24^{\circ}03' E$               | Lim. inf.= $19^{\circ}53' W$               |

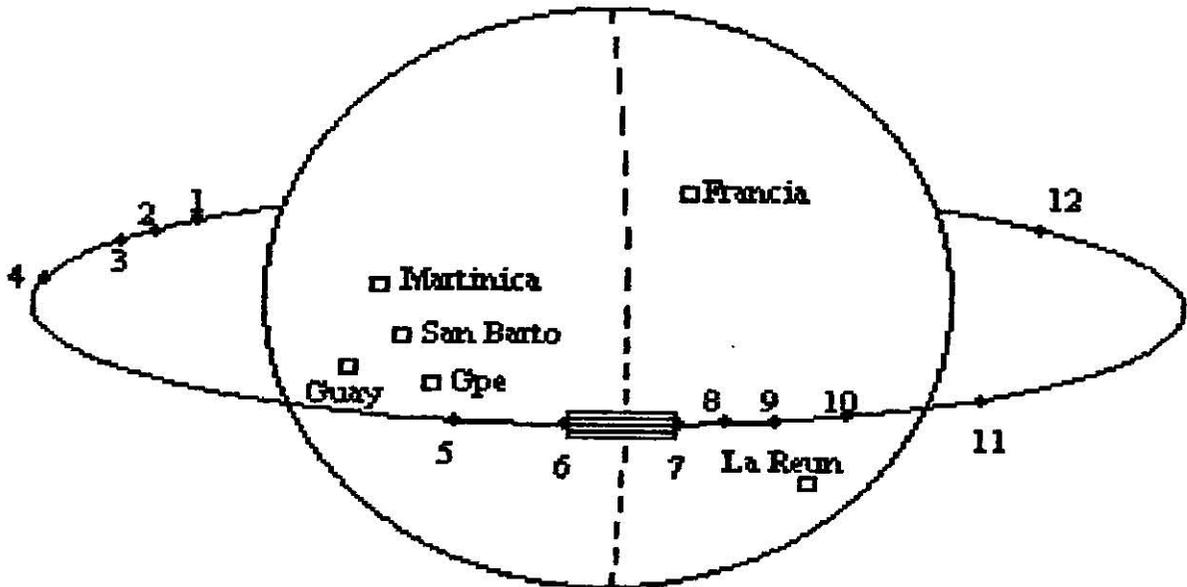
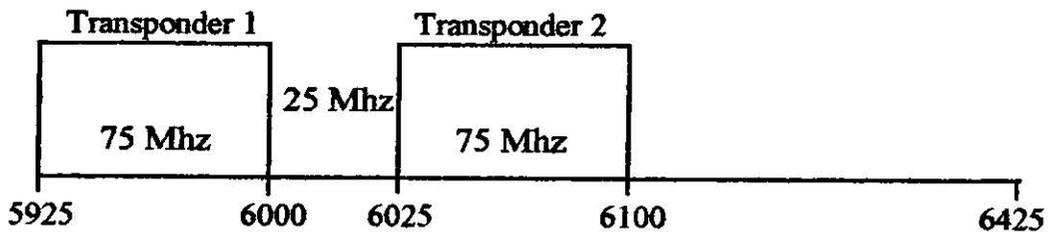


diagrama de posiciones de cada enlace

- |                       |                       |                      |                        |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| 1. $138^{\circ}32' W$ | 4. $128^{\circ}39' W$ | 7. $12^{\circ}52' W$ | 10. $24^{\circ}03' E$  |
| 2. $137^{\circ}24' W$ | 5. $65^{\circ}19' W$  | 8. $14^{\circ}14' E$ | 11. $73^{\circ}07' E$  |
| 3. $136^{\circ}58' W$ | 6. $19^{\circ}53' W$  | 9. $14^{\circ}56' E$ | 12. $130^{\circ}57' E$ |

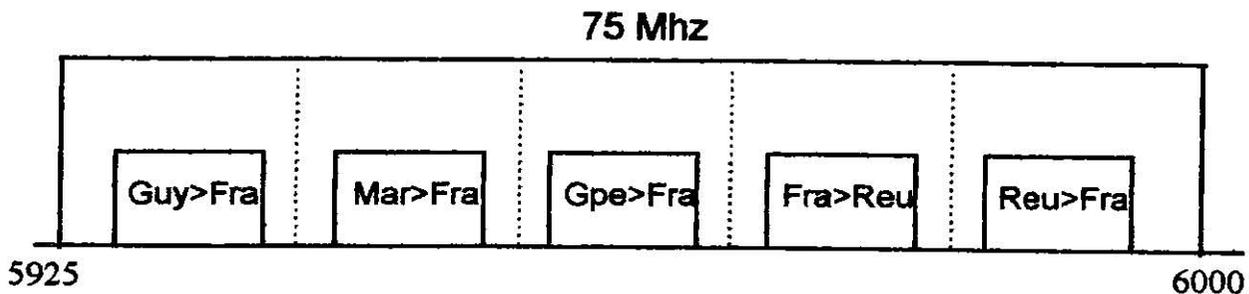
Los lugares posibles en donde se puede colocar el satélite están dentro del rectángulo ( en el dibujo ) y las coordenadas son desde 19° 53' W hasta 12° 52' E.

Una vez posicionado el satélite, se procede a hacer la selección de las frecuencias de los transponders. Debemos tratar de colocar nuestros transponders en las orillas del ancho de banda total del satélite para dejar el mayor espacio a usuarios que requieran un ancho de banda mas amplio.



Después de haber escogido las frecuencias que nos corresponden en el satélite, hay que repartir el ancho de banda de cada transponder en los enlaces que se piden en el problema.

Hay que repartir el transponder 1 en 5 canales iguales, según los datos del problema son 252 canales de voz por cada enlace.



cada banda de guarda, para cada enlace, es un 10 % del ancho de banda total y son 10 bandas de guarda por lo tanto :

$$5 \text{ A.B.} + 10 ( 10 \% \text{ A.B.} ) = 75 \text{ Mhz}$$

$$5 \text{ A.B.} + 10 ( 0.1 \text{ A.B.} ) = 75 \text{ Mhz}$$

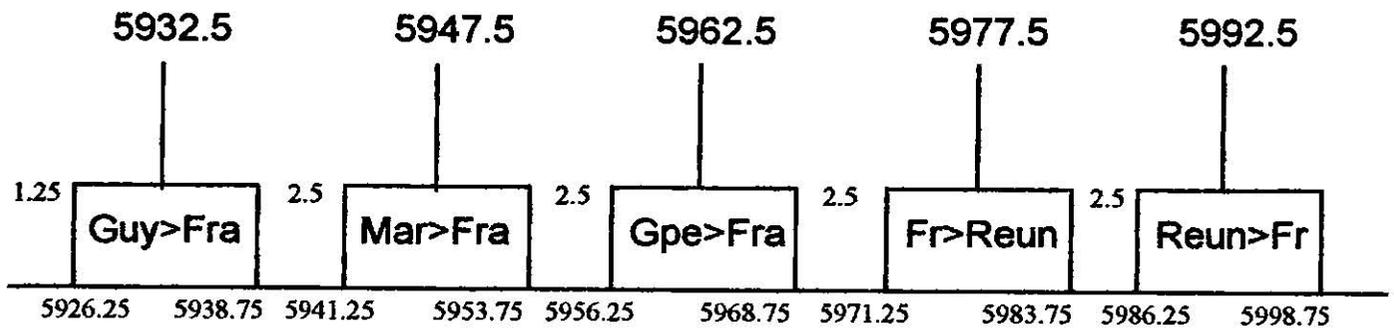
$$5 \text{ A.B.} + \text{A.B.} = 75 \text{ Mhz}$$

$$6 \text{ A.B.} = 75 \text{ Mhz}$$

$$\text{A.B.} = 75 / 6$$

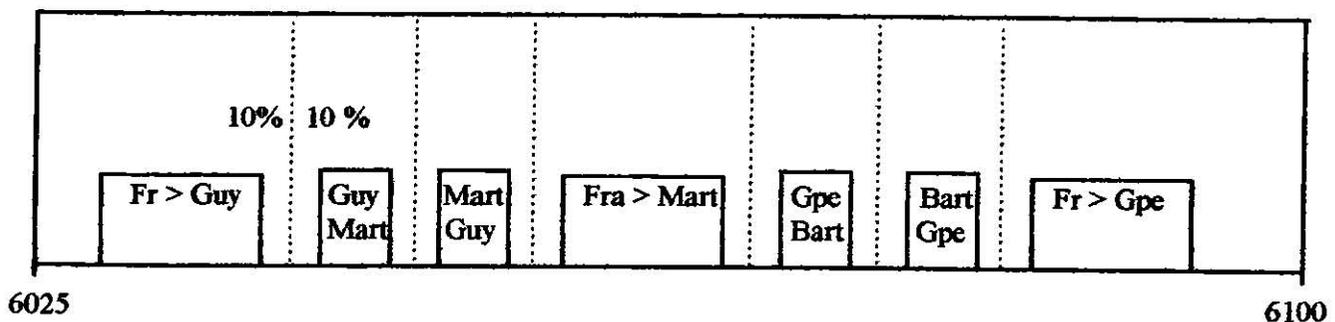
$$\underline{\text{A.B.} = 12.5 \text{ Mhz}}$$

10 % de ancho de banda = 1.25 Mhz  
para el enlace de 252 canales



El siguiente paso es repartir las frecuencias del transponder 2 en 7 canales ; recordando que las frecuencias del transponder 2 deben estar retiradas 25 Mhz ( 10 % ancho de banda de cada lado ) del enlace de 252 canales.

75 Mhz



Al principio de este transponder hay un 10 % del ancho de banda del enlace de 252 canales

La ecuación para obtener el ancho de banda para los 96 canales de voz quedaría :

$$3 A.B._{252} + 6( 10\% A.B._{252} ) + 4 A.B._{96} + 8( 10 \% A.B._{96} ) = 75 \text{ Mhz}$$

$$3 A.B._{252} + 0.6 A.B._{252} + 4 A.B._{96} + 0.8 A.B._{96} = 75 \text{ Mhz}$$

$$3.6 A.B._{252} + 4.8 A..B._{96} = 75 \text{ Mhz}$$

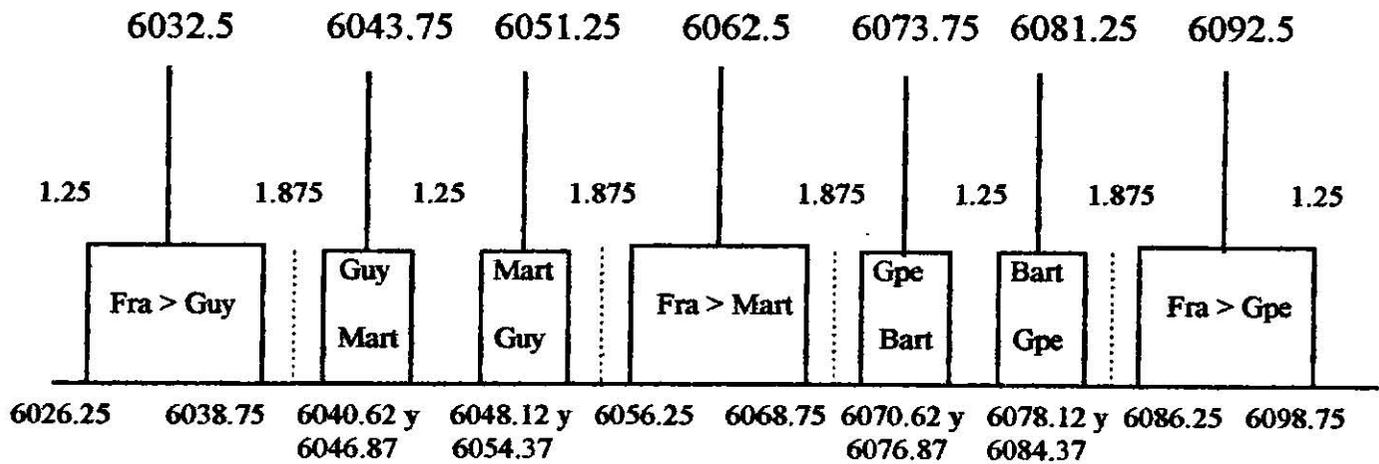
en esta ecuación hay que sustituir el valor del ancho de banda de 252 canales

$$A.B._{252} = 12.5 \text{ Mhz}$$

$$3.6( 12.5 ) + 4.8 A.B._{96} = 75 \text{ Mhz}$$

$$A.B._{96} = ( 75 - 45 ) / 4.8$$

$$\underline{A.B._{96} = 6.25 \text{ Mhz}} \quad 10 \% \text{ de } A.B. = 0.625 \text{ Mhz}$$



El resultado del análisis anterior es llamado Plan de frecuencias.

Para obtener las frecuencias descendentes aplicamos la formula de frecuencias descendentes para Banda C.

$$F_{desc.} = F_{asc.} - 2225 \text{ Mhz}$$

| Enlace      | Frecuencia ( Mhz ) |             |
|-------------|--------------------|-------------|
|             | up - link          | down - link |
| Guay > Fra  | 5932.5             | 3707.5      |
| Mart > Fra  | 5947.5             | 3722.5      |
| Gpe > Fra   | 5962.5             | 3737.5      |
| Fra > Reun  | 5977.5             | 3752.5      |
| Reun > Fra  | 5992.5             | 3767.5      |
| Fra > Guay  | 6032.5             | 3807.5      |
| Guay > Mart | 6043.75            | 3818.75     |
| Mart > Guay | 6051.25            | 3826.25     |
| Fra > Mart  | 6062.5             | 3837.5      |
| Gpe > Bart  | 6073.75            | 3848.75     |
| Bart > Gpe  | 6081.25            | 3856.25     |
| Fra > Gpe   | 6092.5             | 3867.5      |

