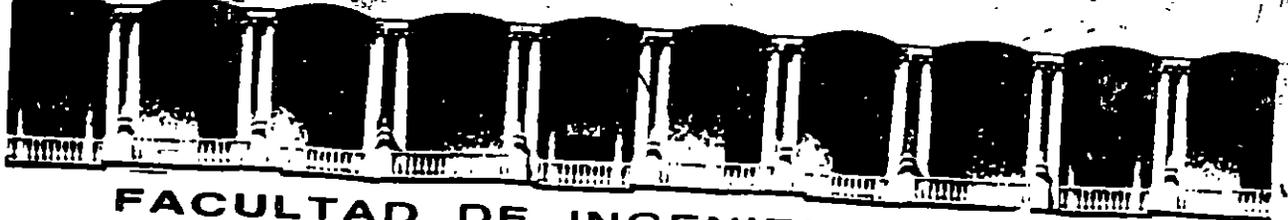


PROGRAMA

17 - 21 Hrs.

<i>Día 1 / Lunes</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Generalidades</i>• <i>Introducción</i>• <i>Subsistemas de Satélites / 1ra. parte</i>	<i>Dr. Rodolfo Neri Vela</i>
<i>Día 2 / Martes</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Subsistemas de Satélites / 2da. Parte</i>• <i>Niveles de potencia / RF</i>	<i>Dr. Rodolfo Neri Vela</i>
<i>Día 3 / Miércoles</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Confiabilidad de los Satélites</i>• <i>Centros de Control</i>• <i>Tarifas</i>	<i>M. en C. Salvador Landeros Ayala</i>
<i>Día 4 / Jueves</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Estaciones Terrenas</i>• <i>Proveedores, Costos y Selección</i>• <i>Comparaciones Técnicas y Económicas entre rentar o adquirir una red propia.</i>	<i>M. en C. Salvador Landeros Ayala</i>
<i>Día 5 / Viernes</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Niveles de potencia / RF (cont).</i>• <i>Niveles de ruido</i>• <i>Relación portadora / ruido</i>	<i>Dr. Rodolfo Neri Vela</i>
<i>Día 6 / Lunes</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Comparación de Técnicas de Modulación y acceso</i>• <i>Protocolos</i>	<i>Ing. Arturo Landeros Ayala</i>
<i>Día 7 / Martes</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Cálculos de enlaces analógicos y digitales</i>	<i>Ing. Arturo Landeros Ayala</i>
<i>Día 8 / Miércoles</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Servicio fijo y Móvil</i>• <i>Futuras Tecnologías y Servicios</i>• <i>Clausura</i>	<i>Dr. Rodolfo Neri Vela</i>



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

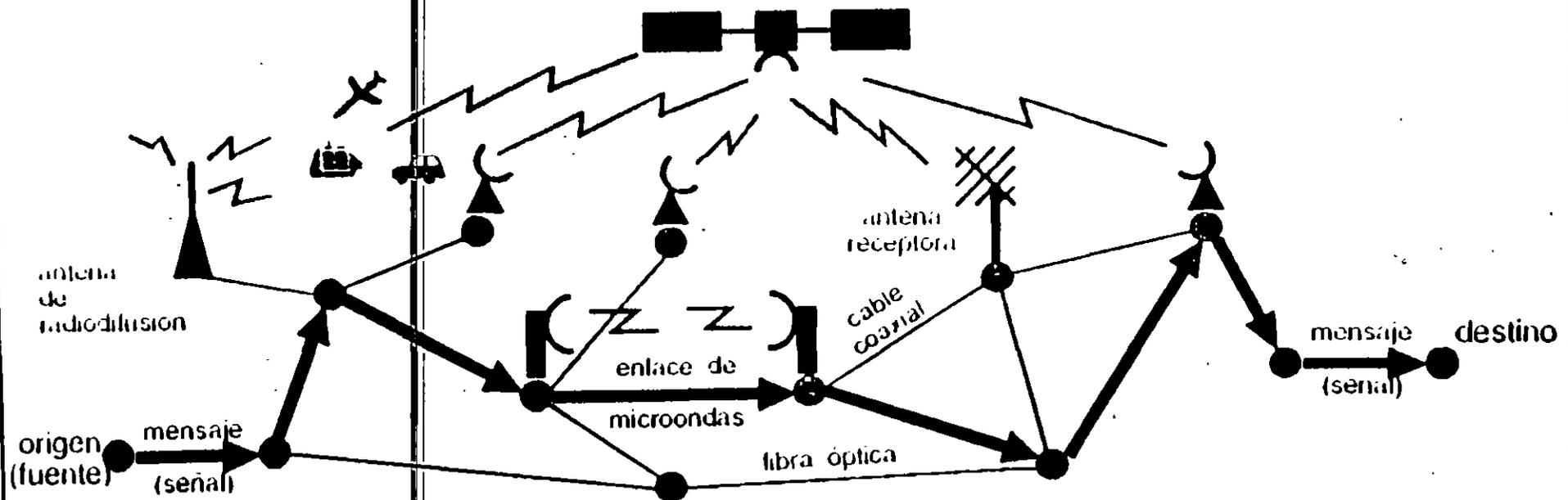
V CURSO INTERNACIONAL EN TELECOMUNICACIONES

MODULO 2: TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE

TEMA: INTRODUCCION Y GENERALIDADES

1996

UNA RED DE TELECOMUNICACIONES UTILIZA DIFERENTES TECNOLOGIAS Y EQUIPOS



Tipos de enlace

- alambre
- cable coaxial
- guias de onda
- microondas terrestres
- **SATELITE**
- **FIBRA OPTICA**

ancho de banda

¿Por qué diferentes tipos de enlace?

- costo por circuito
- tiempo de instalación
- adaptación al terreno
- opción de enrutamiento:
 - sólo pérdida parcial en caso de falla
 - ruta alterna si la primera seleccionada está saturada
- distancia origen/destino
- capacidad (número de circuitos) / BW requerido

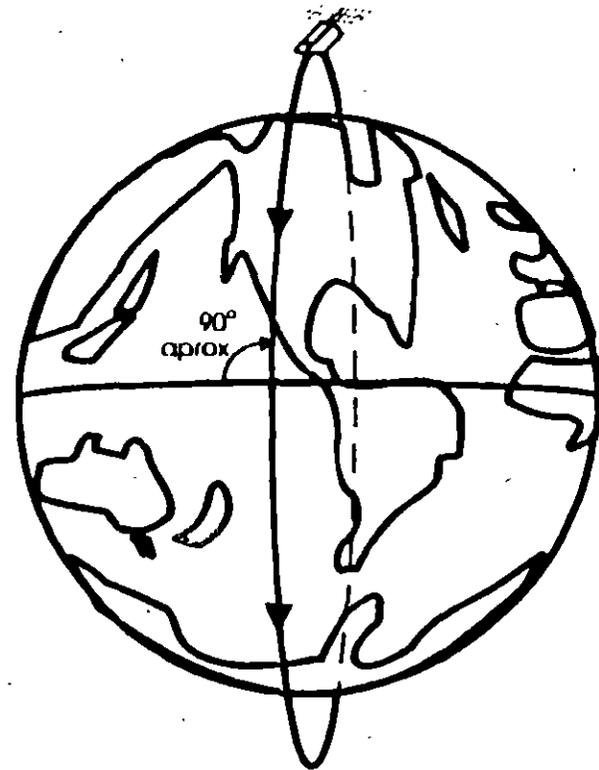
ORBITAS UTILES

2. ORBITAS POLARES

- **Geometría circular**
- **Angulo de inclinacion cercano a los 90°, con relación al plano del ecuador**
- **Período: aprox. 100 minutos**
- **Altura sobre el nivel del mar: aproximadamente 800 km**

Principales aplicaciones

- **Satélites de percepción remota**
- **Satélites meteorológicos**
- **Satélites de comunicaciones móviles mundiales: Sistema Iridio**



Conforme la Tierra gira sobre su propio eje, el satélite va sobrevolando diferentes regiones del globo, y puede "ver" cualquier zona geográfica en alguna de sus vueltas u órbitas.

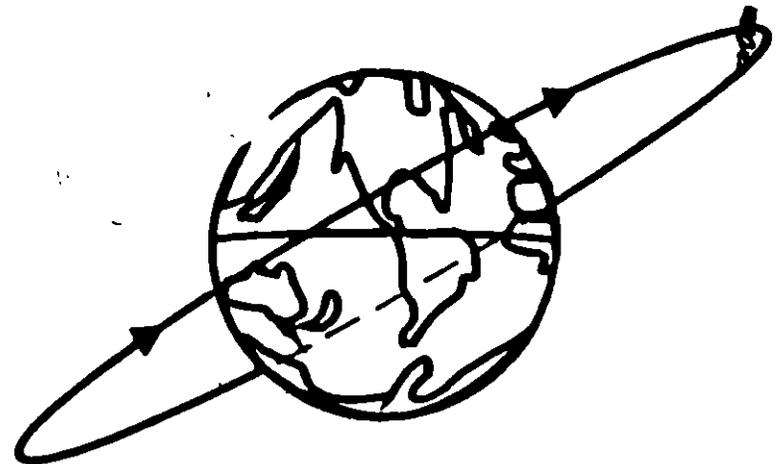
ORBITAS UTILES

3. ORBITAS INTERMEDIAS

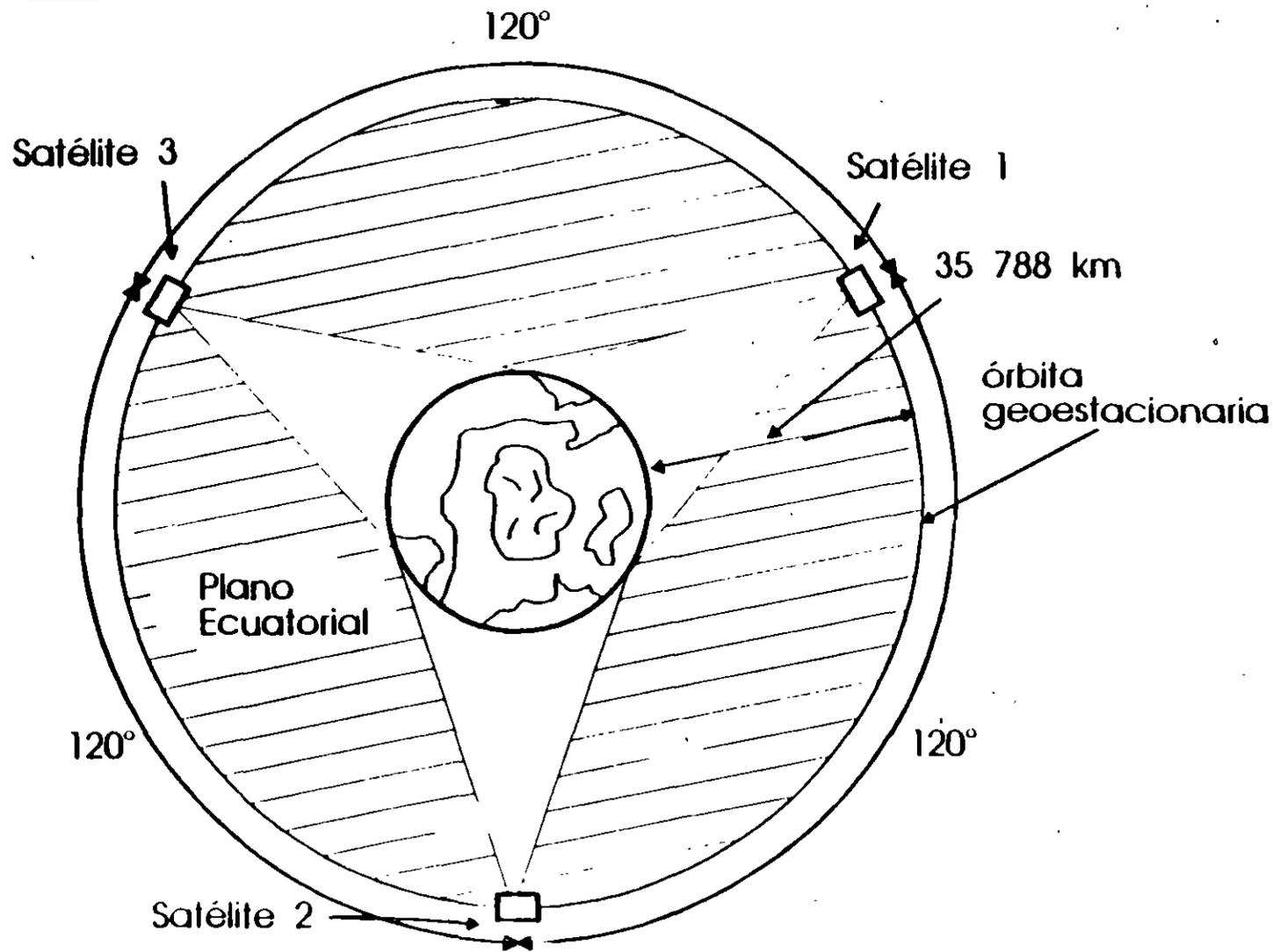
- Geometría circular
- Angulo de inclinacion variable
- Período: aprox. 120 minutos
- Altura sobre el nivel del mar: entre 10,000 y 20,000 km.

Principales aplicaciones

- **Satélites de navegación:**
Sistema GPS, operando
- **Satélites de comunicaciones**
móviles mundiales:
Sistema Inmarsat-P



Handwritten note: (1100 a 12000 km, (inclinación))

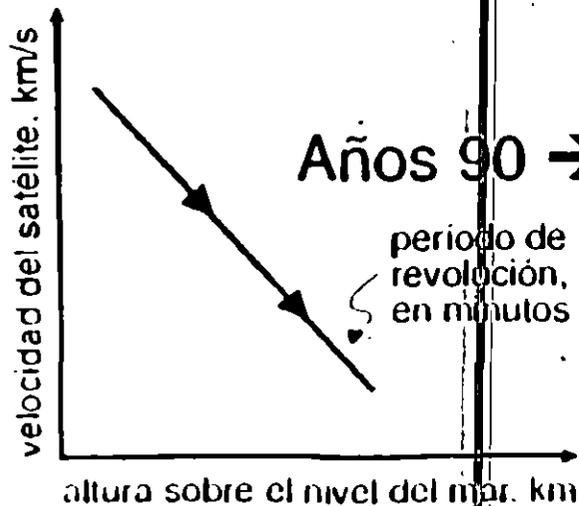


Clarke indicó que con solamente tres satélites en órbita geostacionaria sería posible intercomunicar por radio a casi la totalidad del mundo habitado, desde luego con una limitación en la cantidad de tráfico simultáneo.

EVOLUCION EN EL USO PRACTICO DE ORBITAS PARA COMUNICACIONES

Años 60 → Concepto de Clarke / órbita geoestacionaria

- **Intelsat: regiones oceánicas**
- **Sistemas domésticos (reducción de haces)**
- **Otros sistemas regionales e internacionales (Inmarsat, Eutelsat, Intersputnik, etc.)**
- **Congestionamiento de la órbita geoestacionaria**



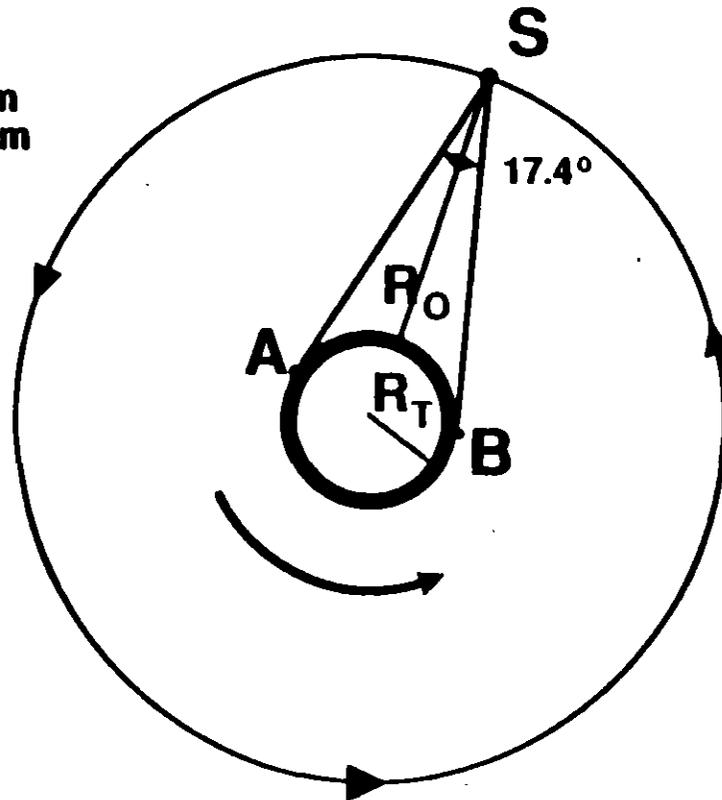
Años 90 →

- **Uso adicional de órbitas bajas e intermedias**
- **Tecnología avanzada de control y conmutación (paso lógico después de la telefonía celular terrestre)**

Terminales persona es económicas

LA ORBITA GEOESTACIONARIA

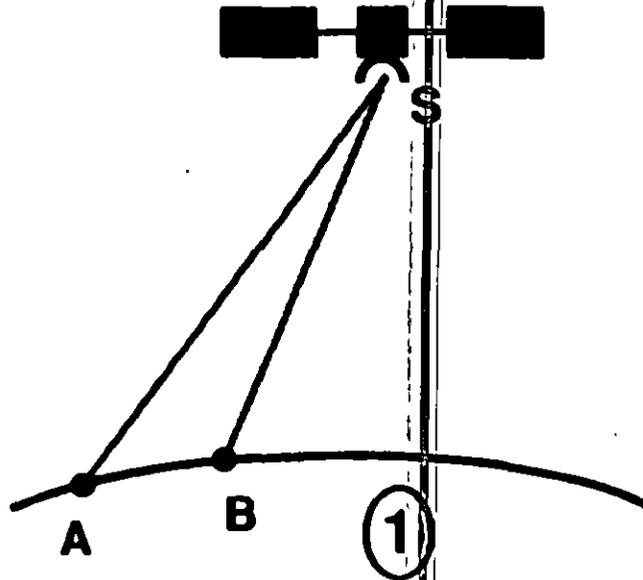
Radio de la Tierra = 6,378 km
 R_0 = altura sobre = 35,786 km
 el nivel del mar



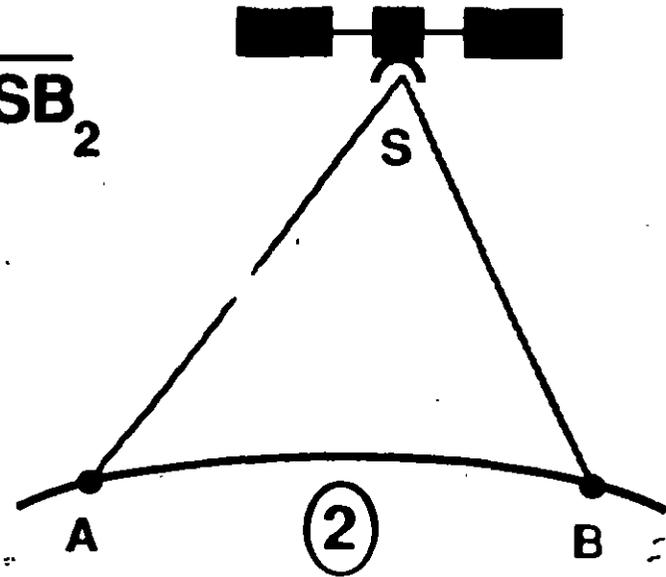
Tiempo de propagación: mínimo = $\frac{2R_0}{c}$ = 238 ms
 máximo = $\frac{2[R_0 + R_T] \cos(17.4^\circ)}{c}$ = 278 ms

COSTOS DE TRANSMISION

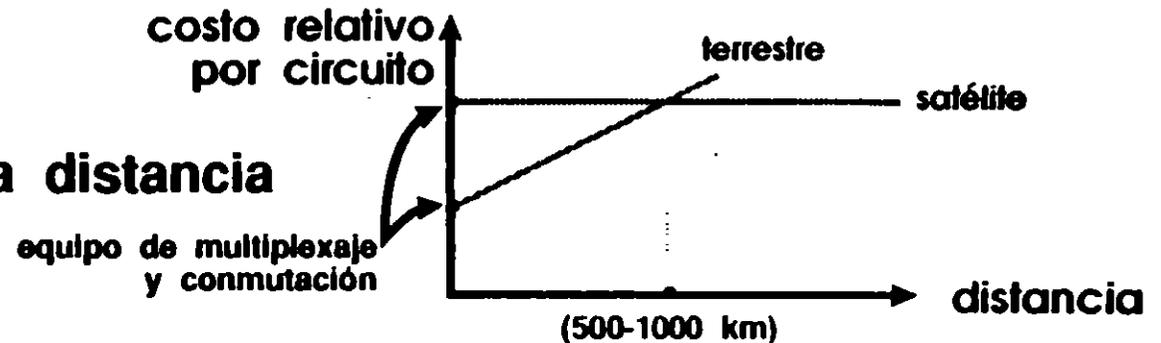
- Los costos de transmisión por líneas terrestres son sensitivos a la distancia.
- Los costos de transmisión por satélite no son sensitivos a la distancia.



$$\overline{ASB}_1 \approx \overline{ASB}_2$$



CARACTERISTICAS Y POTENCIAL DE LAS COMUNICACIONES POR SATELITE

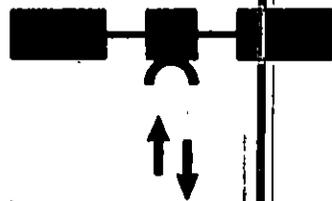


- Costo no sensitivo a la distancia
- Banda ancha (transmisión de TV y datos de alta velocidad)
Competencia en aumento: fibras ópticas
- Respaldo para enlaces terrestres
- Servicio en áreas poco pobladas o terrenos difíciles
- Instalación rápida de un servicio (por ejemplo, distribución de TV, o telefonía rural)
- Único medio de radiodifusión masiva, en grandes áreas
- Recolección de información proveniente de puntos muy alejados entre sí
- Comunicaciones móviles (autos, aviones, barcos, etc.)
- Instalación rápida de mini-redes privadas (VSATs)

BANDAS DE FRECUENCIA

Estaciones móviles

↑ 1.6 GHz / 1.4 GHz ↓ (Banda L)



Estaciones fijas

↑ 6 GHz / 4 GHz ↓ (Banda C)

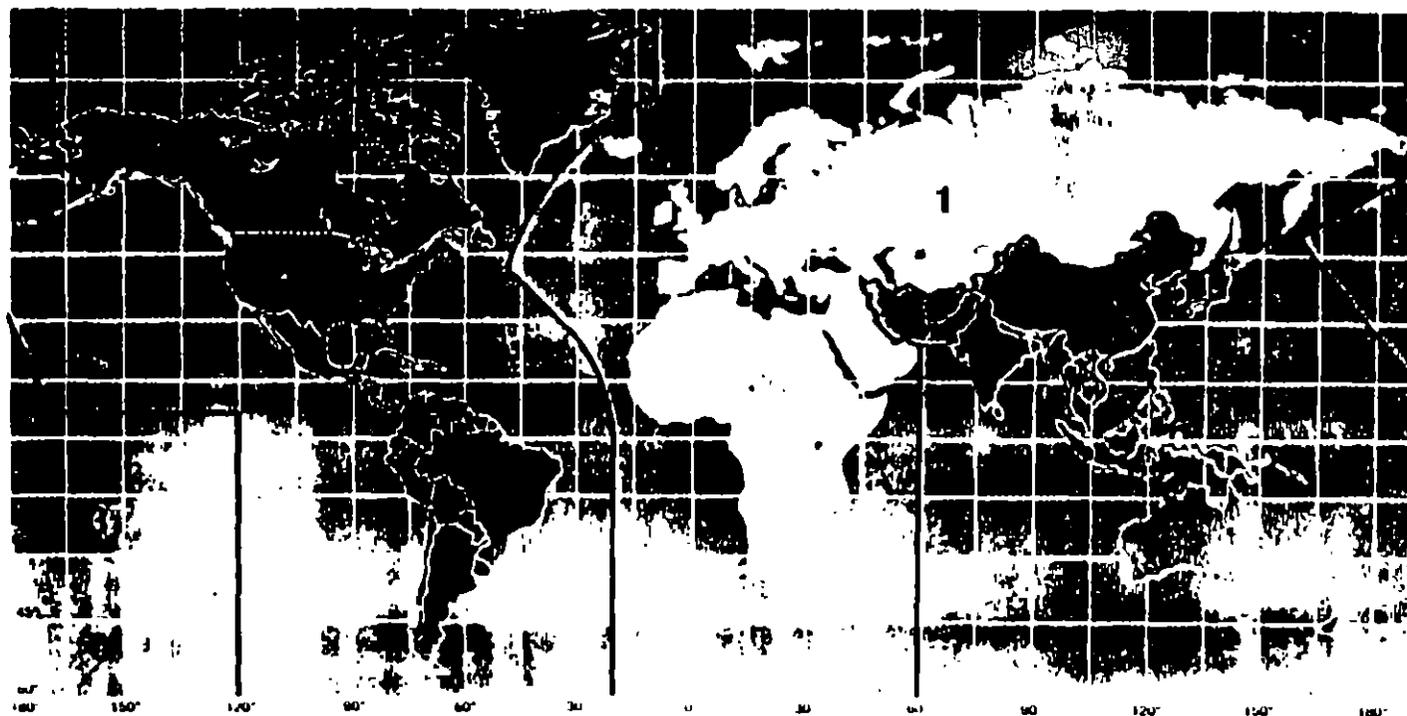
↑ 8 GHz / 7 GHz ↓ (Banda X,
uso militar)

↑ 14 GHz / 12 GHz ↓ (Banda Ku)

↑ 30 GHz / 20 GHz ↓ (Banda Ka)

El uso de bandas diferentes para los enlaces de subida y de bajada evita interferencia entre las señales de entrada y salida del satélite.

LAS TRES REGIONES DEFINIDAS POR LA UIT



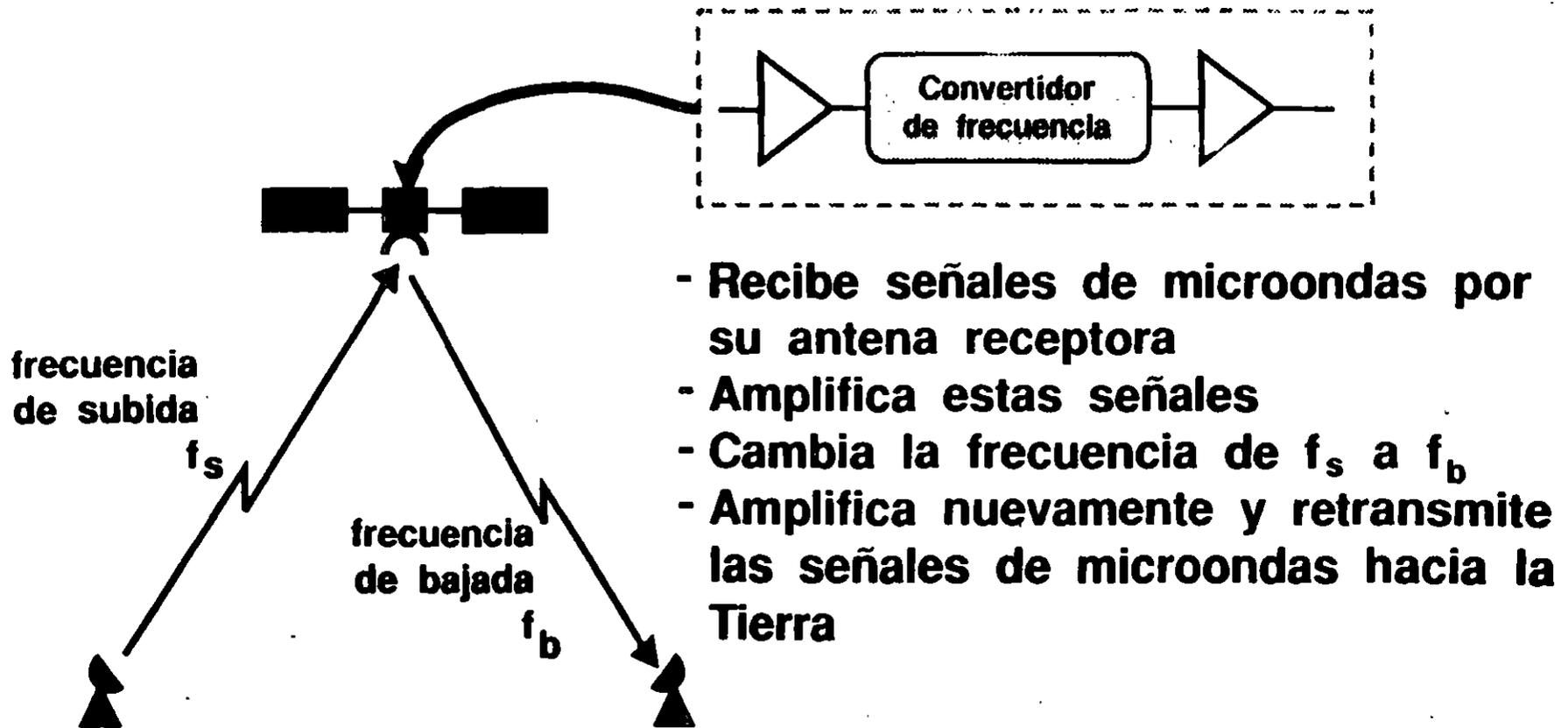
RESUMEN DE LAS FRECUENCIAS ASIGNADAS A CADA BANDA *

Banda	Enlace ascendente (GHz)	Enlace descendente (GHz)	
C: 6/4 GHz	5.925 - 6.425 (500 MHz)	3.700 - 4.200 (500 MHz)	Morelos (x2) Solidaridad (x2) **
	5.850 - 7.075 (1225 MHz)	3.400 - 4.200 4.500 - 4.800 (1100 MHz)	
X: 8/7 GHz	7.925 - 8.425 (500 MHz)	7.250 - 7.750 (500 MHz)	
Ku: 14/11 GHz	14.000 - 14.500 (500 MHz)	10.950 - 11.200 11.450 - 11.700 (500 MHz)	
	12.750 - 13.250 14.000 - 14.500 (1000 MHz)	10.700 - 11.700 (1000 MHz)	
14/12 GHz	14.000 - 14.500 (500 MHz)	11.700 - 12.200 (500 MHz)	Región 2 FSS Morelos (x1) Solidaridad (x2) **
	17.3 - 17.8 (500 MHz)	12.25 - 12.75 (500 MHz)	Región 2 BSS
Ka: 30/20 GHz	27.500 - 31.000 (3500 MHz)	17.700 - 21.200 (3500 MHz)	

* El ancho de banda se muestra entre paréntesis.

** El ancho de banda equivalente empleado es el doble, empleando reutilización de frecuencias.

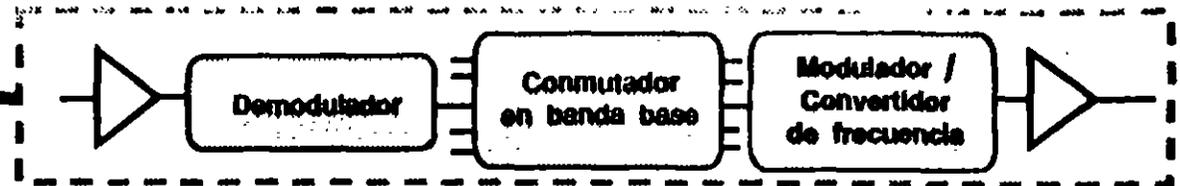
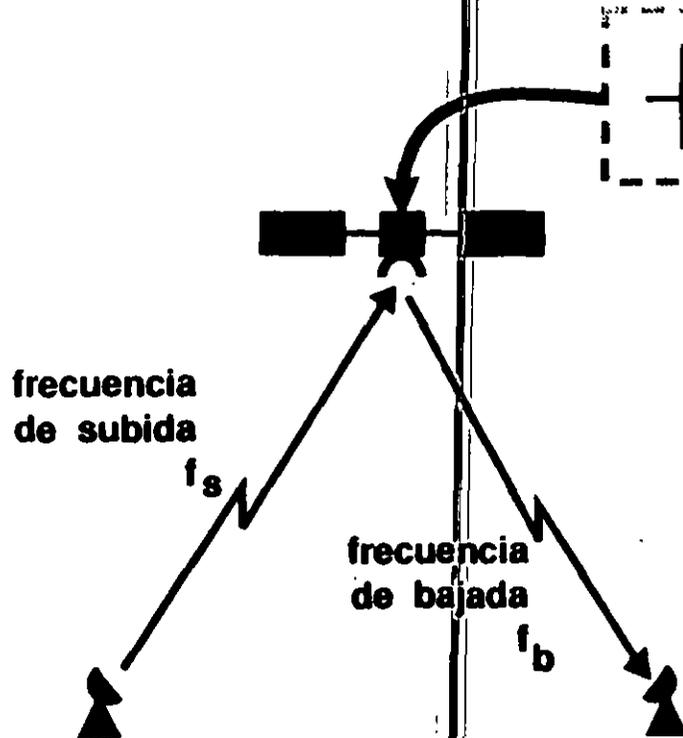
EL SATELITE "TONTO" TRADICIONAL



- Recibe señales de microondas por su antena receptora
- Amplifica estas señales
- Cambia la frecuencia de f_s a f_b
- Amplifica nuevamente y retransmite las señales de microondas hacia la Tierra

El satélite "tonto" funciona como un espejo o simple repetidor situado en el espacio. No conmuta ni regenera señales.

EL SATELITE "INTELIGENTE" (REGENERATIVO)



- Recibe señales de microondas por su antena receptora
- Amplifica estas señales

- Demodula las señales
- Conmuta en banda base, de ser necesario
- Modula las señales

- Cambia la frecuencia de f_s a f_b
- Amplifica nuevamente y retransmite las señales de microondas hacia la Tierra

- El satélite "inteligente" ofrece la posibilidad de procesar las señales en el espacio antes de retransmitirlas hacia la Tierra.
- Es un satélite digital.

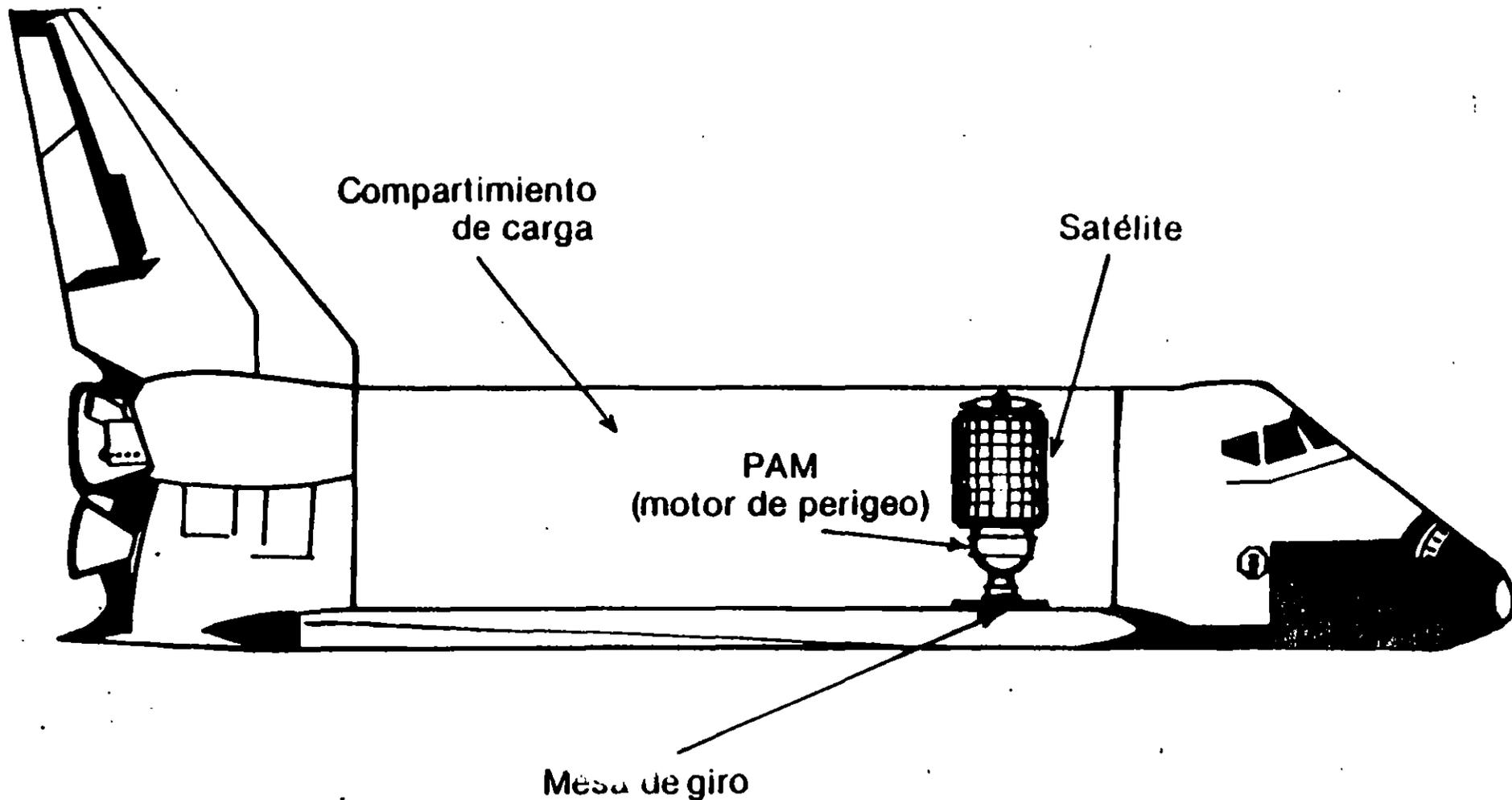
INYECCION EN ORBITA

- **Orbita circular baja / Orbita elíptica de transferencia / Orbita circular final.**
- **Cambio de planos.**
- **Estabilización por giro / minimiza la desalineación del empuje de los motores de perigeo y apogeo.**
- **Satélites de estabilización triaxial / sin giro en operación normal.**
- **Encendido del motor de apogeo en el punto de apogeo más conveniente, según la posición orbital definitiva.**

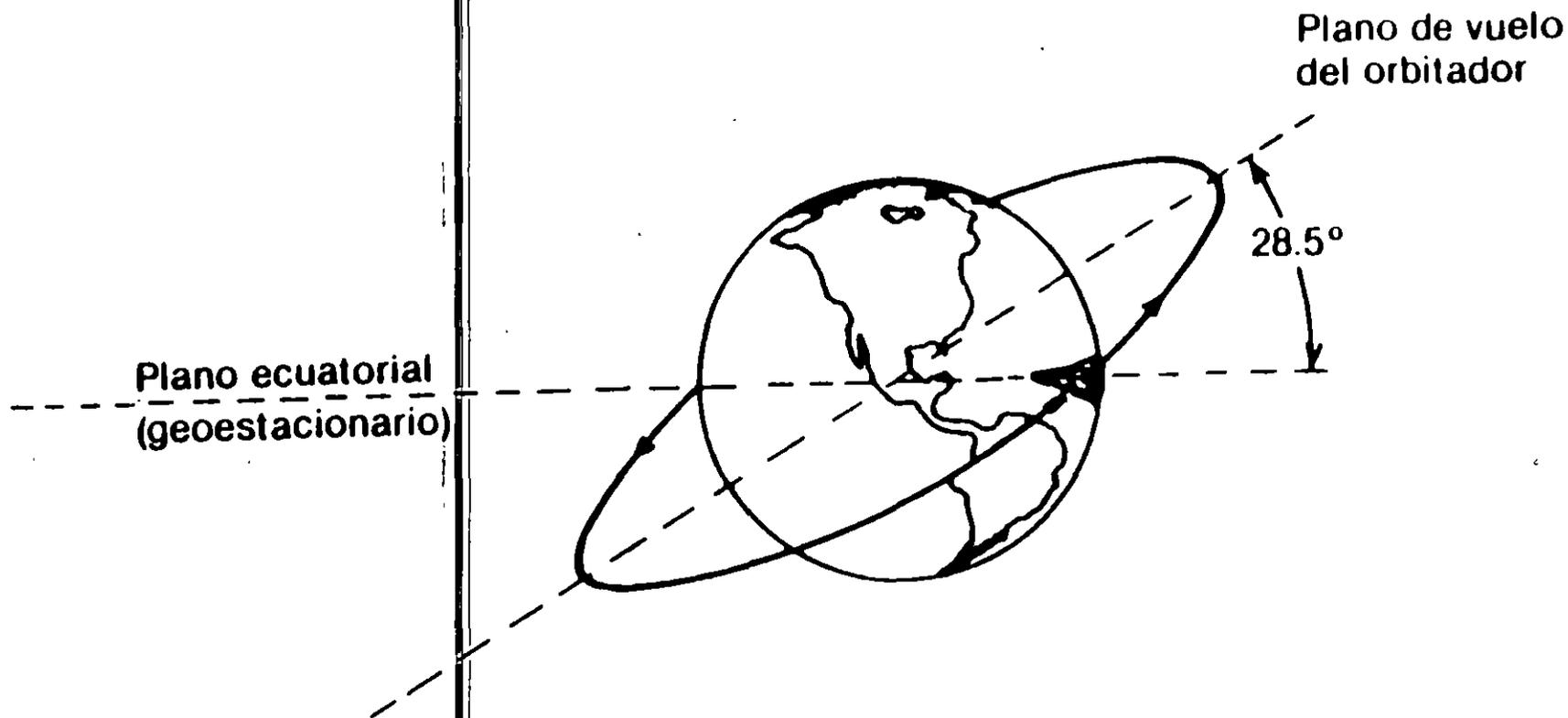
Cambios de emergencia o previstos de longitud:

$\Delta v \approx \pm 300 \text{ m/seg} \Rightarrow$ desplazamiento de aprox. 10° de longitud hacia el este o el oeste por día

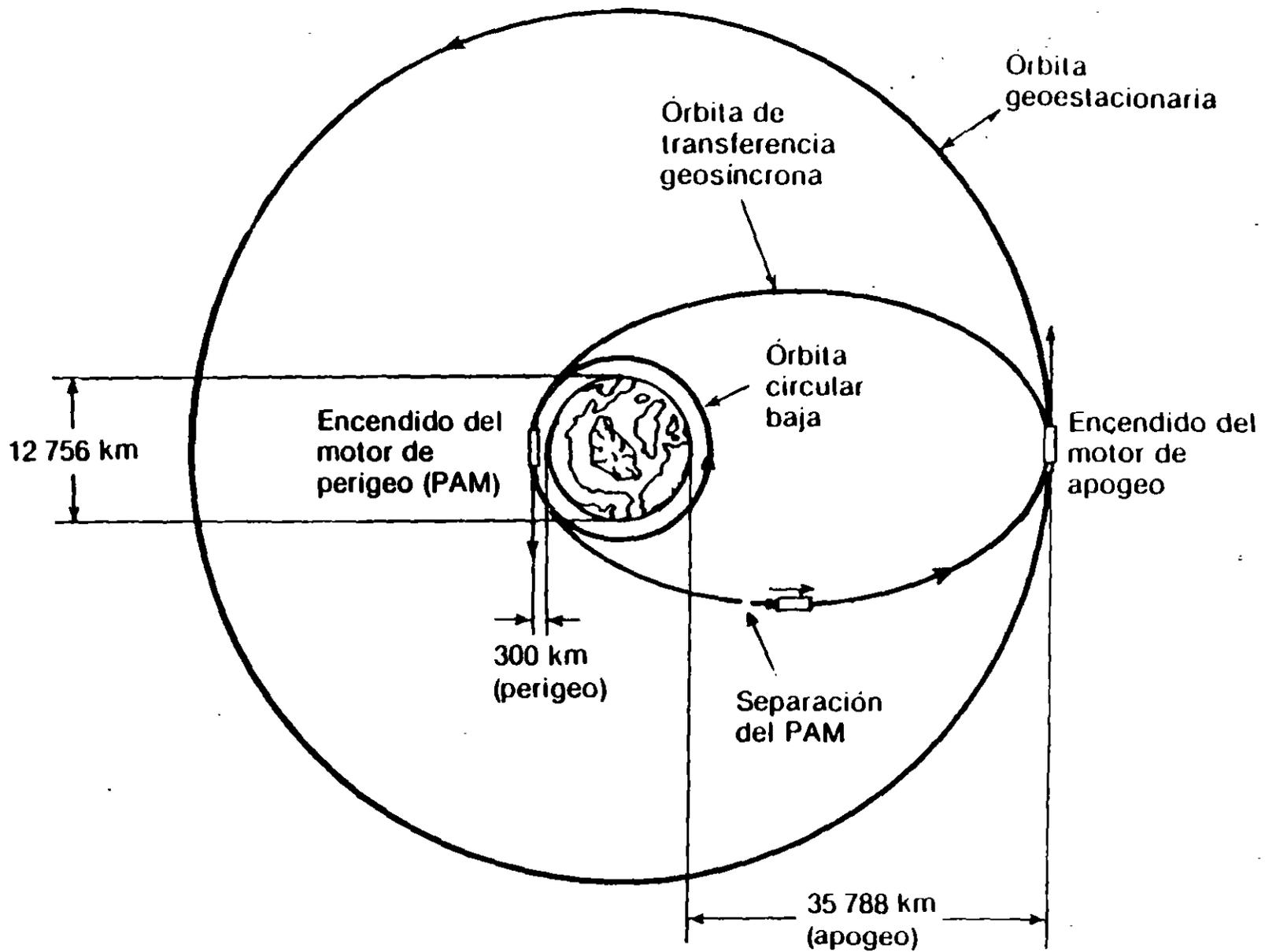
$\Delta v \approx \mp 300 \text{ m/seg}$ para detenerlo



Configuración de un satélite almacenado en el compartimiento de carga de un orbitador. Un satélite de mayores dimensiones iría en posición horizontal



Quando el orbitador pasa por el plano ecuatorial, el satélite es liberado del compartimiento de carga. Al igual que el orbitador, queda en órbita circular baja, inclinada 28.5° con respecto al plano ecuatorial. Se encuentra ahora en órbita circular baja.



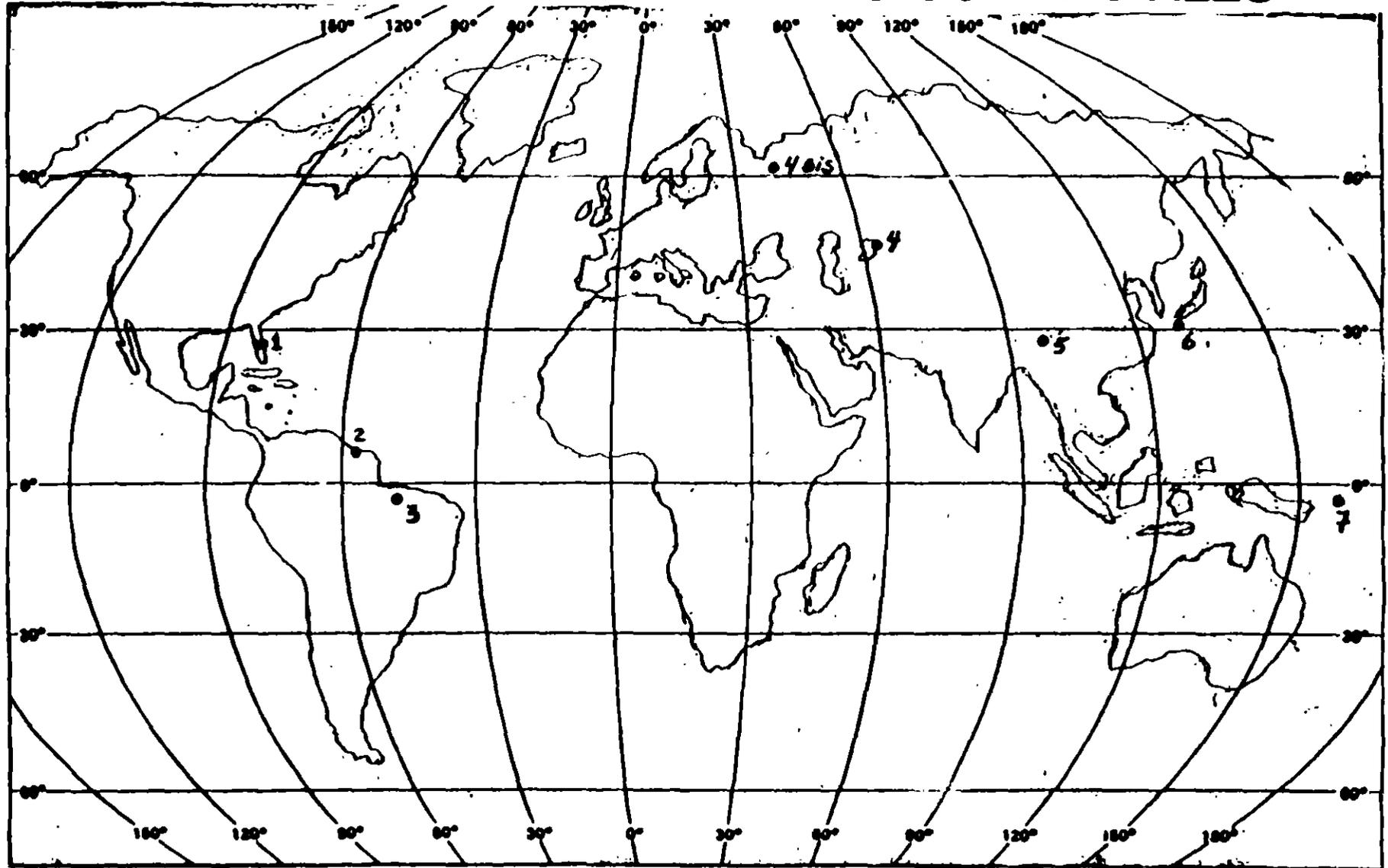
Los orbitadores de la NASA colocan al satélite en una órbita circular baja. Para que éste llegue a su posición geoestacionaria final deben seguirse otros dos pasos, mediante el encendido de un motor de perigeo y después el de un motor de apogeo. Como consecuencia del accidente del Challenger, pocos son los satéli-

ORBITADORES: Rescate de Satélites

Año de la falla	Satélite	Solución
1984	Westar VI (Shuttle)	AsiaSat / modificado por Hughes / lanzado por China en 1990
1984	Palapa B2 (Shuttle)	Palapa B2R / retocado por Hughes / lanzado con un cohete Delta en 1990
1990	Intelsat VI (F-3) (Titán 3)	Fue rescatado en 1992 / reparado* y re-lanzado desde órbita baja

* Única caminata espacial de 3 astronautas a la fecha.

CENTROS DE LANZAMIENTO COMERCIALES



1.- Cabo Kennedy (EUA)

2.- Kourou (Europa)

3.- Alcántara (Brasil) - (en desarrollo)

4.- Guiana Francesa (Francia) - (en desarrollo, 1998-
Primer puerto espacial por vía de

4.Bis.- Plesetsk (Rusia)

5.- Xi-Chang (China)

6.- Tanegashima (Japón)

7.- Guiana Francesa - (en desarrollo, 1998-
Primer puerto espacial por vía de

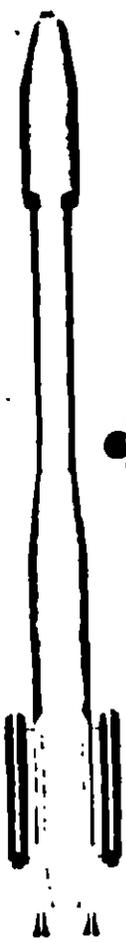
VERSIONES DEL ARIANE 4

1.9T



AR 40

2.6T



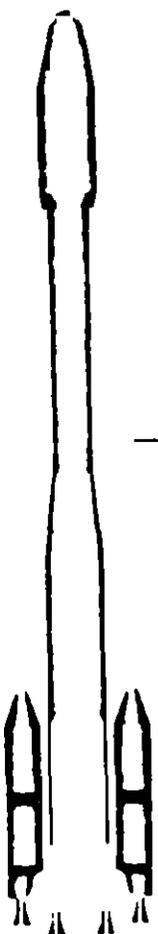
AR 42P
2 solid strap-on boosters

3.0T



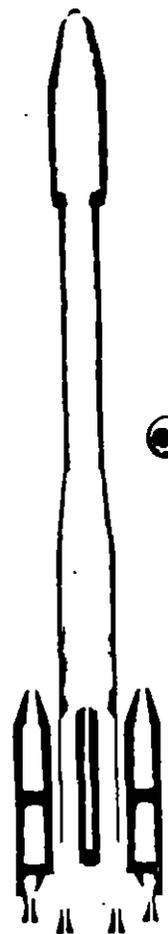
AR 44P
3 solid strap-on boosters

3.2T



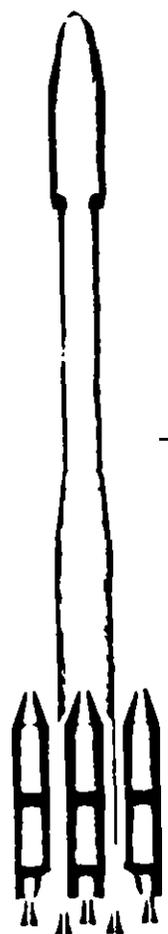
AR 42L
2 liquid strap-on boosters

3.7T



AR 44LP
2 solid strap-on boosters + 2 liquid strap on boosters

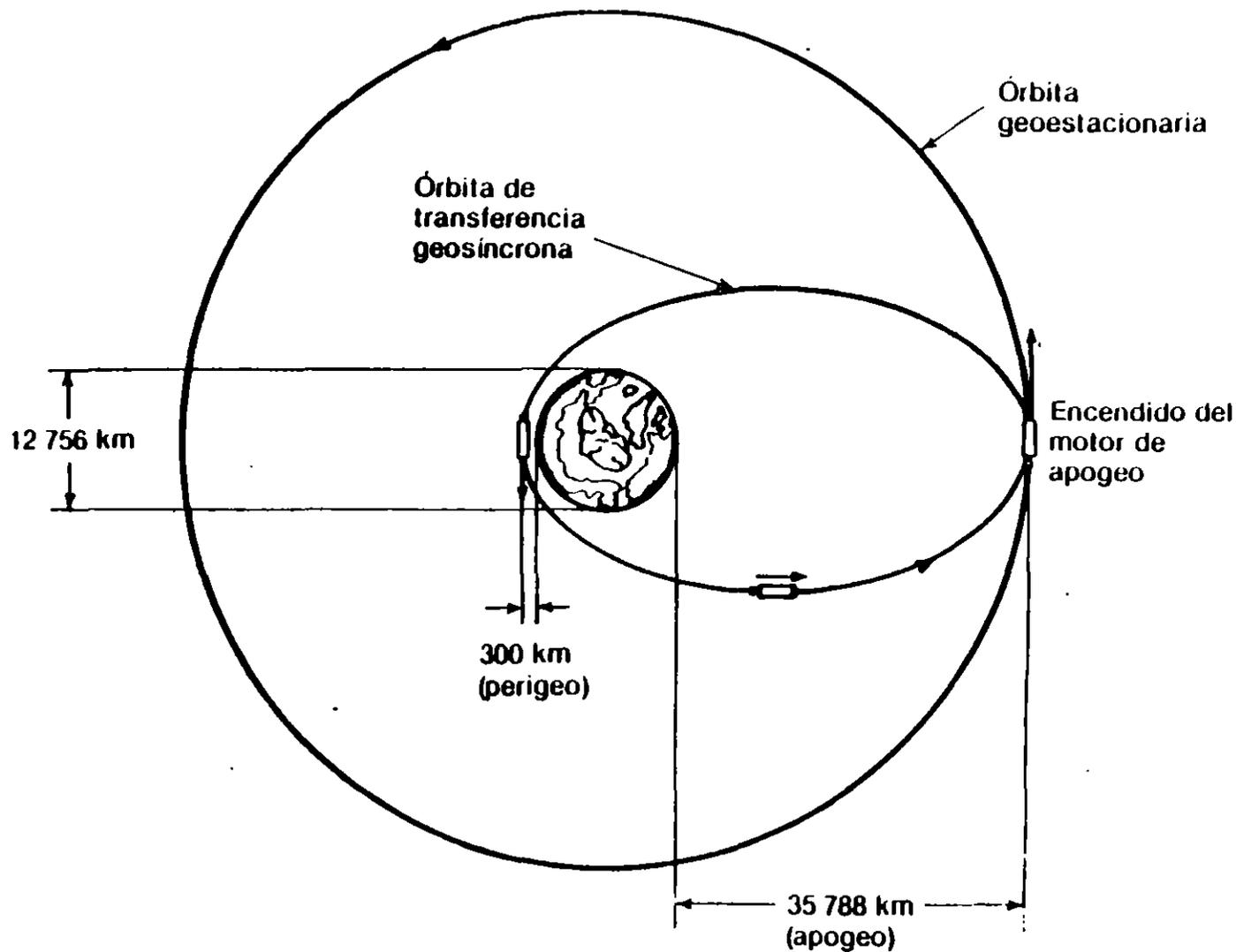
4.2T



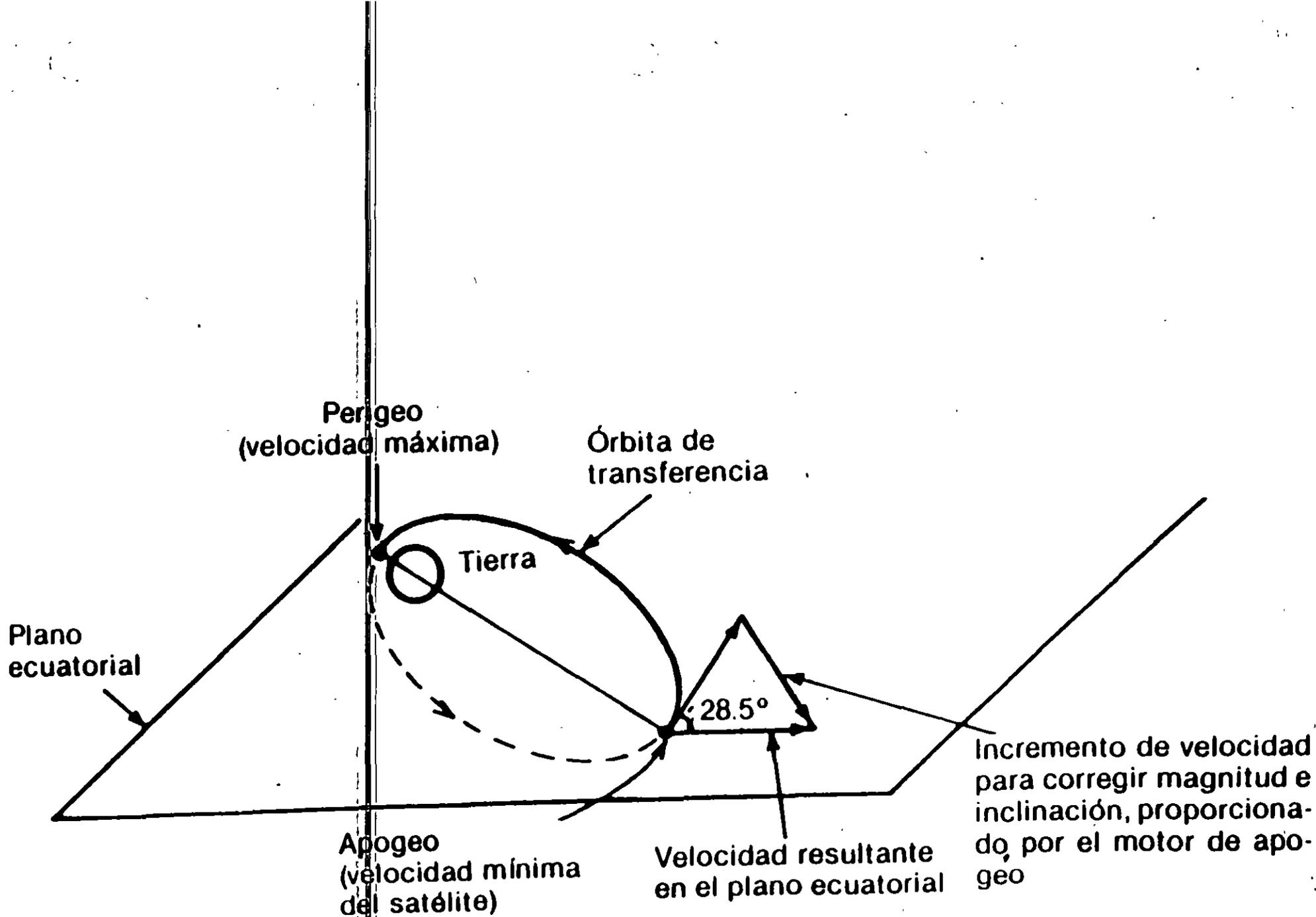
AR 44L
4 liquid strap-on boosters

Performance characteristics in GTO

Apogee: 36,000 km
Perigee: 200 km
Inclination: 7°



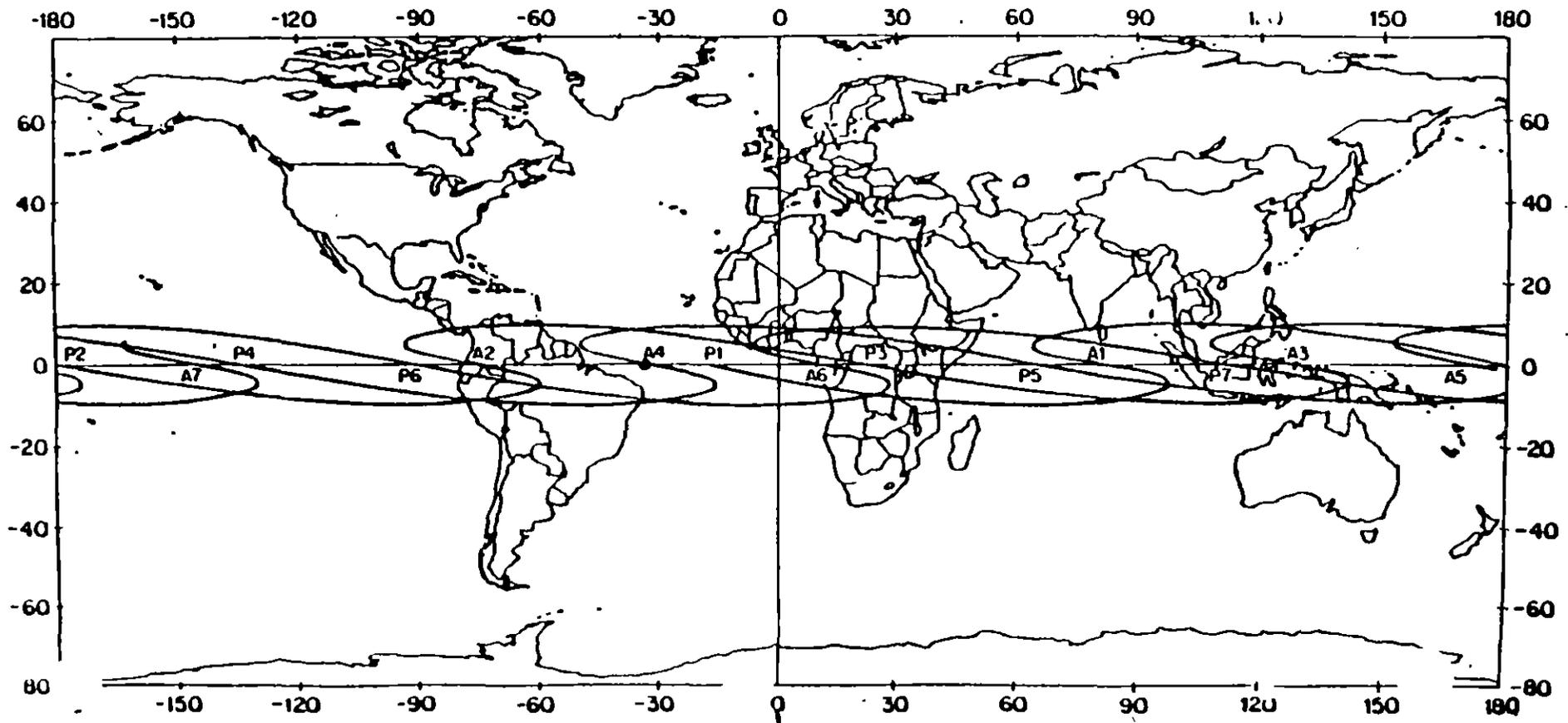
Algunos cohetes, como los Ariane de la Agencia Espacial Europea, colocan a los satélites geoestacionarios en dos pasos. El satélite se pone primero en una órbita elíptica de transferencia geosíncrona y después, tras de varias vueltas, en uno de sus apogeos se enciende un motor que circulariza la órbita, quedando así el satélite en la órbita geoestacionaria.

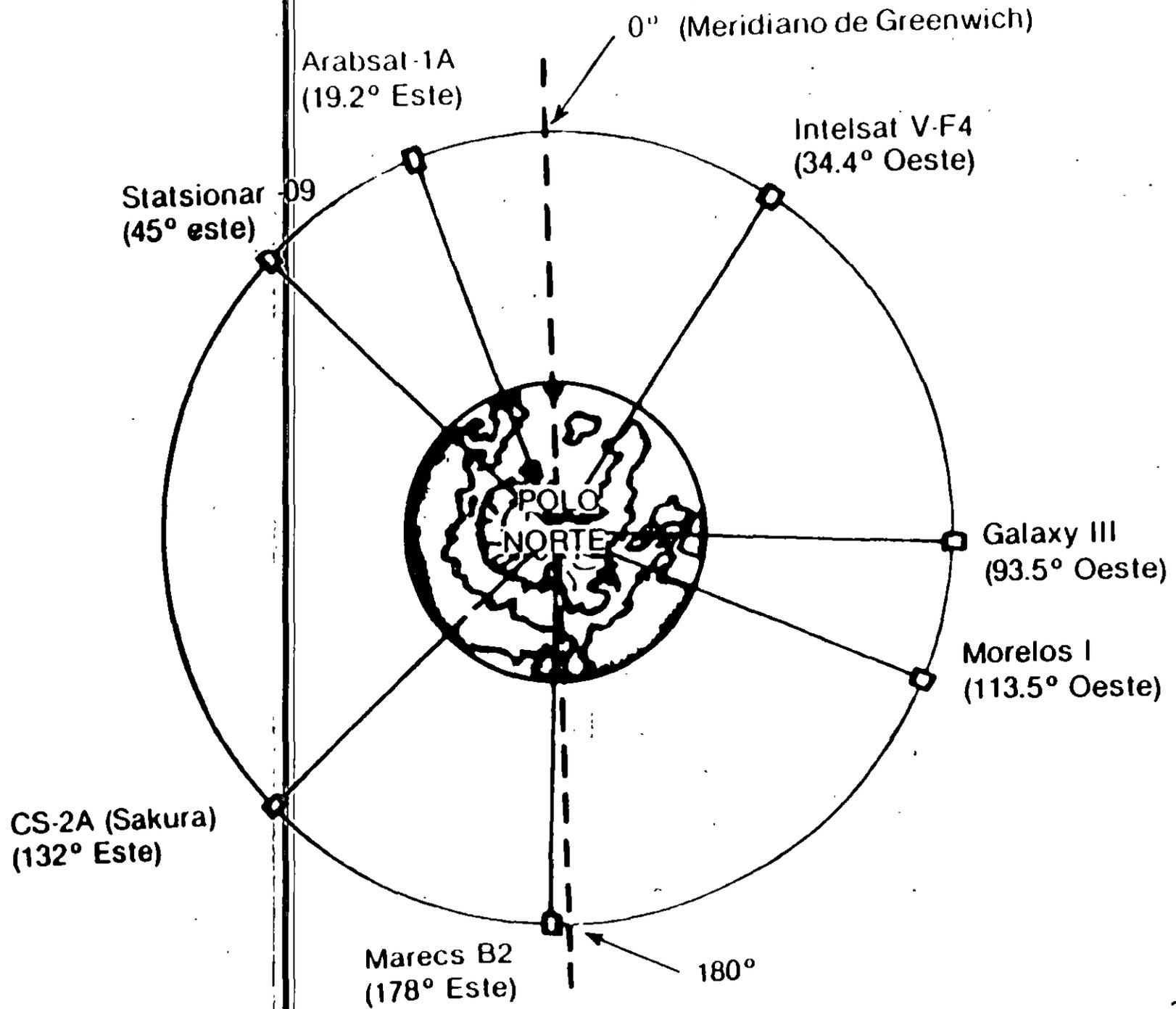


Suma vectorial de velocidades para circularizar la órbita y pasarla de un plano inclinado al plano ecuatorial.

APOGEOS Y PERIGEOS DE LA ORBITA DE TRANSFERENCIA LANZADOR: ARIANE

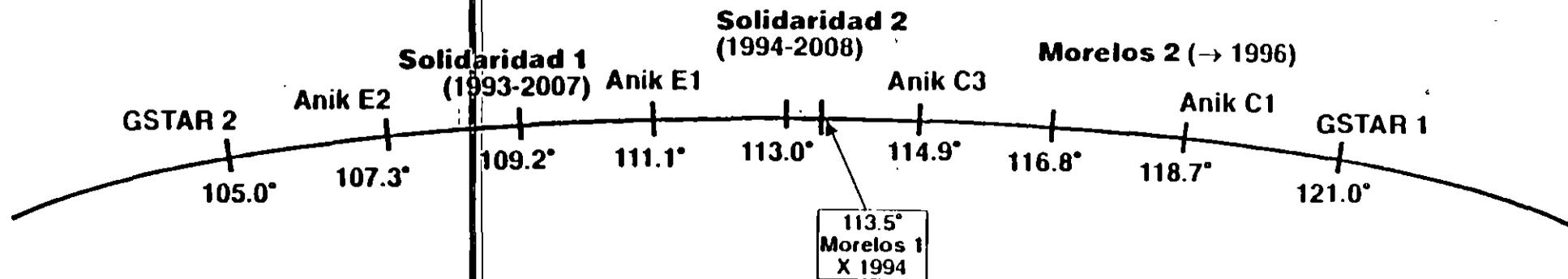
A4 apogeo óptimo para un satélite que
dara servicio sobre el Atlántico





Posición geográfica de algunos satélites en la órbita geostacionaria.

Posición y colindancia de los satélites de México (grados oeste)



El medio ambiente espacial en la órbita geoestacionaria

PERTURBACIONES EN LA ORBITA GEOESTACIONARIA

- Atracciones de la Luna y el Sol

⇒ cambio en la inclinación de la órbita (► aprox. $0.75^\circ - 0.95^\circ$ /año) / (Sol: 30%, Luna: 70%)

- Asimetría del campo gravitacional de la Tierra (Triaxialidad)

⇒ cambio en la posición de longitud del satélite ("deriva") (movimiento este-oeste), al alterar su velocidad.

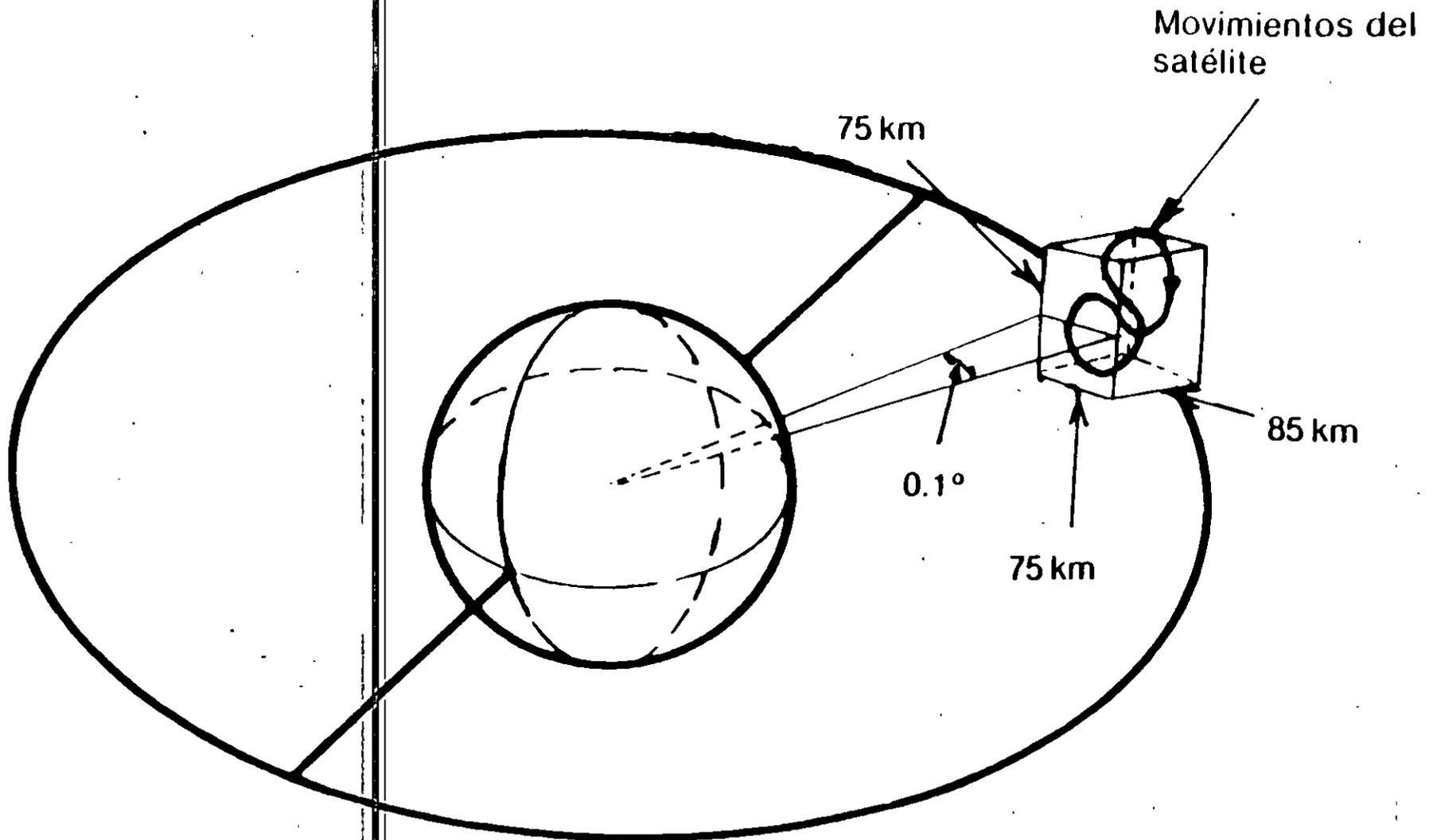
- Presión de la radiación solar

⇒ acelera al satélite / cambio en la excentricidad de la órbita (se manifiesta como una variación en longitud) / mayor en satélites triaxiales.

⇒ giro, si la resultante no incide en el centro de masa.

OTRAS PERTURBACIONES

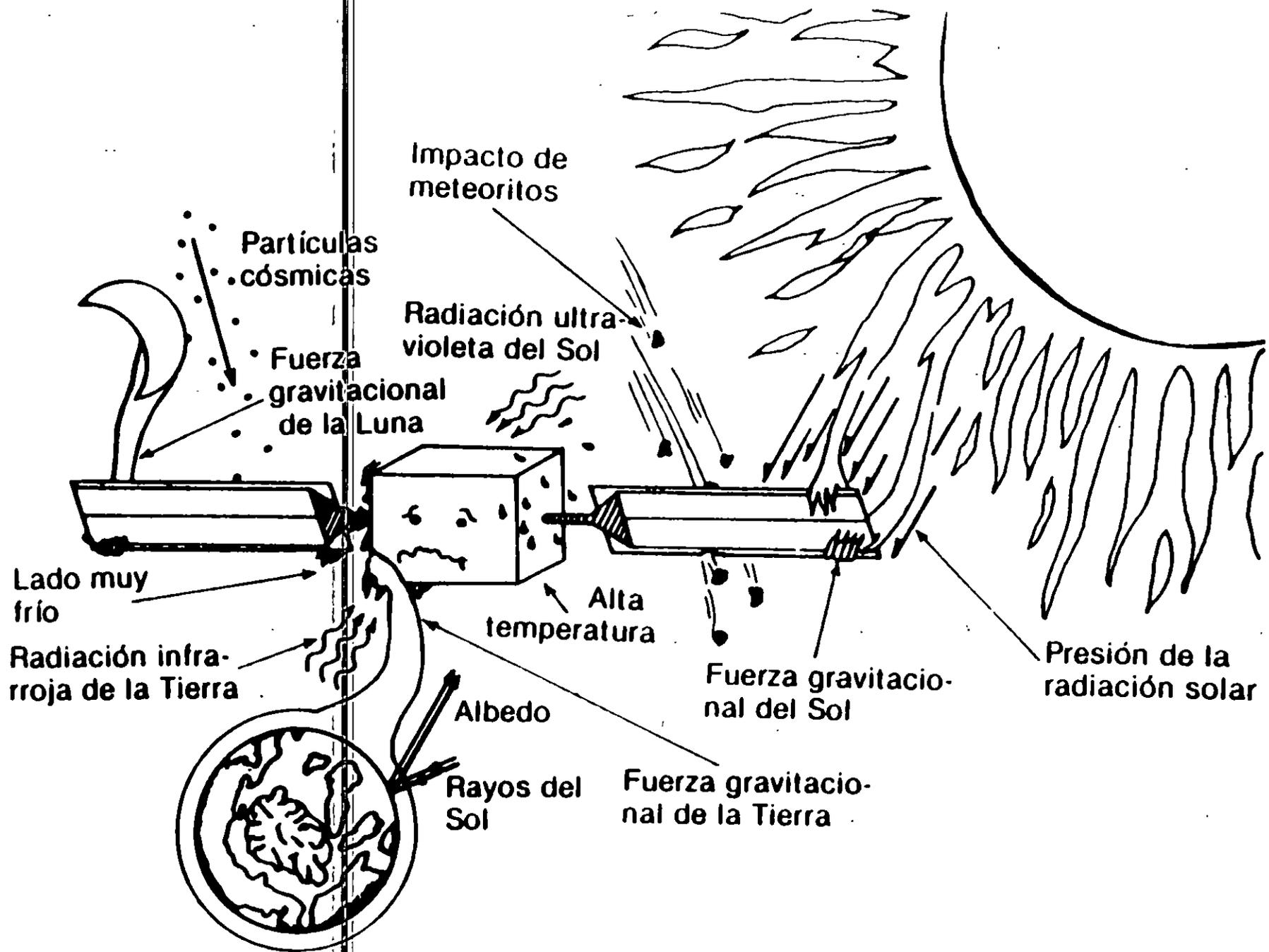
- Estructura no-homogénea del satélite (diferentes componentes y materiales), en combinación con la asimetría del campo gravitacional de la Tierra.**
 - ⇒ Giro o par alrededor de su centro de masa**
- Campo magnético de la Tierra**
 - ⇒ Giro o par, pero menos significativo**
- Impacto de meteoritos**
 - ⇒ modificación de posición y orientación**
 - ⇒ posible daño al mismo satélite**
- Movimiento de las antenas del satélite, de los arreglos solares, y del combustible**
 - ⇒ pares**
 - ⇒ variación del centro de masa (reducción de combustible)**
- Radiación radioeléctrica de las antenas**
 - ⇒ presión ⇒ giro**
 - Mayor efecto en satélites de alta potencia y haces angostos**



Siempre y cuando el satélite no se salga de esta gran caja imaginaria no hay ningún problema.

VARIACIONES DE TEMPERATURA, RADIACIONES, VACIO, ETC.

- Radiación del Sol (calor)**
 - Radiación infrarroja de la Tierra**
 - Albedo**
 - Calor de los amplificadores de potencia y otros dispositivos**
 - Eclipses (enfriamientos)**
 - Salida de un eclipse (calentamientos)**
-
- Radiación ultravioleta del Sol y radiación de partículas cósmicas**
 - ⇒ ionización de materiales (> conductividad en aisladores y variaciones en la emitancia y absorbencia de los materiales protectores)**
 - ⇒ < eficiencia de las celdas solares / degradación de 20 a 30% en 10 años**
-
- Vacío**
 - ⇒ sublimación y evaporación de metales y semiconductores**
 - ⇒ condensación de gases en superficies frías (riesgo de corto circuito en aislantes)**
 - ⇒ NO hay corrosión**



Fuerzas y otros factores que alteran la estabilidad del funcionamiento 36

MEDIO AMBIENTE HOSTIL Y VARIANTE



SOLUCIONES

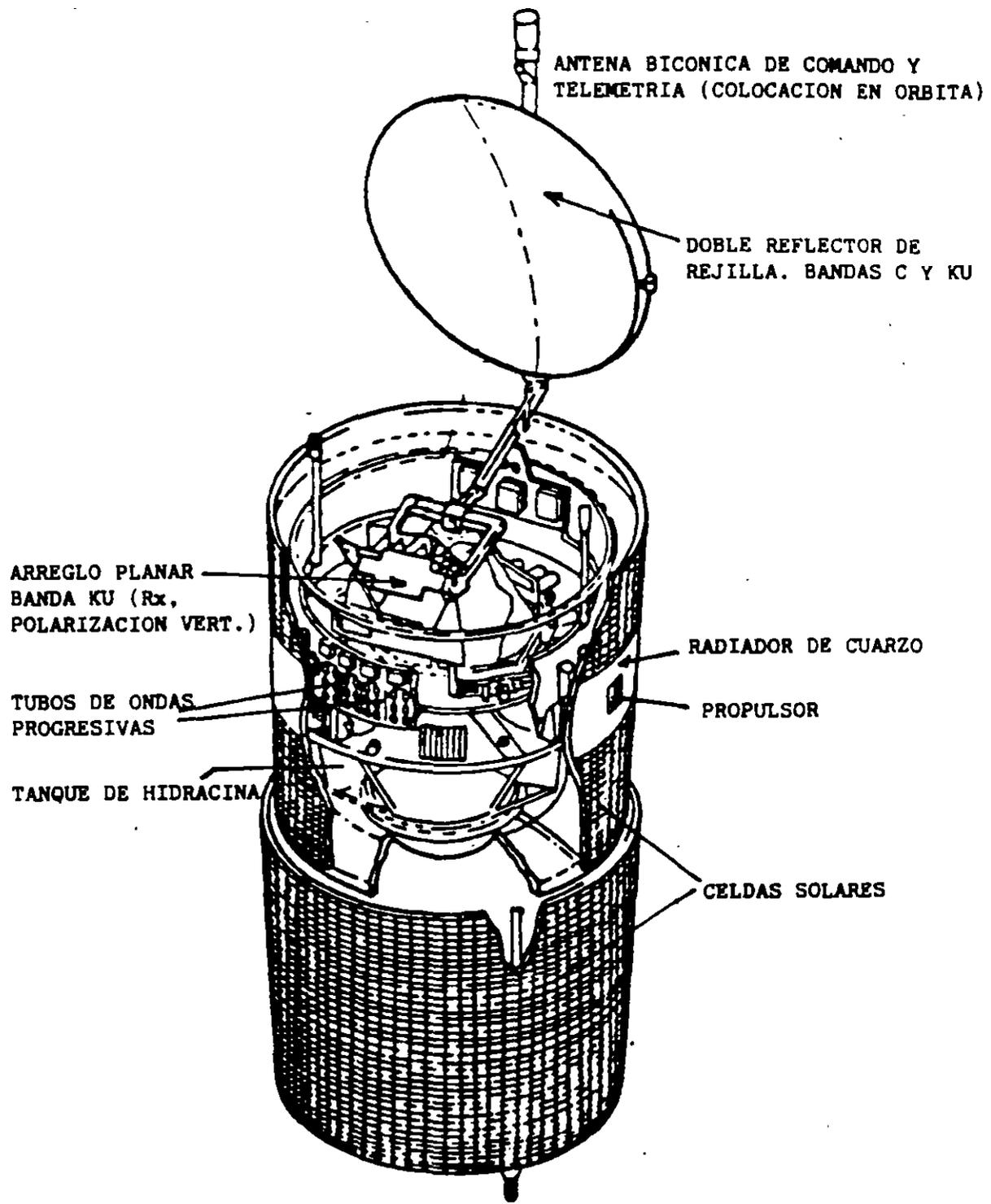
- Elección adecuada de los materiales, acabados, cubiertas protectoras, geometría y distribución de los componentes**
- Sensores y monitoreo regular de orientación, posición, temperatura, voltajes, corrientes, etc.**
- Equilibrio térmico en condiciones normales y eclipses.**
- CENTRO DE CONTROL
(supervisión, control y utilización del satélite)**

**- Estructura y funcionamiento
de un satélite**

**- Los subsistemas de Morelos
y Solidaridad**

Principales subsistemas de un satélite y sus funciones

Subsistema	Función
1 Antenas	Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia.
2 Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar su frecuencia.
3 Energía eléctrica	Suministrar electricidad con los niveles adecuados de voltaje y corriente.
4 Control térmico	Regular la temperatura del conjunto.
5 Posición y orientación	Determinar la posición y orientación del satélite.
6 Propulsión	Proporcionar incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y la orientación.
7 Rastreo, telemetría y comando	Intercambiar información con el centro de control en Tierra para conservar el funcionamiento del satélite.
8 Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto.



SATELITE MORELOS

SATELITES SOLIDARIDAD DESCRIPCION GENERAL

FABRICANTE:

HUGHES AIRCRAFT

MODELO:

HS-601

ESTABILIZACION:

TRIAXIAL

POTENCIA:

3,370 WATTS

PESO APROXIMADO:

2,772 Kg

VIDA UTIL:

14 AÑOS

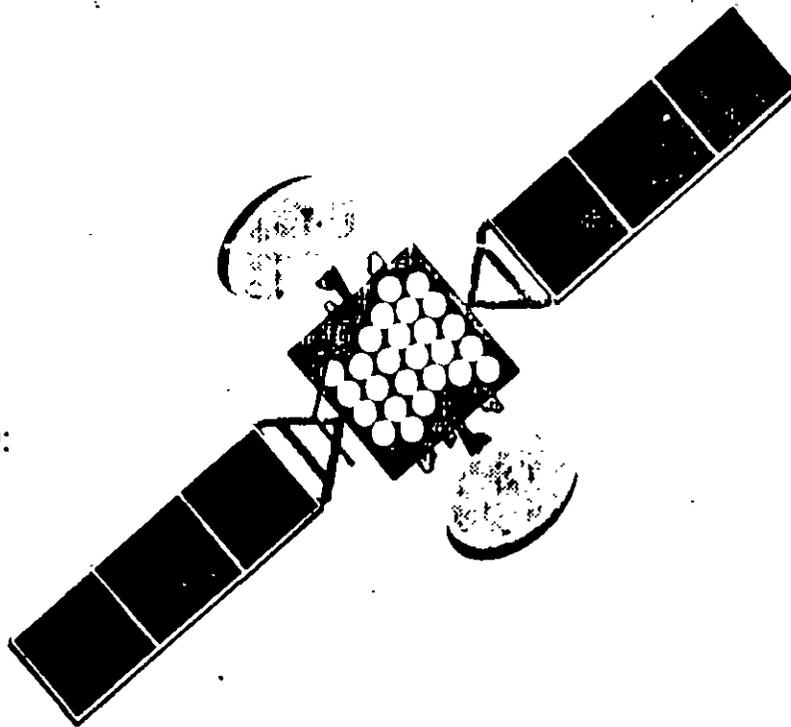
POSICION ORBITAL

* SOLIDARIDAD I:

109.2° W

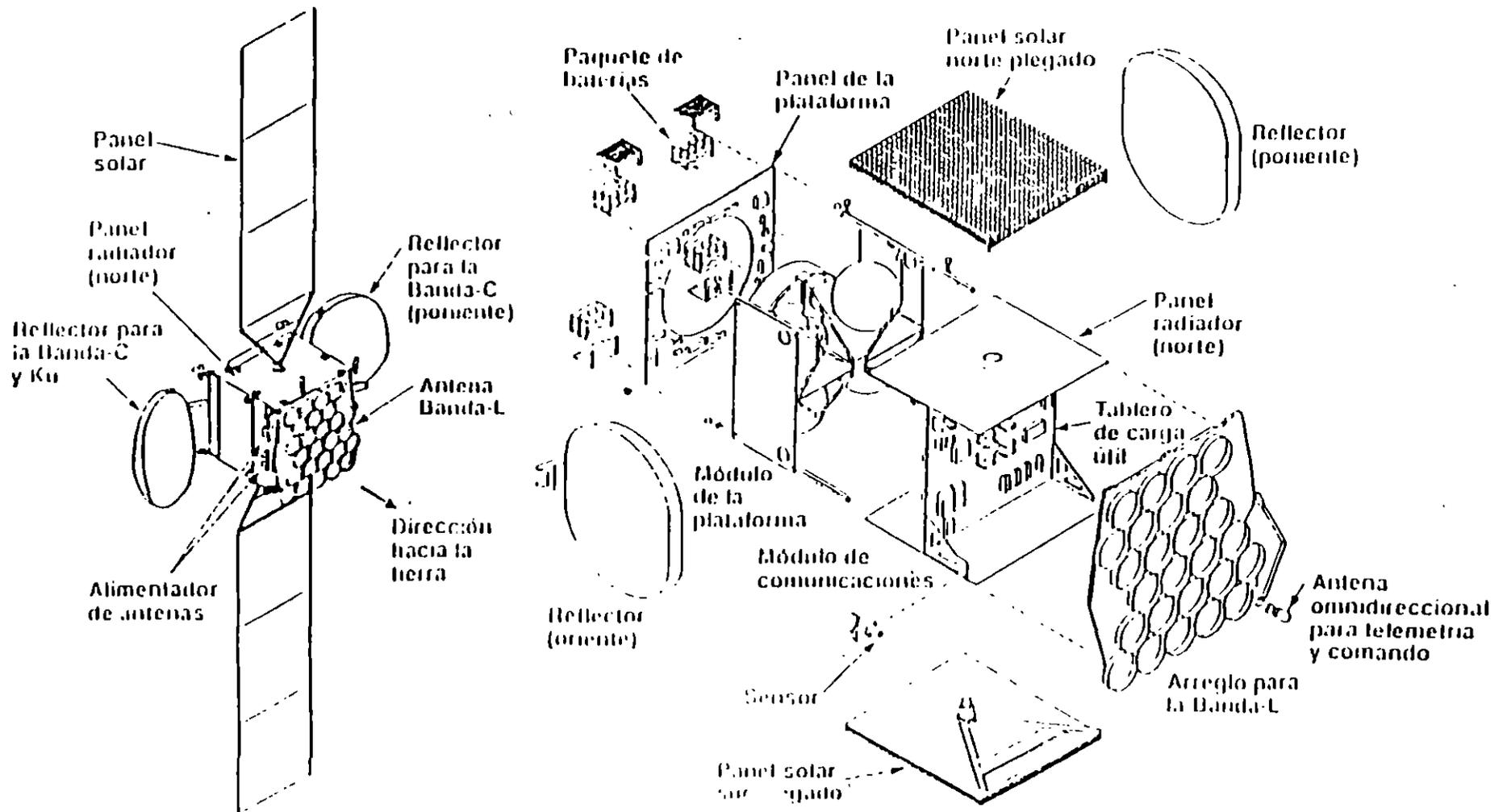
* SOLIDARIDAD II:

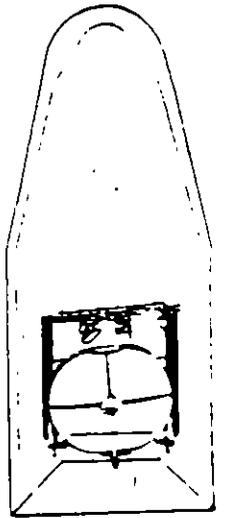
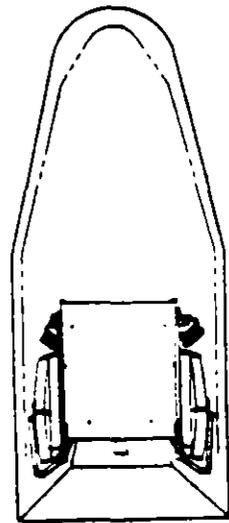
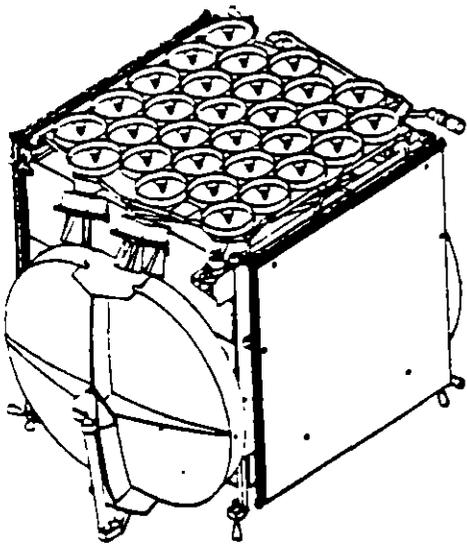
113.0° W

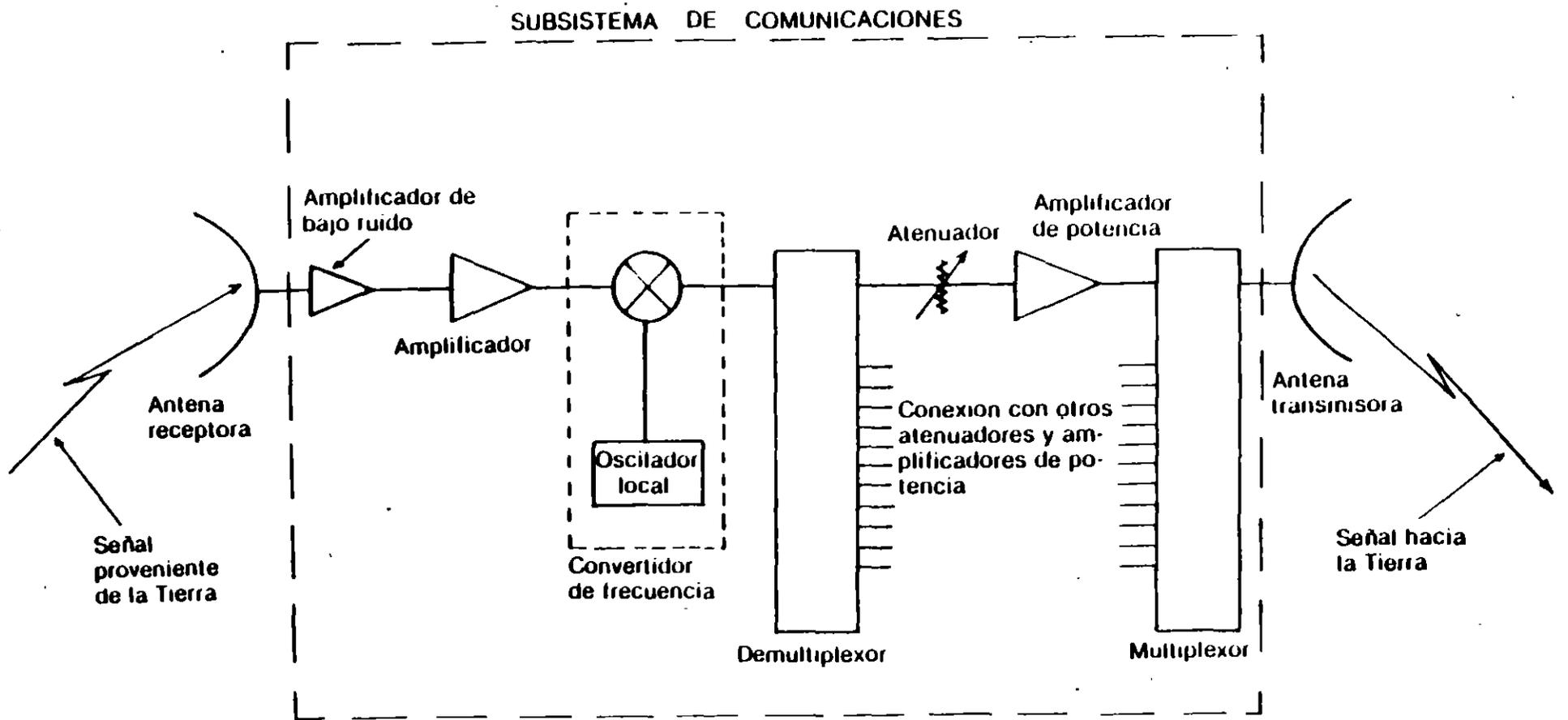


CORTESTIA DE:

CONFIGURACION MODULAR DEL SATELITE SOLIDARIDAD



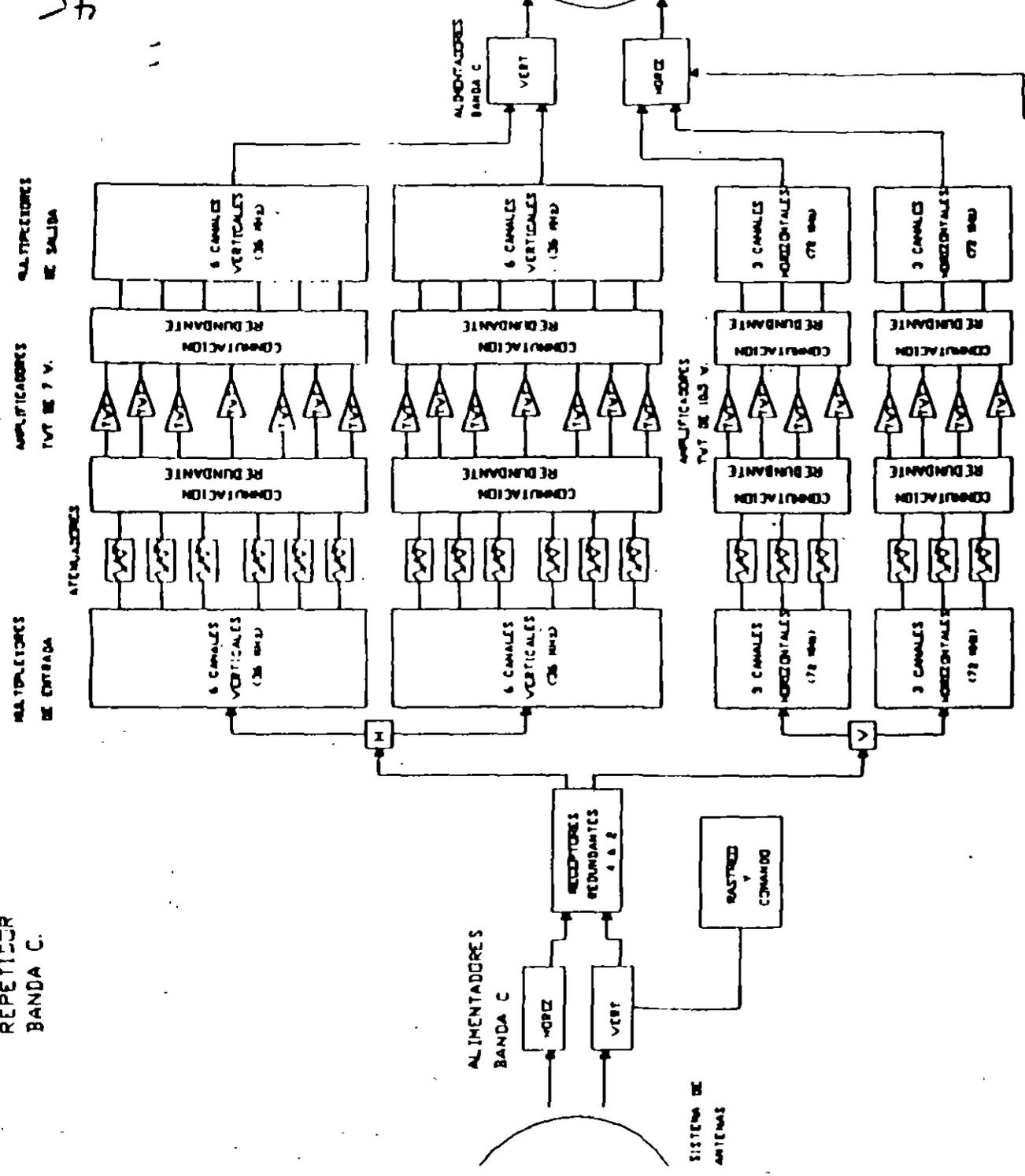




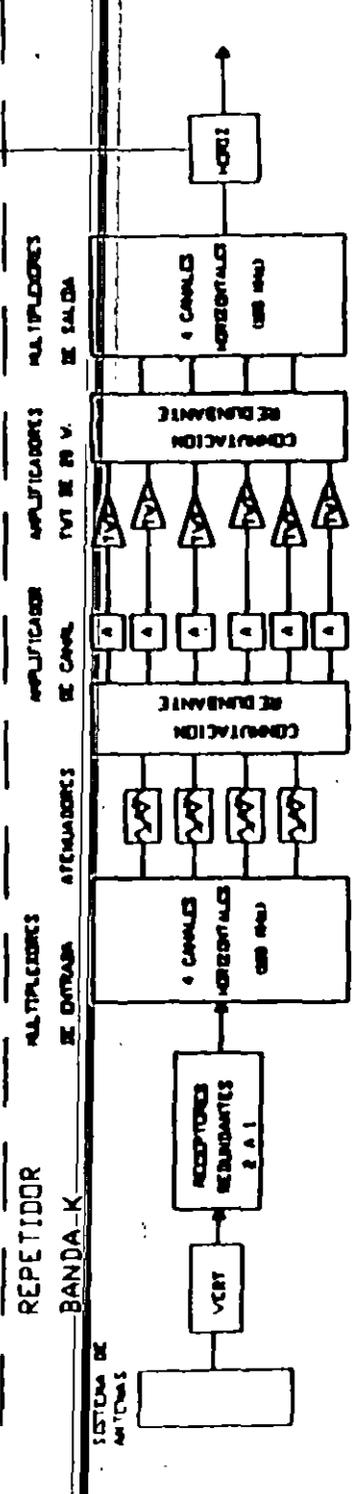
Relación entre los subsistemas de antenas y comunicaciones.

REPETIDOR
BANDA C.

45

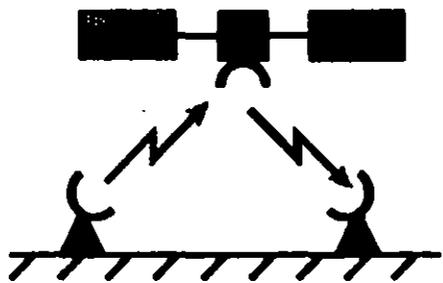


REPETIDOR
BANDA K



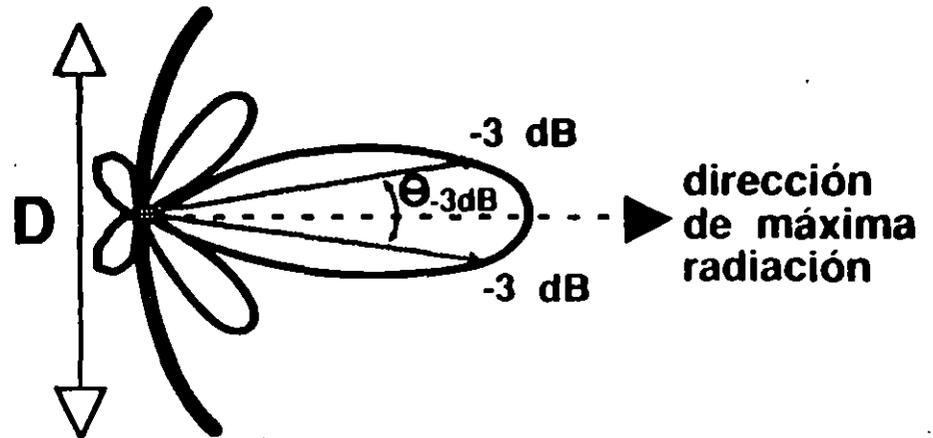
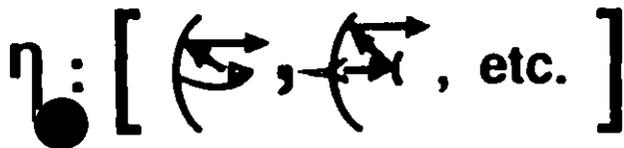
SATELITE MORELOS

GANANCIA DE UNA ANTENA Y PATRON DE RADIACION



$$G_{\max} = \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

- D = diámetro de la antena (m)
- λ = longitud de onda = c/f
- c = velocidad de la luz = 3×10^8 m/s
- f = frecuencia (Hz)
- η = eficiencia de la apertura de la antena = 0.6 típico



ancho del haz = Θ_{-3dB}

$$\Theta_{-3dB} = 70 \frac{\lambda}{D} \text{ (grados)}$$

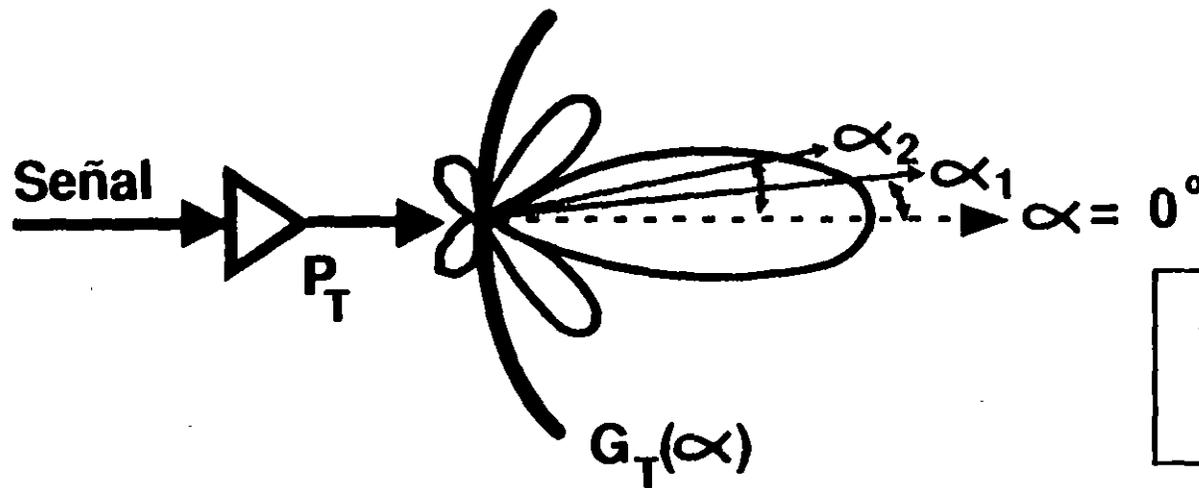
$$[G_{\max}]_{dB} = 10 \log G_{\max}$$

EJERCICIO

Calcule la ganancia máxima y el ancho del haz de una antena de 1 m de diámetro, a 6 GHz y 12 GHz, y de otra antena de 4 m de diámetro, también a 6 GHz y 12 GHz.

	D = 1 m			D = 4 m		
	G_{\max}	G_{\max} en dB	θ_{-3dB}	G_{\max}	G_{\max} en dB	θ_{-3dB}
f = 6 GHz						
f = 12 GHz						

PIRE: POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EQUIVALENTE (O EFECTIVA) - EIRP -



$$\text{PIRE}_\alpha = P_T G_{T_\alpha}$$

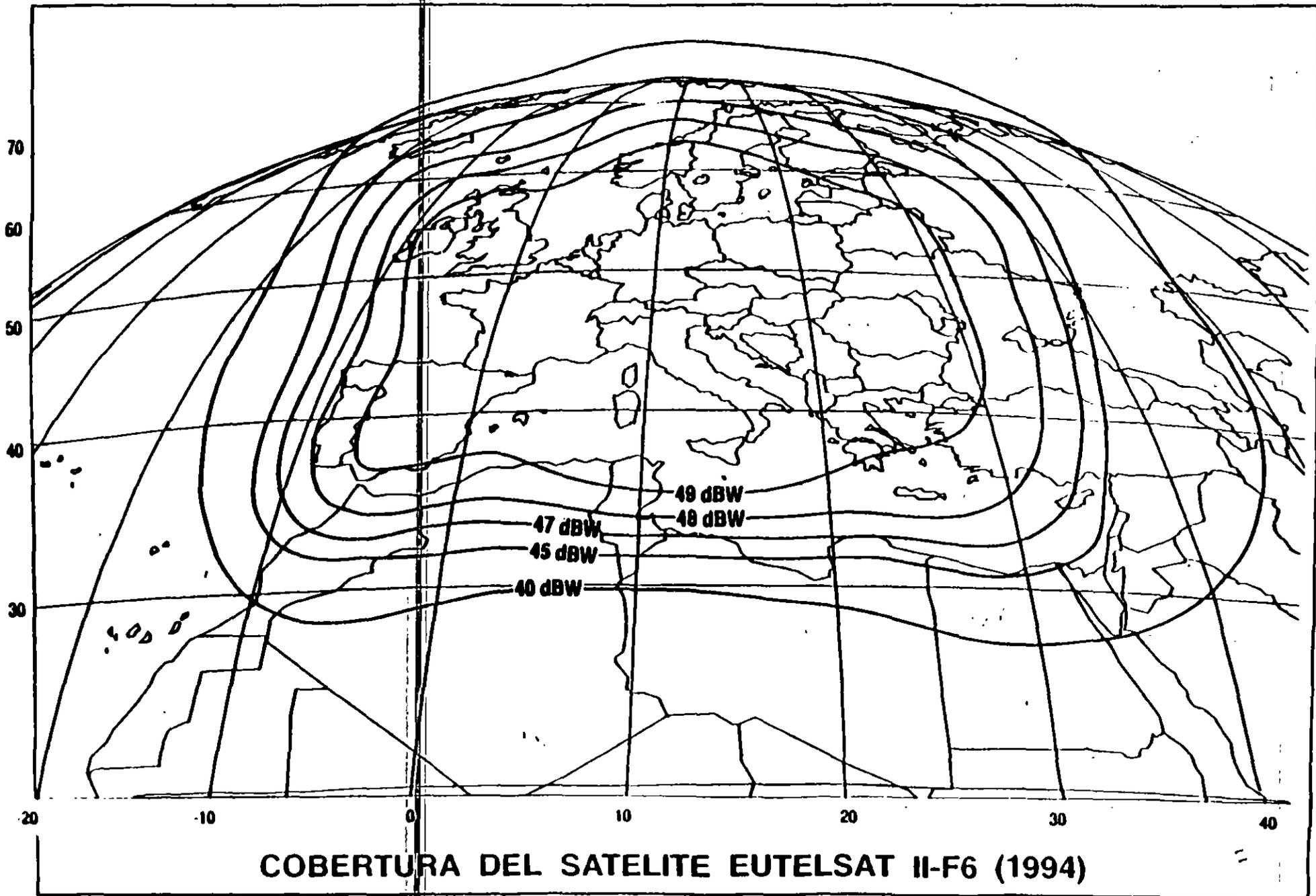
P_T = Potencia del transmisor (w)

G_T = Ganancia de la antena transmisora.
(función del ángulo α)

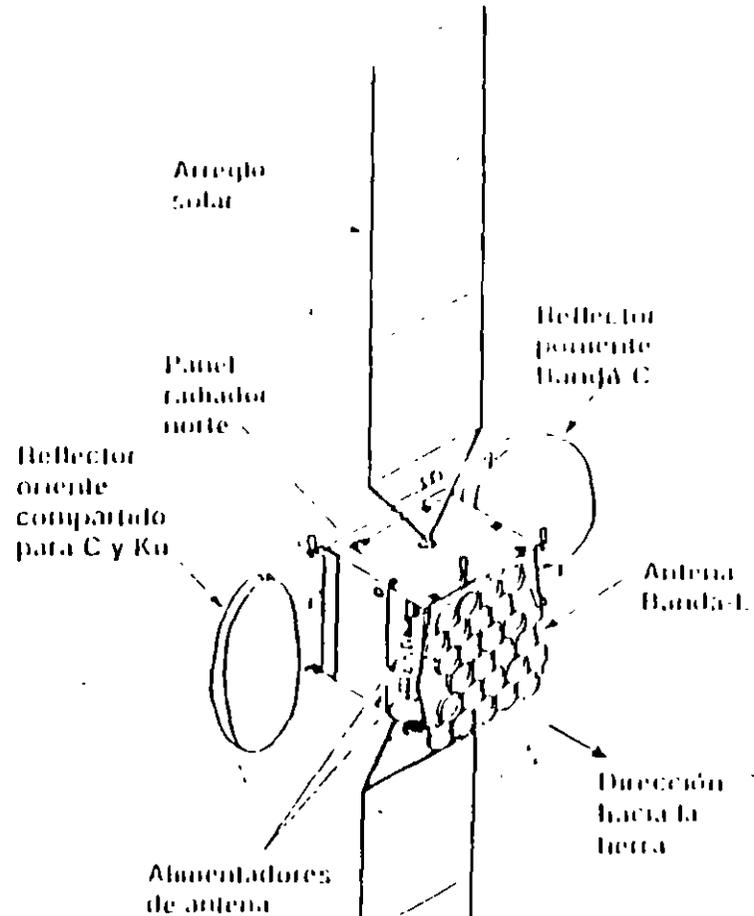
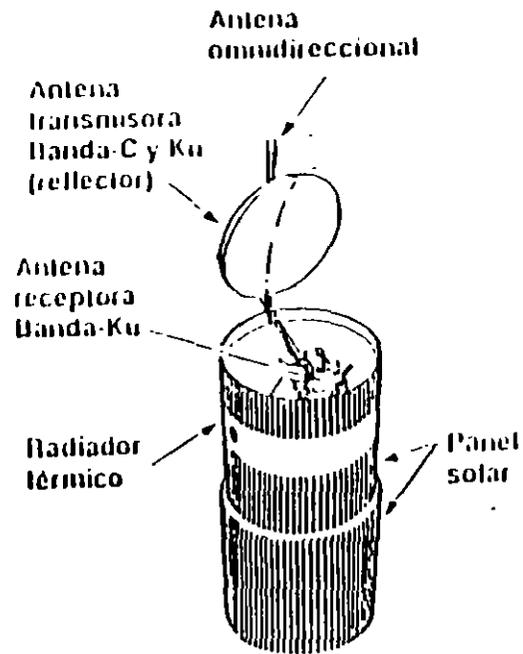
$$[G_{T_\alpha}]_{\text{dB}} = [G_{\text{max}}]_{\text{dB}} - 12 \left(\frac{\alpha}{\Theta_{-3\text{dB}}} \right)^2$$

Cuando $\alpha = 0^\circ$, PIRE es máximo \Rightarrow

$$\text{PIRE}_{\text{max}} = P_T G_{\text{max}}$$



MORELOS Y SOLIDARIDAD



Representación proporcional
aparecida a la misma escala.

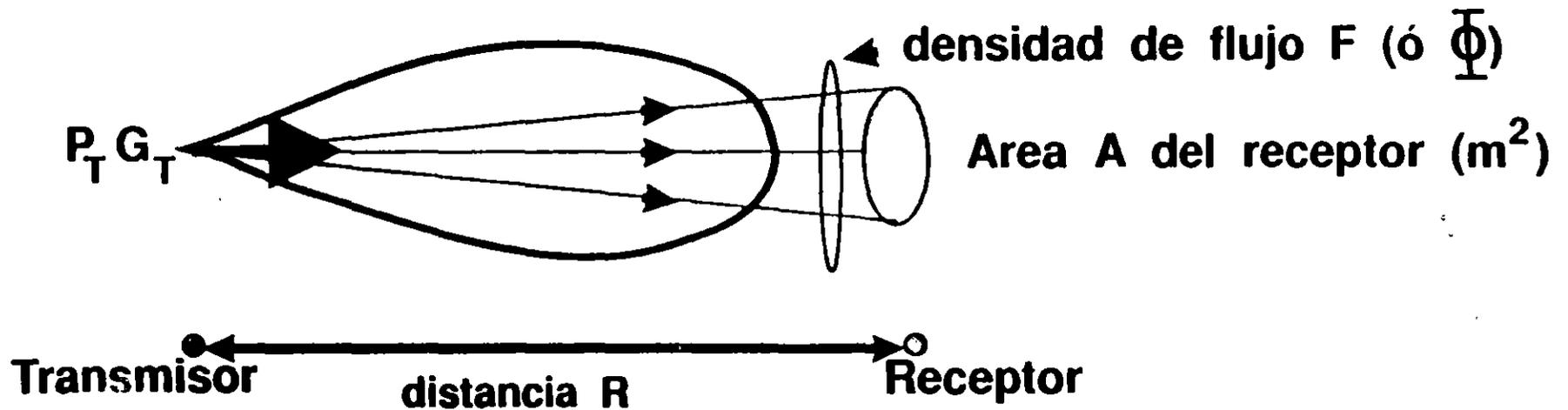
MORELOS Y SOLIDARIDAD

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EFECTIVA (PIRE)

	SOLIDARIDAD	MORELOS
BANDA "C"	37.0 (36 MHz)	36.0 (36 MHz)
PIRE (dBW)	40.1 (72 MHz)	39.0 (72 MHz)
BANDA "Ku"	47.0 (54 MHz)	44.0 (108 MHz)
PIRE (dBW)		

Solidaridad tiene 6 dB más (cuatro veces más) en densidad de potencia (dBW/MHz) en banda Ku que Morelos.

DENSIDAD DE FLUJO EN EL PUNTO RECEPTOR



$$\text{Densidad de flujo } F = \frac{P_T G_T}{4\pi R^2} \quad (\text{w/m}^2)$$

densidad isotrópica \rightarrow

$$\text{Potencia recibida} = FA \quad (\text{w})$$

en el área A

MORELOS Y SOLIDARIDAD

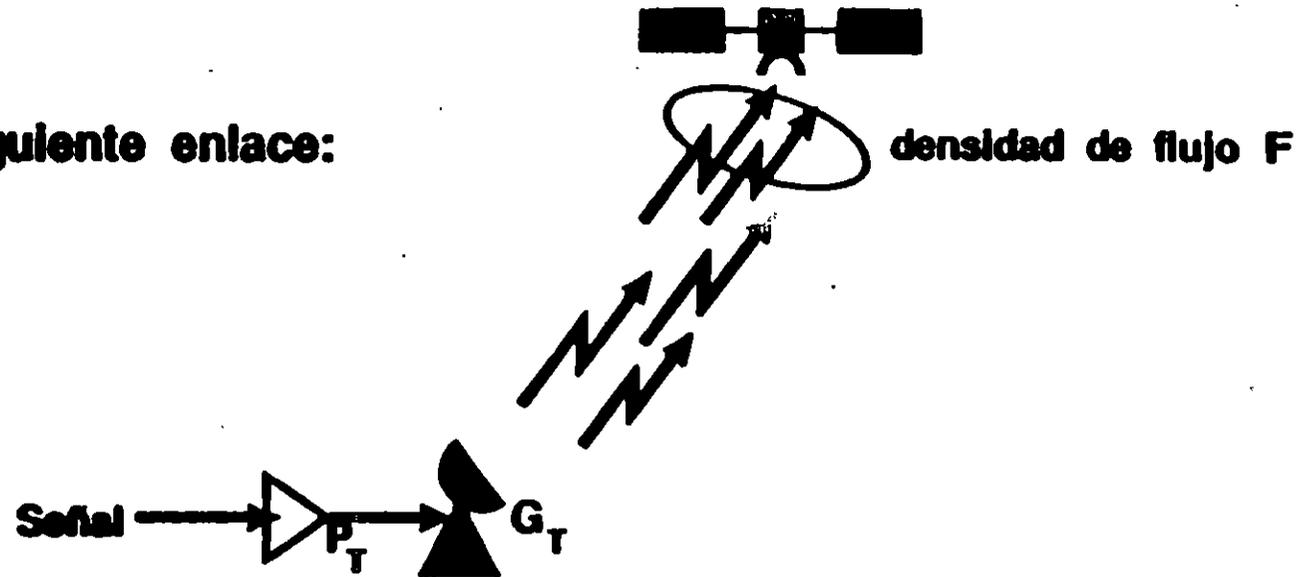
DENSIDAD DE FLUJO DE SATURACION (DFS)

	SOLIDARIDAD	MORELOS
BANDA "C" dBW/m²	-92 (36 MHz) -89 (72 MHz)	-89 (36 MHz) -86 (72 MHz)
BANDA "Ku" dBW/m²	-95 (54 MHz)	-89 (108 MHz)

En vista de que Solidaridad tiene un DFS menor que Morelos, es posible usar menos potencia de subida, lo que mejora también la operación lineal en la cadena receptora del satélite.

ENLACE

Considérese el siguiente enlace:



DATOS

Potencia alimentada a la antena transmisora = $P_T = 10W$

Ganancia de la antena transmisora, en dirección al satélite = $G_T = 40 \text{ dB}$

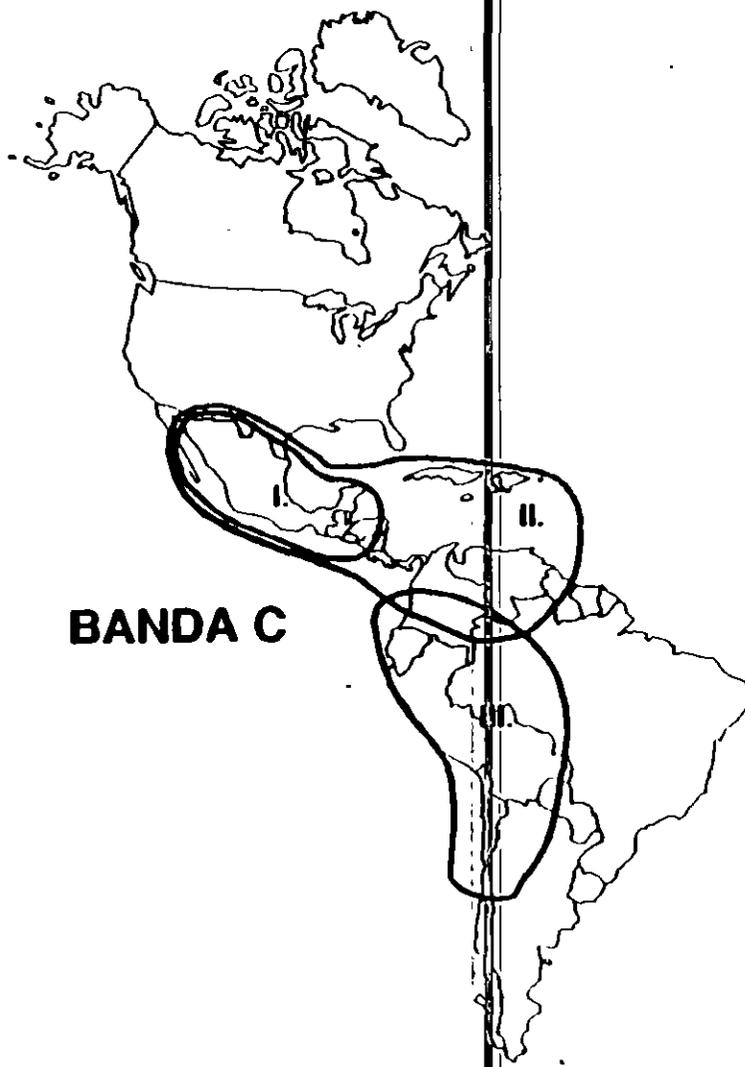
Distancia entre la antena transmisora y el satélite = $R = 36,000 \text{ km}$

INCOGNITAS

PIRE del sistema transmisor =

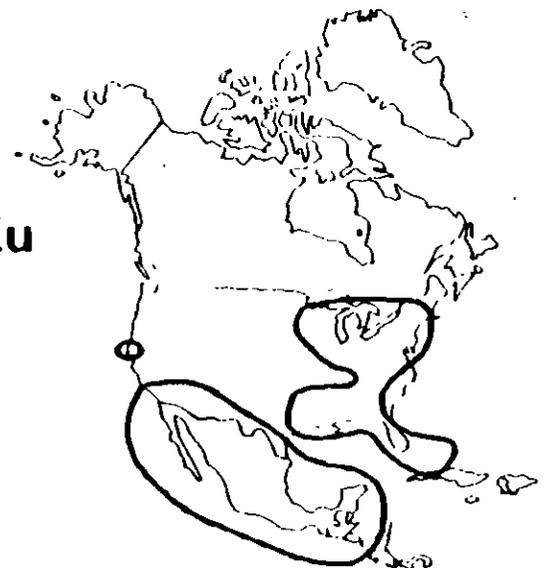
Densidad de flujo en la antena receptora del satélite, F =

SOLIDARIDAD: 6 Regiones de servicio



BANDA C

BANDA Ku



BANDA L



SATELITES SOLIDARIDAD REGION 1 (R1) BANDA "C"



PIRE: 36 MHz = 37.5 dBW
72 MHz = 40.5 dBW

- 1.-GUATEMALA
- 2.-BELICE
- 3.-TEGUCIGALPA
- 4.-SAN SALVADOR

N LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:

SATELITES SOLIDARIDAD REGION 2 (R2) BANDA "C"

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

PIRE: 37 dBW

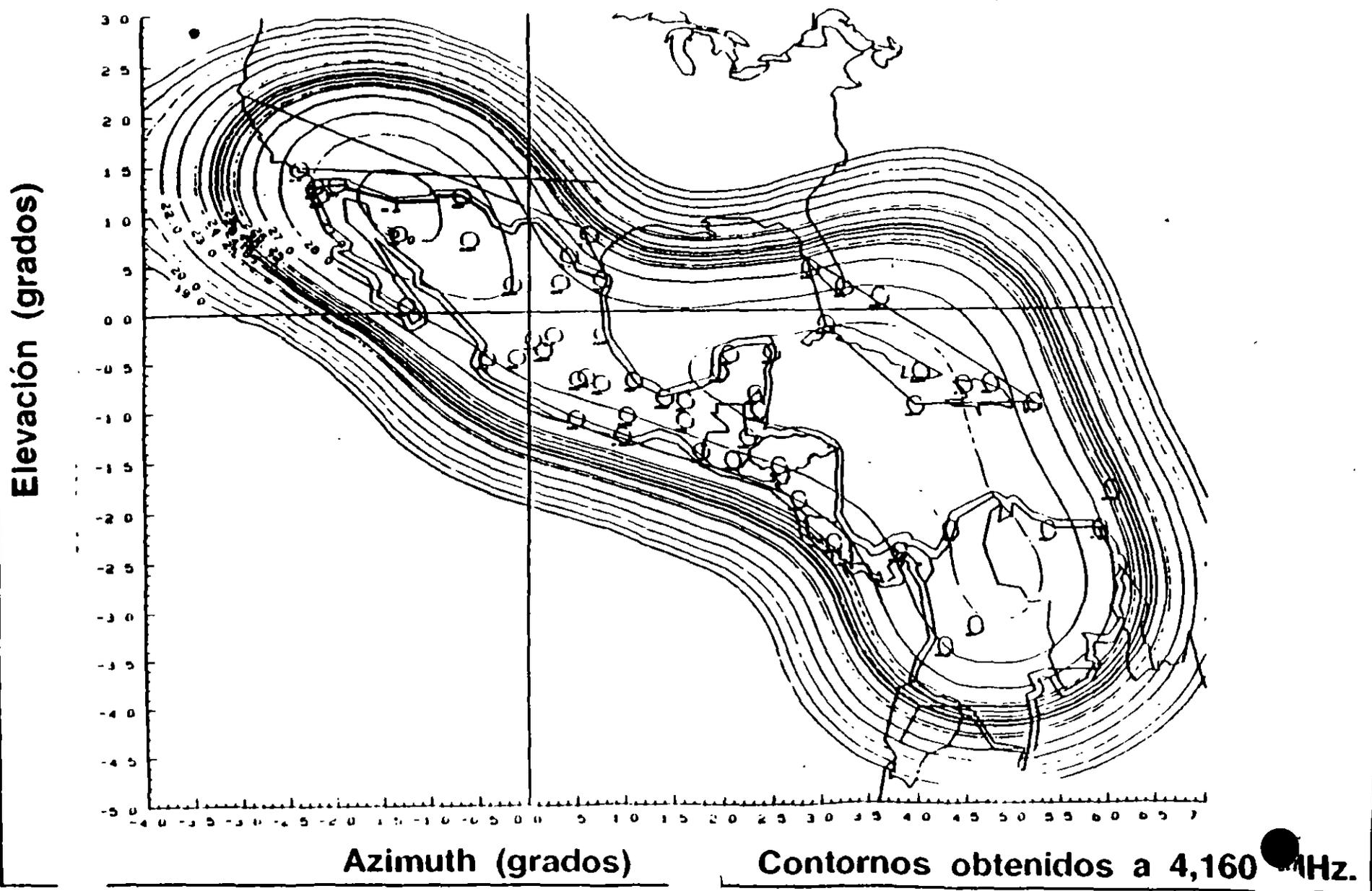


NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

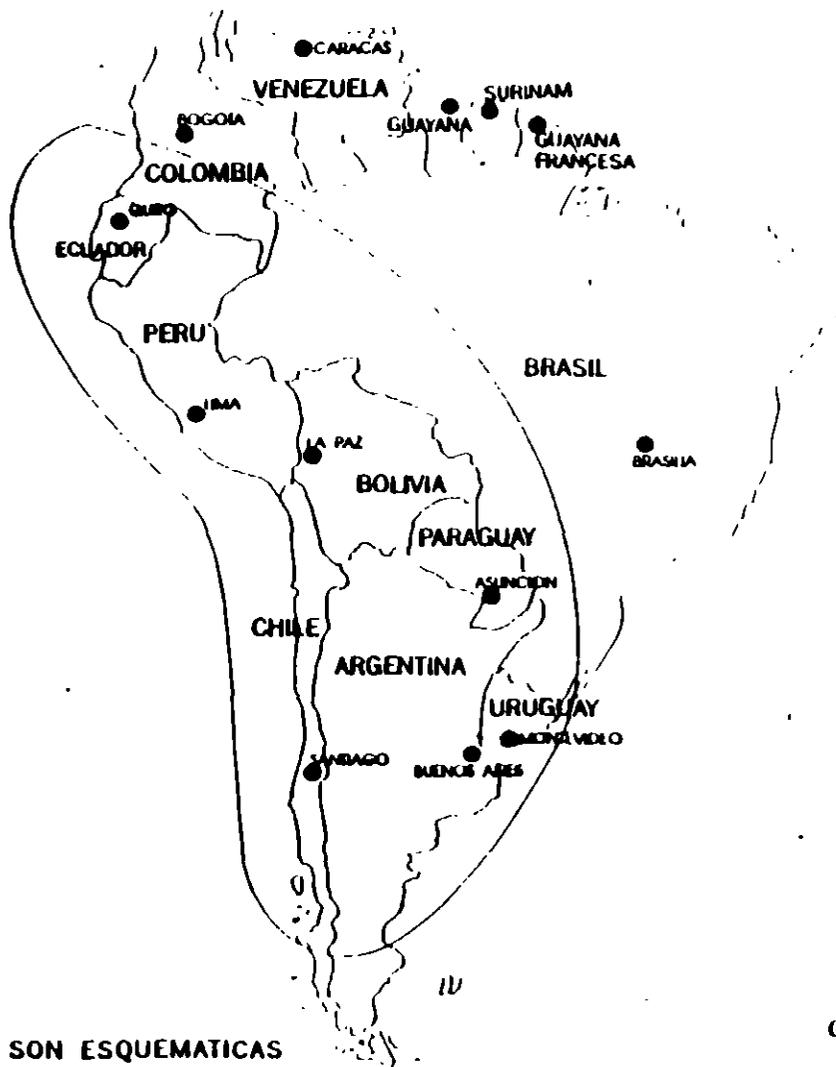
CONTESTA DE:

TELECOM
TELECOMUNICACIONES DE MEXICO

SOLIDARIDAD / Región 2 / contornos de radiación de la antena / Banda C



SATELITES SOLIDARIDAD REGION 3 (R3) BANDA "C"



PIRE: 37 dBW

NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:

SATELITES SOLIDARIDAD REGION 4 (R4) BANDA "Ku"

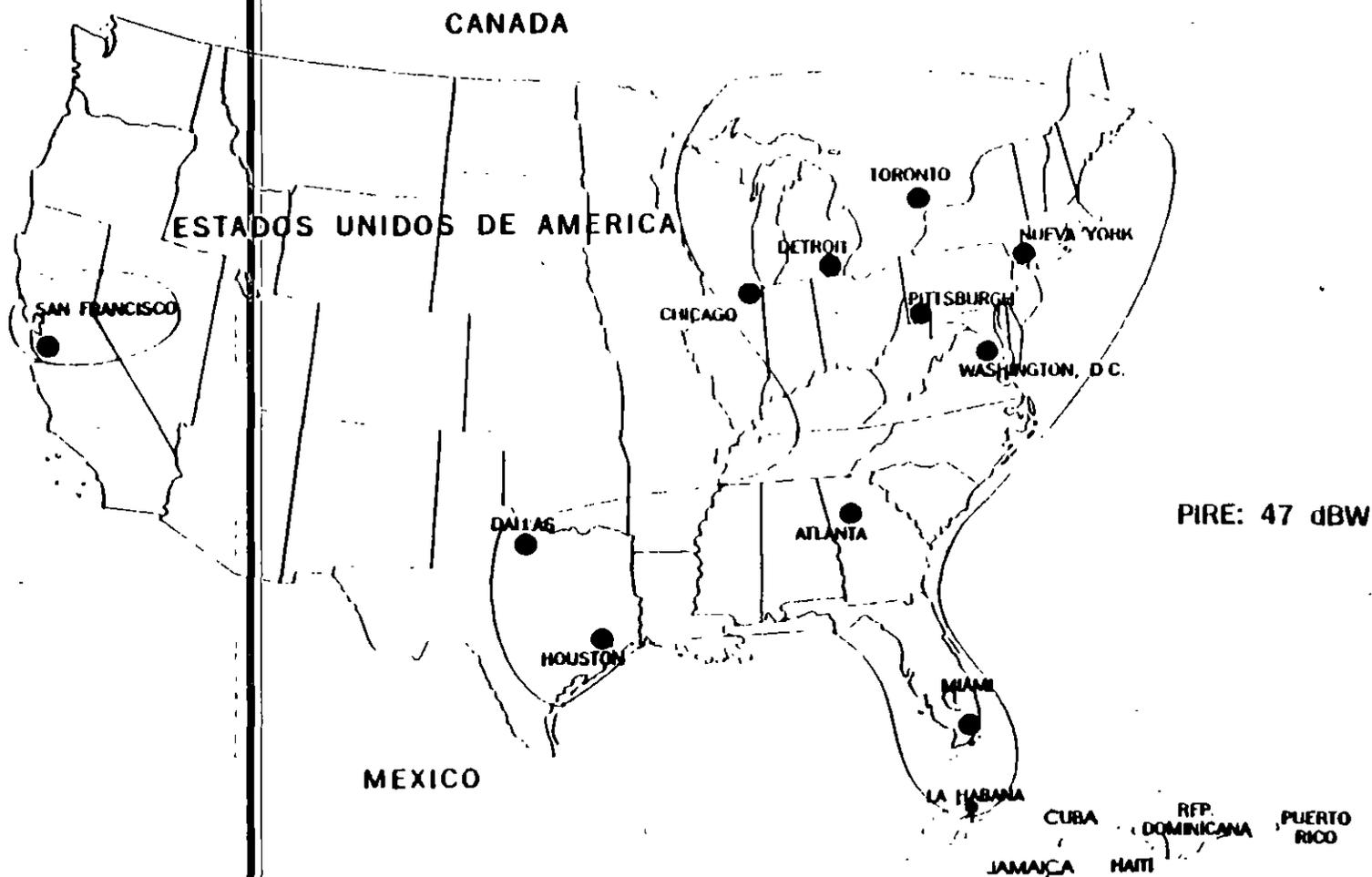


NOT AS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESTA DE:



SATELITES SOLIDARIDAD REGION 5 (R5) BANDA "Ku"



NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

SATELITES SOLIDARIDAD REGION 6 (R6) BANDA "L"



NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:



MORELOS Y SOLIDARIDAD

Comparación de potencia y ancho de banda efectivo.

Densidad de flujo de potencia para la Banda C

1.25

1

0

SOLIDARIDAD

MORELOS

1000 MHz

Densidad de flujo de potencia para la Banda Ku

4

3

2

1

0

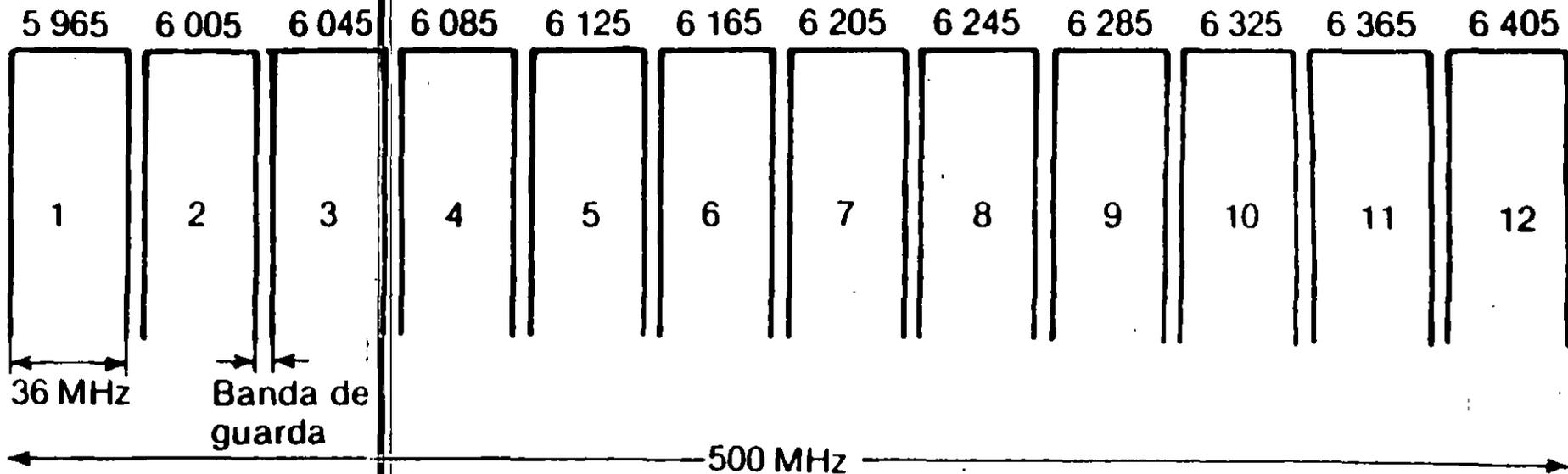
MORELOS

500 MHz

1000 MHz

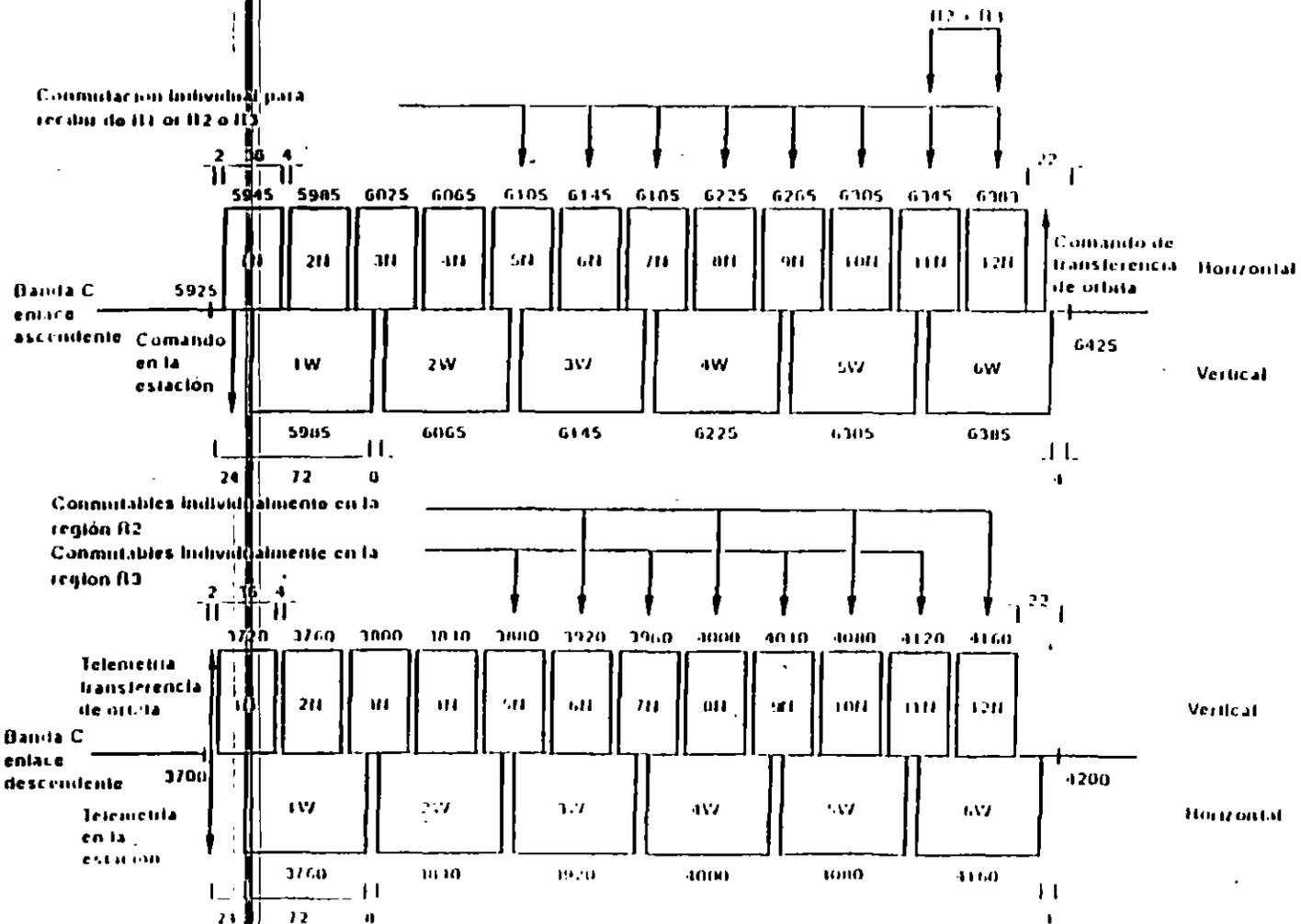
Watts por metro cuadrado recibidos en las estaciones terrenas en relación con los niveles del Morelos.

FRECUENCIAS CENTRALES (MHz)



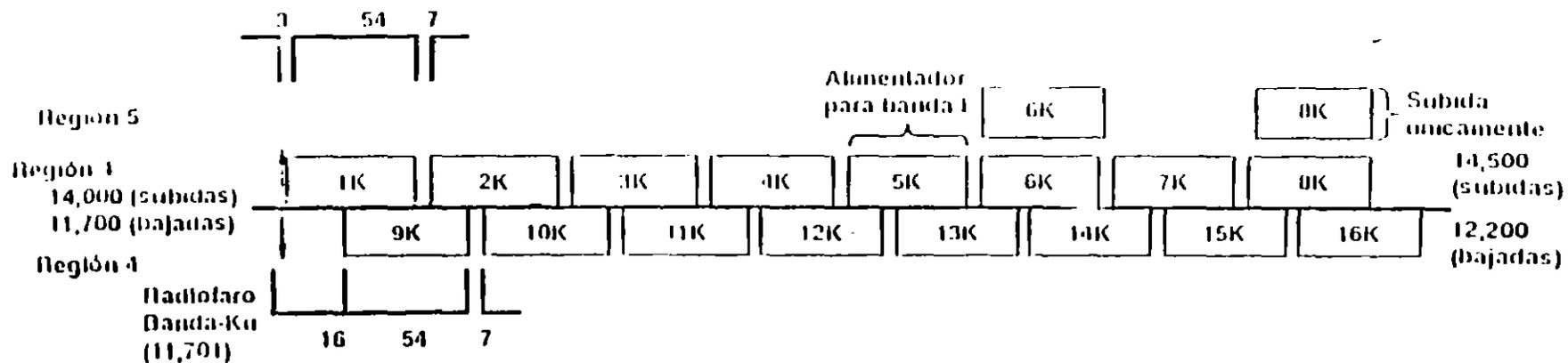
Ancho de banda de un satélite que opera en la banda C, dividido en ranuras de frecuencias de 36 MHz cada una. Cada ranura corresponde a las frecuencias de trabajo de un transpondedor, y las frecuencias centrales que se indican son las que se usan para transmitir de la Tierra al satélite. Para la transmisión satélite-Tierra se hace una división similar del ancho de banda comprendido entre 3.7 y 4.2 GHz, con sus frecuencias centrales correspondientes.

Solidaridad Plan de frecuencias en banda C

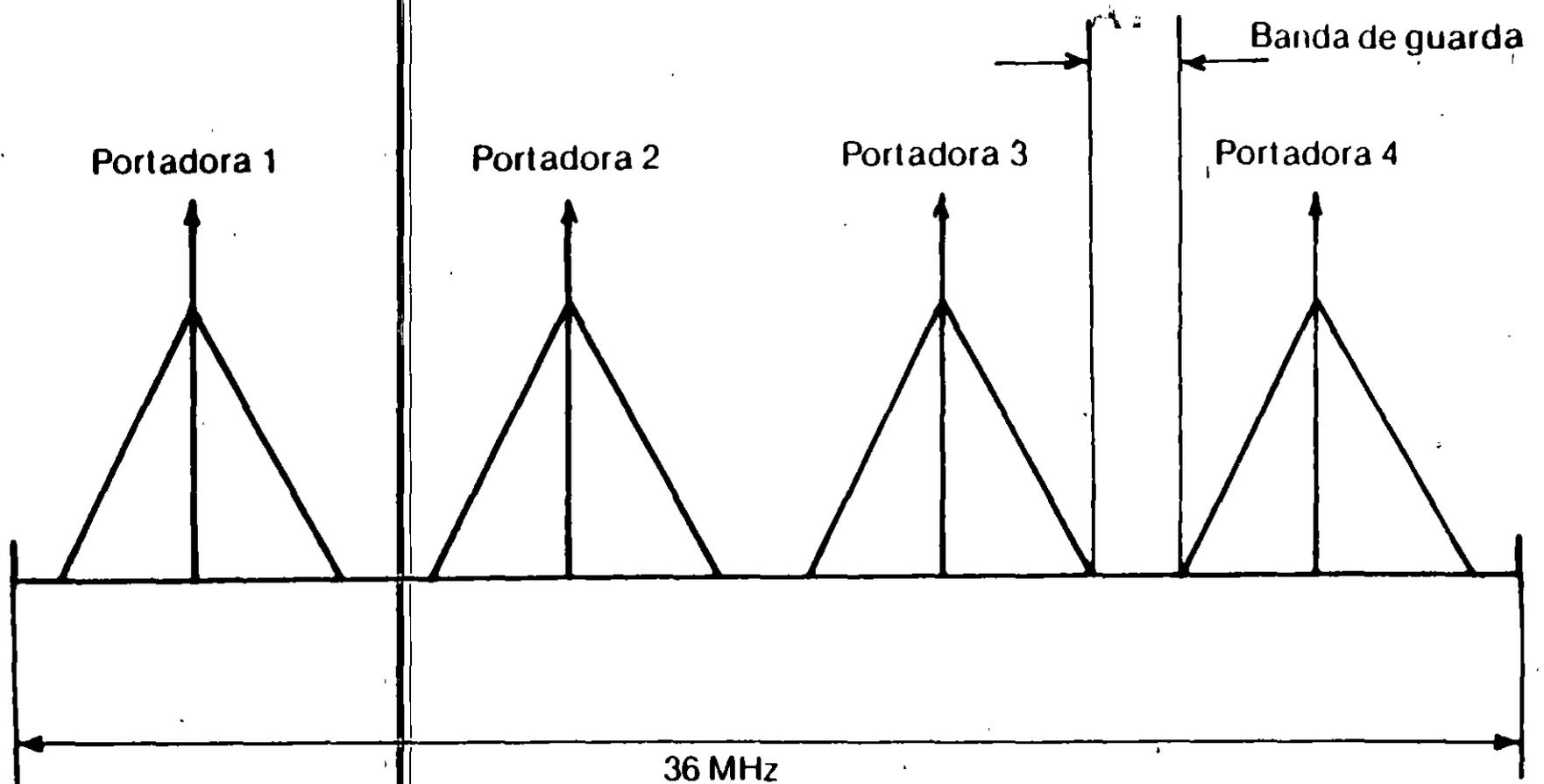


Solidaridad: Plan de frecuencias en banda Ku

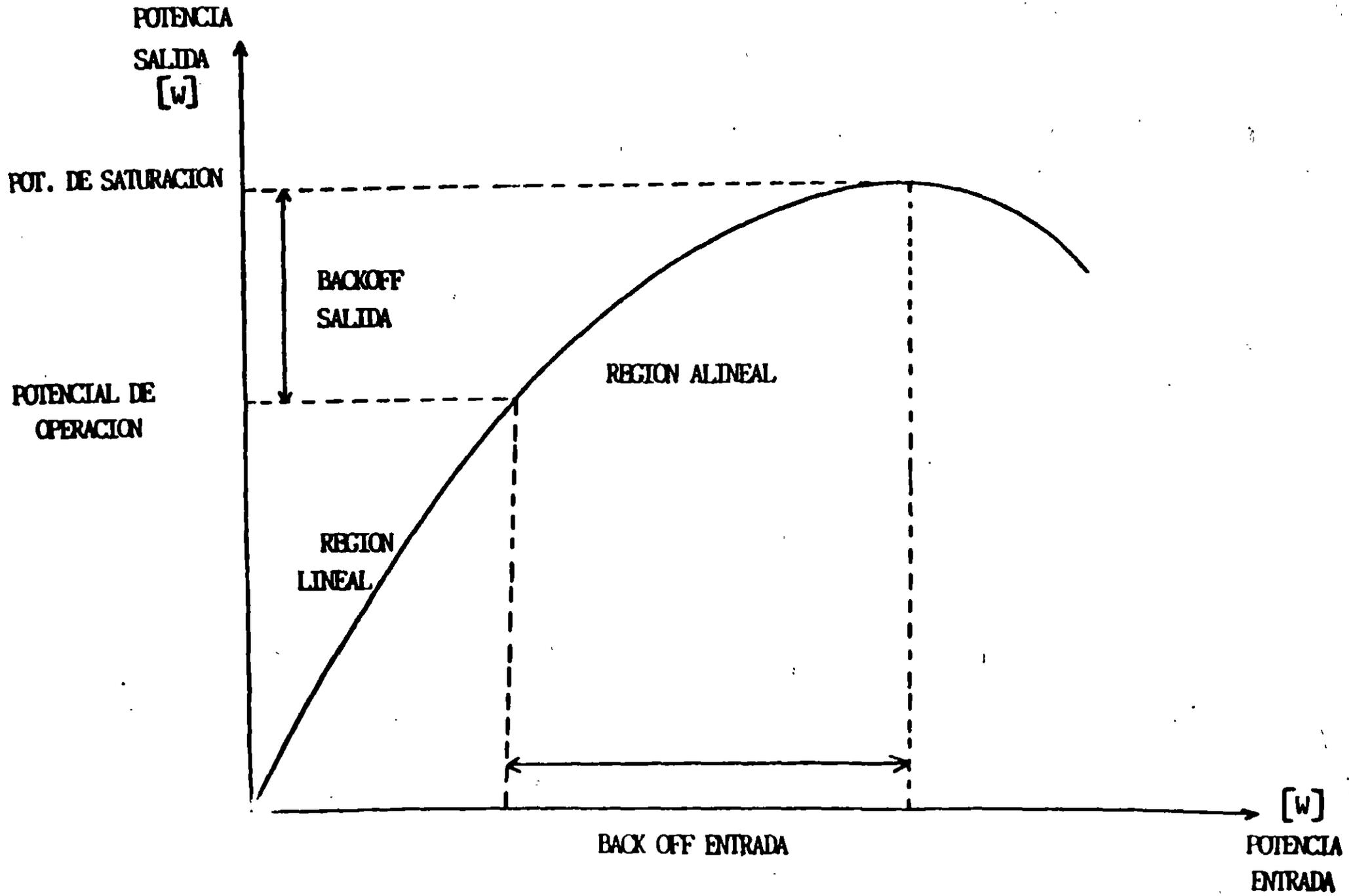
Vertical (ascendente) y horizontal (descendente)

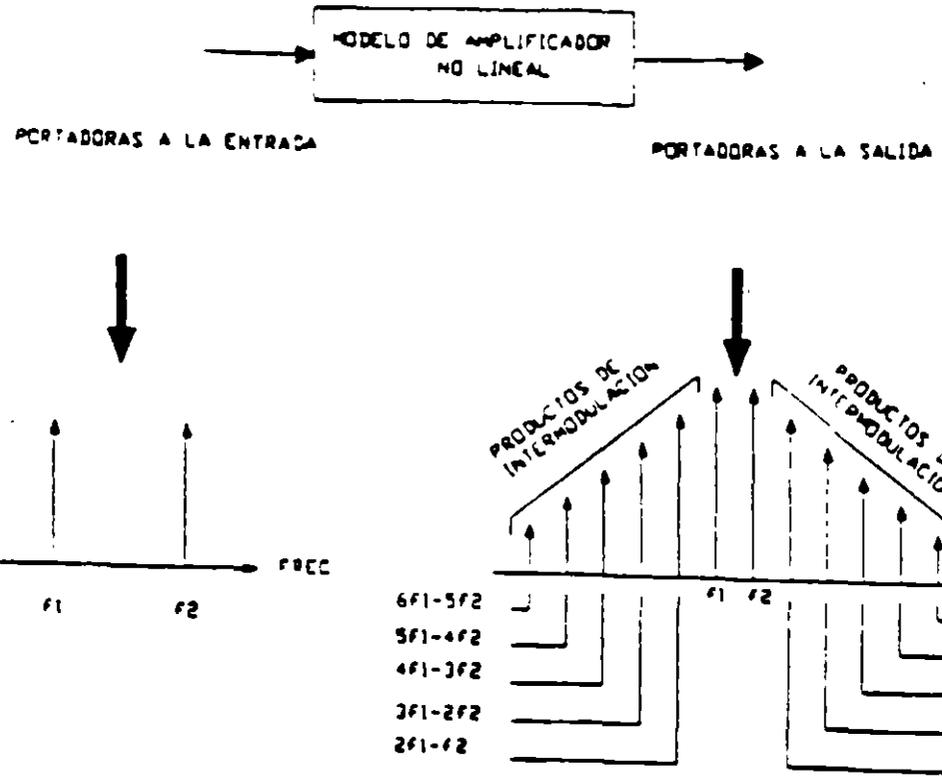


Horizontal (ascendente) y vertical (descendente)

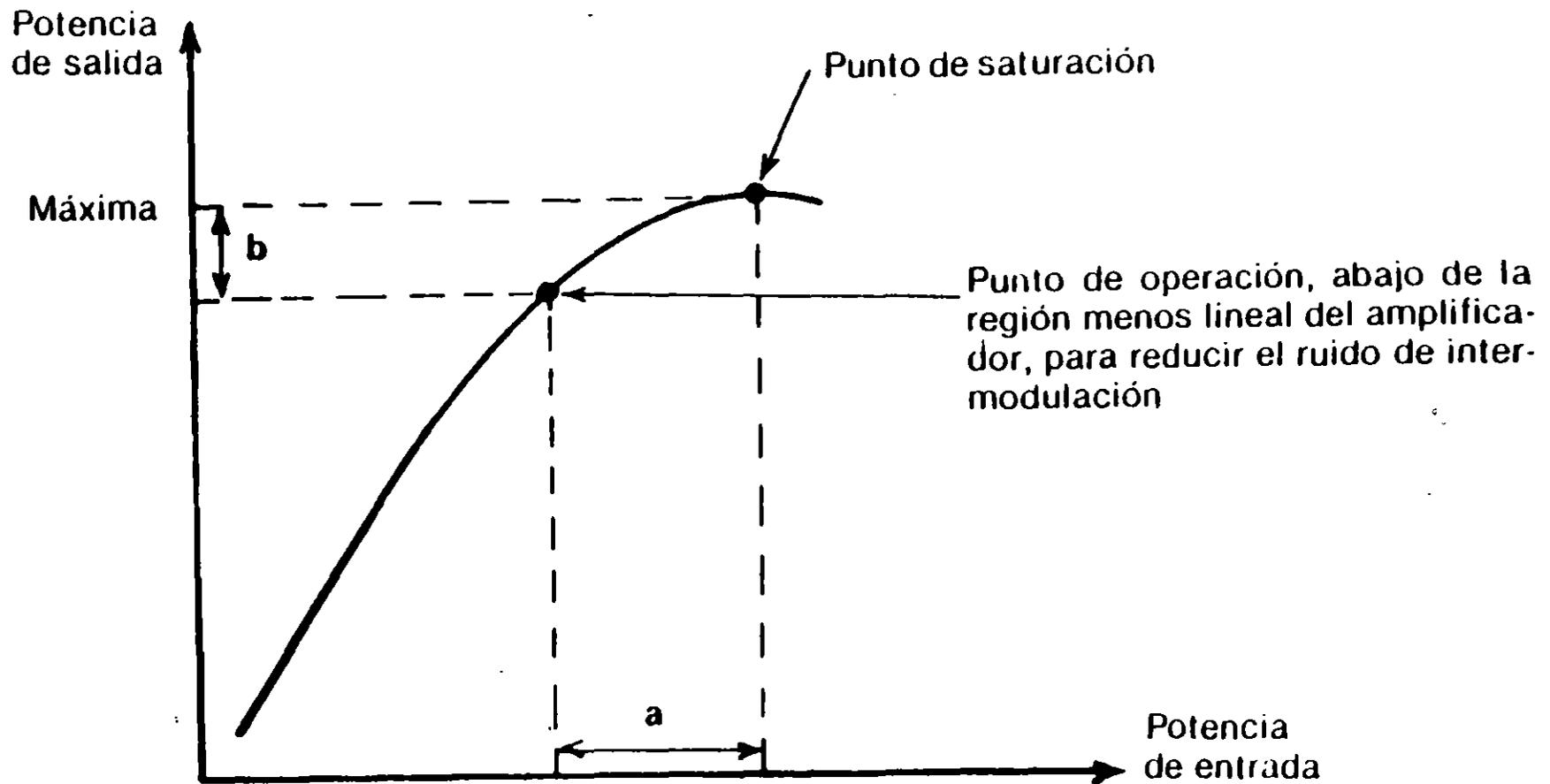


Esta sería una posible configuración de la ocupación del espacio de frecuencias de un transpondedor de 36 MHz, por ejemplo, del número 8 de la figura 3.8. Cada triángulo representa una señal de telefonía que contiene 132 canales telefónicos individuales y tiene asignada su propia frecuencia portadora. La banda de guarda entre señales adyacentes se deja para reducir la interferencia entre ambas, y su ancho siempre es función del tipo de señales que vayan a sus lados.



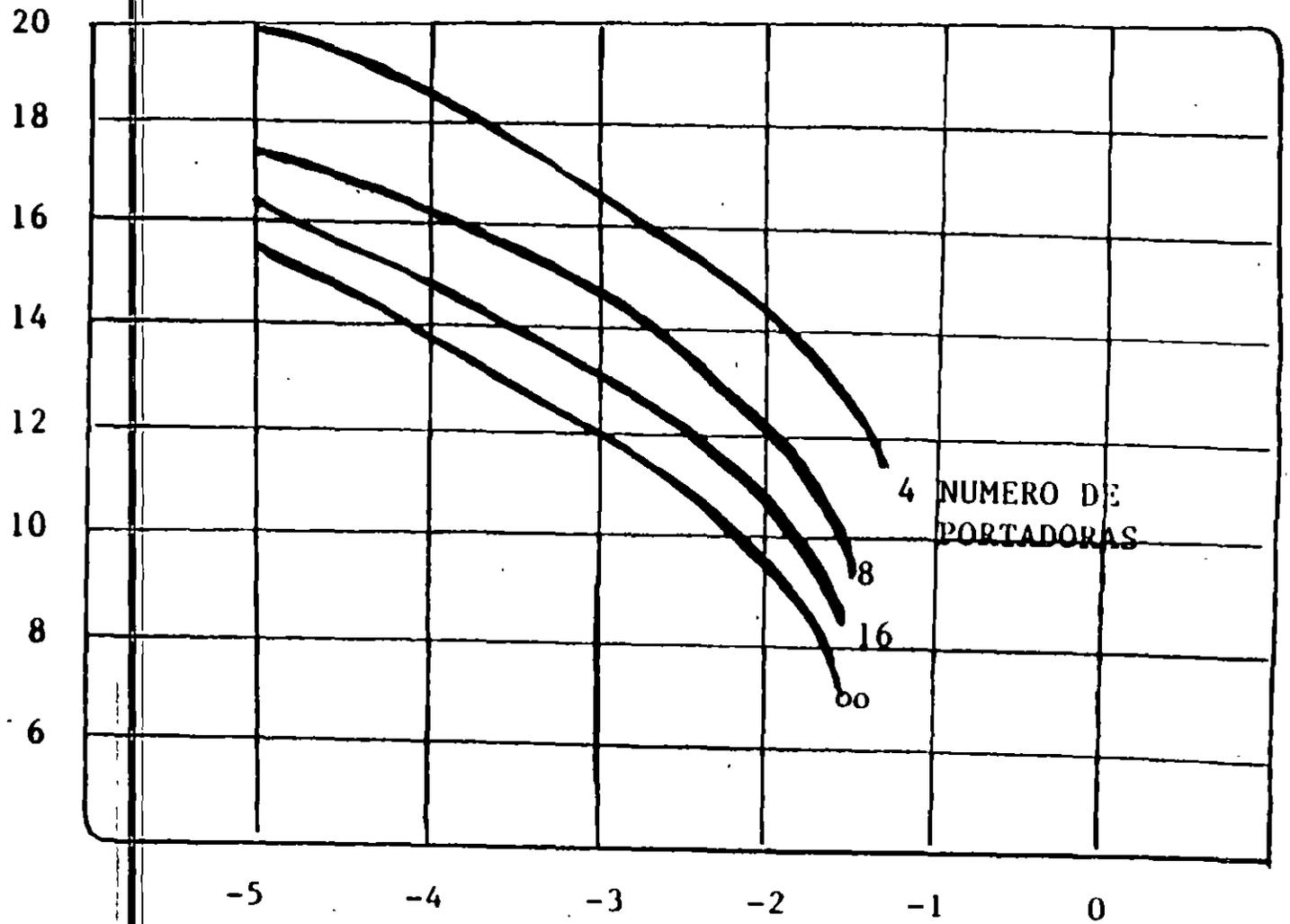


GENERACION DE PRODUCTOS DE INTERMODULACION EN UN DISPOSITIVO NO LINEAL (TWT DEL TRANSPONDEDOR DE UN SATELITE)



Curva característica a lineal de entrada-salida de un amplificador de potencia; a es la reducción necesaria de la potencia de entrada respecto al valor que satura al amplificador, para poder trabajar en el punto de operación, y b es la reducción que se obtiene en la potencia de salida respecto a la potencia máxima que se obtendría en saturación.

RELACION PORTADORA/RUIDO DE INTERMODULACION EN dB



RELACION PORTADORA/RUIDO DE INTERMODULACION EN FUNCION DEL BACK-OFF PARA UN AMPLIFICADOR TWT TIPICO.

MORELOS Y SOLIDARIDAD

AJUSTE DE GANANCIA

	SOLIDARIDAD	MORELOS
BANDA "C"	0 - 14 dB en pasos de 2 dB	0 - 9 dB en pasos de 3 dB
BANDA "Ku"	0 - 22 dB en pasos de 2 dB	0 - 9 dB en pasos de 3 dB
BANDA "L"	0 - 15 dB en pasos de 1 dB	_____

SATELITES SOLIDARIDAD CARACTERISTICAS DE LOS TRANSPONEDORES (CADA SATELITE)

BANDA	# DE TXD's	B (MHz)	COBERTURA (REGION)	POLARIZACION		
				ENLACE ASCENDENTE	ENLACE DESCENDENTE	TXD
C	12	36	R1,R2,R3	HORIZONTAL	VERTICAL	TODOS
	6	72	R1	VERTICAL	HORIZONTAL	TODOS
Ku	16	54	R4, R5	VERTICAL	HORIZONTAL	1K - 8K
				HORIZONTAL	VERTICAL	9K - 16K
L*	1	15	R6	VERTICAL (Ku)	CIRCULAR DERECHA (L)	5K
				CIRCULAR DERECHA (L)	HORIZONTAL (Ku)	5K

TXD's = TRANSPONEDORES

B = ANCHO DE BANDA

* PARA EL TRAFICO DE BANDA L SE UTILIZARA EL TRANSPONEDOR 5K (PARTE BAJA).

CONTESIA DE:

SATELITES SOLIDARIDAD CONECTIVIDAD ENTRE REGIONES

ENLACE ASCENDENTE (EA)	BANDA	ENLACE DESCENDENTE (ED)	BANDA	TRANSPONDEDOR
R1	C	R1	C	1N - 12N 1W - 6W
R2	C	R2 R3	C C	6N, 8N, 10N, 12N 11N (EA), 12N (ED)
R3	C	R3 R2	C C	5N, 7N, 9N, 11N 11N (ED), 12N (EA)
R4	Ku	R4 R5 R6	Ku Ku L	1K - 16K 6K 5K -PB (EA-Ku), 5K (ED-L)
R5	Ku	R5 R4	Ku Ku	6K 6K (EA), 8K (ED)
R6*	L	R4	Ku	5K -PB (EA-L), 5K (ED-Ku)

PB: PARTE BAJA

- LA BANDA L ES UTILIZADA PARA LOS ENLACES "ESTACION MOVIL-SATELITE", MIENTRAS QUE LA BANDA Ku ES UTILIZADA PARA LOS ENLACES "ESTACION MAESTRA-SATELITE".

CORTESIA DE:

74

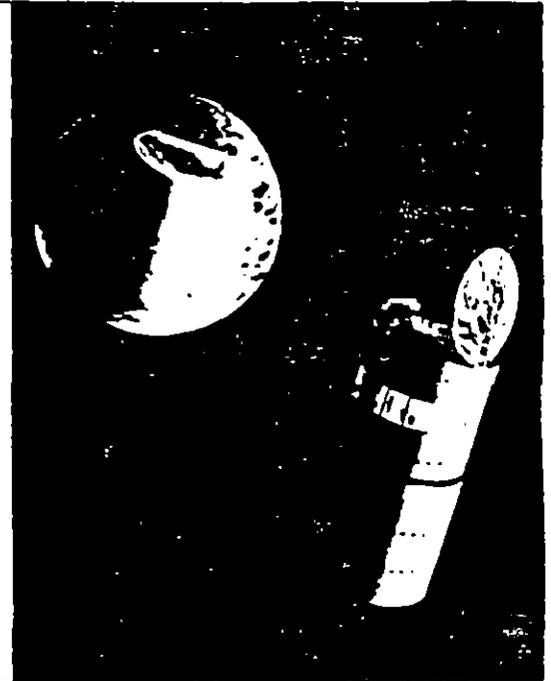
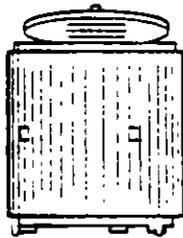
MORELOS

HUGHES

Subsidiary of
General Electric Company

Altura desplegado
6.62 m (21 pies 8 pulgadas)
Peso en órbita
646.5 kg (1,422 lb)
al inicio de vida

Altura plegado
2.85 m (9 pies 4 pulgadas)
Diámetro
2.16 m (7 pies 1 pulgada)



El Primer Satélite Nacional de México

En octubre de 1982, México, en una importante decisión para unificar las zonas rurales y urbanas de la nación, solicitó su primer sistema nacional de satélites de comunicaciones a la empresa Hughes Aircraft Company, por una cantidad de \$92 millones de dólares. Los dos satélites son versiones del HS-376, el satélite de comunicaciones comercial más adquirido en el mundo, y fueron lanzados al espacio en el E.U. transbordador espacial el 17 de junio y el 27 de noviembre de 1985.

El sistema Morelos es propiedad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la República, y brinda telecomunicaciones avanzadas hasta las partes más remotas de la nación. Los satélites portan transmisiones de televisión educativa, programas comerciales a través de la red nacional de televisión, servicios telefónicos y de telefacsimiles, además de transmisiones de datos y de negocios. El sistema Morelos permite que la programación de televisión en vivo se origine por lo menos en 12 ciudades principales. Los eventos culturales, educativos y deportivos dentro y en las cercanías de estas ciudades se pueden televisar a toda la nación, presentando así los logros de cada región.

México fue el primer cliente que utilizó al HS 376 como un satélite híbrido que opera en dos bandas de frecuencia (C y Ku). También fue el primer país latinoamericano al que Hughes sirvió como contratista principal en un proyecto de satélites. El contrato también requirió que Hughes fabricase e instalase una estación de rastreo, telemetría y mando para operar el sistema Morelos, aproximadamente a unos 16 kilómetros al sudeste de la ciudad de México, en Iztapalapa.

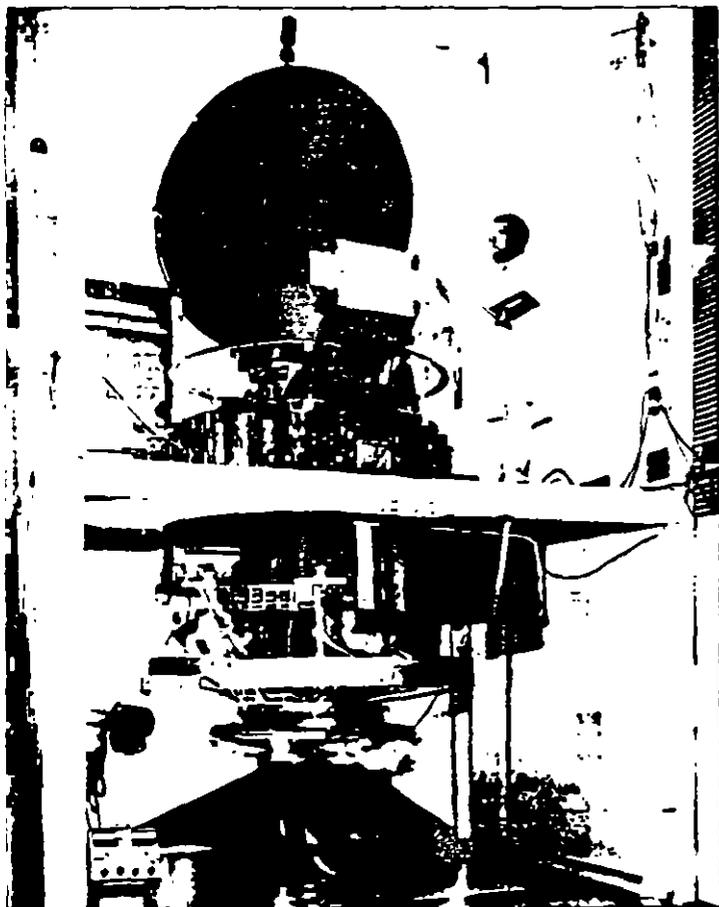
En la posición de lanzamiento, con sus paneles telescópicos solares plegados y con el reflector de la antena principal doblado, el satélite Morelos mide 2.85 metros de altura. Ya en órbita, con los paneles extendidos y con la antena erecta, el satélite mide 6.62 metros de altura. El satélite Morelos tiene un diámetro de 2.16 metros y pesó, al inicio de su vida en órbita, 646.5 kg. Cuatro propulsores que utilizan un propelente de hidrazina brindan el control de órbita y de actitud durante la vida planeada de 9 años de la misión del satélite. Los dos paneles solares, que usan celdillas solares K-7, generan un poco más de 950 vatios de potencia eléctrica al inicio de la vida del satélite. Dos baterías de níquel y cadmio alimentan al satélite para las operaciones durante los eclipses.

Si bien el diseño de la barra de distribución del satélite Morelos es el mismo que el del HS 376 estándar, el

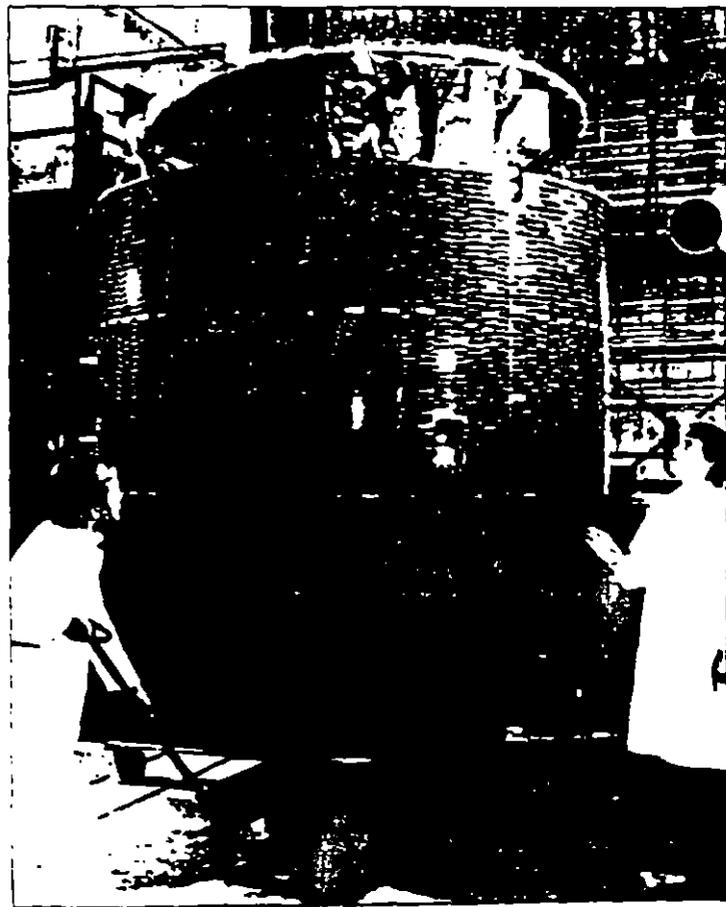
sistema de la antena está hecho bajo especificaciones que satisfacen los requerimientos de las comunicaciones de México. El diseño es el primero en un satélite de Hughes que utiliza una red planar de transductores. Los cuatro canales de la banda Ku usan las redes planares solamente para la recepción y tienen una amplitud de banda de 108 MHz con una mínima potencia efectiva radiada isotrópica (EIRP) de 44 dBW a través de México. Los haces de transmisión y recepción de la banda C y los haces de transmisión de la banda Ku se crean por una antena de rejilla, de apertura compartida, de 1.83 m de ancho que tiene dos superficies selectivas de polarización. La superficie anterior es sensible a los haces polarizados horizontalmente y la posterior es sensible a los haces polarizados verticalmente. Se utilizan redes separadas de alimentación por microondas para las dos polarizaciones. Los 12 canales de bandas estrechas polarizados verticalmente tienen una amplitud de banda de 36 MHz, y los seis canales de banda ancha polarizados horizontalmente, tienen una amplitud de banda de 72 MHz.

La EIRP de la banda C tiene 36 dBW a través de todo México. Los transpondedores de la banda C, banda estrecha, usan amplificadores de tubos de onda progresivas (TWTAs) de 7 vatios con una redundancia 14 por 12. Los transpondedores de banda C, de banda amplia, utilizan TWTAs de 10.5 vatios con redundancia de ocho por seis. Los transpondedores de banda K utilizan TWTAs de 20 vatios con redundancia de seis por cuatro.

El satélite uso un modulo de asistencia de carga útil de la McDonnell Douglas para ser impulsado hasta la órbita elíptica de transferencia después de haber sido puesto en órbita baja desde el transbordador. Se disparó un motor de arranque en apogeo Morton Thiokol Star 30B mediante un comando y el satélite se puso en una órbita sincrónica circular. El satélite se elevó hasta su órbita final y se ubicó en su posición operativa a través del uso de propulsores abordo. Los satélites Morelos están ubicados a 117.5° y 116.5° de longitud oeste.



Un técnico revisa la red planar de transductores del satélite Morelos.



Satélite Morelos en configuración de alojamiento.

SCG 922240/500/9-92

COMMUNICATIONS AND CUSTOMER SERVICES
 HUGHES SPACE AND COMMUNICATIONS COMPANY
 HUGHES AIRCRAFT COMPANY
 EL SEGUNDO, CA 90245
 USA

SOLIDARIDAD

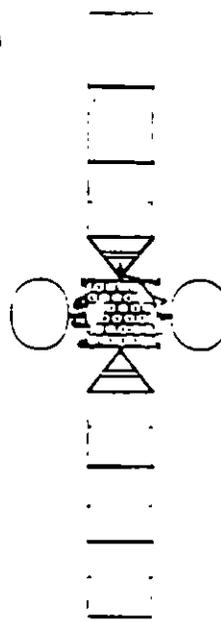
HUGHES

Subsidiary of
GM Hughes Electronics

Paneles solares desplegados
21 m (68 pies 10 pulgadas)
Antenas desplegadas
7.2 m (23 pies 5 pulgadas)
Peso al inicio de vida
1.641 kg (3.610 lb)



Altura plegado
3.1 m (10 pies 1 pulgada)
Anchura plegado
2.7 x 3.5 m (8 pies 9 pulgadas x 11 pies 7 pulgadas)



Tecnología Avanzada para México

Cuando el gobierno de México planeó la implementación de un sistema de satélites de segunda generación, la responsabilidad de su construcción recayó una vez más en la empresa Hughes Aircraft Company. El nuevo par de satélites lleva por nombre Solidaridad, indicativo de la forma en que las telecomunicaciones por satélite están unificando a las zonas urbanas y a los lugares remotos del país entre sí y con el resto del mundo. Estos satélites reemplazarán a uno de los satélites Morelos, también fabricado por Hughes, que cesará operaciones en 1994, tras nueve años de servicio.

El contrato de los satélites Solidaridad, por \$184 millones de dólares, se firmó en mayo de 1991. Al seleccionar a Hughes sobre dos de sus competidores, el Secretario de Comunicaciones y Transportes hizo referencia a la excelente técnica, precio más bajo, programa de entrega más rápido, vida útil más larga y óptima capacidad de carga útil. La sistema de satélites será operada por la agencia gubernamental Telecomunicaciones de México (Telecomm).

Hughes suministrará dos satélites de alta potencia, modelo HS 601, el equipo terrestre asociado y la capacitación. El energético programa requiere la entrega del primer satélite en octubre de 1993, y el segundo, tres

meses más tarde. Los lanzamientos se realizarán a bordo del Ariane de 4 propulsores desde Kourou, Guayana Francesa. El contrato de Solidaridad solicita una vida del satélite de 14 años.

Los nuevos satélites permitirán que Telecomm continúe brindando servicios tales como telefonía de voz, comunicación de datos, repetidora de televisión, transmisión de telefacsimiles, redes de negocios y transmisiones de televisión educativa. Una de las nuevas características es la capacidad de servicios móviles a través de toda la nación.

El satélite Solidaridad es una nave espacial de cuerpo estabilizado. Consiste de una porción central en forma de cubo que contiene los sistemas electrónicos y de propulsión, y, a lo largo del eje norte-sur, tiene un par de alerones de redes solares de tres paneles que proporciona un total de casi 21 metros de longitud. Cada nave espacial pesará casi 1.641 kg al inicio de su vida en órbita. Sus redes solares suministrarán 3.300 vatios, y una batería de 27 celdillas de níquel e hidrógeno lo alimentará durante los eclipses.

Al igual que los satélites Morelos, los Solidaridad portarán 18 transpondedores activos de banda C, pero con potencia mucho más elevada para permitir la recepción por terminales pequeñas. Dado que los transpondedores sirven a varias regiones, estarán alimentados por los

amplificadores de potencia de estado sólido (SSPAs) entre los 10 y los 16 vatios, construidos por Hughes

Abra 16 transpondedores activos de banda Ku—cuatro de la capacidad actual—con amplificadores de tubos de potencia progresivos de 42.5 vatios. Además, los Solidarios tendrán un canal de banda L para dar servicio a los usuarios que estén viajando por tierra, mar o aire o que se hallen en zonas rurales. Este servicio tendrá cuatro SSPAs de 21 vatios enlazados en paralelo.

Todas las bandas cubrirán México, y la cobertura de las bandas C y Ku se extenderán hasta el suroeste de los Estados Unidos. Además, los haces de punto de la banda Ku llegarán a ciudades estadounidenses tan importantes como Chicago, Dallas, Houston, Los Angeles, Miami, Nueva York, San Antonio, San Francisco, Tampa y Washington, D.C. La cobertura de la banda C incluirá el Caribe y Centro y Suramérica.

Con las antenas desplegadas, la nave espacial medirá 7.2 metros de ancho. La antena de la banda C está en el lado oeste de la nave espacial y la banda Ku en el lado este. Ambas antenas tienen 2.4 por 1.8 metros, son

ovaladas con alerones en X y con dos superficies reflectantes, una de las cuales es sensible a la polarización vertical y la otra a la horizontal. Una red de dipolos acobados de la banda L, de 26 elementos, cubre el lado de la nave espacial que da la cara a la Tierra.

Las antenas del satélite Solidario y los paneles solares se doblan a lo largo del cuerpo durante el lanzamiento, formando un cubo de 2.7 por 3.5 por 3.1 metros. Un sistema de propulsión bipropelante, comprobado en vuelo, incluye un motor de apogeo, integrado, de propulsor líquido Marquardt de 490 newtons, más doce propulsores de 22 newtons para mantenerlo en su estación.

Las operaciones de rastreo, telemetría y mando del satélite se llevarán a cabo desde la estación actual ubicada en Iztapalapa, y desde un centro de control alternativo en la ciudad de Hermosillo, Sonora, en el noroeste de México. Hughes construyó la estación en Iztapalapa para los satélites Morelos, y está realizando la adecuación del equipo y adiestrando a especialistas mexicanos para la operación del sistema Solidario, el cual es más complejo.



El centro de control de satélites actual, ubicado en Iztapalapa, será mejorado para manejar el sistema Solidario, el cual es más complejo.

SCG 922240/500/9-92

COMMUNICATIONS AND CUSTOMER SERVICES
HUGHES SPACE AND COMMUNICATIONS COMPANY
HUGHES AIRCRAFT COMPANY
EL SEGUNDO, CA 90245
USA

HUGHES AIRCRAFT COMPANY
Space and Communications Group
Group Communications
P.O. Box 92919 (S64/A410)
Los Angeles, CA 90009
(213) 414-6363

HUGHES

Subsidiary of GM Hughes Electronics

HUGHES, MEXICAN OFFICIALS SIGN SATELLITE AGREEMENT

MEXICO CITY, May 14, 1991 -- Officials of Hughes Aircraft Co. and the Mexican government have formally signed a contract of nearly \$184 million for the country's second satellite system, called Solidaridad.

Present at the signing ceremonies in Mexico City May 8 were Andres Caso Lombardo, Mexico's secretary of communication and transportation, and Carlos Lara Sumano, director of telecommunications; as well as Robert J. Schultz, vice chairman of Hughes' parent company, General Motors; Malcolm R. Currie, chairman of Hughes; and Anthony J. Iorillo, president of Hughes Communications International, Inc.

This contract completes the process begun March 19, when Secretary Caso Lombardo announced the selection of Hughes over two competitors for the satellite project. The parties recently completed negotiations over such details as spacecraft configuration and delivery schedule.

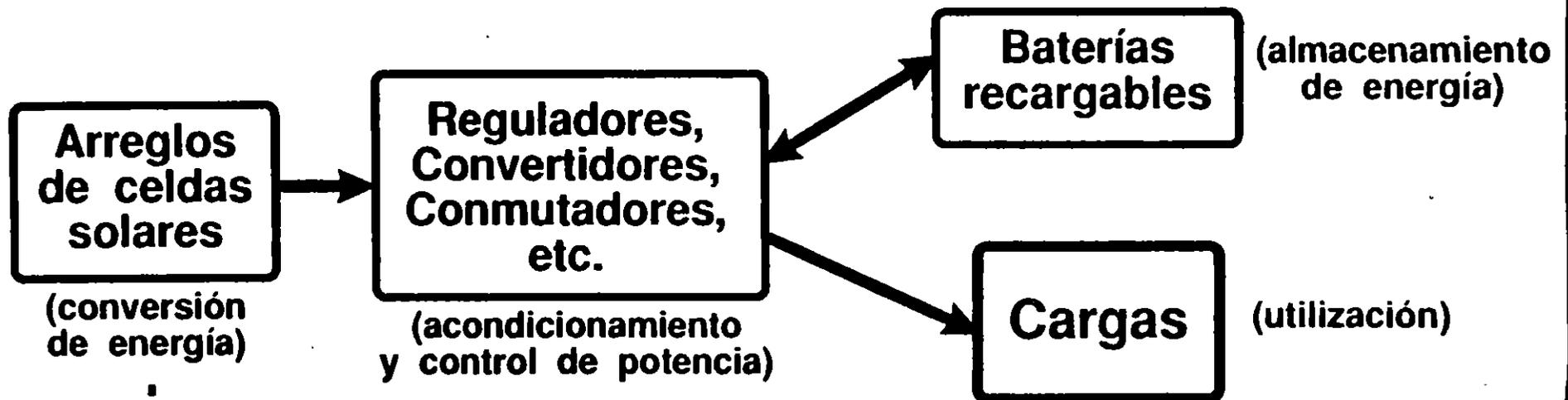
The final price for two Hughes HS 601 model satellites, associated ground equipment and training is \$183.47 million. The spacecraft are to have 12- to 14-year service lives. The contract calls for the first spacecraft to be delivered in 28 months, and the second three months later. Launch could be as early as November 1993 to avoid disruption of service, because the existing Mexican satellites, called Morelos and also built by Hughes, will reach the end of their 9-year service lives in early 1994.

Like Morelos, the Solidaridad satellites will be built by Hughes' Space and Communications Group in Los Angeles. The new, more powerful satellites will have 18 C-band transponders and 16 in Ku-band for voice, data and facsimile transmission and television broadcasting. In addition, they will have L-band capability for mobile telecommunications and rural telephone service.

The coverage area is all of Mexico and parts of the southern United States, with spot beams for Chicago, New York and Washington, D.C., plus Santiago, Chile, and Buenos Aires. Solidaridad also will provide coverage in the Caribbean and Central and South America, particularly Colombia, Venezuela, Ecuador and Peru.

###

CONFIGURACION BASICA DEL SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA DE UN SATELITE



- requerimientos típicos:
de 500 a 2,000 W

- Radiación solar
aprox: 1,350 W/ m²
- Eficiencia de una
celda solar: de 10 a 15%

SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA

- Celdas solares

- Silicio | - convencional
- eficiencia: aprox. 12%

Morelos y Solidaridad

- Arseniuro de Galio (Ga As)

- estado del arte
- mayor eficiencia (aprox. 16%)
- mayor masa / quebradiza.

- Baterías

- Níquel-Cadmio (Ni Cd)

- convencionales
- pesadas

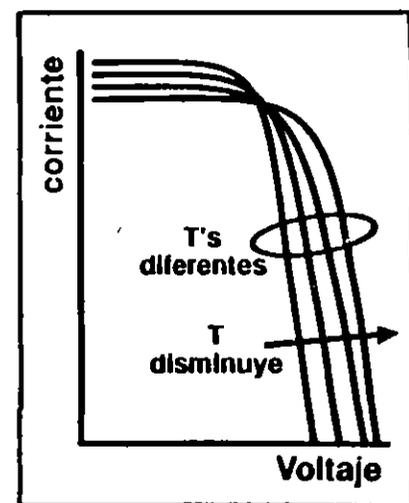
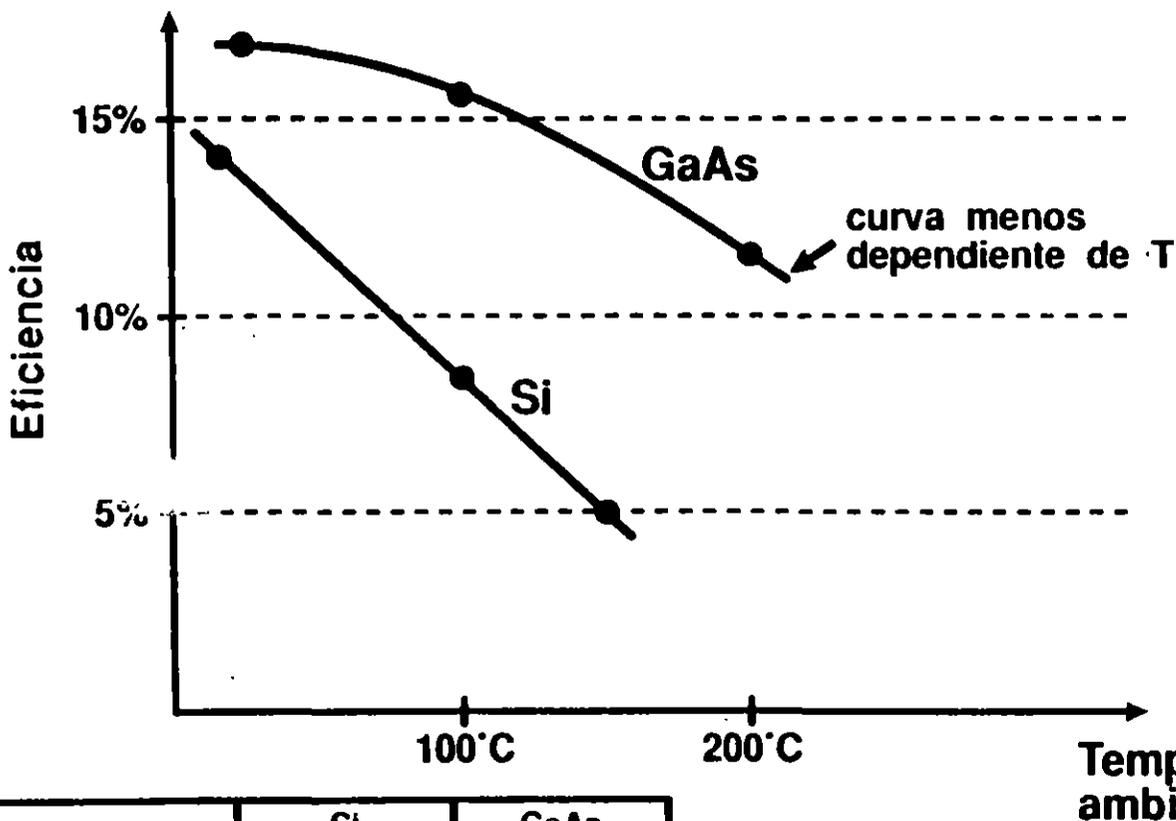
Morelos

- Níquel-Hidrógeno (NiH₂)

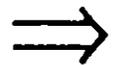
- estado del arte
- doble eficiencia por kg.

Solidaridad

EFICIENCIA DE LAS CELDAS SOLARES

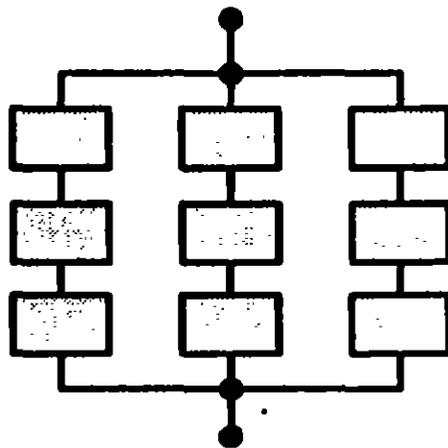


	Si	GaAs
voltaje de circuito abierto	≈ 0.6 V	≈ 1V
corriente de circuito cerrado	≈ 140 mA	≈ 100 mA

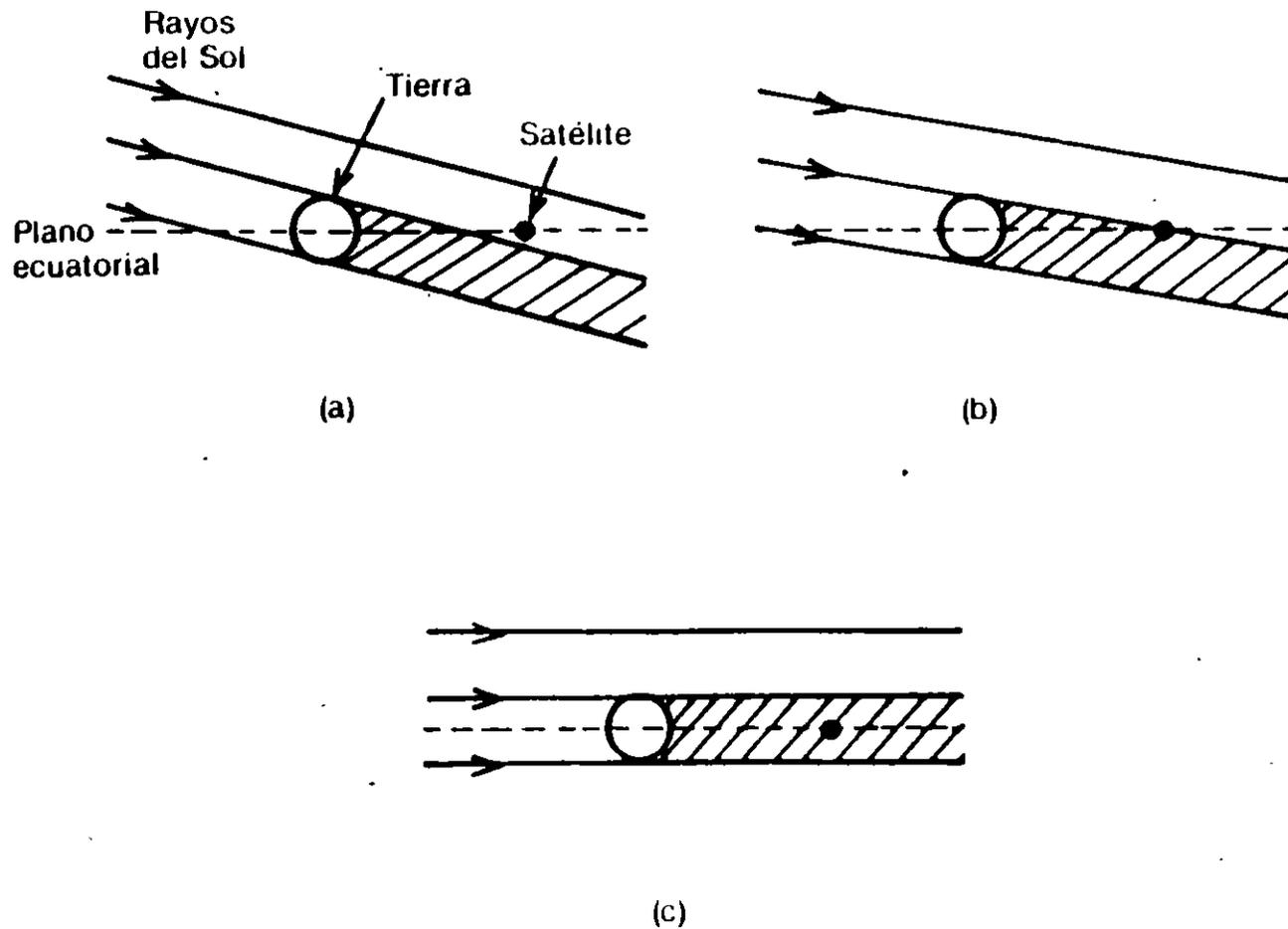


Para un determinado voltaje se requieren menos celdas de GaAs en serie

Ejemplo de una conexión de celdas solares en serie y paralelo

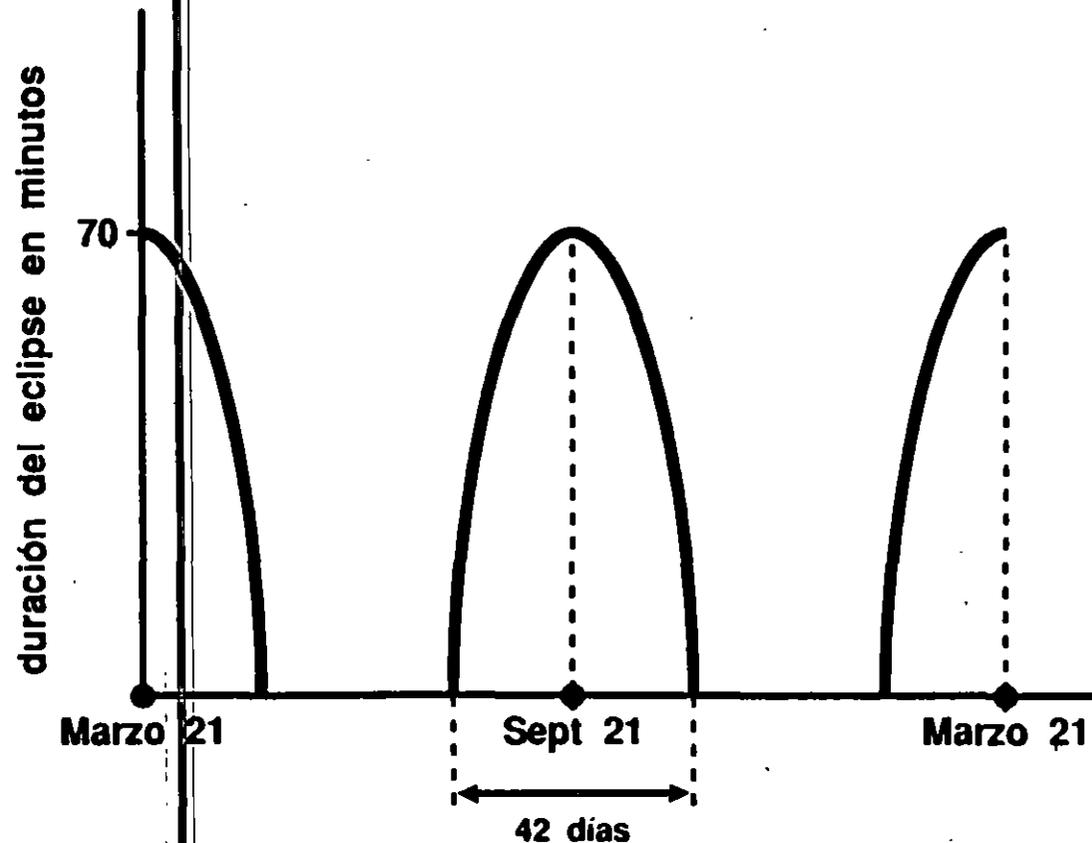


	Montaje cilíndrico	Arreglos desplegados
Control de temperatura	fácil	menos fácil
"Ventanas" libres en la estructura del satélite	difícil	fácil
Area iluminada	aprox. 35%	toda
Potencia obtenible	limitada	ilimitada
Peso por unidad de potencia	≈3 veces más	1
Costo por unidad de potencia	≈3 veces más	1



Posición relativa de un satélite con respecto a la Tierra y los rayos del Sol (a) varias semanas antes de un eclipse de Tierra (el satélite siempre está iluminado) (b) durante el primer eclipse de Tierra, 21 días antes de un equinoccio (el satélite de estar iluminado, pero durante poco tiempo) (c) durante un equinoccio (el eclipse tiene duración máxima).

DURACION DE LOS ECLIPSES



El ciclo de carga/descarga de las baterías es de aprox. 85 por año.
Este ciclo aumenta a aprox. 90 por año si se consideran los eclipses de luna (de cero a 4 por año, con duración máxima de 40 min.).

SISTEMA DE CONTROL TERMICO

Función: Mantener el equilibrio térmico entre el calor generado internamente y la energía absorbida del Sol y la Tierra.

- Sol en línea de vista
- Eclipses

Métodos:

- Radiación
- Conducción Interna, en menor grado

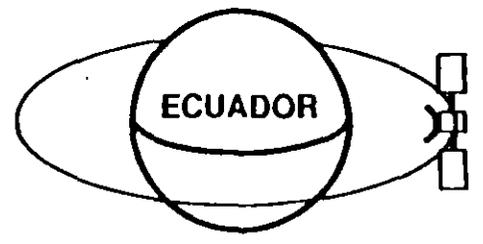
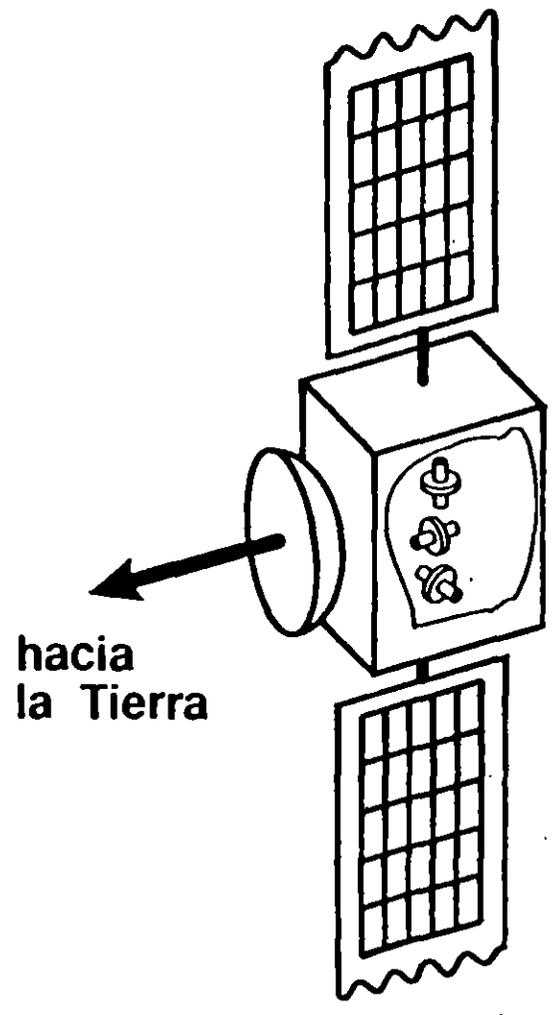
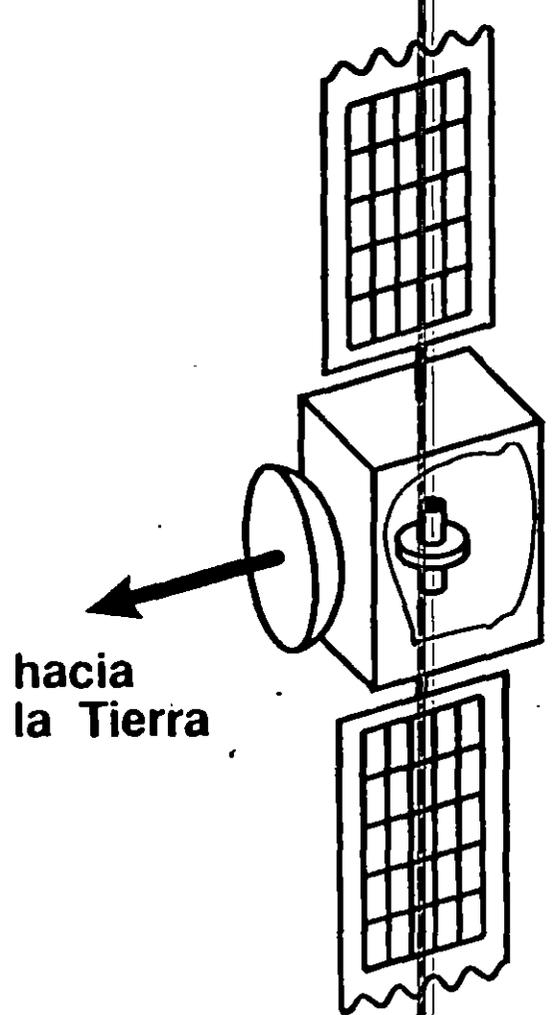
Dispositivos y materiales:

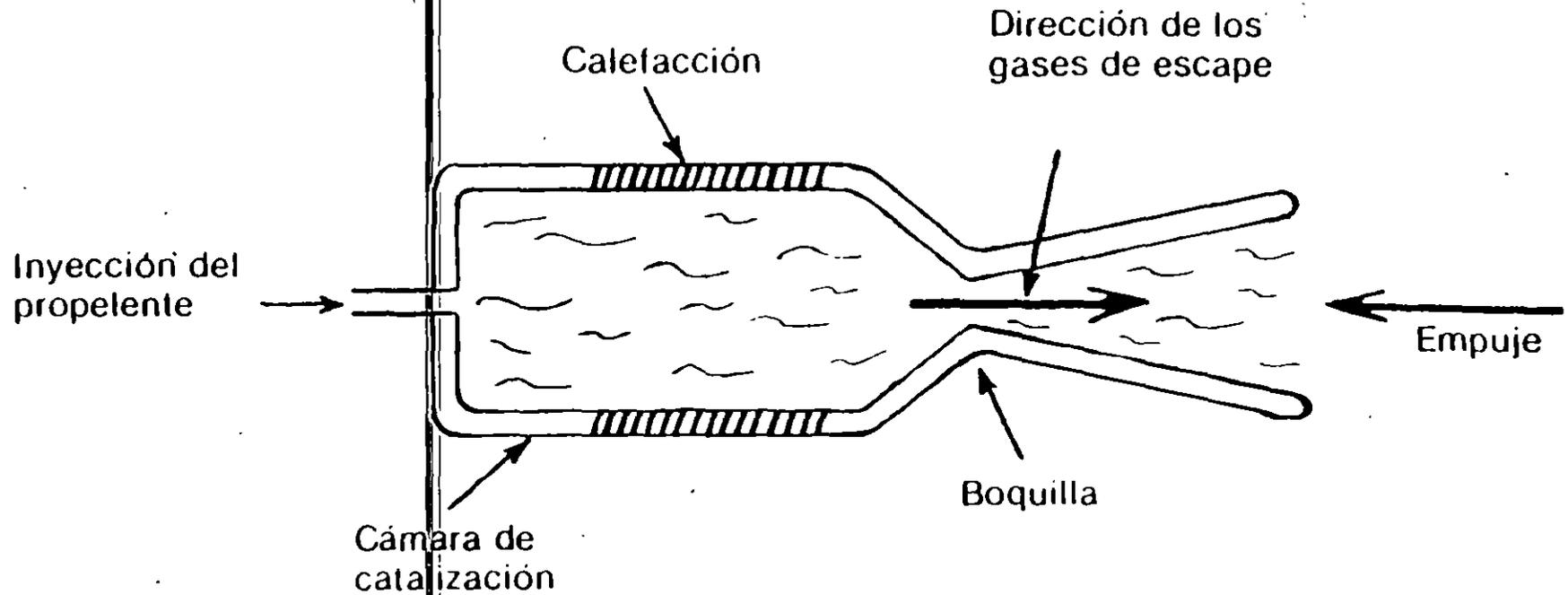
- Espejos de cuarzo
- Plásticos aislantes (kapton, Mylar y Kevlar)
- Pinturas de diversos colores (según su emitancia y absorbencia)
- Calefactores para casos de eclipse
- Caloductos (evaporación y condensación de fluidos/calor de los amplificadores de potencia)

SISTEMA DE POSICION Y ORIENTACION

- Estabilización por giro**
- Estabilización triaxial (volantes giratorios)**
- Medición del rango / señal piloto Tierra-satélite-Tierra / Diferencia en fase, Tx y Rx \Rightarrow distancia**
- Medición del ángulo en el arco geoestacionario:**
 - Interferometría / comparación de señales piloto recibidas por estaciones separadas**
 - Técnica de máxima recepción / movimientos escalonados de la antena terrestre hasta obtener máxima recepción**
- Medición de la orientación:**
 - Sensores de Sol / elementos fotovoltaicos/ la magnitud de la corriente eléctrica es función de la dirección de los rayos del Sol**
 - Sensores de Tierra / bolómetros o termopilas que detectan el calor (radiación Infrarroja) emitido por la Tierra**
 - Sensores de radiofrecuencia (Intelsat VI)**

ESTABILIZACION TRIAXIAL





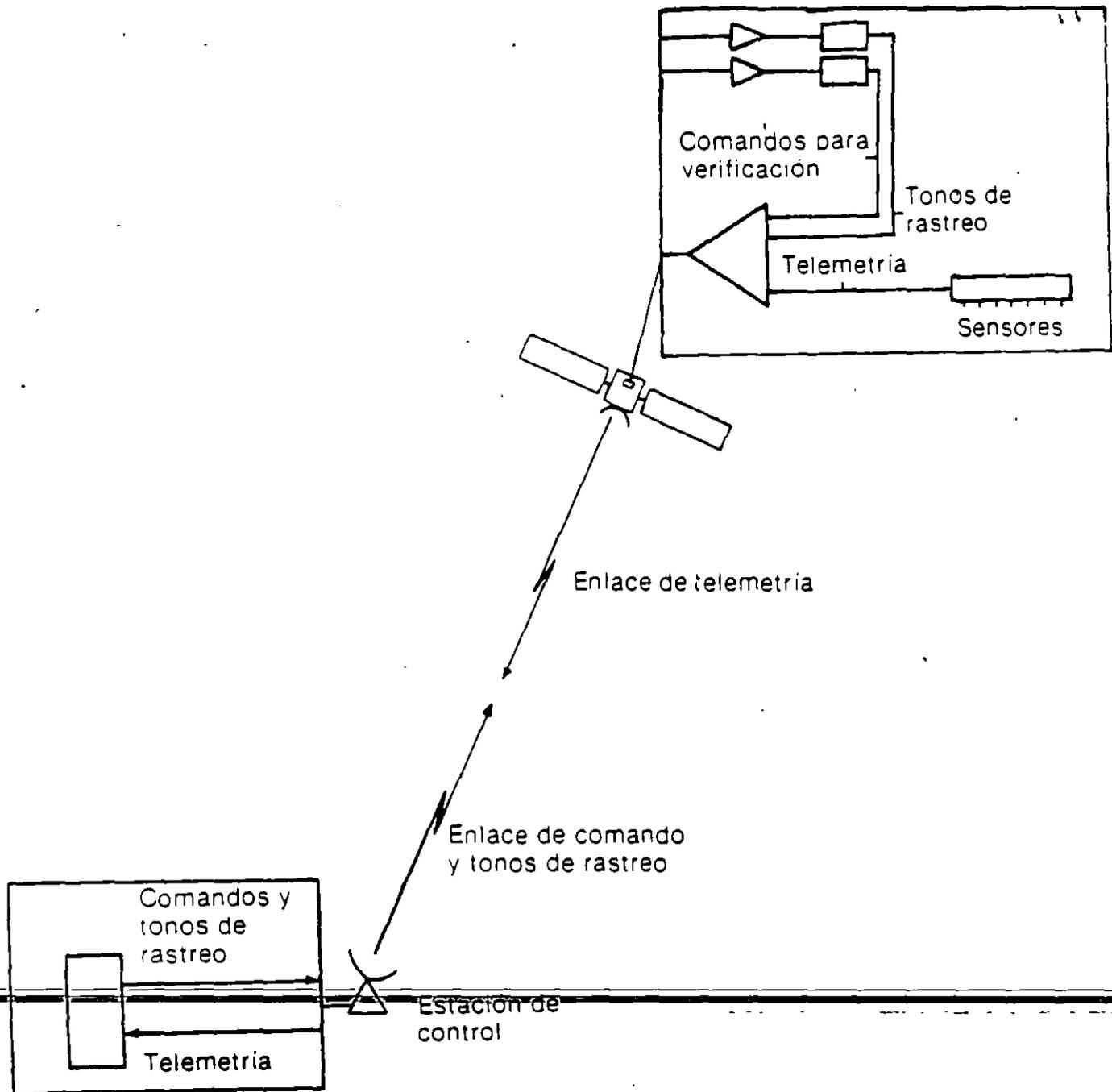
Cámara de catalización y boquilla de escape de un propulsor mono-propelente.

ESTABILIZACION	No. TIPICO DE PROPULSORES	COLOCACION
GIRO	4	2 RADIALES / 2 AXIALES
TRIAXIAL	12	4 NORTE / 4 SUR 2 ESTE / 2 OESTE

RASTREO, TELEMETRIA Y COMANDO

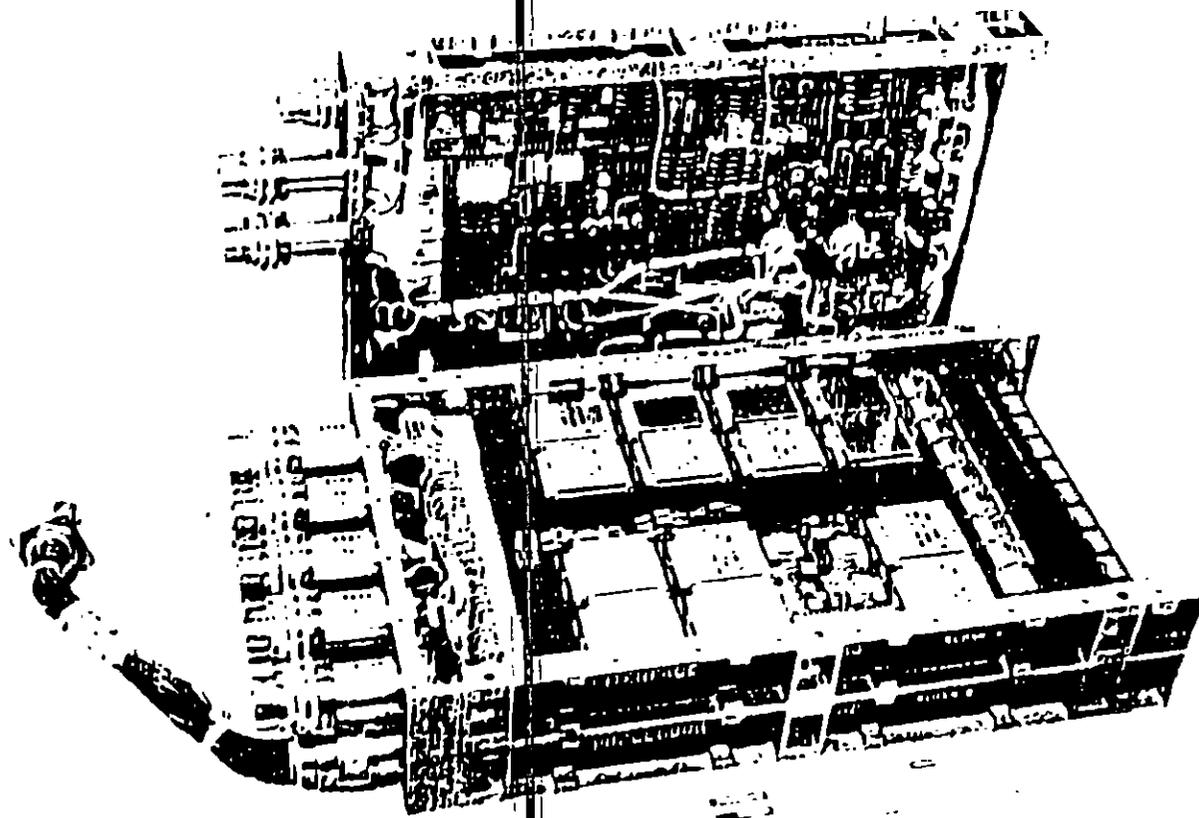
"TTAC" (Tracking, Telemetry and Command)

- Permite conocer la operación y posición del satélite / y enviar órdenes**
- Enlace estación TTAC-Satélite** {
 - omni - órbita de transferencia**
 - plato - en operación**
- Determinación de la posición del satélite:**
 - distancia TTAC - satélite / medición del retraso de una señal de referencia, en la trayectoria Tierra-satélite-Tierra / precisión de aprox. 100 m. / normalmente se emplean 6 o 7 tonos de varios kHz modulados en fase.**
 - dirección TTAC - satélite / a partir de ángulos de elevación y azimut de la TTAC para recibir señal máxima**
- Sensores en cientos de puntos de prueba (temperatura, presión, corriente, posición de interruptores, etc.) / Tx PCM entre 200 y 1000 b/seg**
- ⇒ Comandos (atenuadores, propulsores, conmutaciones de amplificadores, etc.)**
- Entrada doble: comando + ejecución / protección, verificación**



El subsistema de rastreo, telemetría y comando permite conocer y controlar la operación, posición y orientación del satélite.

Solidaridad: Autonomía relativa de funcionamiento



**Procesador
para el control
del satélite.**

SISTEMA ESTRUCTURAL

- Armazón rígido, resistente, ligero**
- Soportar fuerzas y aceleraciones / despegue y operación en órbita**
- Soportar cambios térmicos, impactos, radiaciones, etc.**
- Aluminio, magnesio, titanio, berilio, acero, grafito**
- Plásticos reforzados con fibras de carbono / panel de abeja (honeycomb) de aluminio**
- Masa entre 10 y 20% del total del satélite**



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL EN TELECOMUNICACIONES

MODULO 2: TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE

TEMA: ESTACIONES TERRENAS / RF

ING. SALVADOR LANDEROS AYALA

Estaciones terrenas / RF

ESTACIONES TERRENAS

- Servicio Fijo**
- Servicio Móvil**
- Portátiles (estaciones móviles)**

- G/T; figura de mérito**
- Tráfico / Planeación / Adquisición / Instalación**
- Servicio, capacidad, crecimiento, proveedores, tecnología, condiciones ambientales, confiabilidad, supervisión y mantenimiento:
⇒ características de la estación**

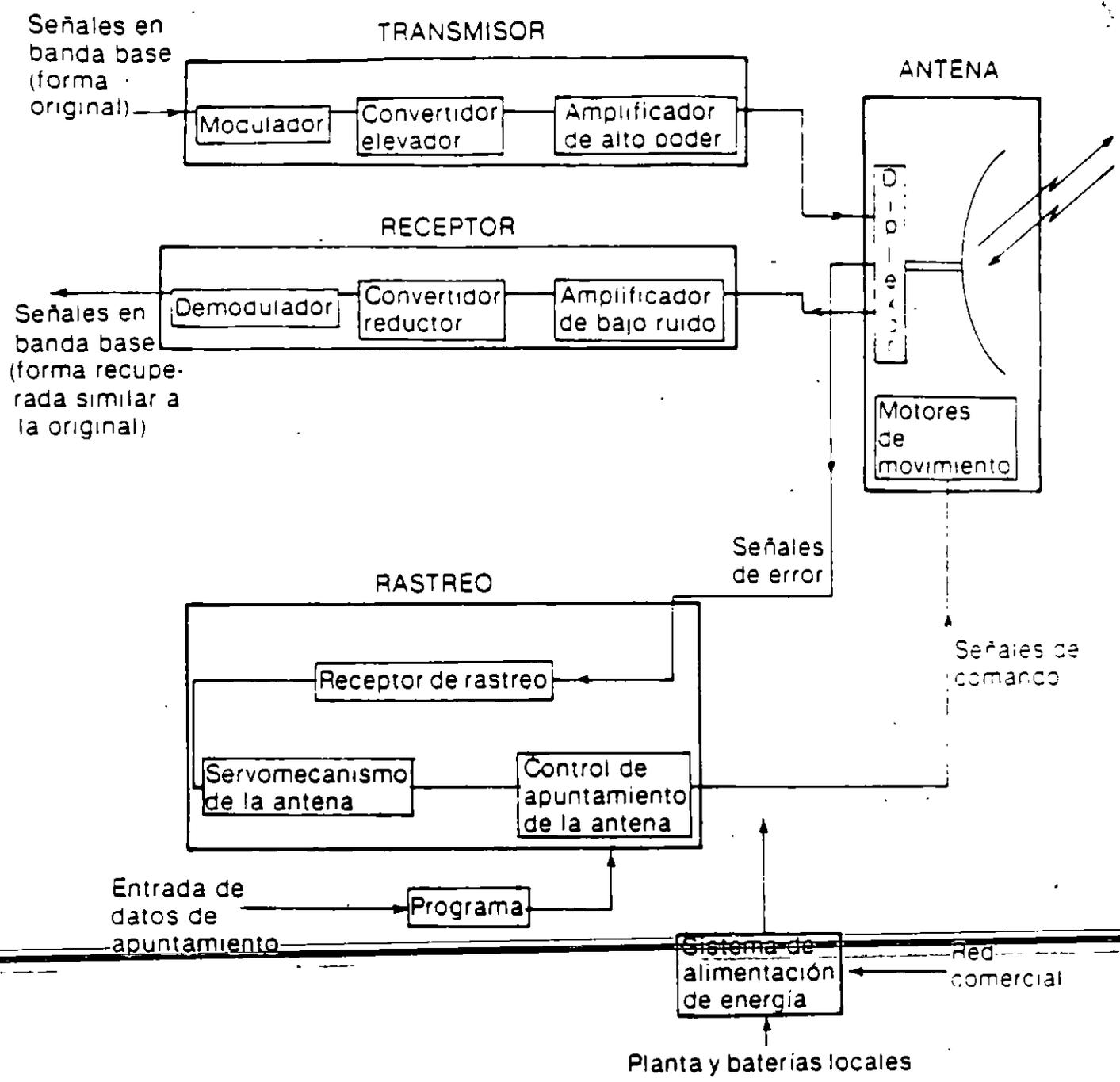
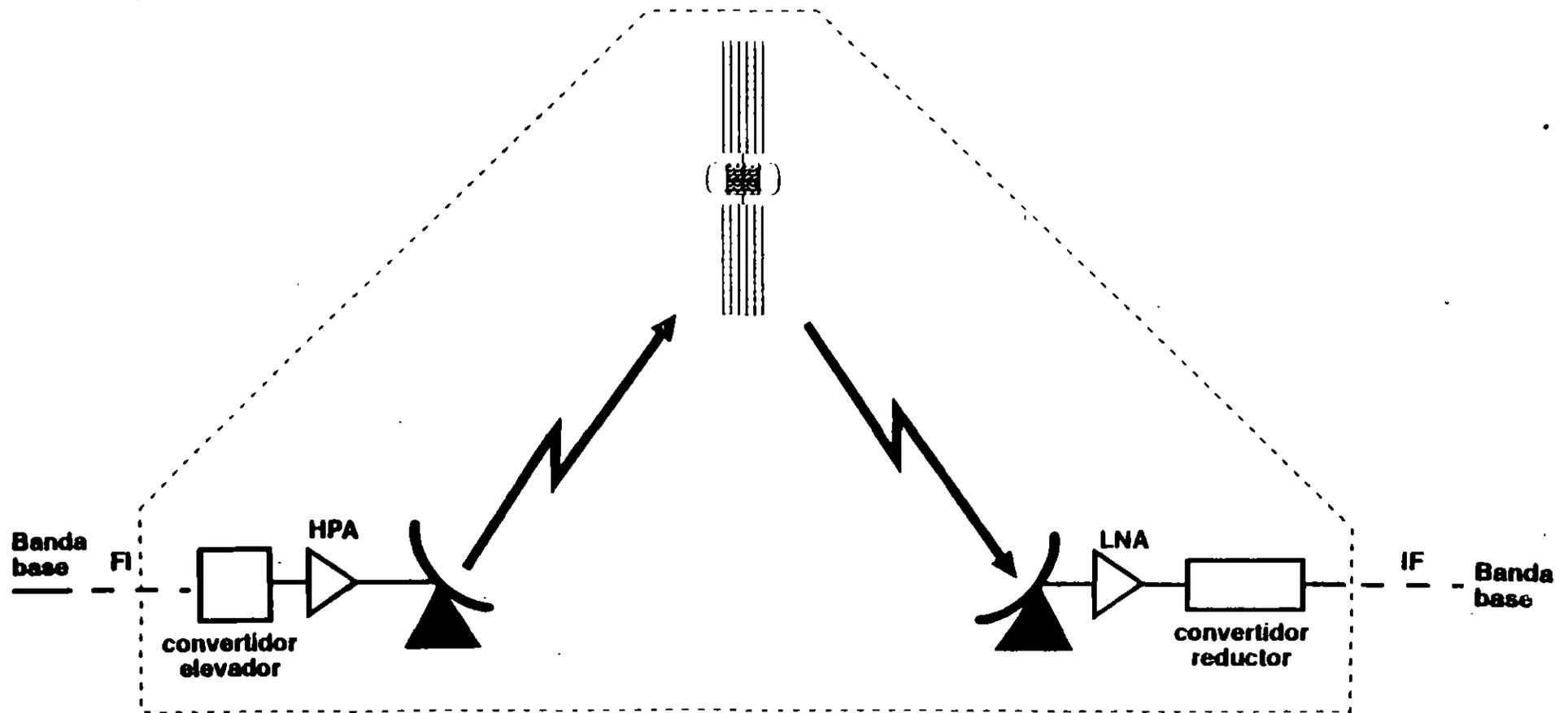
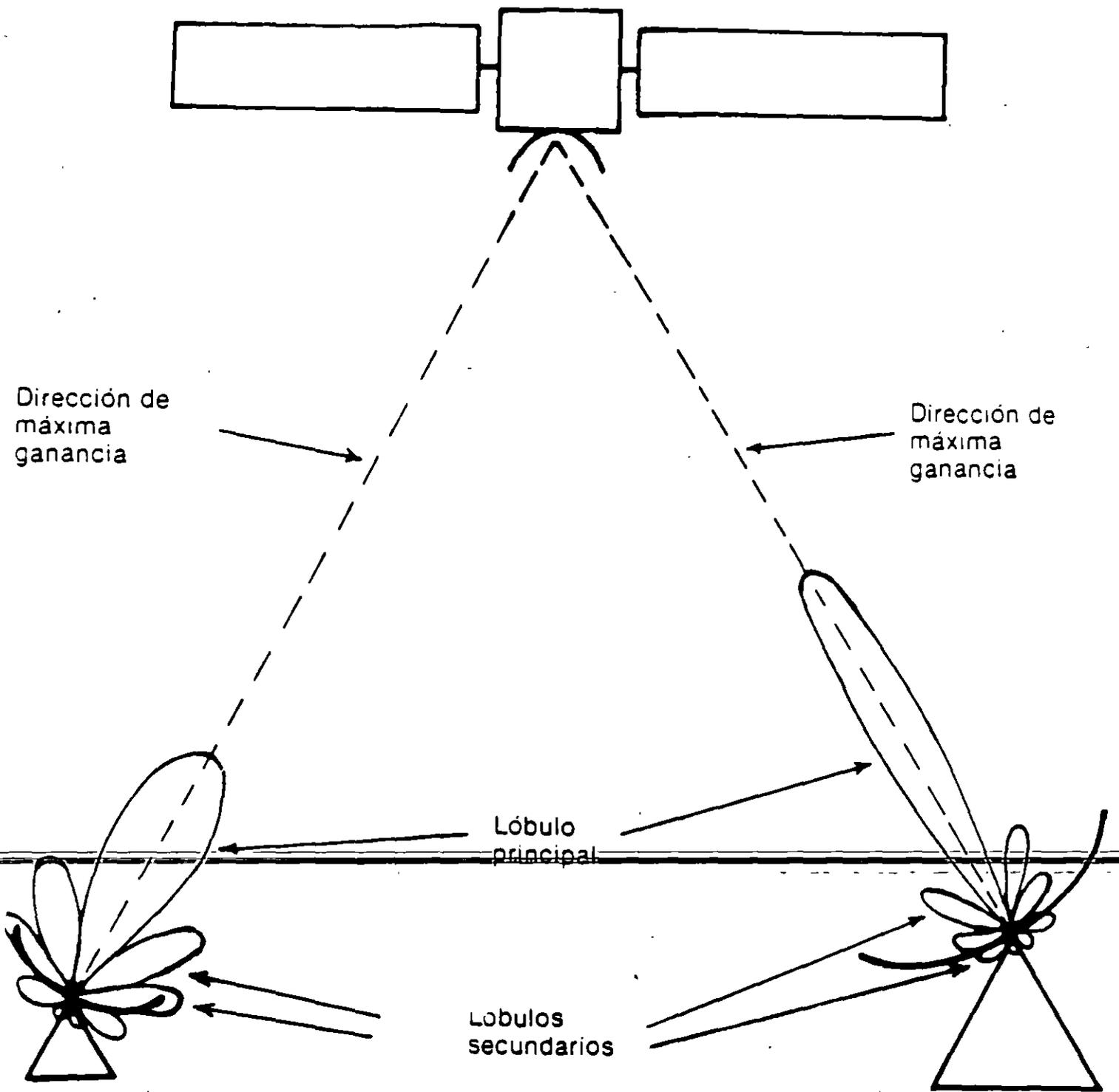


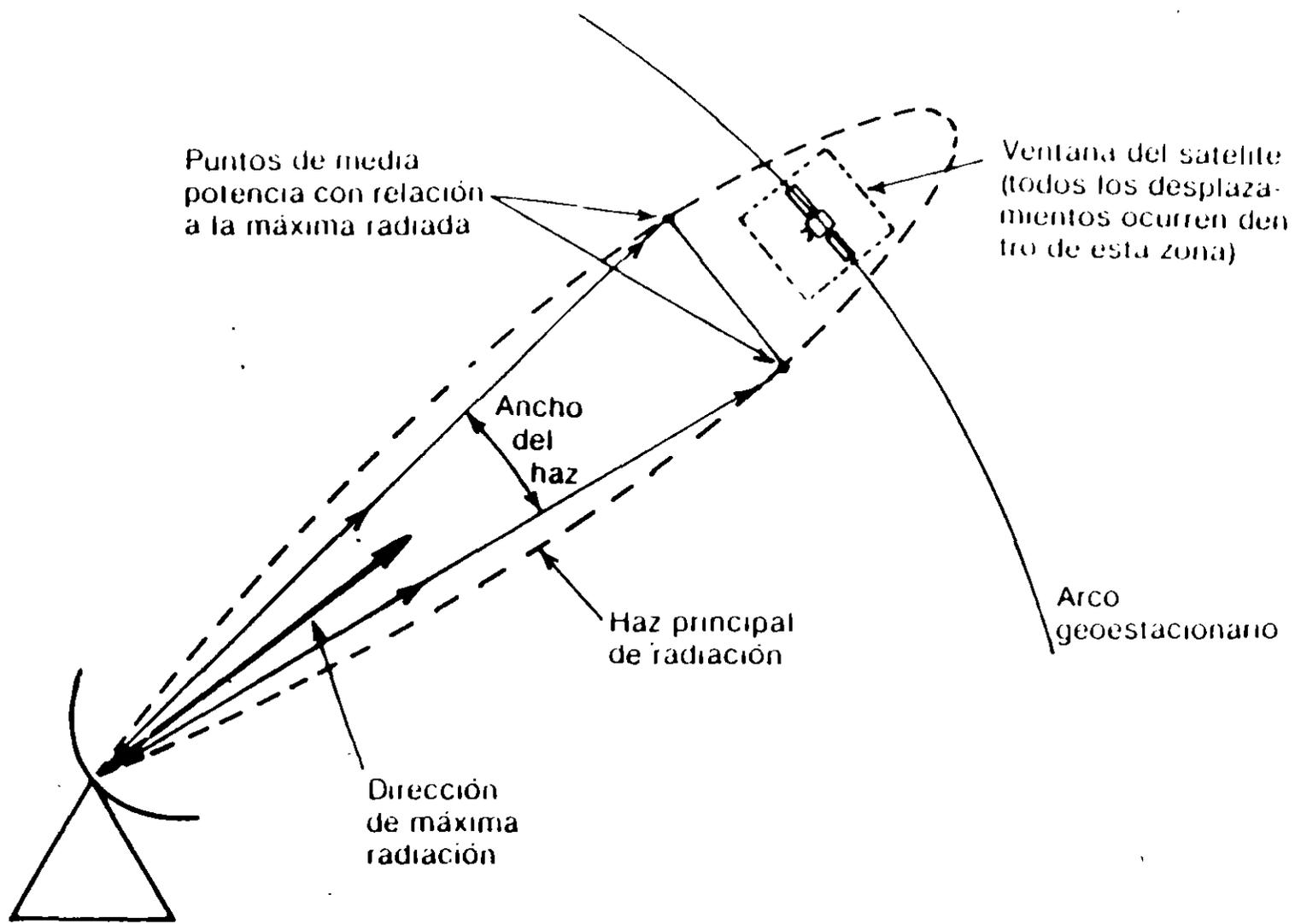
Diagrama de bloques generalizado de una estación terrena.

CADENA DE RF

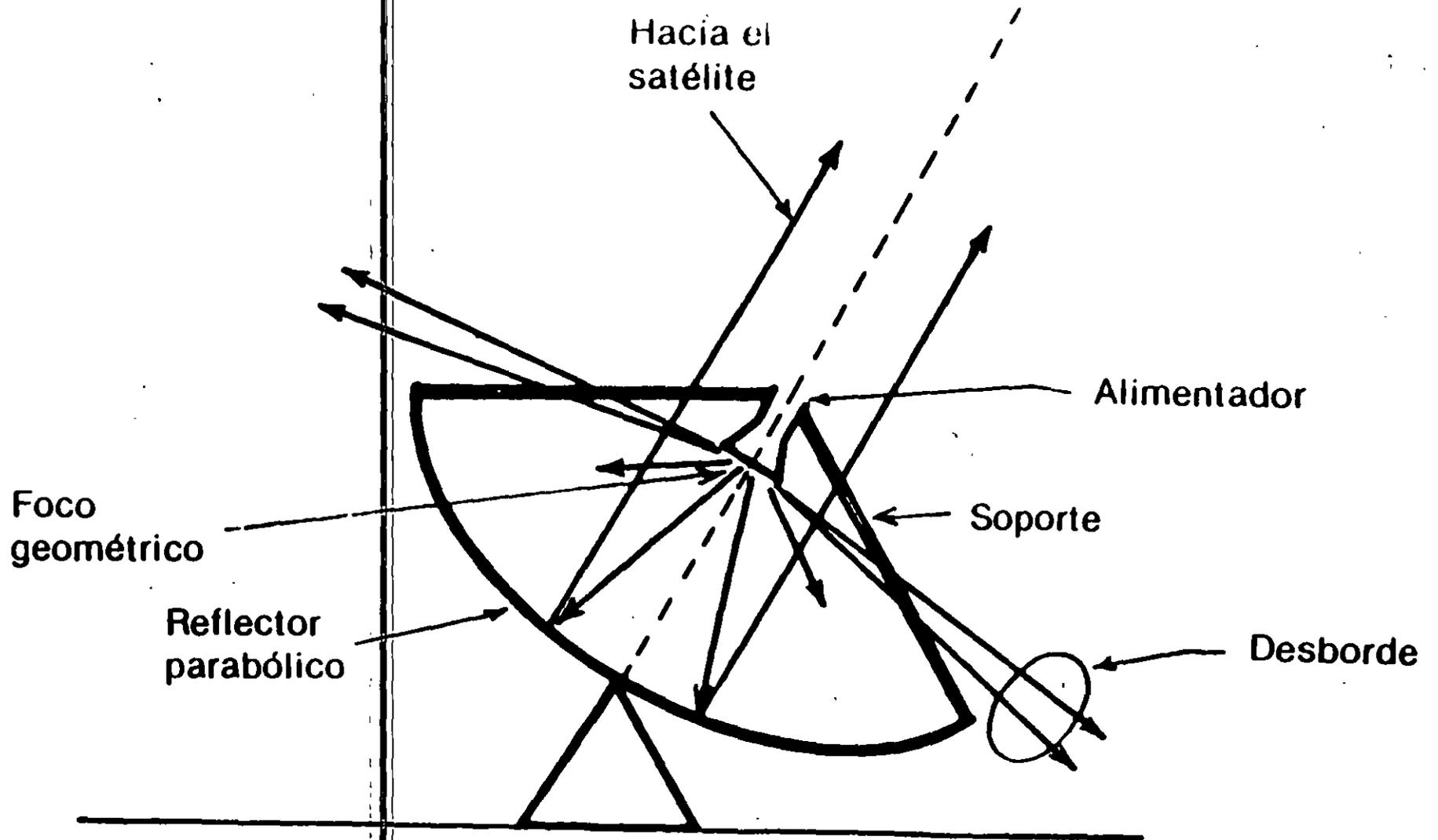




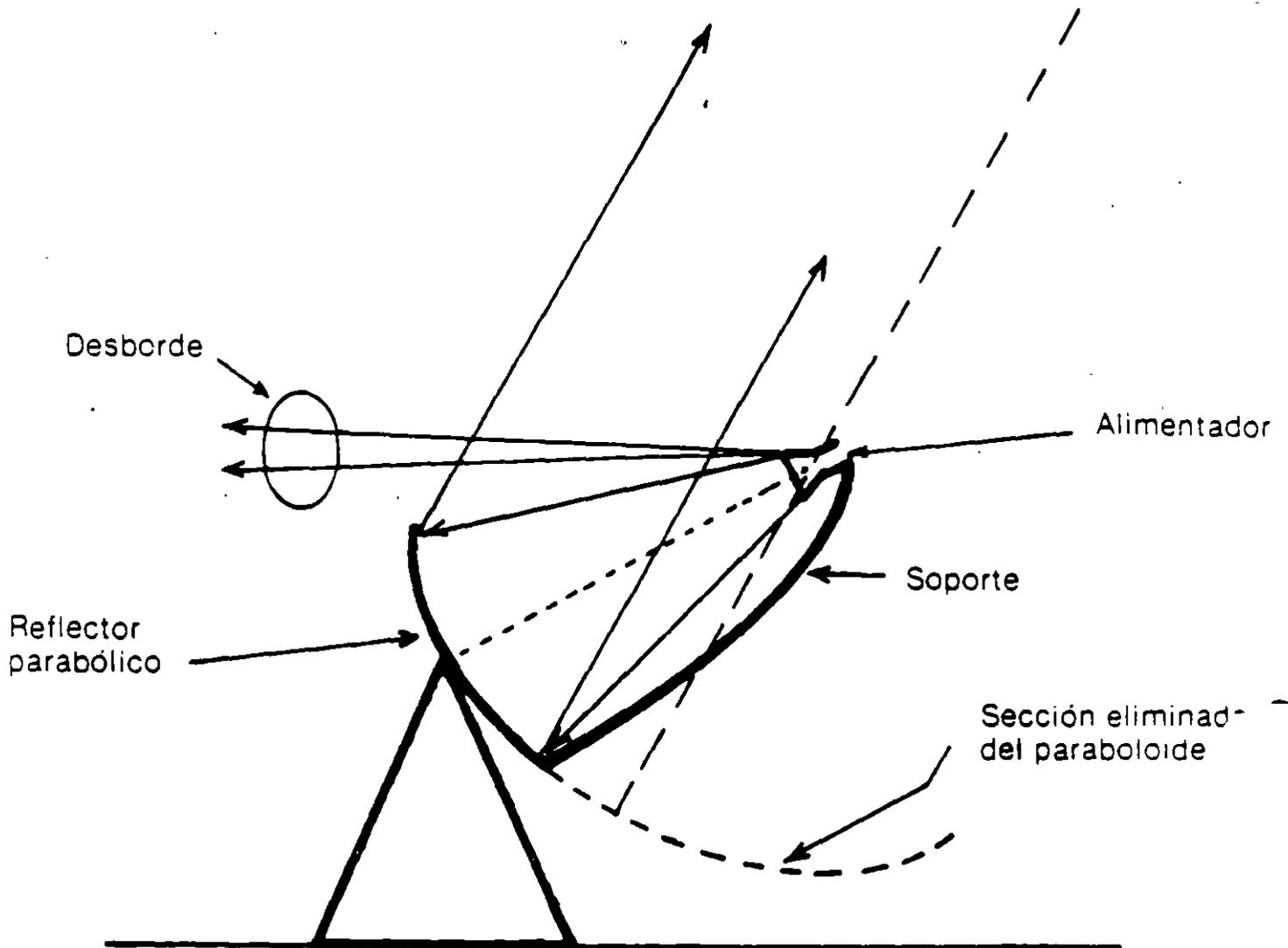
Patrón de radiación de la antena parabólica de dos estaciones terrenas, una pequeña y una grande.



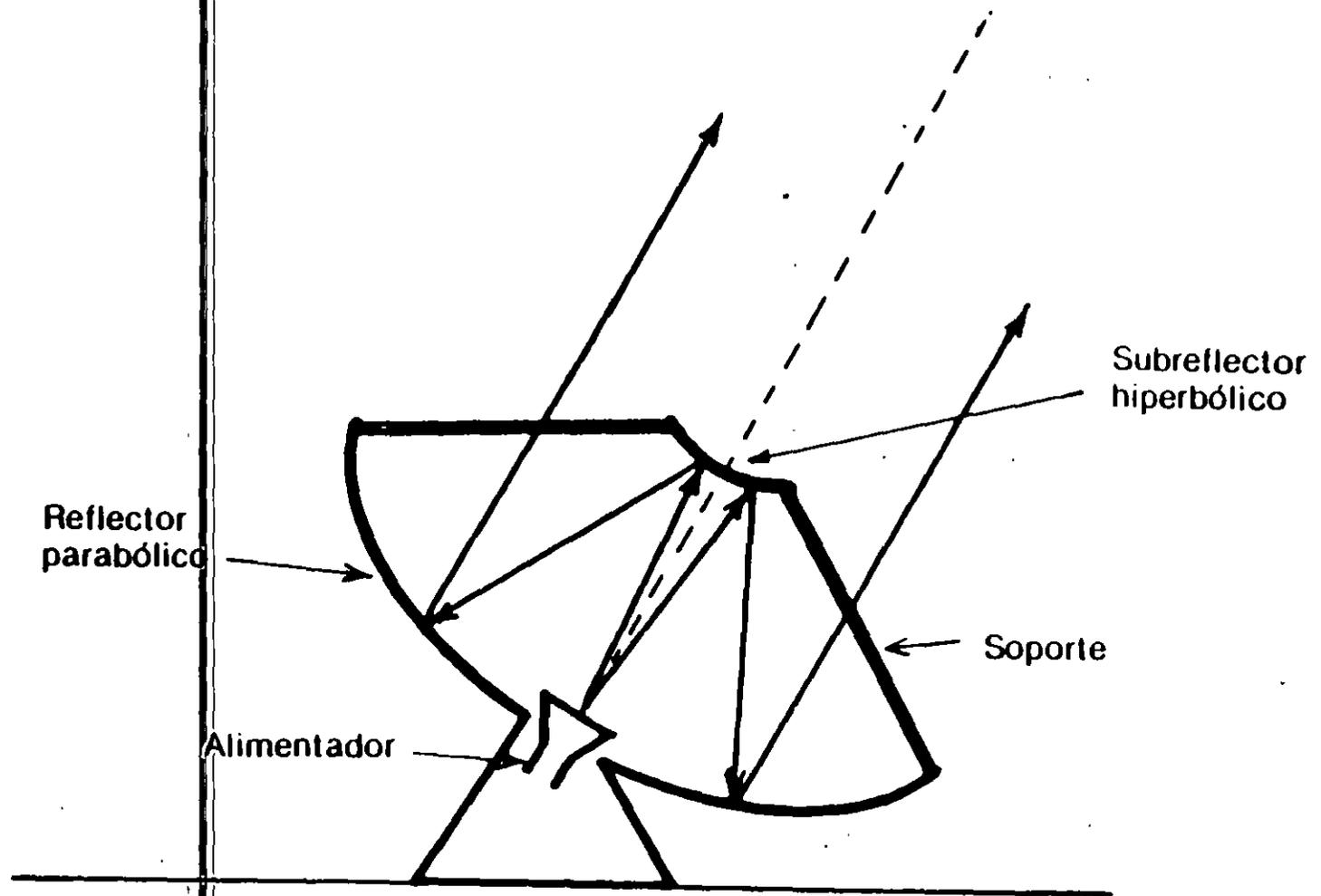
Cuando el ancho del haz de la antena es más grande que la ventana del satélite no se necesita sistema de rastreo.



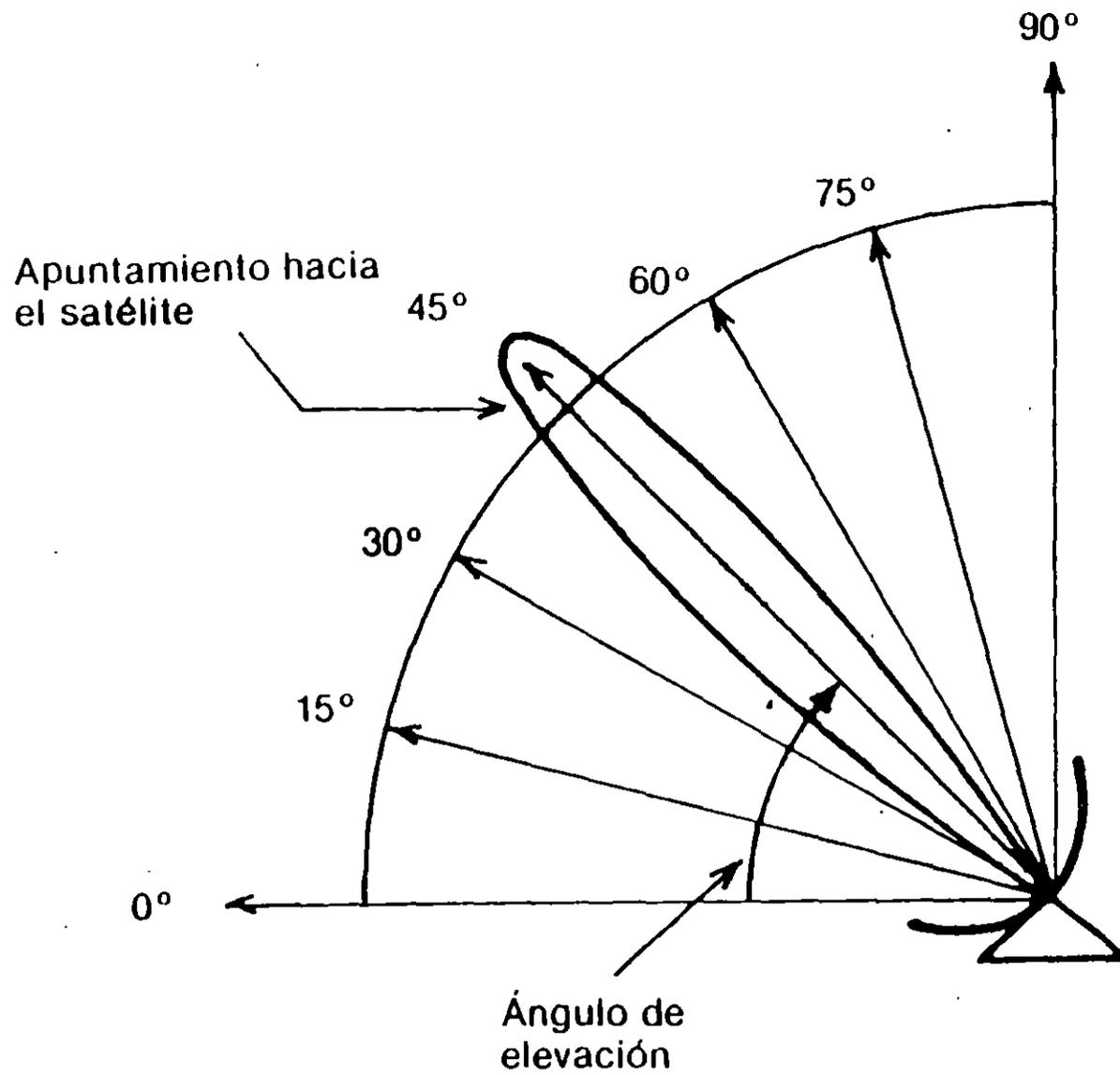
Antena parabólica con alimentación frontal (modo de transmisión).



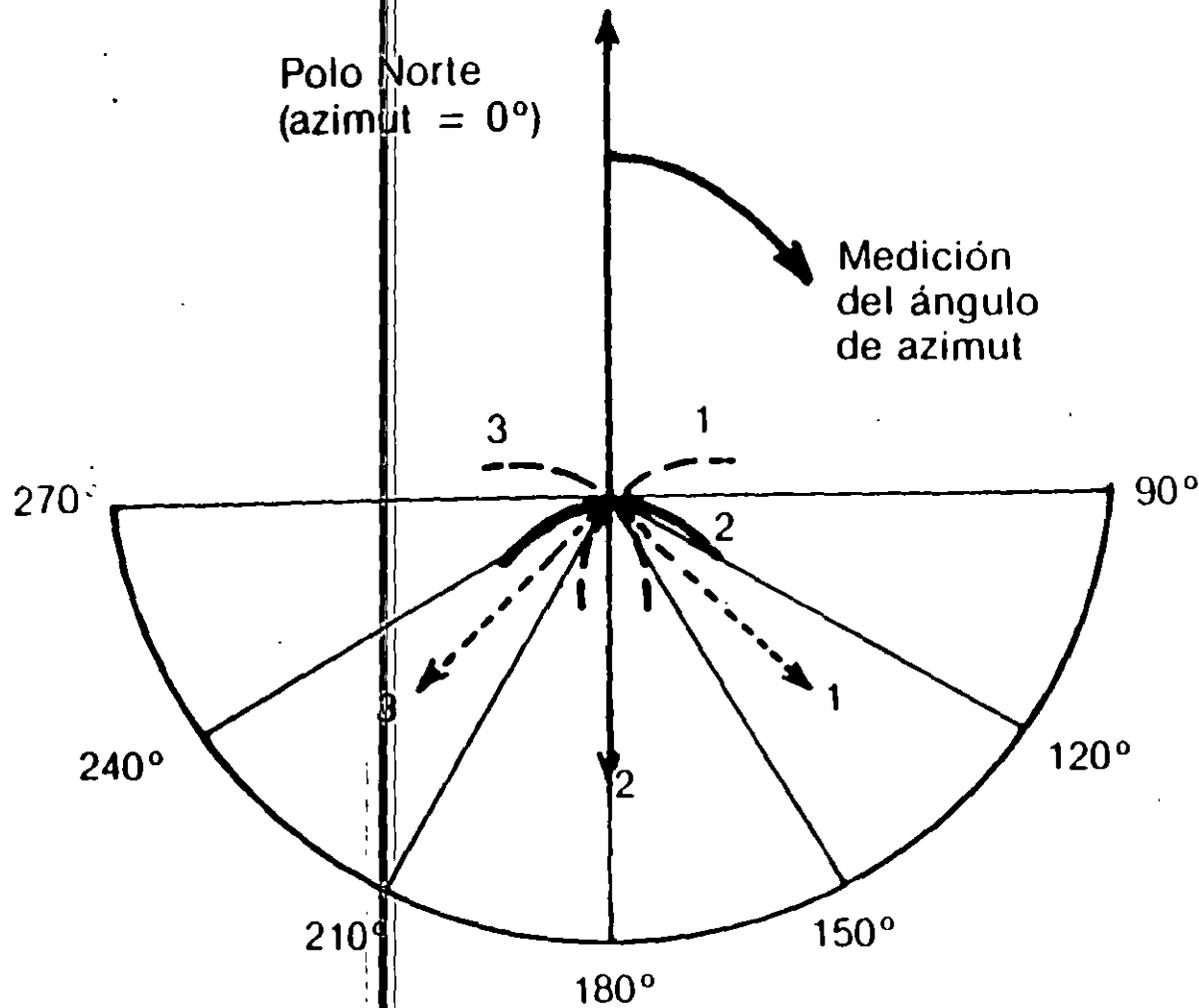
Antena parabólica con alimentación descentrada (modo de transmisión). Con esta configuración se elimina el bloqueo del alimentador, del equipo electrónico y de la estructura de soporte.



Antena Cassegrain con alimentación frontal (modo de transmisión).

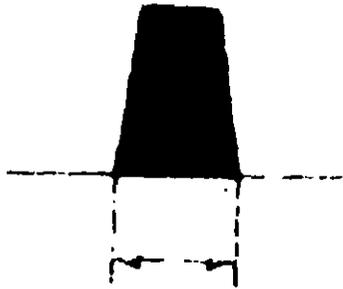


Definición del ángulo de elevación de la antena de una estación terrena.



Definición del ángulo de azimut de la antena de una estación terrena. Como ejemplo, se muestran tres orientaciones distintas del plato parabólico; las flechas indican la dirección de máxima radiación para cada caso.

Klitrón



40 MHz

Tubo de ondas progresivas



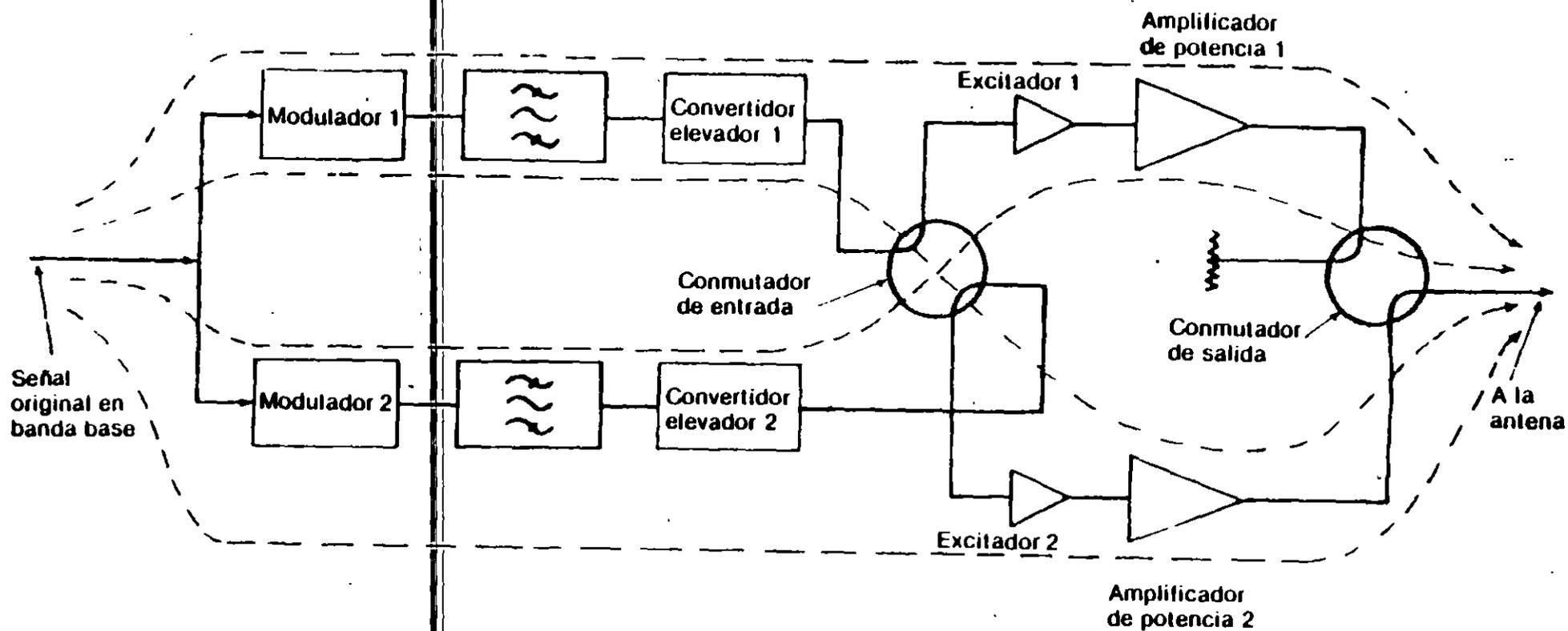
500 MHz

Ancho de banda de frecuencias de los amplificadores de alta potencia. Un tubo de ondas progresivas equivale, en frecuencia, a tener doce klitrónes sintonizados a diferentes frecuencias centrales (ejemplo usual para transmisiones en la banda C.)

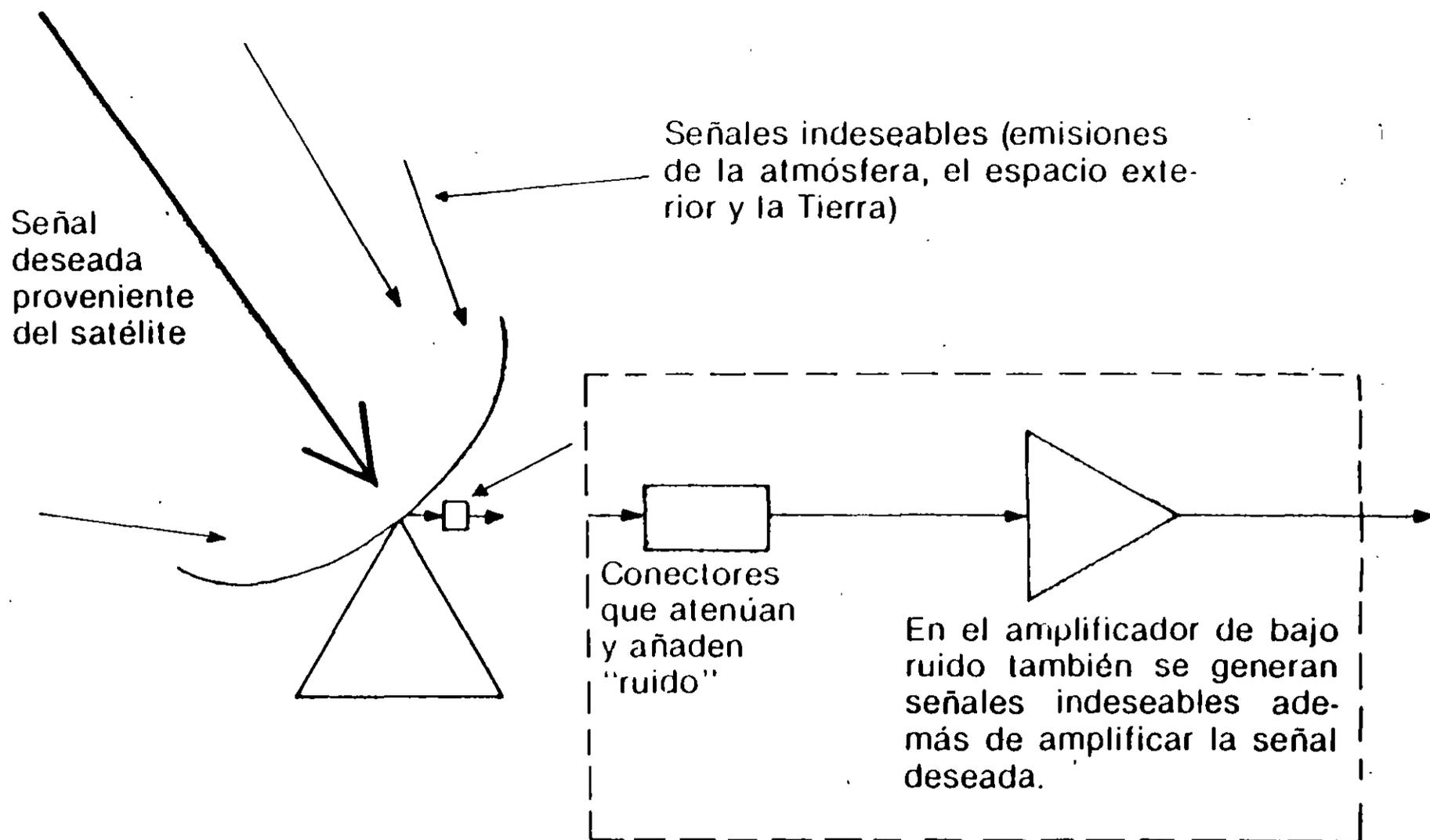
Principales características usuales de los amplificadores de potencia disponibles en el mercado*

	Banda C (5.925 - 6.245 GHz)		Banda Ku (14 - 14.5 GHz)	
	Ancho de banda (MHz)	Potencia de salida (watts)	Ancho de banda (MHz)	Potencia de salida (watts)
Tubo de ondas progresivas (TOP)	500	50-10 000	500	50-3000
Klistrón	40/80	400-5000	100	1500-2000
Estado sólido (FET)	500	5-50	500	1-6

* Puede haber algunas variantes, dependiendo del fabricante.



Cadena redundante de transmisión (1 + 1) de una señal. Puede haber cuatro trayectorias distintas de transmisión (líneas punteadas), previendo la posibilidad de que alguno de los equipos falle.



La temperatura total de ruido del sistema de recepción es la suma de las contribuciones de varias fuentes indeseables. En el caso de la antena, la intensidad de las señales indeseables (representadas por medio de una temperatura de ruido equivalente de la antena) depende de la inclinación que tenga el plato parabólico y de la frecuencia a la que esté funcionando.

AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO

- Señal de llegada muy débil**
- Baja temperatura de ruido, T**
- Ganancia alta, G. / Típicamente, 40-60 dB**

Amplificadores de bajo ruido disponibles en el mercado

	Tipo	Forma de refrigeración	Temperatura de ruido típica (° K)
Banda C (3.7-4.2 GHz)	Paramétrico	Criogénica	15
	Paramétrico	Termoeléctrica	35-40
	Paramétrico	Compensación de Temperatura	50-60
	FET	Termoeléctrica	45-60
	FET	Compensación de Temperatura	75
Banda Ku (11.7-12.2 GHz)	Paramétrico	Criogénica	20
	Paramétrico	Termoeléctrica	80-100
	Paramétrico	Compensación de Temperatura	100-150
	FET	Termoeléctrica	90-140
	FET	Compensación de Temperatura	200-250

DIAMETROS MINIMOS DE ANTENAS DE RECEPCION SISTEMA DE SATELITES SOLIDARIDAD

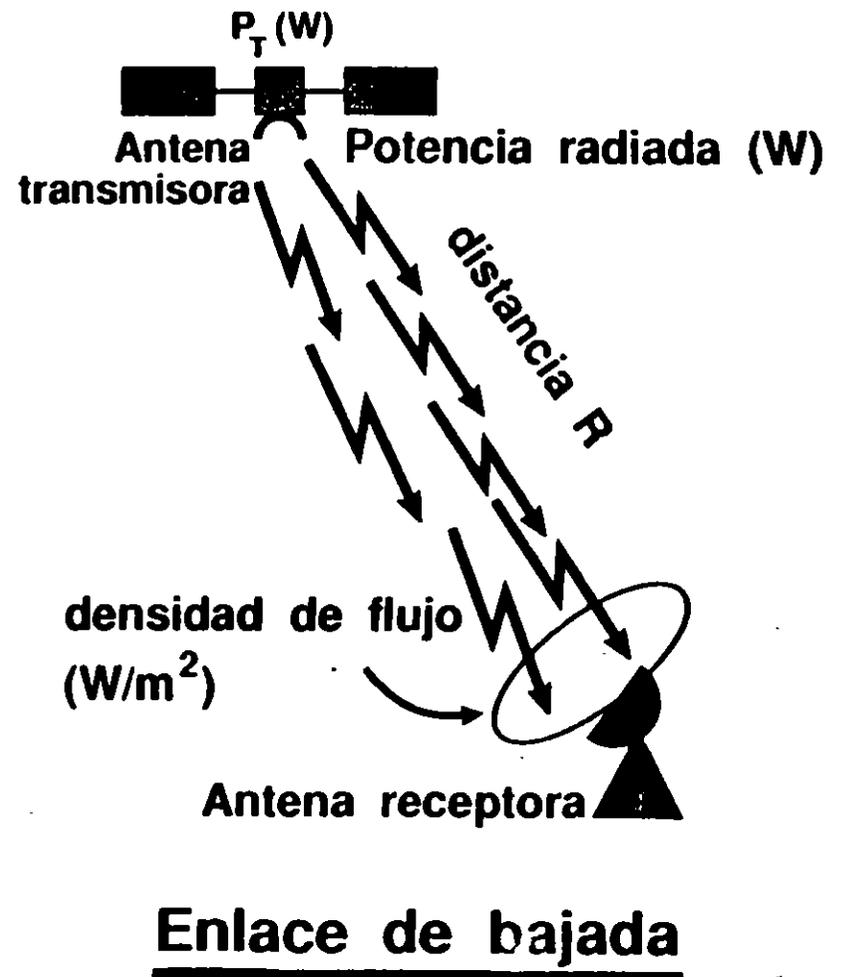
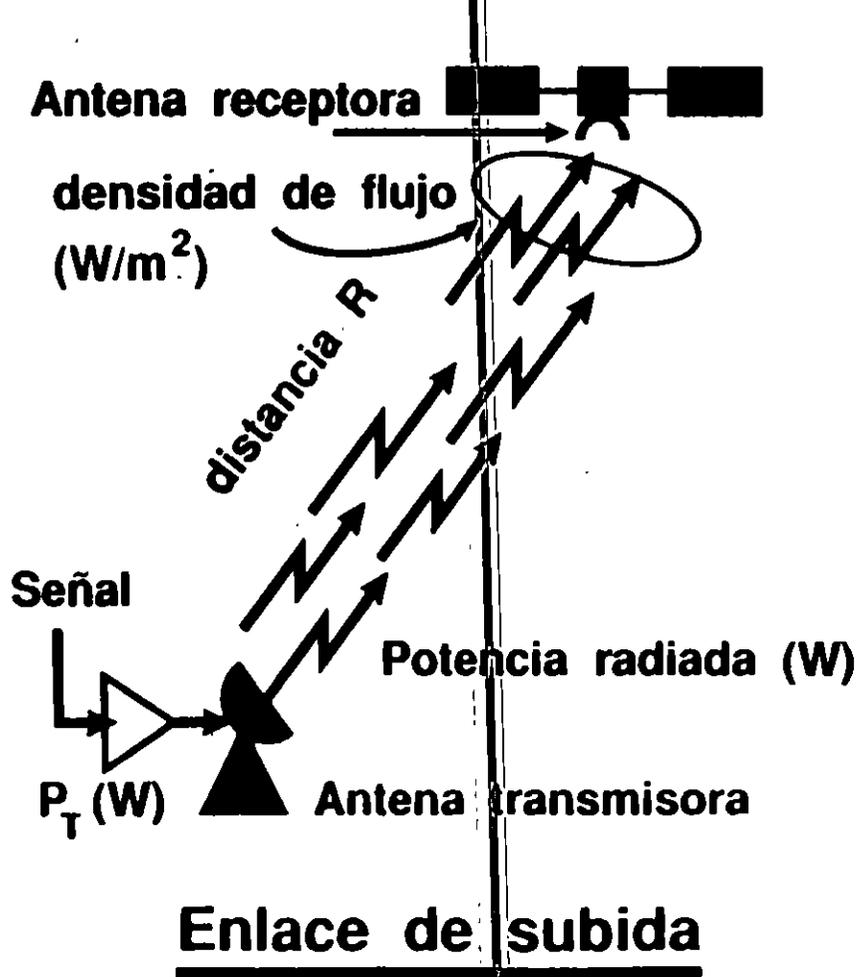
SERVICIO REGION	TELEVISION	SCPC 64 KBPS *	2MBPS *	90 MBPS *	TELEFONIA ANALOGICA	DATOS 9.6 KBPS
BANDA C R1	1.8	2.4	3.5	3.5	7	2.4
R2	1.8	2.4	3.5	3.5	7	2.4
R3	2.4	2.4	3.5	3.5	7	2.4
BANDA KU R4	1.2	1.2	2.4	2.4	NA	1.8
R5	1.2	1.2	2.4	2.4	NA	1.8
BANDA L R6	NA	NA	NA	NA	NA	0.8

* VOZ - DATOS

• LAS MEDIDAS DE LOS DIAMETROS DE LAS ANTENAS SON EN METROS

- **Modelo de un sistema de comunicación por satélite**
- **Niveles de potencia / RF**

CONCEPTO BASICO PRELIMINAR DE UN ENLACE



GANANCIAS DE POTENCIA

Antena transmisora de la estación terrena

Cálculo

$$G_{\max} = \eta \left(\frac{\pi \varnothing}{\lambda} \right)^2$$

Amplificador de potencia de la estación terrena

P = Dato del proveedor

Antena receptora del satélite

$$G_{\max} = \eta \left(\frac{\pi \varnothing}{\lambda} \right)^2 \text{ contornos}$$

Amplificador de bajo ruido del satélite

P = Dato del fabricante

Amplificador de potencia (transpondedor)

P = Dato del fabricante

Antena transmisora del satélite

$$G_{\max} = \eta \left(\frac{\pi \varnothing}{\lambda} \right)^2 \text{ contornos}$$

Antena receptora de la estación terrena

$$G_{\max} = \eta \left(\frac{\pi \varnothing}{\lambda} \right)^2$$

Amplificador de bajo ruido de la estación terrena

P = Dato del proveedor

PERDIDAS DE POTENCIA

Pérdidas naturales por la distancia y propagación en el "espacio libre"

Atenuación producida por los gases de la atmósfera

Atenuación por lluvia: C, Ku

Conexiones

Desalineación de antenas

Cálculo

$$L = \left(\frac{4\pi \text{Dist.}}{\lambda} \right)^2$$

Gráfica 1

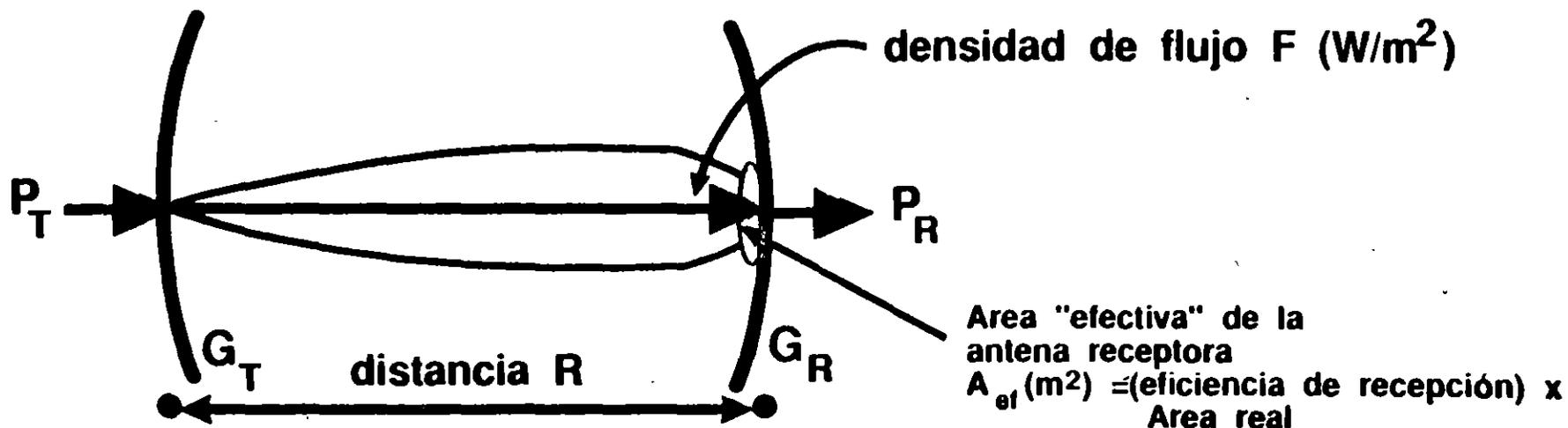
Contornos y nomograma

aprox. 1 dB

$$L_D = 12 \left(\frac{\alpha}{\theta - 3dB} \right)^2$$

Ganancias - Pérdidas = Potencia total de recepción
= P_{total recep.}

PERDIDA DE POTENCIA POR PROPAGACION EN EL ESPACIO LIBE



$P_R =$ Potencia total recibida = FA_{ef} (W) = $(P_T G_T) \frac{A_{ef}}{4\pi R^2} =$ (PIRE) $\frac{A_{ef}}{4\pi R^2}$ fracción capturada del PIRE

El área efectiva A_{ef} es función de la ganancia G_R :

$G_R = \frac{\pi^2 D^2}{\lambda^2} = \frac{4\pi}{\lambda^2} \left[\frac{\pi D^2}{4} \right]$ área real de la apertura ; si η fuese igual a 1

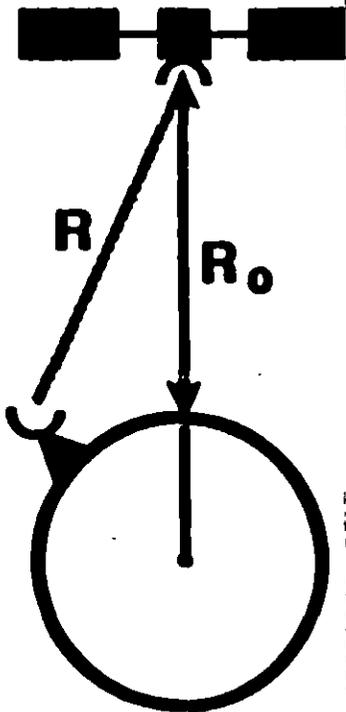
Pero $\eta \neq 1 \Rightarrow G_R = A_{ef} \frac{4\pi}{\lambda^2} \Rightarrow A_{ef} = \frac{G_R}{(4\pi/\lambda^2)} \therefore$

$P_R = (P_T G_T) \frac{G_R}{L}$

$L = \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2$

atenuación o pérdida de potencia por propagación en el espacio libre

ATENUACION L EN FUNCIÓN DE LAS COORDENADAS GEOGRAFICAS DEL SATELITE Y DE LA ESTACION TERRENA



R_0 = altitud del satélite sobre el nivel del mar, en el plano ecuatorial = 35,786 km

R = distancia de la estación terrena al satélite

λ = latitud de la estación terrena

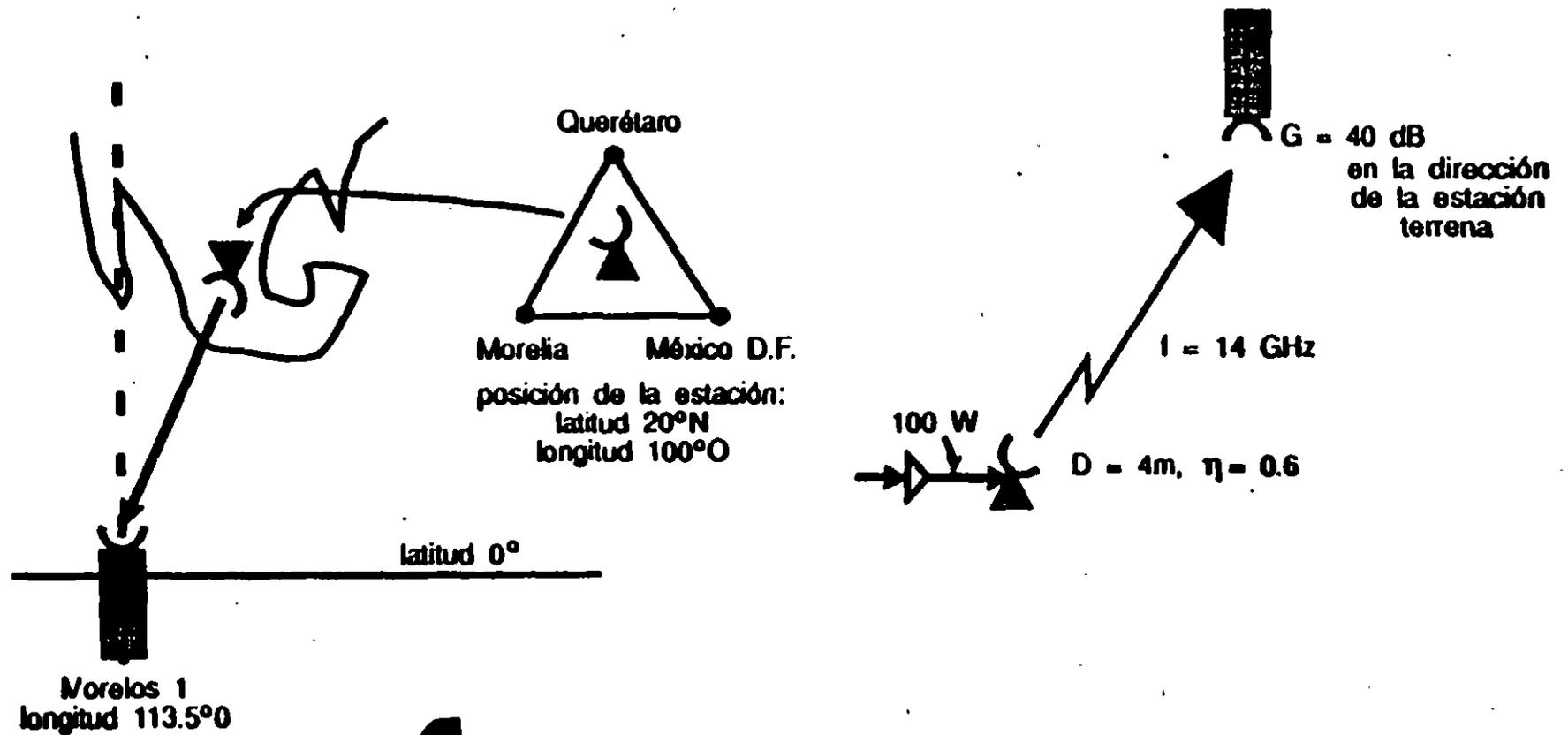
L = longitud relativa entre la estación terrena y el satélite

$$\text{Partiendo de } L = \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi R_0}{\lambda} \right)^2 \left(\frac{R}{R_0} \right)^2$$

$$\left(\frac{R}{R_0} \right)^2 = 1 + 0.42 (1 - \cos \lambda \cos L)$$

$$1 \leq \left(\frac{R}{R_0} \right)^2 \leq 1.356 \text{ (de 0 a 1.3 dB) y } \left(\frac{4\pi R_0}{\lambda} \right)^2 \text{ es del orden de 200 dB a 6 GHz}$$

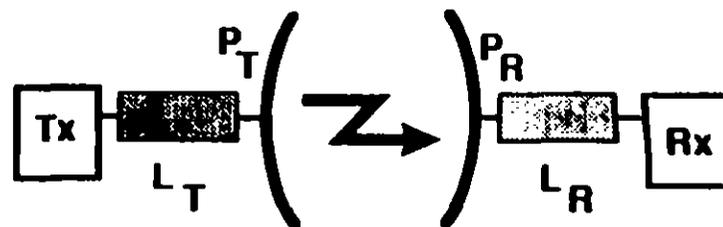
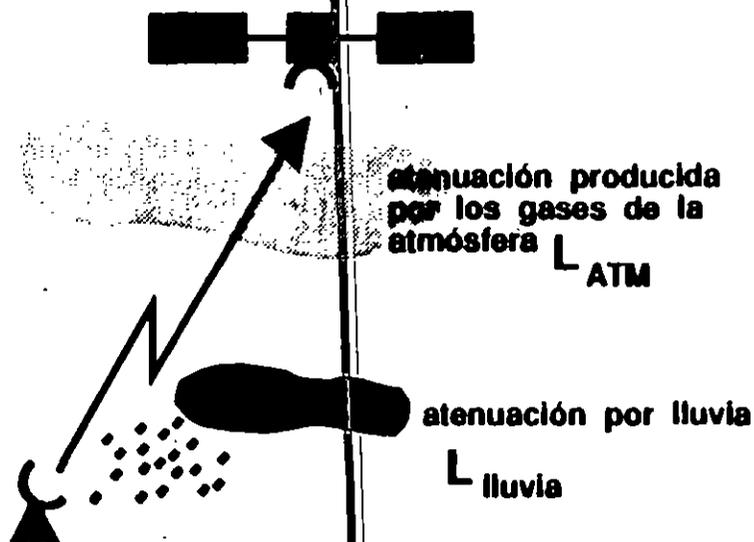
EJERCICIO



INCOGNITAS

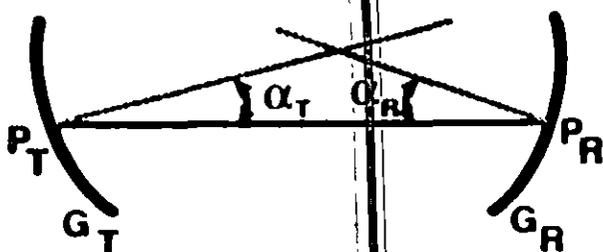
- PIRE de la estación terrena
- Atenuación o pérdidas L en el trayecto
- Potencia recibida por el satélite

PERDIDAS ADICIONALES



L_{Tx} = pérdidas en el alimentador, conexiones, etc. del transmisor aprox. 1 dB

L_{Rx} = pérdidas en el alimentador, conexiones, etc. del receptor aprox. 1 dB



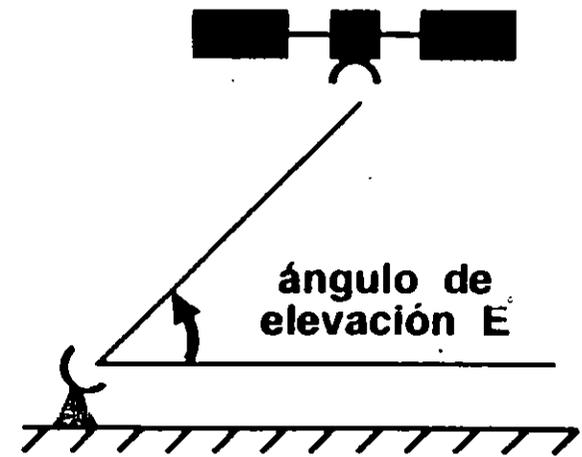
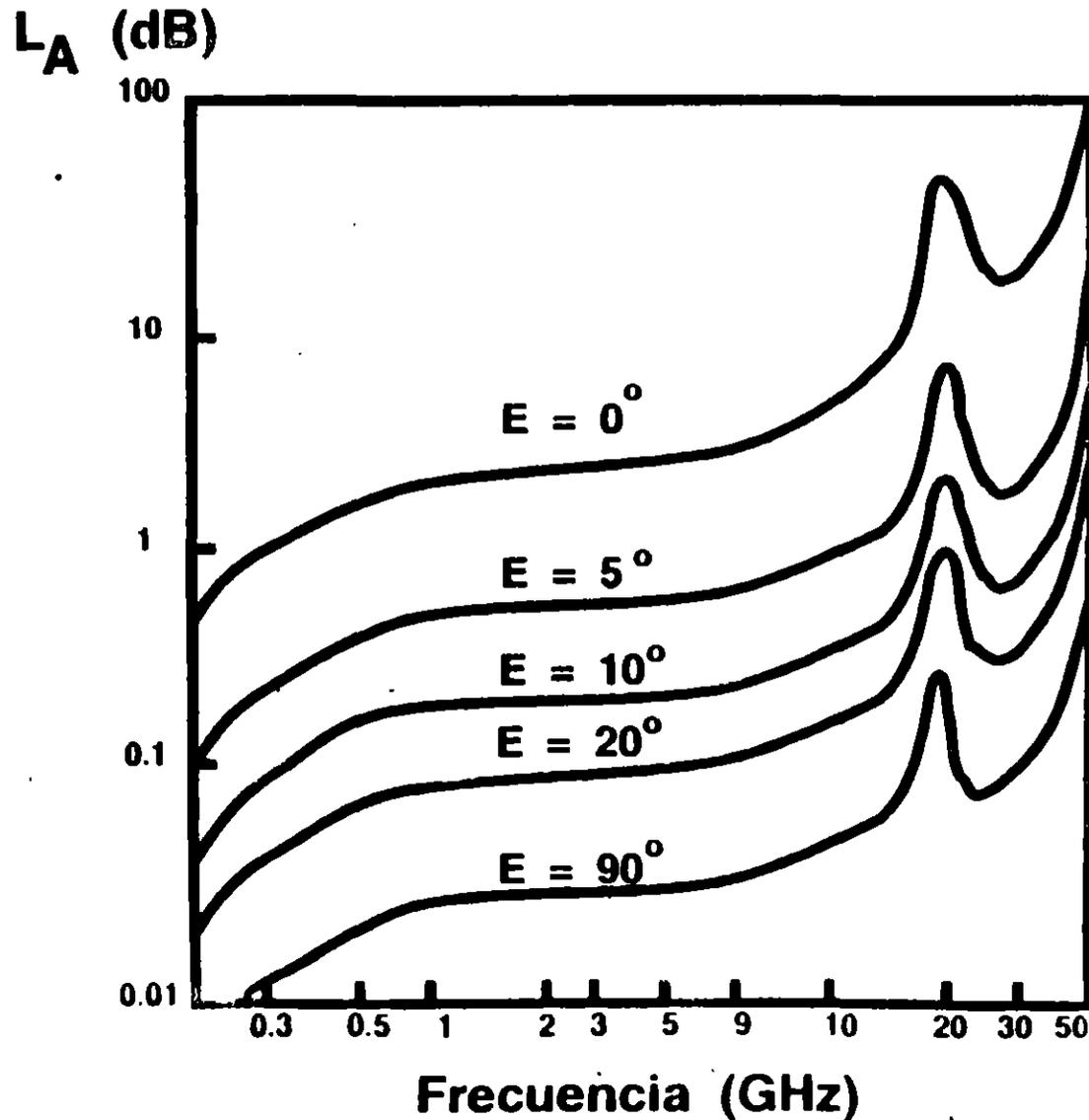
pérdidas por desalineación o mal apuntamiento de las antenas L_D aprox. 3 dB máximo

$$(L_D)_{Tx} = 12 \left(\frac{\alpha_I}{\Theta_{-3dB}} \right)^2 \text{ dB}$$

$$(L_D)_{Rx} = 12 \left(\frac{\alpha_R}{\Theta_{-3dB}} \right)^2 \text{ dB}$$

Además, pérdidas por desacoplamiento de polarización L_p

ATENUACION PRODUCIDA POR LOS GASES EN LA ATMOSFERA, L_A



Al nivel del mar:

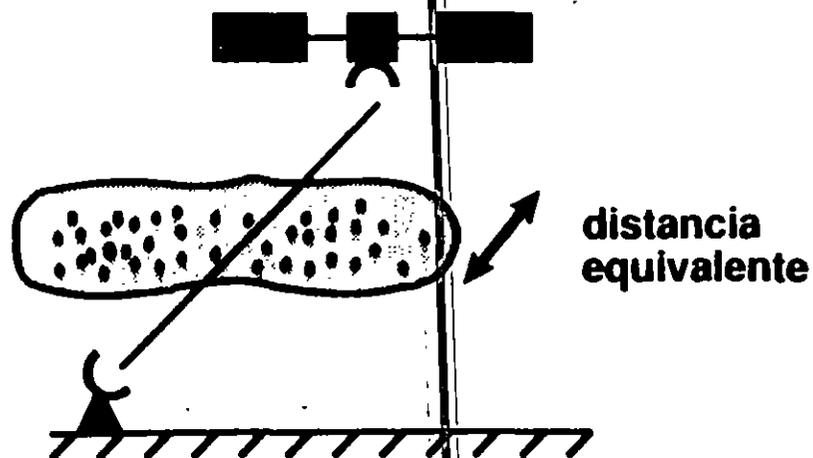
Presión = 1 atm
Temperatura = 20 °C
Vapor de agua = 7.5 g/m³



ATENUACION POR LLUVIA, L_{lluvia}

$$L_{\text{lluvia}} = (\gamma) (\text{Distancia equivalente a través de la lluvia})$$

γ = atenuación específica (dB/km)



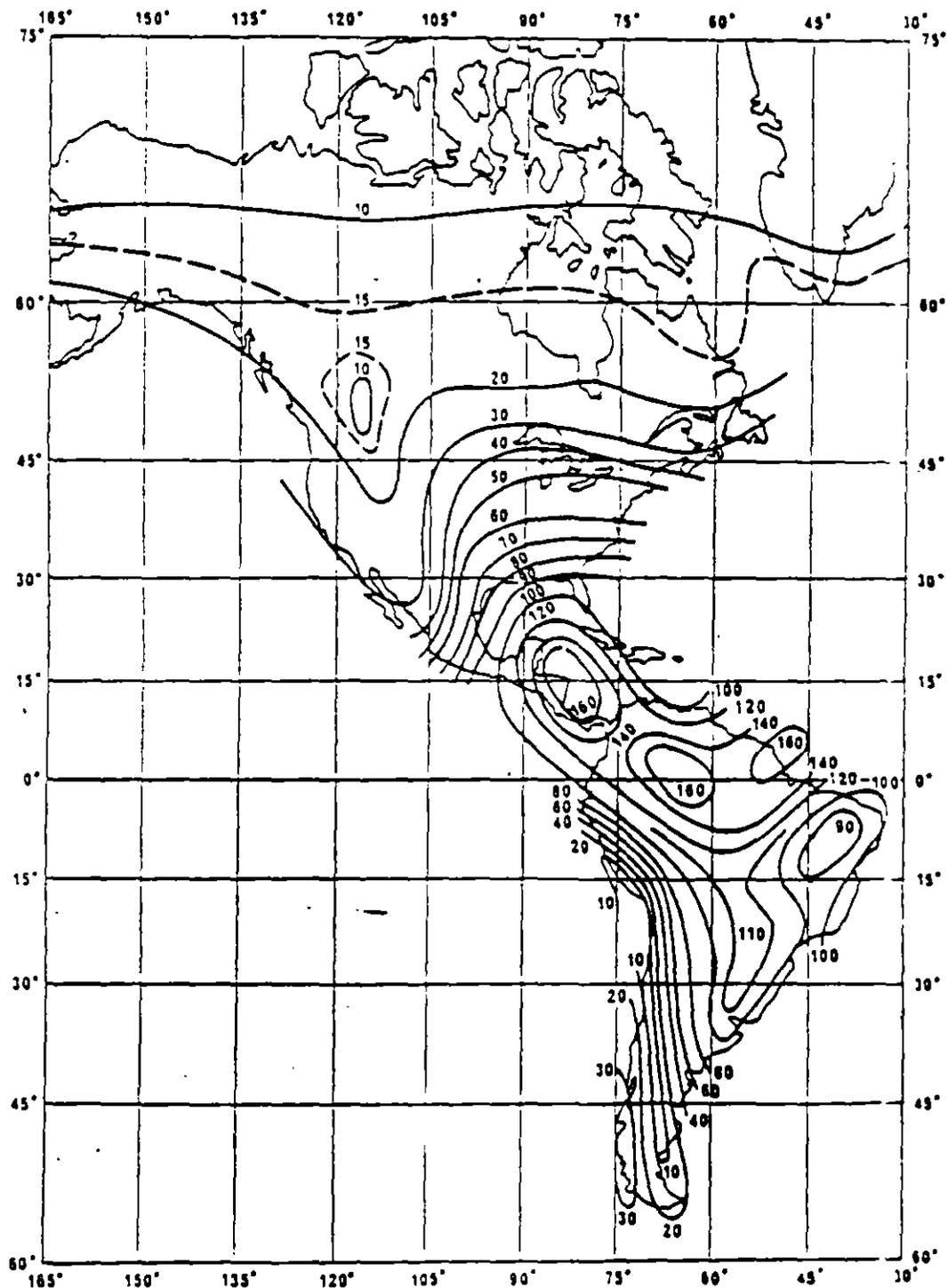
- γ depende de la intensidad de la lluvia y de la frecuencia de transmisión.

- La distancia equivalente depende del ángulo de elevación; normalmente varía entre 5 y 10 km.

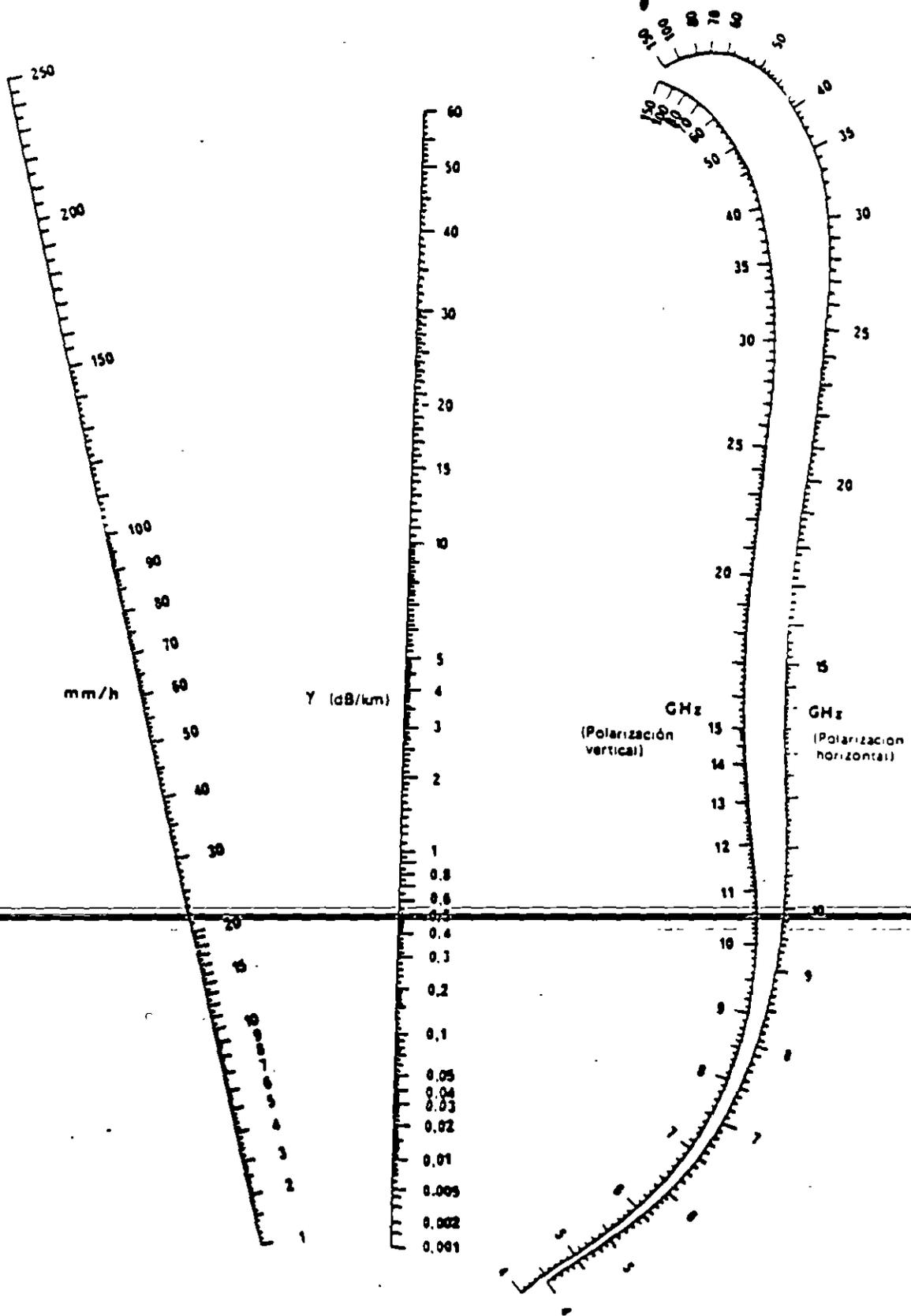
El sistema debe funcionar bien aún cuando llueva

∴ los enlaces deben ser diseñados sobrados ⇒ MARGEN DE LLUVIA

CONTORNOS DE INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/h)(EXCEDIDA 0.01% DEL TIEMPO EN UN AÑO PROMEDIO)

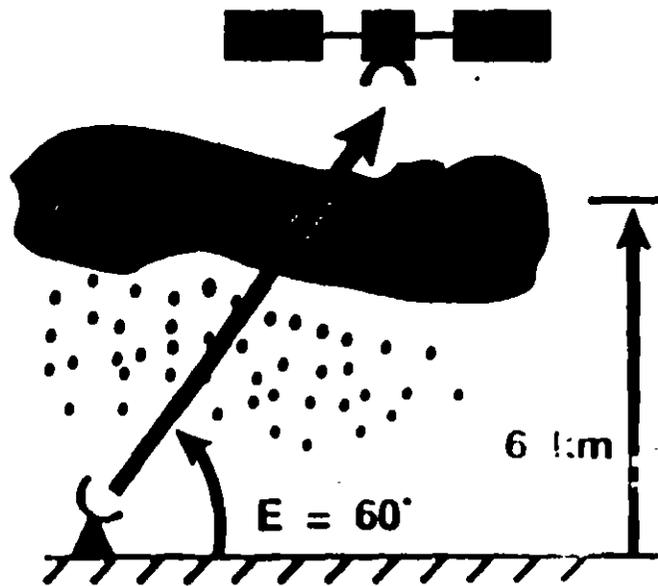


COEFICIENTE DE ATENUACION POR LLUVIA γ



Para la polarización circular, el coeficiente de atenuación o atenuación específica γ es igual a la media aritmética de los valores calculados para polarización horizontal y vertical en el nomograma.

EJERCICIO



Estación terrena ubicada en Villahermosa, Tab.

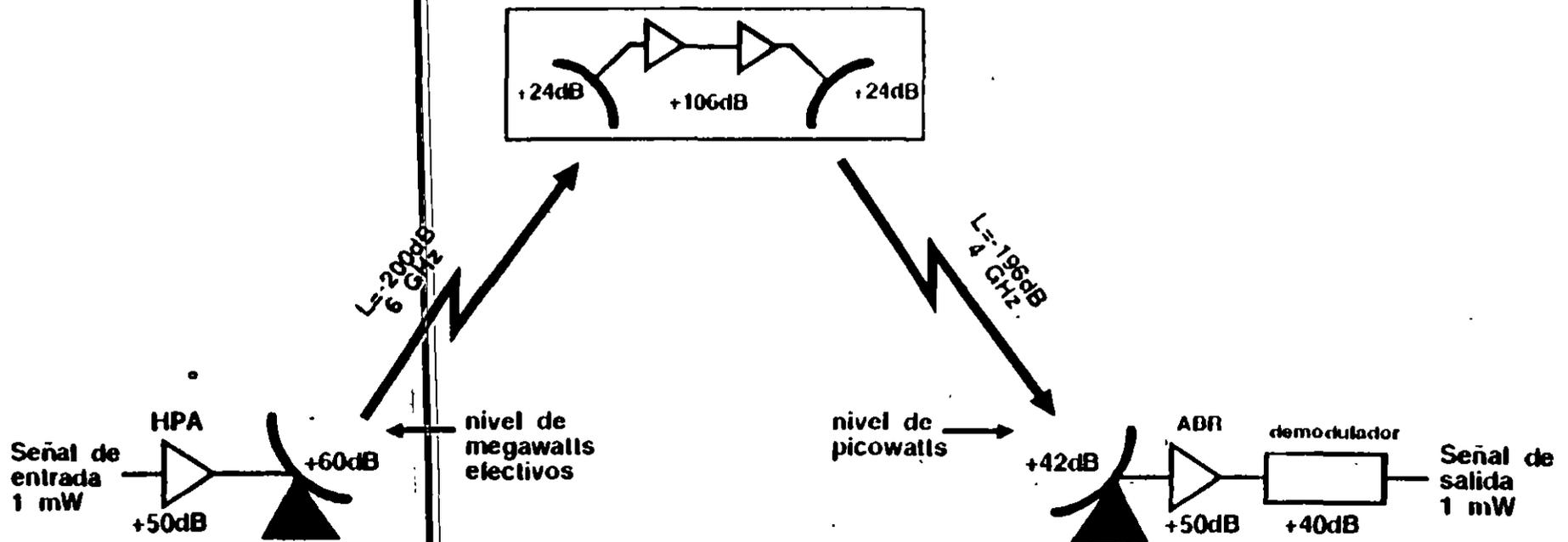
Frecuencia de transmisión₁ = 6 GHz

Frecuencia de transmisión₂ = 14 GHz

Polarización vertical

- Calcule la atenuación mínima por lluvia que ocurre durante 0.01% del tiempo en un año promedio.

Ejemplo: Niveles de potencia con valores típicos Banda C



- condiciones de cielo despejado

RUIDO Y TEMPERATURA DE RUIDO

	<u>Cálculo (referido a la entrada)</u>
* Ruido interno, generado por la electrónica del receptor	$R = kTB$ $T_{eq.} = \frac{R}{kB} = \frac{R_0}{k} \text{ (C, } ^\circ\text{K)}$
	$F = 1 + \frac{T}{T_{amb.}} \text{ (Ku, dB)}$
* Ruido por atenuación en conexiones	$T_{eq.} = (\text{pérdida} - 1)T_{amb.}$
* Ruido captado por la antena del satélite	Ver caso 1.
* Ruido captado por la antena de la estación terrena	Ver caso 2.

$$\sum_{(Tx \text{ o } Rx)} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} T_{eq. \text{ total a la entrada del}} \\ \text{receptor de destino} \end{array} \right)$$

$$\text{Figura de mérito} = \frac{G_{\text{antena receptora}}}{T_{eq. \text{ total}}}$$

MORELOS Y SOLIDARIDAD

FIGURA DE MERITO (G/T), dB/°K

	SOLIDARIDAD	MORELOS
BANDA "C"	+2.5 (36 MHz) +2.0 (72 MHz)	+1.0 (36 MHz) +0.6 (72 MHz)
BANDA "Ku"	+2.5 (54 MHz)	+1.0 (108 MHz)
BANDA "L"	-1.0 (34 MHz)	_____

RUIDO

Es toda señal eléctrica indeseable, que contribuye con energía en el receptor y distorsiona la señal deseada (información)

Ruido interno

generado en la electrónica del receptor

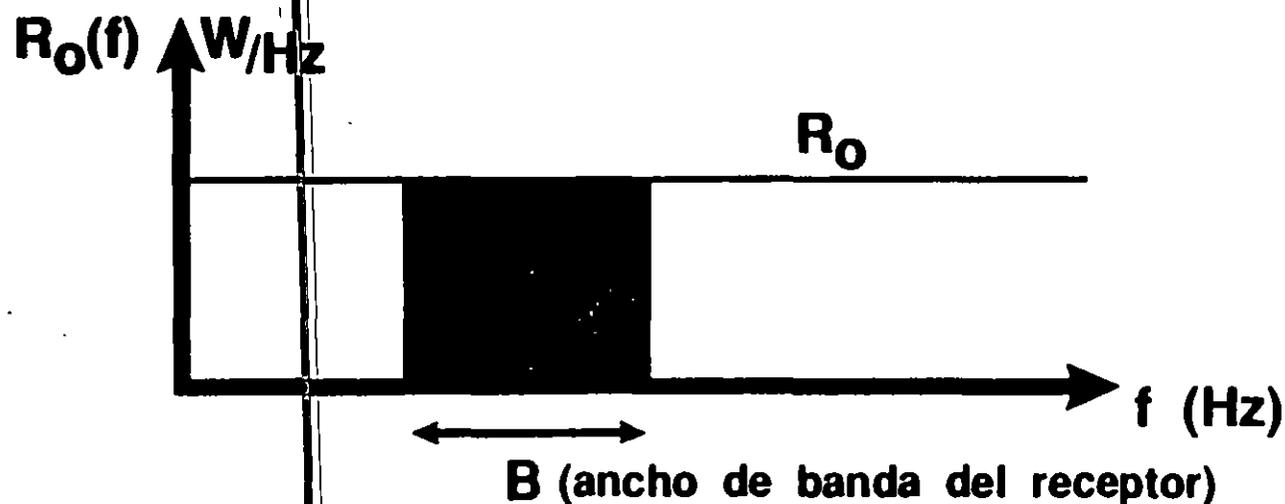
Ruido externo

- radiaciones de cuerpos en el campo de vista de la antena receptora
 - a) antena del satélite: la Tierra
 - b) antena de la estación terrena: gases atmosféricos, lluvia, fuentes galácticas y cósmicas, el Sol, y la Tierra (para ángulos de elevación pequeños)
- interferencia de otros transmisores (satélites o microondas terrestres)

Una vez que la señal deseada y el ruido se han combinado, no pueden separarse, y cualquier amplificador amplifica a ambos.

- El ruido, y no la ganancia del amplificador, limita la calidad del sistema.

DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA DEL RUIDO



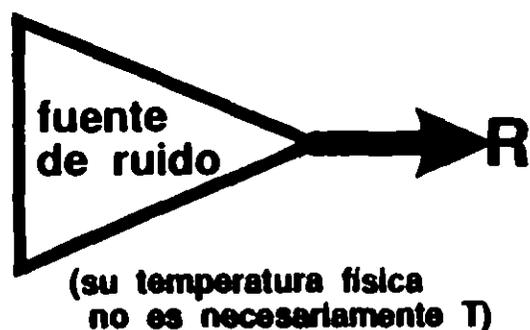
R_0 es la potencia de ruido por cada unidad de ancho de banda. Si se considera constante a R_0 , \Rightarrow R_0 es ruido blanco.

Si en el ancho de banda B hay una potencia total de ruido R (W), entonces

$$R_0 \text{ (W/Hz)} = \frac{R \text{ (W)}}{B \text{ (Hz)}}$$

TEMPERATURA DE RUIDO

La temperatura de ruido de una fuente que genera ruido es la temperatura a la que un elemento pasivo de referencia (por ejemplo, una resistencia) debería estar para generar la misma cantidad de ruido que la fuente de ruido.



elemento pasivo de referencia



$$R = \text{ruido térmico} = kTB$$

R = potencia del ruido térmico (W)

k = constante de Boltzmann = 1.38×10^{-23}

T = temperatura absoluta (°K)

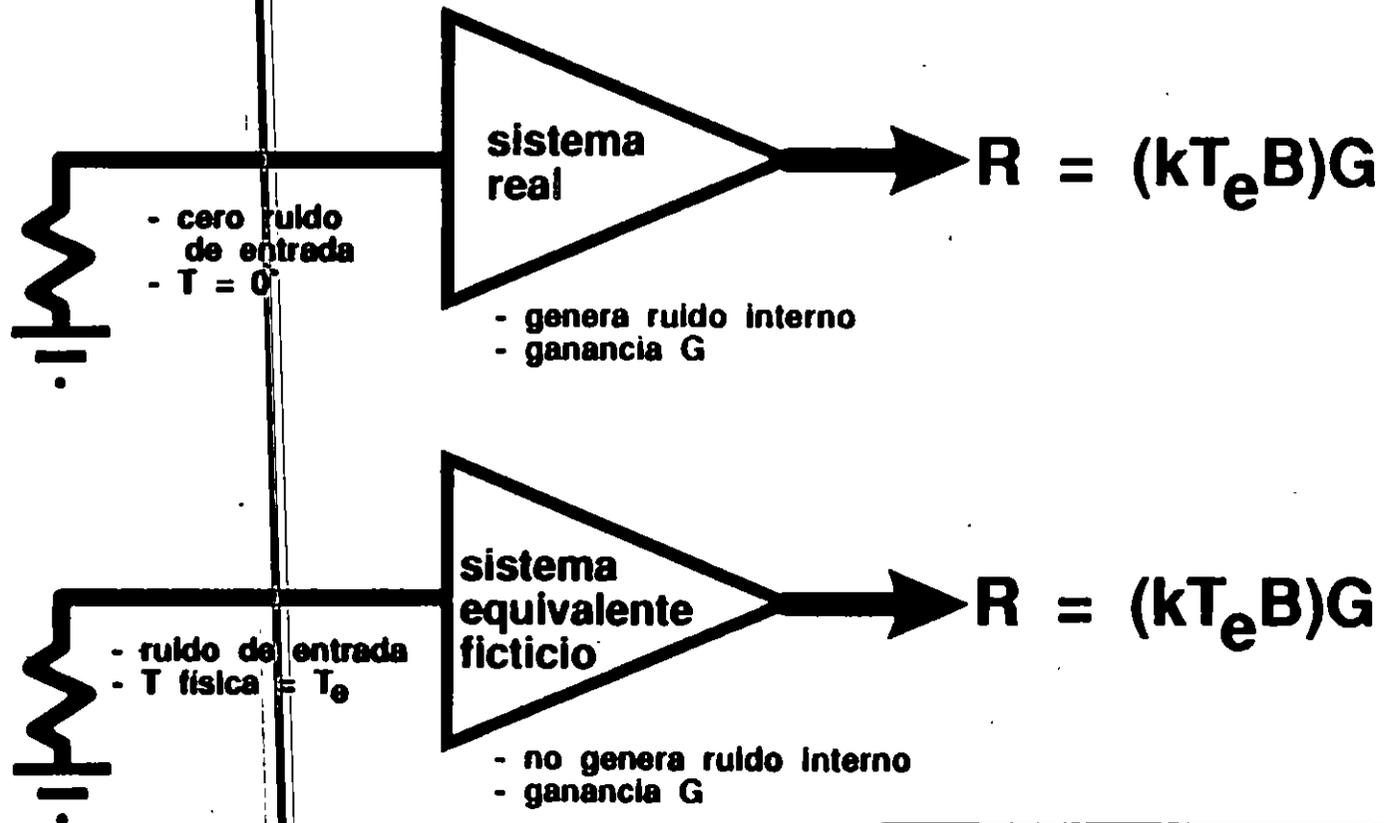
B = ancho de banda (Hz)

temperatura de ruido de la fuente

$$T = \frac{R}{kB} = \frac{R_0}{k}$$

$$T \text{ en } ^\circ\text{K} = T \text{ en } ^\circ\text{C} + 273$$

TEMPERATURA EFECTIVA DE RUIDO A LA ENTRADA DE UN SISTEMA



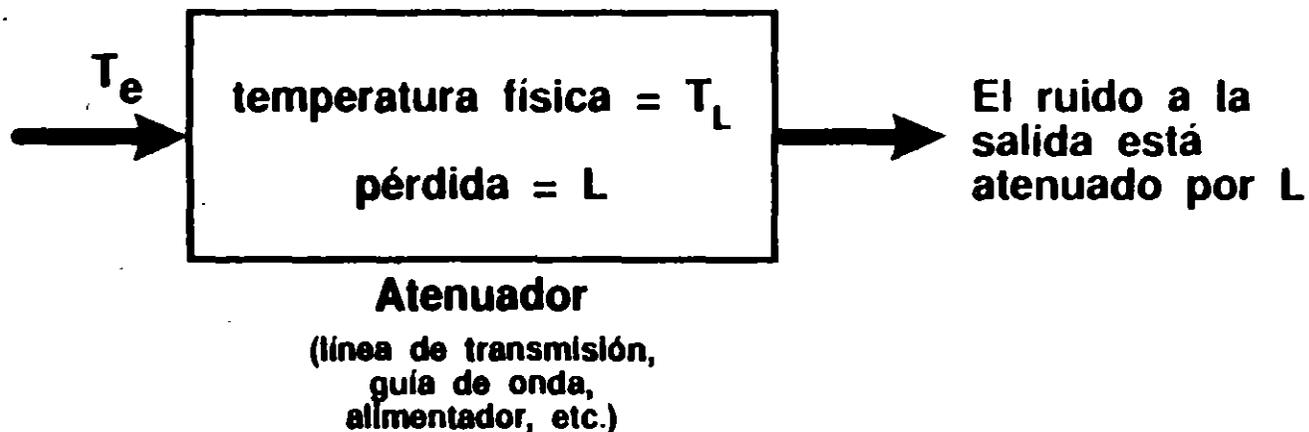
T_e = temperatura efectiva a la entrada
 T_0 = temperatura ambiente de referencia
 = 290 °K

Figura de ruido $F = 1 + \frac{T_e}{T_0}$

$F \text{ (dB)} = 10 \log F$

TEMPERATURA EFECTIVA DE RUIDO A LA ENTRADA DE UN ATENUADOR

Todo proceso de atenuación que involucre absorción de energía está asociado con la generación de ruido térmico por el medio absorbente.



A la salida del atenuador:

$$T_e = (L - 1)T_L$$

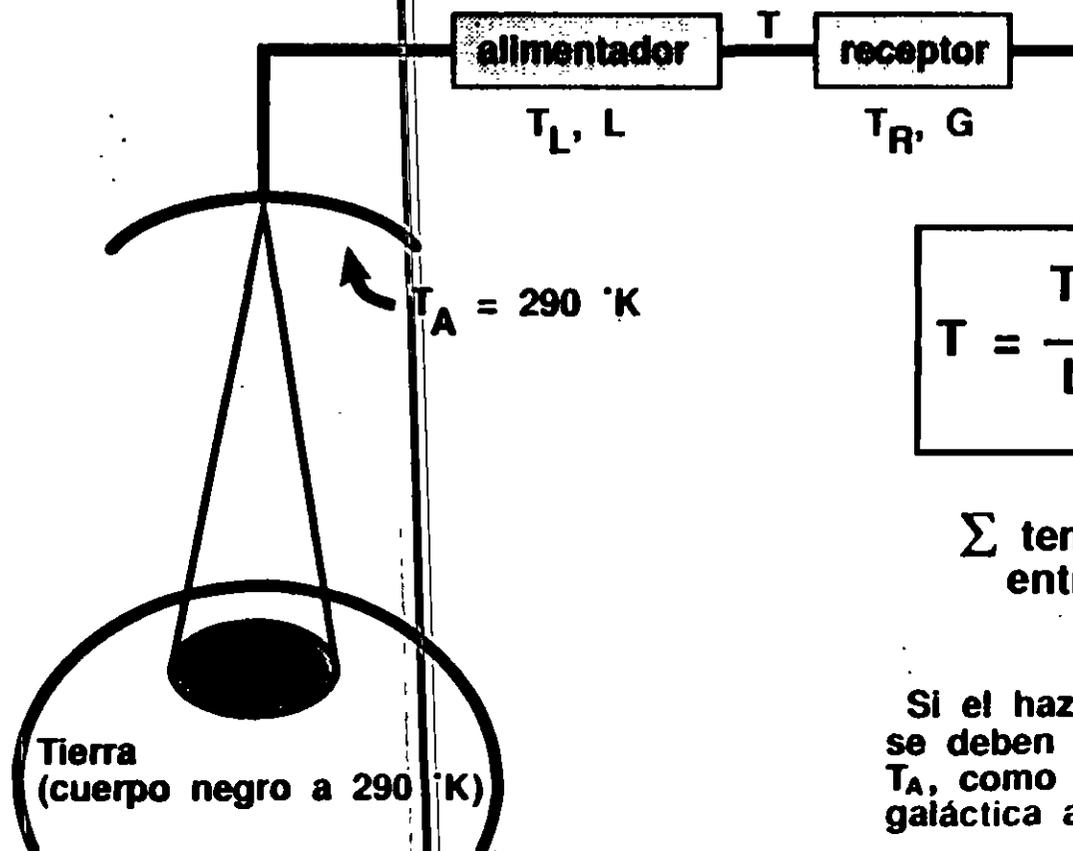
Temperatura efectiva a la entrada

$$T_S = \frac{(L - 1)T_L}{L}$$

$$T_S = T_L \left(1 - \frac{1}{L}\right)$$

TEMPERATURA EFECTIVA DE RUIDO A LA ENTRADA DE UNA ANTENA Y DEL RECEPTOR

CASO 1: antena y receptor de un satélite

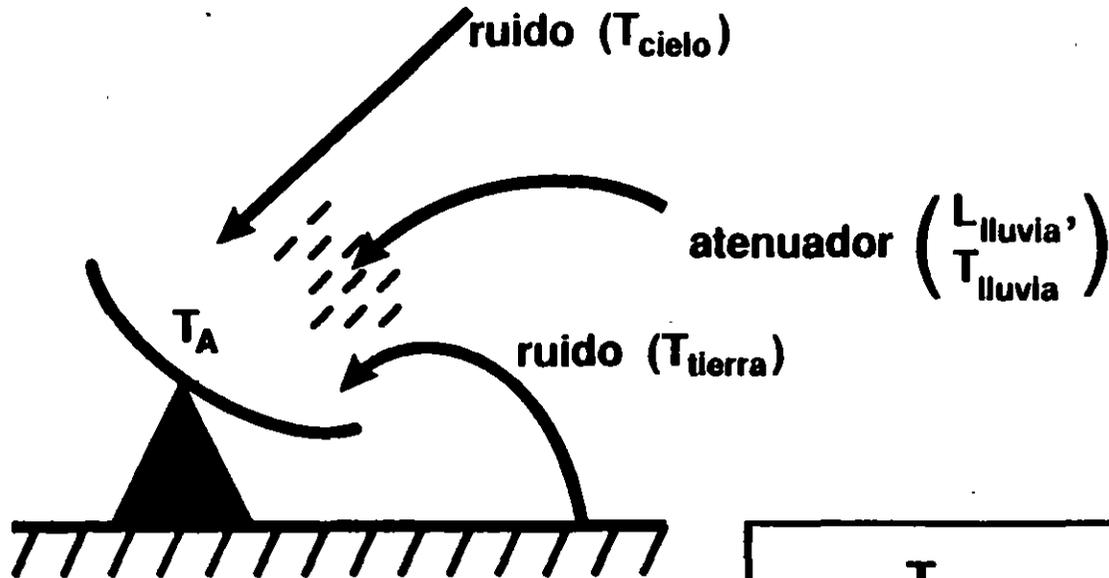


$$T = \frac{T_A}{L} + T_L \left(1 - \frac{1}{L} \right) + T_R$$

Σ temperaturas referidas a la entrada del receptor

Si el haz de la antena es muy ancho, se deben añadir aproximadamente 5 K a T_A , como contribución de la radiación galáctica alrededor de la Tierra.

CASO 2: antena y receptor de una estación terrena



$$T_A = T_{\text{cielo}} + T_{\text{Tierra}}$$

con cielo despejado

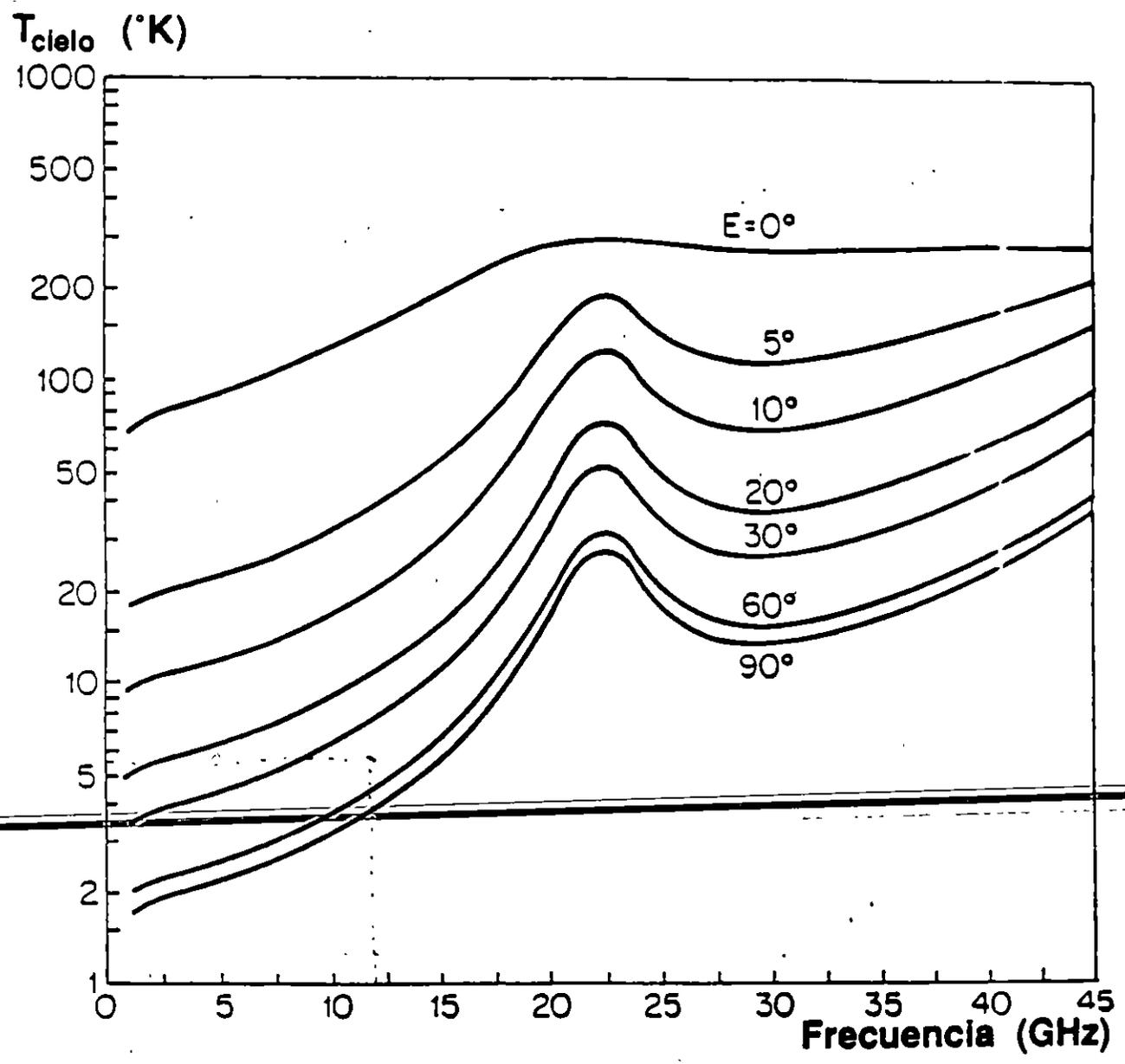
$$T_A = \frac{T_{\text{cielo}}}{L_{\text{lluvia}}} + T_{\text{lluvia}} \left(1 - \frac{1}{L_{\text{lluvia}}} \right) + T_{\text{Tierra}}$$

con lluvia

La contribución de la Tierra a la temperatura de ruido de la antena depende del tipo de antena (montaje, diámetro, etc.), del ángulo de elevación, de los lóbulos secundarios del patrón de radiación, y de la frecuencia de operación.

Valores prácticos para T_{Tierra} : aprox. 10 °K Cas. grain grande
 aprox. 100 °K antena pequeña

La contribución del cielo a la temperatura de ruido de la antena es dependiente de la frecuencia, porque la atenuación o absorción de energía por los gases atmosféricos también lo es.



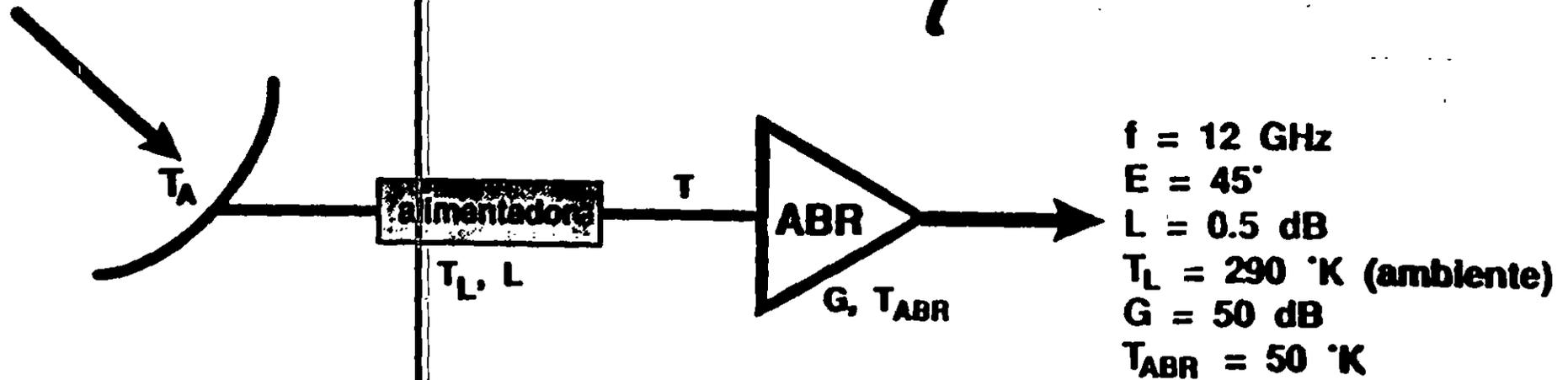
La contribución de la lluvia a la temperatura de ruido de la antena depende de la atenuación L_{lluvia} que se calcule y de su temperatura media efectiva T_{lluvia} .

$$T_{\text{lluvia}} \cong 1.12 T_{\text{ambiente}} (^{\circ}\text{K}) - 50$$

T_{ambiente} es la temperatura ambiente en donde esté la estación terrena

Una vez calculada T_A , la fórmula del caso 1 se aplica para referir la temperatura total a la entrada del receptor de la estación terrena

EJERCICIO



Calcule la temperatura de ruido T a la entrada del sistema amplificador, con cielo despejado y con lluvia (suponiendo una atenuación de 3 dB y $T_{\text{Tierra}} = 50 \text{ K}$)

RELACION PORTADORA SOBRE RUIDO

- Cociente que indica la calidad con la cual la señal podrá ser recuperada

$$\frac{P}{R} = \frac{P_{\text{total_recen.}}}{kT_{\text{eq,total}}B}$$

(C/N en inglés)

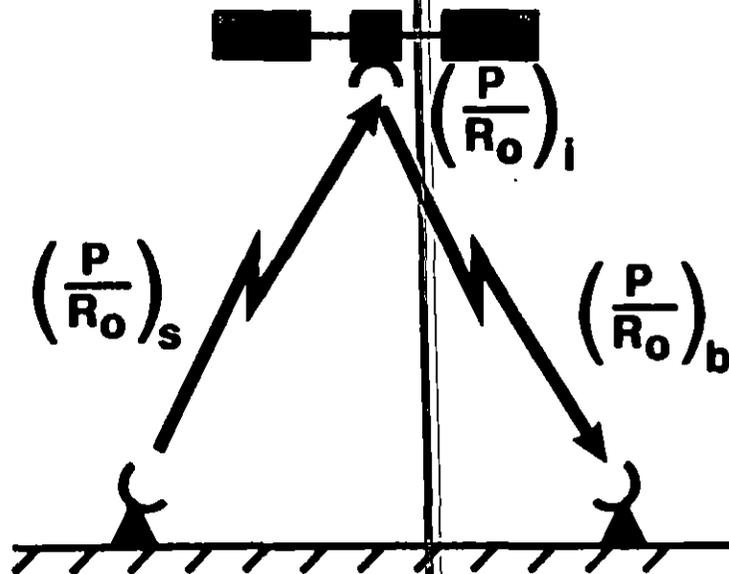


- S/N (analógico)
- P_{error} (digital)

Para calcular $\frac{P}{R}$ ó $\frac{C}{N}$, el enlace se divide en tres secciones:

- 1) subida
- 2) transpondedor (índice de intermodulación)
- 3) bajada

RELACION PORTADORA SOBRE RUIDO



La información viaja sobre una portadora P , a la cual modula.

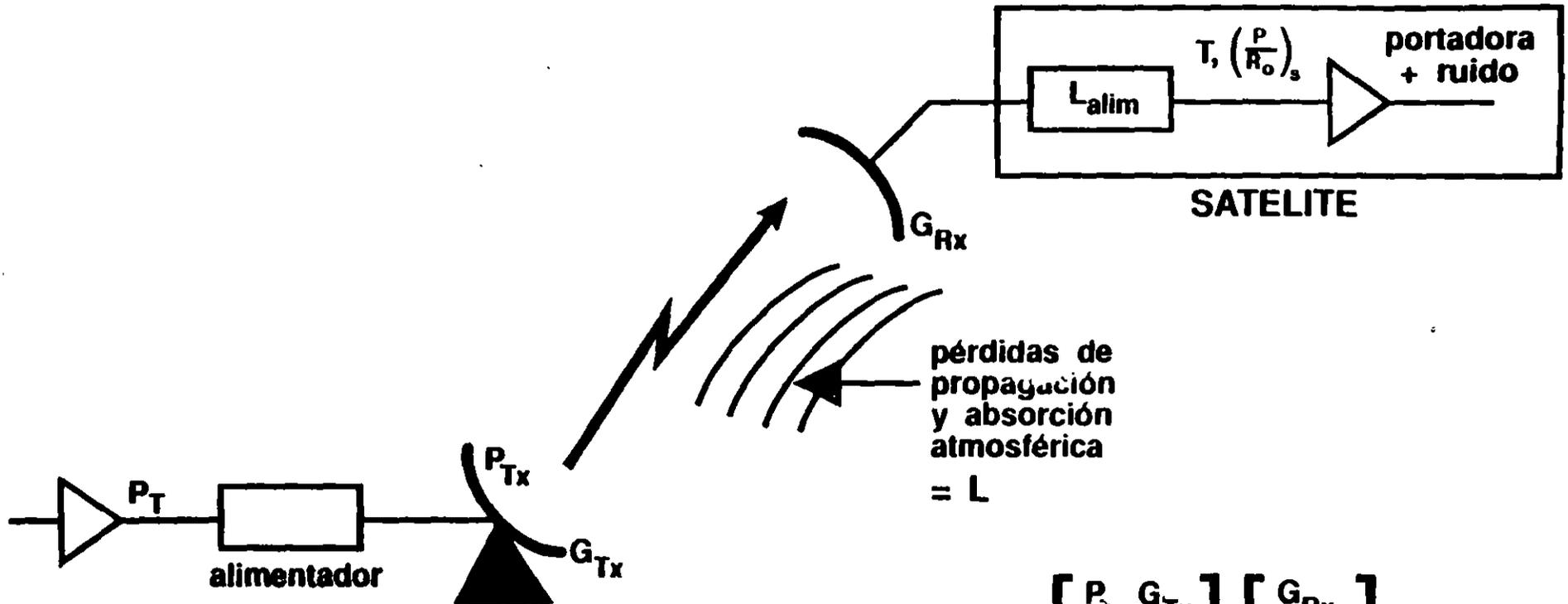
La información puede ser cualquier tipo de señal, y su modulación y ancho de banda pueden variar según cada caso específico.

- En el enlace de subida, a la portadora P se le añadirá ruido y habrá un cociente $\left(\frac{P}{R_o}\right)_s$.
- En el enlace de bajada, a la portadora P se le añadirá ruido y habrá un cociente $\left(\frac{P}{R_o}\right)_b$.
- Posiblemente, en el satélite, a la portadora P también se le añadirá ruido de intermodulación, y habrá un cociente $\left(\frac{P}{R_o}\right)_i$.

La calidad total del enlace, a nivel portadora, teniendo en cuenta todas las contribuciones de ruido, puede calcularse de la relación siguiente:

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T^{-1} = \left(\frac{P}{R_o}\right)_s^{-1} + \left(\frac{P}{R_o}\right)_b^{-1} + \left(\frac{P}{R_o}\right)_i^{-1}$$

ENLACE DE SUBIDA: $\left(\frac{P}{R_0}\right)_s$



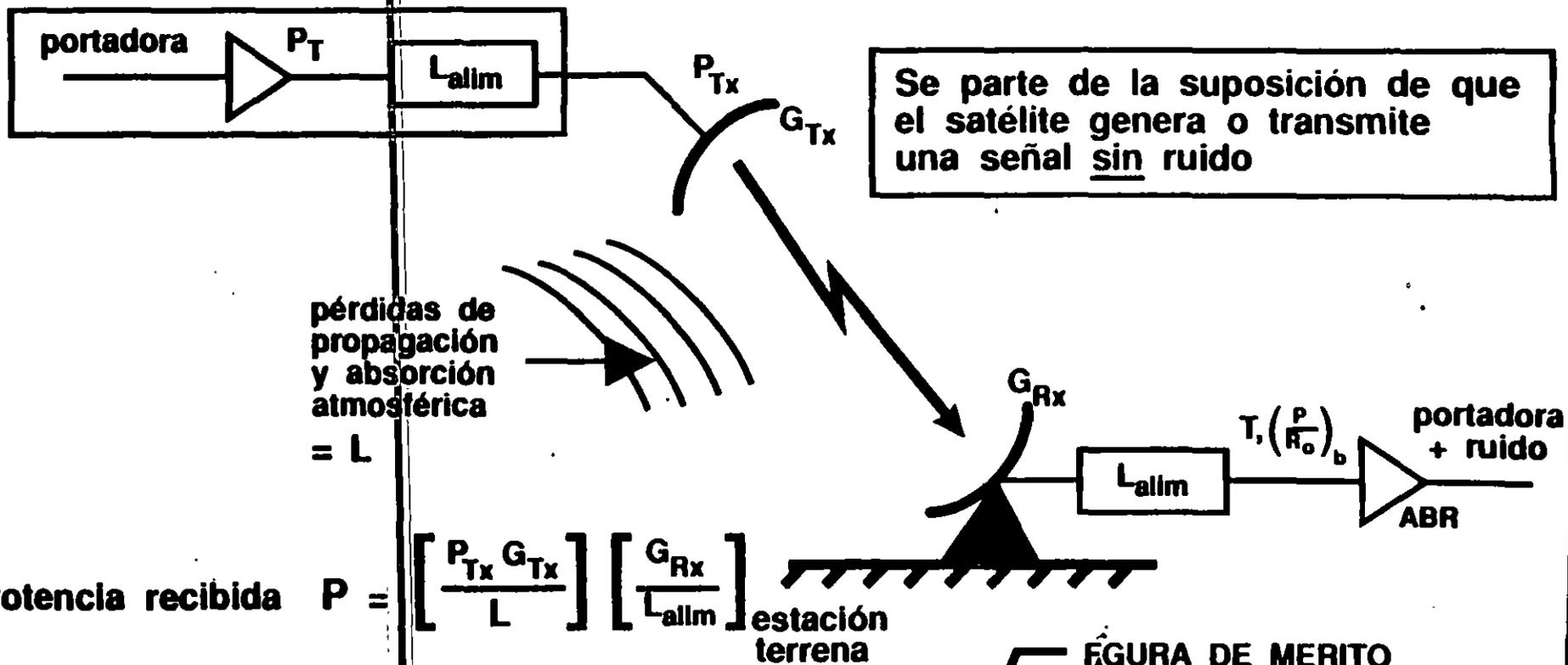
Potencia recibida $P = \left[\frac{P_{Tx} G_{Tx}}{L} \right] \left[\frac{G_{Rx}}{L_{alim}} \right]_{\text{satélite}}$

$$R_0 = kT$$

FIGURA DE MERITO

$$\left(\frac{P}{R_0}\right)_s = \left(P_{Tx} G_{Tx}\right) \left(\frac{1}{L}\right) \left(\frac{1}{L_{alim}}\right) \left(\frac{G_{Rx}}{T}\right) \left(\frac{1}{k}\right)$$

ENLACE DE BAJADA: $\left(\frac{P}{R_o}\right)_b$



Potencia recibida $P = \left[\frac{P_{Tx} G_{Tx}}{L} \right] \left[\frac{G_{Rx}}{L_{allm}} \right]$ estación terrena

$R_o = kT$

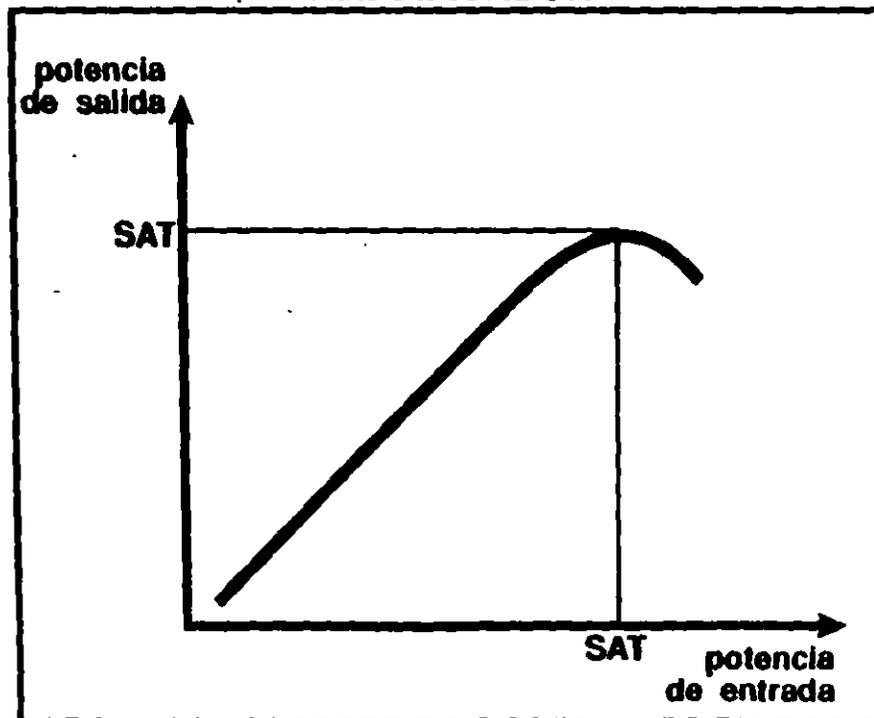
$\left(\frac{P}{R_o}\right)_b = \left(P_{Tx} G_{Tx}\right) \underbrace{\left(\frac{1}{L}\right) \left(\frac{1}{L_{allm}}\right) \left(\frac{G_{Rx}}{T}\right)}_{\text{estación terrena}} \left(\frac{1}{k}\right)$

FIGURA DE MERITO

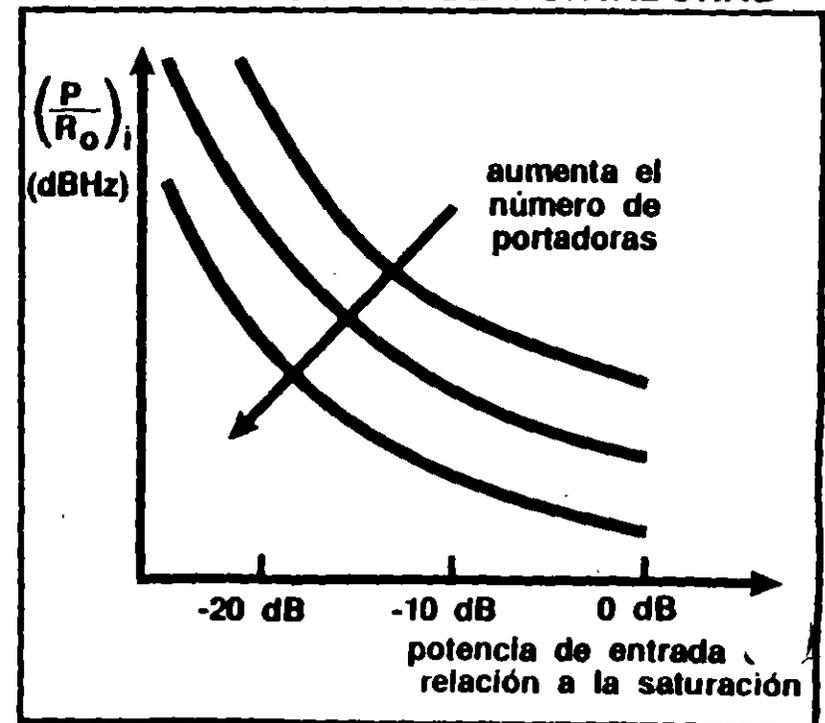
INTERMODULACION: $\left(\frac{P}{R_0}\right)_i$

- Un amplificador de potencia tiene una característica no lineal.
- La no linealidad del amplificador genera productos de intermodulación (ruido) además de amplificar a la señal original.

CARACTERISTICA NO LINEAL DE UN AMPLIFICADOR

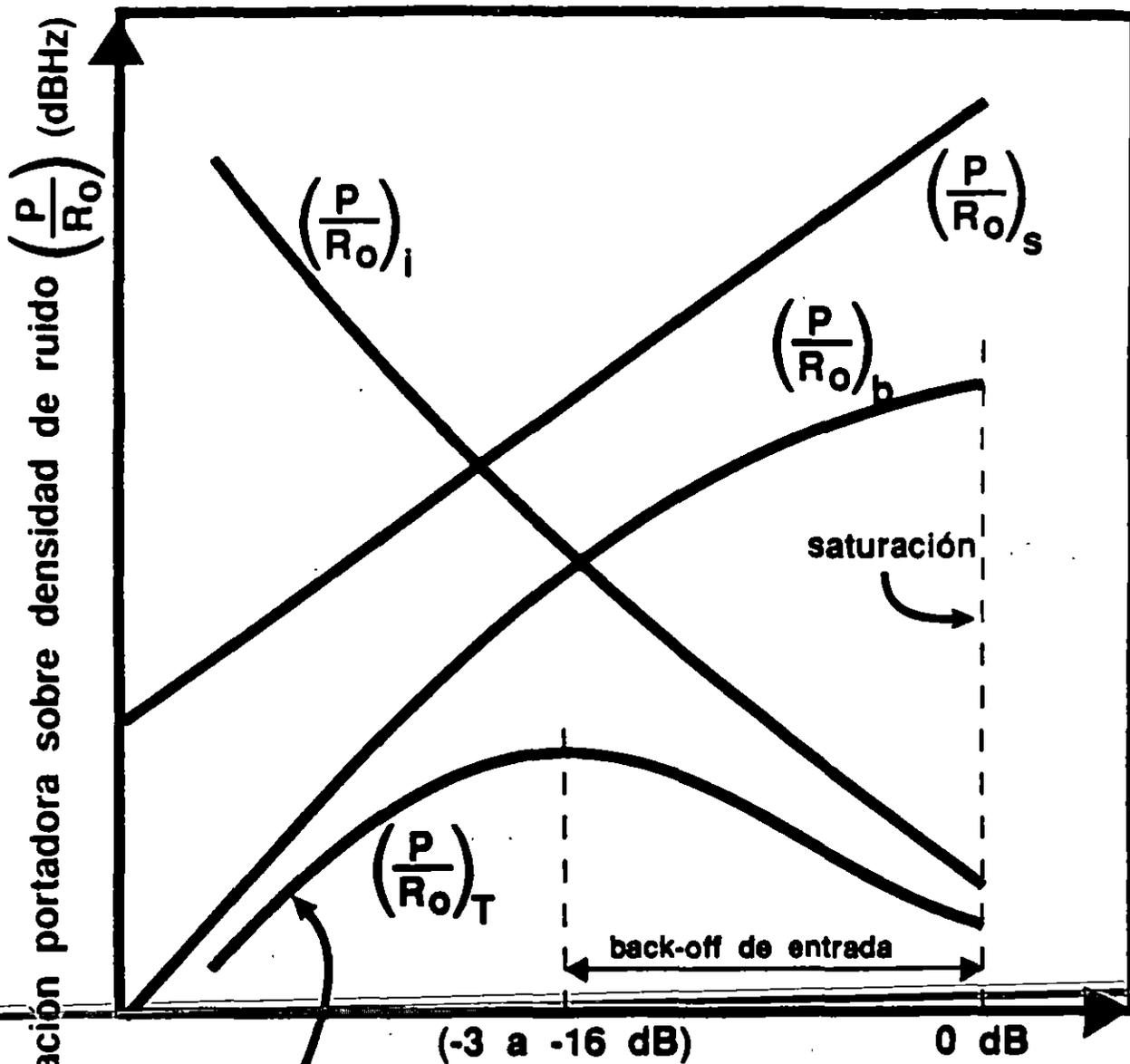


RELACION DEL RUIDO DE INTERMODULACION CON EL NUMERO DE PORTADORAS



BACK-OFF OPTIMO

143

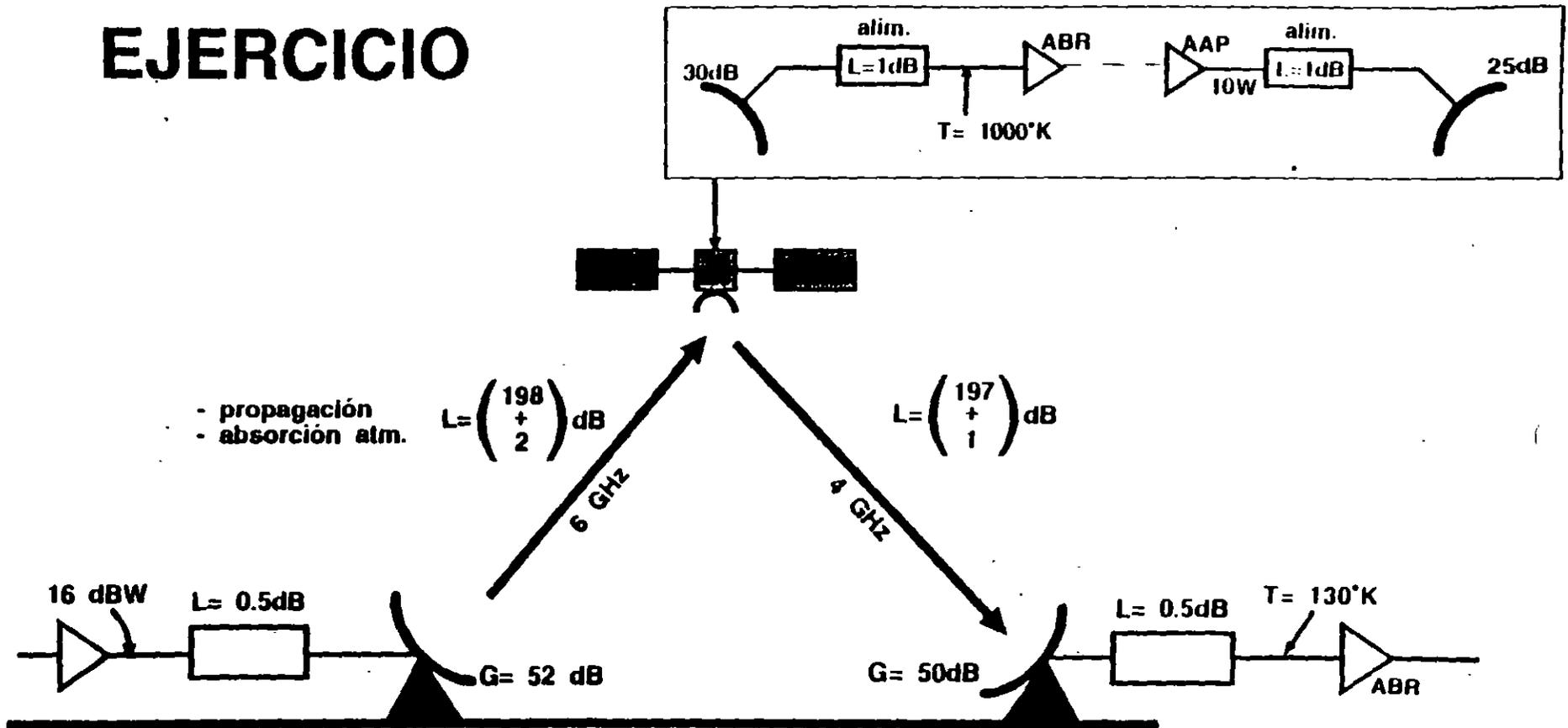


Relación portadora sobre densidad de ruido $\left(\frac{P}{R_0}\right)$ (dBHz)

Potencia de entrada en relación a saturación

Conforme aumenta el número de portadoras, esta curva se desplaza hacia la izquierda

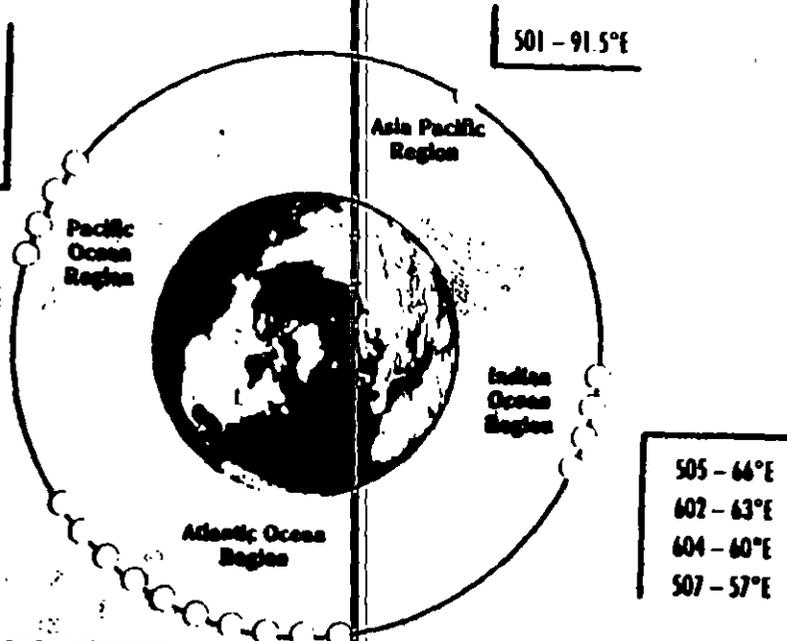
EJERCICIO



- Calcule $\left(\frac{P}{R_0}\right)_s$ y $\left(\frac{P}{R_0}\right)_b$
- Suponga que $\left(\frac{P}{R_0}\right)_i = 87\text{ dBHz}$ y calcule la relación total portadora sobre densidad de ruido a la entrada del ABR de la estación terrena receptora.
- Suponga que la señal recibida ocupa 1 MHz de ancho de banda. Calcule su potencia total a la entrada del ABR.

- **Sistemas de servicio fijo**
- **Sistemas de servicio móvil**
- **Sistemas nacionales, regionales e internacionales**

El sistema INTELSAT

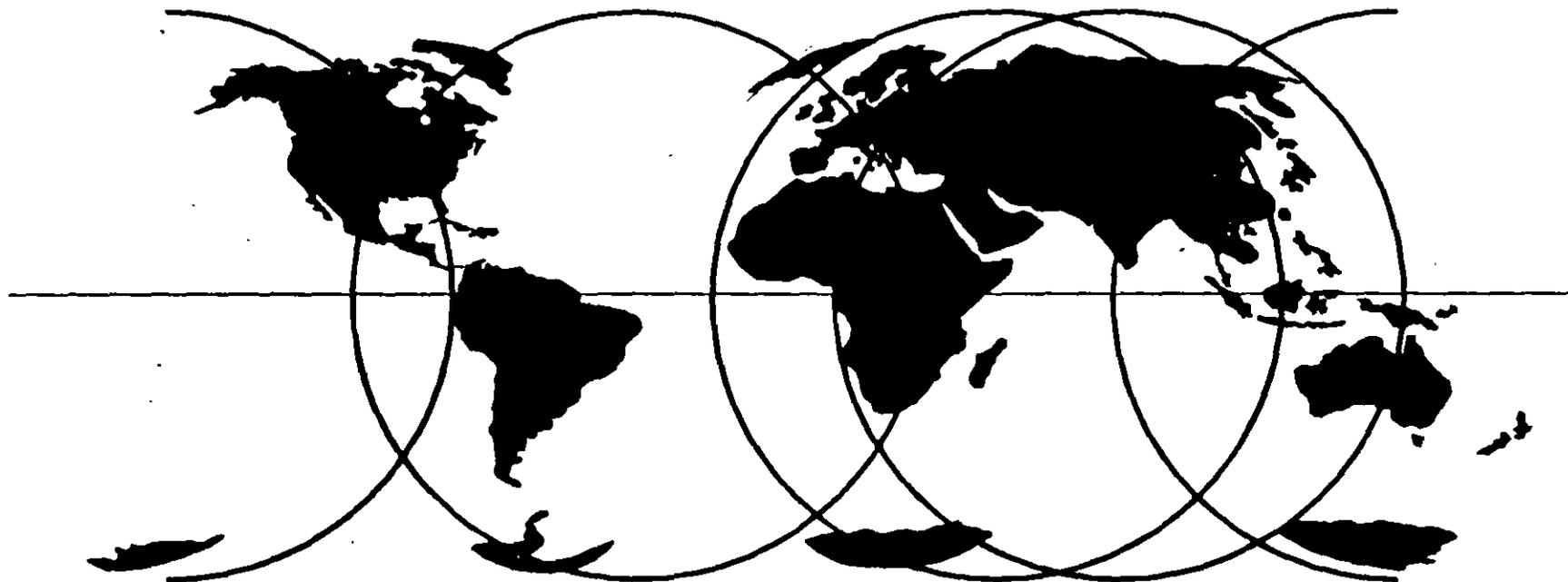


- 19 satélites en operación
- 11 más en fabricación
- Bandas C y Ku
- Nueva serie Intelsat VII: Oct. 1993

- El sistema transporta más de 130,000 canales de telefonía conmutados con el servicio público.

- Más de 120 países miembros:
 - USA 20.99%
 - UK 11.59%
 - España 3.09%
 - México 0.74%
 - Rusia 0.05%

LAS CUATRO REGIONES DE INTELSAT



El Sistema INTELSAT (1 Junio 1993)

Región del Océano Atlántico

307°E INTELSAT 513
 310°E INTELSAT 506
 328.6°E INTELSAT 504
 325.6°E INTELSAT 603
 332.5°E INTELSAT 601
 335.5°E INTELSAT 605
 338.5°E INTELSAT K
 338.7°E INTELSAT 502
 342°E INTELSAT 515
 359°E INTELSAT 512

Región del Índico

57°E INTELSAT 507
 60°E INTELSAT 604
 63°E INTELSAT 602
 66°E INTELSAT 505

Región Asia-Pacífico

91.5°E INTELSAT 501

Región Pacífico

174°E INTELSAT 510
 177°E INTELSAT 511
 180°E INTELSAT 508
 183°E INTELSAT 503

Futuros lanzamientos

(Datos de Junio 1993)

INTELSAT 701	174°E
INTELSAT 702	359°E
INTELSAT 703	177°E
INTELSAT 704	66°E
INTELSAT 705	328.5°E
INTELSAT 706	307°E
INTELSAT 707	342°E
INTELSAT 708	57°E
INTELSAT 709	338.5°E
INTELSAT 801	174°E
INTELSAT 802	177°E

CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES DE INTELSAT

INTELSAT Designation	INTELSAT V	INTELSAT V A	INTELSAT VI	INTELSAT K	INTELSAT VII	INTELSAT VII A	INTELSAT VIII
Year of 1st Launch	1980	1985	1989	1992	1993	1994	1995
Prime Contractor	Ford Aerospace	Ford Aerospace	Hughes	GE Astro Space	Space Systems/Loral	Space Systems/Loral	Martin Marietta Astro Space*
Launch Vehicles	Atlas Centaur, Ariane 1, 2	Atlas Centaur, Ariane 1, 2	Ariane 4, Titan	Atlas II A	Ariane 4, Atlas II AS	Ariane 441	Ariane 4, Atlas II AS, Long March (Proton and H2 under consideration)
Design Lifetime (Years)	7	7	10	10	10.9	10.9	10
Orbital Manuever Lifetime(Years)	12-14	12-14	12-15	12	13-16	15	16
Capacity	12,000 circuits and 2 TV	15,000 circuits and 2 TV	24,000 circuits and 3 TV (up to 120,000 with digital circuit multiplication equipment, DCME)	16.54 MHz Ku-band transponders can be configured to provide up to 32 high quality TV channels	18,000 circuits and 3 TV (up to 90,000 with DCME)	22,500 circuits and 3 TV (up to 112,500 with DCME)	22,500 circuits and 3 TV (up to 112,500 with DCME)

EL SISTEMA EUTELSAT



7° E

EUTELSAT II - F4M

- EUROVISION, EURORADIO
- LEASES
- SMS



10° E

EUTELSAT II - F2

- LEASES
- SMS



13° E

EUTELSAT II - F1

- LEASES



16° E

EUTELSAT II - F3

- LEASES
- SMS LOYALTY BONUS



21.5° E

EUTELSAT I - F5

- TELEPHONY
- OCCASIONAL USE



25.4° E

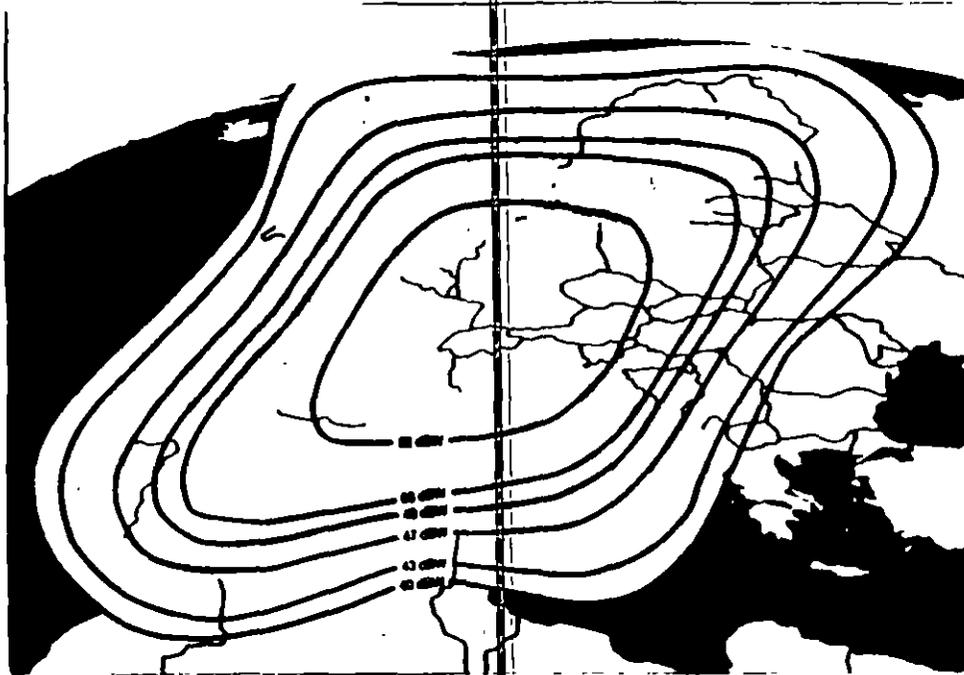
EUTELSAT I - F4

- EUTELTRACS
- LEASES



EUTELSAT I - F1

EUTELSAT II / Cobertura típica y tamaños de las antenas de recepción de TV



CANTIDAD DE SERVIDORES	RECEPCIÓN DIRECTA A DOMICILIO	RECEPCIÓN DE TV (Eutelsat II) (Eutelsat II) (Eutelsat II)
52 dBW	0,8 m	0,8 m (15,5 dBV/K)
50 dBW	0,8 m	0,9 m (17,5 dBV/K)
49 dBW	0,8 m	1 m (18,5 dBV/K)
48 dBW	0,8 m	1,1 m (19,5 dBV/K)
47 dBW	0,8 m	1,2 m (20,5 dBV/K)
46 dBW	0,9 m	1,3 m (21,5 dBV/K)
45 dBW	1 m	1,5 m (22,5 dBV/K)
43 dBW	1,2 m	1,8 m (24,5 dBV/K)
40 dBW	1,8 m	2,8 m (27,5 dBV/K)

- Banda Ku
- Servicios:
 - Telefonía
 - Datos
 - TV directa y de distribución por cable
 - Videoconferencias
 - Radio
 - Comunicaciones móviles (Euteltracs) / mensajería y determinación
- UK 17%
- España 17%
- Francia 15%
- Alemania 12%
- ...
- Azerbaijón 0.05%
- Croacia 0.05%

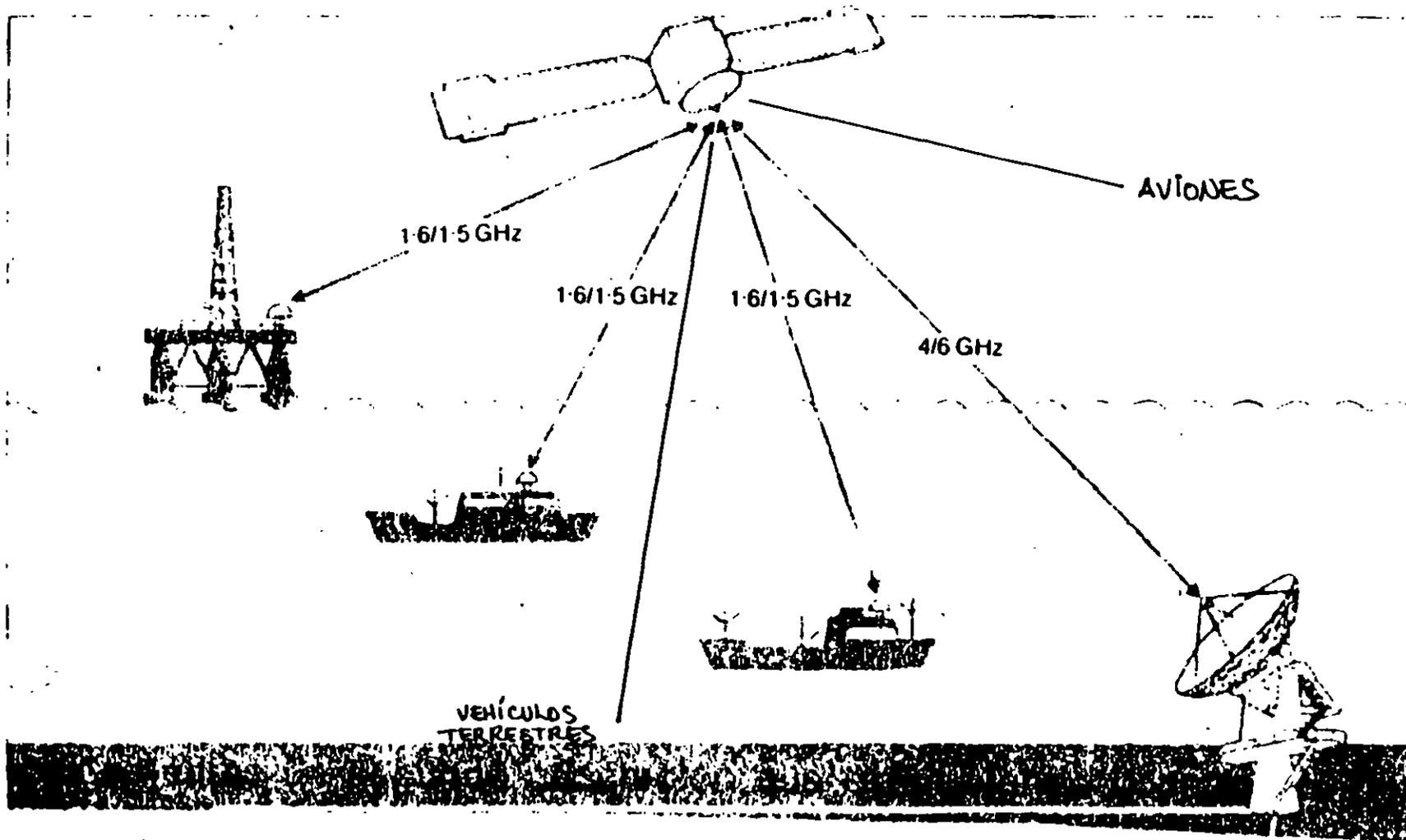
OTROS SISTEMAS REGIONALES Y NACIONALES

	Central / Propietario	Tipo	Servicios	Comentarios
ASTRA	Astra, Luxemburgo	Regional, Europa	TV directa	Astra 1C / 1993 Astra 1D / 1994 Banda Ku Antenas pequeñas Satélite PAS
PAS	Alfa Lyracom, EUA	Int. América - Europa		
ARABSAT	Países Arabes	Regional	TV, TF, datos	Bandas C y S Satélite Arabsat
Intersputnik	CEI	Internacional	TV, TF, datos	Satélites Stationar Satélites Romantis / (1994) / Ku / haces puntuales dirigibles
Sist. Nal. de Rusia	Rusia	Nacional	TV, TF, datos	Satélites Raduga Satélites Gorizont Satélites Ekrán
Orion Network	Varias compañías de varios países	Int. América - Europa	Redes privadas internacionales Sin conmutación	Satélite Orión (1994)

(cont).

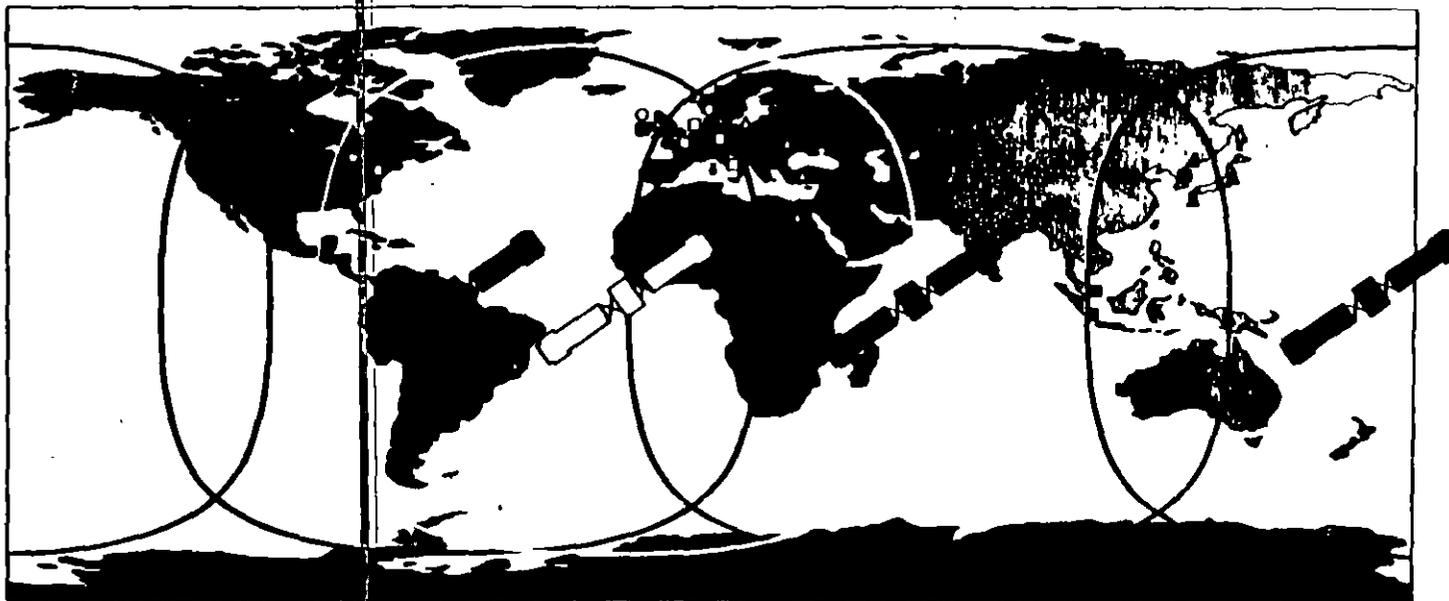
Anik	Canada	Nacional	TV, TF, datos	Satélite Anik E Bandas C y Ku
Spacenet, Gstar }	GTE	Nacional Nacional		
Telstar, Satcom	ATT GE Americom	Nacional Nacional		
ASC	Contel-American	Nacional		
Galaxy, Westar, JCSat }	Hughes Communications	Nacional Nacional Nacional		
SBS, Leasat, DirecTV		Nacional Marina de EU Nacional		
Telecom	Francia	Nacional (intercontinental con Guyana y Caribe)		

+ Brasil, India, Japón, Australia, Alemania, Escandinavia, Italia,...



Con el sistema INMARSAT es posible la comunicación de embarcaciones, plataformas marítimas con tierra firme. (Cortesía de Anritsu.)

SISTEMA INMARSAT: 4 REGIONES



Terminales: || Inmarsat-A+C Δ Inmarsat-A • Inmarsat-C

Región	Atlántico (Oeste)	Atlántico (Este)	Índico	Pacífico
Satélite	Inmarsat-2 F4	Inmarsat-2 F2	Marecs B2	Inmarsat-2 F3
Posición	55°O	15.5°O	15.2°O	178°E
Capacidad	250 circuitos de voz	idem	idem	

* En 1994 ó 1995 se lanzará el primer Inmarsat-3, con capacidad de 2,000 circuitos de voz.

INMARSAT (cont.)

Datos: mediados de 1993.

- **12 años de haberse fundado.**

- **71 países miembros**

- EUA	24.97%	- Japón	9.20%
- Noruega	12.79%	- ...	
- UK	12.55%	- Cuba	0.05%
		- Perú	0.05%

- **Vehículos con terminales Inmarsat-A:**

- Terrestres: 4,000
- Marítimos: 14,000

- **Vehículos aéreos con terminales Inmarsat:**

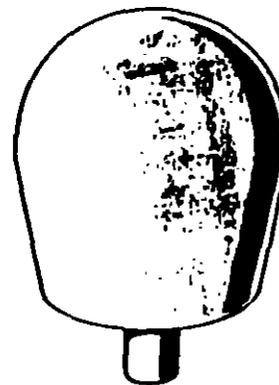
- aprox. 300 aviones (voz y datos) + muchos otros con Aero-C (mensajes)

- **Muchos miles más de otros estándares.**

	SERVICE	FEATURES	REMARKS	MARKETS	DATE
High speed data	Inmarsat-A		Full service, high quality terminal		Introduction 1982
Low speed data	Inmarsat-C		Low cost portable		Introduction 1990
Facsimile	Inmarsat Aero-L		Commercial, business and private aircraft		Introduction 1990
Telex	Inmarsat Aero-H		Commercial and larger business aircraft		Introduction 1990
Maritime	Inmarsat-B		Full service, high quality digital terminal		Introduction 1992
Land mobile	Inmarsat-M		Medium quality, lower cost digital portable		Introduction 1993
Land transportable	Inmarsat-E		Instant maritime distress alerting system		Introduction 1992
Aeronautical	Inmarsat Paging		Packet used, global paging system		Introduction 1994
Personal	Inmarsat Navigation Services		A range of services for navigation purposes		Introduction mid 1990's
	Inmarsat-P		Hand held, low cost global satellite telephone		Possible introduction by 2000

Terminales y Servicios de Inmarsat

• OCT.93: Entró en operación el servicio Inmarsat-M / telefonía digital y transmisión de datos a 2.4 kb/s. Precio por terminal: aprox. \$14,000 a \$25,000 US / NEC, Scientific Atlanta, etc.



Inmarsat-A

1989



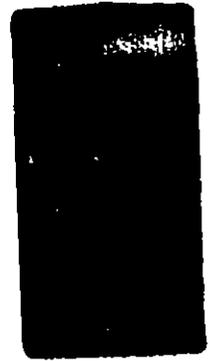
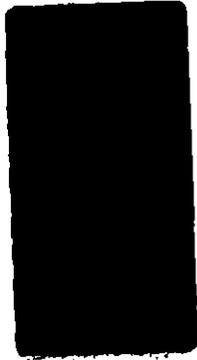
Inmarsat-M

1993



Inmarsat-P

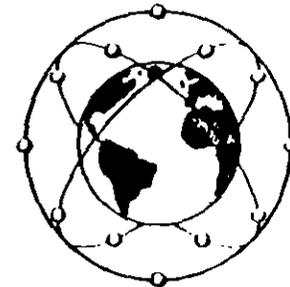
1998-2000



Comunicaciones móviles personales (año 2,000. Inmarsat-P)



Opción 1



Opción 2

• Decisión en 1994.

• Opción 1: satélites geostacionarios



COMPETIDORES DE INMARSAT

- Inmediatos: telefonía y datos

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| - Australia | Satélite Optus-B / Banda L |
| - México y Centroamérica | Satélites Solidaridad / Banda L |
| - EUA y Canadá | Satélites MSAT / Banda L |

- Futuros: telefonía y/o datos

- Iridio
- Globalstar
- Orbcomm

- Actuales inmediatos: datos

- | | |
|--------------|----------|
| - Qualcomm | (EUA) |
| - Movilsat | (México) |
| - Euteltracs | (Europa) |

SATELITES DE ORBITA BAJA (LEOsats)

- Ninguno comercial a la fecha
- Orbita geoestacionaria congestionada
- Alternativa realista / menor atenuación
- Terminal tipo "teléfono celular"
- Solución para áreas muy remotas, donde la telefonía celular no existe.
- Solución para países subdesarrollados con mínima infraestructura terrestre.
- Servicio de mensajes y localización mundial, "esté donde esté".
- Auxilio y determinación de posición en casos de emergencia (bosques, montañas, siniestros, caminos, etc.) / esposas ansiosas / servicio a aerolíneas en las zonas polares / etc.
- Constelaciones
 - Iridio (77)
 - Ellipsat (24) / cuatro órbitas elípticas
 - Starnet (24)
 - Odyssey (12) MEQ / 3 planos
 - Aries (48)
 - Orbcomm (26)
 - Globalstar (24)

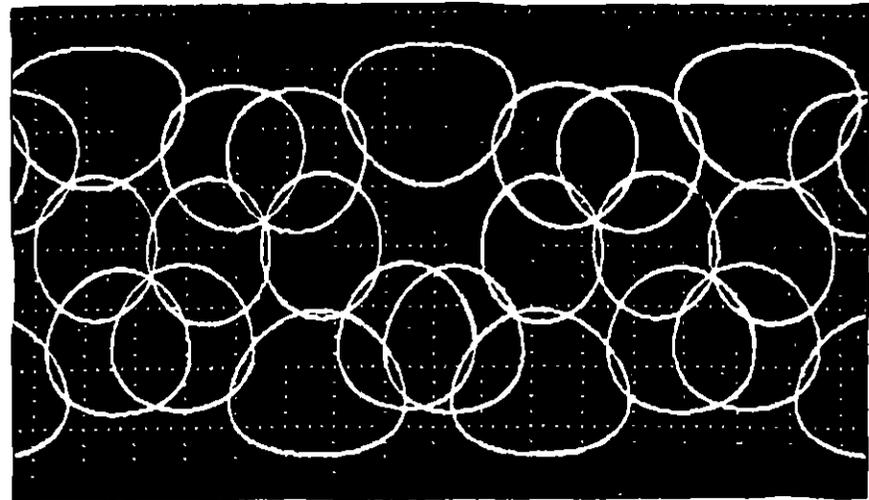
- BANDA L -

ORBCOMM

- Mensajería y radiolocalización
- 26 satélites / 3 órbitas polares e inclinadas 40° / órbita baja
- VHF (148 MHz↑, 137 MHz↓) / BW aprox. 1 MHz en cada sentido
- Velocidad baja / emergencias, mensajería / impresoras y pantallas pequeñas.
- Se iniciará en 1994 con 2 satélites / el resto será lanzado en 1995, con cohetes Pegaso.
- Primero en el mundo.



aprox.
\$100
por
unidad



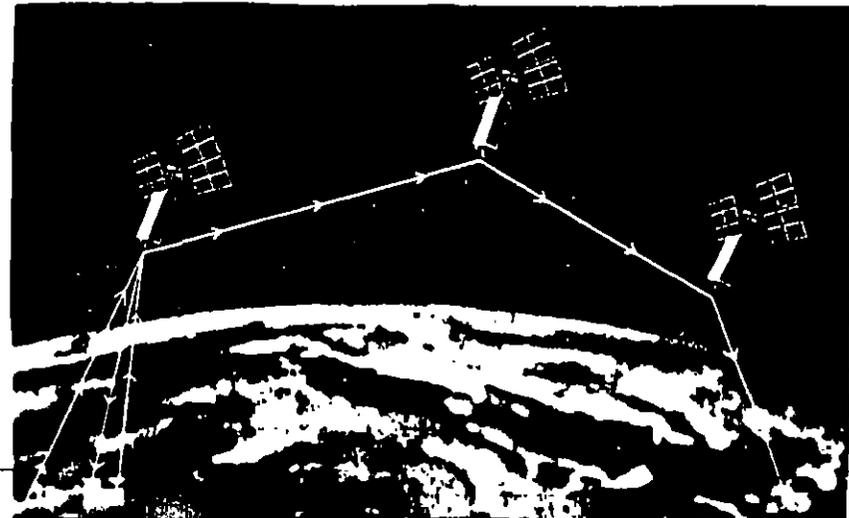
EL PROYECTO "IRIDIO"

- Motorola / 77 satélites en órbita polar baja (aprox. 760 km)
- 7 planos / 11 satélites por plano (órbitas polares)
- Aprox. 300 kg c/u / aprox. 2 m. de largo y 1 m. diam. / vida: 5 años
- Banda L (1610 - 1626.5 MHz)
- Posiciones "desfasadas" en cada plano para evitar colisiones en los polos
- Costo aprox: 1,000 millones de dólares, o más
- Lanzamientos múltiples por lanzador + lanzadores ligeros (p.e., Pegaso)

- Comunicación mundial instantánea entre teléfonos portátiles
- "negativo" del radio celular terrestre ("positivo") / complemento en áreas remotas o poblaciones de baja densidad
- Codificación digital de voz / transmisión a 4.8 kb/seg
- Telefonía digital / Tx de datos / radio determinación / interconexión con red pública
- TDMA y FDMA simultáneos / DSI (Digital Speech Interpolation) /
- 174 circuitos telefónicos por célula

EL PROYECTO IRIDIO (cont.)

- Cada satélite generará 37 células hexagonales de aprox. 650 km diam.
- Haces múltiples (37) con reutilización de frecuencias por satélite
- Conmutación automática a bordo / señal transferida de una célula a otra
- Conmutación de satélite a satélite
- Enlaces entre satélites a aprox. 20 GHz (Ka): 22.55 - 23.55 GHz aprox.
- Enlaces satélites → telepuertos: 18.8 - 20.2 GHz aprox.
- Enlaces telepuertos → satélites: 27.5 - 30.0 GHz aprox.
- Ventajas de la órbita baja:
 - trayectoria corta ⇒ mayor potencia de transmisión
 - ⇒ terminales baratas / antenas sencillas
- Costo por terminal personal de telefonía:
aprox. US \$2,000



ON THE GROUND:

The nerve centre for the system's on-ground operations is the EUTELTRACS Hub station.

Situated just outside Paris, the Hub is the pivotal link between the vehicles, the satellites and the end users. The Hub is connected in turn to a series of Service Provider Network Management Centres (SNMCs) controlled by the service provider who operate EUTELTRACS for the end users.

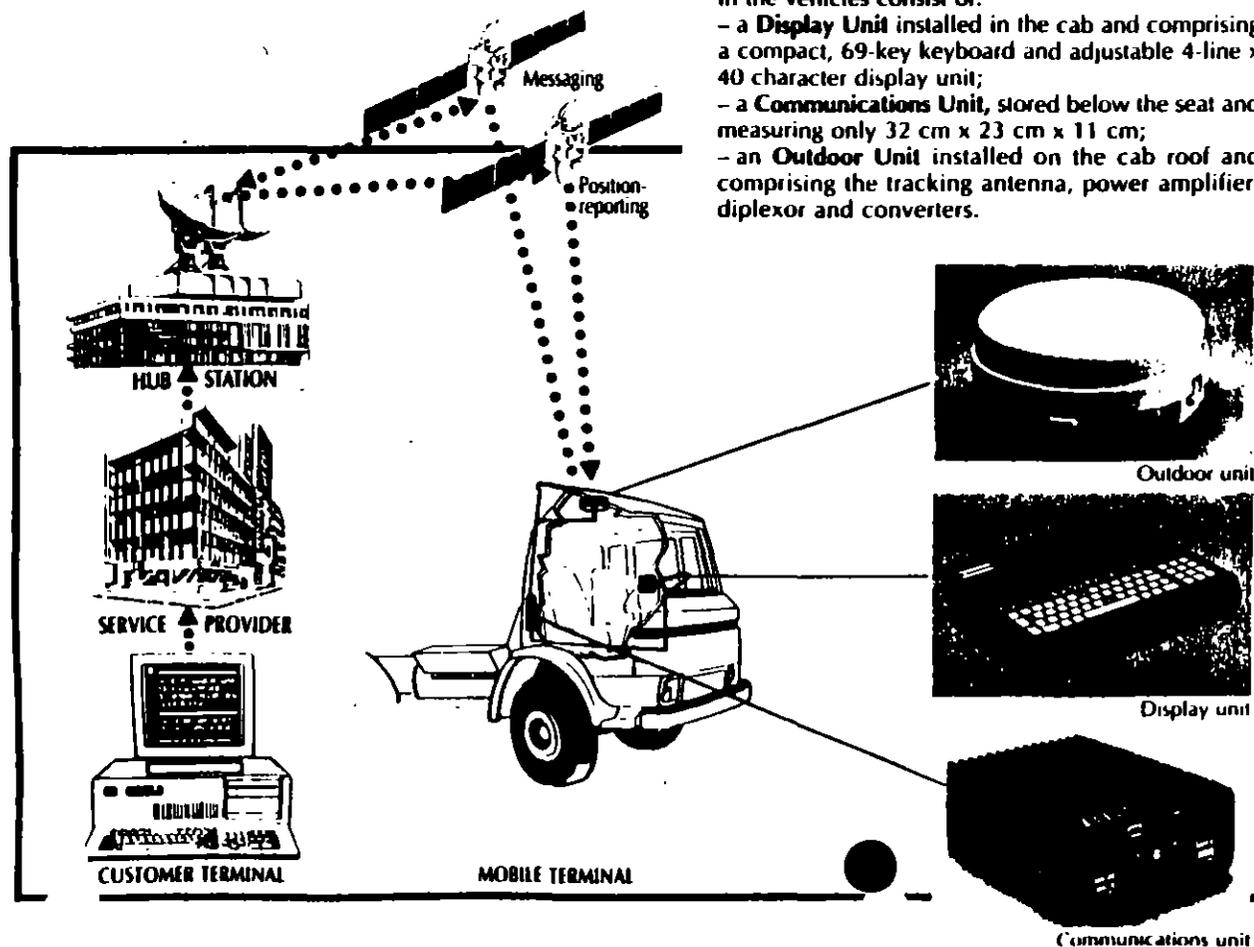
When a fleet operator decides to use EUTELTRACS, that company's fleet dispatch centre is linked via an interface to an SNMC.

THE EUTELTRACS EQUIPMENT:

The **Fleet Dispatcher** controls the service from his premises using an ordinary PC linked directly to a regional Service Provider. The PC is fitted with an auto dial-up interface and dedicated software. This includes all the message-exchange, mapping and vehicle history capabilities that are standard to the service.

The **Mobile Communications Terminals (MCTs)** fitted in the vehicles consist of:

- a **Display Unit** installed in the cab and comprising a compact, 69-key keyboard and adjustable 4-line x 40 character display unit;
- a **Communications Unit**, stored below the seat and measuring only 32 cm x 23 cm x 11 cm;
- an **Outdoor Unit** installed on the cab roof and comprising the tracking antenna, power amplifier, diplexer and converters.



COMO FUNCIONA EUTELTRACS

(satélites Eutelsat)

SERVICIOS EXISTENTES DE COMUNICACIONES MOVILES EN ESTADOS UNIDOS Y MEXICO

- QUALCOMM INC.: (EUA)

- Servicio "OMNITRACS" de mensajería y radiolocalización / banda Ku.
- Inicio en 1988 / Capacidad en satélites de GTE / 30,000 terminales en servicio.
- Creó una filial común con Alcatel Space, para inicial el servicio "EUTELTRACS" en Europa.
- Espectro expandido (CDMA)

- MOVILSAT: (MEXICO)

- Poca respuesta todavía.
- 50 terminales
- Banda Ku / antenas de escuadra con dipolo vertical.
- Propiedad mayoritaria de Televisa.
- 200 terminales en trámite.
- Satélites Morelos.

MSAT

El futuro sistema norteamericano de comunicaciones móviles (1994)

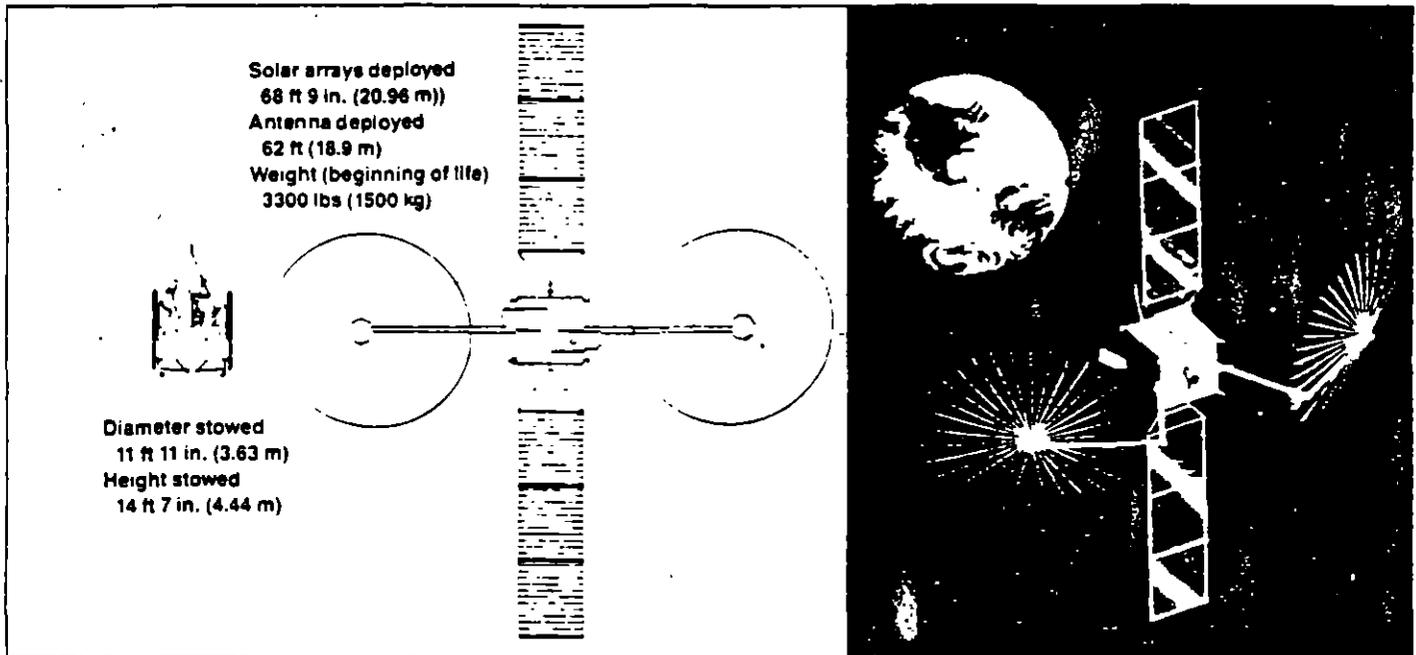
- Socios:**
- **EUA: AMSC (American Mobile Satellite Corp.) / Hughes, etc. (8 empresas)**
 - **CANADA: TMI (Telesat Mobile Inc.)**

- Satélites:**
- **1 cada uno / servicio complementario y respaldo.**
 - **Banda L: 1545 - 1559 MHz y 1646.6-1660.6 MHz**
 - **PIRE: aprox. 55 dBW / 11 haces puntuales / 4,000 circuitos de voz, 5 kz c/u**
 - **AMSC: 101° oeste / TMI: 106.5° oeste / Hughes-SPAR**
 - **Operaciones de tráfico aéreo, telefonía y mensajes para pasajeros / también terrestre y marítimo (costa \leq 300 km)**
 - **Se ofrecerá Tx datos, duplex, 300 b/seg, 600 b/seg**
 - **Tarifa base: aprox. \$70 US/mes, por vehículo**
 - **Equipo terminal: aprox. \$4,000 US**

MSAT

HUGHES

SPACE AND COMMUNICATIONS GROUP



Mobile Satellite System for the United States and Canada

The North American mobile satellite system (MSAT) will provide the United States and Canada with an unprecedented range of innovative mobile satellite services. By the mid-1990s, MSAT will be the first dedicated system in North America for mobile telephone, radio, facsimile, paging, position location, and data communications serving land, maritime, and aviation users. The mobile system will service the approximately 80 percent of Canada and the United States that lies outside the range of the two-way radio towers used by cellular systems.

American Mobile Satellite Corporation (AMSC) in Washington, D.C., and Canadian-based Telesat Mobile Inc. (TMI) have signed contracts with Hughes and Spar Aerospace Ltd. of Canada to build their respective satellites for the initial systems. Hughes' Space and Communications Group in El Segundo, California, will manage the program and provide the satellite buses. Spar's Satellite and Communications Systems Group will provide the payloads and conduct spacecraft integration and testing at the David Florida Laboratories in Ottawa, Canada.

AMSC and TMI are jointly purchasing two of Hughes' newest line of satellites, the three-axis, body-stabilized HS 601, a high-performance spacecraft designed for the higher-power mission requirements of the 1990s. The HS 601 bus is mated with a high-power Spar payload. The payload is the result of a 10-year mobile payload technical development program supported by the Canadian federal government and Spar investment.

AMSC and TMI will each own and operate one spacecraft. Both will provide complementary mobile services, and each will provide backup and restoration capacity for the other.

Both MSAT spacecraft are scheduled for launch in 1994. The HS 601 satellite has been designed to be compatible with the world's major launch vehicles, such as the United States' space shuttle, the Atlas 2A and Titan rockets, Europe's Ariane 4 booster, and China's Long March rocket. AMSC has been discussing a barter arrangement with NASA, which would handle the launch details in exchange for capacity on the satellite. TMI will obtain launch services through a competitive procurement; \$126.5 million Cdn capacity has been presold to the Canadian federal government.

The HS 601 spacecraft was introduced in 1987 to meet anticipated requirements for high-power, multiple-payload satellites for such applications as direct television

broadcasting to low-power, very small aperture terminals (VSATs), private business networks, and mobile communications.

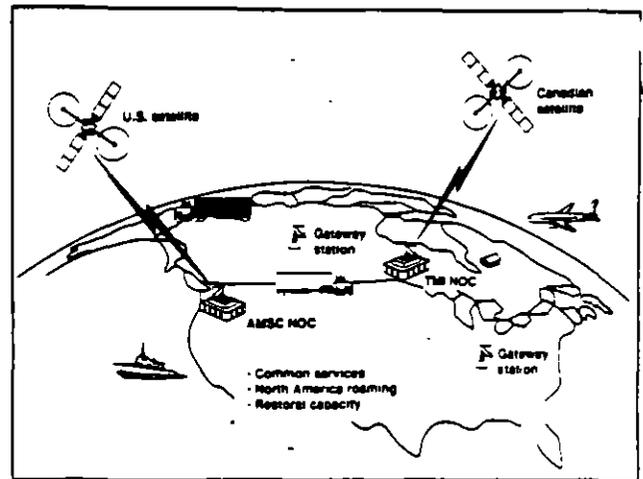
The MSAT satellites will each measure approximately 62 feet (18.9 meters) across with the antenna deployed, and 68 feet, 9 inches (21 meters) long from the tip of one three-panel solar array wing to the tip of the other. These arrays will generate a combined 3.15 kilowatts of electrical power, backed up by a 28-cell nickel-hydrogen battery for power during eclipse.

The arrays are folded alongside the spacecraft bus for launch, forming a cube almost 12 feet (3.63 meters) wide and 14 feet, 7 inches (4.44 meters) high. Launch weight depends on the vehicle chosen and the amount of fuel needed to maneuver the spacecraft into geostationary orbit. At beginning of life on orbit, the spacecraft will weigh approximately 3300 pounds (1500 kg). A flight-proven bipropellant propulsion system with an integral 110-lbf liquid apogee motor and 12 5-lbf thrusters afford a minimum 10-year service life.

The HS 601 body is composed of three modules: the primary structure that carries all launch vehicle loads and contains the propulsion subsystem; a honeycomb shelf that houses bus electronics and battery packs; and a second honeycomb shelf that holds the communications equipment and isothermal heat pipes. Antenna, antenna feeds, and solar arrays mount directly to the primary module, and antenna configurations can be placed on three faces of the bus. Such a modular approach allows work to proceed in parallel on the three structures, thereby shortening the manufacturing schedule.

Both MSAT spacecraft will have two 5-meter-by-6-meter mesh reflectors, illuminated by separate transmit and receive L-band cup dipole feed arrays. Each satellite will have the capacity to support up to 3200 simultaneous radio channels, depending on the type of antenna used and bandwidth allocated. Communications between the mobile users and the satellites are accomplished in L-band; terrestrial feeder stations will use Ku-band to communicate with the satellite and with one another.

Each satellite will use four spot beams at L-band frequencies to cover North America and 200 miles of coastal waters. Another beam serves Alaska and Hawaii. The Caribbean beam includes Puerto Rico, the U.S. Virgin Is-



MSAT will provide the U.S. and Canada with a full range of mobile satellite services.

lands, and Mexico. Each beam transponder is equipped with eight surface acoustic wave (SAW) filters covering the 29 MHz L-band mobile allocation, allowing selection of filters to match the traffic needs and to coordinate with other international users. Frequency reuse is incorporated between the North American east and west beams. The beams are combined into two L-band power pools, one covering the east and central beams, the other covering the remaining service areas. Each power pool is generated by a hybrid matrix amplifier assembly. The satellite will have 16 active and four backup Spar-designed solid-state power amplifiers (SSPAs) for L-band, each operating in a linear mode nominally at 38 watts.

L-band effective isotropic radiated power (EIRP) is 57.3 dBW. A 30-inch shaped reflector antenna connects the earth stations in Ku-band. Its EIRP is 36 dBW. Such high signal amplification by the satellite permits the use of small, low-power mobile and portable antennas, similar to those used for cellular phones. The Ku-band will be driven by two powerful traveling-wave tube amplifiers.

The AMSC/TMI contracts are the fifth and sixth for the HS 601 spacecraft. Other customers are AUSSAT Pty. Ltd., the U.S. Navy, Hughes Communications Inc., and Societe Europeenne des Satellites.

Hughes/Spar as a team has successfully built and launched seven spacecraft: three Anik Cs and two Anik Ds for Canada and two SBTS satellites for Brazil.

SCG 911412/5000/7-91

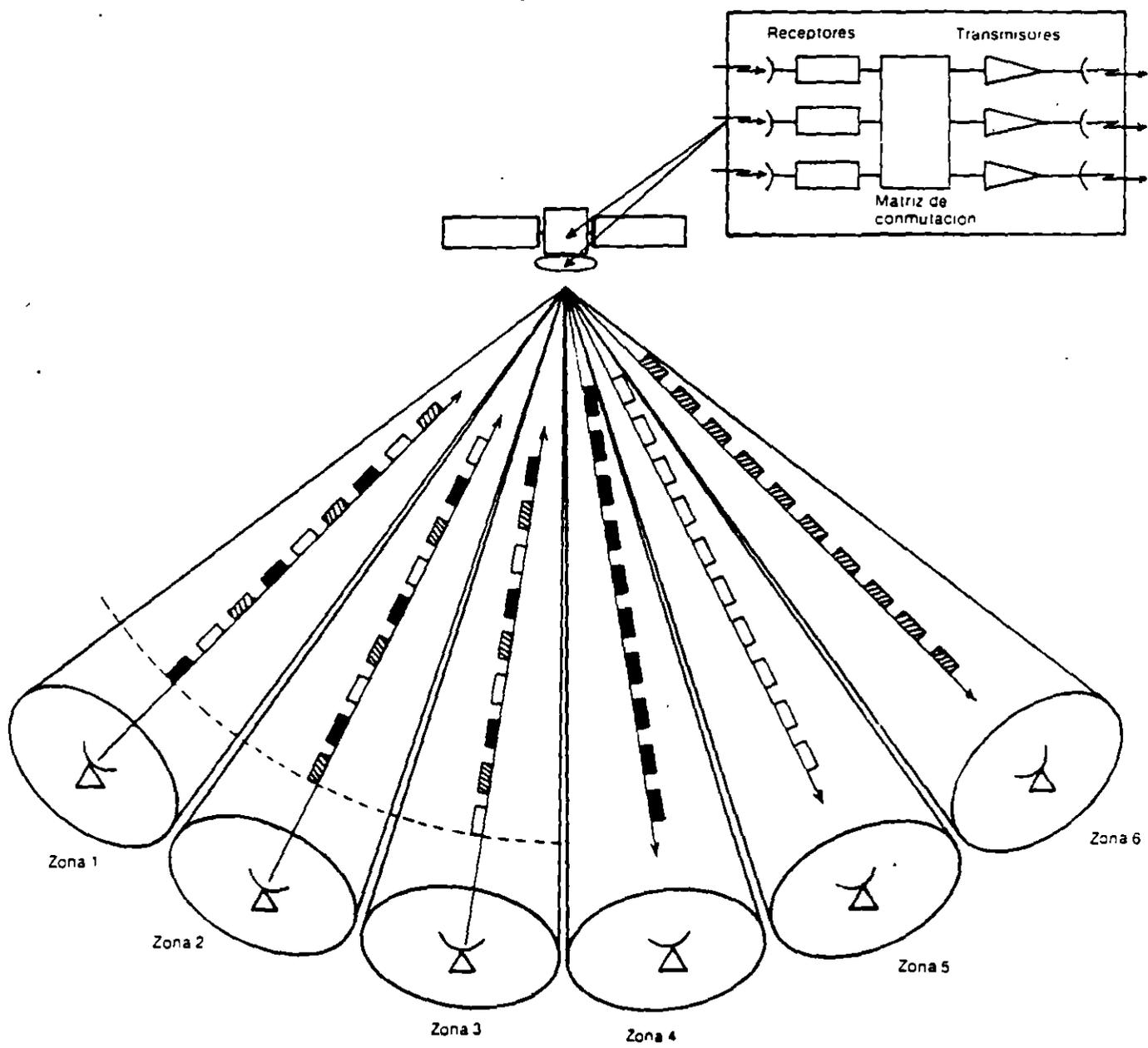
GROUP COMMUNICATIONS
SPACE AND COMMUNICATIONS GROUP
HUGHES AIRCRAFT COMPANY
EL SEGUNDO, CA 90245
USA

**- SATELITES REGENERATIVOS
Y CON HACES MULTIPLES**

**- FUTURAS GENERACIONES DE
SATELITES Y SERVICIOS**

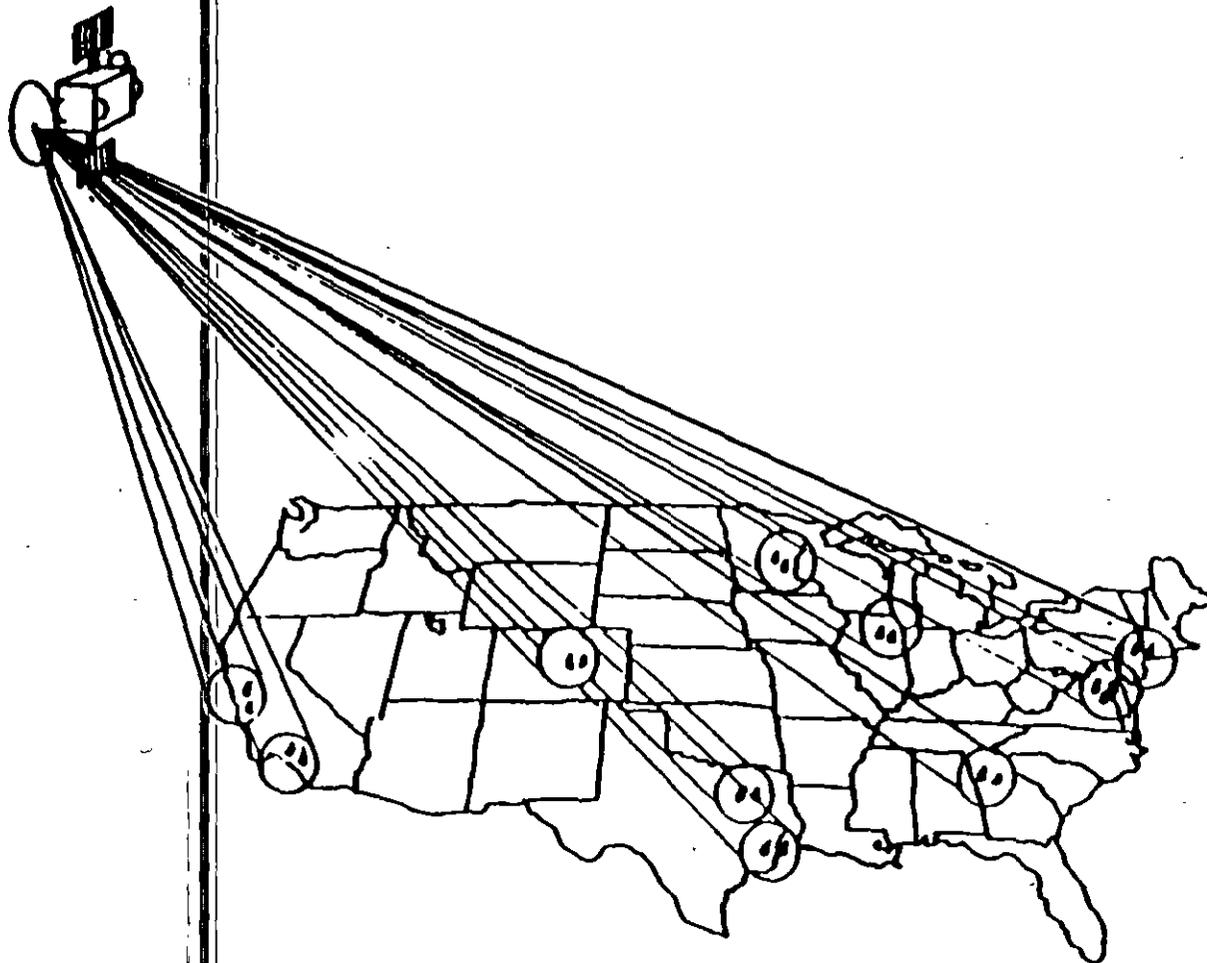
SATELITES CON HACES MULTIPLES Y TDMA CON CONMUTACION A BORDO

- Mayor capacidad de tráfico que los satélites con un solo haz.**
- Las estaciones distantes se pueden unir con mejor calidad por medio de puentes de haces separados.**
- Equipo más complejos para efectuar la interconectividad entre haces.**
- Sincronización.**
- Interferencia/limitación en el número de haces.**
- Bajo costo de las estaciones terrenas.**
- La distribución del tráfico debe planearse muy bien antes de construir el satélite; una mala planeación reduce la eficiencia del sistema.**
- Tecnología actual: sólo haces orientados mecánicamente (Olympus, Intelsat V)**

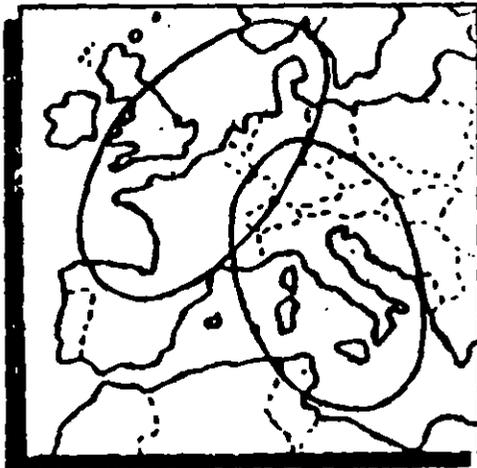


Acceso múltiple por división en el tiempo con conmutación a bordo del satélite (SS/TDMA). Cuando el número de zonas y haces aumenta, es posible utilizar las mismas frecuencias para haces de zonas no adyacentes (para evitar interferencias) y el ancho de banda disponible se aprovecha mejor varias veces; esta técnica se conoce como reutilización de frecuencia con aislamiento espacial.

POSIBLE COBERTURA DE UN SATELITE CON HACES MULTIPLES

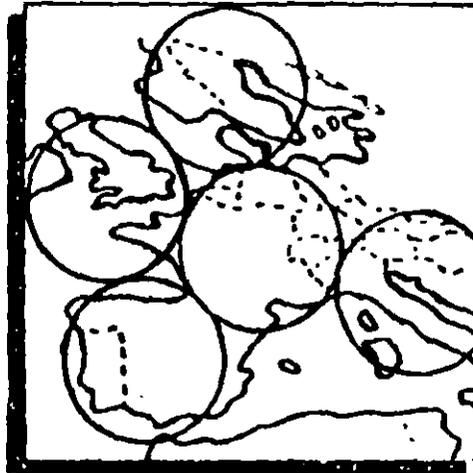


COBERTURA DE LOS HACES DE ILUMINACION DEL SATELITE OLYMPUS (1989, 19°O)



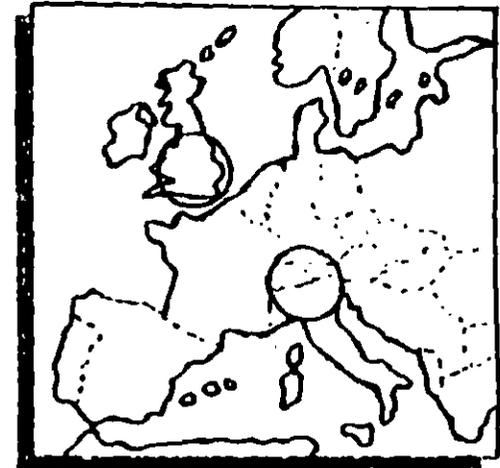
18/12 GHz

- 2 canales de 27 MHz
- 230 W/canal
- radiodifusión directa
- haces dirigibles / antenas móviles



12/14 GHz

- 5 canales de 18 MHz
- haces dirigibles en grupo
- Videoconferencias, datos, facsímil
- conmutación a bordo; SS/TDMA



20/30 GHz

- haces puntuales dirigibles / 0.6°
- Programa piloto
- Datos y Videófono

Specifications

Customer	NASA Lewis Research Center
Type	3-Axis Stabilized Communications Technology Satellite
Application	Testbed of New Technology Applications Available to U.S. Experimenters Free of Charge
Launch Vehicle	STS/TOS
Orbit Position	Geosynchronous, Equatorial, 100° West
Design Life	4 Years

Communications Payload

Frequency	3 Ka-Band Channels
Bandwidth	900 MHz Each Channel, 2.7 GHz Total
RF Power	46 Watts/Channel
Redundancy	1 Standby Channel (4 For 3 Redundancy)
Coverage	Two Contiguous Sectors in Northeastern U.S. Plus Sixteen Isolated Spot Beams Covering Selected U.S. Locations. Also Full Visible Earth Coverage Via Mechanically-Steerable Spot Beam
Receive Antenna	2.2m Dish and 1m Steerable
Transmit Antenna	3.3m Dish and 1m Steerable
EIRP	Isolated Spot Beams: 60 dBW Contiguous Sectors: 59 dBW Steerable Beam: 55 dBW
Receiver Noise Figure ..	3.4 dB (HEMT Front-End)
On-Board Switching	High Speed Programmable 3 x 3 Switch Matrix to Provide Three Input and Three Output High Burst Rate (HBR) Channels with 900 MHz Bandwidth. Baseband Processor Provides Demodulation, Storage and Remodulation of Low Burst Rate (LBR) Data. Two 110 Mbps TDMA/DAMA Data Streams Assignable in Increments of 64 Kbits.
Fade Beacons	Stable Signal Radiated from Satellite in the Uplink (30 GHz) and Downlink (20 GHz) Frequency Bands to Permit Link Fade Measurements
Fade Compensation, HBR	Power Control on Uplink as Indicated by Monitoring Fade Beacon at Uplink Frequency, 16 dB Design Margin on Uplink and 8 dB Margin on Downlink
Fade Compensation, LBR	Combination of Convolutional Coding, Data Rate Reduction and Transmitter Margin. 15 dB Design Margin on Uplink and 6 dB Margin on Downlink

Electrical Power Distribution

Solar Array Output	1418 Watts (4 Years)
Battery System	2 NiCd Batteries of 19 AH Each. No Payload Operation During Eclipse
Power Bus	35.5 (±0.5) Volts with Full Array Illumination

Propulsion and Orbit Control

Design	Blowdown Hydrazine System with Redundant Thrusters and Four Tanks
Propellant	550 lbs
Thrusters	16 (0.2, 0.5, and 1.0 lbf)
Stationkeeping	±0.05°

Structure and Thermal

Structure	Length: 80"; Width: 84"; Depth: 75"
Solar Array	With Yoke, 46.9' Tip-to-Tip
Antenna Assembly	Height: 116" Above Antenna Panel; Width: 29.9' Deployed
Thermal Control	Passive Temperature Control: Blankets and OSR; Active Temperature Control: Solid State Controllers and Heaters

Attitude Control

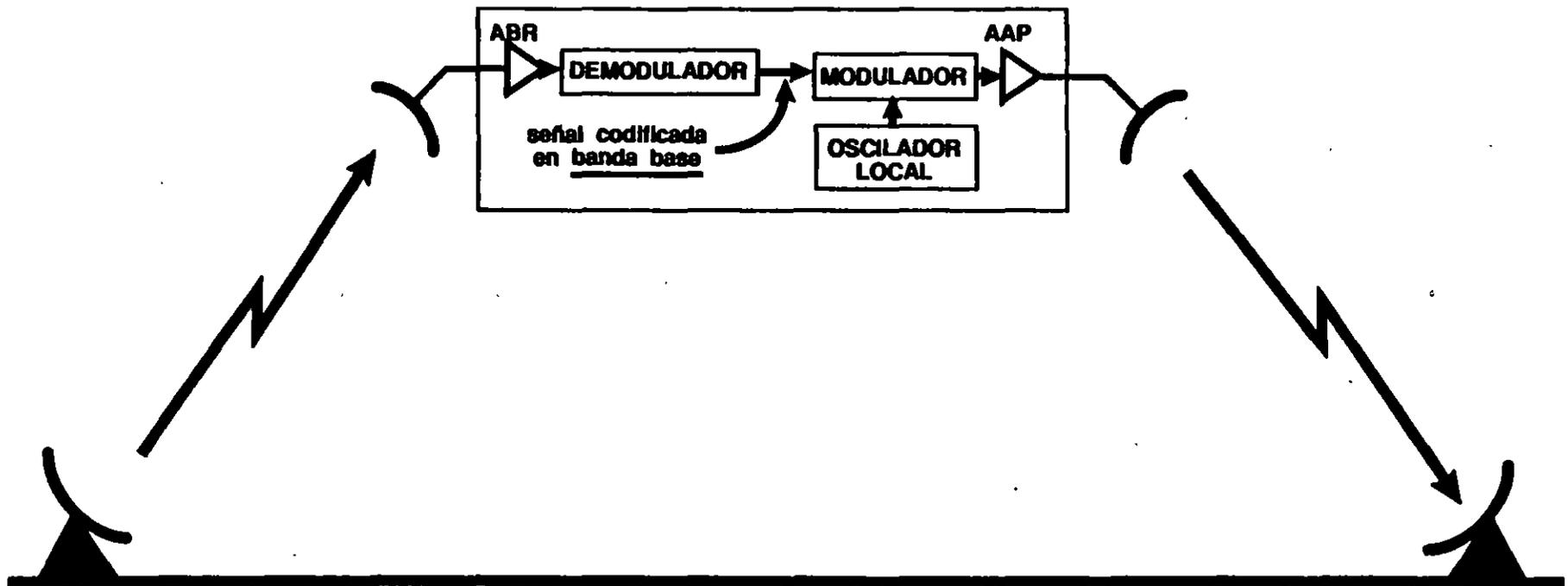
Transfer Orbit Control ..	Autonomous Nutation Control During Spin. Initial Pointing Provided by TOS stage
On-Orbit Control	3-Axis Stabilized via Earth and Sun Sensor and Momentum Wheel. Autotrack Ref. Used During Communications Experiment Periods
Pointing Accuracy	0.025° Pitch and Roll, 0.15° Yaw Using Autotrack, 0.1° Pitch and Roll, 0.25° Yaw Using Earth Sensor.
Offset Pointing Control ..	±6° Pitch, ±2° Roll

Command, Ranging and Telemetry

Command Frequency ...	Ka-Band; C-Band Backup and Transfer Orbit
Command Rate	100 pps FSK for Bus Functions 5000 pps SGLS for Payload
Command Capacity	379 Low Rate Discretes; 3 Serial Low Rate Data Streams; 256 High Rate Discretes; 3 Serial High Rate Data Streams
Telemetry Frequency ...	Ka-Band; C-Band Backup and Transfer Orbit
Telemetry Format	8 Bits/Word; 256 Words/Minor Frame; 25 Minor Frames/Major Frame; 1024 bps
Telemetry Capacity	312 Bilevel Words; 364 Analog Words; 6 Serial Words; Dwell Capability on Any Analog, Bilevel or Serial Word
Tracking Frequency	Ka-Band; C-Band Backup and Transfer Orbit;
Tracking Tones	4, from 35.4 Hz to 27.777 kHz

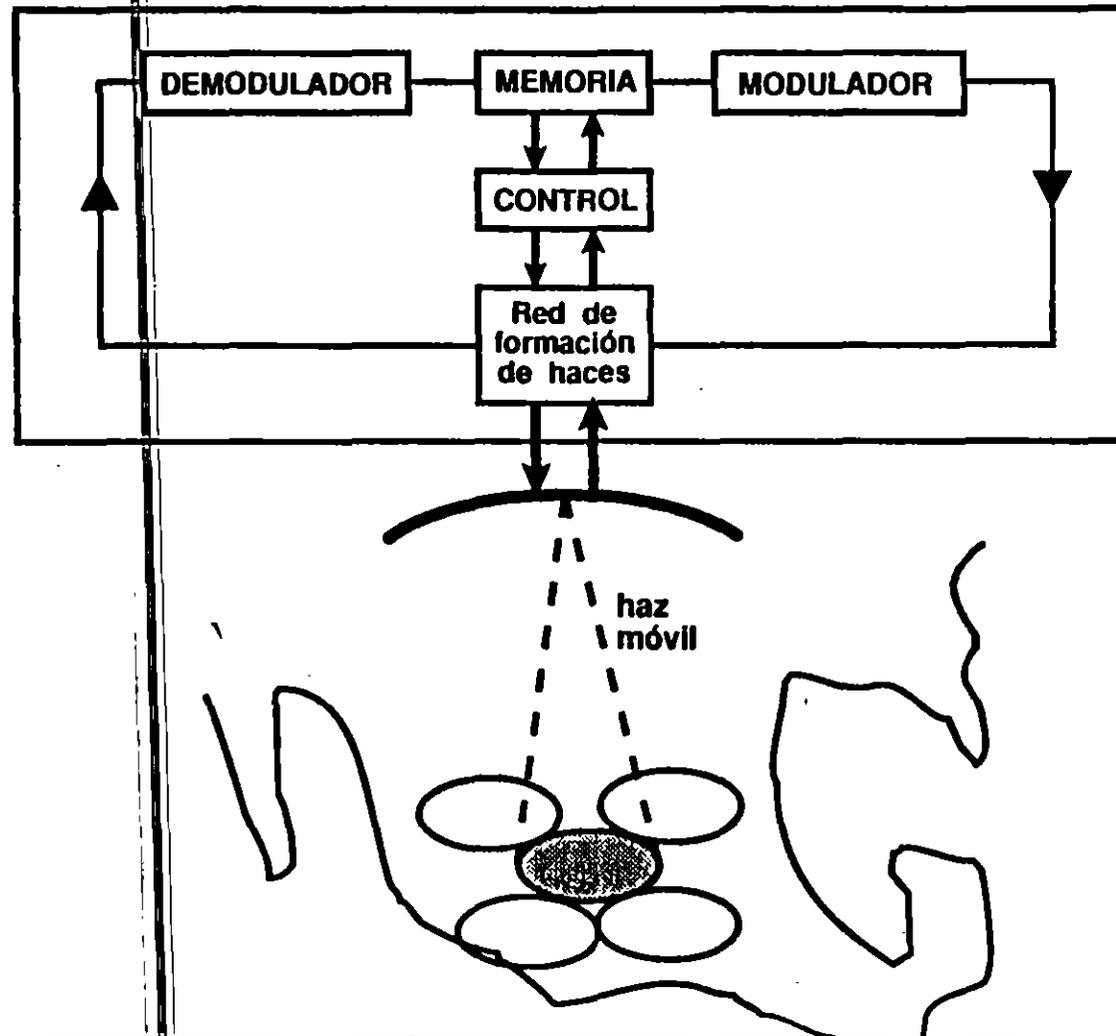


SISTEMAS REGENERATIVOS



- Los efectos del ruido en los enlaces de subida y bajada se separan.
- Se puede obtener la misma probabilidad de error que con un transpondedor convencional, bajo condiciones de mayor ruido de interferencia.
- La instalación de una memoria y circuito de control entre el demodulador y el modulador permite almacenar la información a bordo y redirigirla y retransmitirla en marcos de tiempo programados.

SISTEMAS REGENERATIVOS: ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION POR HACES MULTIPLES

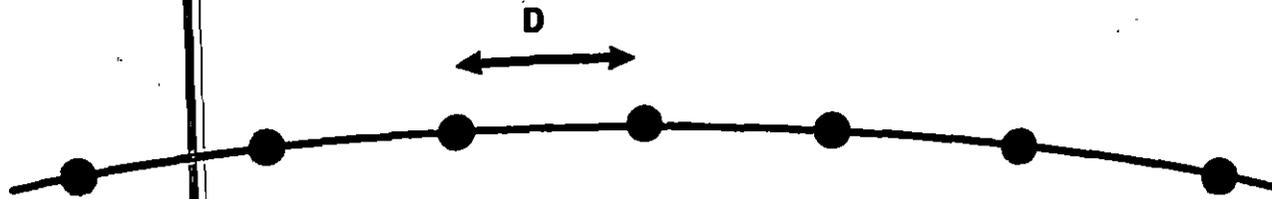


- Estaciones terrenas económicas y pequeñas, digitales y controladas por software.**
- La tasa de transmisión desde el satélite puede reducirse bajo condiciones de lluvia, gracias a la memoria del transpondedor.**

- Sincronización**
 - En cada intervalo de tiempo el haz móvil transmite el tráfico destinado a la zona iluminada, y la información recibida de esa zona la almacena y procesa.**

- ACTS experimental**
 - No hay satélites comerciales todavía**
 - Su uso comercial puede demorarse décadas**

CONGESTIONAMIENTO Y ESPACIAMIENTO ORBITAL

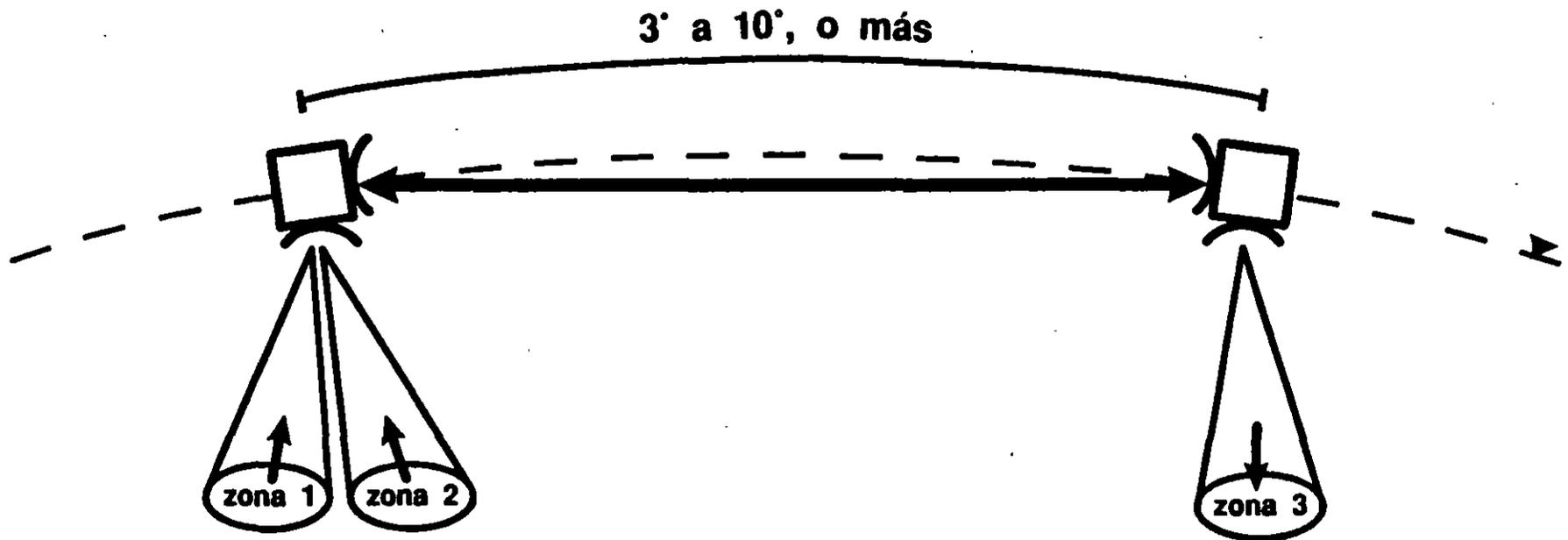


- Satélites que operan a las mismas frecuencias pueden producir interferencias entre sí.
- "D" era de 4 a 5°; ahora es de 2° (1° ≈ 700 km)
- "D" depende de varios factores técnicos:
 - patrón de las antenas (satélite y estaciones terrenas)
 - ancho de banda de transmisión
 - potencia de transmisión

Soluciones:

- Antenas más grandes (haces más angostos)
- Frecuencias más altas (haces más angostos para el mismo tamaño de antena)
- Control de los lóbulos laterales
- Enlaces entre satélites (menos congestión)

ENLACES ENTRE SATELITES



- Concepto futurista, pero quizá más próximo que los satélites regenerativos.
- Se evitan dobles saltos y se ahorra el ancho de banda en uno de los saltos.
- Flexibilidad para colocar satélites en la órbita geostacionaria, cada vez más saturada, sin dejar de prestar el servicio en las zonas deseadas.

FRECUENCIAS PARA ENLACES ENTRE SATELITES

- **Microondas:** 22.55 - 23.55 GHz
32 - 33 GHz
 - se requieren antenas relativamente grandes
 - adecuadas para tasas bajas de transmisión.
- **Frecuencias ópticas:** $\lambda = 0.8 - 0.9 \mu\text{m}$
 - Las antenas podrían ser de 10 cm de tamaño
 - Adecuadas para tasas altas de transmisión
 - Dificultad de apuntamiento de las antenas (haz extremadamente angosto/movimientos de los satélites)

EVOLUCION DE LOS SERVICIOS POR SATELITE

Años 70

- **Telefonía de larga distancia / principalmente intercontinental**
- **TV punto a punto**

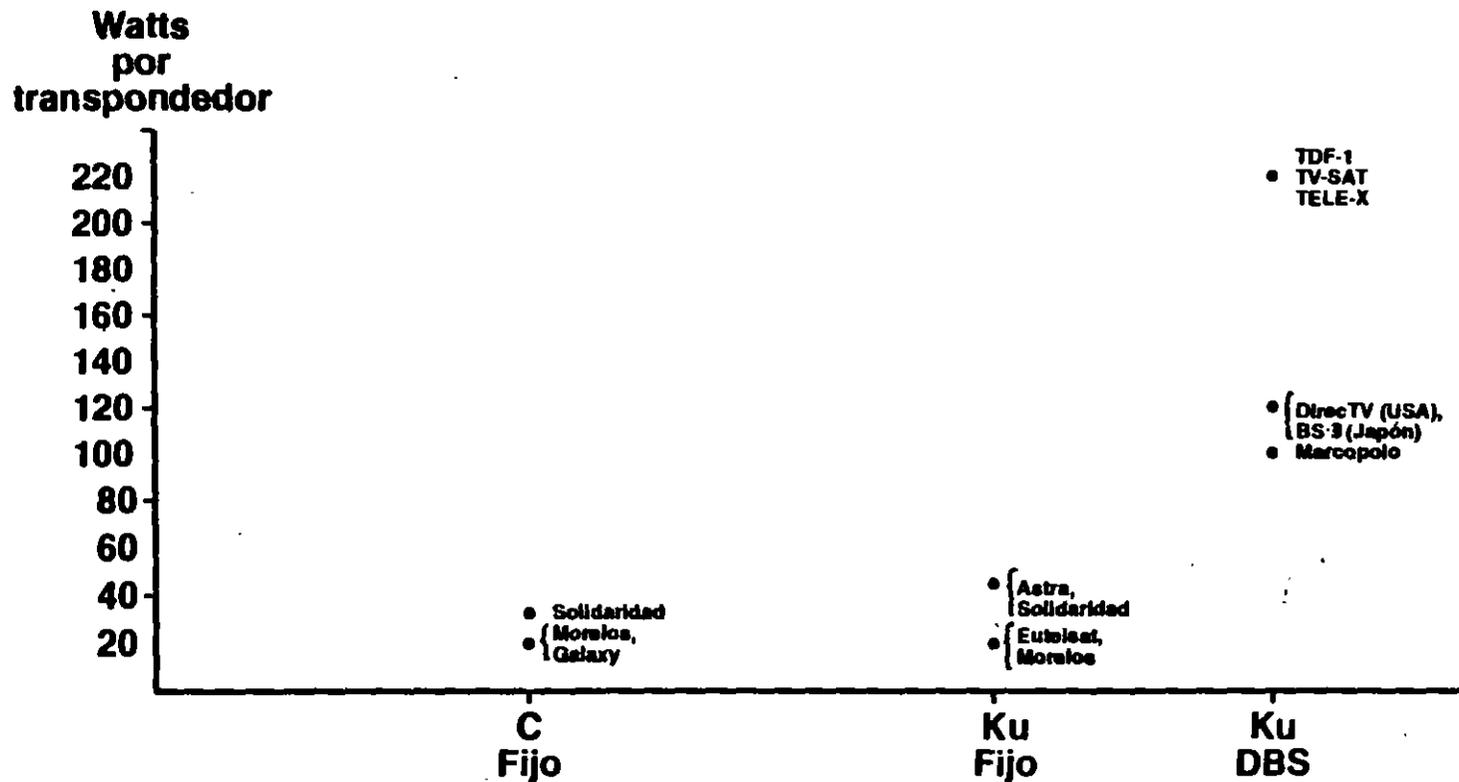
Años 80

- **Distribución de video y audio**
- **Datos punto a punto**
- **Distribución de datos**
- **Redes privadas**
- **Telefonía de larga distancia / nacional y regional**

Años 90

- **Migración de telefonía multicanal hacia fibras ópticas**
- **Distribución de video (DBS, HDTV) y audio**
- **Redes interactivas de voz y datos + teleconferencias (VSAT's)**
- **COMUNICACIONES MOVILES**
- **Rutas alternas y capacidad de respaldo**
- **???**

Transpondedores: tabla comparativa de potencias de satélites representativos

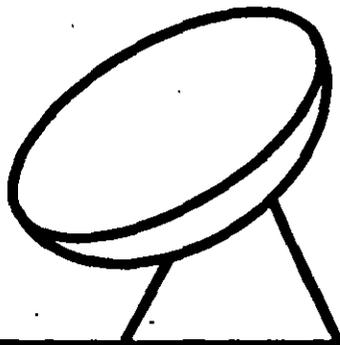


Nota.- También debe ser considerado el ancho de banda

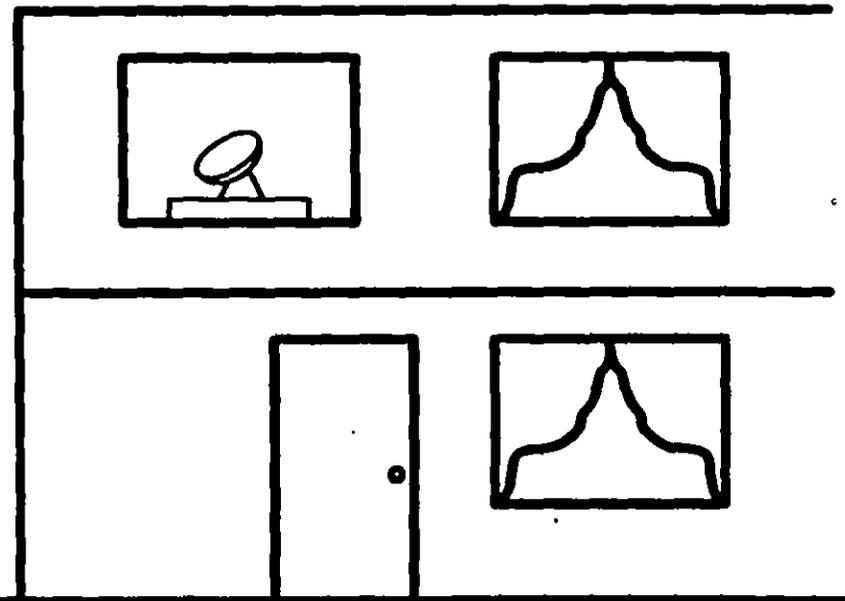
SERVICIOS Y ANTENAS CASERAS RECEPTORAS DE TV

- Actualmente 2m. o más (banda C)**
- DBS (Ku): 0.50 m. (interior, junto a la ventana)**
- Antenas planas**
- PROGRAMACION / verdadera innovación y creatividad**
- ESTANDARES INTERNACIONALES**
- HDTV: Doble ancho de banda que un canal de TV tradicional**

COMPARACION DE ANTENAS TVRO PARA "DBS"

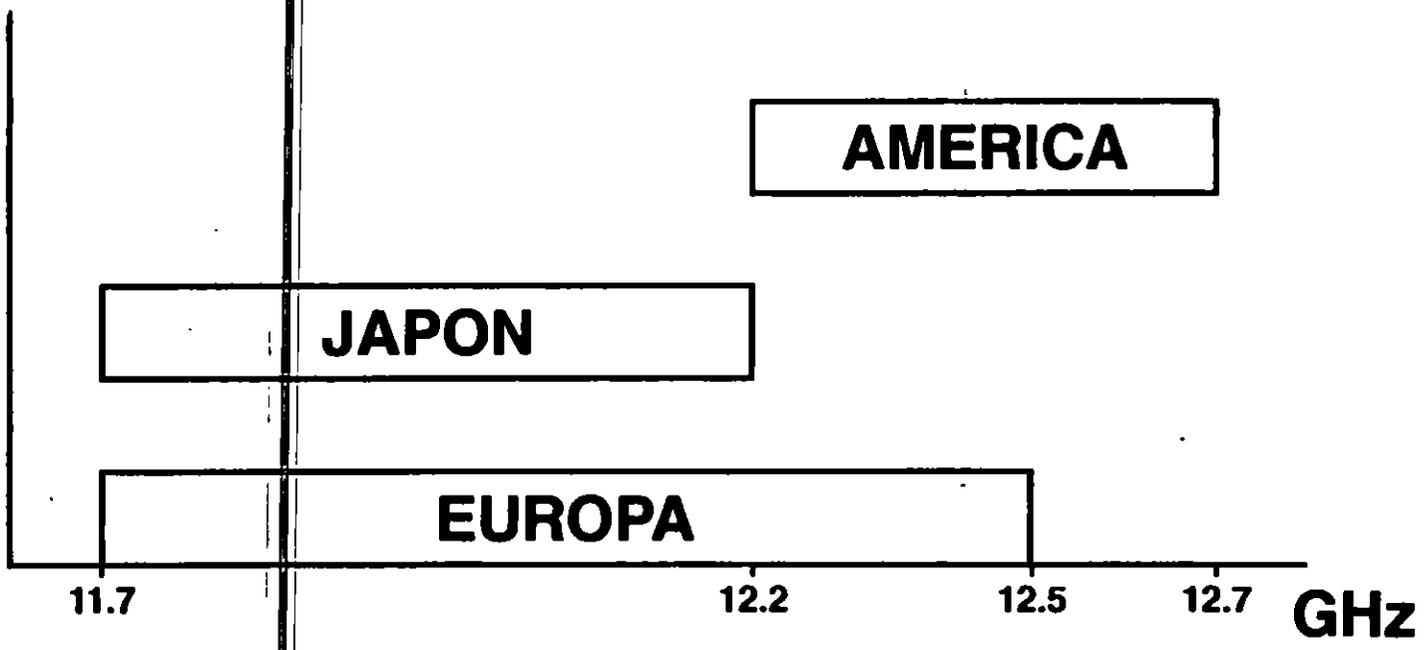


Banda C
 ϕ : 2 - 3 m



Banda Ku / potencia alta
 ϕ : 50 cm

RADIODIFUSION DIRECTA DE TV EN LA BANDA Ku



TECNOLOGIA DE LOS SATELITES DE COMUNICACIONES

② AÑO 2000 →

- Haces múltiples (formación y apuntamiento electrónicos)
- TDMA con conmutación a bordo
- Regeneración de las señales a bordo/corrección de errores
- Enlaces directos satélite-satélite (misma órbita/órbitas distintas)
- Explotación adicional de la banda Ka (ancho de la banda = 7 veces la de las bandas C o Ku)
- Satélites inteligentes
- Optimización de componentes/experimentación
- Autodestrucción anticontaminante



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL EN TELECOMUNICACIONES

MODULO 2: TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE

TEMA: CONFIABILIDAD DE LOS SATELITES Y CENTROS DE CONTROL

ING. SALVADOR LANDEROS AYALA

**Confiabilidad de los
satélites y centros
de control**

FUNCIONES DE LOS CENTROS DE CONTROL

- 1.- Pruebas y Ajustes de posición orbital.**
- 2.- Monitoreo de los subsistemas de los satélites.**
- 3.- Monitoreo de portadoras.**

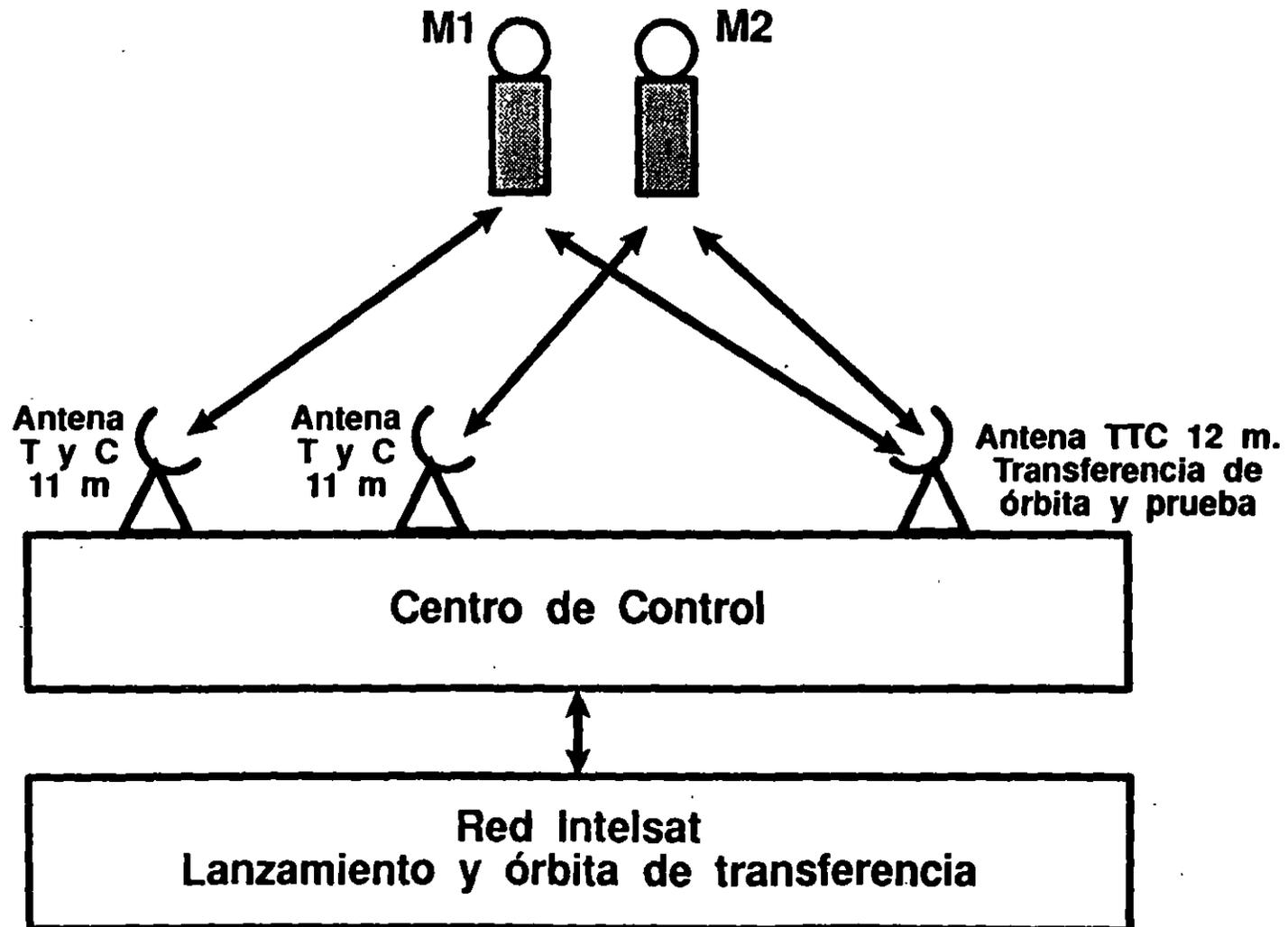
DESCRIPCION GENERAL

El Centro de Control se encuentra conformado por los siguientes subsistemas:

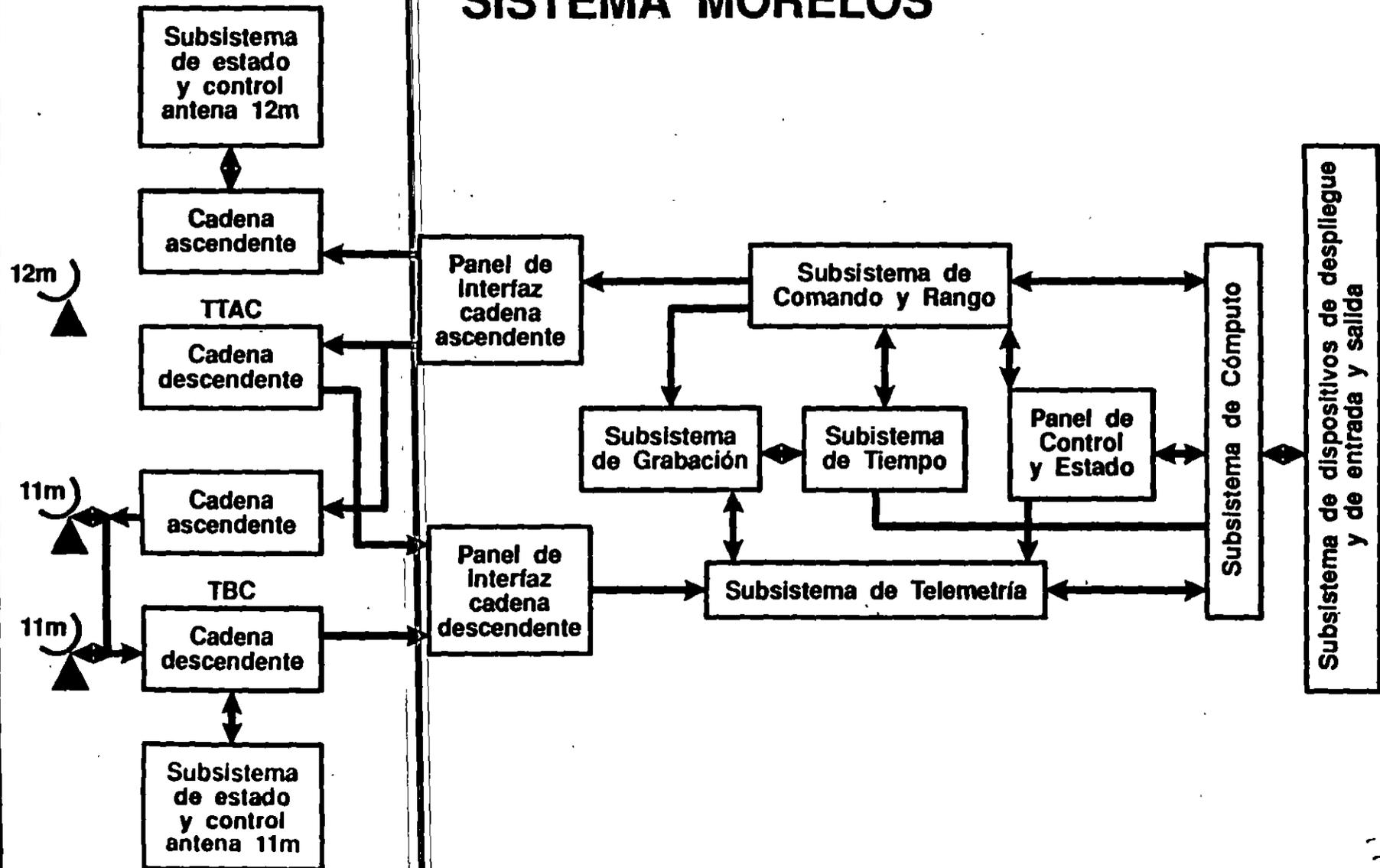
- Subsistema de Radiofrecuencia**
- Subsistema de Telemetría**
- Subsistema de Comando y Rango**
- Subsistema de Paneles de Estado y Control**
- Subsistema de Grabación**
- Subsistema de Tiempo**
- Subsistema de Computadoras y de dispositivos de entrada/salida.**

MEXICO

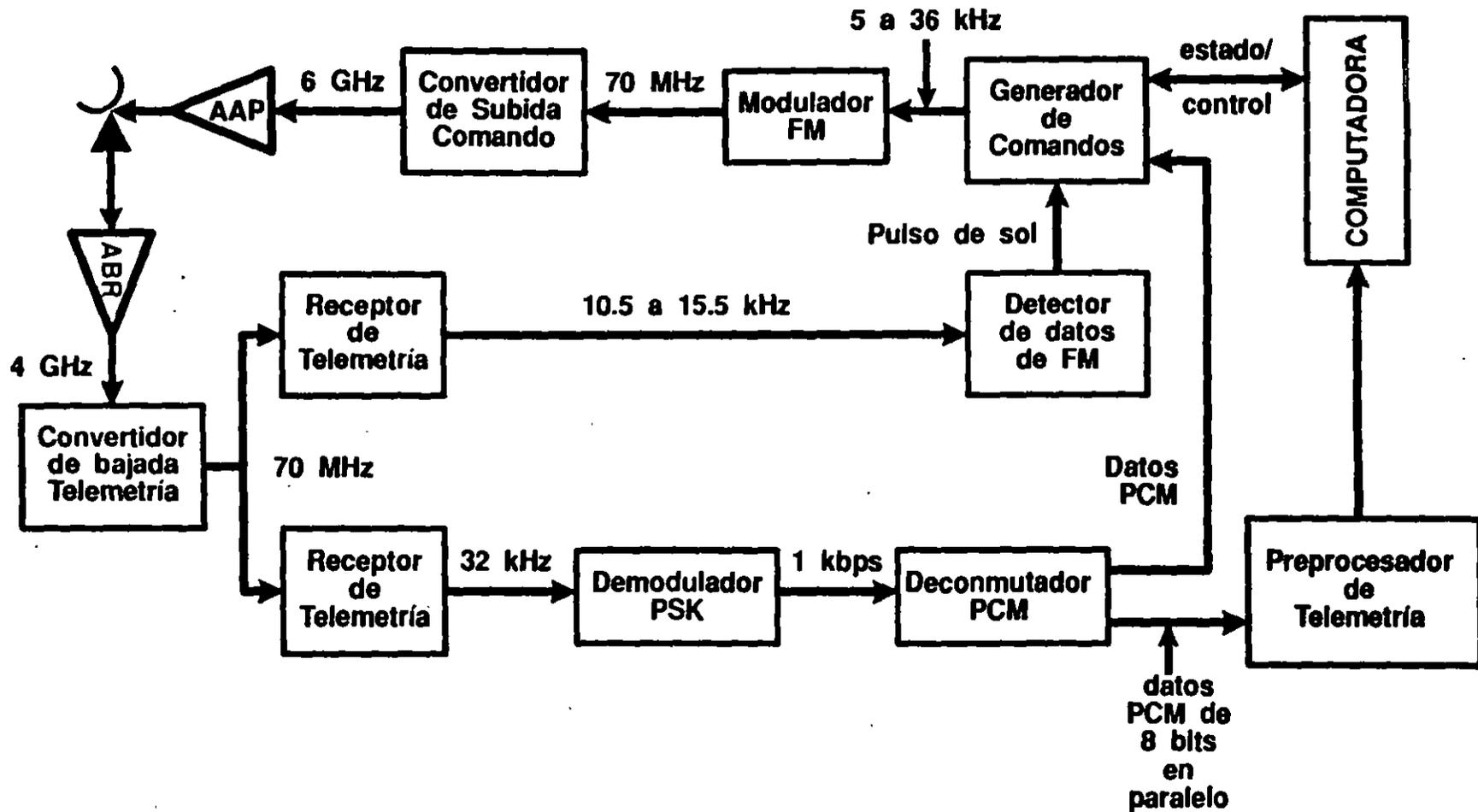
Centro de Control del Sistema Morelos



CENTRO DE CONTROL SISTEMA MORELOS



COMANDO Y TELEMETRIA



MEXICO

Centro Nacional de Monitoreo

M1 Antena
11 m.
banda C



M1 Antena
7.6 m.
banda Ku



M2 Antena
11 m.
banda C

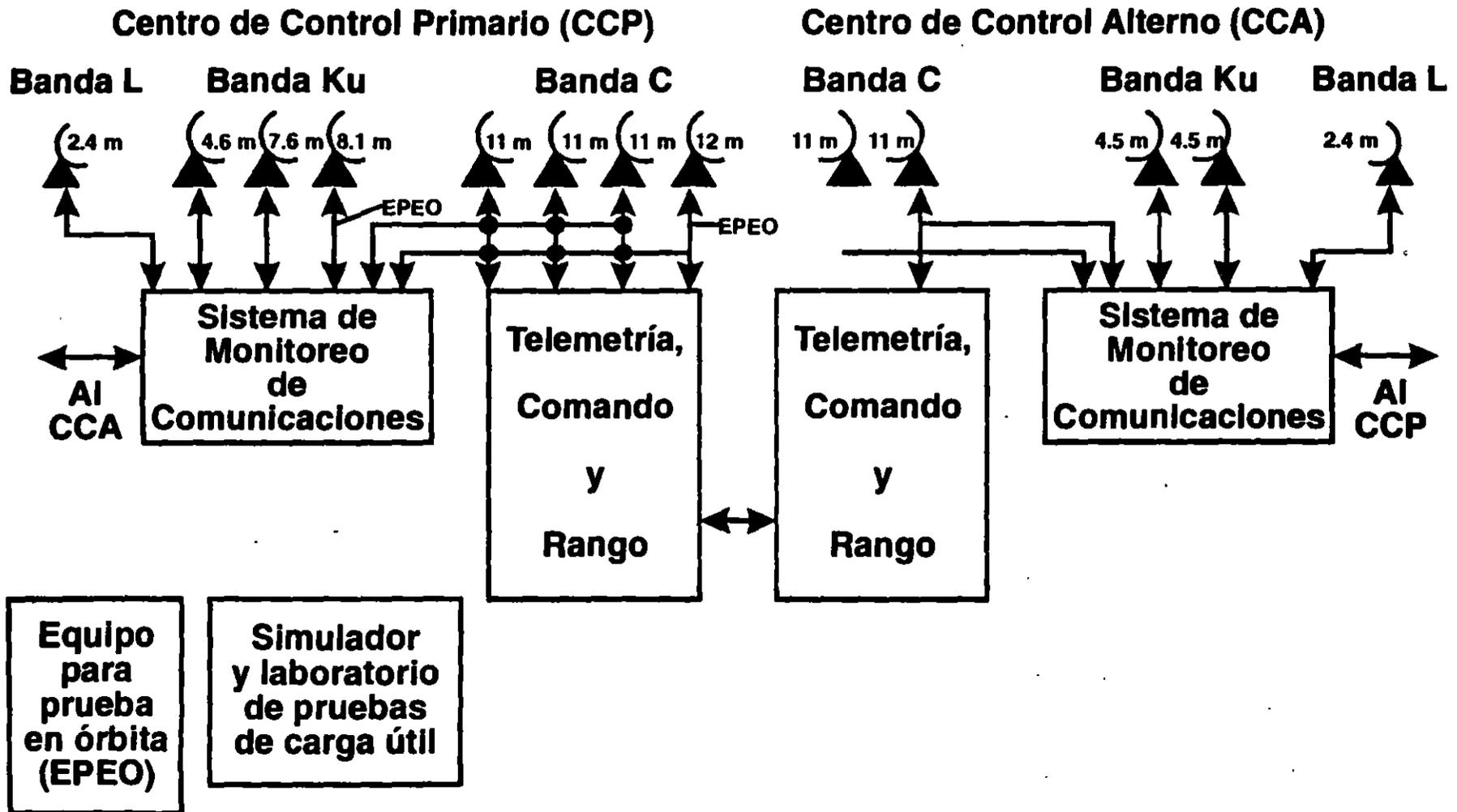


M1
y
M2 Antena
8.1 m.
banda Ku



CNM

SISTEMA DE SATELITES MEXICANOS CENTRO DE CONTROL



PERDIDAS EN ORBITA

Satélite	Usuario	Incidente
SBS 1	SBS	Pérdida de TWTA redundante y problemas con el mecanismo de apuntamiento de antena.
SATCOM 3R	RCA	Pérdida del receptor de comando de respaldo.
INSAT 1A	India	Pérdida excesiva de combustible. Cubierto por póliza de lanzamiento.
Westar 3	Wester Union	Pérdida de transpondedores redundantes.
SATCOM 4	RCA	Pérdida parcial de los receptores de comando de respaldo.
SATCOM 1R y 2R	RCA	Pérdida de algunos receptores de comando redundantes. No hay pérdida de la habilidad operacional.
ANIK D2	TELESAT	Pérdida de combustible. Cubierto por póliza de lanzamiento.
TELECOM 1A	FRANCIA	Pérdida de transpondedor.
BSZA	JAPON	Segundo transpondedor (con una falla con anterioridad en órbita dentro del deducible), en el 91 día después del lanzamiento.
TVSAT-1	ALEMANIA	Problemas con el mecanismo de despliegue de una antena que ocasionó dificultades para extender un panel solar.

INTELSAT V	INTELSAT	Fallas en órbita de los satélites INTELSAT F6 Y F7 en el paquete marítimimo y anomalías con la banda C. Reclamaciones pagadas bajo las pólizas de lanzamiento.
SPACENET	GTE	Pérdida del receptor de comando redundante.
LEASAT 2	HUGHES	Falla del banco de transpodedor al término de vida cubierto, pero la pérdida fue menor al deducible de la póliza.
LEASAT 4	HUGHES	Pérdida total de comunicación durante el período de lanzamiento y puesta en órbita.
PALAPA B1	INDONESIA	Pérdida excesiva de combustible durante el segundo año de operación en órbita.
ARABSAT	ARABIA	Dificultades operacionales debido a problemas de giro no afectando la operación de la nave. Reclamo dentro de la póliza de lanzamiento en disputa.
ASC 1	AMERICAN SATELLITE	Salida temporal debido a tormenta solar.
Morelos 1	MEXICO	Pérdida de dos TWTA en banda C y una en la banda Ku. Falla de un sensor de orientación.
Morelos 2	MEXICO	Falla de un CTR.
GEOESTAR	GEOESTAR	Paquete de receptores cesan funcionamiento durante la puesta en órbita, reclamo bajo la póliza de lanzamiento.
RCA Ku-2	RCA	Tres canales sufren anomalías en órbita debido a variaciones de temperatura y corriente.



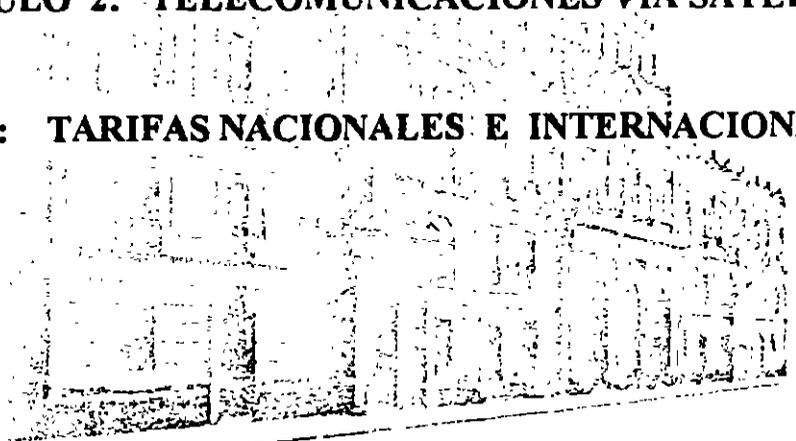
**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL EN TELECOMUNICACIONES

MODULO 2: TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE

TEMA: TARIFAS NACIONALES E INTERNACIONALES



Tarifas nacionales e internacionales

TARIFAS SERVICIOS DIGITALES

	Ancho de banda (MHz)	Potencia (dBW)	Costo Transpondedor (Dólares)
GSTAR I	54	44.4	160,000
SBS 6	43	42.4	140,000
ASC	72	42.4	140,000
SBS 2	43	47.0	170,000
Morelos	108	44.0	207,000
Solidaridad	54	47.0	231,840*

* Pronosticado

TARIFAS TELEVISION

	Protegido	No protegido	Sujeto a interrupción
Galaxy (36 MHz)	126,000	91,000	84,000
Morelos (36 MHz)	145,000	—	87,300
Spacenet (36 MHz)	135,000	100,000	93,000

TRANSPONDEDOR EN BANDA Ku

DESCUENTO POR RENTA A LARGO PLAZO SATELITE SBS2

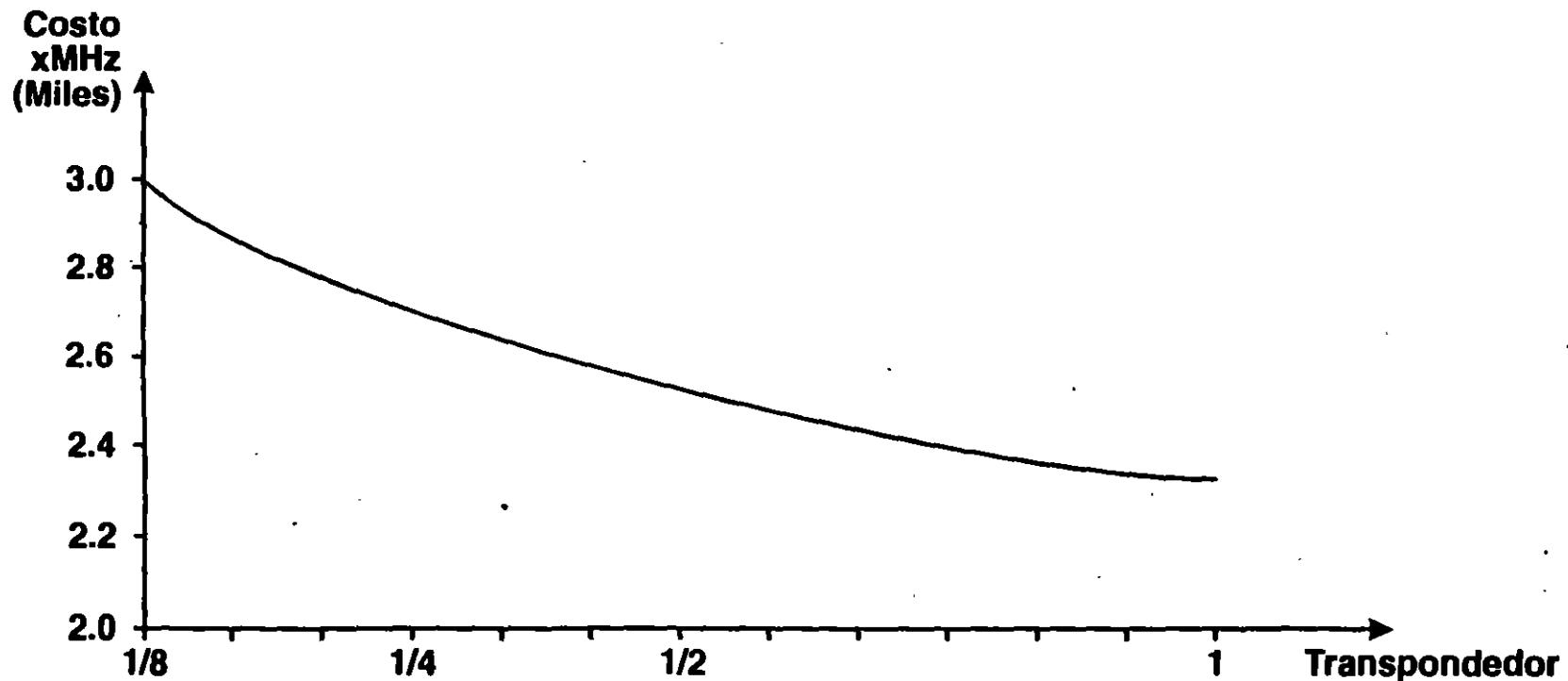
<u>Período</u>	<u>Costo</u>
1 Año	170,000
2 Años	150,000
3 Años	130,000

INTELSAT (C y Ku)

Velocidad	FEC = 1/2	FEC = 3/4
64 kbps	640	585
1.5 Mbps	9620	8810
2.0 Mbps	12835	11755

TARIFAS INTERNACIONALES

DESCUENTO POR VOLUMEN



PANAMSAT

Circuitos Internacionales por mes
Estados Unidos, Canadá, Europa, América del Sur, América Central y el Caribe

Velocidad	1 año	3 años	5 años	7 años
64 kbps	1,440	1,224	1,152	1,080
128 kbps	2,736	2,326	2,189	2,052
256 kbps	4,853	4,125	3,882	3,640
384 kbps	6,912	875	5,530	5,184
512 kbps	8,820	7,497	7,056	6,615
768 kbps	12,420	10,404	9,792	9,180
1.544 Mbps	16,560	14,076	13,248	12,420
2.048 Mbps	21,600	18,360	17,280	16,200

RATE 015

Signal conduction service through the Mexican Satellite System

I. *Permanent 24 hours a day service, during all the days of all the months, offered to conduct signals according to the same links, monthly.*

a) Space Segment C (monthly rates in US dollars):

TXP Type	Morelos II	Region 1 Protected	Solidaridad	
	Protected		Regions 2 and 3 Protected	Regions 2 and 3 Subject to interruption
N	100,000.00	120,000.00	140,000.00	105,000.00
W	150,000.00	180,000.00	—	—
1/2	80,000.00	100,000.00	—	—

b) Ku Band space segment, protected (monthly rates in US dollars):

Regions 4 and 5 (1/2 XPR)	115,000.00
---------------------------	------------

c) C Band ground segment (monthly rates in new pesos):

1. For each emission	5,000.00
2. For each reception	1,000.00

II. *Permanent television service for less than 24 hours a day, every day of the month, offered to transmit signals according to the same schedules and links, monthly, per hour or fraction of an hour:*

a) C Band Space Segment (monthly rates in US dollars):

XPR Type	Morelos II	Region 1 Protected	Solidaridad	Regions 2 and 3 Protected
	Protected		Protected	
N	12,500.00	15,000.00	17,500.00	
W	18,750.00	22,500.00	—	
1/2 W	10,000.00	12,500.00	—	

b) Ku Band Space Segment, protected (monthly rates in US dollars):

Regions 4 and 5 (1/2 XPR)	14,375.00
---------------------------	-----------

c) C Band Ground Segment (monthly rates in new pesos):

1. For each emission	500.00
2. For each reception	100.00

19
III. Occasional service, offered to transmit a signal one sole time based on a schedule and link defined for each occasion, for the first half hour or fraction thereof:

Space Segment (monthly rates in US dollars): 500.00

b) Alternatively, they can be contracted annually (monthly rates in US dollars):

<i>Hour per year</i>	<i>Charge for each half-hour or fraction thereof</i>
1 - 500	500.00
501 - 600	475.00
601 - 700	450.00
701 - 800	425.00
801 - 900	400.00
901 - 1 000	375.00
1 001 and so forth	350.00

c) C Band Ground Segment (monthly rates in new pesos):

1. For each emission	67.00
2. For each reception	20.00

d) For each additional 15 minutes or fraction of the initial half-hour, programmed more than 48 hours in advance, 50% of the before mentioned rates will be applied.

*** For additional audio channels offered to the same user on the sub-carrier of the television channel, and with a maximum of up to two, the rates of the space and earth segments of the corresponding bandwidth (7.5 to 15 KHz) will be applied to each channel, teleaudition service through the Mexican Satellite System.

RATE 016

Digital signal service through the Mexican Satellite System

1. Permanent service for digital channels with user added information speeds:

a) Space Segment in C Band, per channel, with added information speed, in kilobits per second (monthly rates in US dollars):

<i>Speed (KBPS) up to</i>	<i>Assigned power (dBw) up to</i>	Morelos II	<i>Assigned power (dBw) up to</i>	Solidaridad Region 1
32.0	4.22	123.00	4.72	130.00
64.0	7.23	245.00	7.73	260.00
128.0	10.24	490.00	10.74	520.00
256.0	13.25	980.00	13.75	1,040.00
384.0	15.01	1,470.00	15.51	1,560.00
512.0	16.32	1,986.00	16.82	2,108.00
768.0	18.02	2,940.00	18.52	3,120.00
1,544.0	21.21	6,125.00	21.71	6,500.00
2,048.0	22.00	7,350.00	22.50	7,800.00
3,200.0	24.22	12,250.00	24.72	13,000.00
4,096.0	25.01	14,700.00	25.51	15,600.00

b) Space Segment in Ku Band, per channel, with added information speed, in kilobits per second (monthly rates in US dollars):

<i>Speed (KBPS) up to</i>	<i>Assigned power (dBw) up to</i>	Morelos II	<i>Assigned power (dBw) up to</i>	Solidaridad Regions 4 and 5
32.0	6.92	193.00	13.39	350.00
64.0	9.93	386.00	16.40	700.00
128.0	12.94	772.00	19.41	1,400.00
256.0	15.96	1,547.00	22.42	2,811.00
384.0	17.73	2,325.00	24.22	4,234.00
512.0	18.97	3,094.00	25.45	5,622.00
768.0	20.77	4,680.00	27.28	8,574.00
1,544.0	24.00	9,853.00	30.51	18,052.00
2,048.0	24.75	11,700.00	31.26	21,437.00
3,200.0	26.58	17,829.00	33.30	34,300.00
4,096.0	27.50	22,024.00	33.76	38,110.00

II. Additional Power

For cases when a greater amount of dBw power than established in item I is required, the rates will be multiplied by the corresponding factor based on the following table:

<i>Power excess (dBw)</i>	<i>Factor</i>
1	0.26
2	0.59
3	1.00
4	1.52
5	2.18
6	3.00
7	4.04
8	5.36
9	7.00
10	9.00
20	99.00

The increase in power with fractionary values, will be subject to the factor resulting of interpolating between whole values.

RATE 038

22

International digital signal transmission service for added information speed in regions R2 and R3 of the Mexican Satellite System (*Solidaridad 1 and 2*)

Protected Service

C Band				
<i>Information Speed KBPS up to</i>	<i>BPSK (dollars)</i>	<i>FEC 1/2</i>	<i>QPSK (dollars)</i>	<i>FEC 3/4 QPSK (dollars)</i>
9.60	320.00		320.00	320.00
19.20	480.00		320.00	320.00
32.00	640.00		320.00	320.00
33.33	640.00		320.00	320.00
56.00	1,280.00		640.00	480.00
64.00	1,280.00		640.00	480.00
112.00	2,560.00		1,280.00	960.00
128.00	2,560.00		1,280.00	960.00
256.00	5,120.00		2,560.00	1,920.00
384.00	7,680.00		3,840.00	2,560.00
512.00	10,240.00		5,120.00	3,840.00
768.00	15,360.00		7,680.00	5,120.00
1,544.00	32,000.00		16,000.00	10,240.00
2,048.00	41,600.00		19,200.00	14,080.00
3,200.00	64,000.00		29,440.00	22,400.00
3,750.00	72,480.00		34,560.00	24,320.00

Subject to Interruption Service

C Band				
<i>Information Speed KBPS up to</i>	<i>BPSK (dollars)</i>	<i>FEC 1/2</i>	<i>QPSK (dollars)</i>	<i>FEC 3/4 QPSK (dollars)</i>
9.60	320.00		320.00	320.00
9.60	240.00		240.00	240.00
19.20	360.00		240.00	240.00
32.00	480.00		240.00	240.00
33.33	480.00		240.00	240.00
56.00	960.00		480.00	360.00
64.00	960.00		480.00	360.00
112.00	1,920.00		960.00	720.00
128.00	1,920.00		960.00	720.00
256.00	3,840.00		1,920.00	1,440.00
384.00	5,760.00		2,880.00	1,920.00
512.00	7,680.00		3,840.00	2,880.00
768.00	11,520.00		5,760.00	3,840.00
1,544.00	24,000.00		12,000.00	7,680.00
2,048.00	31,200.00		14,000.00	10,560.00
3,200.00	48,000.00		22,080.00	16,800.00
3,750.00	54,360.00		25,920.00	18,240.00

- A useful bandwidth is considered for 1/4 a 7.5 Mhz transponder and the corresponding price for a 1/4 transponder is 48,000.00 US dollars for protected service and 36,000.00 US dollars for service subject to interruption. (For multi-carriers half duplex.)
- The application of these rates will correspond to the percentage of the transponder that it employs, be it referred the bandwidth (Mhz) or to the power (dBw), whichever is greater.
The assignment will be carried out by Telecom.
- Power is considered useful for multi-carriers after the corresponding decrease in power to reduce back-off.

23

Service to large customers for the Mexican Satellite System (*Solidaridad 1 and 2*)

For one year contracts (monthly rates in US dollars):

C Band

<i>Region 1</i>	<i>Regions 2 and 3</i>	<i>Ku Band</i>			
<i>Fraction</i>	<i>p/s</i> <i>Type N</i>	<i>p/s</i> <i>Type w</i>	<i>p/s</i> <i>Type N</i>	<i>I</i> <i>Type N</i>	<i>p/s</i> <i>Regions 4 and 5</i>
25%	41,500.00	57,000.00	48,000.00	36,000.00	67,000.00
50%	69,000.00	100,000.00	83,000.00	62,250.00	115,000.00
75%	101,500.00	151,600.00	118,000.00	88,500.00	167,000.00
100%	120,000.00	180,000.00	140,000.00	105,000.00	200,000.00

Type N: Narrow Transponder

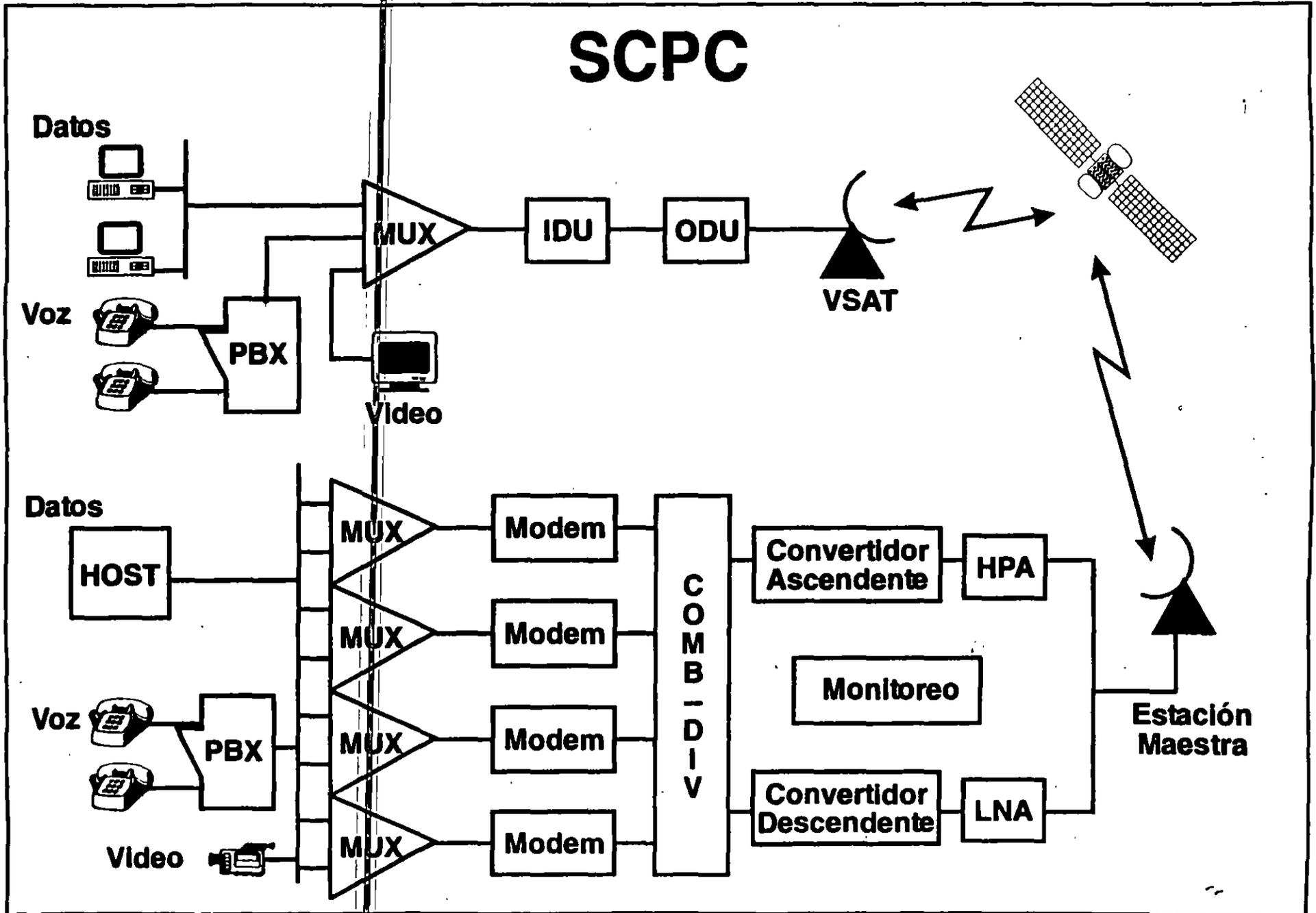
Type w: Wide Transponder

R1, R2, R3, R4 and R5: coverage regions of the *Solidaridad* satellites

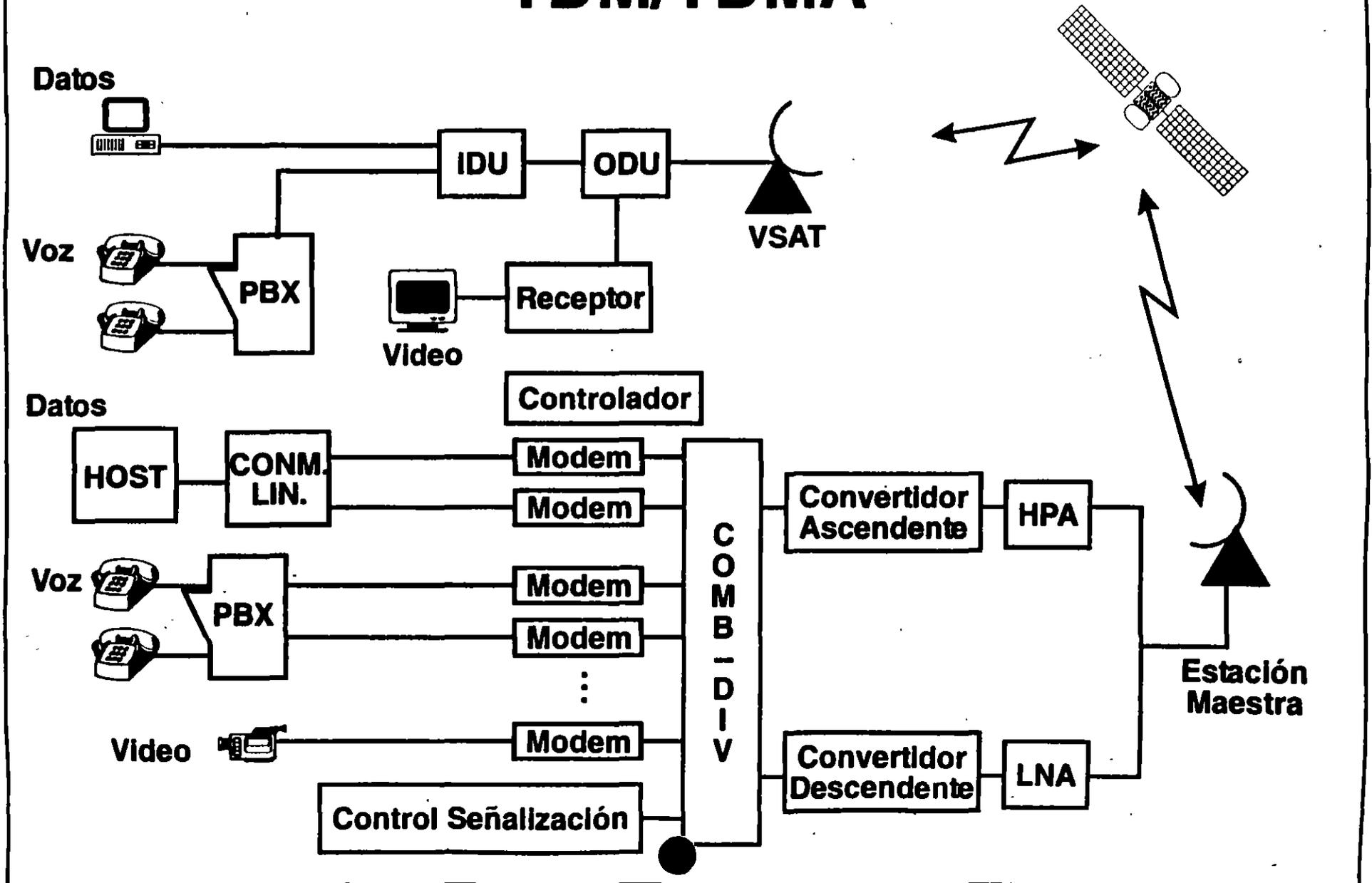
P/S: Protected service

I: Service subject to interruption

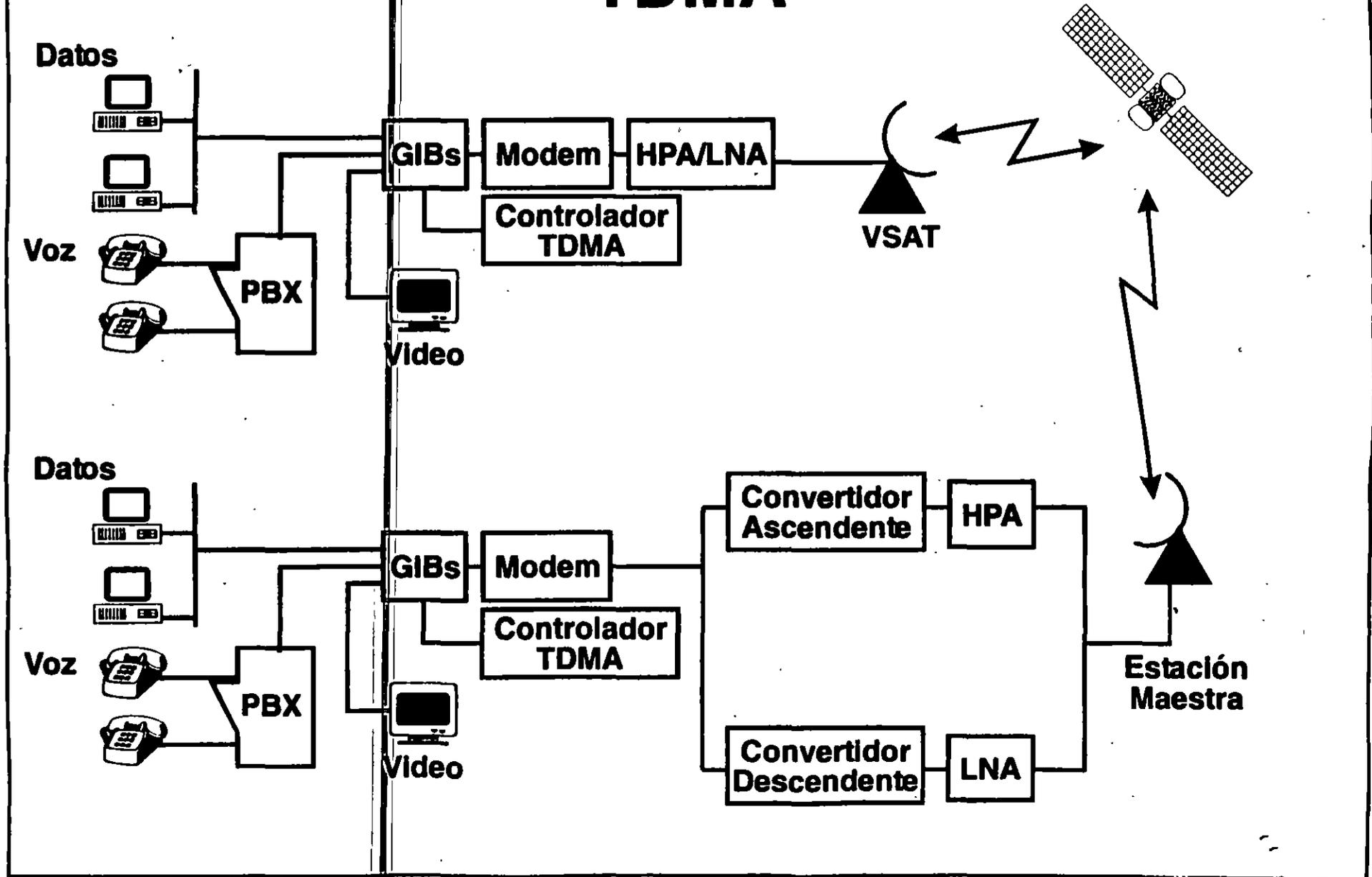
SCPC



TDM/TDMA



TDMA



PRINCIPALES PROVEEDORES

(orden alfabético)

Empresa	Actividad	Representante en México
ALCATEL (Francia)	Fabrica e integra	ALCATEL-INDETEL
HUGHES (E.U.)	Fabrica e integra	ROLM
NEC (Japón)	Fabrica e integra	NEC DE MEXICO
REDSAT (México)	Integra	REDSAT
Scientific Atlanta (E.U.)	Fabrica e integra	TSA
SPAR (Canadá)	Fabrica e integra	JL
STM (E.U.)	Fabrica e integra	ERICSSON
VITACOM (E.U.)	Fabrica e integra	VITACOM DE MEXICO

No. de Estaciones	SCPC		TDM/TDMA		TDM/TDMA SCPC DAMA		TDMA	
	S. Esp.	S. Terr.	S. Esp.	S. Terr.	S. Esp.	S. Terr.	S. Esp.	S. Terr.
30	60x64	93	512+ 256	80	8x64+ 37x35.2	100	1x4	200
40	80x64	85	512+ 256	80	10x64+ 49x35.2	100	2x4	200
50	100x64	80	512+ 2x256	80	12x64+ 61x35.2	100	2x4	200
60	120x64	77	512+ 3x256	70	15x64+ 74x35.2	90	2x4	180
70	140x64	77	512+ 3x256	70	17x64+ 86x35.2	90	2x4	180
80	160x64	75	2x512+ 4x256	60	19x64+ 98x35.2	80	3x4	160
100	200x64	73	2x512+ 4x256	60	24x64+ 123x35.2	80	3x4	160

EJEMPLO DE COSTOS

(3 voz + 3 datos)

Segmento Espacial + Segmento Terrestre

No. de Estaciones	SCPC	TDM/TDMA	TDM/TDMA SCPC DAMA	TDMA
30	6.7	4.0	6.1	10.6
40	8.4	5.1	8.0	15.3
50	10.2	6.5	9.9	18.3
60	11.8	7.0	11.1	21.3
70	13.7	8.0	13	24.3
80	15.6	8.3	13.7	28.9
100	19.2	10.0	17.2	34.9

- Voz comprimida a 9.6 kbps	- Voz comprimida a 16 kbps	- Voz comprimida a 32 kbps	- Voz comprimida a 16 kbps
- Estrella	- Estrella	- Voz malla	- Estrella ó malla
- Video separado	- Video separado	- Datos estrella	- Flexibilidad para video
		- Video separado	

Nota: precios promedio aproximados sujetos a cada caso y proveedor.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL EN TELECOMUNICACIONES

MODULO 2: TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE

**TEMA: COMPARACIONES TECNICAS Y ECONOMICAS ENTRE
RENTAR O ADQUIRIR UNA RED**

ING. SALVADOR LANDEROS AYALA

**Comparaciones técnicas
y económicas entre
rentar o adquirir una red**

SERVICIO DE VSATs

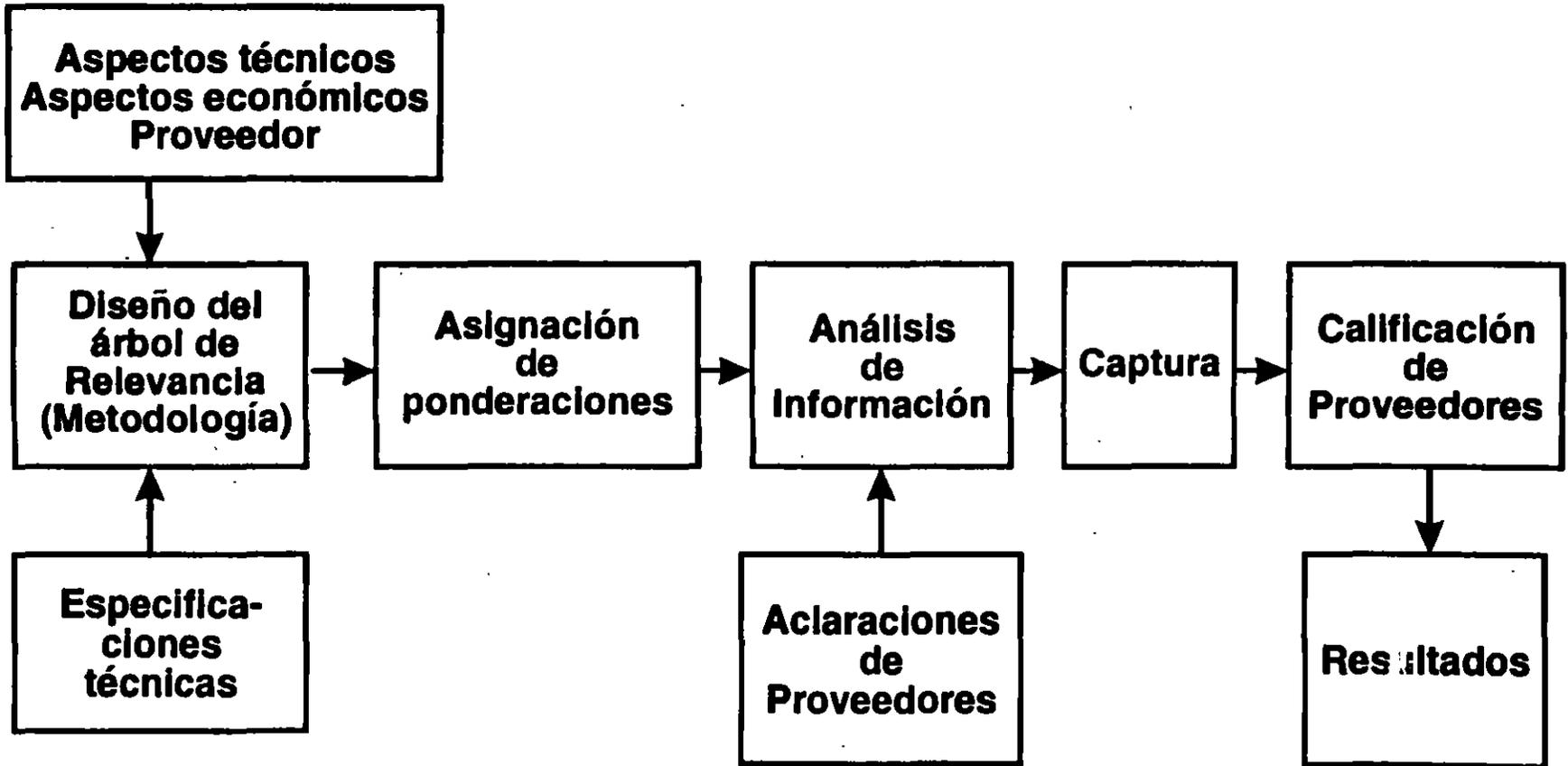
Empresa	Servicios	Cobertura
Telmex	Voz y datos	Maestra y VSATs
Telecomm	Datos	Maestra
Infratel	Datos	Maestra y/o VSATs
Iusacell	Voz y datos	Maestra y/o VSATs

TABLA COMPARATIVA

No. de Estaciones	Telmex	Telecomm	Infratel	Iusacell	Red Propia
30	2.21	2.04	2.10	2.16	3.08
40	2.95	2.70	2.75	2.88	3.70
50	3.70	3.36	3.37	3.60	4.50
60	4.42	4.30	3.98	4.32	5.10
70	5.14	4.90	4.61	5.04	6.21
80	5.88	5.37	5.23	5.76	6.78
100	7.34	6.72	6.48	7.20	7.96

Nota: Figuras ejemplificativas que dependen de las políticas de cada empresa al contratarse el servicio.

SELECCION Y COMPRA



ASPECTOS ECONOMICOS

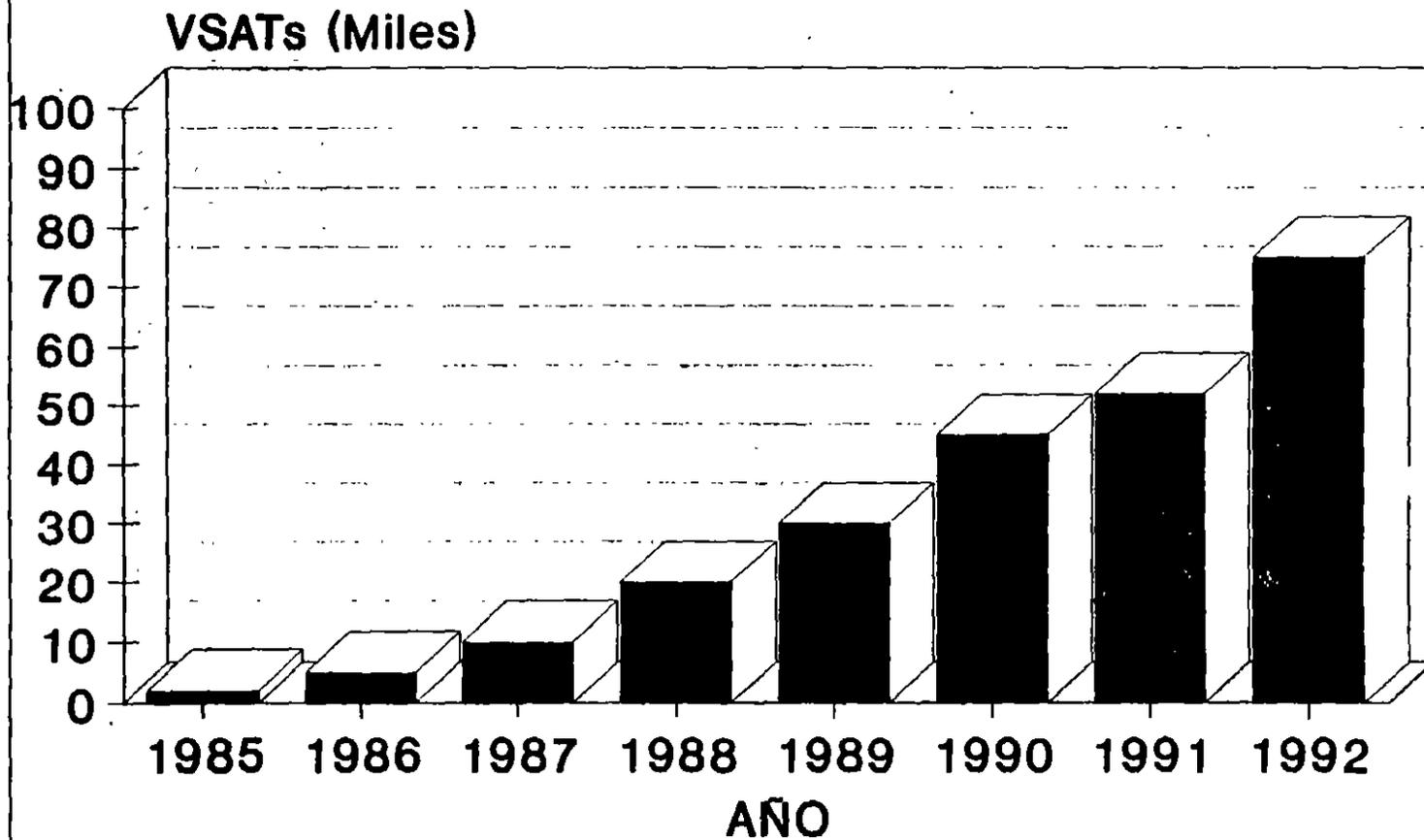
Precio

Condiciones de pago

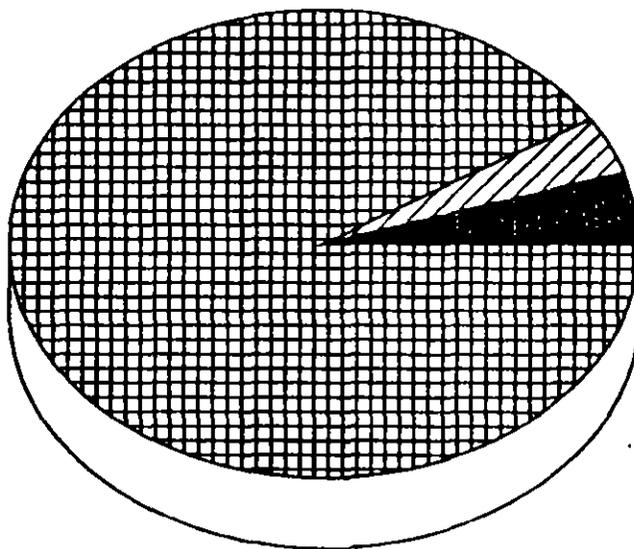
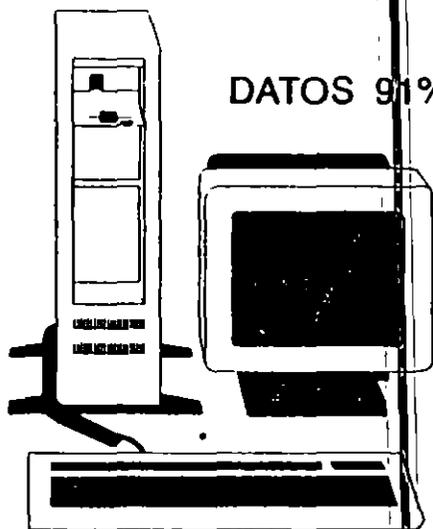
Garantía

Financiamiento

VSATs EN OPERACION (USA)

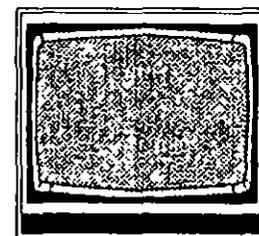


ESTADISTICA DE USO DE VSATs



VOZ 4%

VIDEO 5%



Mantenimiento de redes

MANTENIMIENTO

Mantenimiento preventivo

- **Verificación de la orientación de las antenas**
- **Limpieza del equipo de RF y revisión de conectores**
- **Revisión de niveles de RF**
- **Limpieza de modems y revisión de cableado y conectores**
- **Limpieza del convertidor ascendente y descendente**
- **Revisión de programación de multiplexores**

Mantenimiento correctivo

- **Detección de problemas**
- **Corrección de problemas**
- **Cambio de partes**

PERSONAL REQUERIDO

PARA LA OPERACION Y EL MANTENIMIENTO

No. de Estaciones	Personas
30	5
40	5
50	6
60	6
70	7
80	7
100	8

GASTOS DE MANTENIMIENTO

Proveedor

- **Contrato de Mantenimiento**

Usuario

- **Personal**
- **Gastos administrativos**
- **Viáticos y pasajes**
- **Refacciones**
- **Equipo de medición y herramientas**

Terceros

- **Contrato de mantenimiento**
- **Refacciones**

COSTOS DE MANTENIMIENTO

Proveedores	Usuario	Terceros
8-11%	6-8%	5-6%
<ul style="list-style-type: none">- No se requiere de personal- El proveedor conoce el equipo que repercute en mayor confianza	<ul style="list-style-type: none">- Se requiere personal- Se requiere de amplia capacitación- Se tiene independencia- Tiempo de respuesta inmediato	<ul style="list-style-type: none">- Se debe conocer bien a quien dará el mantenimiento



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL EN TELECOMUNICACIONES

MODULO 2: TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE

**TEMA: COMPARACION DE TECNICAS DE MODULACION Y
ACCESO**

ING. SALVADOR LANDEROS AYALA

Comparación de técnicas de modulación y acceso

MODULACION

MODULACION

PROCESO BASICO
(TRANSMISION)

ADECUACION DE LA SEÑAL
(INFORMACION)



DEMODULACION
(PROCESO INVERSO A LA MODULACION)

INFORMACION

ANALOGICA

- Audio
- Video
- Señales de Voltaje

(Señales "continuas en el tiempo")

DIGITAL (PULSOS)

- Telegrafía
- Códigos de Pulsos
- Computación

(Señales "pulsantes" en el tiempo)

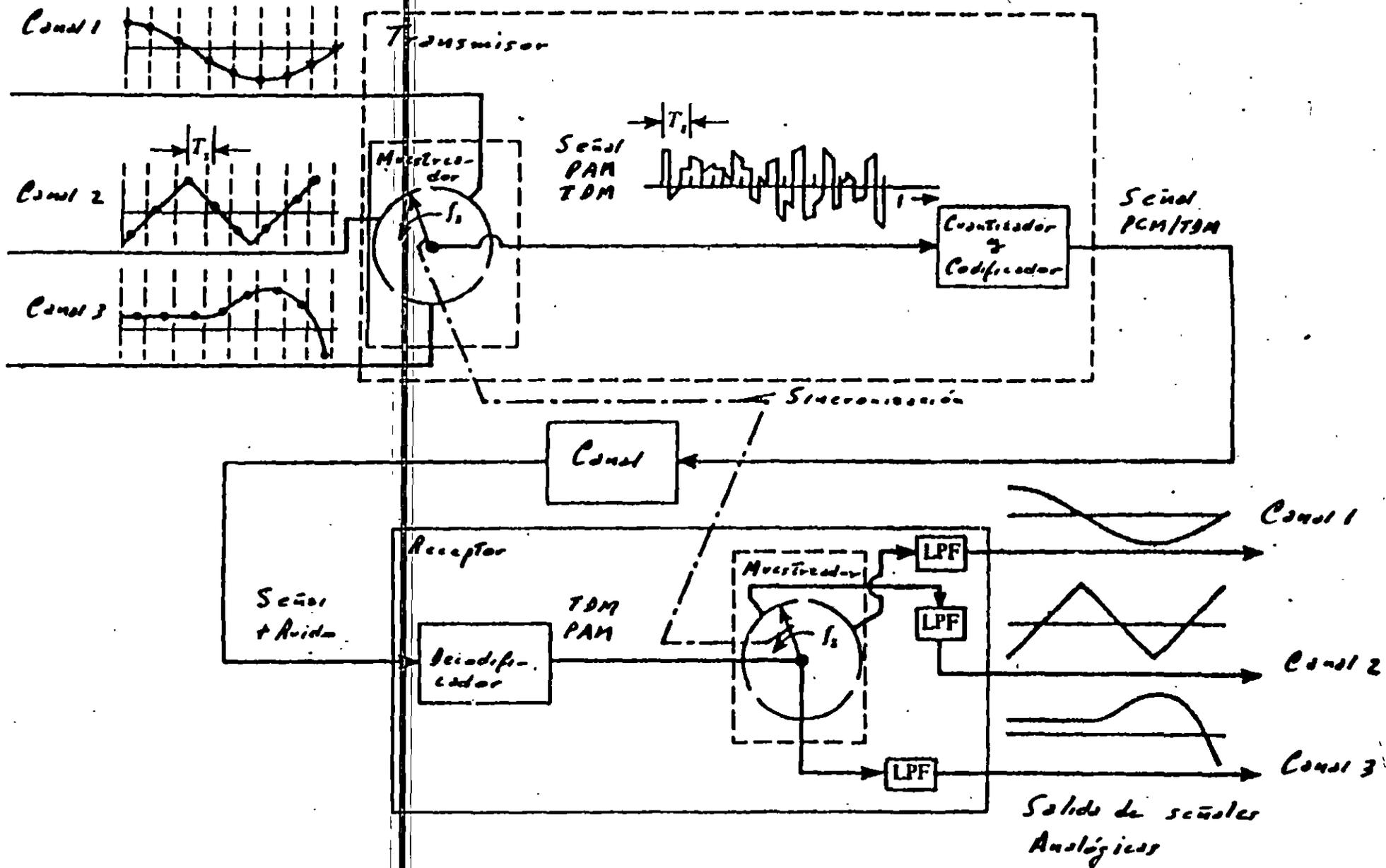
MODULACION DIGITAL

A) Codificación de la fuente

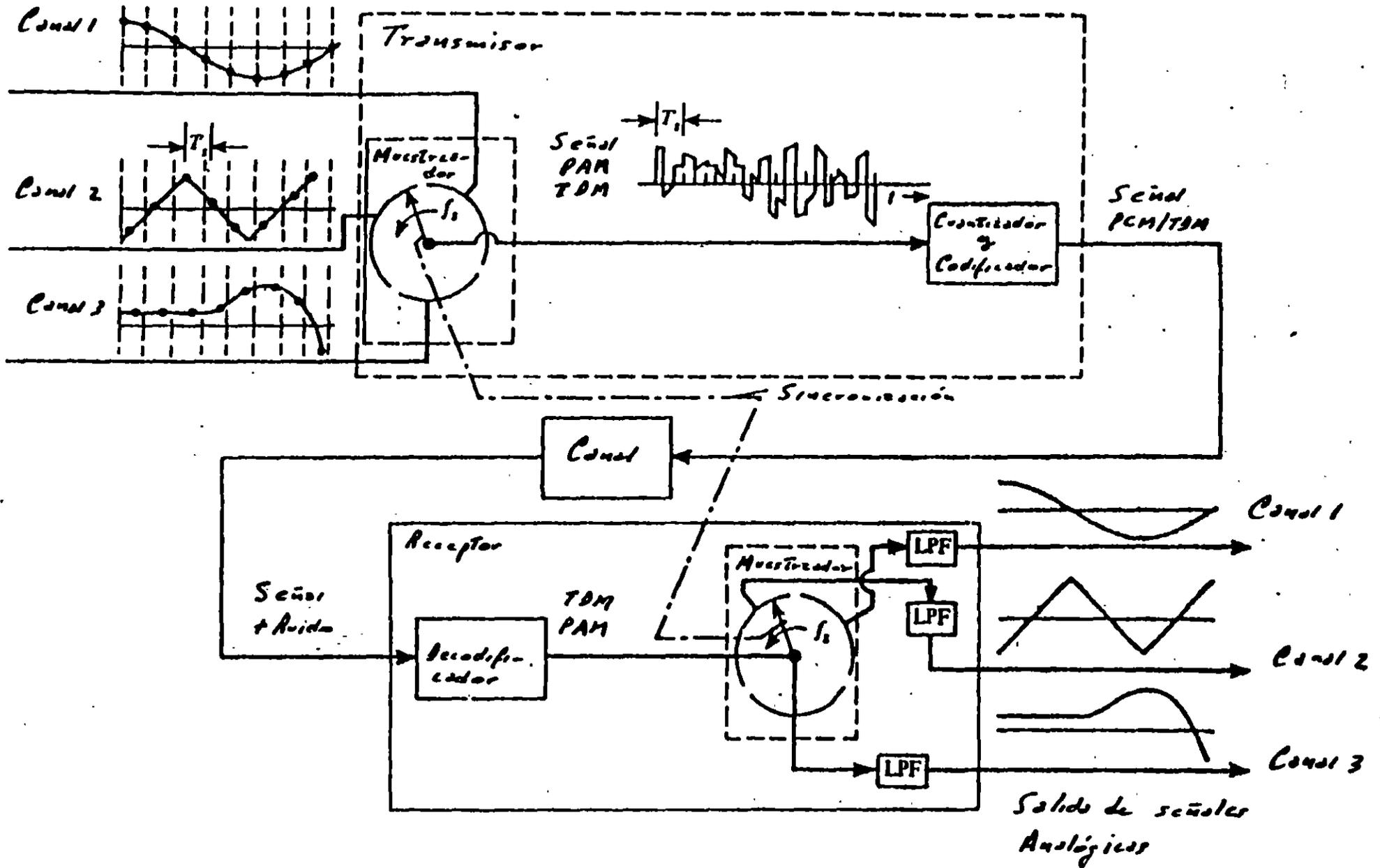
- PCM
- ADM
- ADPCM

B) Modulación

- ASK
- FSK
- PSK

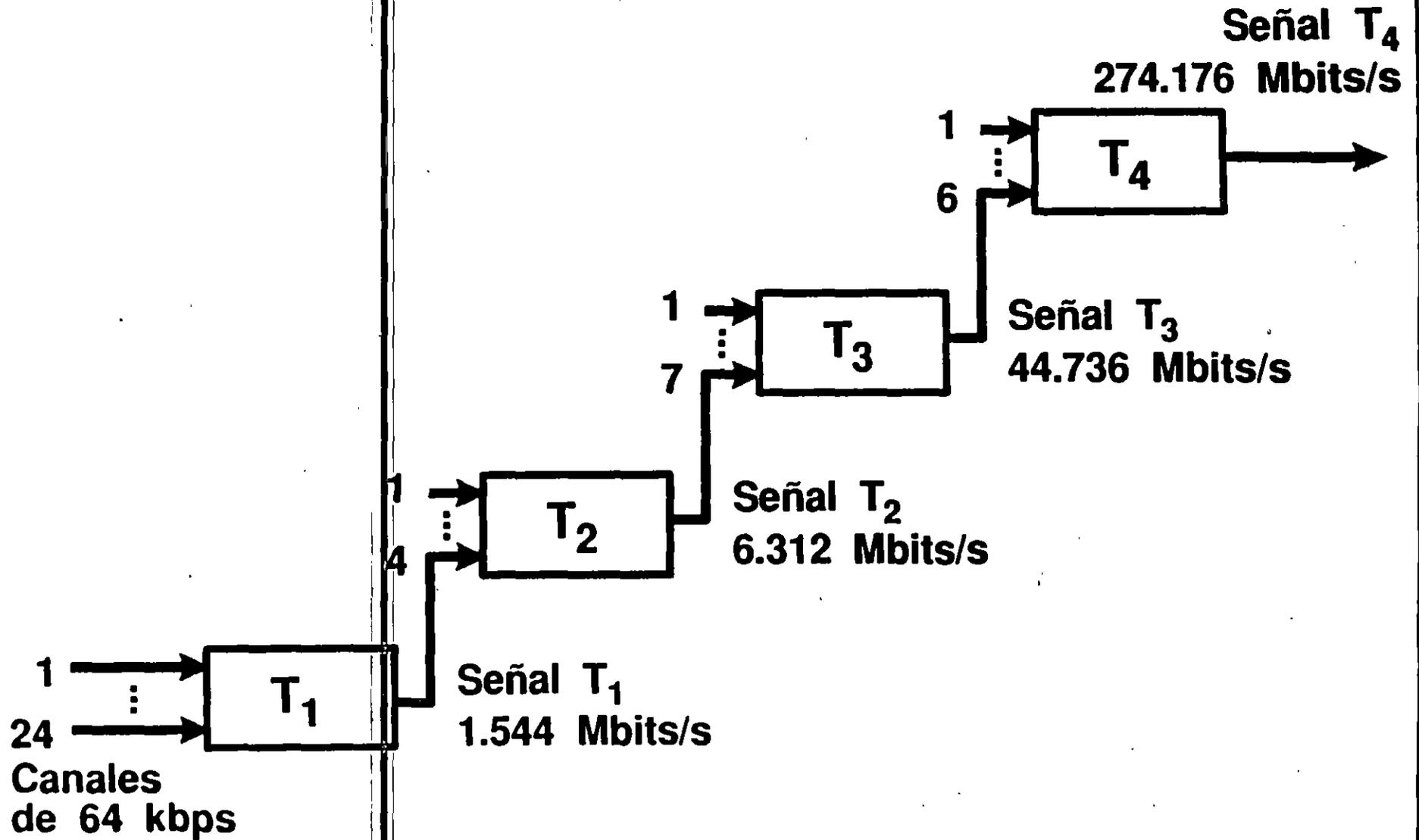


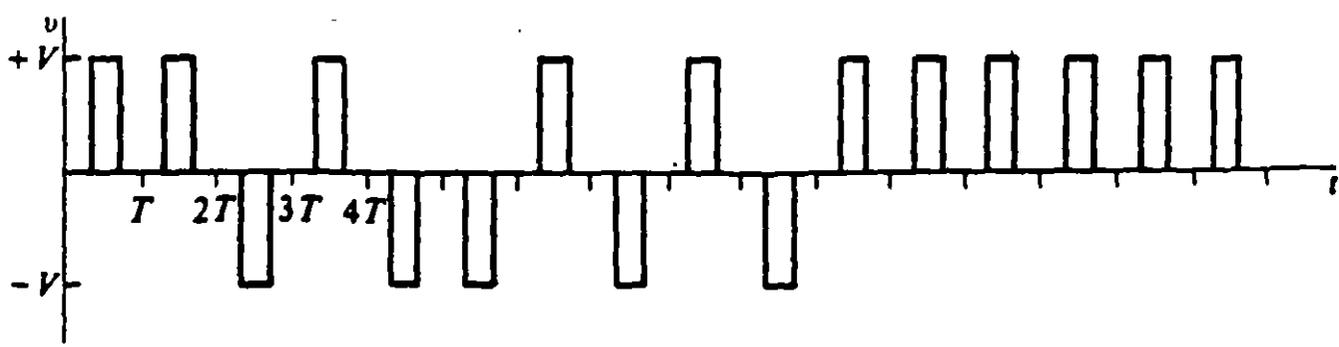
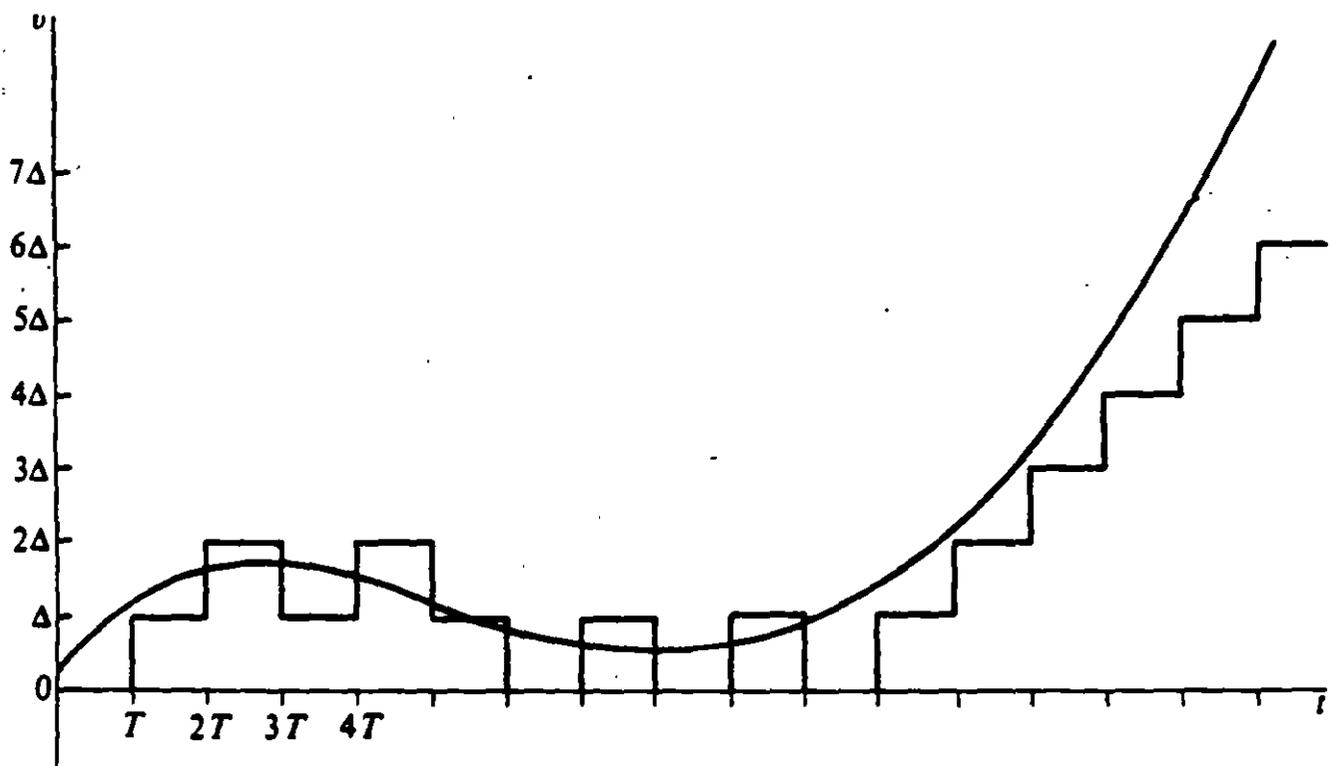
Un sistema de 3 canales TDM PCM



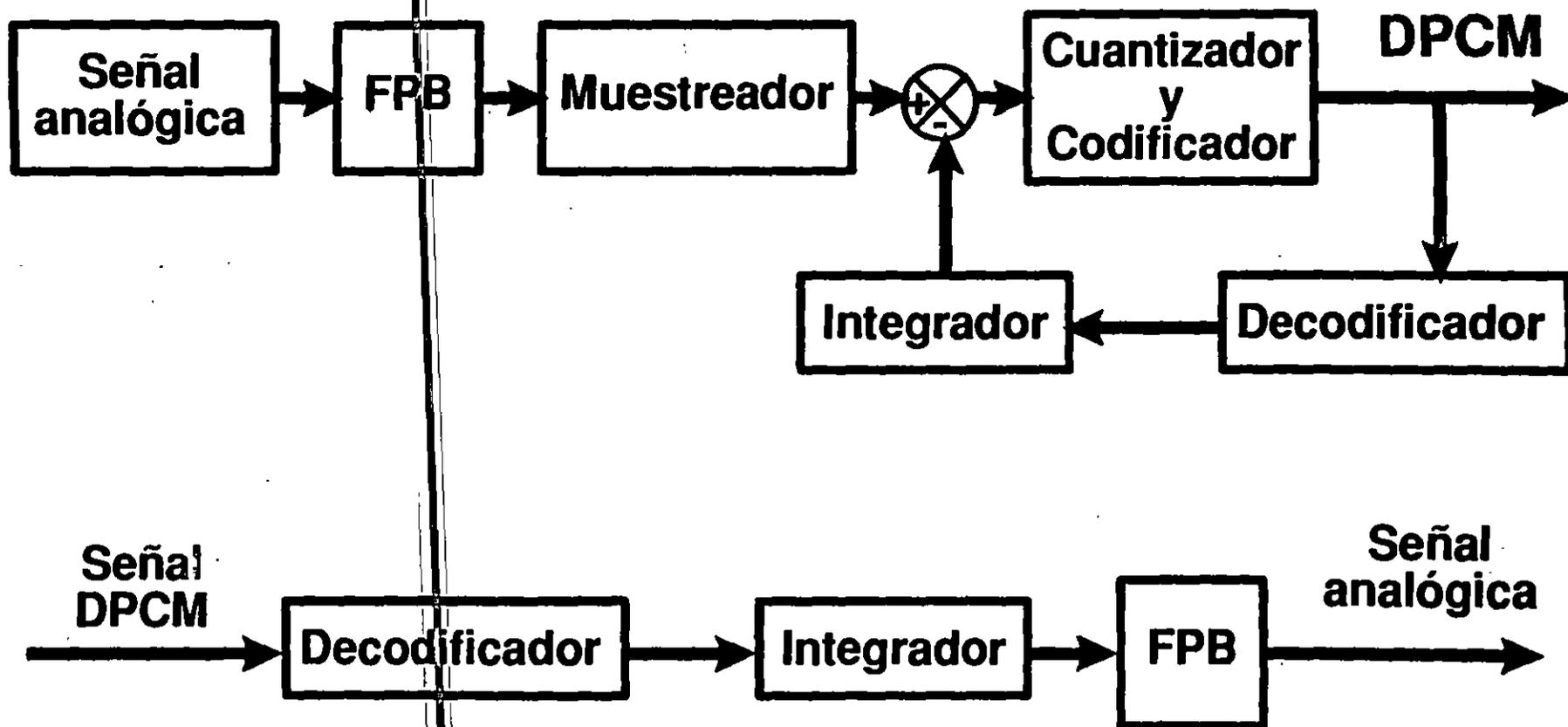
Un sistema de 3 canales TDM PCM

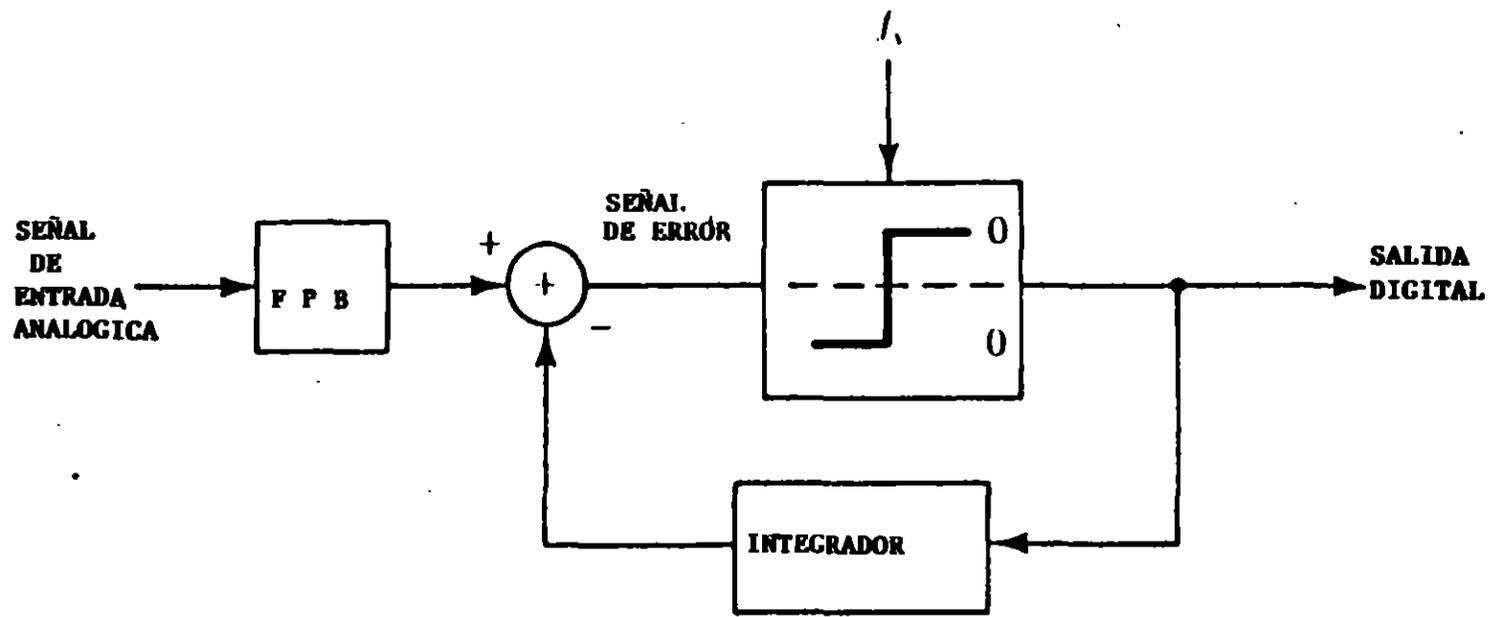
JERARQUIA DIGITAL (ATT)



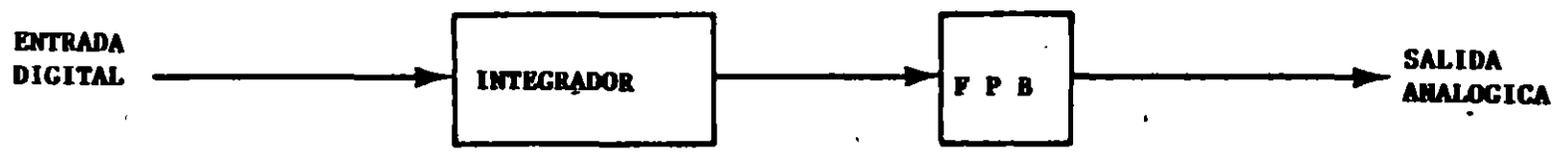


PCM DIFERENCIAL





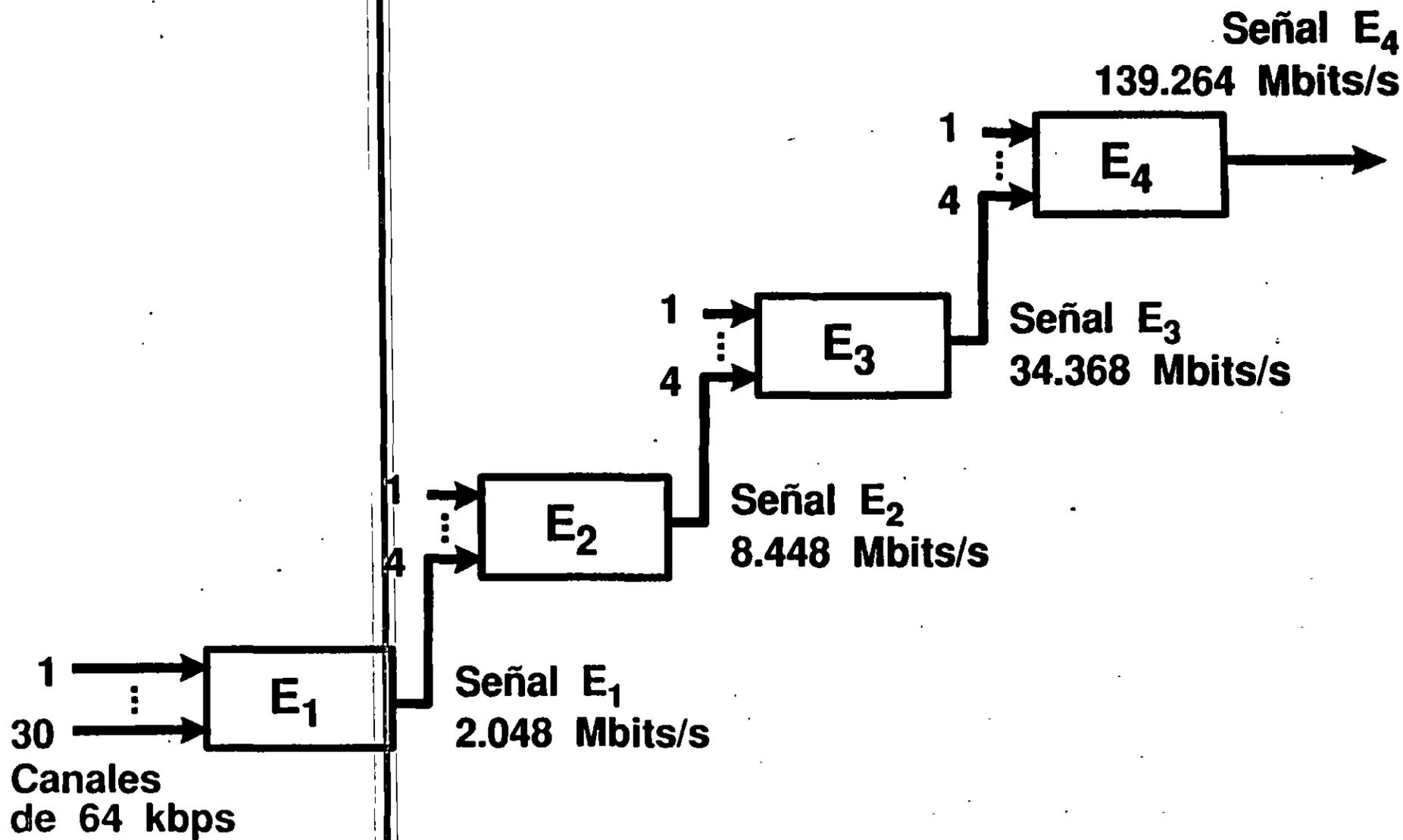
(a) CODIFICADOR



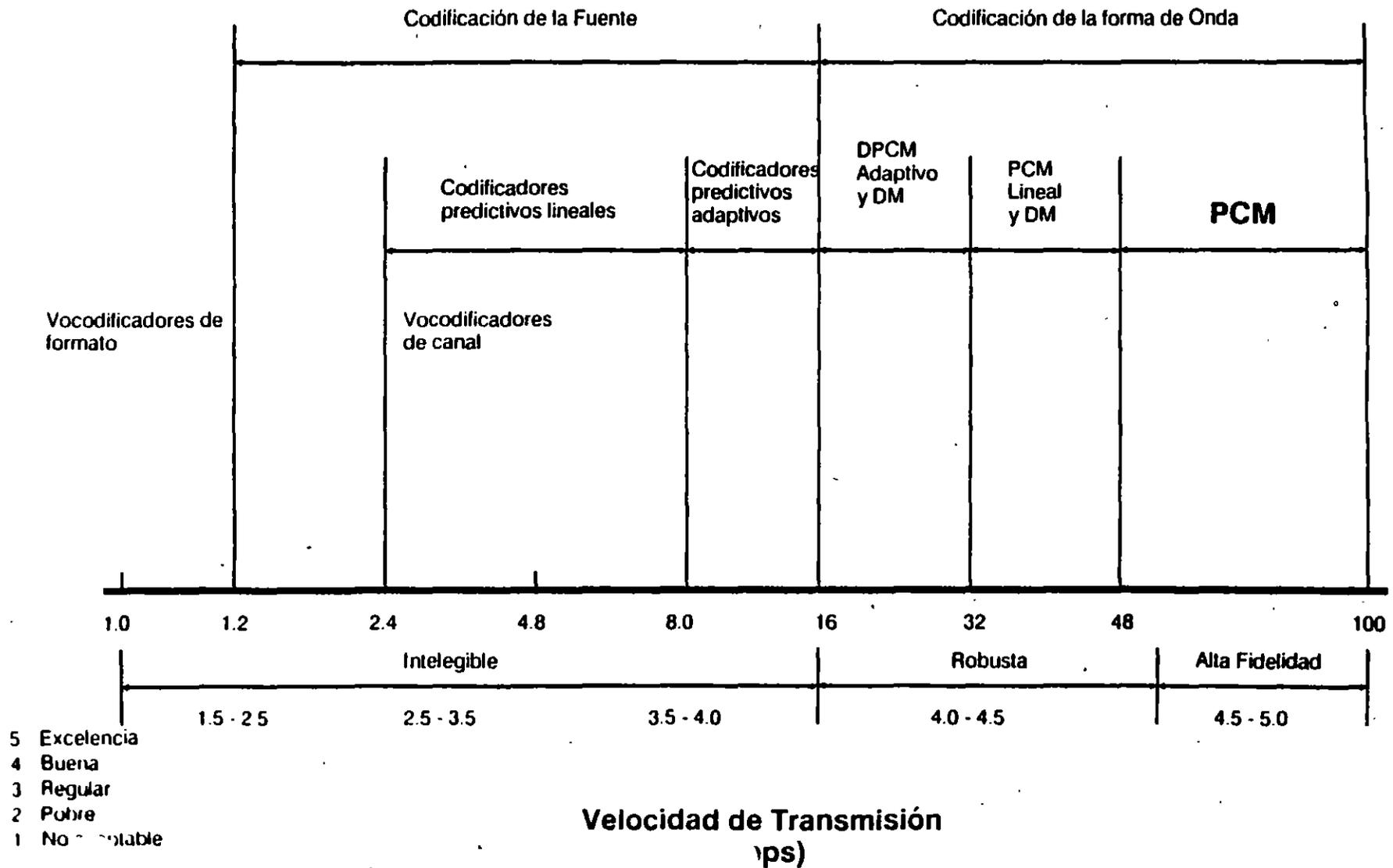
(b) DECODIFICADOR

MODULACION DELTA: a) CODIFICADOR; b) DECODIFICADOR

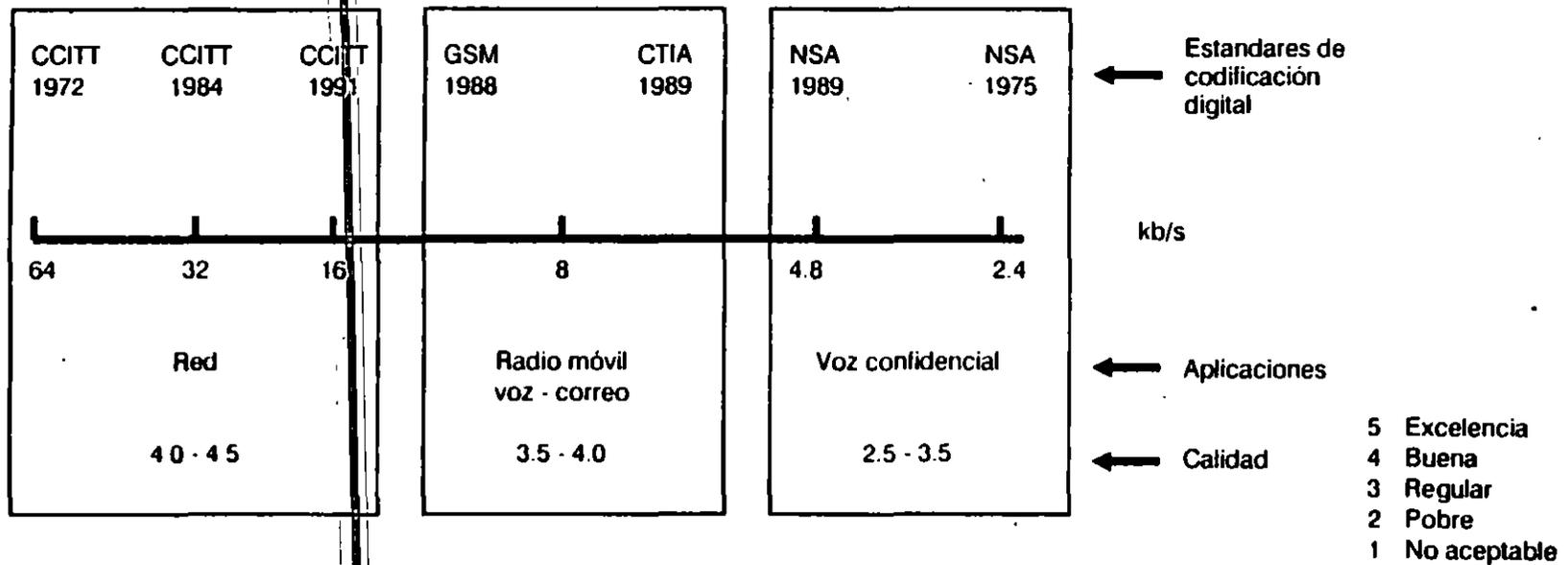
JERARQUIA DIGITAL (CCITT)



Velocidades de Transmisión y Calidad de los Codificadores de Voz



Estandares de Telefonía Digital



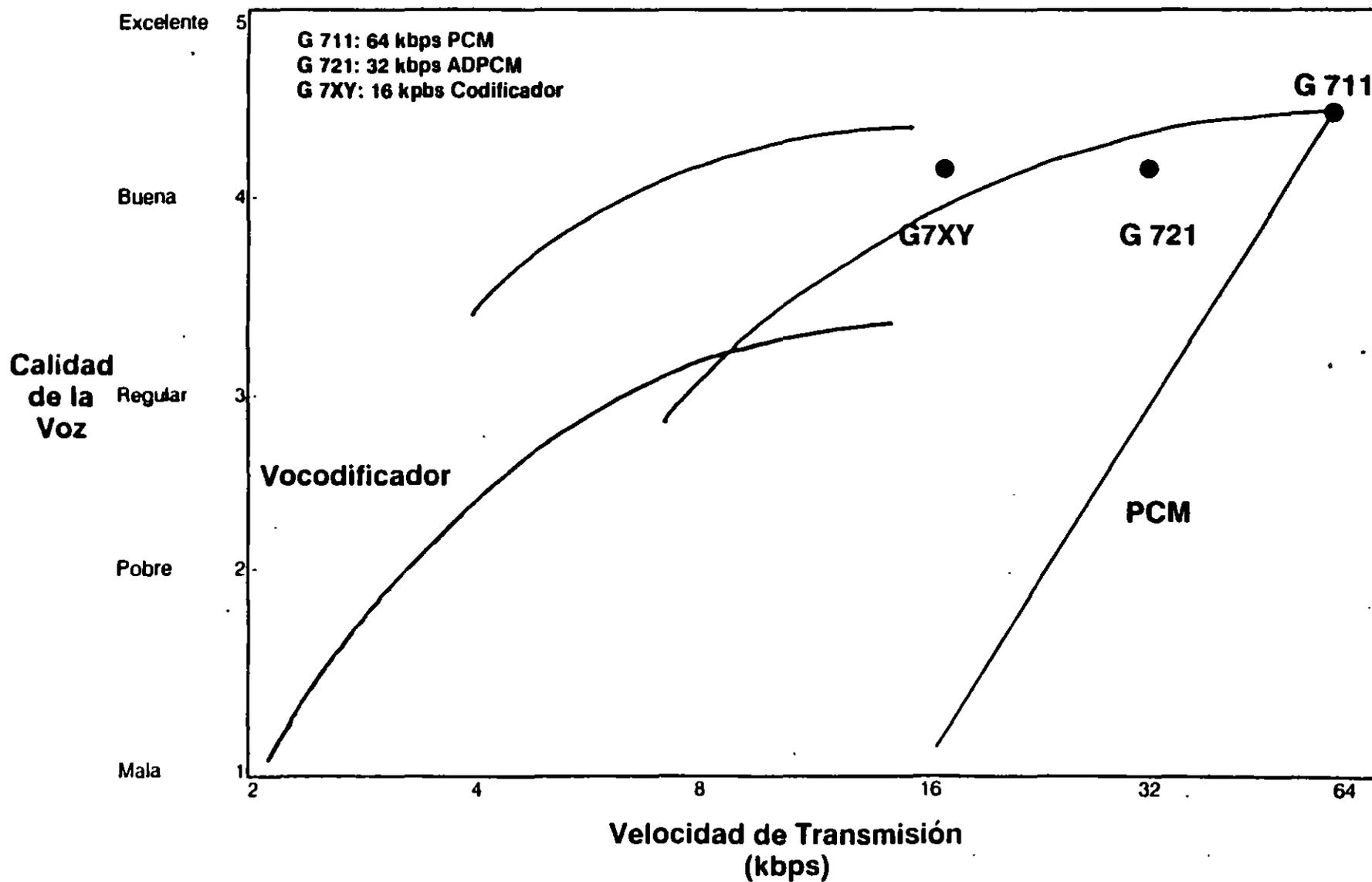
CCITT: Comite Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía

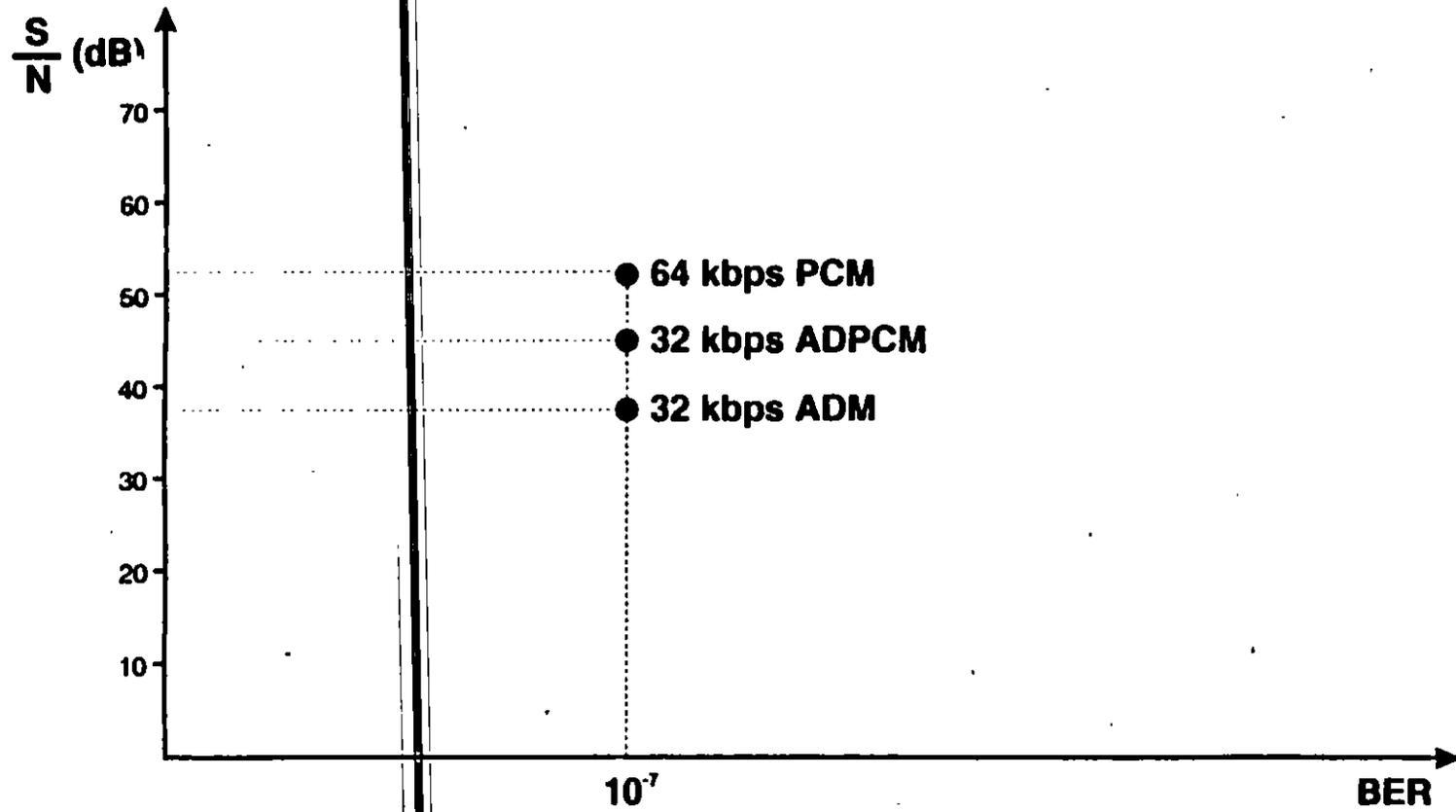
GSM: Grupo Espacial de Móviles

CTIA: Asociación Industrial de Tecnología Celular

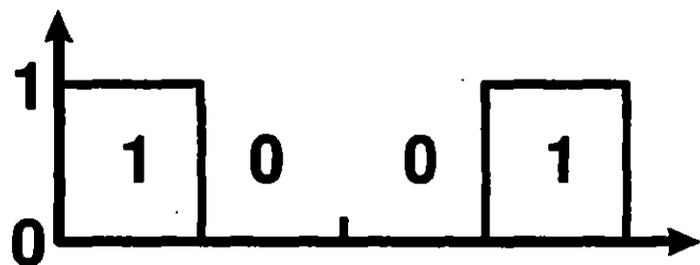
NSA: Agencia de Seguridad Nacional

Calidad y Velocidad de Transmisión de la Voz

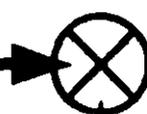




MODULACION ASK



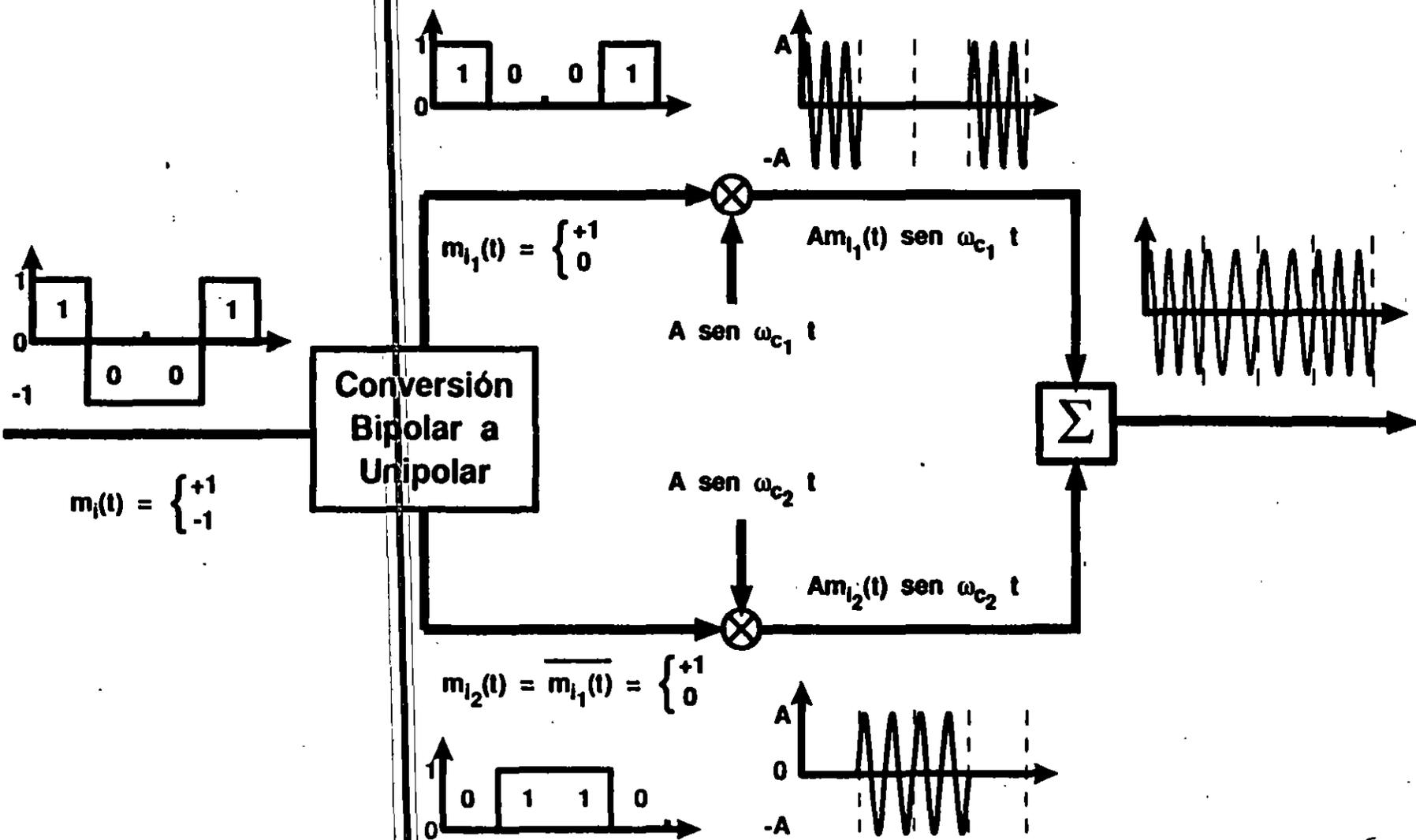
$$m_i(t) = \begin{cases} +1 \\ 0 \end{cases}$$



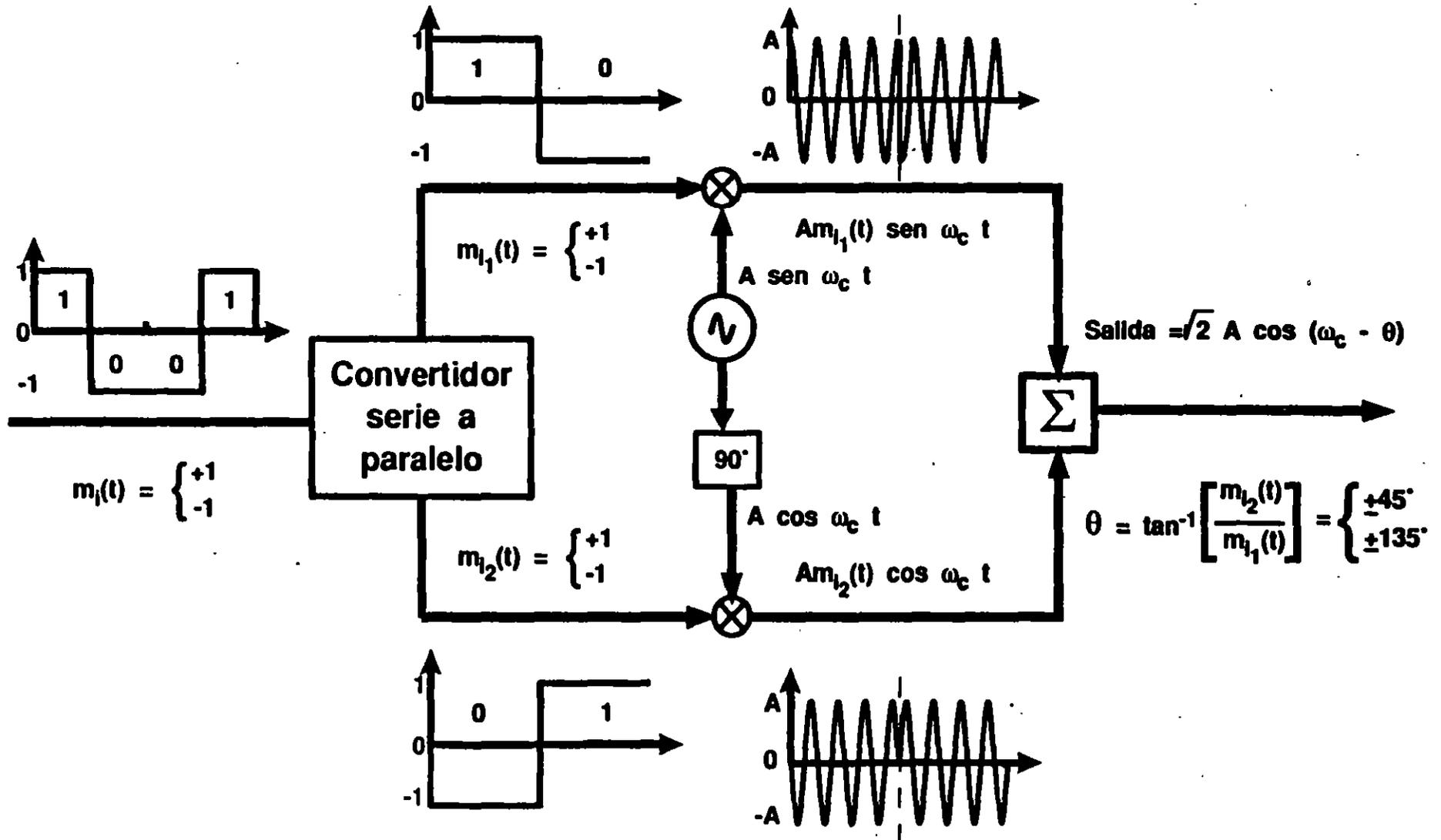
$$A m_i(t) \text{ sen } 2\pi f_p t$$

$$A \text{ sen } 2\pi f_p t$$

MODULACION FSK



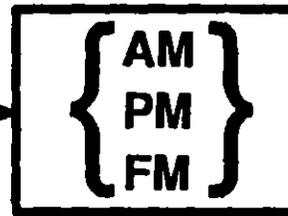
MODULACION PSK



SEÑALIZACIÓN BINARIA

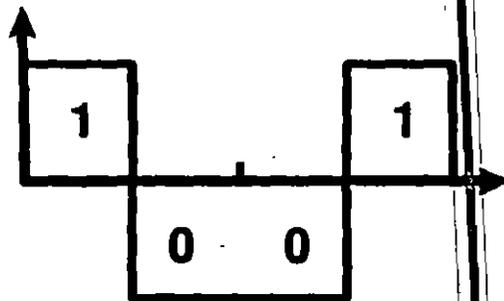
De una fuente o un codificador de canal

$m_i(t)$

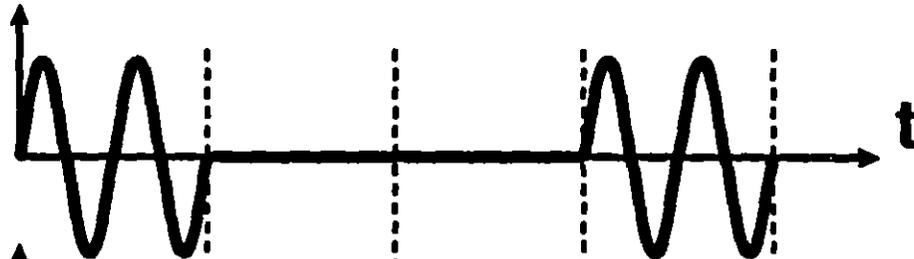


$S_i(t)$

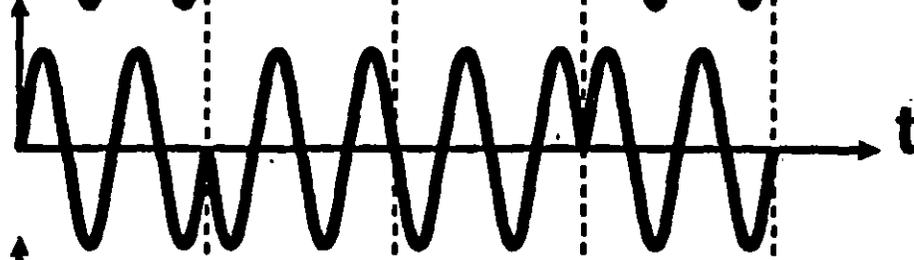
t



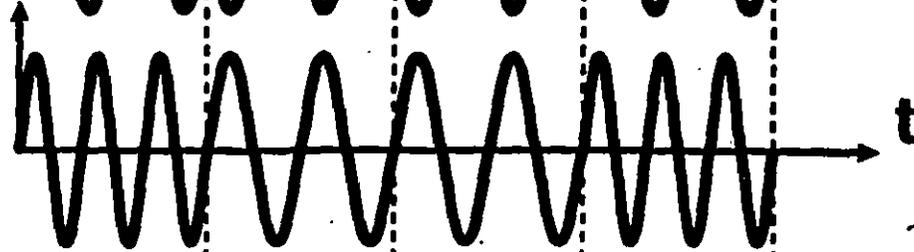
ASK



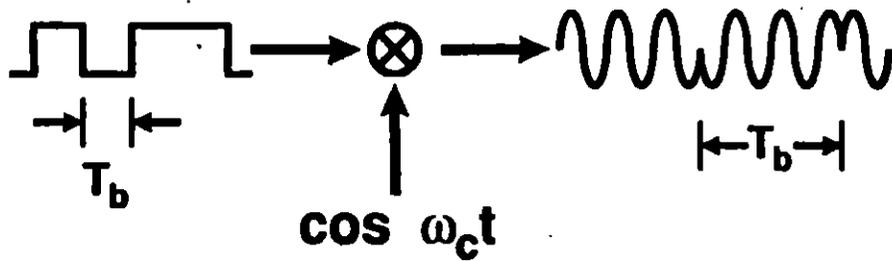
PSK



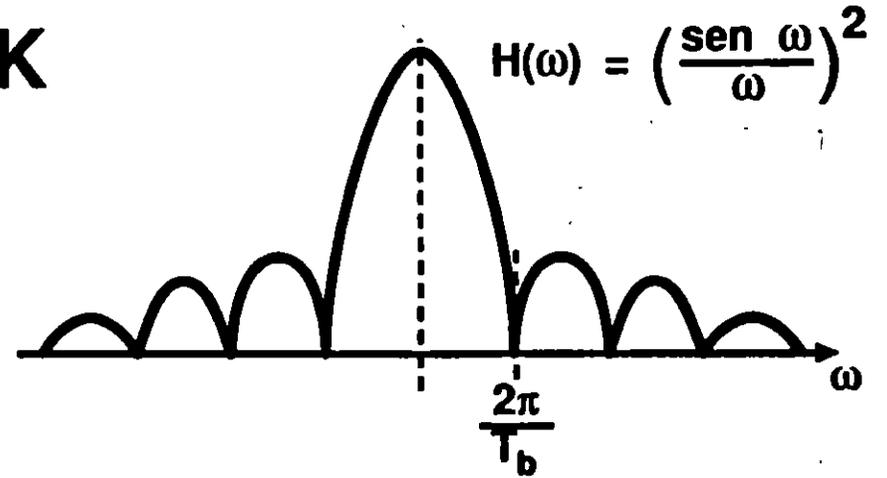
FSK



BPSK

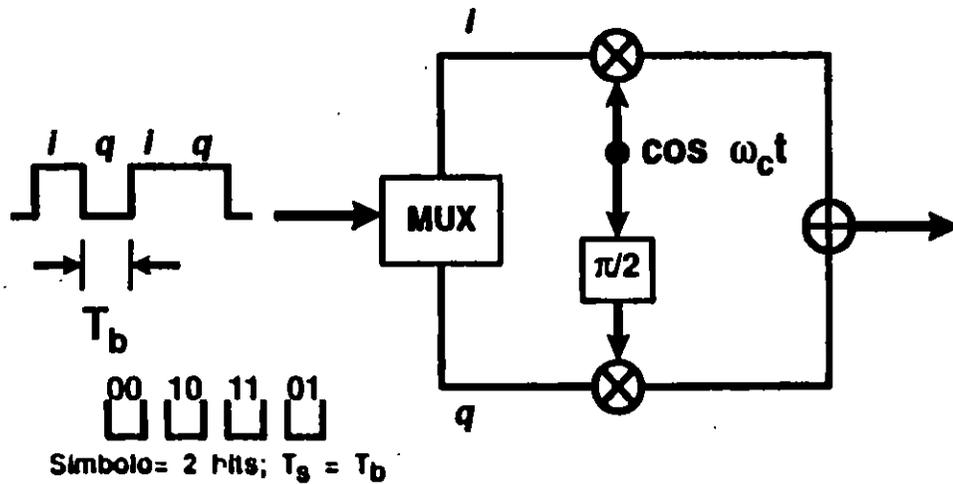


Dominio del tiempo

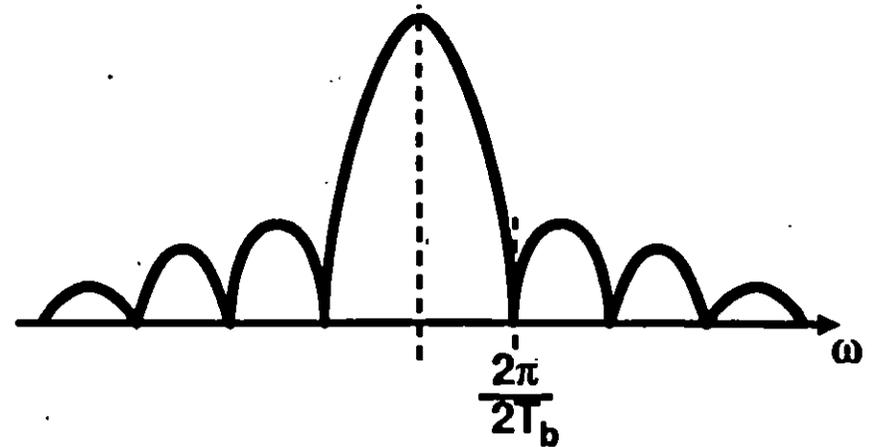


Dominio de la frecuencia

QPSK



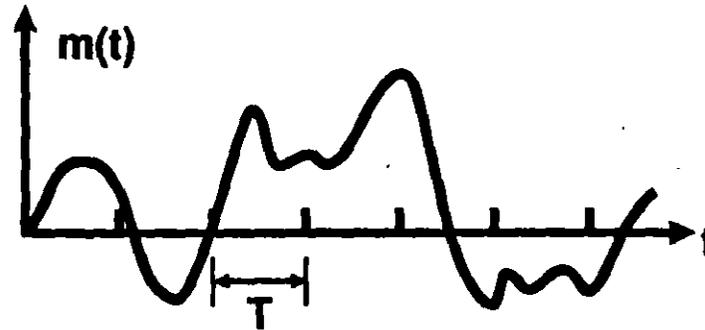
Dominio del tiempo



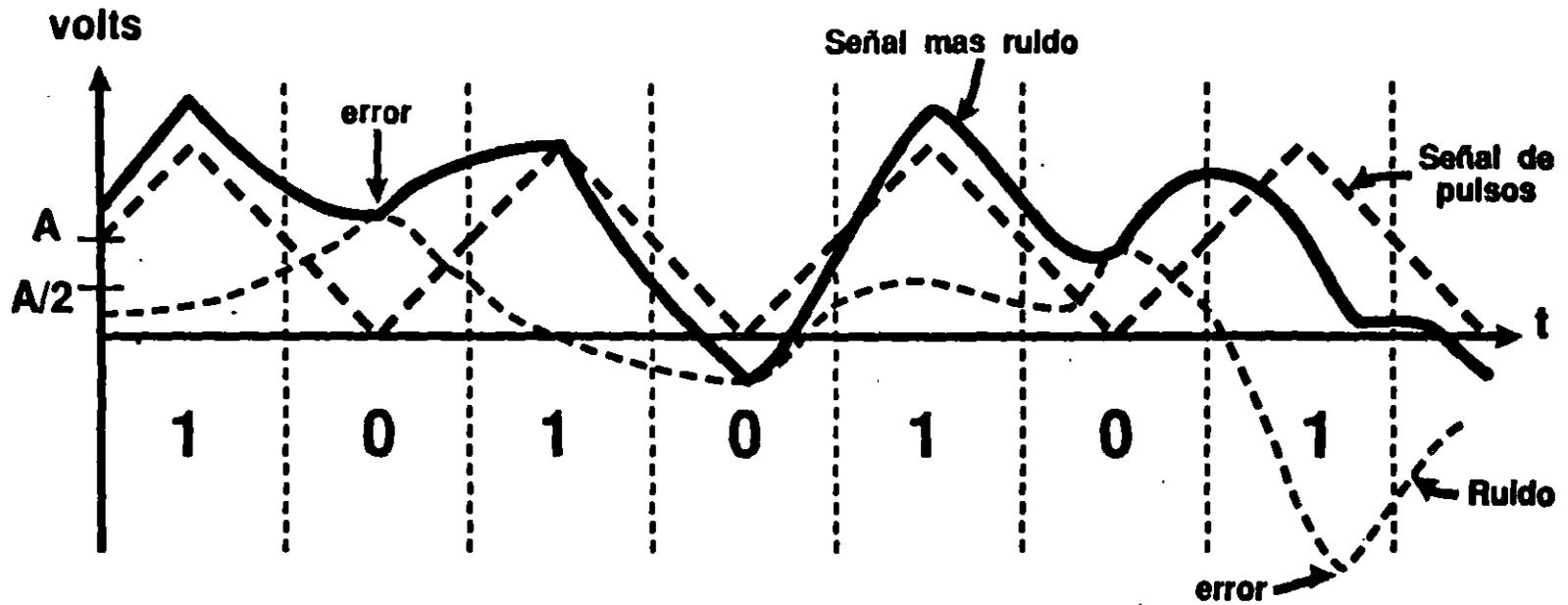
Dominio de la frecuencia

Tipo de Modulación	Número de Niveles Lógicos	Número de bits por símbolo	Ancho de Banda
ASK	2	1	$B_T = 2B$
FSK	2	1	$B_T = 2B + 2\Delta f$
PSK	2	1	$B_T^b = 2B$
4-PSK	4	2	$B_T^{4\phi} = \frac{1}{2} B_T^b$
8-PSK	8	3	$B_T^{8\phi} = \frac{1}{3} B_T^b$
16-PSK	16	4	$B_T^{16\phi} = \frac{1}{4} B_T^b$
QAM	16	4	$B_T^{QAM} = \frac{1}{4} B_T^b$

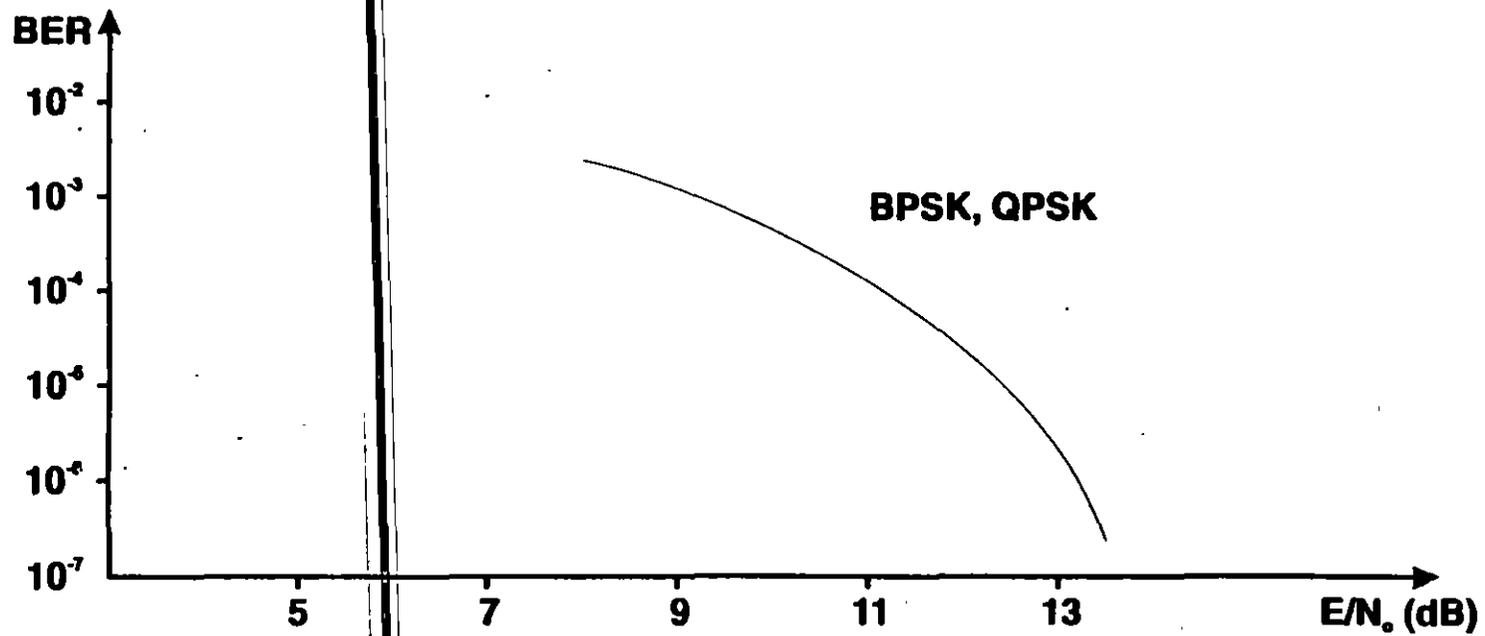
EFEECTO DEL RUIDO



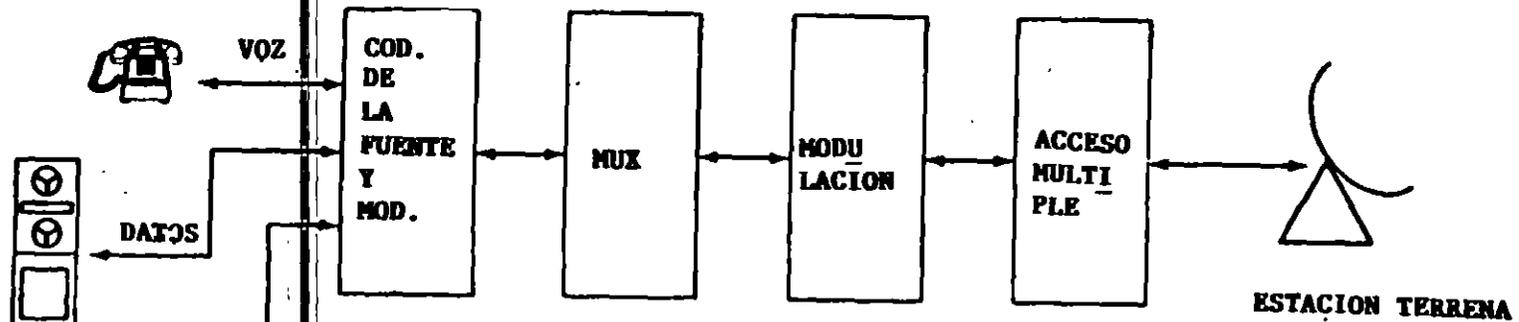
Típico oscilograma del voltaje de ruido



Efectos del ruido en la transmisión de pulsos binarios



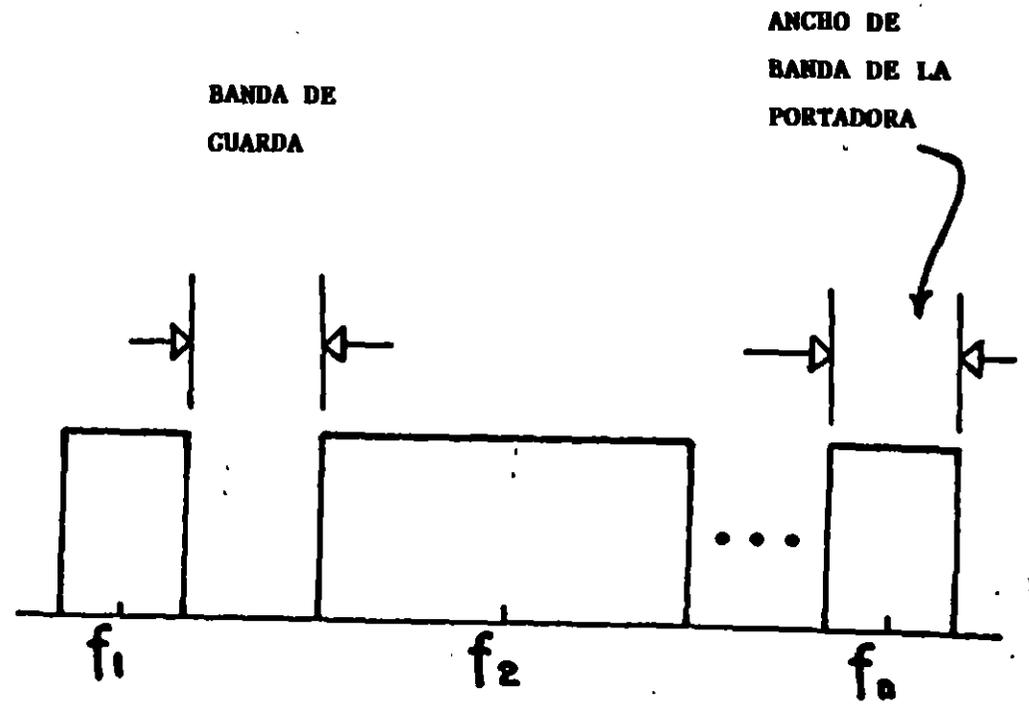
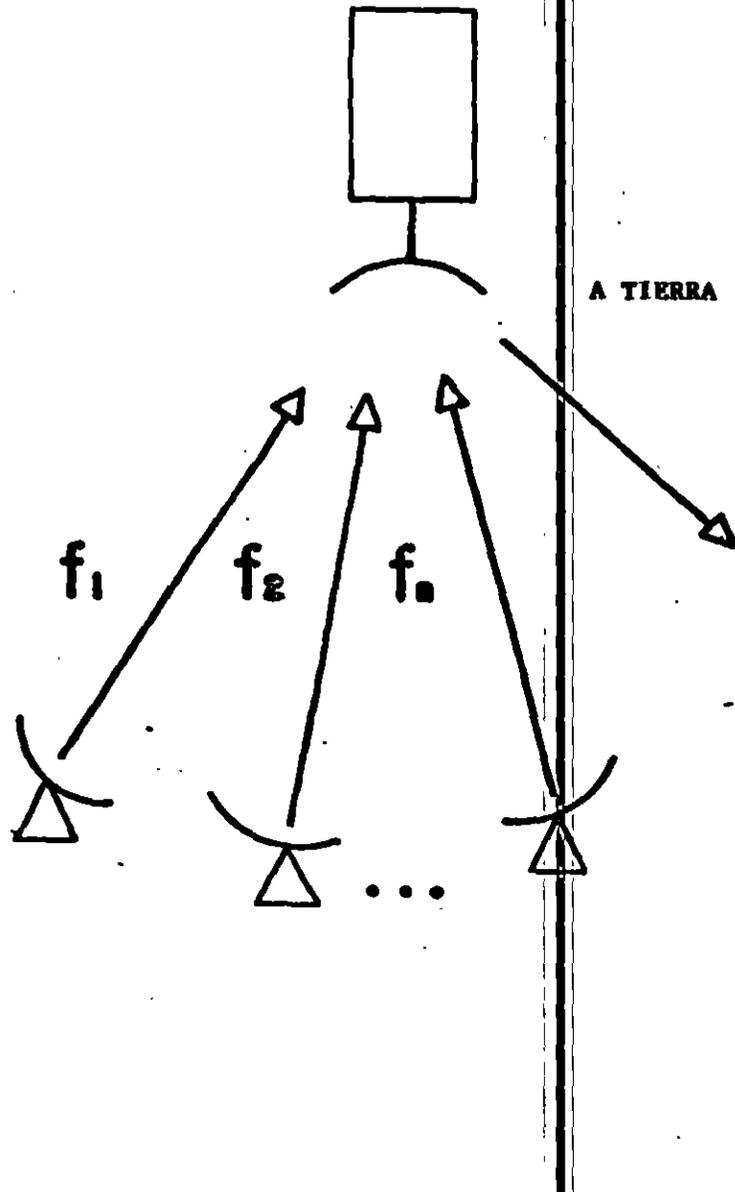
TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE



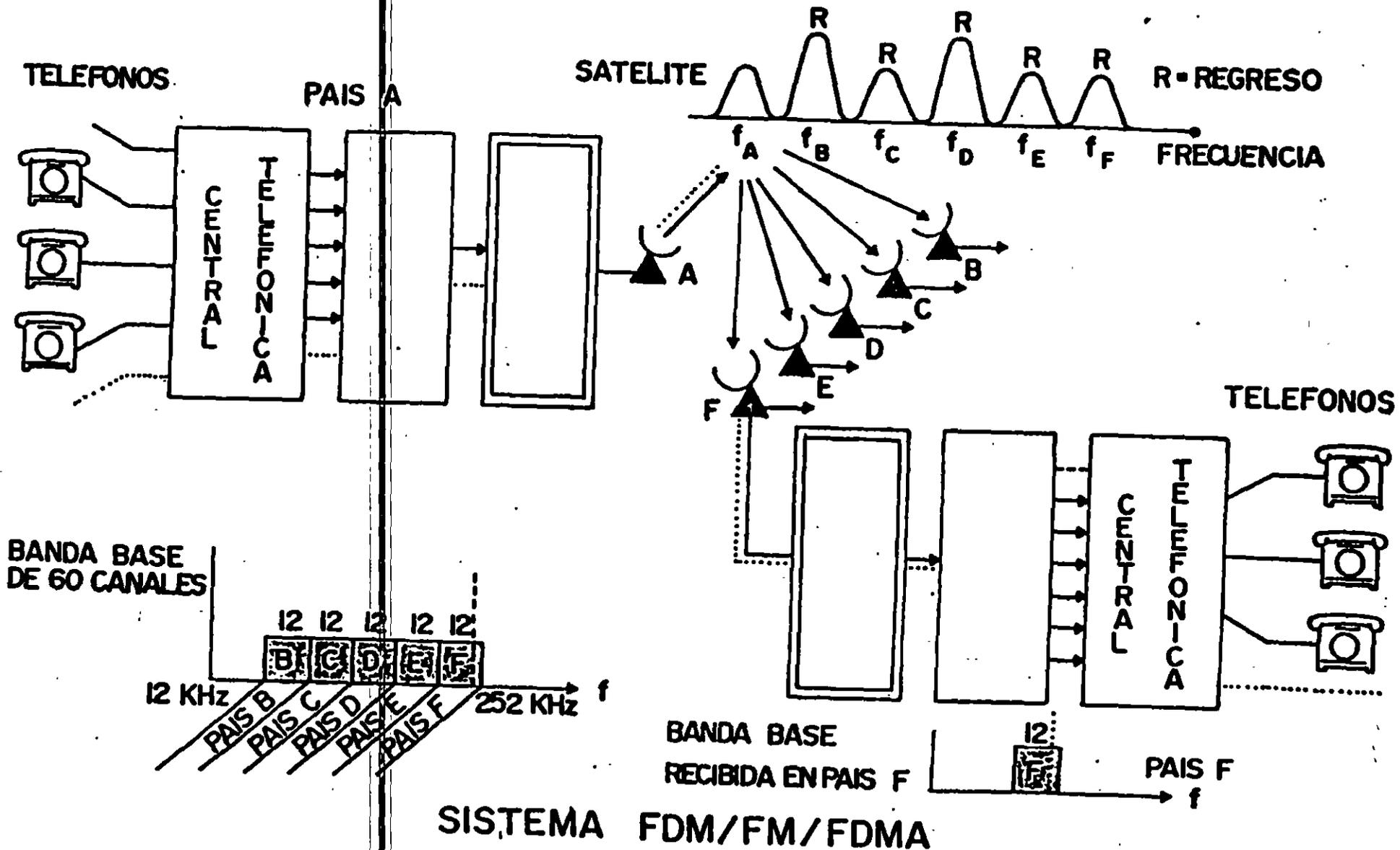
ANALOGICA	SSB FM	TDMA	FM	FDMA
DIGITAL	PCM DM	TDM	PSK	TDMA FDMA

**ACCESO MULTIPLE POR
DIVISION DE FRECUENCIA
(FDMA)**

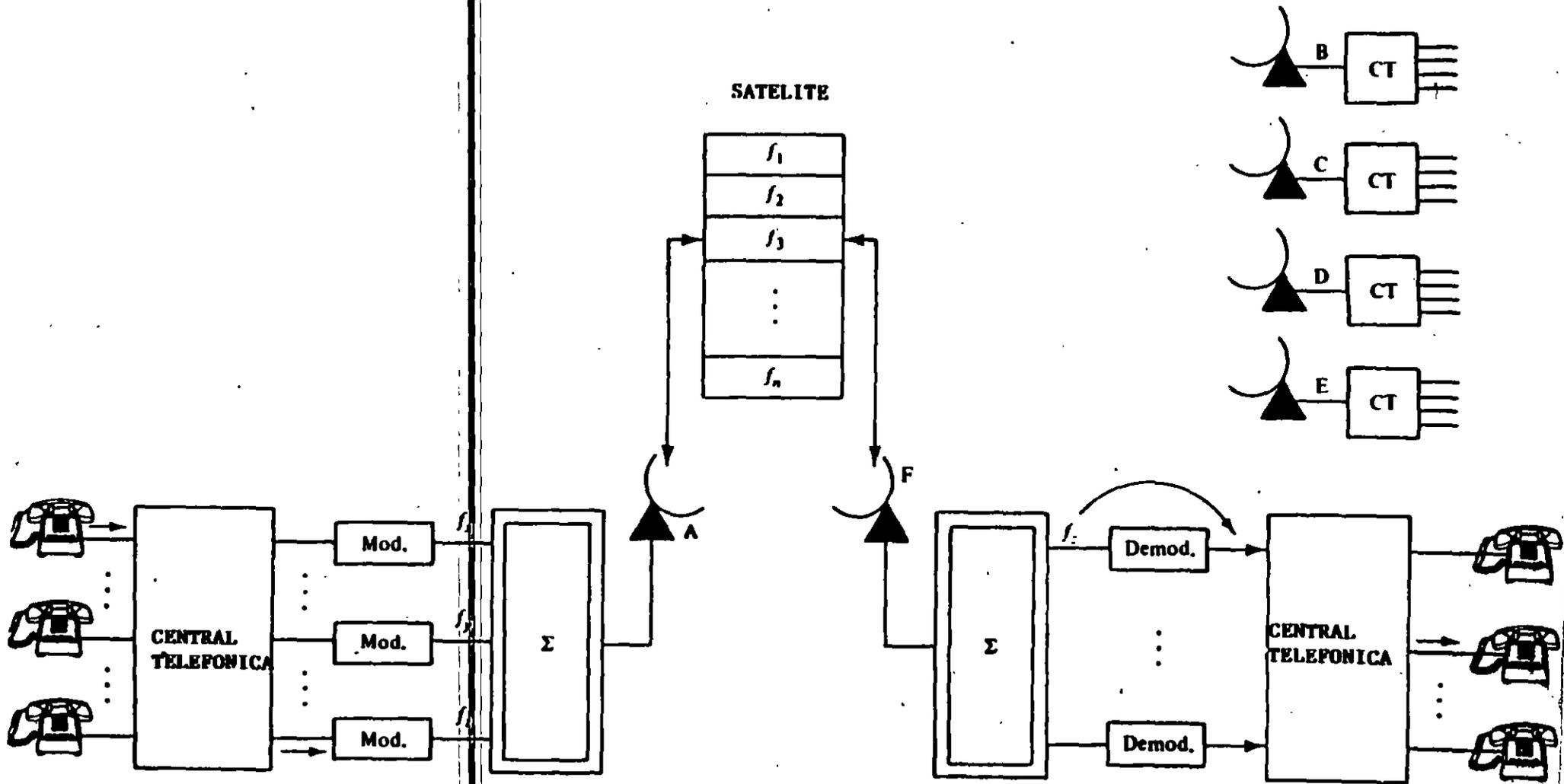
SISTEMA FDMA



SISTEMA FDM/FM/FDMA



SCPC
CANAL UNICO POR PORTADORA



FLUJO DE SEÑALES EN UN SISTEMA SCPC

FDMA

Características:

- Transmisión simultánea de varias portadoras a diferentes frecuencias con espectros no superpuestos.
- El formato de la distribución de portadora depende de:
 - a) Distorsión de la señal
 - b) Interferencia de canales adyacentes
 - c) Intermodulación de amplificadores

Ventajas:

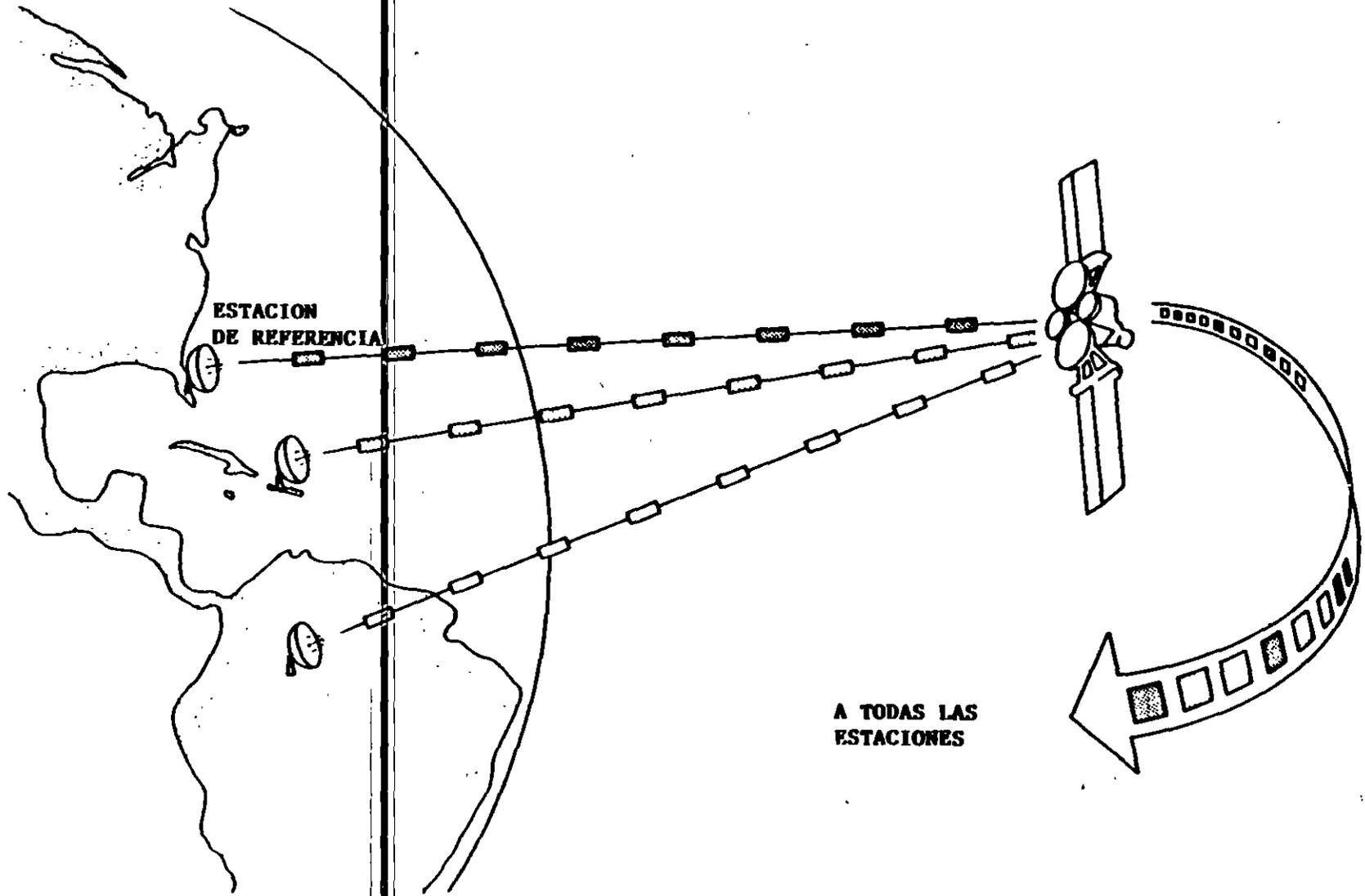
- Simplicidad en el desarrollo del sistema.

Desventajas:

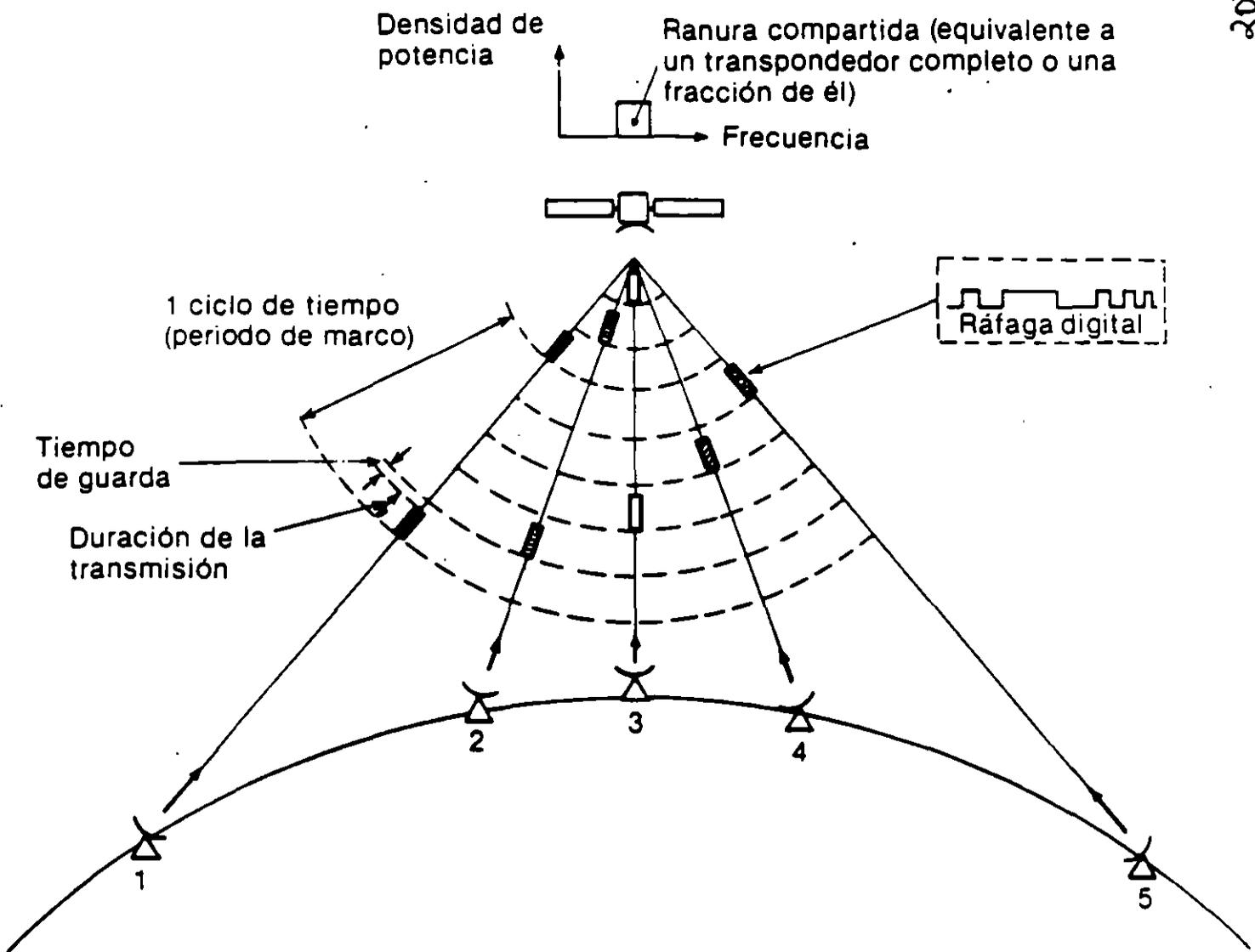
- Utilización ineficiente del ancho de banda, debido a la utilización de back-off's en el amplificador del satélite, así como de bandas de guarda entre los espectros de portadoras.

**ACCESO MULTIPLE POR
DIVISION EN EL TIEMPO
(TDMA)**

LS

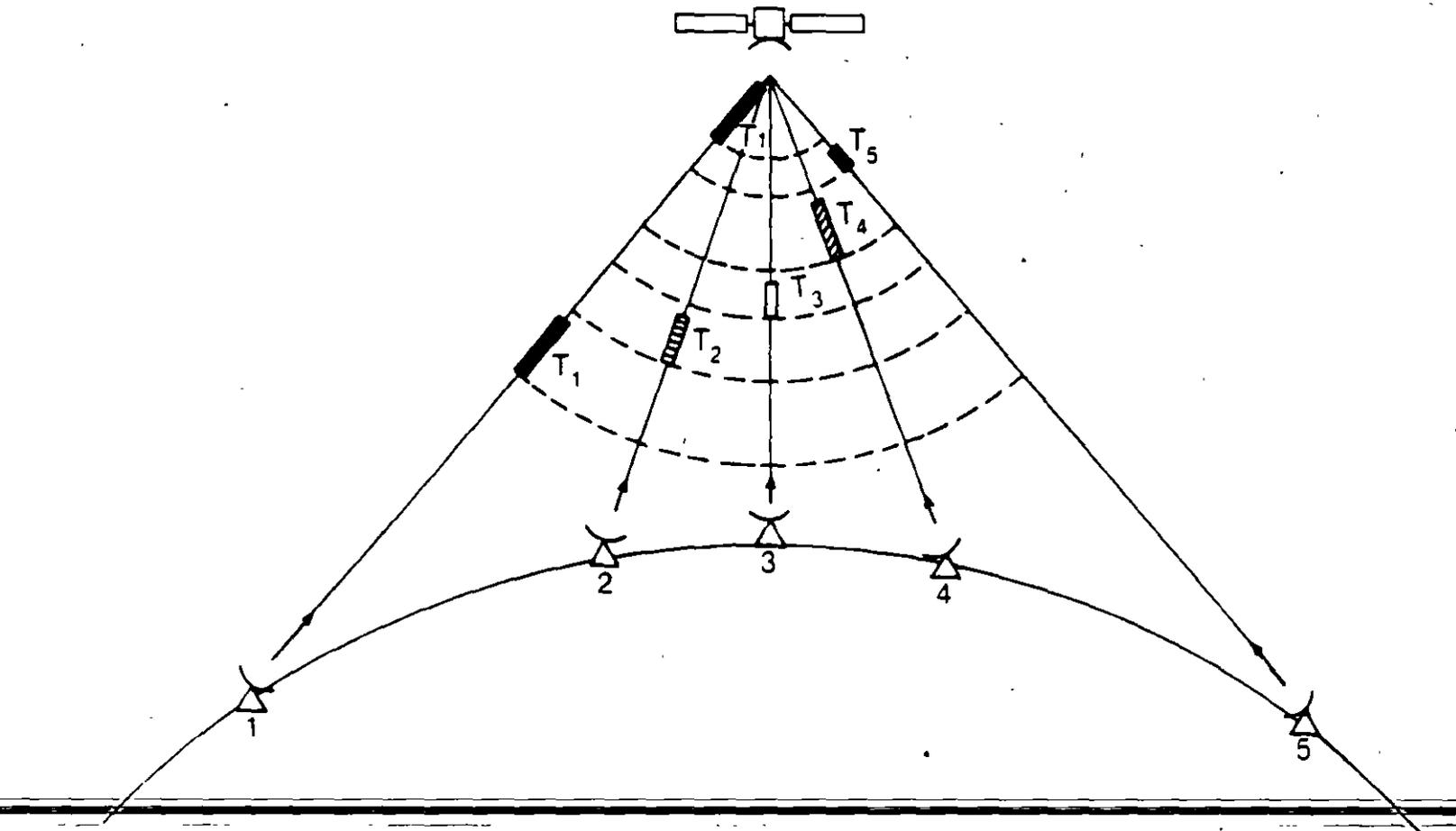


TDMA-CONCEPTO BASICO

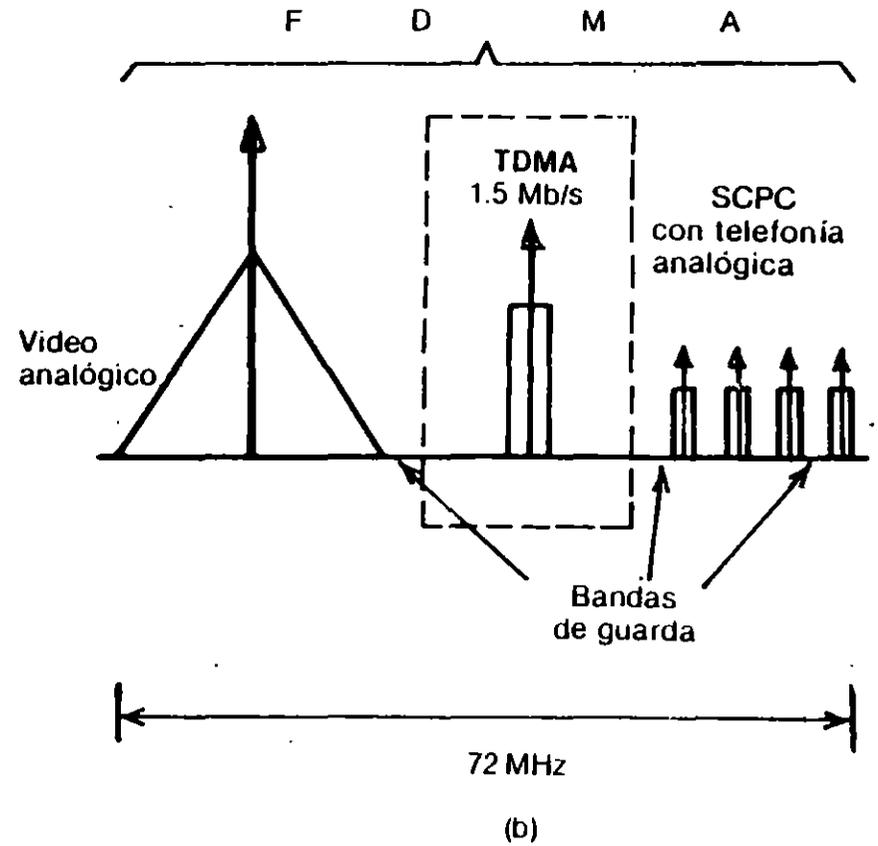
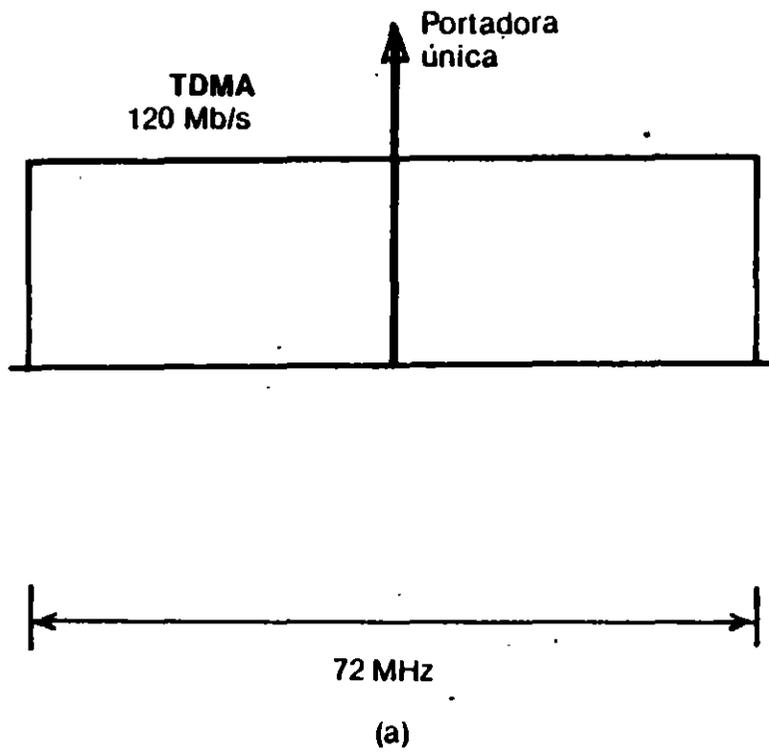


Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija y tiempos iguales por estación. Todas las estaciones transmiten su ráfaga digital a la misma frecuencia en forma secuencial.

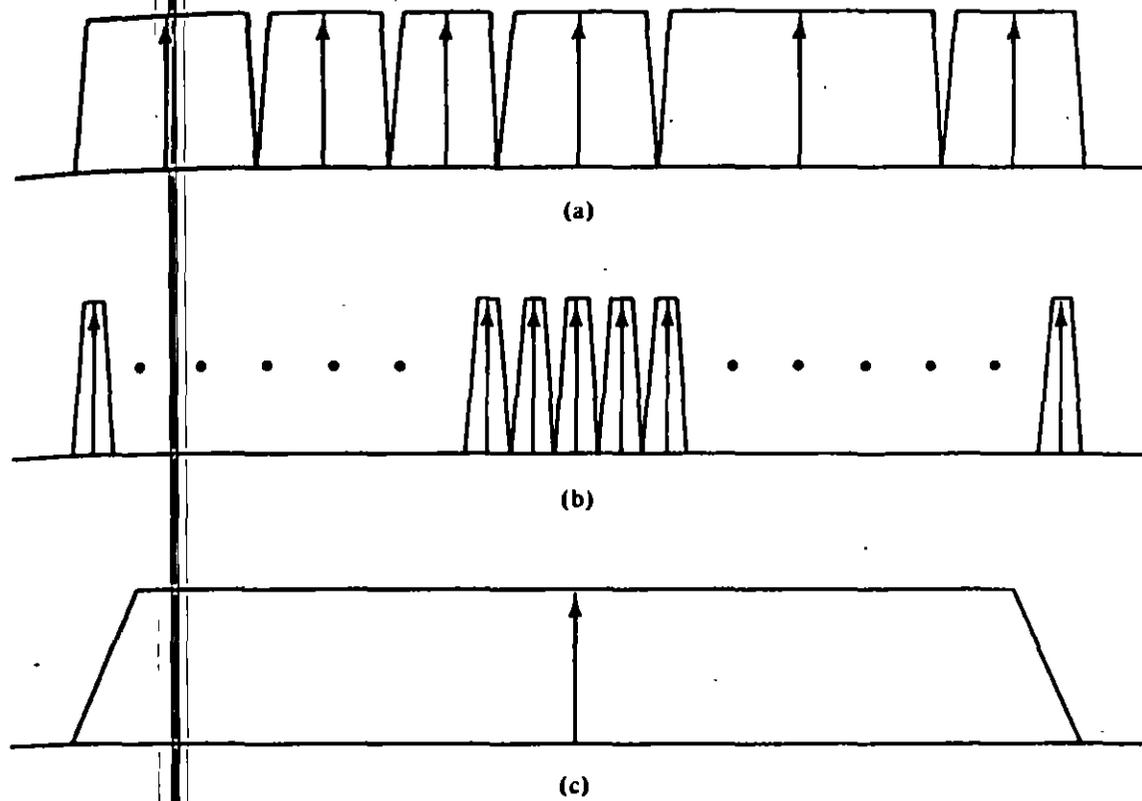
Densidad de potencia
Ranura compartida (equivalente a un transpondedor completo o una fracción de él)
Frecuencia



Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija y tiempos T desiguales por estación. Todas las estaciones transmiten su ráfaga digital a la misma frecuencia en forma secuencial.



Configuraciones de ocupación de un transpondedor de 72 MHz con TDMA: (a) ocupación completa; (b) ocupación parcial, TDMA de banda angosta compartida con otros servicios en forma FDMA.



ESPECTRO DEL TRANSPONDEDOR a) MCPC/FDMA;
 b) SCPC/FDMA, c) TDMA

TDMA

Características:

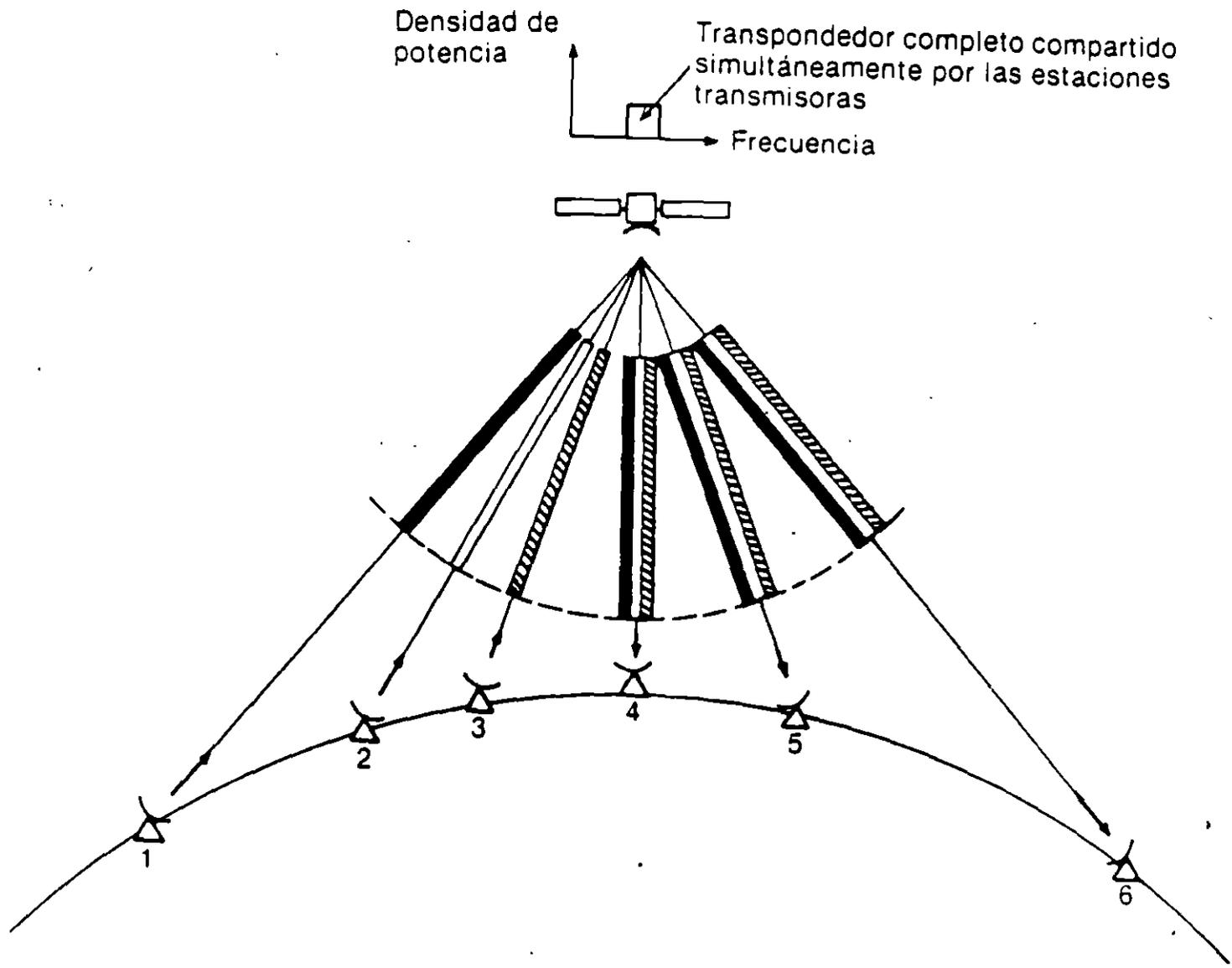
- Ocupación total del ancho de banda del transpondedor por una sola portadora.
- Utilización del amplificador en estado de saturación (satélite y estaciones terrenas)

Ventajas:

- Utilización de todo el ancho de banda y de toda la potencia del transpondedor.

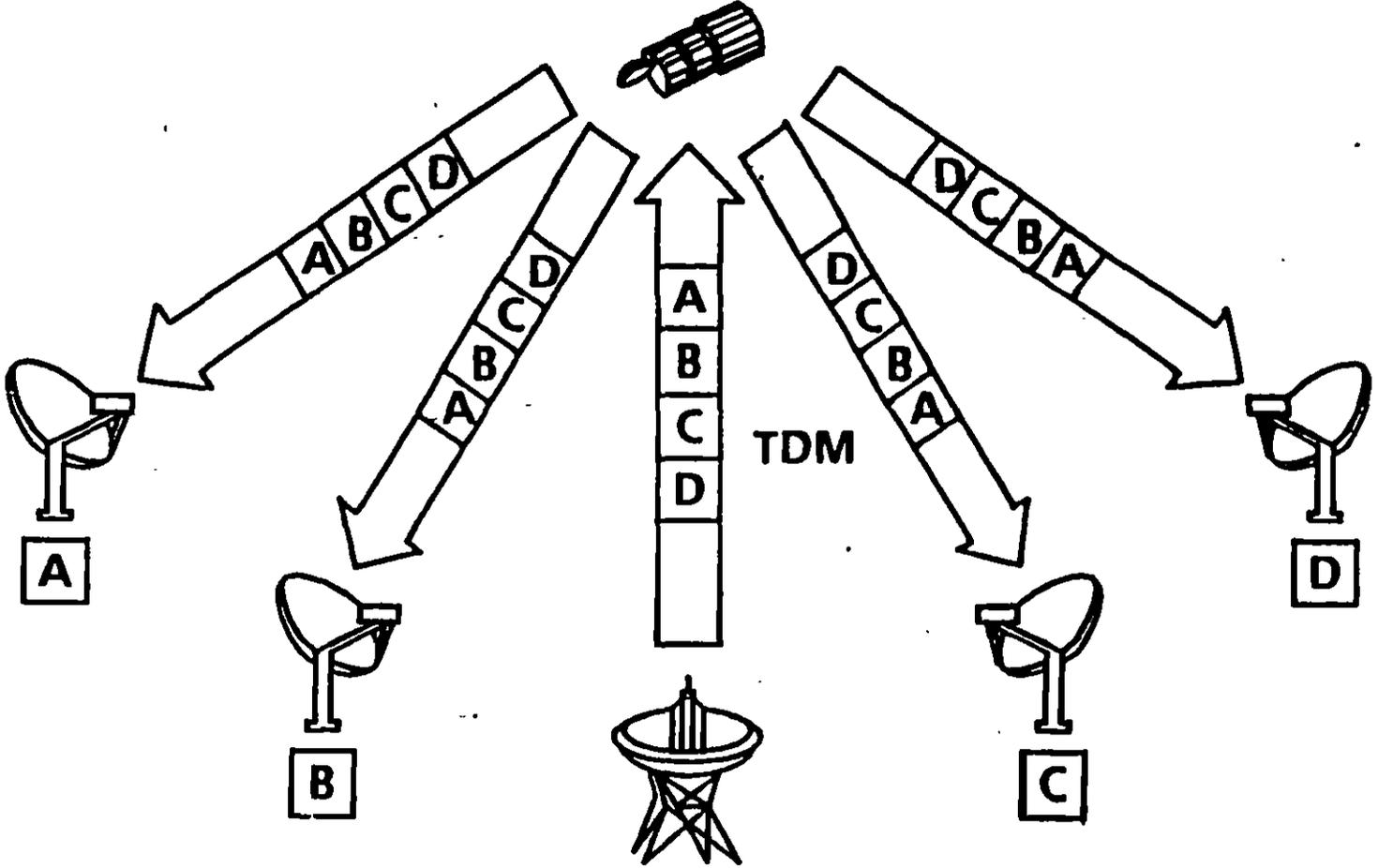
Desventajas:

- Equipo de sincronización complejo.
- G/T grande de las estaciones terrenas.

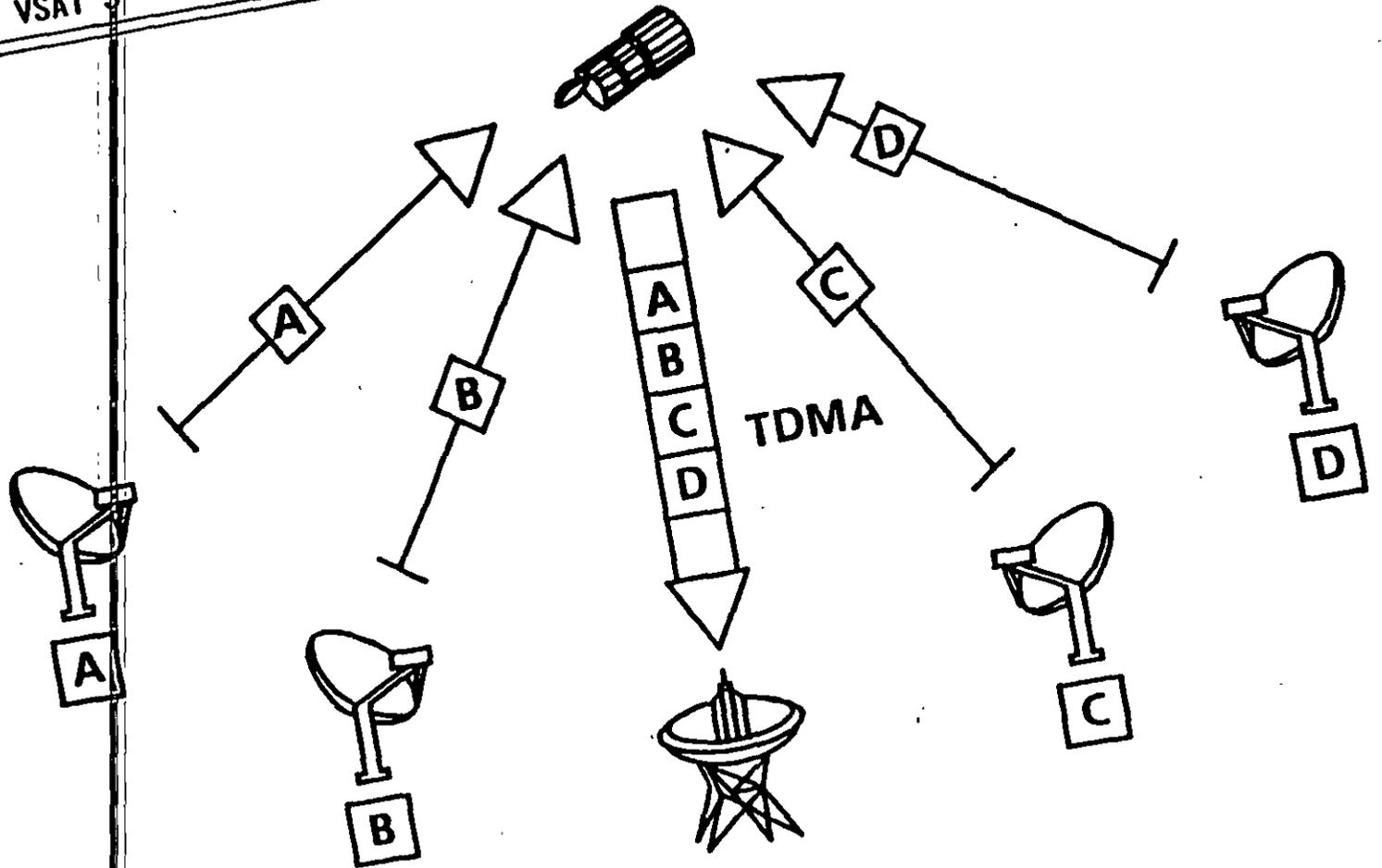


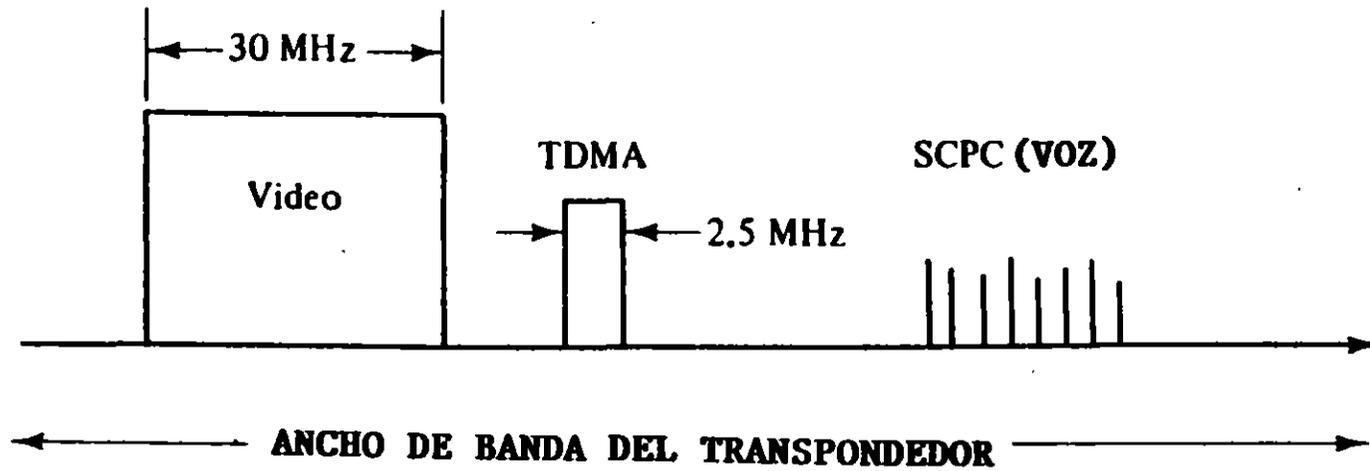
Red de seis estaciones terrenas que operan con acceso múltiple CDMA. Las estaciones transmisoras usan la misma frecuencia y transmiten al mismo tiempo; las receptoras deben conocer el código de transmisión para reconstruir el mensaje original.

VSAT'S A MAESTRA



MAESTRA A VSAT'S





**TDMA DE BANDA ANGOSTA EN UN TRANSPONDEDOR
DE USOS MÚLTIPLES**

**CONSIDERACIONES DE
INGENIERIA DE SISTEMAS
DE ACCESO MULTIPLE**

FACTORES

- A) Capacidad**
- B) Potencia y ancho de banda**
- C) Interconectividad**
- D) Crecimiento**
- E) Servicios**
- F) Interface terrestre**
- G) Seguridad de comunicación**
- H) Costo - beneficio**

COMPARACION DE TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE

TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE

- FDMA - SCPC - SCPC (DAMA)**
- TDMA - TDM / TDMA**
- CDMA - CDMA**

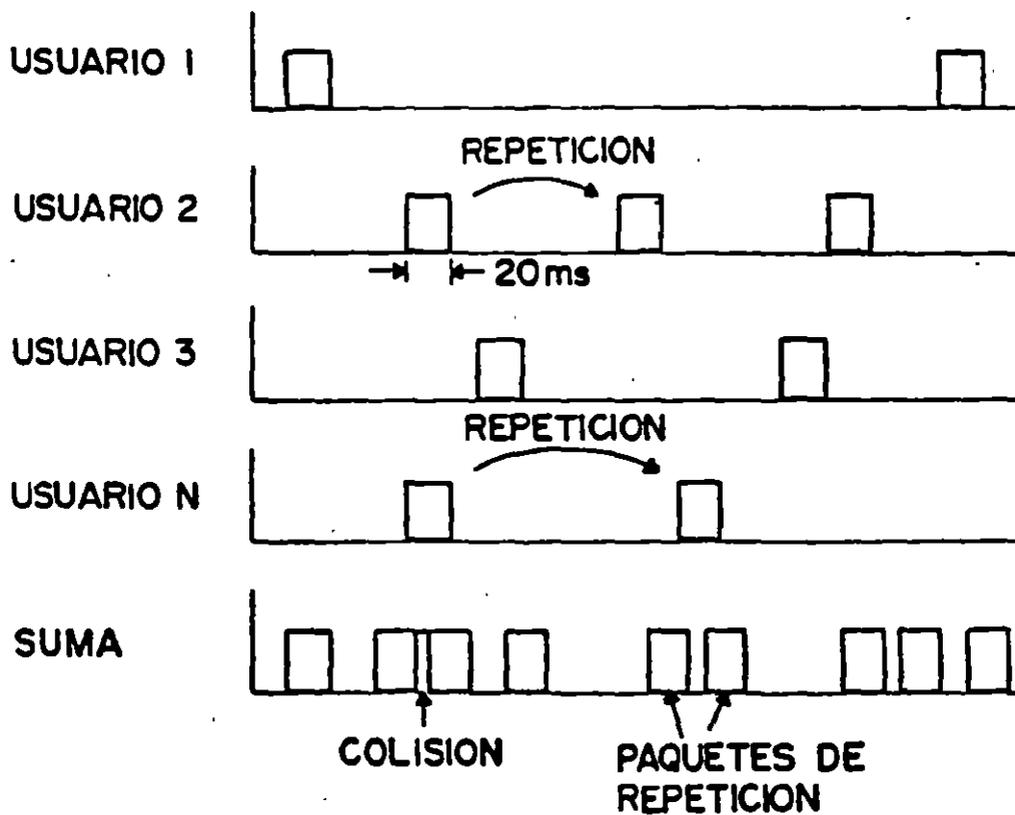
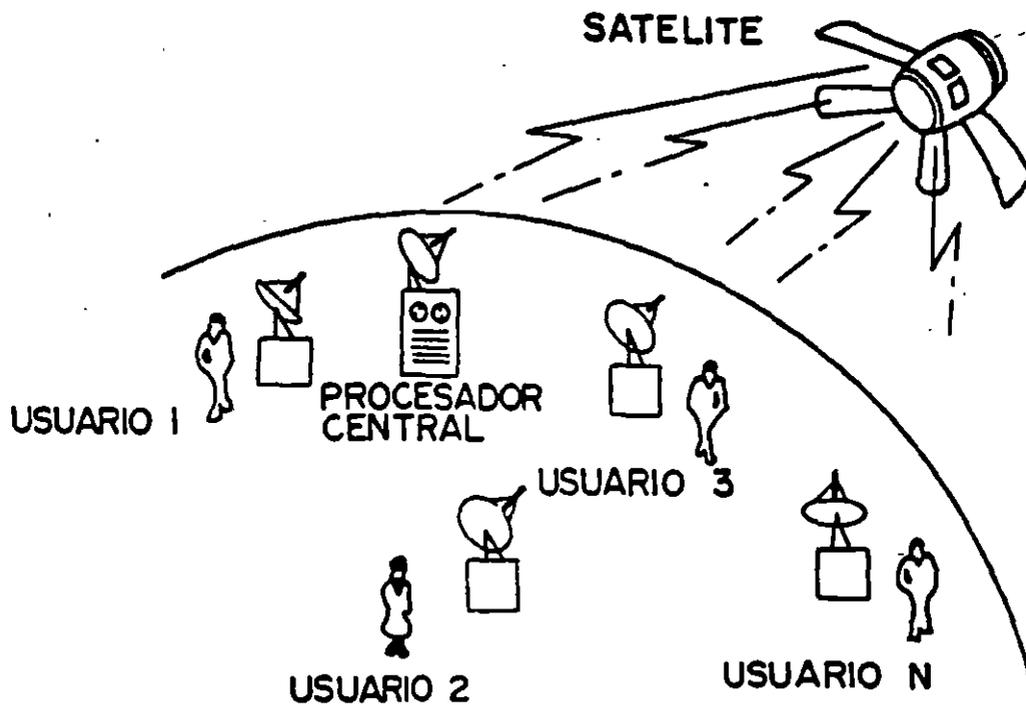
COMPARACION DE LAS TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE

SCPC	SCPC (DAMA)	TDM / TDMA	TDMA
Número reducido de estaciones terrenas	Número amplio de estaciones terrenas	Número amplio de estaciones terrenas	Número moderado de estaciones terrenas
Tráfico de voz y datos (baja, mediana y alta capacidad)	Tráfico de voz principalmente (baja capacidad)	Tráfico de datos (baja y mediana capacidad)	Tráfico de voz y datos (mediana y alta capacidad)
Configuración estrella principalmente	Configuración estrella o malla	Configuración estrella principalmente	Configuración estrella o malla

PROTOCOLOS DE ACCESO MÚLTIPLE POR SATELITE

ALOHA

Protocolo por medio del cual un número N de usuarios puede acceder aleatoriamente un recurso centralizado (computadora central), a través del satélite.



OPERACION DEL SISTEMA ALOHA

ALOHA

Características:

- El transpondedor se comparte por un número "N" de usuarios, los cuales transmitirán aleatoriamente su información.
- En caso de que suceda una colisión, las estaciones que en ella incurrieron retransmitirán el mensaje en un tiempo aleatorio.

ALOHA RANURADO

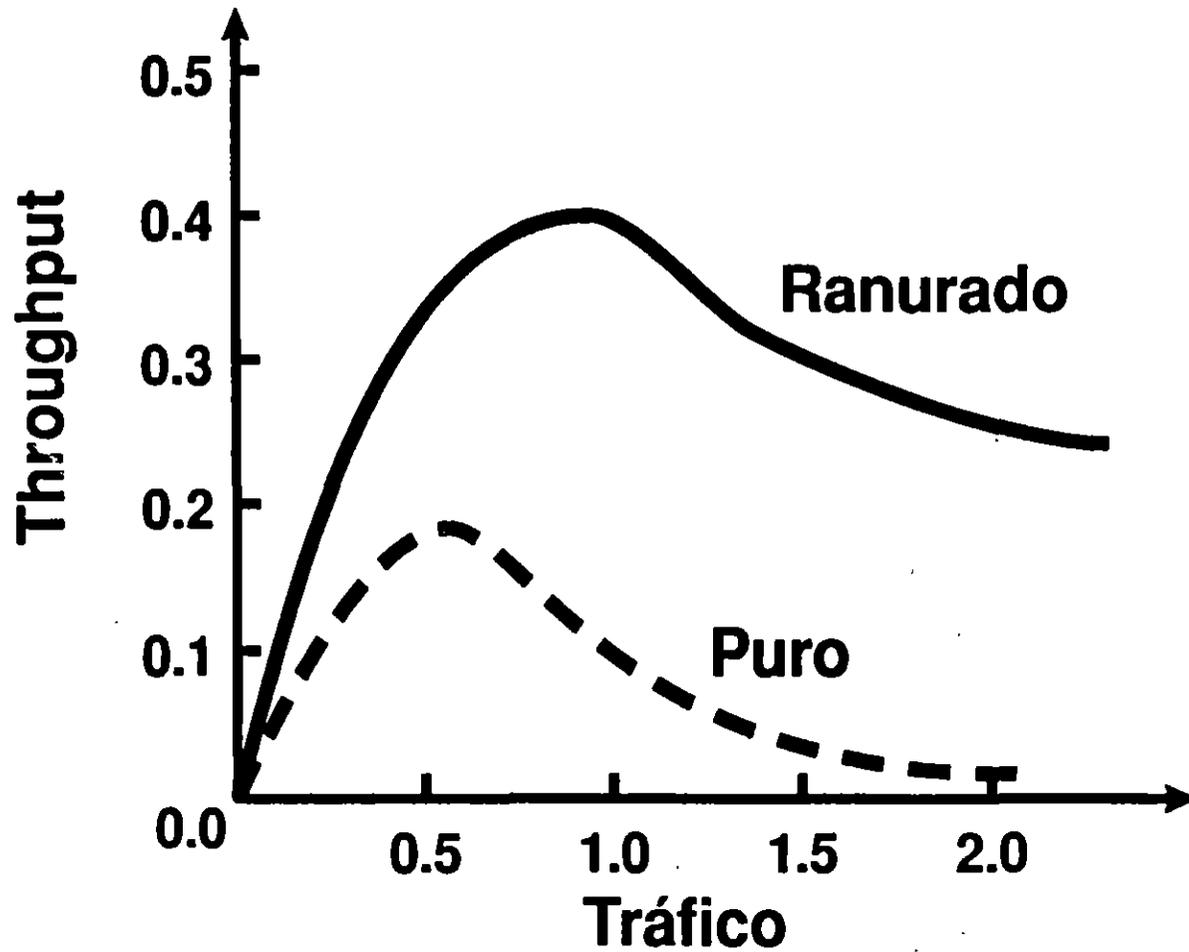
Este protocolo decrece la probabilidad de interferencia entre paquetes al requerir que los usuarios transmitan solamente al inicio de intervalos discretos de tiempo.

ALOHA RANURADO

Características:

- Ranuración en tiempo del canal para reducir la interferencia entre canales. Los usuarios ya no transmitirán aleatoriamente, sino que lo harán al principio de cada intervalo discreto de tiempo correspondiente a la longitud de un paquete.**

THROUGHPUT vs TRAFICO EN CANALES ALOHA



CODIFICACION

- El proceso de codificación consiste en añadir bits de redundancia de una forma controlada a la información que requiere protección.**
- Esta información adicional suministrada para redundancia puede ser usada para detectar y/o corregir errores que ocurran durante la transmisión.**

TECNICAS DE CODIFICACION

Las técnicas de codificación son utilizadas dentro de las funciones de los modems, con el objeto de reducir la razón E_b/N_0 para lograr una calidad (BER) determinada.

TIPOS DE CODIFICACION

- Codificación que permite detectar y corregir los errores producidos (FEC).**
- Codificación para detectar solamente errores en el trayecto de transmisión (ARQ).**

CORRECCION DIRECTA DE ERRORES (FEC)

- El receptor utiliza los bits de redundancia para corregir los errores de la transmisión y reconstruir el mensaje original.**
- FEC: Forward Error Correction, este sistema elimina los retrasos debidos a la retransmisión y los requerimientos de sistemas de memoria involucrados en la técnica ARQ.**

CORRECCION DIRECTA DE ERRORES (FEC)

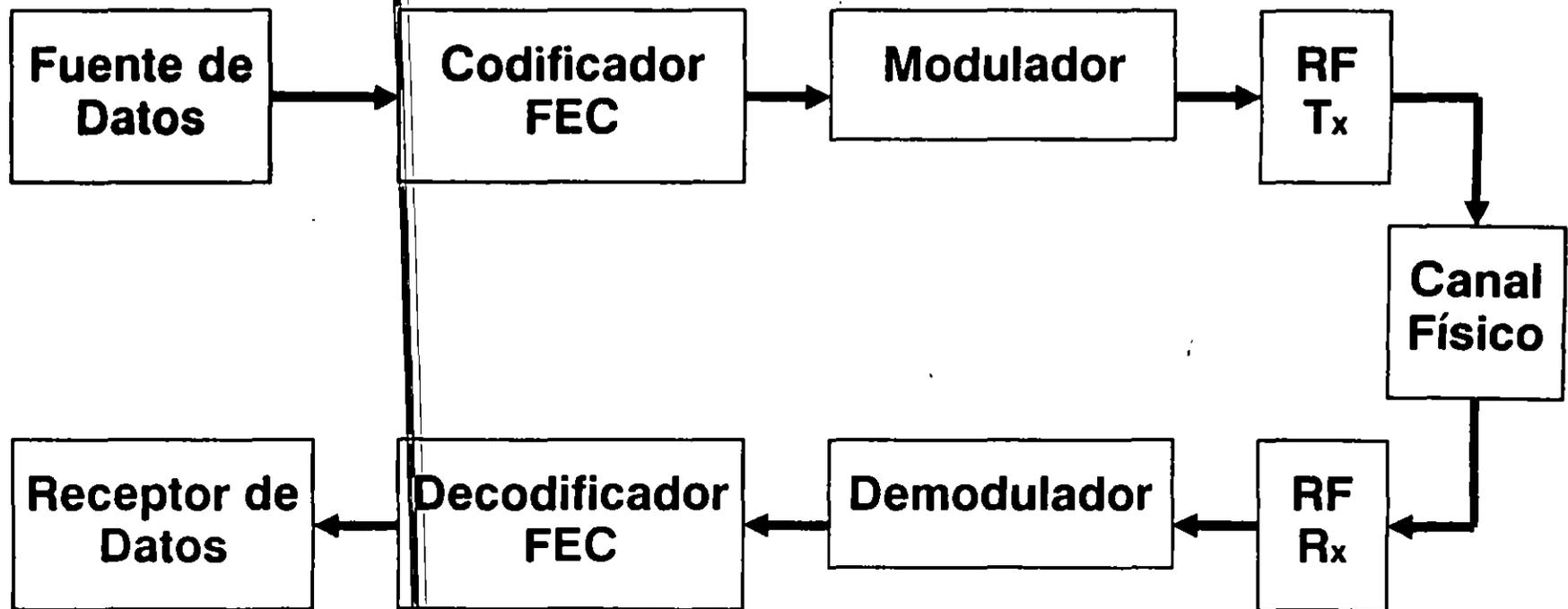
Ventajas

- No se requiere un canal de retransmisión.
- Se trabaja con una eficiencia de throughput constante.
- El retraso total del sistema es constante
- Throughput :
$$\frac{\text{Tasa de bits de entrada}}{\text{Tasa de bits de salida}} = r$$

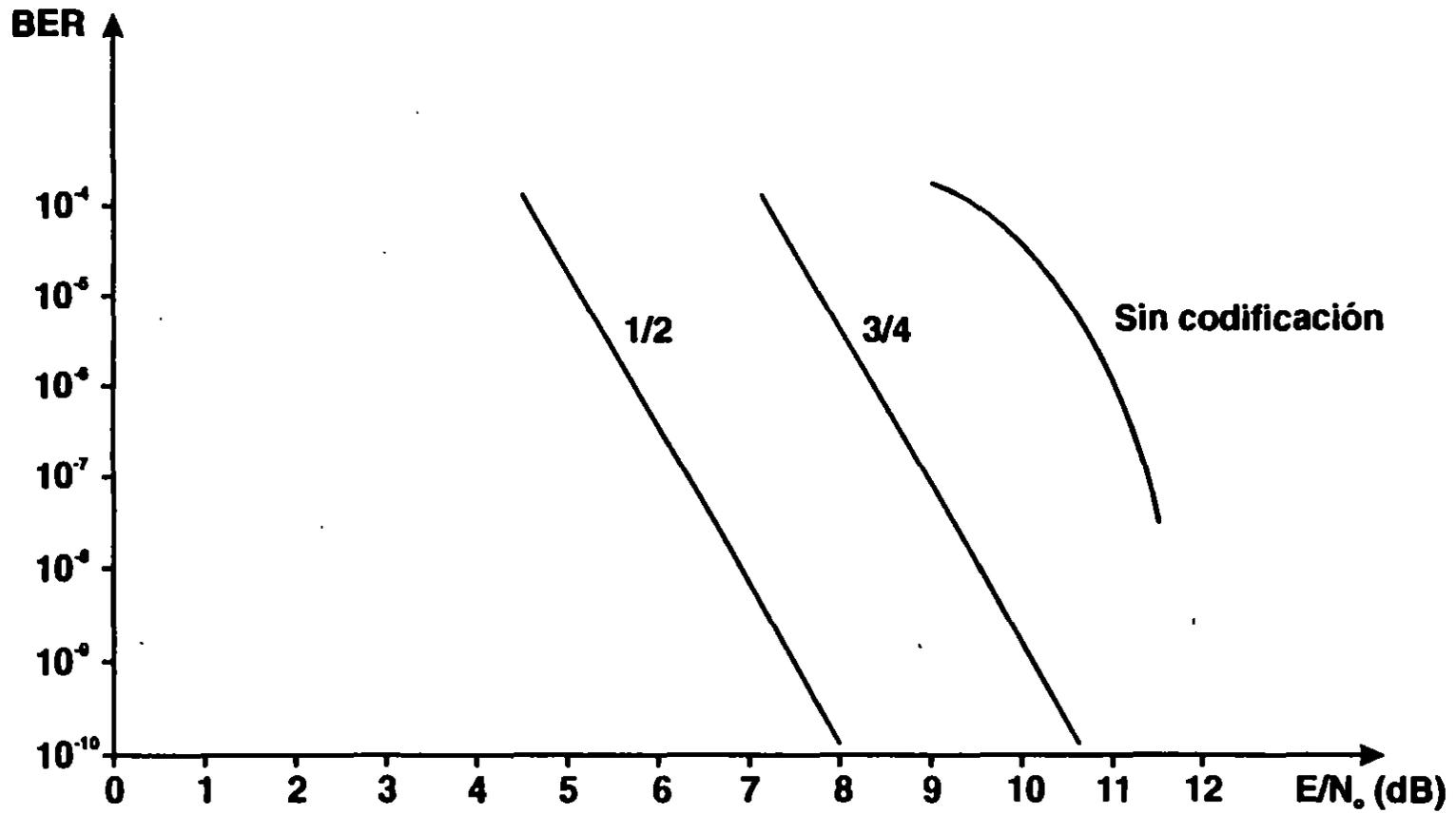
Desventajas:

- Eficiencia de throughput moderada, que disminuye al emplearse códigos mas poderosos.
- Dificultad en la selección del código de corrección.
- La confiabilidad de los datos recibidos es altamente sensitiva a cualquier degradación de las condiciones del canal.

DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN ENLACE DIGITAL UTILIZANDO CORRECCION DE ERRORES POR ADELANTADO (FEC)



FEC



Código	1	7/8	4/5	3/4	2/3	1/2
Ganancia (Eb/No)	0	2.55	3.8	4.3	4.77	5.4
Expansión de ancho de banda	1	1.14	1.25	1.33	1.5	2

PROTOSCOLOS DE COMUNICACION

Los protocolos de comunicación son el punto angular que permiten que todos los dispositivos que integran una red queden interconectados entre sí por medio de una arquitectura, y puedan cursar la información en forma coordinada entre los puntos fuente y destino dependiendo de la ruta seguida.

Ejemplo Video analógico en banda C

Enlace entre México, D.F. y Tijuana B.C.N.

Estaciones Terrenas

Diámetro de las estaciones terrenas

México Tijuana

11 mts 5 mts

Ganancia de la estación terrena transmisora

54.5

Figura de mérito de la estación terrena receptora

27.73

Señal de video

Modulación

FM

Norma de televisión utilizada

525/60

Desviación pico de la frecuencia de video

10.25 MHz

Frecuencia máxima de banda base de video

4.2 MHz

Factor de mejoramiento (énfasis, ponderación)

1.574

Datos de la señal de audio

Frecuencia máxima de audio	15 kHz
Frecuencia de la subportadora	68 MHz
Ancho de banda del ruido del audio	15 MHz
Ancho de banda del ruido del filtro de subportadora	600 MHz
Desviación pico de la portadora debido a la subportadora	2 MHz
Desviación pico de la subportadora	72 MHz
Mejoramiento de pre/de énfasis	12 dB

Datos del Sistema Morelos

Densidad de flujo de saturación	-92.2 dBW/m ²
PIRE del satélite	36.20 dBW
Figura de mérito del satélite	6.4 dB/°K
Ajuste del atenuador de posición	0
Back-off de entrada/salida	0/0
Frecuencia de operación de la portadora ascendente	6.405 GHz
Frecuencia de operación de la portadora descendente	3.740 GHz
Margen de lluvia ascendente y descendente	1.5 dB

Cálculo de enlace ascendente

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = F - 20\log f + \frac{G}{T} + 207.15 - m_a$$

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = -92.9 - 16.13 + 6.4 + 207.15 - 1.5 = 103.72 \text{ dB-Hz}$$

Cálculo de enlace descendente

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = \text{PIRE} + \frac{G}{T} + 228.6 - L - m_d$$

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = 36.2 + 23.73 + 228.6 - 195.26 - 1.5 = 91.77 \text{ dB-Hz}$$

Cálculo de Ruido de Intermodulación

Debido a que el transpondedor opera a saturación con una sola portadora, no existe ruido de intermodulación.

Cálculo de $\left(\frac{P}{R_o}\right)_T$

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T = 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{\text{antilog } 10.37} + \frac{1}{\text{antilog } 9.17}} \right] = 91.43 \text{ dB-Hz}$$

Cálculo de $\left(\frac{P}{N}\right)_T$

$$\left(\frac{P}{R}\right)_T = \left(\frac{P}{R_o}\right)_T - 10 \log AB_{FI} = 91.43 - 74.91 = 16.52$$

Cálculo de $\left(\frac{S}{R}\right)$

$$\left(\frac{S}{R}\right)_{\text{video}} = \left(\frac{P}{R_o}\right)_T + 10 \log \left[\frac{12(0.714 A_f^v)^2}{b_s^3} \right]$$

Donde

$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T$ = Relación portadora a densidad de ruido total en dB-MHz

A_f^v = Densidad pico de la frecuencia de video = 10.75

b_s = Factor de mejoramiento (combinación de ponderación y énfasis)

Norma CCIR = 1.574

$$\left(\frac{S}{R}\right)_{\text{video}} = \left(\frac{P}{R_o}\right)_T + 22.58 = 31.43 + 22.58 = 54.01$$

Cálculo del HPA

$$\begin{aligned} \text{PIRE} &= F_s + 10 \log 4\pi D^2 \\ &= -92.2 + 162.11 \\ &= 70 \text{ dBW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HPA} &= \text{PIRE} - G + \ell + \text{BO}_s \\ &= 70 - 54.5 + 3 + 0 \\ &= 18.5 \text{ dBW} \\ &= 70.79 \text{ W (cielo despejado)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HPA (lluvia)} &= 70 - 54.5 + 3 + 1.5 \\ &= 20 \text{ dBW} \\ &= 100 \text{ W} \end{aligned}$$

Ejemplo Redes Digitales

Enlace entre México, D.F. y Monterrey, N.L.

Estaciones Terrenas

	México	Monterrey
Confiabilidad deseada	99.95	99.99
Relación $\frac{E}{R_0}$ requerida (6.2 dB + 1.2 MI)	10^{-7}	10^{-7}
Diámetro de las estaciones terrenas	3.5	2.4
Velocidad de información de las portadoras	64	64
Figura de mérito de las estaciones terrenas	26.4	22.7
Ganancia en Transmisión	52	48.6
Modulación	QPSK	QPSK
Punto de operación del modem	55.46	55.46

Datos del Sistema Morelos

Densidad de flujo de saturación del satélite	-90.16	-89.86
PIRE del satélite	47.25	48.25
Figura de mérito del satélite	2.42	2.12
Ajuste del atenuador de posición	9.0	9.0
Back-off de entrada/salida		8.0/4.5
Frecuencias de operación		14.25/11.9

Cálculo de enlace ascendente (México - Monterrey)

Siendo la relación $\left(\frac{P}{R_o}\right)_{requerida} = 55.46 \text{ dB-Hz}$

Se pueden iniciar los cálculos a partir de un valor estimado:

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T = 56 \text{ dB-Hz}$$

Por otra parte, generalmente $\left(\frac{P}{R_o}\right)_D$ es ligeramente mayor que $\left(\frac{P}{R_o}\right)_T$

Suponiendo que $\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = \left(\frac{P}{R_o}\right)_T + 1$ se tiene que $\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = 57 \text{ dB-Hz}$

Con esta suposición se calcula el PIRE requerido en el satélite

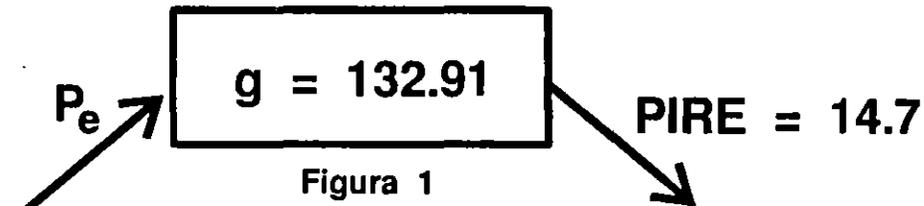
de la ecuación $\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = \text{PIRE} + \frac{G}{T} + 228.6 - L - m_d$

se tiene $\text{PIRE} = 57 - 22.7 - 228.6 + 205.30 + 3.9 = 14.9$

Una vez que el PIRE del satélite es conocido se puede calcular la potencia requerida a la entrada del satélite (P_e).

Ya que para el caso particular del satélite Morelos, en este ejemplo la ganancia del transpondedor es:

$$g = [(PIRE)_s - BO_s - L_{pos}] - [F_s - BO_e]$$
$$= (48.25 - 4.5 - 9) - (-90.16 - 8) = 132.91$$



Relación de potencia de entrada (P_e) y potencia de salida del satélite

Por otra parte, el PIRE del satélite es:

$$PIRE = P_e + g$$

Por lo tanto,

$$P_e = PIRE - g$$
$$= 14.7 - 132.91 = -118.01 \text{ dBW}$$

Ahora tomando en cuenta las pérdidas en el espacio libre, de absorción, lluvia y por apuntamiento, se tiene que el PIRE en la estación terrena es:

$$PIRE = -118.01 + 162.24 + 0.5 = 44.73$$

Por tanto la potencia de radiación del AAP de la estación terrena es:

$$\text{Potencia AAP} = \text{PIRE} - G + \ell$$

Donde G es la ganancia de la antena y ℓ , las pérdidas en guías de onda, diplexores, etc.

Así que:

$$\text{Potencia AAP} = 44.73 - 52 + 0.3 = 0.175 \text{ W}$$

Con este valor de potencia se calcula el valor de $\left(\frac{P}{R_o}\right)_A$ como:

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = F - 20\log f + \frac{G}{T} + 207.15 - m_a$$

Como

$$\begin{aligned} F &= \text{PIRE} - 10\log 4\pi D^2 \\ &= 44.77 - 162.24 = -117.51 \end{aligned}$$

Entonces,

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = -117.51 - 23.07 + 2.42 + 207.15 - 0.6 = 68.39$$

La potencia recibida en el satélite será:

$$\begin{aligned} P_e &= \text{PIRE} - g \\ &= 13.33 - 131.61 = -118.28 \text{ dBW} \end{aligned}$$

El valor del PIRE en la estación terrena

$$\text{PIRE} = -118.28 + 162.3 + 0.4 = 44.42$$

Y la potencia en el amplificador

$$\begin{aligned} \text{Potencia} &= \text{PIRE} - G + \ell \\ &= 44.42 - 48.6 + 0.2 = 0.4014 \text{ W} \end{aligned}$$

Y la potencia AAP con lluvia será igual a 1.3918 W

El valor de $\left(\frac{P}{R_o}\right)_T$ será de 55.46 dB

Obsérvese que el valor coincide con el requerido.

$$\text{Potencia AAP con lluvia} = 44.31 - 52 + 0.3 + 8.2 = 1.15 \text{ W}$$

Obviamente los cálculos realizados se hacen con computadora, iterando hasta obtener los resultados óptimos.

Enlace Monterrey - México

Con un valor estimado de $\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = 56.59$, se tiene que

$$\text{PIRE} = 56.59 - 26.4 - 228.6 + 205.24 + 6.9 = 13.33 \text{ dBW}$$

La ganancia del transpondedor será:

$$\begin{aligned} g &= [(PIRE)_s - BO_s - L_{pos}] - [F_s - BO_e] \\ &= (47.25 - 4.5 - 9) - (-89.86 - 8) = 131.61 \end{aligned}$$

Para calcular la relación portadora a ruido de intermodulación, de la fig.

$$\left(\frac{P}{R}\right)_I = 15.0 \quad \left(\frac{P}{R_o}\right)_I = \left(\frac{P}{R}\right)_I + 10\log AB_{FI}$$
$$= 15.0 + 10 \log 64 \times 10^3 = 63.06 \text{ dB-Hz}$$

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T = 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{\text{antilog } 6.8} + \frac{1}{\text{antilog } 5.7} + \frac{1}{\text{antilog } 6.3}} \right] = 55.76 \text{ dB-Hz}$$

Ahora, suponiendo un PIRE del satélite de 14.3 se tendrá un potencia de recepción en el satélite

$$P_e = 14.3 - 132.91 = -118.61$$

Entonces el PIRE de la estación terrena es

$$\text{PIRE} = 44.31$$

Así que,

$$\text{Potencia AAP} = 0.175 \text{ W}$$

Que es el valor de la potencia a cielo despejado.

Por otra parte

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = F - 20\log f + \frac{G}{T} + 207.15 - m_a$$

Como:

$$\begin{aligned} F &= \text{PIRE} - 10\log 4\pi D^2 \\ &= 44.42 - 162.3 = -117.85 \end{aligned}$$

Entonces:

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = -117.85 - 23.07 + 2.12 + 207.15 - 0.4 = 67.92 \text{ dB-Hz}$$

y

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_I = 63.06 \text{ dB-Hz}$$

Entonces:

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T = 10 \log \left[\frac{1}{\text{antilog } 6.79} + \frac{1}{\text{antilog } 5.66} + \frac{1}{\text{antilog } 6.3} \right] = 55.46 \text{ dB-Hz}$$

El valor obtenido resulta de acuerdo a los requerimientos.

ENLACE D.F. - MONTERREY

ENLACE ASCENDENTE:			
ESTACION TRANSMISORA	MEXICO D.F.	MONTERREY	
ESTACION RECEPTORA	MONTERREY	MEXICO D.F.	
Diámetro de Antena	3.5000	2.4000	m
Eficiencia de apertura	0.5810	0.5648	
Frecuencia de Transmisión	14250000000	14250000000	Hz
Frecuencia de Recepción	11950000000	11950000000	Hz
Distancia Est.Terr.- Satélite	36,530,564	36,783,300	m
Longitud de onda ascendente	0.0211	0.0211	m
Potencia de Transmisión	1.1584	1.3918	W
Potencia de Transmisión	0.6385	1.4358	dBW
Ganancia de Antena en Tx	52.0000	48.6000	dB
Ganancia de Antena en Rx	50.4711	47.0711	dB
Perdidas por alimentadores	0.3000	0.2000	dB
PIRE	52.3385	49.8358	dBW
G/T Satellite	2.4200	2.1200	dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012	dBJ/K
Perdidas por espacio libre	206.7712	206.8311	dB
Perdidas por dispersión	162.2452	162.3051	dB/m
Atenuación Atmosférica	0.2000	0.2000	dB
Atenuación Polarización	N/A	N/A	dB
Atenuación Lluvia	8.2000	5.4000	dB
Atenuación apuntamiento	0.3000	0.2000	dB
FEC	1/2	1/2	
Velocidad de Información	64000	64000	bps
Velocidad de información	48.0618	48.0618	dB-Hz
Ancho de banda	64000.0000	64000.0000	Hz
Ancho de banda	48.0618	48.0618	dB-Hz
(C/No)A del Sistema	67.8885	67.9259	dB-Hz

ENLACE DESCENDENTE:

Longitud de onda descendente	0.0251	0.0251	m
G/T-antena receptora	22.7000	26.4000	dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	36,783,300	36,530,564	
Flujo a la entrada del satélite	-118.6067	-118.2693	dB/m ^ 2
Back Off de Entrada	8.0000	8.0000	dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-90.1600	-89.8600	dB/m ^ 2
PIRE Saturación (Sat-Rx)	48.2500	47.2500	dBW
Atenuador de posición	9.0000	9.0000	dB
Back Off de Salida	4.5000	4.5000	dB
PIRE de salida del satélite	14.3033	13.3407	dBW
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012	dBJ/K
Atenuación Propagación	205.3021	205.2423	dB
Atenuación Atmosférica	0.0000	0.0000	dB
Atenuación Polarización	N/A	N/A	dB
Atenuación Lluvia	3.4000	6.2000	dB
Atenuación apuntamiento	0.3000	0.3000	dB
Atenuación rastreo	0.0000	0.0000	dB
(C/No)D	56.6024	56.5996	dB-Hz
(C/N)I en TP	15.0000	15.0000	dB
(C/No)I en TP	63.0618	63.0618	dB-Hz
(C/No)D del Sistema	55.7176	55.7153	dB-Hz

RESULTADOS

(C/No)T	55.4618	55.4618	dB-Hz
(Eb/No)T	7.4000	7.4000	dB-Hz
(Eb/No)T requerida	6.2000	6.2000	dB-Hz
Márgen de implementación	1.2000	1.2000	dB-Hz
(C/No)T requerida	55.4618	55.4618	dB-Hz
Márgen de (C/No)T	-0.0000	-0.0000	dB-Hz



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL EN TELECOMUNICACIONES

MODULO 2: TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE

**TEMA: CALCULO DE ENLACE PARA COMUNICACIONES
MOVILES**

CALCULO DE ENLACE PARA COMUNICACIONES MOVILES

ENLACE D.F. - TIJUANA

ENLACE ASCENDENTE:			
ESTACION TRANSMISORA	MEXICO D.F.	TIJUANA	
ESTACION RECEPTORA	TIJUANA	MEXICO D.F.	
Diámetro de Antena	6.4000	0.0830	m
Eficiencia de apertura	0.6165	0.7148	
Frecuencia de Transmisión	14250000000	14250000000	Hz
Frecuencia de Recepción	11950000000	11950000000	Hz
Distancia Est.Terr.- Satélite	37,080,055	37,622,504	m
Longitud de onda ascendente	0.0211	0.0211	m
Potencia de Transmisión	76.3080	1.0000	W
Potencia de Transmisión	18.8257	0.0000	dBW
Ganancia de Antena en Tx	57.5000	20.4000	dB
Ganancia de Antena en Rx	55.9711	18.8711	dB
Perdidas por alimentadores	2.5000	3.5000	dB
	PIRE	73.8257	16.9000 dBW
G/T Satellite	2.4200	1.4400	dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012	dBj/K
Perdidas por espacio libre	206.7700	206.1500	dB
Perdidas por dispersión	162.3749	162.5011	dB/m
Atenuación Atmosferica	0.1000	0.1000	dB
Atenuación Polarización	N/A	3.0000	dB
Atenuación Lluvia	2.2000	0.0000	dB
Atenuación apuntamiento	0.5000	0.5000	dB
Ancho de banda	40.7569	70.7918	dB-Hz
Velocidad de información	36.9548	17.4036	dB-Hz
(C/No)A	95.2769	37.1912	dB-Hz
(C/N)A	54.5200	-33.6006	dB
(C/N)I en HPA	N/A	N/A	dB
(C/X) por polarizacion cruzada	N/A	N/A	dB
(C/X)Isa	35.0000	35.0000	dB
(C/N)A del Sistema	34.9518	-33.6006	dB

ENLACE DESCENDENTE:

Longitud de onda descendente	0.0251	0.0251	m
G/T antena receptora	-7.1000	29.5000	dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	37,622,504	37,080,055	
Flujo a la entrada del satélite	-91.3492	-149.2011	dB/m ²
Back Off de Entrada	8.0000	8.0000	dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-90.1600	-89.1800	dB/m ²
PIRE Saturación (Sat-Rx)	44.2500	47.2500	dBW
Atenuador de posición	9.0000	9.0000	dB
Back Off de Salida	4.5000	4.5000	dB
PIRE de salida del satélite	37.5608	-18.2711	dBW
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012	dB/K
Atenuación Propagación	205.2000	205.2000	dB
Atenuación Atmosférica	0.1000	0.1000	dB
Atenuación Polarización	3.0000	N/A	dB
Atenuación Lluvia	1.6000	7.2910	dB
Atenuación apuntamiento	0.0000	0.0000	dB
Atenuación rastreo	1.0000	1.0000	dB
(C/No)D	48.1620	26.2391	dB-Hz
(C/N)D	7.4051	-44.5527	dB
(C/N)I en TP	15.0000	15.0000	dB
(C/X)Isd	40.0000	40.0000	dB
(C/X)Itd	40.0000	40.0000	dB
(C/N)D del Sistema	6.7044	-44.5527	dB

RESULTADOS

(C/N)T	6.6979	-44.8882	dB
(Eb/No)T	10.5000	8.5000	dB-Hz
(Eb/No)T requerida	9.0000	7.5000	dB-Hz
Márgen de implementación	1.5000	1.0000	dB
(C/N)T requerida	6.6979	-44.8882	dB
Márgen de (C/N)T	0.0000	0.0000	dB

**DIMENSIONAMIENTO
DE
REDES**

b/

Ejemplo de una red TDM/TDMA

a) Necesidad de tráfico

Voz:

Promedio de llamadas	10 llamadasxdíaxcircuito
Duración promedio	4 minutos
Factor de Bloqueo	5 %
Circuitos por estación terrena	3

Datos:

Transacciones por segundo	0.15
Longitud media de transacción hacia central	100 caracteres
Longitud media de transacción hacia remota	400 caracteres

Tiempo de respuesta

2 segundos

Aplicaciones

**interactiva y transferencia
de archivos.**

b) Cálculo para los circuitos de voz

$$\text{Llamadas por minuto} = \frac{10 \text{ llamadas}}{(480 \text{ minutos})(8 \text{ horas hábiles)}} = 0.02$$

$$\text{Erlangs} = (0.02 \text{ llamadas}) (4 \text{ minutos}) = 0.08 \text{ erlangs}$$

Considerando una relación pico a promedio de 2 a 1, se tendrá un tráfico de 0.16 erlangs en tiempos pico.

Por ejemplo, para 20 estaciones terrenas:

$$20 \text{ estaciones} \times 3 \text{ circuitos} \times 0.16 \text{ erlangs/circuito} = 9.6 \text{ erlangs}$$

Con un factor de bloqueo de 5%, se obtiene un total de 6 circuitos troncales.

Si cada circuito de voz se comprime a 16 kbps, para las 20 estaciones se requieren 96 kbps.

c) Cálculo para los canales de datos

$$(0.15 \text{ transacciones/segundo}) \times (100 \text{ caracteres/transacción}) \times (8 \text{ bits/car.}) = 120 \text{ bits/segundo}$$

para 20 estaciones

$$(120 \text{ bps/estación}) \times (20 \text{ estaciones}) = 2.4 \text{ kbps}$$

Considerando un 10% de utilización en TDMA (Aloha ranurado), se requieren 24 kbps.

d) Velocidad total de transmisión para las portadoras TDMA

Voz	96 kbps
Datos	24 kbps
"Overhead"	15 kbps
Margen	121 kbps
<hr/>	
Portadora	256 kbps

e) Portadoras TDM

$$(0.15 \text{ transacciones/seg.}) \times (400 \text{ caracteres/transacción}) \times (8 \text{ bits/caracter}) = 480 \text{ bits/seg.}$$

para las estaciones:

$$(480 \text{ bps/estación}) \times (20 \text{ estaciones}) = 9.6 \text{ kbps}$$

Voz	96 kbps
Datos	9.6 kbps
<hr/>	<hr/>
Subtotal	105.6 kbps
Margen	406.4 kbps
<hr/>	<hr/>
Portadora	512 kbps

	Outbound	Inbound
--	----------	---------

20 estaciones	1 x 512	1 x 256
---------------	---------	---------

60 estaciones	1 x 512	3 x 256
---------------	---------	---------

EJEMPLO DE UNA RED TDMA PURA (SIN TDM)

Parámetros	Enlace
Tasa de transmisión de información	4 Mbps
Modulación	QPSK
Tasa FEC	1/2
Número de portadoras	2*
Tasa de bits erróneos (BER)	10^{-7} ($E_b/N_0 = 6.5$ dB)
Disponibilidad bajo lluvia	99.8%
Tamaño de la estación terrena	2.4 m 3.7 m (regiones de mucha lluvia)
PIRE de la estación terrena	67 dBw (2.4 m) 71 dBw (3.7 m)
G/T de la estación terrena	27.9 (3.7 m) 22.8 (2.4 m)

* Cada Portadora/Subred puede soportar hasta 35 estaciones