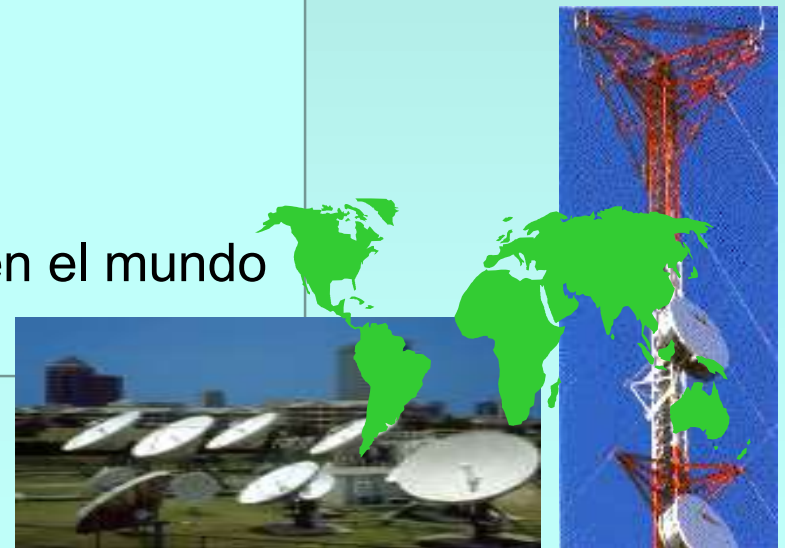


Contenido del curso

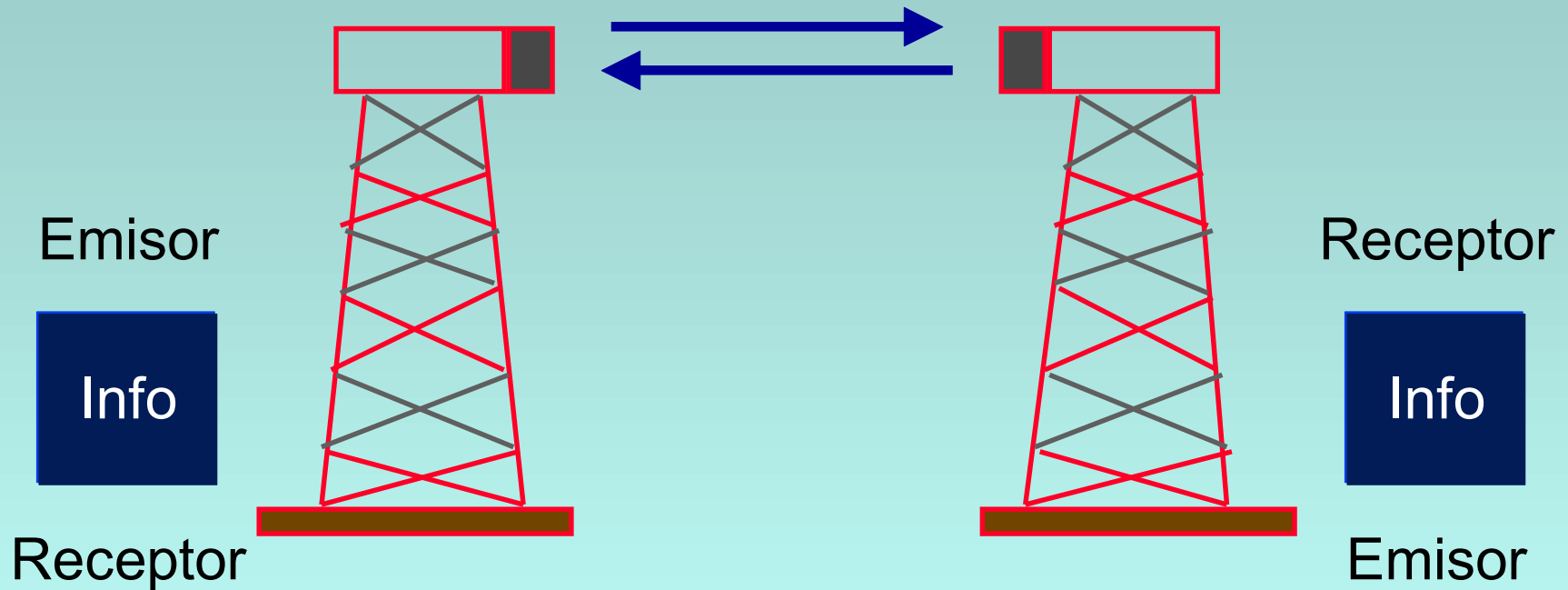
- Propagación de ondas electromagnéticas
- Modulación
- Métodos de corrección de errores
- Aspectos regulatorios en radioenlaces
- Estructura del radio digital
- Diseño de un radioenlace
- Nuevas aplicaciones con radioenlaces
- Funcionamiento y estructura del satélite
- Técnicas de acceso múltiple
- Cálculo de enlace satelital
- Equipo satelital terrestre
- Redes VSAT y Sistema GPS
- Servicios satelitales en México y en el mundo
- Nuevas aplicaciones con satélites



En este capítulo

- ✓ Sistema de radioenlace
- ✓ Espectro de frecuencias y sus usos
- ✓ Regiones definidas por el ITU-R
- ✓ Bandas empleadas
- ✓ Estructuras de los canales de RF
- ✓ Subastas en México
- ✓ Aplicaciones
- ✓ Ventajas y desventajas

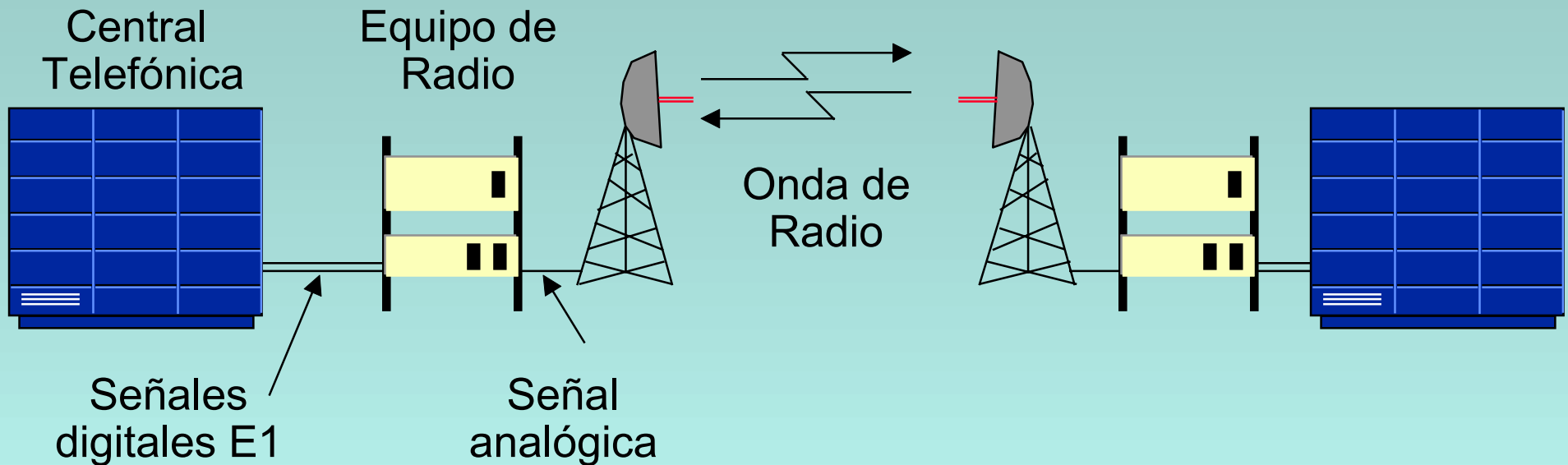
Sistemas de radioenlace (1)



La información que se desea enviar se procesa, para adecuarla al medio de transmisión y se convierte en ondas electromagnéticas propagables a través del aire.

En la recepción se sigue un proceso inverso a fin de recuperar la información original.

Sistemas de radioenlace (2)



Las señales digitales a transportar son multiplexadas y después procesadas en el equipo de radio para modular una portadora analógica.

Esta portadora analógica es la que finalmente se propaga por el espacio en forma de una onda electromagnética.

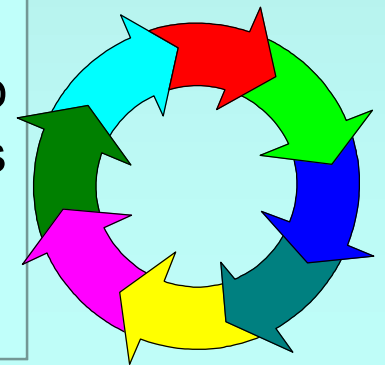
En la recepción se sigue un proceso inverso para recuperar la información original.

Un poco de historia

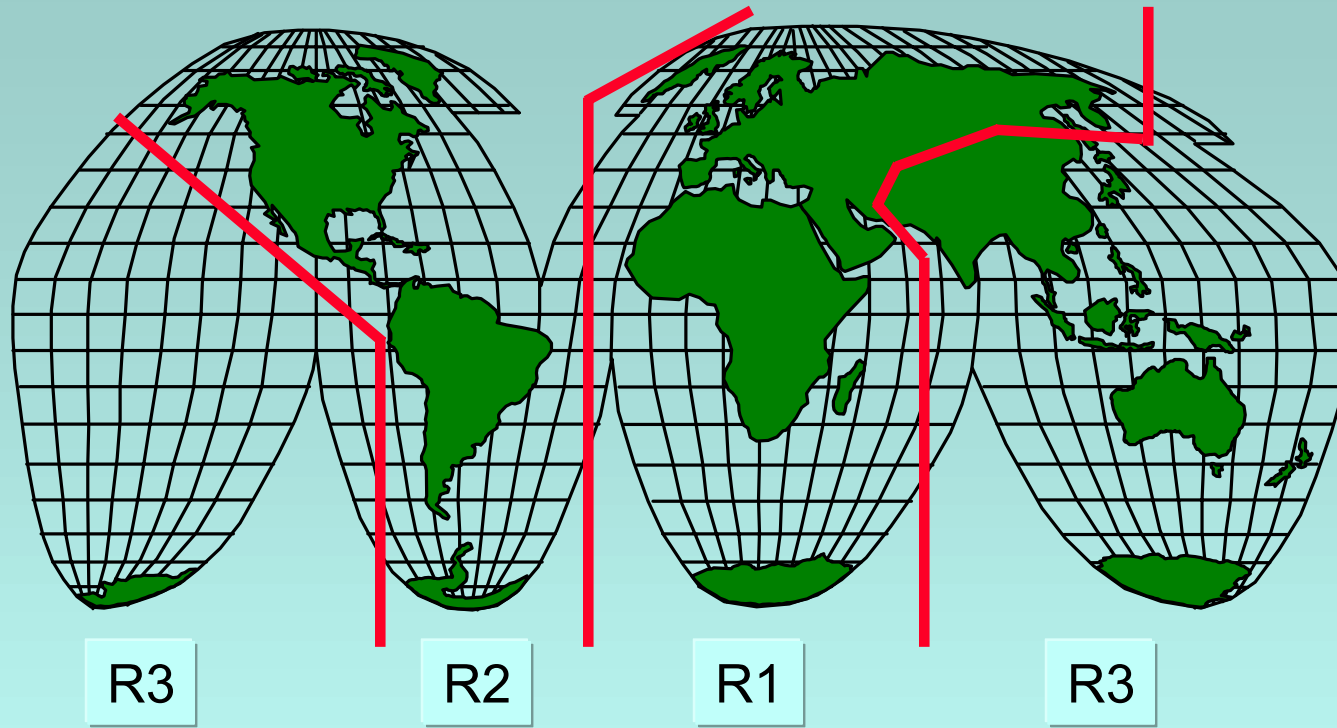
- ✓ Primer enlace en los 30's, en la banda de *VHF* transportando 12 canales y empleando modulación *AM*.
- ✓ Aplicaciones en la 2ª Guerra Mundial en la banda *UHF*.
- ✓ En 1951, enlace de Nueva York a San Francisco con 480 canales de voz, un ancho de banda de 20 MHz y operando en la banda de los 4 GHz.
- ✓ A fines de los 60's comienzan los radioenlaces digitales.
- ✓ Los transistores facilitaron el desarrollo y complejidad de los equipos.
- ✓ A inicios de los 80's se desarrollan modulaciones más complejas como *N-QAM* que permiten aumentar la capacidad y confiabilidad.
- ✓ Hoy en día las microondas aún transportan la mitad del tráfico de larga distancia. Y siguen los desarrollos tecnológicos, por ejemplo los radios *SDH*.

Instituciones reguladoras

- ✓ A nivel internacional la **UIT** a través del **ITU-T (CCITT)** y principalmente del **ITU-R (CCIR)** establecen las normas para la explotación del espectro radioeléctrico.
- ✓ Existe además, el **IFRB (International Frequency Registration Board)** como órgano de la **UIT** que lleva el control del espectro a nivel mundial.
- ✓ Reuniones periódicas, como la **WARC (World Administrative Radio Conference)**, habiéndose llevado a cabo la última en 1992 en Torremolinos, Málaga, España.
- ✓ A nivel nacional la **SCT** y la **Cofetel** en México establecen las normas respectivas (NOM-XXX-SCT1- 19XX).
- ✓ Otro ejemplo similar a la **Cofetel** es la **FCC** en E.U.



Regiones definidas por la ITU-R



- Región 1 : Europa, África, toda la Ex-URSS, Turquía, Mongolia y Arabia Saudita.
- Región 2 : Todo el continente Americano.
- Región 3 : Asia, Oceanía e Irán.

Bandas disponibles

Frecuencias establecidas para radioenlaces de microondas, en Gigahertz:

0.440 - 0.470	0.806 - 0.960	1.427 - 1.525
1.7 - 2.69	3.4 - 4.2	4.4 - 5
5.85 - 8.5	10.5 - 10.68	10.7 - 11.7
12.75 - 13.25	14.3 - 15.35	17.7 - 19.7
21.2 - 23.6	25.25 - 29.5	36 - 40.5
47.2 - 51.4	54.25 - 58.2	59 - 64

El uso de estas bandas puede variar de región a región, sin embargo son las de empleo más generalizado. Para obtener información más detallada se deben consultar las normas del **ITU-R** y el manual del **IFRB** y en nuestro caso, las normas de la **SCT** publicadas en el Diario Oficial y disponibles en la Dirección General de Normas.

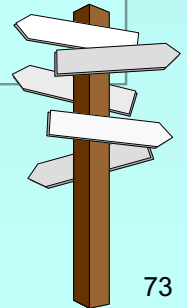
Distancias para cada banda

Banda (GHz)	Distancia Máxima (km)
2	60
4/5/6	50
7/8	45
11	35
13	25
15	20
18/20	10
30	5
60	0.5

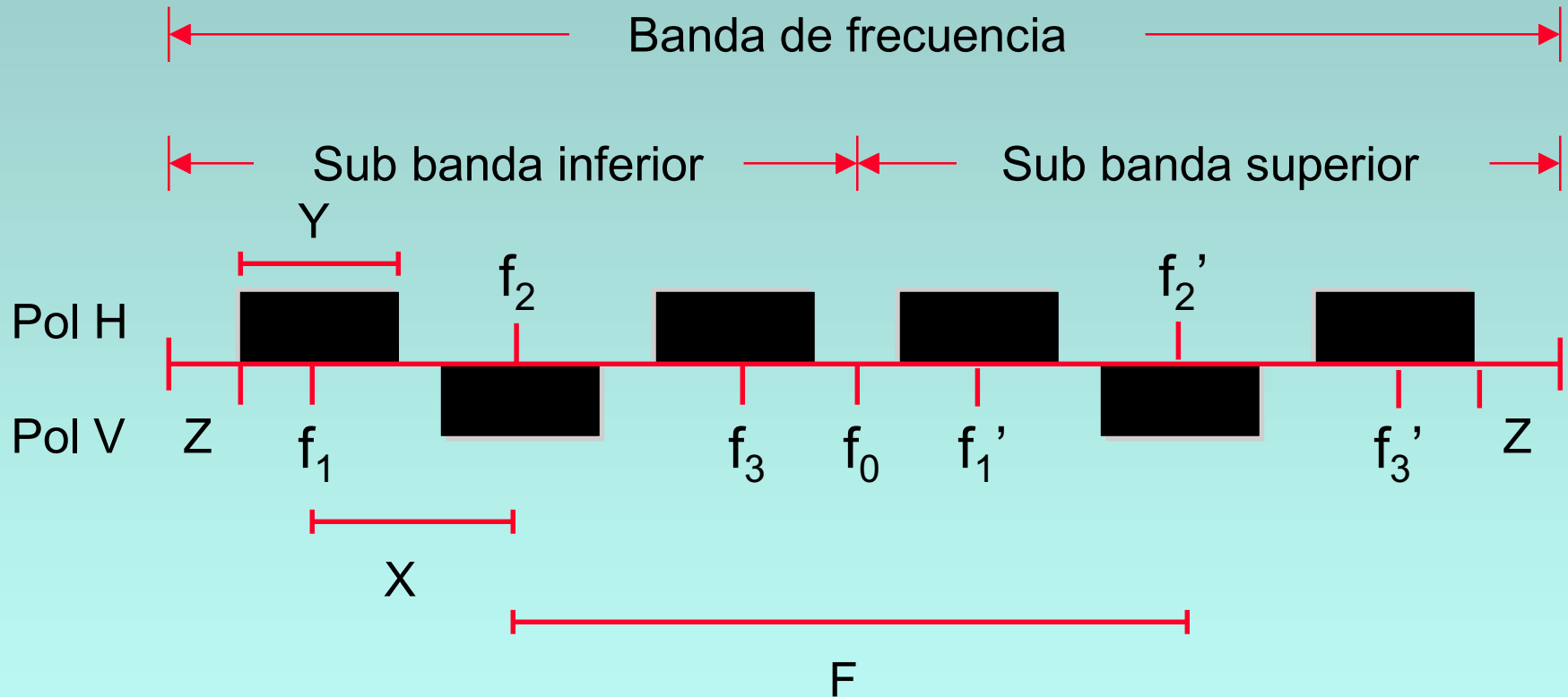
En general, estas son las distancias comunes. Sin embargo, las características de cada enlace o del equipo de transmisión, puede hacer que se tengan variantes hasta de un 50 %.

Arreglos de canales de RF

- ✓ Los arreglos de canales de RF son especificados por el grupo de estudio # 9 del ITU-R en sus recomendaciones; sin embargo, existen arreglos de uso no tan generalizado que están incluidos en los reportes y anexos.
- ✓ En sus inicios, y aún hoy en día debido a la compatibilidad, los radios digitales han empleado la estructura para los canales de RF diseñada para los radioenlaces analógicos.
- ✓ Sin embargo, buscando la eficiencia en el uso del espectro y la mayor tolerancia a interferencias, se han diseñado nuevas estructuras para los canales de RF. Estas se emplean en radios de corta distancia y a frecuencias superiores, en donde no estaban los radios analógicos.
- ✓ Se plantean necesidades nuevas de cara al futuro, ante los radios de alta capacidad (*SDH*, por ejemplo) que están emergiendo.

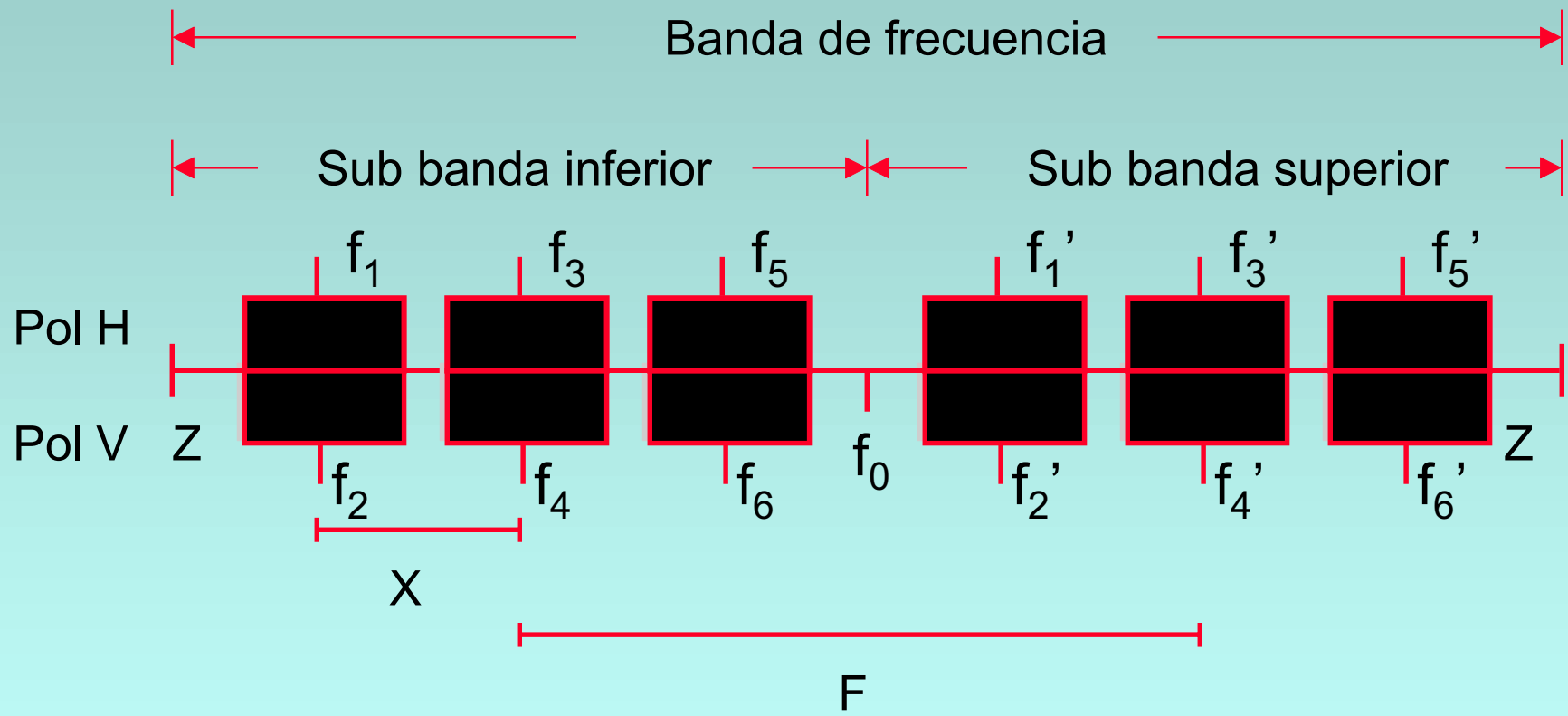


Estructura de polarización alternada



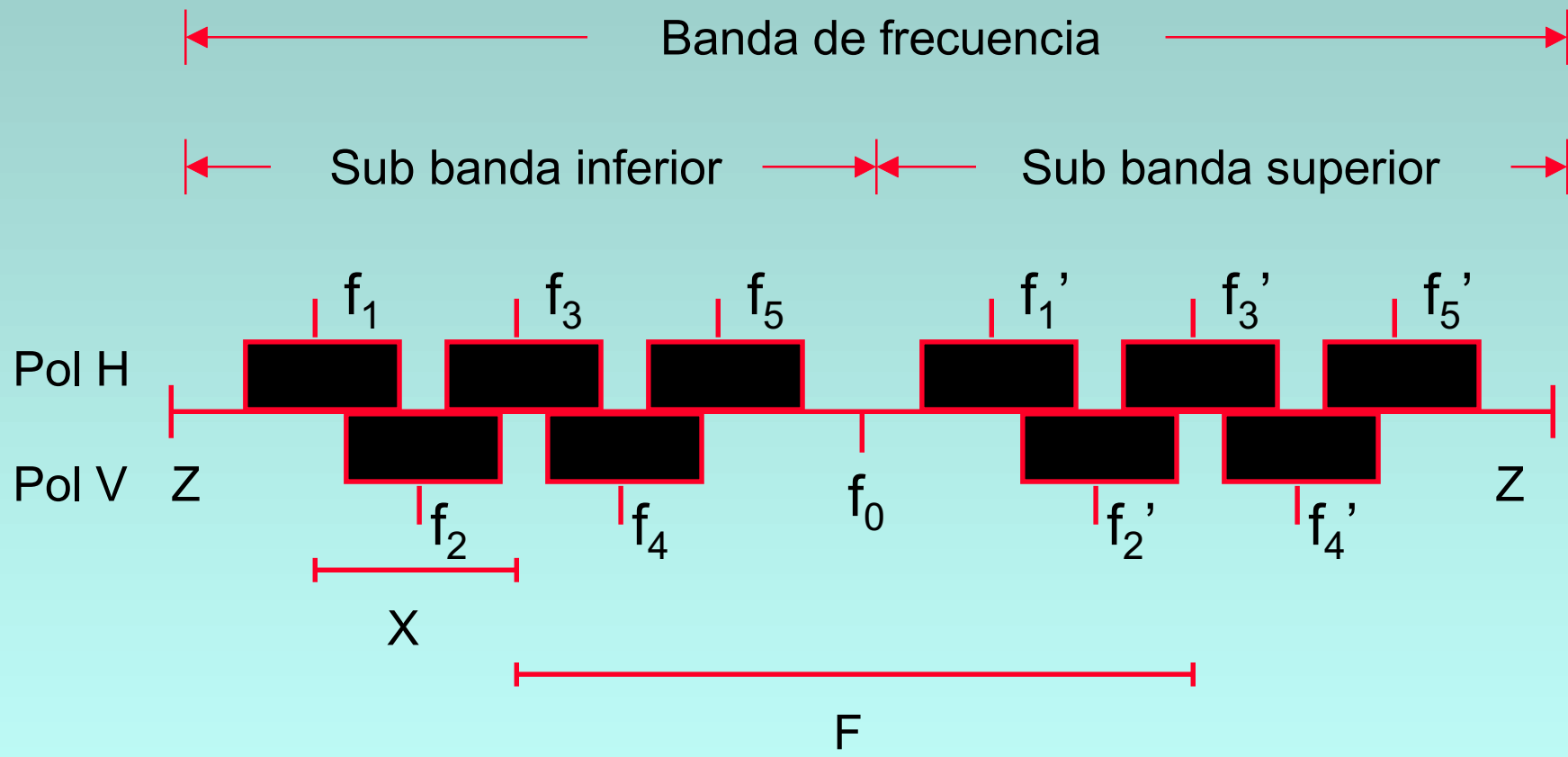
Esta estructura corresponde a los radios analógicos.

Estructura de co-canal



Esta estructura es adecuada para radios digitales, con capacidad de discriminación de polarización cruzada.

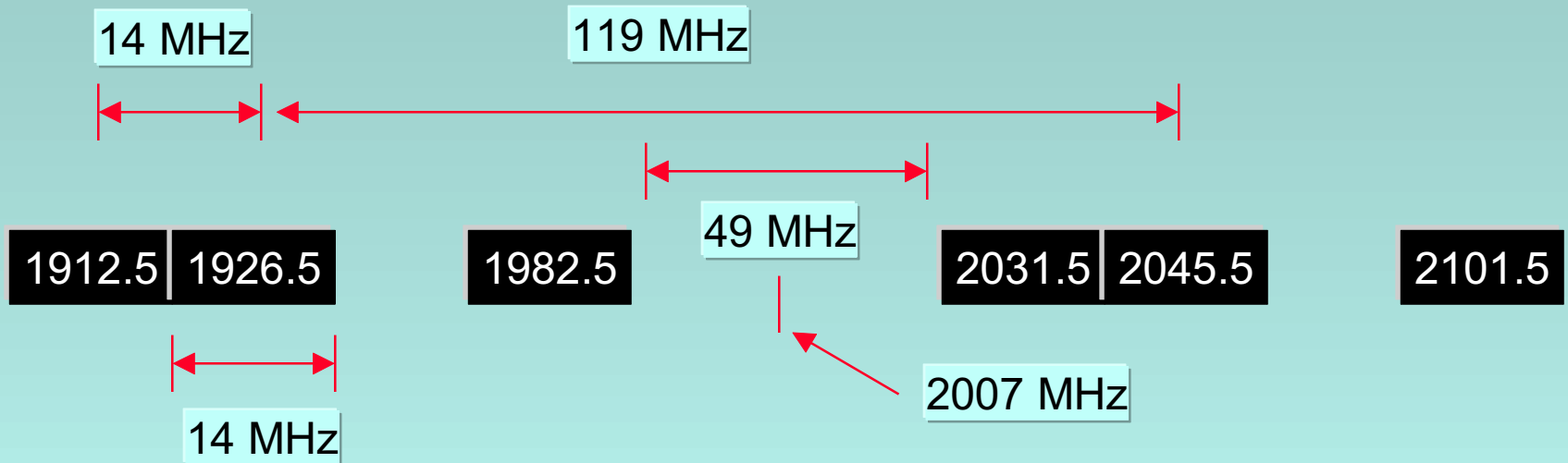
Estructura de entrelazado



Esta estructura es adecuada para radios digitales, con capacidad de discriminación de polarización cruzada y también de filtro.

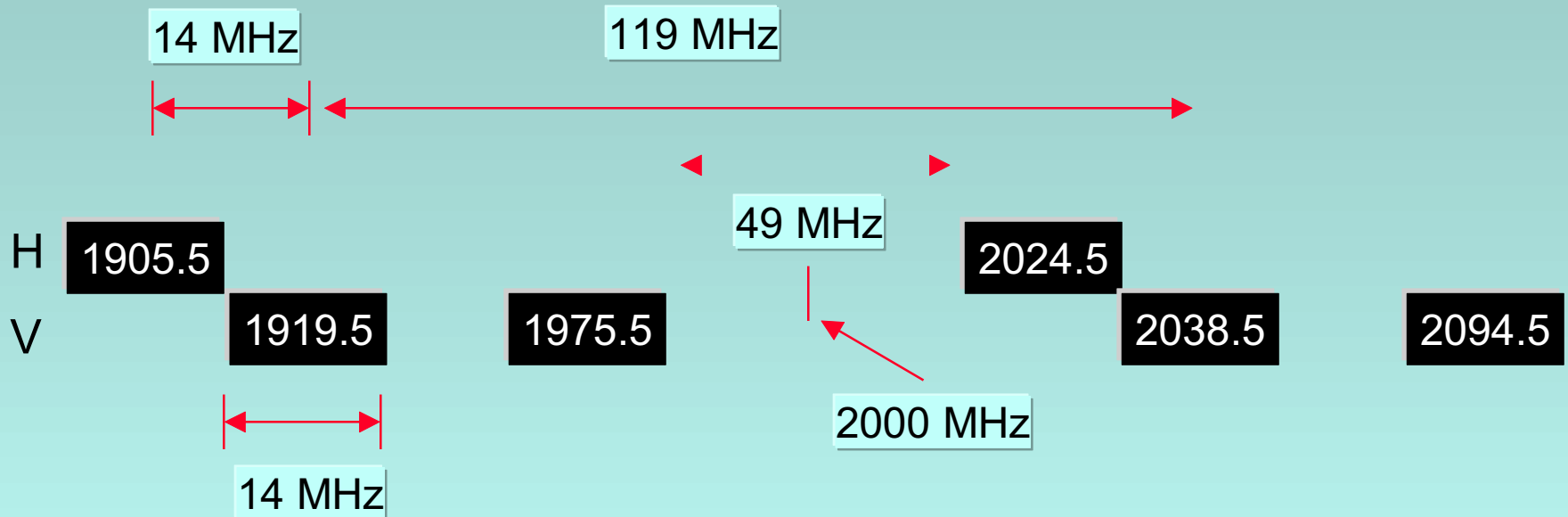
- ✓ **f₀** Frecuencia central de la banda, que generalmente da el nombre a la misma
- ✓ **X** Separación de canales de RF adyacentes de la misma polarización, determinado por la interferencia entre dichos canales adyacentes
- ✓ **F** Espaciamiento mínimo entre las frecuencias de Tx y Rx para un canal dado
- ✓ **Y** Ancho de canal
- ✓ **Z** Guarda en los extremos de la banda
- ✓ En México, la SCT especifica:
 - Frecuencias extremos de las bandas
 - Frecuencia central de c/u de los canales de la banda
 - Separación entre canales adyacentes
 - Ancho de cada canal
 - Separación entre Tx y Rx para un canal

Canalización SCT banda 2 GHz (I)



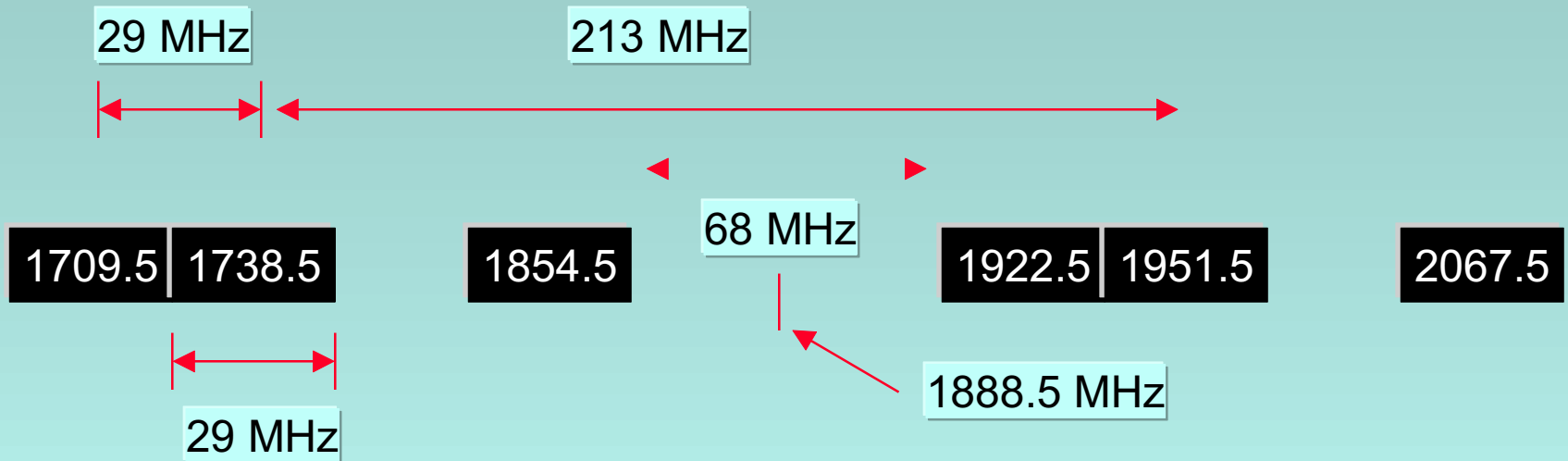
Banda de 2 GHz, 6 canales de RF
Capacidad de 2, 8, y 34 Mbps
La frecuencia indicada para cada canal es la central

Canalización SCT banda 2 GHz (II)



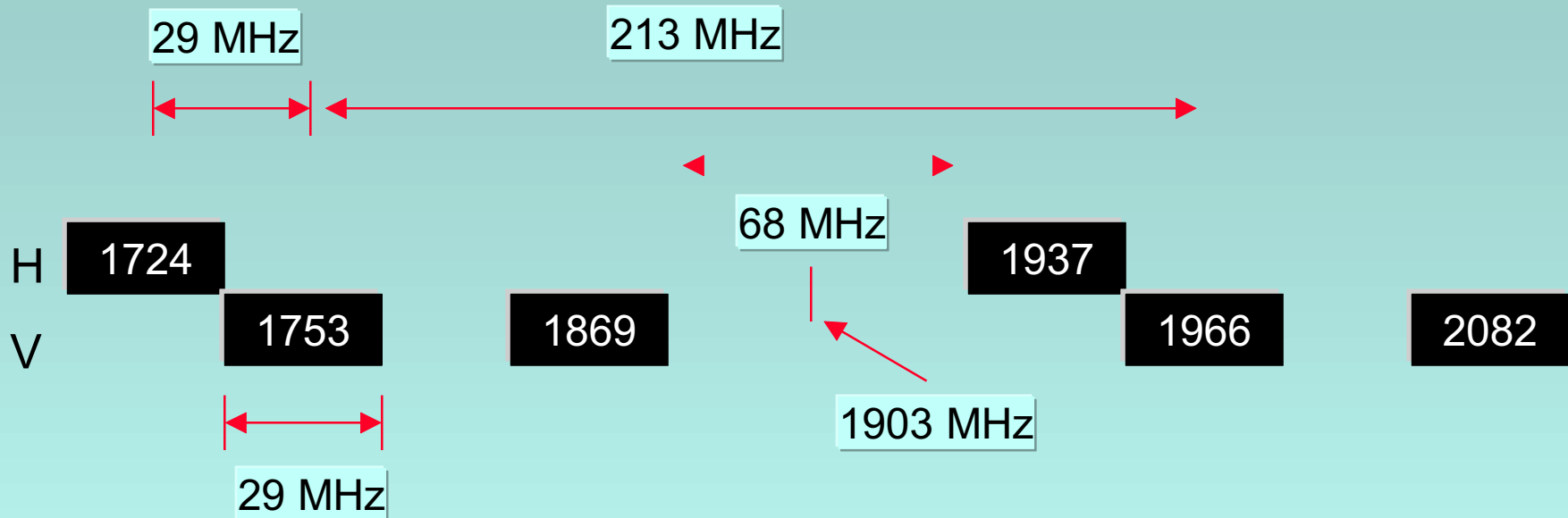
Banda de 2 GHz, 6 canales de RF
Con intercambio de polarización entre canales adyacentes
Capacidad de 2, 8, y 34 Mbps

Canalización SCT banda 2 GHz (III)



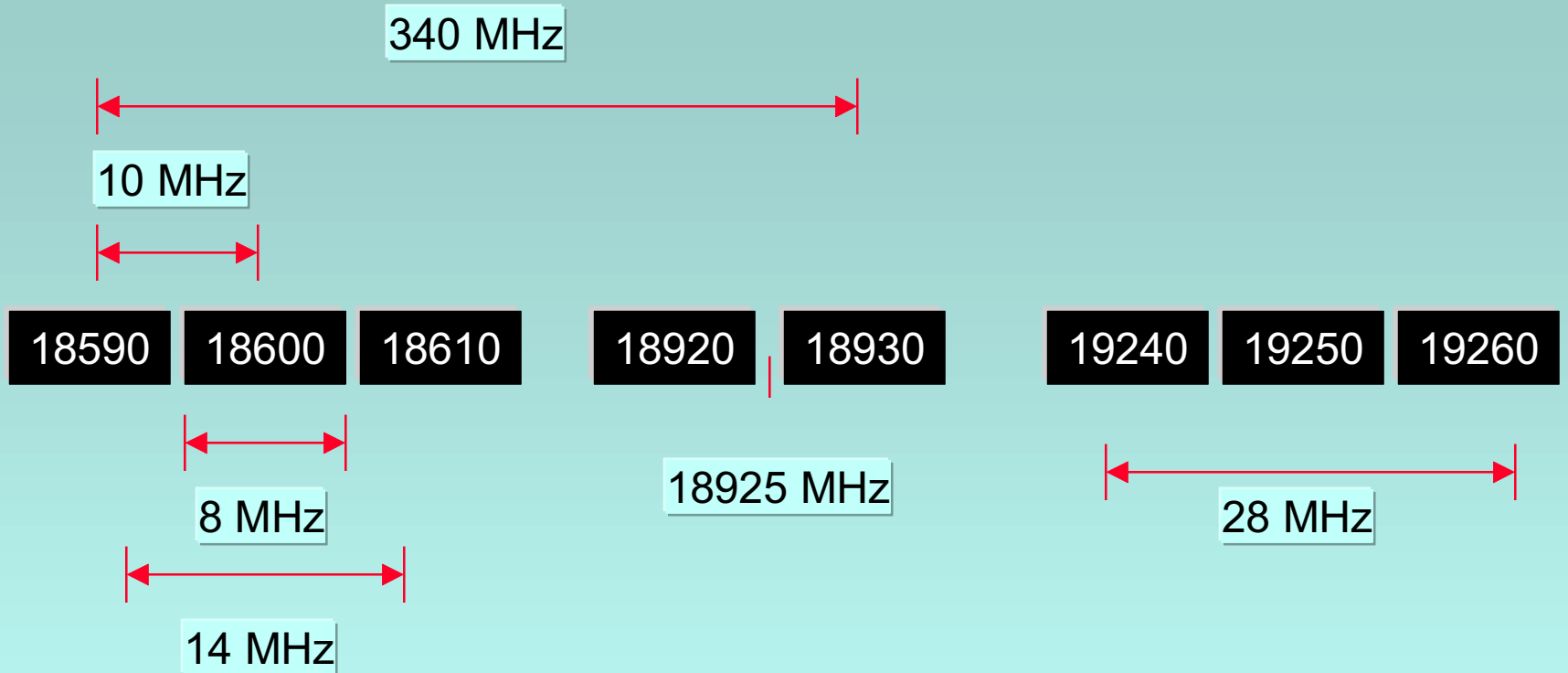
Banda de 2 GHz, 6 canales de RF
Capacidad de 2 x 34 Mbps

Canalización SCT banda 2 GHz (IV)



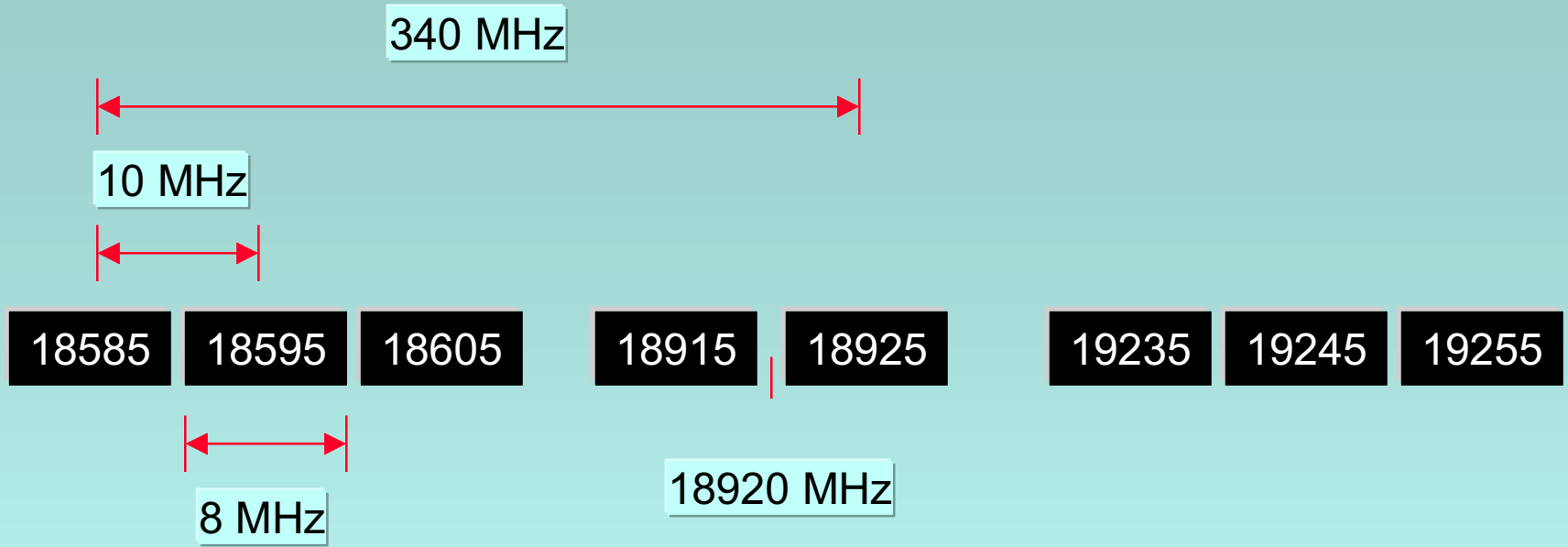
Banda de 2 GHz, 6 canales de RF
Con intercambio de polarización entre canales adyacentes
Capacidad de 2 x 34 Mbps

Canalización SCT banda 18 GHz (Principal)



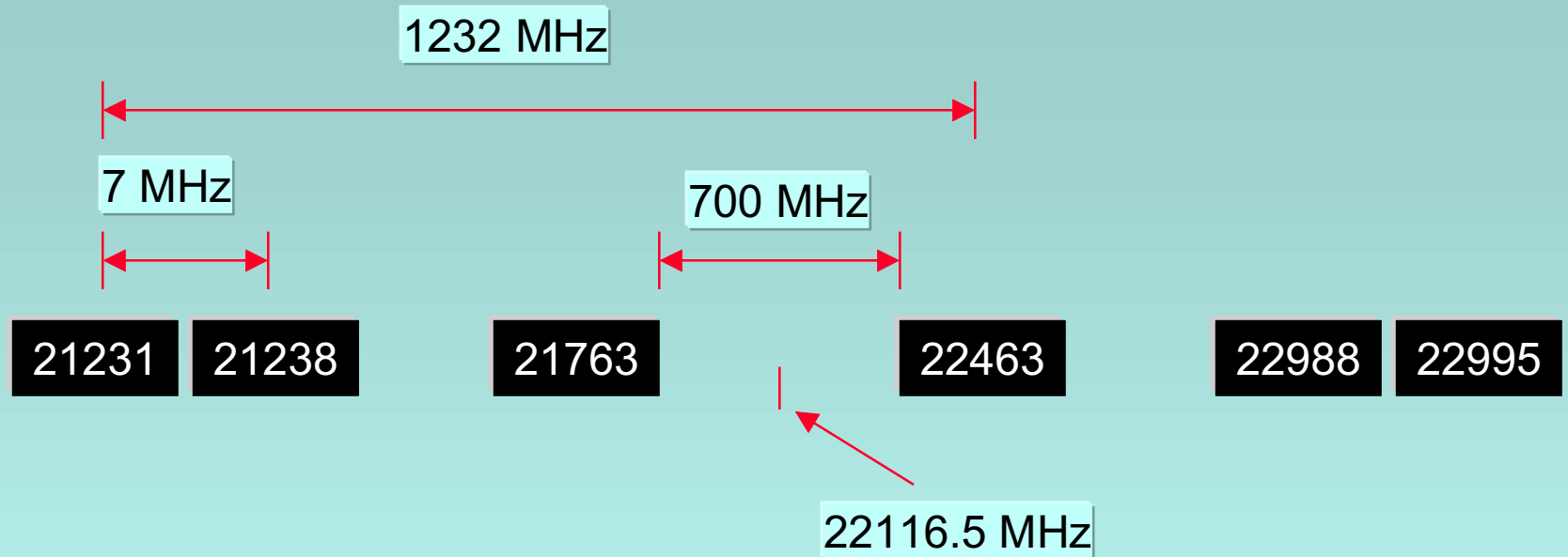
Banda de 18 GHz, 68 canales de RF
Capacidad de 8, 2x8 y 34 Mbps

Canalización SCT banda 18 GHz (Intercalada)



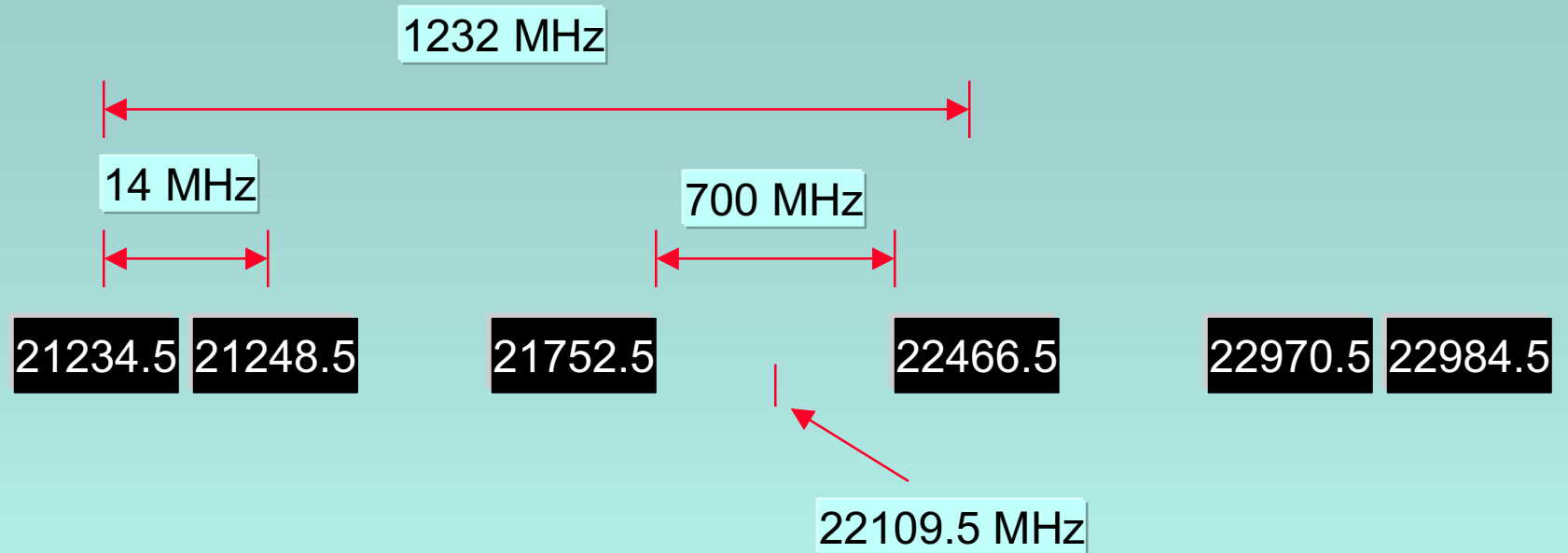
Banda de 18 GHz, 68 canales de RF
Capacidad de 8 Mbps

Canalización SCT banda 22 GHz (I)



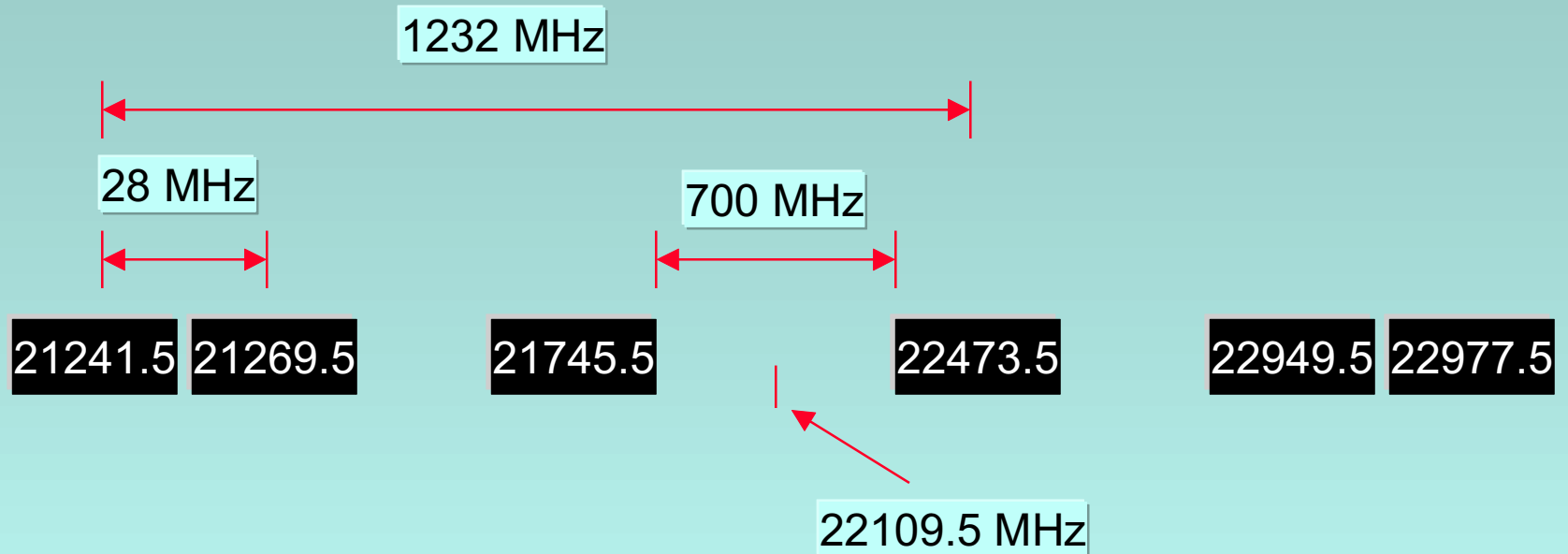
Banda de 22 GHz, 154 canales de RF
Capacidad de 2 Mbps

Canalización SCT banda 22 GHz (II)



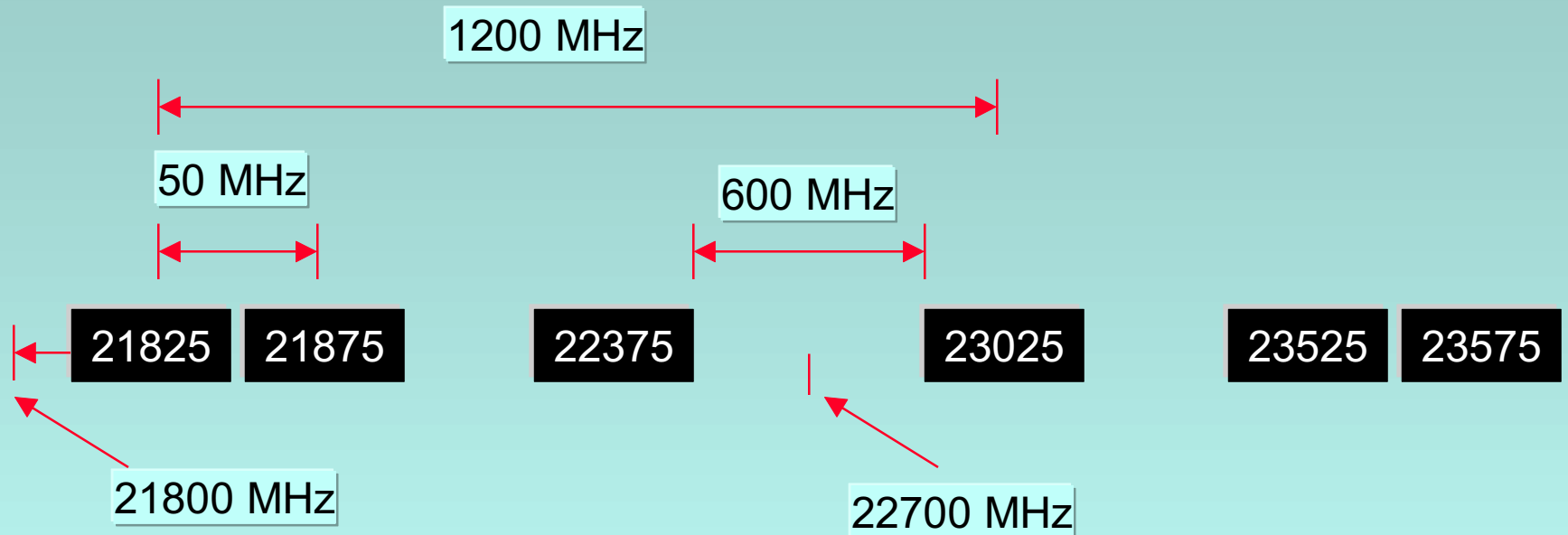
Banda de 22 GHz, 76 canales de RF
Capacidad de 8 Mbps

Canalización SCT banda 22 GHz (III)



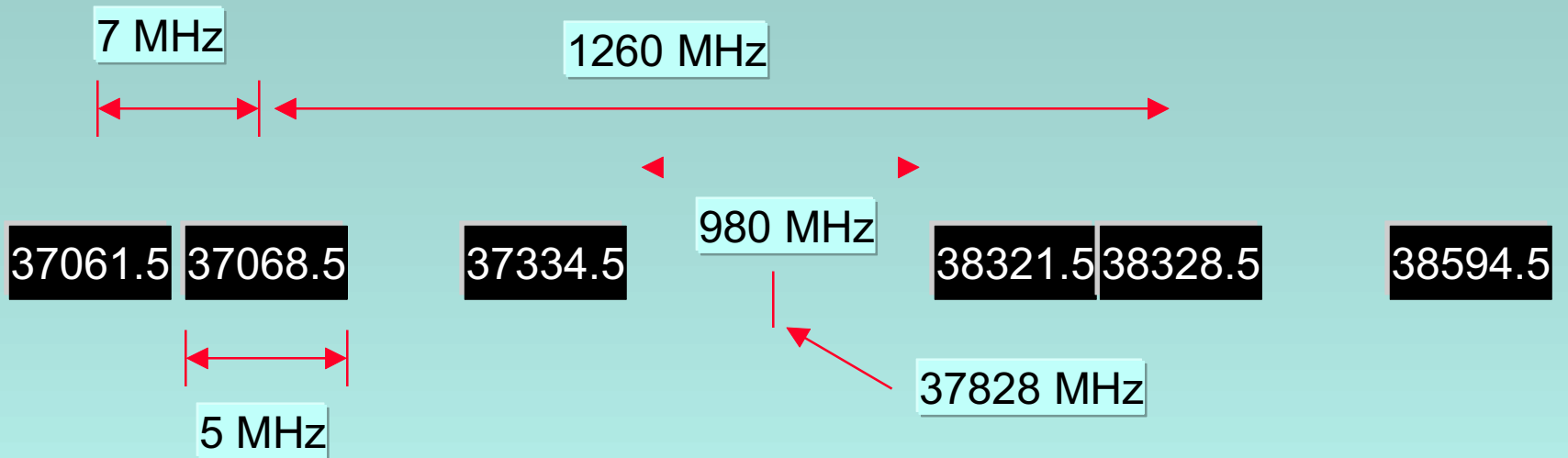
Banda de 22 GHz, 38 canales de RF
Capacidad de 34 Mbps

Canalización SCT banda 22 GHz (IV)



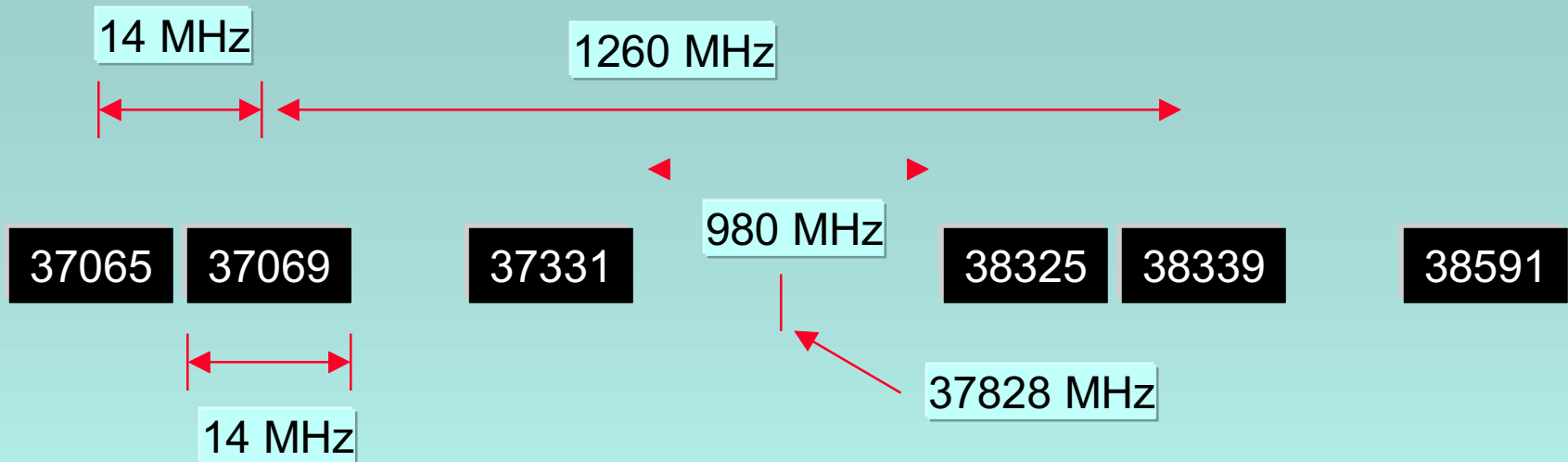
Banda de 22 GHz, 24 canales de RF
Capacidad de 2,8 y 34 Mbps
Analógicos : un canal de televisión

Canalización SCT banda 38 GHz (I)



Banda de 38 GHz, 40 canales de RF
Capacidad de 2 Mbps

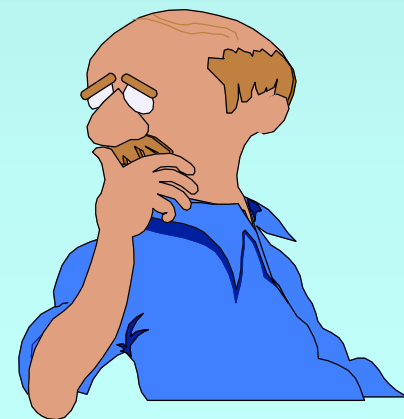
Canalización SCT banda 38 GHz (II)



Banda de 38 GHz, 20 canales de RF
Capacidad de 8 Mbps.

Consideraciones al seleccionar un canal

- ✓ Se selecciona primeramente la banda, de acuerdo a la aplicación (capacidad y distancia) y disponibilidad
- ✓ Se averigua con la SCT la disponibilidad de bandas para los puntos en cuestión
- ✓ El equipo de radio debe ser el adecuado para la banda deseada
- ✓ El equipo de radio debe estar homologado ante la SCT para usarse en esa banda
- ✓ Se hace la solicitud de estudio técnico ante la SCT
- ✓ Si el estudio es positivo se hace el pago de derechos para la explotación del canal asignado



El espectro en México

- ✓ El espectro radioeléctrico ha sido considerado por el gobierno federal como un recurso limitado
- ✓ El constante avance en tecnologías digitales suscita nuevas aplicaciones de servicios de telecomunicaciones
- ✓ El espectro se asigna buscando la óptima atribución de las bandas de frecuencias según el servicio
- ✓ La asignación del espectro propiciará el desarrollo de las comunicaciones en México
- ✓ Principales servicios
 - Telefonía celular e inalámbrica
 - Radiolocalización de personas y vehículos
 - Radiocomunicación móvil
 - Comunicación móvil marítima
 - Comunicación tierra-aire
 - Enlaces punto a punto
 - Enlaces punto a multipunto



Subastas del espectro

Las subastas en México se efectúan de acuerdo a la **Ley Federal de Telecomunicaciones (Sección II)**

Del Artículo 14 al 23 se resume:

- ✓ Las concesiones se harán mediante licitación pública, recibiendo el Gobierno Federal una contraprestación económica.
- ✓ Se establecerá un programa sobre las bandas, sus usos y coberturas. Los interesados pueden solicitar cambios en el programa, resolviendo la Secretaría en plazo no mayor a los 60 días naturales.
- ✓ Requisitos para el licitante: Inversión, Cobertura, Servicios, Plan de negocios, Especificaciones técnicas, Bandas en cuestión, Período de vigencia, Vo.Bo. de Comisión Federal de Competencia, Criterios de selección.
- ✓ Plazo de concesiones hasta 20 años, prorrogables a juicio de la Secretaría.
- ✓ La Secretaría podrá cambiar o rescatar una frecuencia o banda, en los casos de: interés público, seguridad nacional, introducción de nuevas tecnologías, interferencia perjudicial y tratados internacionales.



Bandas licitadas en 1998

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Programa sobre bandas de frecuencias para usos determinados, cuyos procedimientos de licitación pública se llevarán a cabo en 1998

220-222 MHz 806-821, 851-866 MHz 896-901, 935-940 MHz	Servicios de radiocomunicación móvil terrestre	Diversas regiones
901-902, 930-931MHz 940-941	Comunicación personal	Diversas regiones
37.0-38.6 GHz	Enlaces punto-punto	Regional
25.0-26.9 GHz	TV, radio restringido MMDS	Varias ciudades
148-174, 450-470 MHz	Radiocomunicación privada	Estatal
929-930, 931-932 MHz	Paging	Diversas regiones
7110-7725 MHz	Microondas punto a punto	Nacional
1910-1930 MHz	Acceso inalámbrico fijo/móvil	Regional

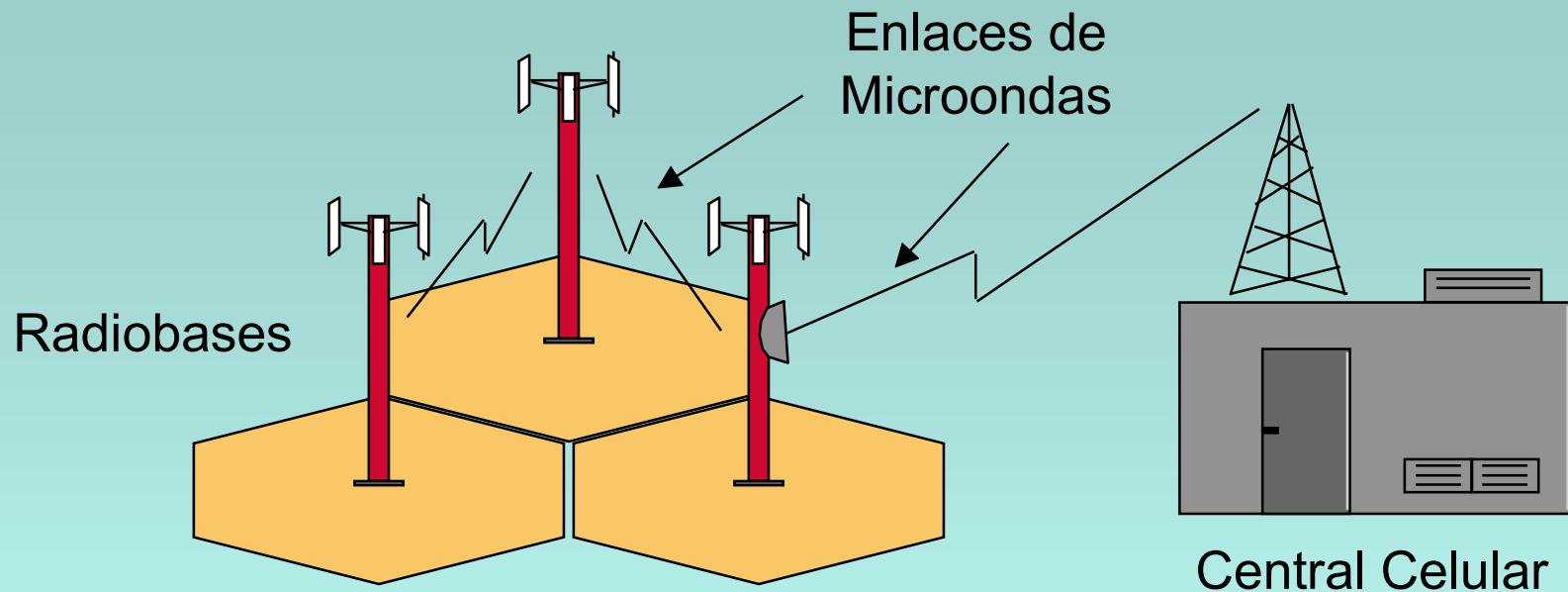
Empresas ganadoras en enlaces punto a punto

Empresa	Servicio	Posturas*	Bandas	Comentarios
UNITEL	Pto-Pto	6,224	1	Cobertura nacional, 56 MHz, a 23 GHz
AMARITEL	Pto-Pto	7,000 7,000 6,057	3	Cobertura nacional, 56 MHz, a 23 GHz
BnmexMCI	Pto-Pto	6,820 6,940 6,680	3	Cobertura nacional, 56 MHz, a 23 GHz
Bestel	Pto-Pto	6,776	1	Cobertura nacional, 56 MHz, a 23 GHz
M.Cable	Pto-Pto	6,309 6,001	1	Cobertura nacional, 56 MHz, a 23 GHz
Telmex	Pto-Pto	6,295	1	Cobertura nacional, 56 MHz, a 23 GHz
DIPSA	Pto-Pto	6,375	1	Cobertura nacional, 56 MHz, a 23 GHz
TCA	Pto-Pto	6,450	1	Cobertura nacional, 56 MHz, a 23 GHz
Constel	Pto-Pto	6,007	1	Cobertura nacional, 56 MHz, a 23 GHz
Alestra	Pto-Pto	6,400	1	Cobertura nacional, 56 MHz, a 23 GHz

Empresas ganadoras

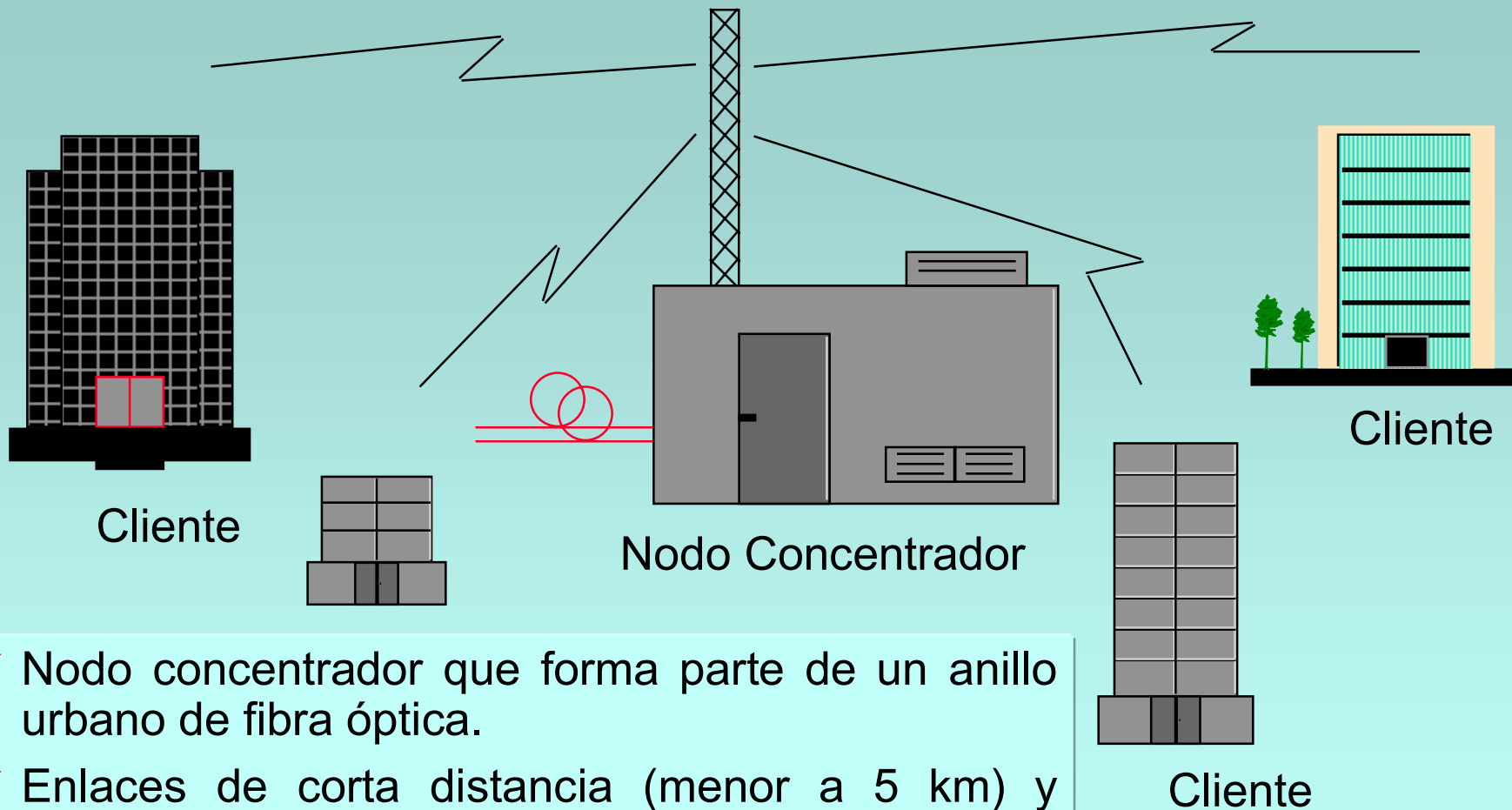
Empresa	Servicio	Posturas	Bandas	Comentarios
SPC	PCS y WLL	2,620.9	27	9 regiones, Grupo Elektra
Qualcomm	PCS	2,176.2	9	9 regiones, Pegaso, Qualcomm
Telcel	PCS	1,271.5	9	9 regiones, Grupo Carso
Midicell	PCS y WLL	1,017.5	27	PCS: R2, R6, R7, R9. WLL: Todas las regiones. Miditel, Korea Telecom.
Iusacell	PCS	493.1	2	PCS: R1 y R4, Grupo Iusacell, Bell Atlantic
Telinor	WLL	447.5	18	9 regiones, Tomás Milmo (Cemex)
Telmex	WLL	405.3	18	9 regiones, Grupo Carso
Gpo. Hermes	PCS	20.2	1	PCS: R8, Hank Rohn

Aplicación en redes celulares



- ✓ Capacidades no mayores a 34Mbps.
- ✓ Enlaces a frecuencias altas (15GHz, 18GHz, 23GHz, 38GHz).
- ✓ Topología de anillos o de bus en ciudades grandes, de estrella en ciudades chicas.
- ✓ Distancias no mayores a 5 km.
- ✓ Se usan radios de desempeño medio.

Aplicación en redes de acceso



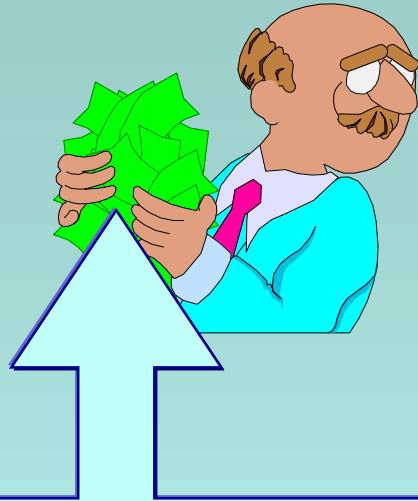
- ✓ Nodo concentrador que forma parte de un anillo urbano de fibra óptica.
- ✓ Enlaces de corta distancia (menor a 5 km) y mediana capacidad (2 M a 34 M) a 15, 18 y 23 G.
- ✓ Enlaces diseñados con sumo cuidado a fin de garantizar una alta calidad y confiabilidad.

Otras aplicaciones

- ✓ Redes de larga distancia
- ✓ Enlaces urbanos punto a punto
- ✓ Acceso a nodos de redes satelitales
- ✓ Enlaces temporales en eventos especiales
- ✓ Enlaces entre centro de producción y centro de transmisión en la TV o en la Radio



Ventajas y desventajas de los radioenlaces



- ✓ Rápida instalación
- ✓ Se adaptan a terrenos accidentados
- ✓ El equipo es transportable
- ✓ No hay “rupturas” en el medio
- ✓ No hay infraestructura en el medio de transmisión
- ✓ Canalización flexible
- ✓ Buena relación capacidad vs costo

- ⑨ Congestión en el uso del espectro
- ⑨ Requieren trámites y pago de derechos por el uso del espectro
- ⑨ Afectados por condiciones ambientales
- ⑨ Posibilidad de interceptación de la información
- ⑨ Los sitios requieren mantenimiento
- ⑨ Requieren línea de vista limpia

