

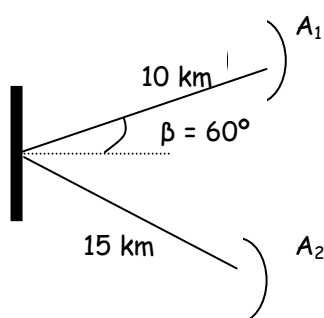


RADIOCOMUNICACIÓN

PROBLEMAS TEMA 4

Radioenlaces fijos

P1.- En el esquema de la figura que se adjunta se representa un radioenlace a 6 GHz, de dos vanos entre los que se ha instalado un repetidor pasivo de 18 m² de superficie.



Las ganancias de las antenas parabólicas terminales son de 35 dB cada una de ellas. Las pérdidas en los terminales de los equipos y alimentadores de antena del transmisor y del receptor son de 0,5 y 0,7 dB, respectivamente, y el rendimiento del reflector es del 60%.

Calcular la potencia disponible, expresada en dBm, a la salida de la antena A₂, cuando se aplica a la entrada de la antena A₁ una potencia de RF de 0,5 W.

P2.- Se utiliza un repetidor pasivo con dos parábolas de 2 m de diámetro y eficiencia de 0,55, en vanos de 10 y 20 km, respectivamente, a la frecuencia de 6 GHz. Determinar la pérdida de transmisión suponiendo que en cada vano por separado se dan condiciones de espacio libre. ¿Cuánto vale la pérdida adicional introducida por el repetidor?

P3.- Se utiliza un repetidor pasivo formado por un sistema periscopico, en el que el reflector es plano de tipo elíptico, tal que su proyección es un círculo de 4 m de diámetro. La antena parabólica presenta en la abertura un diámetro de 1,6 m. La distancia antena-reflector es de 26,7 m y la frecuencia de trabajo de 2 GHz. Se pide comprobar que efectivamente estamos ante un reflector, y determinar la relación entre la potencia captada por el sistema antena-reflector y la que captaría en el caso de colocar sólo la antena. Indicar si el sistema presenta mejora.

P4.- Determine los parámetros ZS, YS, XS y DS y sintetice gráficamente el plan de disposición para este radioenlace del que se tienen los siguientes datos para un plan a 2 frecuencias con alternancia de polarizaciones:

- Ancho de banda del radioenlace: 200 MHz.
- Ancho de banda de transmisión: 18 MHz.
- La separación mínima entre cualquier portadora de distintas direcciones deberá ser como mínimo de 4 veces el ancho de banda de transmisión.

P5.- En la banda de 15 GHz se desea canalizar un segmento de 56 MHz para radiocanales bidireccionales de 4x2, con un régimen binario de información de 8,52 Mb/s (falta por incluir un 4% adicional para funciones de supervisión y control).

Al respecto se contempla una modulación tipo DQPSK (“Differential Quadrature Phase Shift Keyed”) con un filtro en coseno alzado cuyo factor de redondeo aumenta el ancho de banda en un 35% (roll-off del filtro de 0,35). De igual forma, y utilizando la canalización clásica, la separación mínima entre portadoras de transmisión y recepción ha de ser 2B, donde B representa la anchura espectral de un radiocanal, considerando un solo sentido.

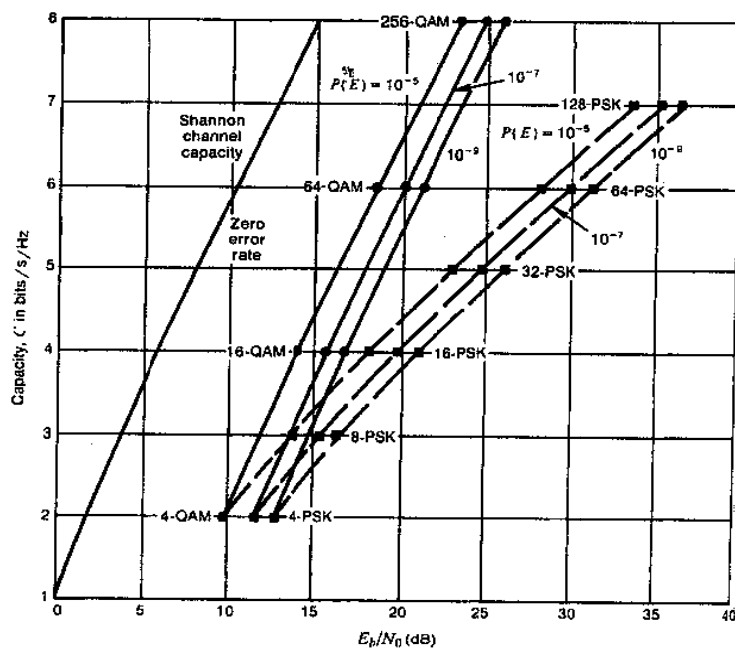
Se pide:

- Determinar el ancho de banda por radiocanal.
- Determinar la capacidad del segmento a canalizar, considerando, con independencia del valor obtenido en el apartado anterior, un valor de $B=6\text{MHz}$.
- Dibujar la canalización resultante del apartado anterior, indicando las frecuencias de las portadoras, en base a unos extremos arbitrarios de 0 y 56MHz, la funcionalidad de las mismas (transmisión o recepción) y su polarización (V ó H).

P6.- Para la banda de frecuencias de los 6 GHz (5,9 - 6,4 GHz) la UIT describe las siguientes limitaciones para la disposición de 8 radiocanales en un plan a 2 frecuencias:

- Banda de guarda desde los extremos a la primera y a la última portadora tiene que ser igual a 45,2MHz y 95,2MHz respectivamente.
- La mínima separación entre portadoras de transmisión y recepción será de 46 MHz.

Si el régimen binario es de 96 Mbps, calcular la e_b/n_0 mínima necesaria para tener una BER de 10^{-7} si el filtro utilizado es de coseno alzado con un factor de roll-off de 0,4 y la modulación es MQAM. ¿Cuánto habría que incrementar la relación portadora a ruido normalizada si utilizásemos un MPSK con el mismo número de niveles?

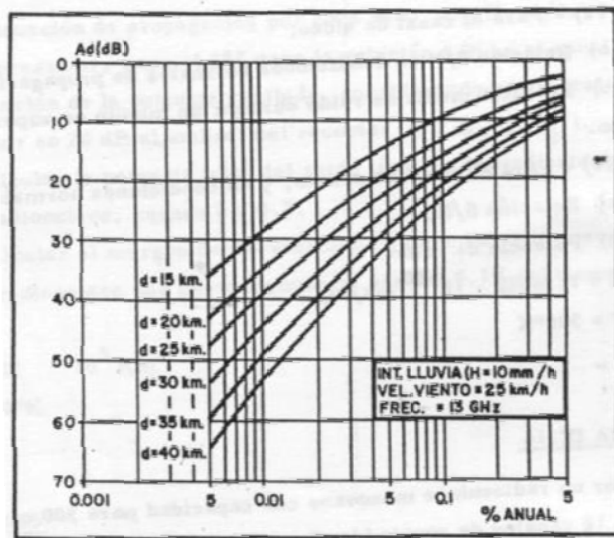


P7.- Un proyecto de radioenlace digital monovano presenta las siguientes características:

- Probabilidad de error: 10^{-6}
- Longitud del vano: 20 km
- Indisponibilidad total: 1 hora/año

Características del equipo HD2:

- Frecuencia de trabajo 13 GHz
- Velocidad binaria 34 Mbps
- Método de modulación: 4PSK
- Factor de ruido del receptor: 9dB
- Potencia transmitida: 20 dBm
- Relación portadora/ruido normalizada para una BER de 10^{-4} : 10 dB
- Tiempo medio entre fallos total: 10^6 horas
- Tiempo medio de reparación total: 10 horas
- Ganancia de las antenas transmisora y receptora: 42,5 dB
- Pérdidas en los elementos pasivos (filtros y guíasondas): 2 dB



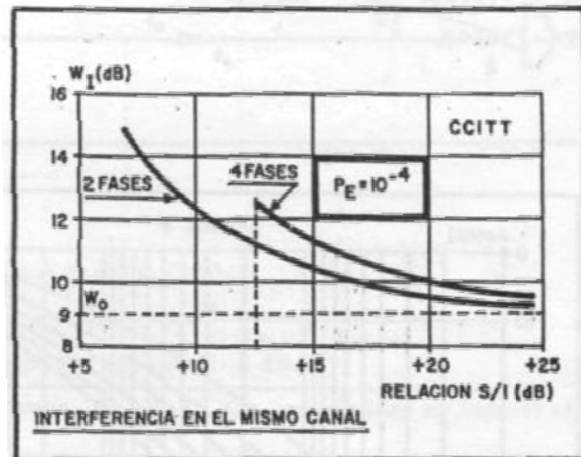
Con ayuda de la figura adjunta determínese la viabilidad del radioenlace.

P8.- Se trata de planificar un radioenlace digital de 70 km de longitud que discurre en dos vanos de 30 y 40 km, respectivamente, liberando en ambos el 60 % de la primera zona de Fresnel.

La indisponibilidad deberá ser de 2 horas/año. El radioenlace sufre interferencia cocanal en ambos vanos, siendo las relaciones señal/interferencia iguales a 16 dB en el primer vano y 20 dB en el segundo. La modulación empleada es 4PSK y la probabilidad de error umbral se tomará igual a 10^{-4} .

Las características del equipo radio son:

- Potencia transmitida 2 W
- Velocidad binaria 34 Mbps
- Factor de ruido del receptor 6 dB
- Pérdida en cada alimentador de antena 3 dB
- Frecuencia de trabajo 6 GHz
- MTBF= 10^6 h y MTTR=10h por cada transceptor en cada sentido



Las antenas a utilizar son paraboloideas de revolución con 0,5m de diámetro en su abertura y eficiencia del 52%.

El CCITT proporciona la figura y la fórmula siguientes:

$$10 \log(p) = 35 \log(d) - A_0 + 10 \log(f) + k \quad \text{donde,}$$

p = probabilidad (en tanto por uno) de aparición de desvanecimientos superiores a A_0

d = longitud del vano (km)

f = frecuencia (Ghz)

k = -78,5 (si la estadística es aplicada para el peor mes)

Fórmula aplicable para $A_0 > 15$ dB y $d > 20$ Km.

Con estos datos calcular

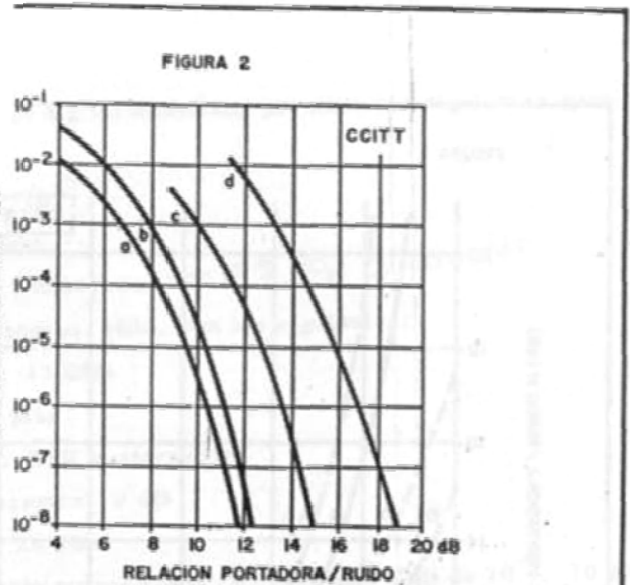
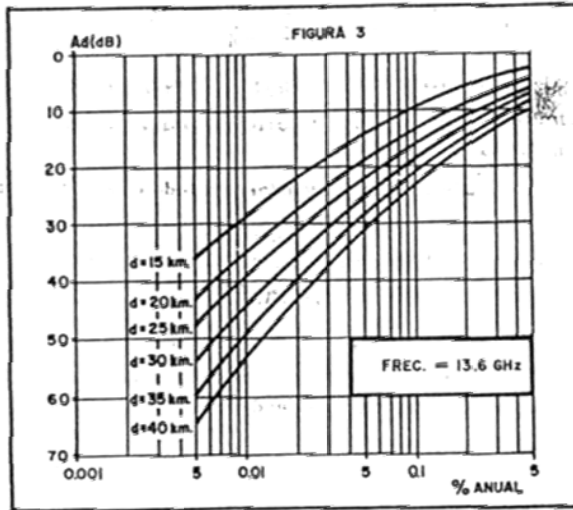
- 1) Margen de desvanecimiento en cada vano
- 2) Indisponibilidad por desvanecimiento en cada vano
- 3) Viabilidad del radioenlace
- 4) No siendo posible cambiar el equipo de radio ¿qué podrá hacerse para asegurar la visibilidad del radioenlace? Discutir las posibles soluciones y justificar la que se adopte.

P9.- Un radioenlace digital monovano presenta las siguientes características:

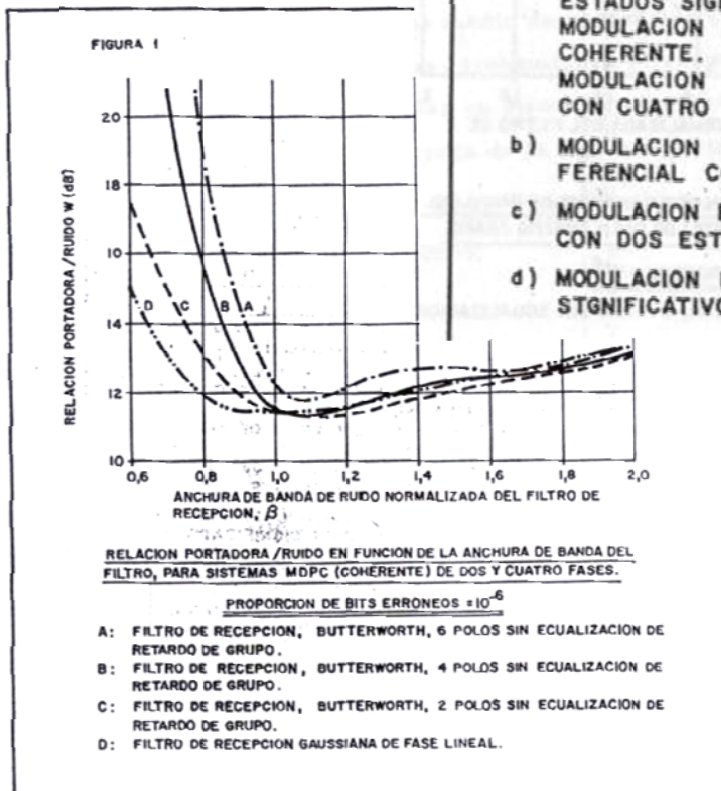
- Longitud del vano 25km
- Frecuencia de explotación 13,6 Ghz
- Modulación 4PSK
- Velocidad binaria 34 Mbps
- Margen para desvanecimientos: 42 dB
- Receptor: Filtro de Butterworth de 2 polos con $\beta=0,9$ y factor de ruido de 8 dB
- Antena receptora: Paraboloide de 0,292 m de diámetro y 0,58 de eficiencia
- Pérdida en alimentador de antena 2 dB

Con la ayuda de la gráfica del problema anterior y de las tres adjuntas, calcular:

- 1) Anchura de banda
- 2) Relación portadora/ruido normalizada mínima para una BER de 10^{-6} . Compárese con la relación umbral. ¿Cuánto vale la degradación, en dB, por interferencia entre símbolos (IES)?
- 3) Potencia de ruido térmico en el receptor, calcular la PIRE de transmisión necesaria suponiendo condiciones de propagación de espacio libre.
- 4) Calcular, para el margen previsto, la indisponibilidad por desvanecimiento por lluvia que podrá conseguirse, en horas/año.
- 5) Si se admite que la probabilidad de error se degrade hasta 10^{-4} . ¿Cuál será el nuevo valor de w ? Con dicho valor, ¿qué potencia interferente podrá admitirse en caso de interferencia cocanal?



- a) MODULACION DE AMPLITUD COHERENTE CON DOS ESTADOS SIGNIFICATIVOS.
MODULACION POR DESPLAZAMIENTO DE FASE COHERENTE.
MODULACION POR DESPLAZAMIENTO DE FASE CON CUATRO ESTADOS SIGNIFICATIVOS.
- b) MODULACION POR DESPLAZAMIENTO DE FASE DIFERENCIAL CON DOS ESTADOS SIGNIFICATIVOS.
- c) MODULACION POR DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA CON DOS ESTADOS SIGNIFICATIVOS.
- d) MODULACION DE AMPLITUD CON DOS ESTADOS SIGNIFICATIVOS Y DETECCION DE ENVOLVENTE.



P10.- Una empresa de radiocomunicaciones pretende establecer un nuevo servicio a la frecuencia de 25GHz. Se constituirá un radioenlace monocanal con las siguientes características:

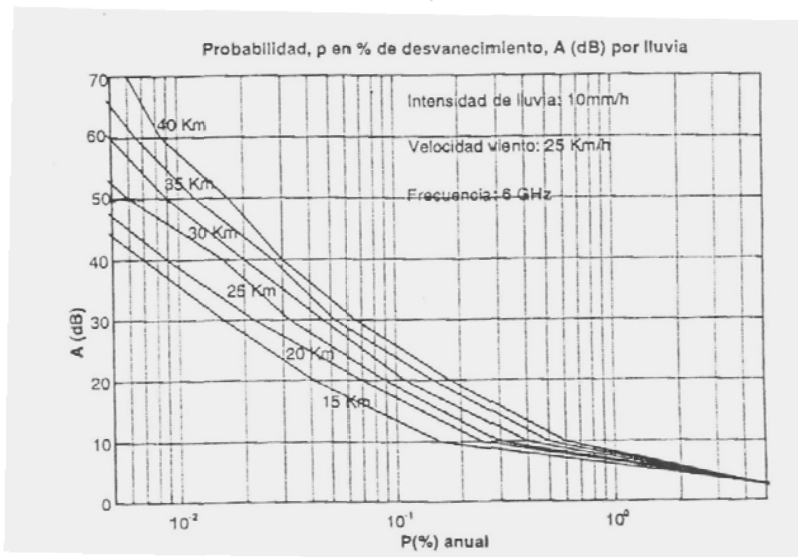
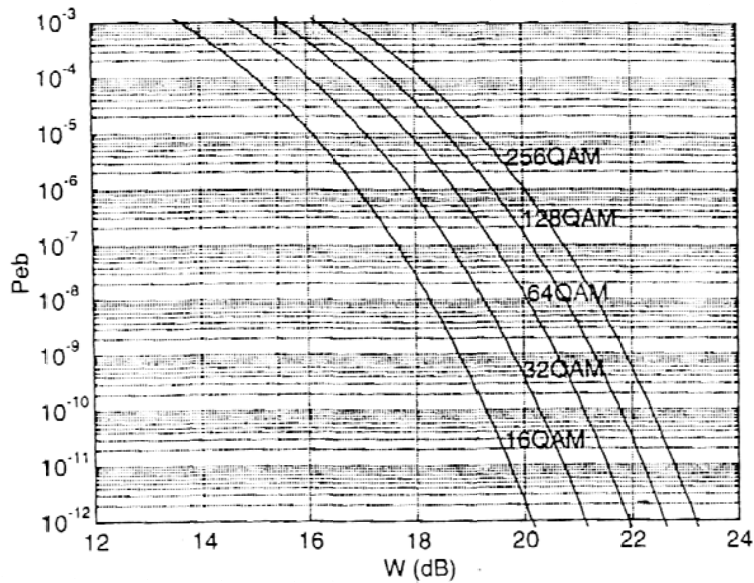
1. Antenas de 40 cm de diámetro y eficiencia de 0,85
2. Potencia transmitida = 60 mW
3. Pérdidas en los terminales 0,5 dB
4. MTBF = 100000 horas y MTTR = 11 horas entre todos los equipos en los dos sentidos.
5. La empresa está situada en una zona del sudeste asiático donde la atenuación por lluvia media tiene un valor de 14,6 dB.
6. La variación del campo recibido sigue una distribución normal con una desviación típica de 4 dB.
7. Figura de ruido en el receptor de 5dB
8. Modulación QPSK y V_b de 34 Mbps
9. La BER máxima de 10^{-5} .

a) Determinar la longitud máxima del vano si la indisponibilidad total tiene que estar por debajo de 0,0336%. Considerar como única variación posible la descrita por la función de distribución log-normal.

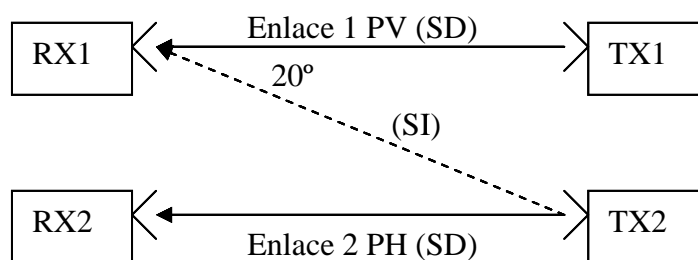
b) Si para mejorar la indisponibilidad se utilizan técnicas de diversidad en frecuencia, de tal forma que se transmite la misma información a 25 GHz y a 26,5 GHz. Si el combinador en el receptor es lineal, calcular la relación señal a ruido a la salida del combinador, suponiendo que las atenuaciones por lluvia y despolarización se mantienen constantes.

P11.- Se dispone de un enlace fijo a 6 GHz formado por dos hélices radiando en modo axial con 13 dBi de ganancia, para comunicar dos edificios de 15,81 metros de altura cada uno. Los edificios están separados 20 Km por un lago. La señal transmitida sigue una modulación 64 QAM y tiene un ancho de banda de 23,33 MHz. El receptor tiene una figura de ruido de 8 dB. Las pérdidas en los terminales del transmisor y del receptor son de 2 dB.

1. Calcular las pérdidas globales si suponemos incidencia rasante. La atenuación específica de gases y vapores es de 0,115 dB/Km.
2. Obtener la BER de funcionamiento si la potencia de transmisión es de 13,82 dBw.
- 3 Determinar la indisponibilidad por propagación en horas al año, si el umbral de funcionamiento es de -100 dBm, para una $R_{0,01}$ de 10mm/h y una velocidad del viento de 25Km/h.



P12.- Se consideran dos enlaces de una red LMDS con modulación 4QAM que funcionan ambos a 25 GHz. El enlace 1 tiene 4 km de longitud, utiliza polarización vertical y transmite 10 dBm de potencia. El objetivo de indisponibilidad del enlace 1 es de 0,0336 %, según recomienda una de las recomendaciones de la UIT, y admite una BER máxima de 10^{-4} . El enlace 2 reutiliza la misma frecuencia con polarización horizontal con una PIRE de transmisión de 65 dBm. El trayecto interferente hacia el receptor del enlace 1 tiene una longitud de 5 km y una inclinación de incidencia a la antena receptora de 20° .

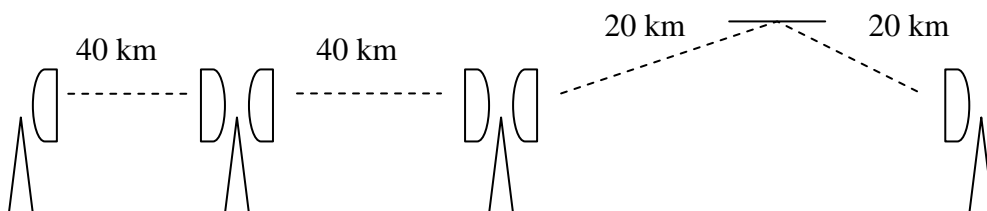


Los equipos y antenas utilizados en ambos enlaces son iguales. Las antenas son parabólicas de 0,3 m de diámetro y eficiencia de 0,55 con una discriminación por polarización cruzada de 30 dB. Las pérdidas en los terminales son de 2 dB. Los equipos transmisores y receptores presentan cada uno en cada sentido un tiempo medio entre fallos de 200.000 horas y un tiempo medio de reparación de 15 horas.

Las atenuaciones específicas de los gases para la frecuencia de trabajo son $\gamma_{\text{agua}} = 0,14$ dB/Km y $\gamma_{\text{oxígeno}} = 0,015$ dB/Km.

- Calcula el margen de desvanecimientos máximo debido a la interferencia del enlace 2 en el enlace 1.
- Calcular la viabilidad del enlace 1 si en condiciones normales consideramos que no llueve y ambos enlaces se encuentran en zona K. Despreciar la despolarización por causa de la lluvia.

P13.-Un radioenlace digital que opera a la frecuencia de 13 GHz está compuesto por estaciones terminales e intermedias según la siguiente disposición



Las estaciones terminales se componen:

- De un transmisor que entrega una potencia de 16 dBm
- Pérdidas en los terminales de 2 dB
- Umbral de funcionamiento de -84,3 dBm
- MTBF y MTTR de cada equipo incluido el cómputo de los dos sentidos de transmisión es de 20000 y 2 horas respectivamente.

Las estaciones intermedias activas se caracterizan por

- Una potencia de transmisión de 26 dBm
- Pérdidas en los terminales de 2 dB
- Umbral de funcionamiento de -79,67 dBm
- MTBF y MTTR de cada equipo incluido el cómputo de los dos sentidos de transmisión es de 20000 y 3 horas respectivamente.

Todas las antenas presentes en el sistema tienen una ganancia de 45 dB.

Finalmente, el reflector es un cuadrado que deja un ángulo entre el rayo incidente y el de salida de $\alpha = 80^\circ$. La superficie efectiva del mismo, se calcula a través de la superficie geométrica del cuadrado a través de la siguiente expresión:

$$S_{ef} = S_{geom} \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Debido a la frecuencia de operación, deberán tenerse en cuenta las pérdidas de potencia debidas a gases y vapores atmosféricos, para lo cual se proporcionan como dato las atenuaciones específicas del oxígeno ($\gamma_o = 0,036$ dB/km) y del vapor de agua ($\gamma_w = 0,087$ dB/km)

- a) Calcular la indisponibilidad de propagación en cada vano si la indisponibilidad total se estima en unas 20 horas al año.
- b) Calcular el lado del reflector pasivo para cumplir con las especificaciones dadas.