

RADIOCOMUNICACIONES

PROBLEMAS

- 1.- El UIT-R facilita las siguientes expresiones para el cálculo de características de antenas lineales próximas al suelo:

- Densidad de flujo de potencia:

$$\phi = \frac{P_t \cdot \cos^4 \psi \cdot g_t \cdot [2 \cos(k h_t \sin \psi)]^2}{4\pi d^2 \cdot (1 + \Delta_t)}$$

- Área equivalente de recepción:

$$A_r = \frac{g_r \cdot \lambda^2 \cdot \cos^2 \psi}{4\pi(1 + \Delta_r)}$$

donde:

$$\psi = \text{tg}^{-1} \left(\frac{h_t - h_r}{d} \right)$$

g_t, g_r : ganancias de las antenas

h_t, h_r : alturas de las antenas sobre el suelo.

$k = 2\pi/\lambda$

$$\Delta = \frac{3}{(2kh)^2} \cdot \left[\frac{\sin(2kh)}{2kh} - \cos(2kh) \right]$$

En esta última ecuación se utilizarán h_t y h_r para calcular Δ_t y Δ_r , respectivamente.

Empleando las expresiones anteriores, deduzca la fórmula de la pérdida de sistema para un enlace que utilice antenas próximas al suelo.

2. Un transmisor de comunicaciones con barcos a corta distancia, funciona en la frecuencia de 25 MHz. y entrega 5 W a su antena que es un dipolo vertical corto, situado a 8 m. de altura sobre el nivel del mar. Se enlaza con un barco situado a 1 km. cuya antena receptora es otro dipolo corto situado a 2 m. de altura. Se desprecian las pérdidas en las antenas. Utilizando los resultados del problema anterior calcule:
1. Densidad de flujo de potencia en la antena receptora (W/m^2).
 2. Intensidad de campo en la antena receptora (mV/m y dBu).
 3. Área efectiva de la antena receptora.
 4. Pérdida básica de propagación y pérdida de transmisión.
 5. Ganancias de las antenas para el trayecto.
 6. Diagrama de bloques energético del circuito, indicando los valores de las

pérdidas y niveles de señal en los interfaces de referencia.

- 3.- Se constituye un enlace radioeléctrico del modo siguiente:

Transmisor de 20 W unido a su antena por 10 m. de cable coaxial de 0,076 dB/m de atenuación. Antena transmisora de rendimiento 95% y directividad igual a 8 dBi. La longitud del enlace es de 35 km y su frecuencia 450 MHz.

El medio de propagación produce una atenuación de campo igual a 22 dB.

La antena receptora es un dipolo $\lambda/2$ con una resistencia de radiación 73 Ohm y una resistencia de pérdidas de 2 Ohm y está unida al receptor a través a 2 m. de cable con las mismas características que el del transmisor.

Calcule:

1. Potencia radiada aparente del transmisor.
2. Pérdida básica de propagación.
3. Intensidad de campo en el receptor.
4. Pérdida de sistema.
5. Área efectiva y longitud efectiva de la antena receptora.
6. Potencia disponible a la entrada del receptor.

- 4.- Se ha constituido un enlace radio entre dos puntos separados $d = 10$ km y que funciona en $f = 26$ GHz. Se transmiten dos señales diferentes con polarizaciones vertical y horizontal, respectivamente y con una PIRE igual a 60 dBm cada una. Los valores de las atenuaciones copolares debidas a la lluvia son: $CPA_V = 13$ dB; $CPA_H = 15$ dB para las polarizaciones vertical y horizontal, respectivamente.

Se pide, para ambas polarizaciones:

1. Discriminación contrapolar.
2. Potencias recibidas de componentes parásitas.
3. Aislamiento contrapolar.

- 5.- El conjunto receptor de una estación base de radiotelefonía móvil del sistema GSM consta de una antena de ganancia $G_r = 12$ dBi, un cable de alimentación con pérdida $L_{ar} = 1,5$ dB, un preamplificador de ganancia $G_{pa} = 10$ dB y factor de ruido $F_{pa} = 2$ dB, un multiacoplador de antena de pérdida $L_{ma} = 8$ dB. El receptor tiene un factor de ruido $F_r = 3$ dB. El ruido artificial en la antena se cuantifica por un factor de ruido $F_a = 9$ dB.

1. Justifique cual es la conexión más conveniente entre las dos siguientes, calculando el factor de ruido del sistema receptor en cada caso:
 - a) Antena - Cable - Preamplificador - Multiacoplador - Receptor
 - b) Antena - Preamplificador - Cable - Multiacoplador - Receptor

2. Si se desea que la relación energía por bit/densidad de ruido de predetección sea

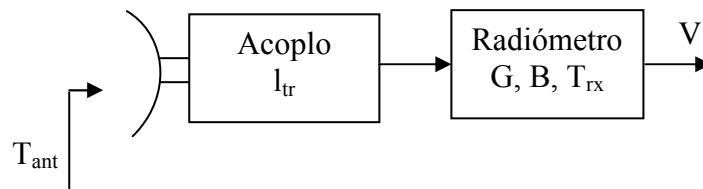
igual a 10 dB, calcule la potencia necesaria a la salida de la antena de recepción, para la conexión elegida en 1).

Datos: $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Jul/°K; $T_0 = 290^\circ\text{K}$; $V_b = 270,833$ kbit/s.

6. Un radiómetro es un receptor de RF diseñado para medir la temperatura de ruido de una fuente externa, que actúa como temperatura de antena (T_{ant}) del receptor. El receptor se puede modelar mediante tres parámetros: Su ancho de banda B , su temperatura de ruido T_{rx} y una ganancia $G = V/P_n$, que relaciona la tensión medida con la potencia total de ruido en su entrada, incluyendo todas las contribuciones.

Para determinar experimentalmente la temperatura de ruido del receptor, se utilizan dos cargas, una de ellas “caliente” a temperatura ambiente y otra “fría” a la temperatura de nitrógeno líquido (77°K). Se colocan delante de la antena alternativamente midiendo la tensión detectada en cada caso.

1. Obtenga la expresión que relaciona la tensión medida V con T_{ant} , considerando los parámetros ya mencionados y las pérdidas en los elementos de acoplo de la antena al receptor l_{tr} . Considere que todos los elementos están a temperatura ambiente.
2. Obtenga las expresiones correspondientes a la tensión medida con una carga caliente (considere que está a T_0) y con una carga fría.
3. Sabiendo que las pérdidas en elementos de acoplo son de 1,5 dB, y que se ha medido una tensión de 200 mV con carga caliente y 130 mV con carga fría, calcule la temperatura de ruido del receptor.



- 7.- Un receptor de comunicaciones móviles tiene una sensibilidad de $0,35 \mu\text{V}$. El equipo utiliza una antena de ganancia 3,5 dBd con una resistencia de radiación a la frecuencia de trabajo, que es de 460 MHz, igual a 60 Ohm. La resistencia de pérdidas de la antena es de 2 Ohm. La impedancia de entrada del receptor es resistiva e igual a 50 Ohm.

Se pide:

1. Longitud efectiva y rendimiento de la antena del receptor.
 2. Campo mínimo necesario en la antena.
 3. Si el campo recibido es 20 dB superior al mínimo necesario, potencia entregada al receptor.
- 8.- En un cierto sistema radioeléctrico, se encuentra que el campo se distribuye perimetralmente con las ubicaciones según una ley gaussiana de media 35 dBu y desviación típica 6 dB.
1. Obtenga la densidad de probabilidad de la potencia recibida, en 900 MHz, sobre

- un dipolo $\lambda/2$.
2. Calcule la probabilidad (porcentaje de ubicaciones) de rebasar un umbral de recepción de -95 dBm.
 3. Margen necesario para una cobertura perimetral del 95%.

- 9.- Se han efectuado medidas de la envolvente de una señal recibida con desvanecimiento multitrayecto, resultando que se ajusta a una distribución Rayleigh con valor cuadrático medio.

$$\bar{r}^2 = 0,0458$$

Calcule:

1. Valores de los decilos superior e inferior.
 2. Márgenes sobre la mediana y sobre el valor cuadrático medio para una cobertura perimetral del 90%.
 3. Probabilidad de un desvanecimiento de profundidad superior a 30 dB.
- 10.- En medidas de intensidad de campo en un sistema de comunicaciones móviles a 900 MHz, en medio urbano, utilizando una antena $\lambda/2$ calibrada, se ha observado una variación mixta, Rayleigh + Log-Normal de la potencia recibida.

La media sectorial obtenida es -85 dBm y la desviación típica $\sigma = 8$ dB.

Se pide:

1. Probabilidad de que se rebase un desvanecimiento de potencia igual a 25 dB.
 2. Si el campo mínimo necesario para el funcionamiento del sistema es 45 dBu, probabilidad de servicio.
 3. Valor del campo rebasado con una probabilidad del 95%.
 4. Compare los márgenes necesarios para una probabilidad de servicio del 95% en este caso y en el caso en que la variación del campo fuera sólo log-normal con la misma desviación típica de 6 dB.
- 11.- En un sistema de transmisión de televisión, se utilizan equipos y antenas que producen una PRA de 60 Kw. En condiciones de ausencia de interferencia, el campo mínimo necesario en recepción para una calidad de imagen normal, es de 1,5 mV/m. Se radia el canal 52 (frecuencia portadora de vídeo 719,25 MHz). El medio de transmisión es homogéneo y la pérdida básica de propagación puede expresarse mediante la función:

$$L_b (dB) = 91,5 + 32,6 \cdot \log d \text{ (Km)}$$

Se supone que la antena receptora es un dipolo en $\lambda/2$, con impedancia interna resistiva de 75 Ohm, existiendo adaptación de impedancias.

1. Calcule la potencia de recepción y la distancia de cobertura del transmisor.
2. Suponga que hay otro transmisor análogo situado a 250 Km. del anterior y que la

- planificación exige una relación de protección de 28 dB. Calcule el contorno de cobertura del primer transmisor.
3. Indique el tipo de limitación de cobertura (ruido o interferencia) que corresponde a cada caso.
- 12.-** Una estación aeronáutica, que funciona en $f = 130$ MHz y tiene una antena que está a 20 m. del suelo, comunica con aviones en fase de aproximación al aeropuerto. La distancia máxima, sobre el plano horizontal, del enlace radioeléctrico es de 5 Km. A esa frecuencia, el terreno tiene una permitividad relativa $\epsilon_r = 15$ y una conductividad $\sigma = 2 \cdot 10^{-3}$. La PRA de la estación es de 25 W. Calcule los valores del campo sobre la vertical de 5 Km. a 500, 750 y 1.000 m. de altitud, con polarización vertical, en condiciones de tierra plana.
- 13.-** Un enlace radioeléctrico está constituido por un transmisor con $h_t = 30$ m. y un receptor con $h_r = 10$ m. La distancia es $d = 8$ Km. Calcule la atenuación del campo para los siguientes tipos de terreno subyacente, frecuencias y polarizaciones:
1. Agua del mar: $\epsilon = 70$; $\sigma = 5$
 2. Suelo muy seco: $\epsilon = 15$; $\sigma = 0,002$
 3. 80 y 150 MHz.
 4. Pol. Vertical - Pol. Horizontal.

Se resolverá el problema mediante dos métodos:

1. Utilizando para el factor de atenuación de onda de superficie el valor aproximado:

$$A = \frac{-1}{1 + j \frac{2\pi d}{\lambda} (\text{sen } \Theta + z)^2}$$

2. Utilizando la fórmula de Tierra plana generalizada con las alturas efectivas de antenas.

- 14.-** Una antena emisora de radiodifusión está situada a una altura $h_t = 300$ m. y radia una potencia de 10 Kw. PRA en la frecuencia de 100 MHz, con polarización vertical.

El terreno es llano, suelo seco ($\epsilon = 15$ $\sigma = 0,006$) con una rugosidad despreciable. El factor de radio terrestre es $k = 4/3$.

Para una altura de antena receptora estándar $h_r = 10$ m., calcule y represente la intensidad de campo en recepción para las distancias de: 2, 20, 50, 100 y 200 Km. indicando la modalidad de propagación en cada caso.

- 15.-** Una emisora de Onda Media funciona en la frecuencia $f = 1$ MHz y radia una

potencia aparente $P_{avc} = 150 \text{ Kw}$. A lo largo de una línea radial, desde la emisora, se han determinado las siguientes distancias y tipo de terreno

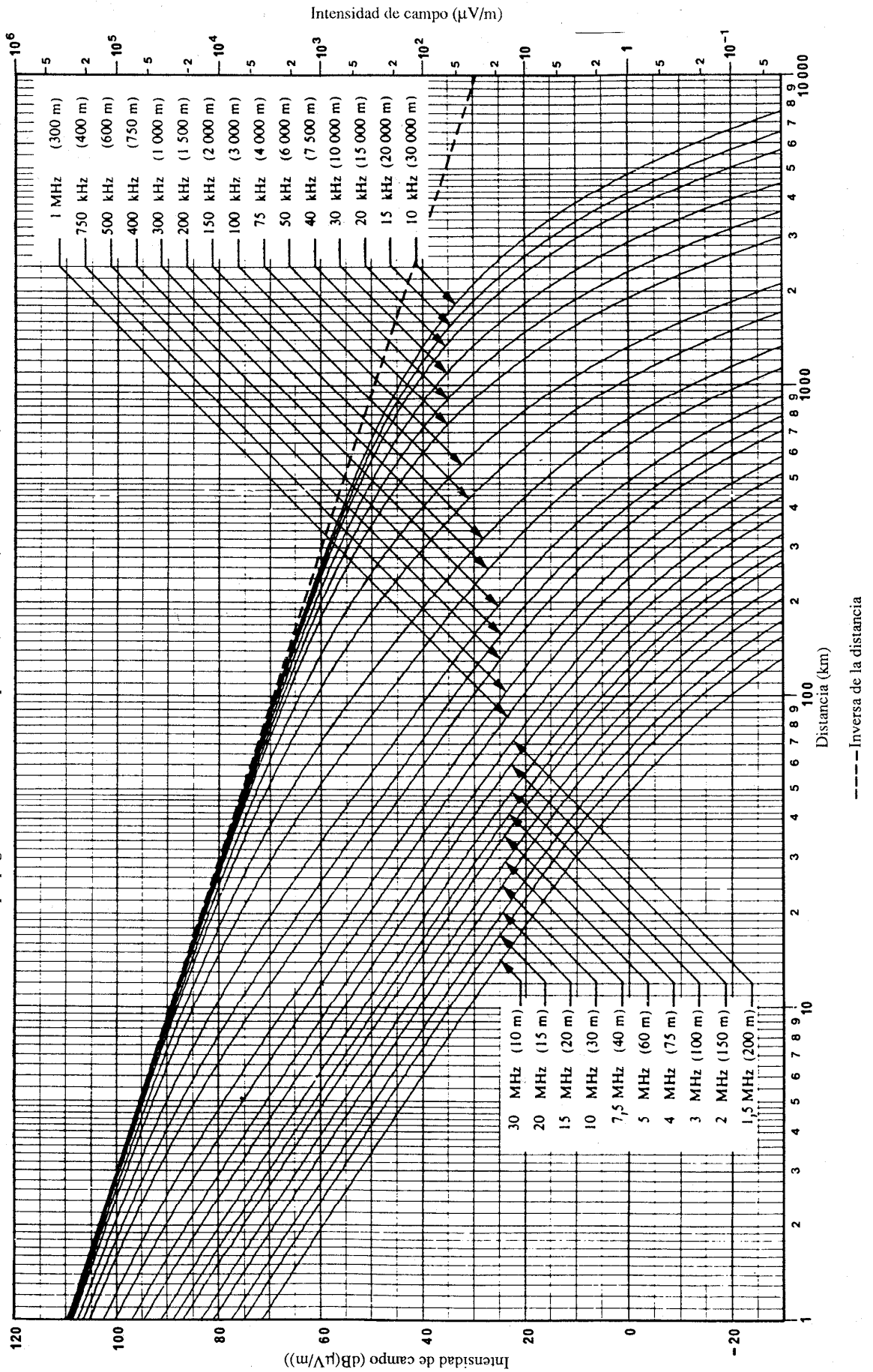
$d_1 = 5 \text{ Km}$ Terreno seco $\sigma = 3 \cdot 10^{-4}$; $\epsilon = 7$

$d_2 = 2 \text{ Km}$ Terreno medio $\sigma = 10^{-3}$; $\epsilon = 15$

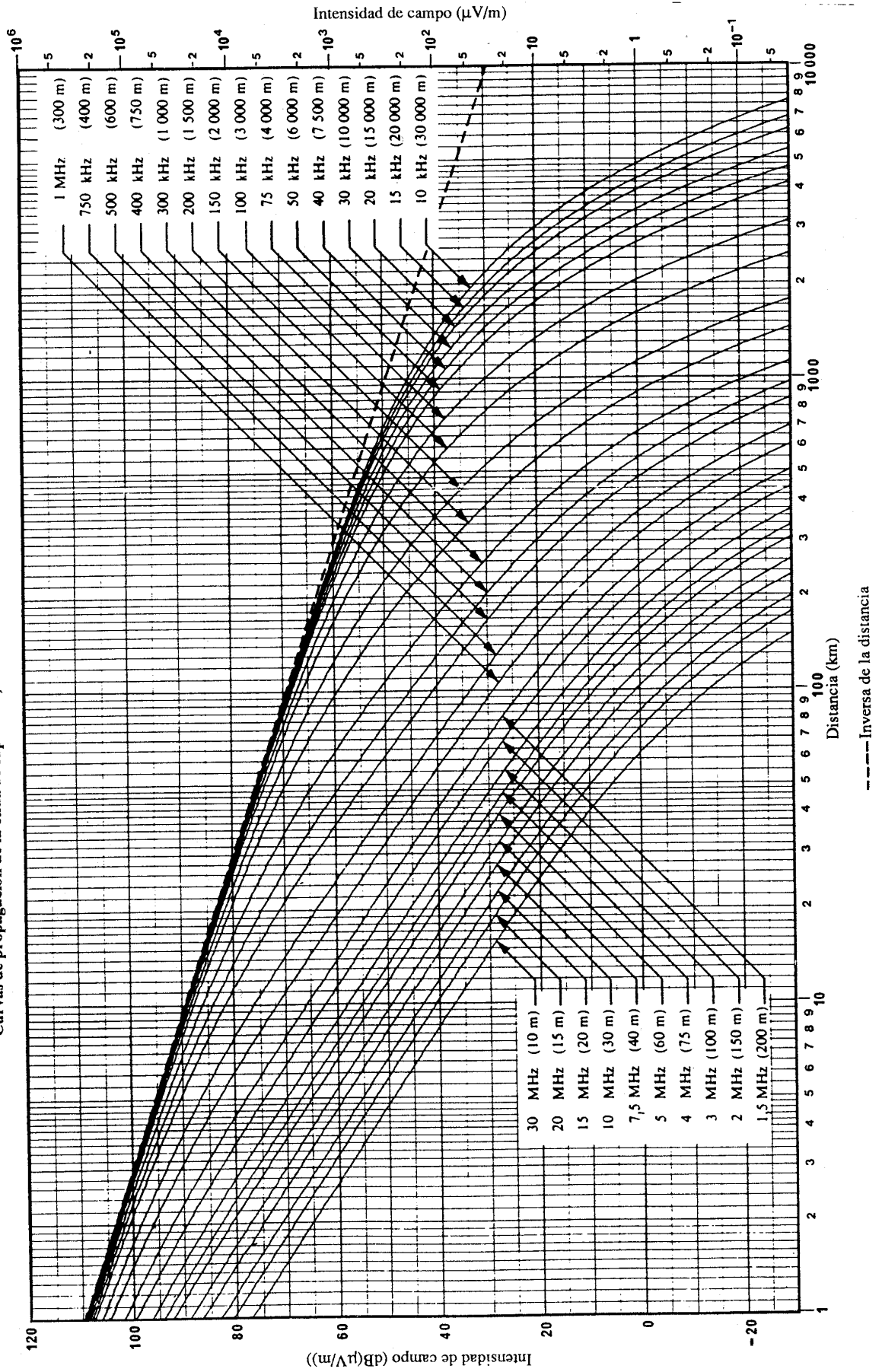
$d_3 = 13 \text{ Km}$ Terreno muy seco $\sigma = 10^{-4}$; $\epsilon = 3$

1. Calcule la intensidad de campo a 20 km. en esa radial por el método de Millington, usando las curvas de propagación de la Rec. UIT-R – P.368 adjuntas.
2. Calcule la potencia recibida en una antena monopolo vertical de ganancia 3 dB respecto de la antena de referencia (avc).

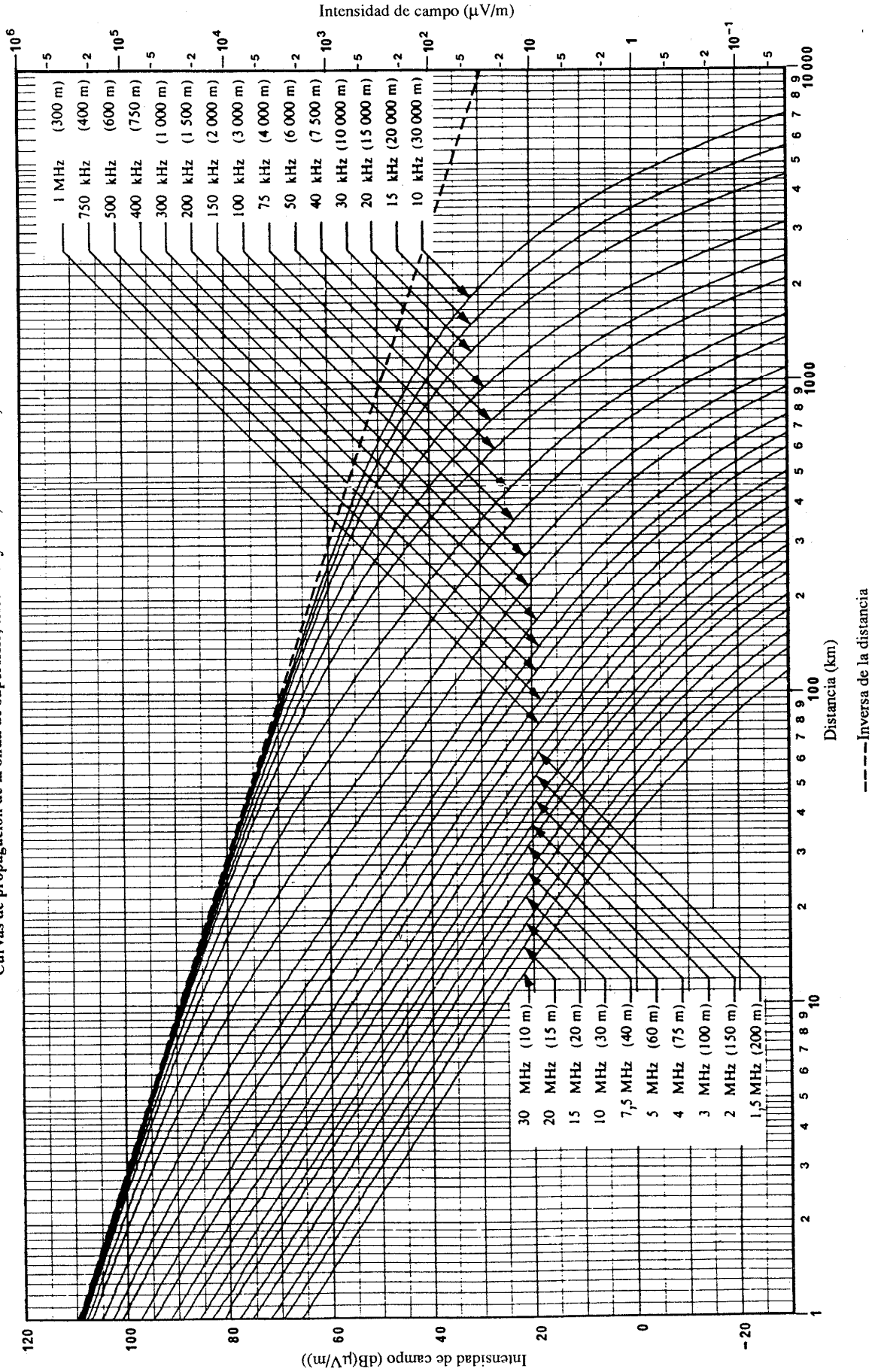
Curvas de propagación de la onda de superficie; tierra seca, $\sigma = 3 \times 10^{-4}$ S/m, $\epsilon = 7$



Curvas de propagación de la onda de superficie; tierra moderadamente seca, $\sigma = 10^{-3}$ S/m, $\epsilon = 15$



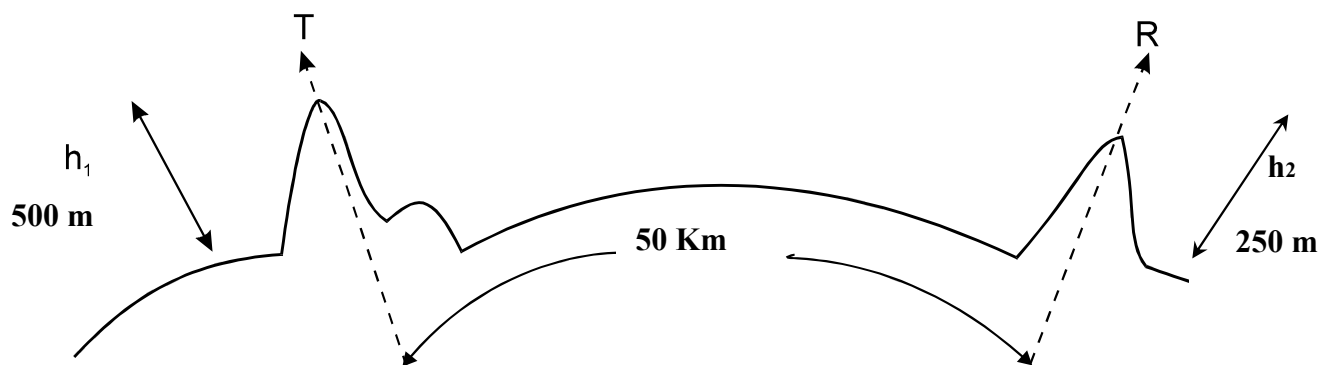
Curvas de propagación de la onda de superficie; tierra muy seca, $\sigma = 10^{-4}$ S/m, $\epsilon = 3$



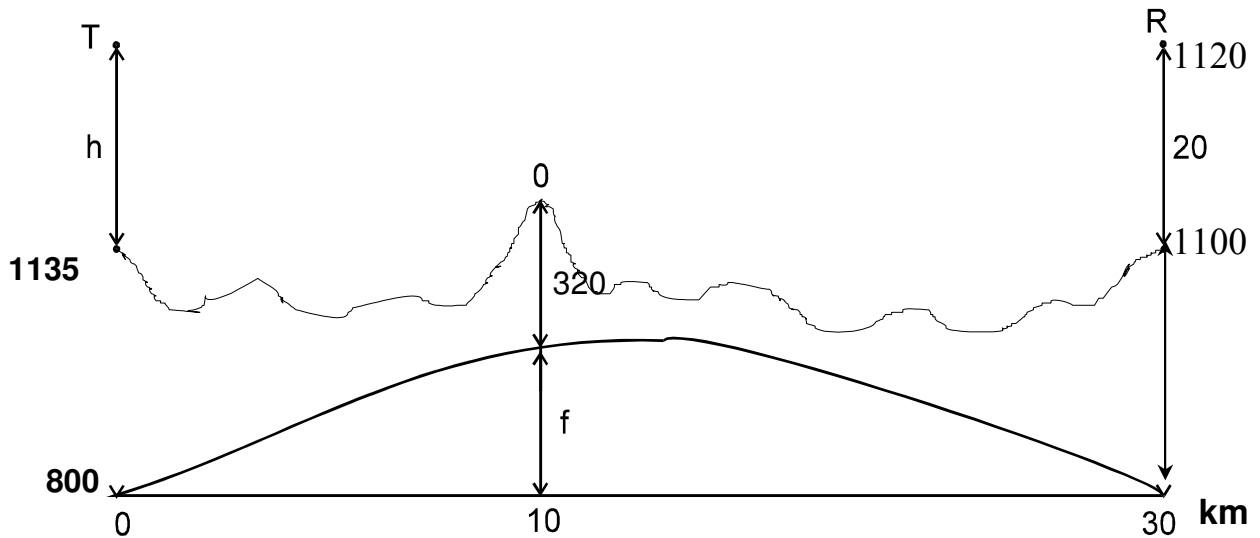
16.- Se considera un vano de radioenlace sobre mar, cuyas características se indican en la figura. La frecuencia de trabajo es 10 GHz la polarización es vertical y el ancho de banda 30 MHz. Las constantes electromagnéticas, son: $\epsilon = 55$, $\sigma = 18$. Se supone $k = 4/3$. Se desprecian las discriminaciones de antenas así como la rugosidad del terreno.

Calcule:

1. Amplitud relativa y retardo relativo del rayo reflejado con respecto del rayo directo.
2. Función de transferencia del trayecto $H(\omega)$, suponiendo un solo rayo reflejado.
3. Frecuencia de ranura ("notch"). Variación de esta frecuencia al pasar de $k = 4/3$ a $k = 2/3$
4. Para el ancho de banda de radioenlace, indique si el desvanecimiento producido por el rayo reflejado podría ser considerado como de tipo selectivo.



- 17.- Un trayecto radio, de longitud igual a 30 km. tiene el perfil de la figura, en el cual hay un obstáculo aislado O, de cota 1120 m., situado a 10 Km. del transmisor. La frecuencia es de 9,5 GHz.



La antena receptora está fija, a 20 m. de altura sobre un montículo de cota 1100 m. El pie de la antena transmisora tiene una cota de 1135 m.

El valor del coincide al nivel del mar, en O, es $N_0 = 325$ unidades N.

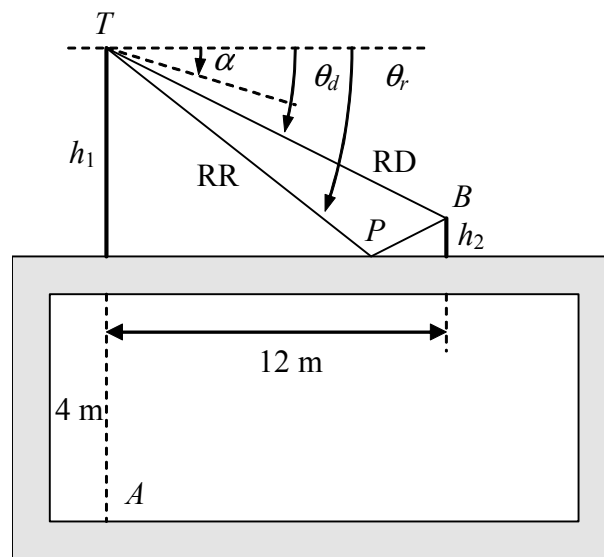
1. Calcule el valor del coíndice, N_s , para la cota geográfica de O.
 2. Calcule el gradiente ΔN y el factor k de radio terrestre equivalente.
 3. Suponiendo que $\overline{\Delta N}$ es igual al valor calculado en el apartado anterior y una desviación típica $\sigma = 40$, calcule la desviación equivalente σ_e para la distancia de 30 Km. del vano en estudio. Calcule los valores del gradiente ΔN_s , rebasado el 0,1% del tiempo $[\Delta N_s(0,1)]$ y del factor k rebasado el 99,9% del tiempo.
 4. Con los datos anteriores, determine la altura a que deberá instalarse la antena transmisora, para cumplir el criterio de la Rec. UIT-R 530.
- 18.- Una estación base de telefonía móvil sistema GSM-1800 tiene una antena instalada a $h_1 = 10$ m de altura sobre la terraza de un edificio, la cual consta de un revestimiento impermeabilizante metálico y un forjado. El conjunto presenta una pérdida de transmisión a las ondas igual a 25 dB en la frecuencia de 1800 MHz. El transmisor de la estación proporciona una potencia de 50 W y está conectado a la antena por un cable cuya pérdida de inserción es $L_{tt} = 2,5$ dB. La antena tiene una ganancia $G = 15$ dB y un diagrama de radiación dado por

$$F(\theta) = \left\{ \frac{\text{sen}[c_v \text{sen}(\theta - \alpha)]}{c_v \text{sen}(\theta - \alpha)} \right\}^2$$

con $c_v = 1,392 / \text{sen}(\theta_v / 2)$, siendo θ el ángulo entre la horizontal y la dirección del rayo, α el ángulo de inclinación de la antena (*down-tilt*), igual a 3° y θ_v la anchura de haz en el plano vertical, cuyo valor es 10° (ver figura).

A los efectos de comprobar la cumplimentación de la normativa sobre niveles de radiación electromagnética, que establece un límite de densidad de flujo de potencia $S = f / 200$ (W/m^2), siendo f la frecuencia en MHz, se desea evaluar esta magnitud en dos puntos: punto A, que corresponde a una vivienda situada en el ático, bajo la antena a 4 m de la cubierta, y punto B a 12 m de la antena y $h_2 = 1,5$ m de altura. El coeficiente de reflexión en el punto P es:

$$R = 0,85 \cdot e^{-j\pi}$$



Calcule:

1. Intensidad de campo eléctrico (V/m) equivalente al valor límite de la densidad de flujo de potencia
2. Valor de la intensidad de campo en los puntos A y B.
3. ¿Con qué márgenes se cumple la normativa?

Se considerará aplicable la condición de campo lejano de la antena y propagación en espacio libre. Para simplificar se supondrá que la ganancia de la antena es la misma para las direcciones del rayo directo y del rayo reflejado y se calculará para el valor medio de los ángulos θ_d y θ_r .

- 19.- Se establece un enlace radio punto a punto desde un emplazamiento con cota de 835 m. a otro con cota de 815 m. a 30 Km. de distancia. Las alturas de las antenas sobre el suelo son iguales a 15 m en ambos terminales.

El terreno tiene dos obstáculos dominantes: O1 de altura total 890 m a 15 Km del transmisor y O2 de altura total 880 m a 24 Km del transmisor.

Estas alturas están referidas a la horizontal, para un factor de corrección del radio terrestre $k = 4/3$.

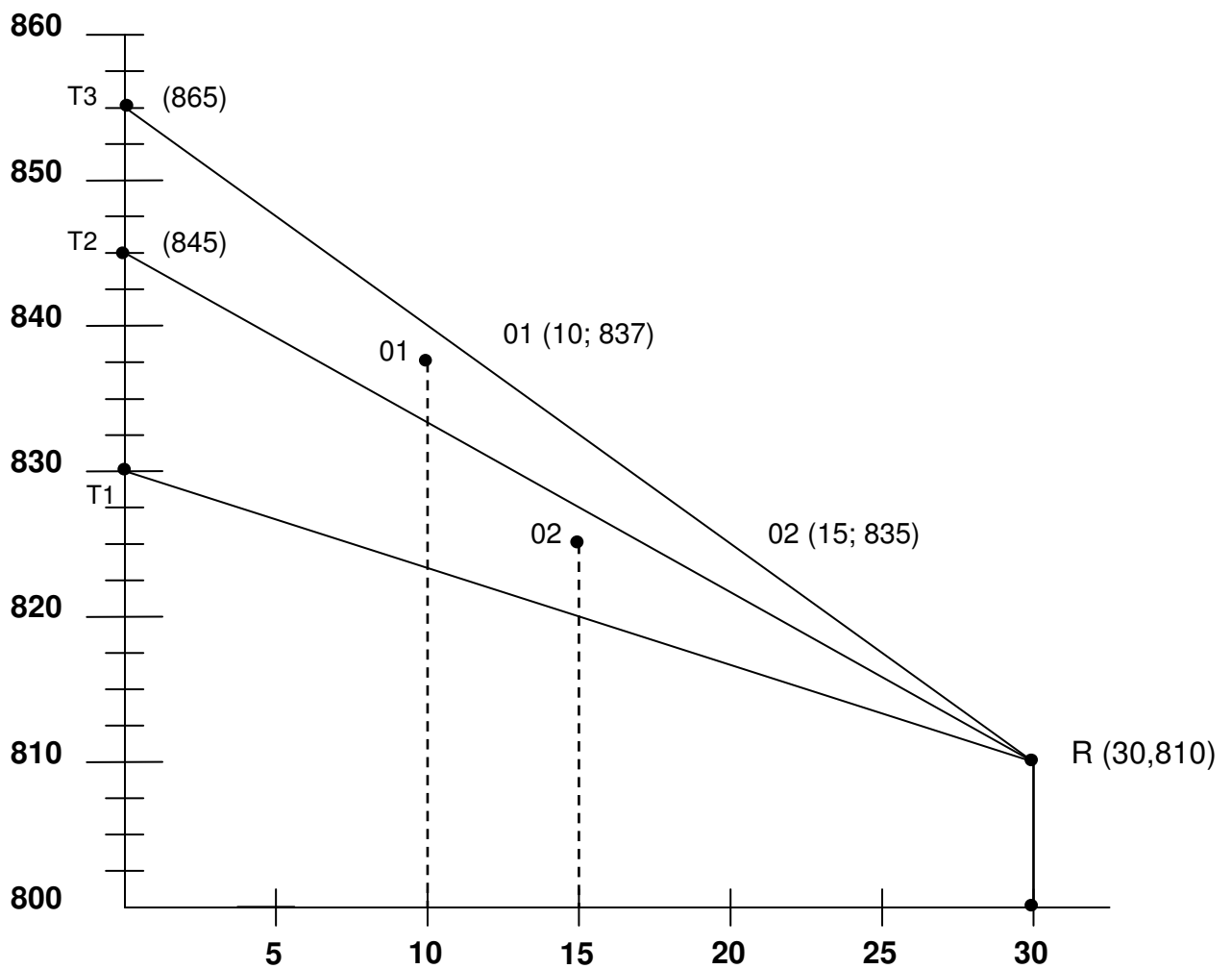
La frecuencia de trabajo es de 410 MHz.

La antena receptora tiene una ganancia de 3,5 dBd y una resistencia de radiación de 73 Ohm y con pérdidas nulas.

Se pide:

1. Pérdida básica de propagación.
2. Intensidad de campo en recepción, si la PRA de emisión es de 20 W.
3. Potencia (dBm) transferida al receptor cuya impedancia de entrada es resistiva e igual a 50 Ohm.
4. Profundidad del desvanecimiento de factor K cuando el gradiente de la refractividad toma el valor $\Delta N = 78$.

20.- En la figura, se representan los datos básicos del perfil de un enlace radioeléctrico de 30 km. de longitud entre dos puntos fijos, con dos obstáculos prominentes O_1 y O_2 situados a 10 y 15 km. respectivamente de O. El enlace funciona a 450 MHz. Las alturas dadas incluyen la curvatura terrestre. La PRA del transmisor es igual a 30 W.



La antena receptora está fija, en tanto que la antena transmisora puede situarse en las posiciones T_1 , T_2 y T_3 .

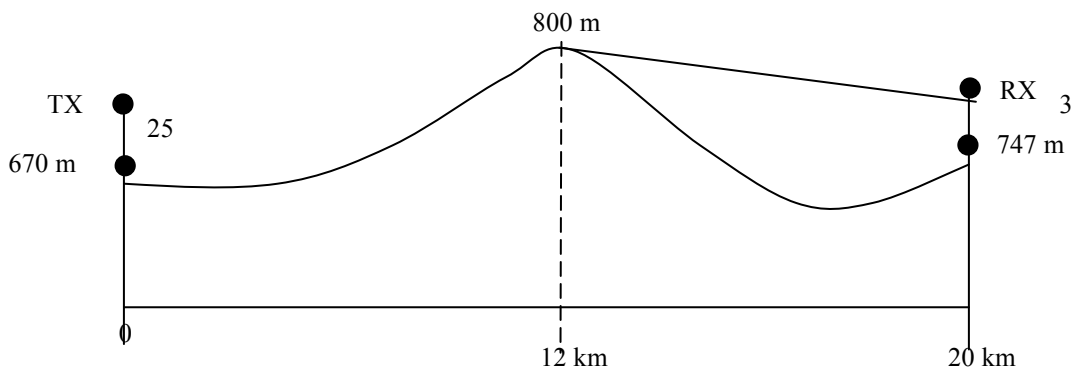
Se pide:

1. Para cada una de las posiciones de la antena transmisora, atenuación por difracción, indicando el método utilizado, en cada caso, para su evaluación.
2. Valores de la intensidad de campo (dBu) en R para las tres alturas de antena de transmisión.
3. Con la antena de transmisión en T1, tensión generada y la potencia disponible en bornas de una antena receptora tipo dipolo en $\lambda/2$, con una resistencia $R_a = 50 \Omega$ y pérdidas nulas.

21.- Un transmisor de radiodifusión digital (DAB) que funciona en la frecuencia portadora $f = 220$ MHz, utiliza una antena de 10 dBd de ganancia con un diagrama omnidireccional en el plano horizontal, y situada a una altura sobre el suelo $h_t = 25$ m. La cota del terreno a pie de antena es $c = 670$ m. y la altura media del terreno, a lo largo de un radial, entre 3 y 15 km. del transmisor al receptor, es $h_m = 560$ m. La antena está unida al transmisor por un cable coaxial de 35 m. de longitud, con una atenuación unitaria $\alpha = 0,04$ dB/m.

Se desea estudiar la recepción en un receptor móvil ubicado en un autobús. La altura de la antena del receptor es $h_2 = 3$ m. La intensidad de campo en ese punto debe ser $E = 50$ dBu. El vehículo está parado en un punto a 20 km. del transmisor, cuya cota geográfica es 747 m. En la figura se representa el perfil del terreno para la línea radial del transmisor al receptor. El entorno de dicho punto es de tipo rural.

Calcule la potencia, en W, del transmisor para dar servicio al receptor con calidad DAB. Se utilizarán las curvas y procedimientos de la Recomendación UIT-R-1546.



- 22.- Se desea efectuar la predicción del funcionamiento de un enlace en HF entre dos puntos de coordenadas $l_1 = 40, 47^\circ\text{N}$; $w_1 = 3,54^\circ\text{W}$ y $l_2 = 40,5^\circ\text{N}$; $w_2 = 73,6^\circ\text{W}$, aplicando el método de predicción Voacap. El número medio de manchas solares para la época de predicción es $R_{12} = 80$.

La potencia del transmisor es 10 Kw. Las pérdidas en los circuitos terminales son 1,2 dB para el transmisor y 0 dB para el receptor. Las ganancias de antenas son de 7 dB para el transmisor y 0 dB para el receptor.

Se pide:

1. Curva de variación de la MUF y la FOT con la hora universal (UTC).
2. Curva de LUF.

- 23.- Se consideran dos radioenlaces punto a punto como se muestra en la figura 1, con las siguientes características:

ENLACE DESEADO (ED)

Potencia del transmisor: $p_t = 125 \text{ mW}$.

Pérdida en terminales: $L_{tt} = 1 \text{ dB}$.

Distancia: 10 km.

Polarización: Horizontal.

ENLACE INTERFERENTE (EI)

Potencia del transmisor: $p_t = 250 \text{ mW}$.

Pérdida en terminales: $L_{tt} = 1 \text{ dB}$.

Distancia: 15 km.

Polarización: Vertical.

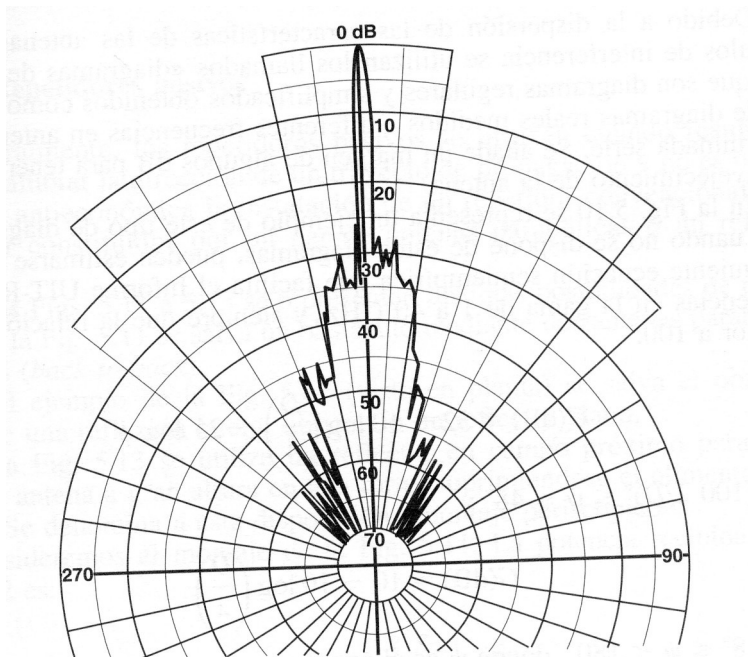
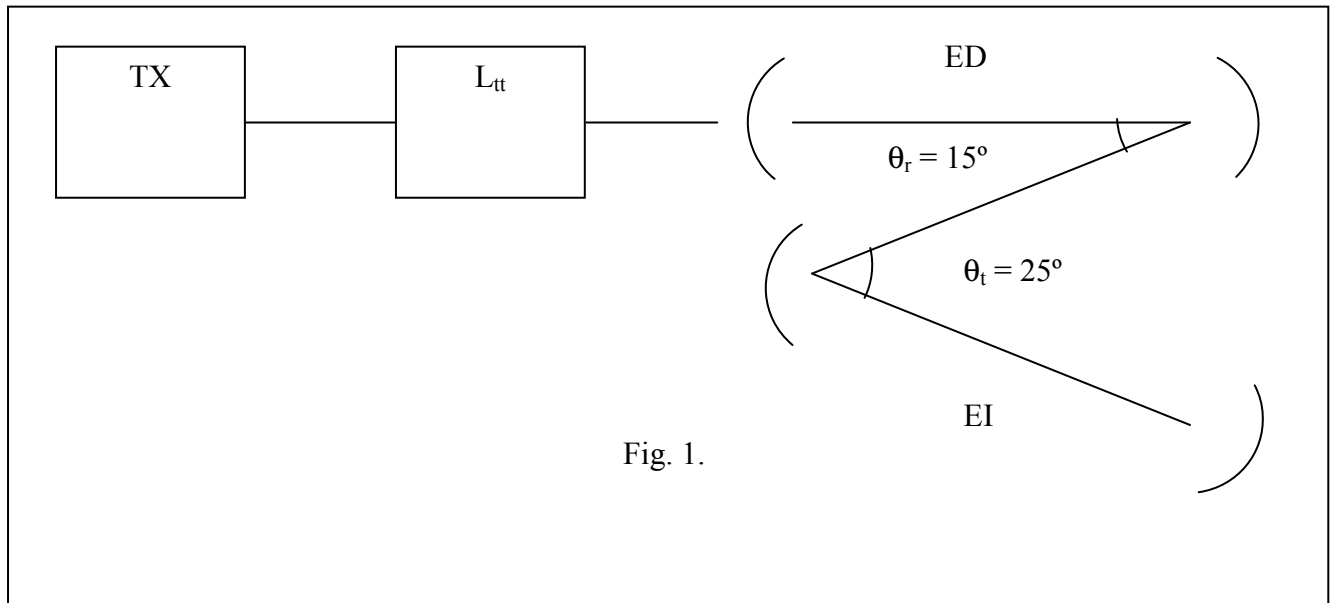
En ambos enlaces se utilizan antenas Tx/Rx de 0,4 m. de diámetro y eficiencia $k = 0,55$.

En la figura 2, se muestra un fragmento del diagrama de radiación de las antenas (ganancia relativa en función del ángulo respecto del eje principal). La frecuencia de funcionamiento para ambos enlaces es $f = 15 \text{ GHz}$. La intensidad de lluvia para el 0,01% del tiempo es $R_{0,01} = 30 \text{ mm/h}$.

Los coeficientes para la atenuación específica por lluvia, a 15 GHz, son:

$$k_H = 0,0367; \quad \alpha_h = 1,154; \quad k_v = 0,0335; \quad \alpha_v = 1,128$$

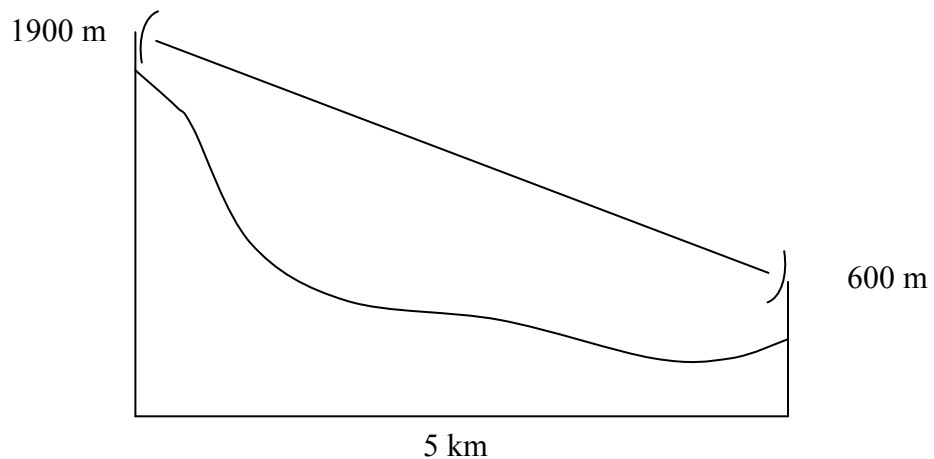
Se pide el valor de la relación portadora/interferencia en el receptor del enlace deseado.



24.- Una empresa de radiocomunicaciones ha instalado un repetidor en lo alto de un monte a 1.900 m. El repetidor enlaza con una central de telecomunicaciones situada a 5 km. y una altura de 600 m (Tramo de acceso). El trayecto está libre de obstáculos. Se constituirá un radioenlace monocanal con las siguientes características:

1. Frecuencia: 25 GHz.
2. Polarización: Inclínada, $\tau = 30^\circ$.
3. Antenas de 35 cm. de diámetro y eficiencia $k = 0.55$.
4. Pérdidas en terminales: 0.5 dB en el transmisor y 0.5 dB en el receptor.

5. MTBF: 100.000 h en el equipo de montaña, 30.000 h en el equipo de la central.
6. MTTR: 5 h en el equipo de montaña; 0,5 h en el equipo de la central.
7. Intensidad de lluvia para el 0,01% del tiempo: $R_{0,01} = 35$ mm/h.
8. Atenuación específica de gases y vapores: $\gamma_{\text{gases}} = 0.115$ dB/km.
9. Discriminación de polarización en la antena receptora para transmisión contrapolar: 10 dB.
10. Potencia de transmisión: 200 mW.
11. Umbral del receptor para $\text{BER} = 10^{-3}$: -75 dBm.



Se pide:

1. Potencia de recepción en condiciones de cielo despejado.
2. Atenuación por lluvia para cumplir el objetivo de indisponibilidad.
3. ¿Es viable el receptor propuesto?.
4. Si se realiza otra transmisión con las mismas potencia de equipo y frecuencia pero con polarización cruzada, valor de la relación portadora/interferencia a la entrada del receptor.

25.- Un radioenlace digital que funcionará a 35 GHz tiene las siguientes características:

- Equipo radio:
 - Potencia de transmisión: 15 dBm.
 - Umbral de recepción para $\text{BER} = 10^{-3}$: -83 dBm.
 - Antenas TX y RX de 30 cm. de diámetro y 50 % de eficiencia.
 - Pérdidas en terminales, $L_{\text{TT}} = L_{\text{TR}} = 0,5$ dB
 - MTBF de cada equipo = 100.000 horas.
- Propagación:
 - Frecuencia : 35 GHz.
 - Intensidad de lluvia para el 0,01% del tiempo $R_{0,01} = 32$ mm/h.
 - Gradiente de refractividad $\Delta N_1 = -200$.
 - Rugosidad del terreno $s_a = 60$ m.
- Explotación:
 - Polarización vertical.
 - MTTR: 5 h.
 - Altura de antenas 1500 m y 1400 m.

Se pide:

1. Longitud máxima del vano para cumplir el objetivo de indisponibilidad, en el tramo de acceso de la red nacional.
 2. Para la longitud hallada en 1), verificar la cumplimentación del objetivo de calidad.
- 26.-** En un radioenlace terrenal, en 38 GHz, se utiliza un transmisor que entrega una potencia $P_t = 10$ mW, acoplado a una guía de onda con pérdida $L_{tt} = 1$ dB, que lo conecta con una antena de diámetro 40 cm y eficiencia geométrica del 60%. La antena receptora y guía de onda que la conecta con el receptor son idénticas a las del transmisor. La modulación empleada es 64-QAM, para una velocidad binaria de 8 Mbit/s y un factor de filtrado $\alpha = 0,35$. La potencia umbral del receptor, con la que se producen SES, es $P_{ru} = -75$ dBm.

La distancia del enlace es de 3 km. La atenuación específica por gases en esta frecuencia es $\gamma = 0,125$ dB/km y las constantes para el cálculo de la atenuación por lluvia, con polarización vertical, son $k_V = 0,38$ y $\alpha_V = 0,86$. La intensidad de lluvia superada el 0,01% del tiempo es $R_{0,01} = 25$ mm/h.

Se pide:

1. PIRE y PRA del transmisor, expresadas en dBm.
 2. Pérdida básica de propagación en condiciones de espacio libre.
 3. Pérdida básica, en ausencia de lluvia, si se tiene un obstáculo subdominante en el trayecto con variable de difracción $v = -0,3$.
 4. Margen del enlace, en las condiciones del apartado anterior.
 5. Indisponibilidad del enlace por causas debidas a la propagación.
 6. Valor máximo de la indisponibilidad causada por averías de los equipos. Considere que el enlace forma parte del tramo de acceso de la red.
 7. Valor objetivo del tiempo medio de reparación (MTTR) si cada uno de los terminales del enlace tiene un tiempo medio entre fallos $MTBF = 100.000$ horas.
 8. Comprobar si se cumple el objetivo de calidad para este tipo de enlaces, sabiendo que la constante geoclimática vale $k = 10^{-3}$, las antenas están prácticamente a nivel del mar y el enlace es perfectamente horizontal.
- 27.-** En una red LMDS, que funciona a 26,5 GHz, una estación base enlaza con otra estación terminal situada a 8 km. El transmisor de la base tiene una potencia $P_t = 13$ dBm y funciona con doble polarización: vertical y horizontal. Las pérdidas conjuntas en cables y conectores de transmisor y receptor son iguales a 3 dB. Las ganancias de antena de base y terminal son, respectivamente, iguales a 40 dB y 30 dB. La sensibilidad del receptor del terminal para la tasa de errores de 10^{-3} es -80 dBm. Se realizará el estudio para la señal transmitida con polarización vertical, como señal deseada para el terminal en cuestión.

La intensidad de lluvia, para el 0,01% del tiempo, es $R = 30$ mm/h. Los datos de fiabilidades de los equipos son, para el transmisor de la base, $MTBF = 200.000$ horas y $MTTR = 1$ hora y para el receptor del terminal, $MTBF = 100.000$ horas y $MTTR = 2$ horas.

Se pide:

1. Margen de funcionamiento del enlace base-terminal con cielo despejado.
2. Probabilidad de interrupción por lluvia del enlace.
3. Viabilidad del enlace en cuanto a indisponibilidad.
4. Aislamiento copolar XPI_v , en el terminal, frente a la transmisión de la señal con polarización horizontal, transmitida con la misma PIRE que la señal deseada.

28.- Se desea estimar la cobertura de una red Wi-Fi (IEEE 802.11b) para diferentes escenarios de propagación. La red consta de un punto de acceso (AP) y una serie de terminales de usuario (UE). Se tendrán en cuenta los siguientes datos de partida:

- PIRE del transmisor 20 dBm en todos los casos, de acuerdo con la regulación española (C.N.A.F.).
- Ganancia de potencia de la antena receptora: 2 dBi (AP) y -3 dBi (UE).
- Pérdidas en cables y conectores: 1 dB (AP) y 0 dB (UE).
- Sensibilidad: Dependiente de la velocidad de transmisión:

11 Mb/s	-76 dBm
5,5 Mb/s	-79 dBm
2 Mb/s	-81 dBm
1 Mb/s	-84 dBm

Los valores de sensibilidad se aplican por igual a los dos terminales.

- Frecuencia de referencia para los cálculos 2,45 GHz.
- a) Evalúe cuál de los dos enlaces, ascendente (UE a AP) o descendente (AP a UE), resulta más desfavorable y por tanto es el que limita la cobertura.
- b) Para los dos escenarios A y B descritos más abajo, calcule la distancia máxima en la que los dos enlaces pueden operar a 11 Mb/s.
- c) Para los escenarios A y B, calcule la distancia máxima en la que resulta viable el enlace en los dos sentidos. ¿Cuál es la máxima velocidad de transmisión que puede utilizarse en cada enlace para esa distancia?
- d) En esta última situación, evalúe la velocidad media de usuario, para cada sentido de la comunicación. Suponga para ello que, en la trama de transmisión, el 20% del tiempo se utiliza para señalización y control y el resto del tiempo se destina, a partes iguales, al tráfico de usuario en sentido ascendente y descendente.

Escenario A: Propagación en interior de edificios, de acuerdo con la siguiente expresión que caracteriza la pérdida básica:

$$L_b = 33 + 29 \log d \text{ (m)}$$

Escenario B: AP situado en el exterior, a una distancia de 50 metros de la fachada. En ese primer tramo la propagación es en espacio libre. La pérdida por penetración en el edificio es de 15 dB, para un punto de recepción interior situado a 1 metro de la fachada. Para puntos situados en el interior del edificio las pérdidas se incrementan en $29 \log d$ (m), siendo d la distancia a la fachada.

29.- Se desea instalar una red WiMAX, operando en la banda de 3,5 GHz, con ancho de banda de 3,5 MHz. El sistema ofrece una amplia gama de posibilidades en cuanto a modulación, codificación y tiempo de guarda de la modulación OFDM, con lo que la velocidad de transmisión varía entre 1 y 14 Mb/s, aproximadamente.

- a) Evalúe la máxima velocidad de transmisión, que corresponde a los siguientes parámetros de la modulación:
 - Tiempo útil de símbolo: 64 μ s
 - Tiempo de guarda: 1/32 del anterior
 - Número de subportadoras: 200
 - Modulación de las subportadoras: 64-QAM
 - Tasa de codificación de canal: $\frac{3}{4}$
- b) Evalúe la mínima velocidad de transmisión, que se obtiene para BPSK, con tasa de codificación 1/2 y tiempo de guarda igual a $\frac{1}{4}$ del tiempo útil de símbolo.
- c) Evalúe el alcance en espacio libre, en enlace descendente, para las dos velocidades antes especificadas, considerando los siguientes datos:
 - Potencia umbral de recepción: -91 dBm para la velocidad más baja a -73 dBm, para la más alta.
 - Potencia de transmisión: 28 dBm
 - Ganancia de antena transmisora: 14,5 dBi
 - Ganancia de antena receptora: 18 dBi
 - Pérdidas en cables y conectores: 1,5 dB en cada terminal
 - Margen del enlace: 5 dB
- d) Para la velocidad más baja de las dos consideradas, evalúe el alcance del enlace considerando unas pérdidas adicionales de 6 dB por difracción (visibilidad incompleta) y de 7 dB por vegetación en el trayecto.
- e) A la vista de los resultados, ¿qué consideraciones puede hacer sobre la posibilidad de utilizar equipos WiMAX para dar servicio de acceso a Internet en zonas rurales con baja densidad de población?.

30.- La NASA lanzó en 1977 dos vehículos espaciales para el estudio de Júpiter y los planetas exteriores. Las características radioeléctricas de la sonda que exploró Júpiter en 1979, eran:

- Potencia de transmisión: 24 W.
- Ganancia de la antena de transmisión: 48 dB.
- Frecuencia: 8,4 GHz.
- Velocidad de información: 115 kbit/s.

Las características de la estación terrena receptora, eran:

- Antena de diámetro $D = 64$ m y eficiencia $k = 45\%$.
- Guía ondas con atenuación $W = 0,2$ dB a $T_0 = 290^\circ$ K.
- Alimentador de entrada al receptor con atenuación $l = 0,1$ dB a $T_0 = 290^\circ$ K.
- Amplificador de bajo ruido con Maser, de ganancia $G_{LNA} = 30$ dB y temperatura de ruido T_{LNA} .

- Amplificador de potencia con temperatura de ruido $T_{PA} = 1000^\circ \text{ K}$ y ganancia $G_{PA} = 40 \text{ dB}$.

Se supone, además:

- Angulo de elevación tal que $g_{es} \approx 0$.
- Temperatura de ruido del cielo, $T_S = 10^\circ \text{ K}$.
- Atenuación atmosférica, $A_g = 0,3 \text{ dB}$.
- Temperatura media de la atmósfera, $T_{at} = 270^\circ \text{ K}$.
- Margen de enlace, $M = 2,5 \text{ dB}$.
- Valor umbral de la relación portadora / densidad de ruido, $(C/N)_0 = 53 \text{ dB/Hz}$ para una tasa de errores $BER = 5 \cdot 10^{-3}$.
- Distancia Júpiter – Tierra = $6,8 \cdot 10^8 \text{ km}$.
- Pérdidas en exceso (puntería) = $0,6 \text{ dB}$.

Calcule la temperatura de ruido del amplificador Maser, T_{LNA} para que el enlace resulte viable.

- 31.** El sistema móvil terrestre por satélite THURAYA permite el establecimiento de comunicaciones con terminales portátiles. Las características básicas del sistema, son:

1. Posición orbital del satélite: 44° E
2. Modulación: $\pi/4$ -DQPSK
3. Velocidad neta de bits por canal: 13 kbit/s
4. Velocidad bruta de bits por canal: 48 kbit/s
5. Anchura de banda por canal: 28 kHz
6. Valor umbral de la relación E_b/N_0 : $12,8 \text{ dB}$ para $BER = 10^{-3}$
7. Diámetro y eficiencia de la antena del satélite: $D = 12,5 \text{ m}$; $k = 60\%$
8. Temperatura de ruido del sistema receptor del satélite: 1.000° K
9. Banda de frecuencias del enlace ascendente: $1525,0\text{-}1559,0 \text{ MHz}$

Se desea estudiar la viabilidad del enlace ascendente desde un teléfono portátil que tiene una potencia $p = 1 \text{ W}$, una antena equivalente a un dipolo en $\lambda/2$, con unas pérdidas por el cuerpo de 2 dB . El usuario está situado en un punto de coordenadas geográficas 43° N y 3° W . El radio terrestre es 6.366 km . y la altura de la órbita geostacionaria es 35.806 km .

Se pide:

1. Factor α de caída progresiva (“roll-off”) de los filtros
2. Relación G/T del satélite para el umbral de E_b/N_0
3. Justificación de la viabilidad del enlace

- 32.-** Se considera un sistema de transmisión de TV digital por satélite cuyos datos son:

1. Satélite
 - Potencia del amplificador de RF: 125 W .
 - Pérdida en los terminales del transmisor: $0,6 \text{ dB}$.
 - Ganancia de la antena de transmisión: 37 dB .

2. Parámetros de propagación

- Distancia satélite-estación terrena: 38000 km.
- Frecuencia del enlace satélite-Tierra 12 GHz.
- Pérdidas atmosféricas y por lluvia: 3,2 dB.
- Temperatura de ruido celeste: 50°K.
- Temperatura media atmosférica: 270°K.
- Temperatura media terrestre: 290°K.
- Todos los lóbulos de la antena de recepción recogen únicamente radiación del ruido celeste.
- Degradación de la E_b/N_0 debida al enlace ascendente: 1,5 dB.

3. Datos de la estación terrena receptora

- Pérdidas en terminales desde la antena hasta el punto de referencia de ruido (α): 0,5 dB
- Pérdidas por despolarización y degradación de la antena (β): 0,25 dB
- Factor de ruido del receptor: 1,6 dB

4. Señal transmitida:

- Señal digital a 34 Mbit/s con modulación QPSK (sistema DVB-T)
- Calidad deseada: Quasi-Error-Free, para la cual la $(E_b/N_0)_t$ debe ser igual a 8 dB.

Se pide:

1. Relación $(E_b/N_0)_a$ (Enlace ascendente)
2. Factor de calidad G/T (dB/°K) de la estación terrena receptora
3. Ganancia y diámetro de la antena de la estación terrena receptora, cuya eficiencia se supone igual a 0,55

33.- Se desea diseñar un sistema de radiodifusión en torno a los 100 MHz, para obtener un radio de cobertura de 50 km. Se considera que el límite de la cobertura corresponde a zona rural, y que en dicho límite se pretende dar servicio al 50% de los emplazamientos durante el 50% del tiempo. El servicio es estereofónico. La altura efectiva de la antena inicialmente prevista es de 37,5 m.

1. Calcule en condiciones de ausencia de interferencias, la PRA necesaria.
2. Evalúe la altura de antena necesaria para reducir la PRA a 100 kW.

NOTA: En los siguientes apartados considera que la PRA es 100 kW y que la altura efectiva de antena es el valor normalizado inmediatamente superior al calculado en el apartado 2).

3. Calcule la distancia en la que se da servicio al 90% de los emplazamientos durante el 50% del tiempo.

4. Supuesta una emisora interferente cocanal situada a 200 km de distancia, con idéntica potencia y altura de antena que la deseada, calcule el campo perturbador en condiciones de interferencia constante e interferencia troposférica (1% del tiempo), así como el campo utilizable.
 5. Calcule en estas condiciones las nuevas distancias en que se da cobertura al 50 y al 90% de los emplazamientos.
 6. Evalúe el mínimo desplazamiento de frecuencia que será necesario realizar en el transmisor interferente para conservar la cobertura inicial. Tenga en cuenta la canalización de 100 KHz.
- 34.-** El Plan de Ginebra de 1984 para la radiodifusión en ondas métricas se basa en una distribución reticular en la que la distancia entre transmisores es $d = 27$ km, siendo la distancia cocanal $D = 240$ km. Se supone que la PRA de los transmisores es igual a 5 kW, con altura efectiva de antena de 75 m. Se considerará únicamente interferencia troposférica (1% del tiempo). El servicio es FM estereofónico.
1. Calcule el campo utilizable considerando solamente la interferencia proveniente de los 6 transmisores cocanal situados a la distancia D . Obtenga en estas condiciones, la distancia de cobertura del transmisor deseado para el 50% de los emplazamientos.
 2. Calcule el incremento del campo utilizable debido a la presencia de otros 6 transmisores situados a la distancia $D \cdot \sqrt{3}$. Evalúe el impacto sobre la distancia de cobertura calculada anteriormente.
 3. Considerando que en la distribución dada existen 6 transmisores de canal adyacente situados aproximadamente a $D/2$, evalúe el campo utilizable y la cobertura considerando éstos y los transmisores citados en el apartado 1.
 4. Comente los resultados obtenidos.
- 35.-** En el diseño de un nuevo sistema de radiodifusión en FM se analizarán dos posibles frecuencias, $f_1 = 100$ MHz y $f_2 = 103$ MHz. Se supondrá que en todas las emisoras (deseadas e interferentes) el servicio es estereofónico, la PRA es igual a 1 KW y la altura efectiva de la antena es 75 metros en las emisoras interferentes y 300 metros en la nueva emisora. La cobertura deseada es para el 50% de emplazamientos (en el límite de la zona) y 99% del tiempo. Solo se estudiará la interferencia troposférica.
- En la frecuencia f_1 existen tres emisoras cocanal situadas a 150 km. y dos de canal adyacente (100,1 MHz) situadas a 100 km.
- En la frecuencia f_2 existen seis emisoras cocanal situadas a 200 km.
1. Calcule el campo utilizable en el emplazamiento de la nueva emisora para las dos frecuencias en estudio, para un porcentaje de emplazamientos de $50\% \pm 1\%$.
 2. Seleccione, a partir del resultado anterior, la frecuencia para la que la cobertura será máxima.
 3. Calcule, en este caso, el radio de cobertura de la nueva estación.

4. ¿Qué comprobaciones adicionales debería realizar antes de dar por buena la frecuencia elegida?
- 36.-** En este ejercicio se van a calcular los valores de intensidad de campo a utilizar en la planificación de un servicio de televisión digital terrenal, con el sistema DVB-T. El procedimiento es similar al utilizado en el informe TR 101 190 del ETSI, pero se deben emplear los procedimientos y ecuaciones explicados en la asignatura.
- En España la televisión digital utiliza canales de 8 MHz en UHF. Se asume que se utiliza la modulación 64-QAM con codificación 2/3, con lo que se precisa una relación señal a ruido de 17,1 dB en recepción fija con antena directiva en el tejado. La instalación a analizar es individual y consta de: Antena receptora, cable de conexión al interior del edificio, y receptor de televisión. Los cálculos se van a realizar para dos frecuencias de referencia: 500 y 800 MHz.
- Sabiendo que el ancho de banda de la señal es de 7,6 MHz y que el factor de ruido del receptor de referencia es $F = 7$ dB, calcule la potencia mínima necesaria en la entrada del receptor.
 - Sabiendo que la instalación de cables y conectores presenta unas pérdidas de 3 dB (500 MHz) y 5 dB (800 MHz), calcule la potencia mínima de recepción en bornas de la antena.
 - Considerando que la antena tiene una ganancia de 10 dBd (500 MHz) y 12 dBd (800 MHz), evalúe, para cada una de las frecuencias, la intensidad de campo con la que se obtiene la potencia mínima de recepción calculada en el apartado anterior.
 - Los valores de intensidad de campo calculados en el apartado anterior deben garantizarse en el 70% (recepción “aceptable”) o 95% (recepción “buena”) de ubicaciones. Considerando que $G^{-1}(0,7) = -0,52$ y $G^{-1}(0,95) = -1,64$, y que la desviación típica de la distribución gaussiana que caracteriza la variabilidad es $\sigma = 5,5$ dB, calcule los márgenes a aplicar y los valores medianos de intensidad de campo que debe garantizar.
 - En los puntos en que la recepción es de baja calidad puede mejorarse la situación utilizando un amplificador de antena. Suponga que se utiliza un amplificador conectado directamente a la antena (pérdidas en cables prácticamente nulas) y con un factor de ruido igual a 2,5 dB. La ganancia del amplificador es suficientemente grande como para despreciar el efecto del resto del sistema receptor. En estas condiciones, ¿en cuántos dB se rebaja la intensidad de campo calculada en el apartado c? Haga el cálculo para las dos frecuencias.
- 37.-** Se desea planificar un sistema de radiodifusión de TV digital por satélite, en la banda de 12 GHz y con un ancho de banda del transpondedor de 30 MHz. La C/N necesaria para una recepción QEF se estima en 8,5 dB, incluyendo las degradaciones.
- Estime, con estos datos iniciales, cual es la codificación de canal que debe aplicarse, el período de símbolo y la tasa binaria útil.

2. Sabiendo que el receptor tiene un factor G/T de 10 dB y que se desea disponer de un margen de 4 dB frente a desvanecimientos por lluvia en el borde de la zona de cobertura, calcule la PIRE máxima del transmisor. (Considere la distancia al satélite igual a 38.000 km).
 3. Obtenga el margen frente a desvanecimientos en el centro de la zona de cobertura.
 4. Teniendo en cuenta que la atenuación por lluvia superada el 0,01% del tiempo es de 7 dB en esta zona climática, evalúe la disponibilidad del servicio en el centro de la zona de cobertura y en el borde.
- 38.-** Un transmisor embarcado en un satélite transmite una señal DVB-S con una PIRE = 54 dBW (valor garantizado en todo el área de servicio), utilizando un transpondedor con un ancho de banda a 3 dB de 36 MHz. La frecuencia de transmisión es 12,5 GHz, y la distancia al satélite puede estimarse en 38.000 km.
1. Calcule la tasa binaria útil para las tasas 3/4 y 5/6 del codificador convolucional.
 2. Sabiendo que la temperatura de ruido del sistema de recepción puede estimarse en 250° K, y que los objetivos de E_b/N_o son de 10 dB (tasa 3/4) y 10,5 dB (tasa 5/6), calcule la ganancia de la antena receptora y su diámetro. Tenga en cuenta que dichos objetivos de E_b/N_o ya incluyen todas las degradaciones y el margen por desvanecimientos por lluvia. La eficiencia de la antena receptora es $k = 0,6$ y sus pérdidas totales se evalúan en 1 dB.
 3. Considerando que la PIRE alcanza los 57 dBW para puntos situados en el centro del área de servicio, ¿cuál debe ser la ganancia y diámetro de la antena receptora en esta zona?
 4. Si los habitantes de un país situado fuera del área de servicio desean recibir esta señal, ¿cuál será el diámetro necesario para las antenas, sabiendo que la PIRE del satélite en esa dirección baja a 48 dBW?
- 39.-** Se utilizará la Rec. 1546 del UIT-R para evaluar la cobertura de un transmisor de televisión digital terrenal, el cual se encuentra instalado en una torre de comunicaciones de una gran ciudad. Los principales datos de este transmisor se muestran en la siguiente tabla:

Altura antena transmisora	$h_1 = 300$ metros
PRA	10 kW
Frecuencia de referencia	600 MHz
Modulación	Modo "8k", 64-QAM, código 3/4
Tiempo de guarda	224 μ s (1/4 del tiempo útil de símbolo)

De acuerdo con las indicaciones del Informe TR 101 190 del ETSI, se definen tres niveles de calidad de recepción, como se expone en la siguiente tabla:

Nivel de calidad	Descripción de la cobertura.	Campo a evaluar(*)
Rural	“Aceptable” (L70%) con antena exterior.	53 dBu
Urbana	“Buena” (L 95%) con antena exterior.	59 dBu
Interiores	“Aceptable” con antena interior.	82 dBu

(*) Campo mediano (50% L y 50% T) para la altura de referencia de las curvas de la Rec. 1546.

1. Obtenga el radio de cobertura de este transmisor para los tres niveles de calidad.
 2. Calcule la distancia máxima a la que se puede situar un transmisor similar en configuración de red de frecuencia única, de forma que en ningún punto se supere la protección por tiempo de guarda.
 3. Considerando que el nivel máximo admisible para las interferencias es de 30 dBu, evaluados para la altura de referencia de las curvas, calcule la distancia a la que dicho nivel se supera el 1% del tiempo.
 4. A partir de los resultados de los apartados 1) y 3), estime la distancia mínima a la que podrán situarse un transmisor similar al estudiado, emitiendo una programación diferente.
- 40.-** En la planificación de una red de frecuencia única del sistema DAB, en banda L, se desea estudiar con detalle el comportamiento de la intensidad de campo en la línea que une dos transmisores, supuestos iguales y separados 30 km.

Para ello se aplicará el método de Okumura-Hata para la frecuencia de 1500 MHz, zona suburbana, con una altura efectiva de la antena transmisora de 50 metros.

Por simplicidad se realizará el estudio para una altura de receptor de 1,5 metros, y para el 50% de emplazamientos.

Se pide:

1. PRA de los transmisores con el objetivo de obtener, en el punto medio entre los dos, una intensidad de campo igual al objetivo fijado en el Acuerdo de Wiesbaden, que para esta banda es de 43 dBu. Tenga en cuenta que las dos señales se suman en potencia.
2. Posición de los dos puntos en los que la diferencia de intensidades de campo de los dos transmisores es igual a la relación de protección de 10 dB.
3. Para los dos puntos citados, diferencia de retardos entre las dos señales. Justifique qué modos de transmisión pueden utilizarse de los cuatro previstos en el sistema DAB.

- 41.-** Se desea evaluar la cobertura que puede proporcionar un transmisor de TV digital terrenal, en función del tipo de modulación empleado. Los datos que se tomarán como referencia son:
- PRA del transmisor 5 kW.
 - Campo mínimo utilizable: 38 dB (QPSK), 46 dB (16-QAM) y 56 dB (64-QAM). Evaluados en el 50% de emplazamientos el 50% del tiempo. Corresponden a recepción fija en banda IV.
 - Altura de antena transmisora: 75 metros.
1. Evalúe el radio de cobertura con ayuda de la Rec. 1546, para la frecuencia de referencia de 600 MHz.
 2. Calcule el número aproximado de programas que pueden difundirse en cada caso con los siguientes datos: Modo “8k”, $T_g = \frac{1}{4} T_u$, Código 5/6. 4 Mbit/s por programa.
- 42.-** Se considera una estación de radiodifusión DAB destinada a prestar servicio en un área urbana de 10 km de radio, sobre un terreno de $\Delta h = 50$ m. El equipo transmisor tiene una potencia de 5 kW y se conectará a la antena a través de un cable coaxial de 25 m de longitud con una pérdida unitaria de 0,05 dB/m. La altura efectiva de la antena es de 37,5 m. Como modelo de propagación se utilizarán las curvas de la Rec. 1546 para tierra, con una atenuación adicional de 24 dB para su aplicación al medio urbano.
1. Calcule la ganancia de antena (dBi) del transmisor.
 2. Supuesto otro transmisor cocanal de PRA = 20 dBkW con una antena de altura efectiva 75 m, determine a qué distancia mínima deberá estar del transmisor deseado para que se cumpla la relación de protección en el borde de la zona de cobertura del transmisor deseado. Se supone que el trayecto interferente discurre por área rural con $\Delta h = 50$ m.
- 43.-** En la actualidad se ofrecen comercialmente servicios de acceso a Internet por satélite en banda Ka (30 GHz para el enlace ascendente y 20 GHz para el descendente), a pesar de la fuerte atenuación por lluvia en estas frecuencias. En este ejercicio se pide una evaluación de ambos enlaces, para un terminal situado en Madrid, con los siguientes datos de partida:
- PIRE del satélite: 58 dBW.
 - G/T del satélite: 14° dB/K.
 - Intensidad de lluvia superada el 0.01%: $R_{0,01} = 25$ mm/h
 - Transmisión de acuerdo con el estándar DVB-S en los dos sentidos, con codificación convolucional de tasa 5/6. Ancho de banda $B = 36$ MHz. Relación con la velocidad de símbolo $B/R_s = 1,28$.
- a) Evalúe la tasa binaria neta que proporciona cada enlace y los umbrales en términos de E_b/N_0 y C/N
 - b) Calcule la atenuación superada el 0,01% del tiempo para un enlace con 40° de elevación, polarización horizontal (caso peor) y frecuencias de 20 y 30 GHz. Considere que la extensión vertical del trayecto $h_R - h_S$ es de 3,5 km.

- c) Calcule la G/T de estación terrena receptora con una antena de 1 m. de diámetro, eficiencia superficial de 0,6, pérdidas de acoplo entre la antena y el receptor de 1 dB y factor de ruido del receptor 1,5 dB. La temperatura de ruido de antena (en condiciones de lluvia) se estima en 270° K. Todos los elementos están a temperatura ambiente ($T_0 = 290^\circ \text{ K}$)
- d) Calcule la disponibilidad del servicio en el enlace descendente, y la PIRE de la estación terrena transmisora necesaria para garantizar una disponibilidad del 99,99% en el enlace ascendente. Distancia de enlace 38.000 km. Pérdidas por gases atmosféricos: 1 dB en ambas frecuencias.