



# RADIOCOMUNICACIÓN

## PROBLEMAS TEMA 3

### Distribuciones estadísticas de la propagación

**P1.-** Calcular los márgenes sobre el umbral necesarios para una probabilidad de funcionamiento de un sistema de radiocomunicaciones del 80% en un medio de propagación caracterizado por una desviación típica de  $\sigma = 8$  para las siguientes distribuciones estadísticas: log-normal, Rayleigh y RLN.

**P2.-** 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 8 dB.

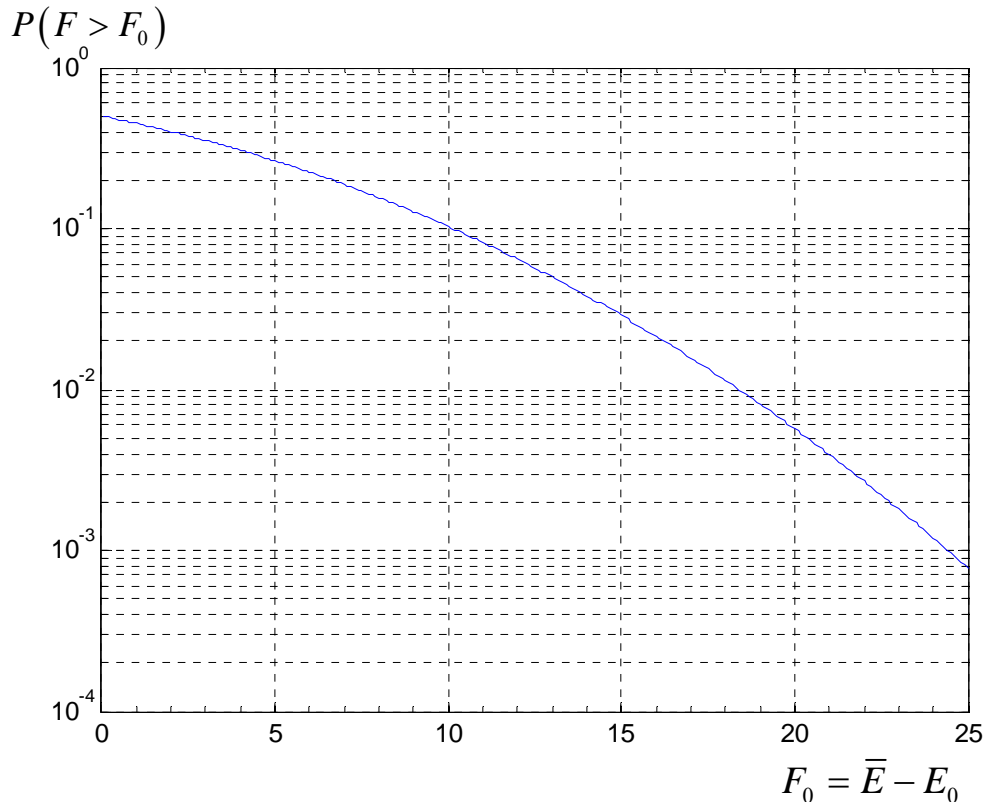
1. Calcule la probabilidad (porcentaje de ubicaciones) de rebasar un umbral de recepción de -90 dBm.
2. Margen necesario para una cobertura perimetral del 95%.

**P3.-** En un radioenlace de 25 km se utilizan antenas parabólicas de  $1,8 \text{ m}^2$  y eficiencia 0,7. Se ha obtenido, experimentalmente, que el campo recibido sigue una variación de tipo gaussiano (normal) como la representada en la figura adjunta, en la que, en abscisas, se representa el desvanecimiento en dB. Los valores del eje de ordenadas dan la probabilidad de rebasar un valor de las abscisas en tanto por uno.

$$S_{ef} = kS_{geom}$$

Se pide:

- a) Desvanecimiento (respecto del valor mediano) rebasado con una probabilidad del 5%.
- b) Para una determinada calidad de recepción, el campo mínimo necesario es  $E_{\min} = 63 \text{ dBu}$ . Determinar el valor de potencia recibida en condiciones normales si la probabilidad de funcionamiento es del 95%.



**P4.-** Dado un enlace de radiocomunicación punto a punto entre dos embarcaciones que, debido a las multireflexiones en la superficie del mar, se ve sometida a desvanecimientos profundos de carácter aleatorio. Estos desvanecimientos, determinados al realizar medidas sobre el voltaje,  $r$ , del detector de envolvente, se pueden modelar con una distribución Rayleigh cuya densidad de probabilidad responde a la expresión:

$$f(r) = \frac{2r}{\sigma_r^2} e^{-\frac{r^2}{\sigma_r^2}}; \quad r > 0 \text{ y } \sigma_r^2 = 3,24$$

y su función de distribución es:

$$F(r) = 1 - e^{-\frac{r^2}{\sigma_r^2}}$$

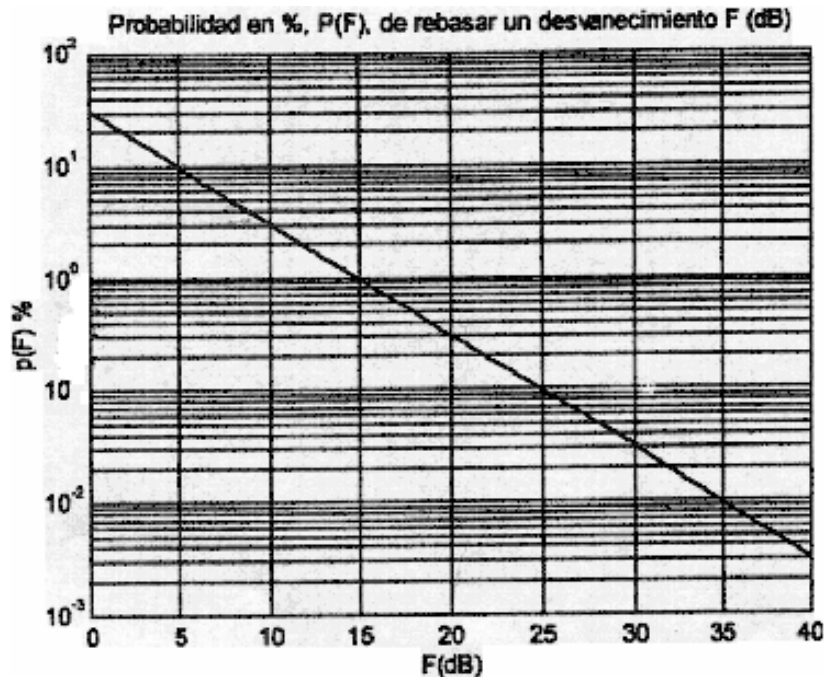
El enlace se establece a 20 Mhz y a una distancia de 40 Km. El modo de propagación es por onda de superficie. Se emplean transmisores con modulación de amplitud que radian una PRAVC de 20 w. Las antenas son dipolos cortos de 1m ( $h_e=h$ ) que presentan una ganancia de 4,78 dBi. Se supone que en condiciones de propagación sin desvanecimiento, por mar a la frecuencia de la comunicación y con PRAVC = 1 Kw, la variación del campo responde a la expresión:

$$E(\text{dBu}) = 110 - 20\log(d(\text{Km}))$$

Si la sensibilidad del receptor es de 112  $\mu\text{V/m}$ . Determine:

- La probabilidad de superar un desvanecimiento de 5 dB
- Probabilidad de una recepción correcta.

Para simplificar se suele normalizar esta f.d.p. con  $r = 1$  (tensión nominal de la envolvente en condiciones normales de recepción sin desvanecimiento) de tal forma que cuando el valor de la envolvente disminuye a  $r_1$  voltios tendremos un desvanecimiento de  $F = -20\log(r_1)$



**P5.-** Se han efectuado medidas de la envolvente de una señal recibida con desvanecimiento multirrayecto, resultando que se ajusta a una distribución Rayleigh con valor cuadrático medio.

$$E[r^2] = 0,057$$

Calcule:

1. Márgenes sobre la mediana y sobre el valor cuadrático medio para una cobertura perimetral del 90%.
2. Probabilidad de un desvanecimiento de profundidad superior a 30 dB con respecto a la mediana.

**P6.-** En una comunicación por medio urbano, en VHF, se encuentra que el campo presenta una variación a lo largo de una calle según la ley de Rayleigh, con una mediana local, que varía a su vez de unas calles a otras según la ley log-normal con  $\sigma = 8\text{dB}$  y con una media de  $\bar{e} = 100\mu\text{V} / \text{m}$ .

Se desea conocer:

- a) Valor del campo rebasado con probabilidades del 90%
- b) Valores que se obtienen si consideramos una distribución normal.

**P7.-** La señal recibida en un enlace de radiocomunicaciones sigue una distribución Nakagami-Rice con un valor eficaz de la componente determinística de 0,8.

- Calcular la probabilidad de rebasar un desvanecimiento de 20 dB.
- Calcular el valor de campo rebasado en el 70% del tiempo en función del valor medio.
- Calcular la probabilidad de que el nivel de campo recibido se encuentre entre los límites establecidos en los apartados a y b.

**P8.-** Considerar un radioenlace de 31 Km de longitud a una frecuencia de 17 GHz con polarización vertical. Calcular la atenuación en exceso por lluvia para el 0,05% del tiempo si el emplazamiento se encuentra en zona H. Si el margen de desvanecimiento de un radioenlace es de 15 dB, calcular el porcentaje de funcionamiento si suponemos como causa de desvanecimiento únicamente la lluvia.

**P9.-** Se ha constituido un enlace radio entre dos puntos separados  $d = 10$  km y que funciona en  $f = 20$  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: CPAV = 13 dB; CPAH = 15 dB para las polarizaciones vertical y horizontal, respectivamente. La antena receptora presenta una ganancia de 20 dB.

Se pide, para ambas polarizaciones: Discriminación contrapolar, Aislamiento copolar, y potencias recibidas de componentes parásitas.

**P10.-** Un proyecto inicial de un radioenlace digital proporciona los siguientes datos para cumplir las especificaciones de calidad (BER máxima  $10^{-5}$  y  $E_b/N_0=13$  dB) para un diseño inicial elaborado para una frecuencia de trabajo de 15 GHz, una velocidad binaria de 140 Mbps y una modulación QAM:

- Ganancia antenas transmisora y receptora: 32 dB
- Pérdidas en equipos terminales (filtros, duplexores, circuladores): 2 dB
- Alimentadores de antenas con una atenuación de 3 dB
- Figura de ruido del receptor 9 dB.
- $R_{0,01} = 40$ mm/h.
- Polarización horizontal.
- Distancia = 15 km

- Calcular el margen de desvanecimiento para que la probabilidad de que el sistema no funcione sea de 0,0136% ( $P(F>MD)=0,0136\%$ ).
- Si transmito con una PIRE de 10 dBW, ¿cuál es la probabilidad de que funcione mi sistema?
- Determinar la probabilidad de superar un campo recibido de 60 dBu. ¿Tiene que ver el valor calculado con la calidad de disponibilidad?

**P11.-** Supongamos un vano de radioenlace sobre agua, con una longitud  $d=61,1$  Km y alturas de antenas a nivel del mar iguales a  $h_t=122$ m y  $h_r = 457$ m en la frecuencia  $f=6,125$  GHz. Calcular la máxima profundidad de desvanecimiento y la frecuencia a la

que tiene lugar, para  $k = 4/3$  y  $K = 2/3$ . Suponer incidencia rasante y que la ganancias es igual en la dirección del rayo reflejado que en la del rayo directo.

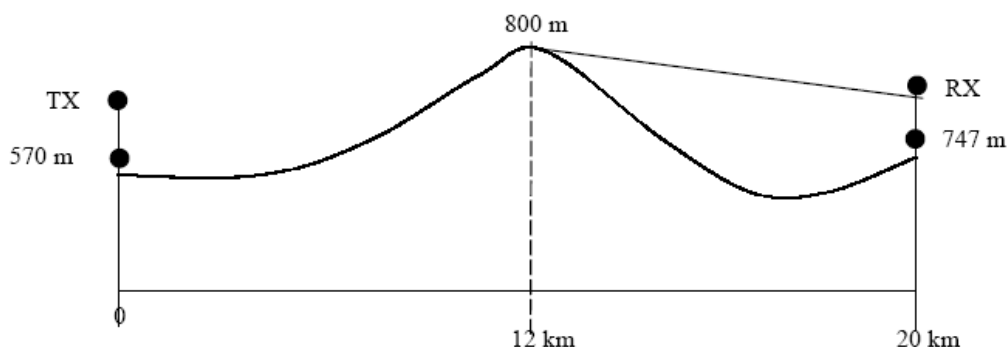
Si el enlace tiene un ancho de banda de 20MHz, calcular el desvanecimiento producido en el centro y en los extremos de la banda para  $K=2/3$ .

**P12.-** En un radioenlace que trabaja a 10 GHz la onda radioelétrica se propaga a través de tres medios distintos. El primer medio se extiende en los primeros 15 Km y presenta la siguiente ley de variación de pérdidas de propagación:  
 $L_p = 47 + 40 \log(d(Km))$ . La onda viaja por el segundo medio durante los siguientes 9 Km y las pérdidas de propagación son directamente proporcionales a  $d^{3/2}$ . El comportamiento del tercer medio se puede aproximar al del espacio libre. Se pide determinar las pérdidas de propagación totales que presenta el radioenlace en sus 30 Km de longitud total.

**P13.-** Un transmisor de radiodifusión digital (DAB) que funciona en la frecuencia portadora  $f = 220$  MHz, utiliza una antena de 8 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  $c = 570$  m. y la altura media del terreno, a lo largo de un radial, entre 3 y 15 km. del transmisor al receptor, es  $h_m = 557,5$  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  $E = 35$  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.



**P14.-** El nivel de potencia recibido en un sistema de radiocomunicaciones punto a zona varía según una distribución exponencial negativa. Calcular la probabilidad de sufrir una profundidad de desvanecimiento superior a 15 dB. Determinar, consecuentemente, la calidad de fidelidad. Datos: parámetro descriptivo del clima: 1; parámetro que incluye la influencia del terreno: 0,28.

**P15.-** En un sistema receptor por diversidad de dos ramas utiliza un sistema de selección basado en un combinador de relación máxima. Las relaciones señal a ruido que se obtienen en banda de base para cada una de las ramas son de 62 y 63 dB, respectivamente. Determinése la relación señal a ruido a la salida del combinador. Vuelva a calcularlo considerando un combinador lineal.

**P16.-** Demuestre que en un sistema receptor por diversidad de dos ramas, en los que la relación señal a ruido para cada rama es de 62 y 72 dB, respectivamente, se puede desconectar la primera rama sin que esto afecte a la relación señal a ruido a la salida del combinador. ¿Pasaría lo mismo si se tratase de un combinador de relación máxima?