

# Diseño de Radioenlaces en Telefonía

Presenta:

M. en C. Rosa Virgen Sánchez Maya

# IMPLICACIONES DE LA TELEFONÍA POR RADIO

La telefonía por radio tiene implicaciones de índole económico y temporal dictadas por factores tales como:

- densidad de población
- infraestructuras existentes
- características del terreno
- clima
- políticas del servicio telefónico

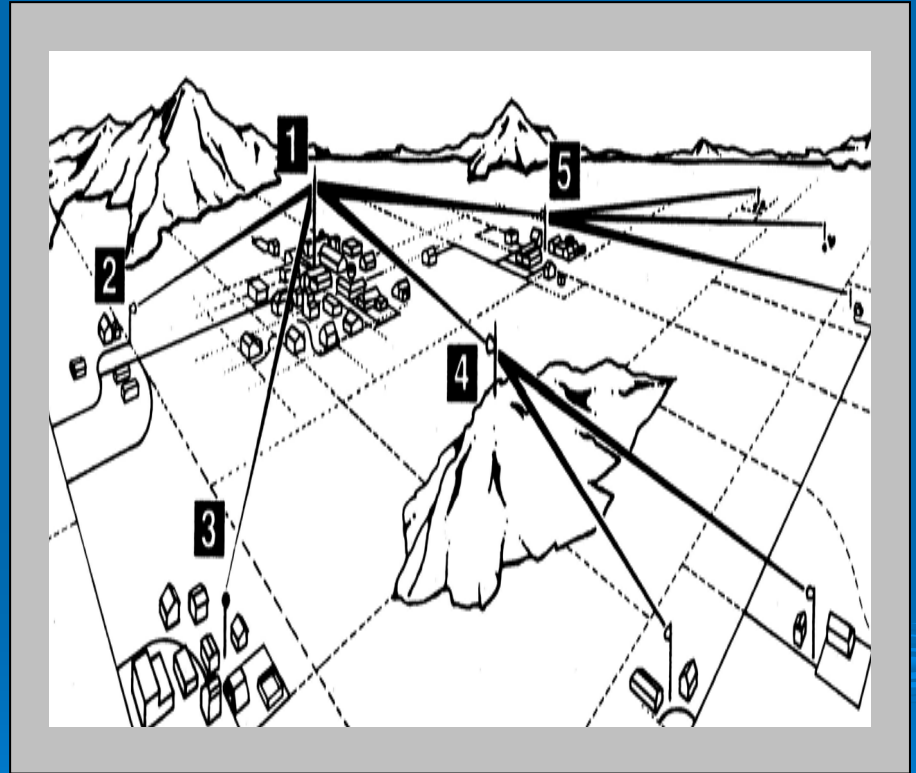
# IMPLICACIONES DE LA TELEFONÍA POR RADIO

que condicionan la elección de la tecnología a usar, como son:

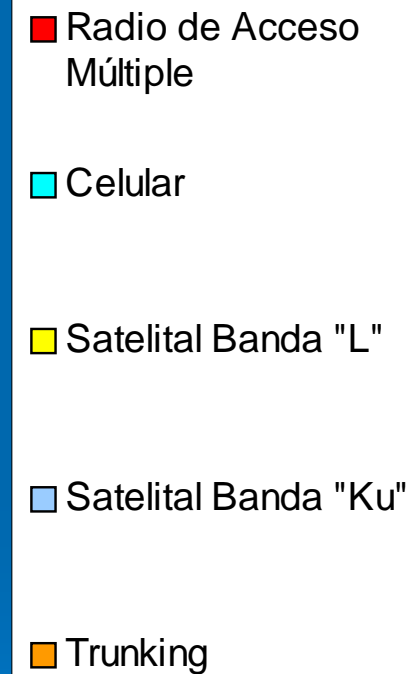
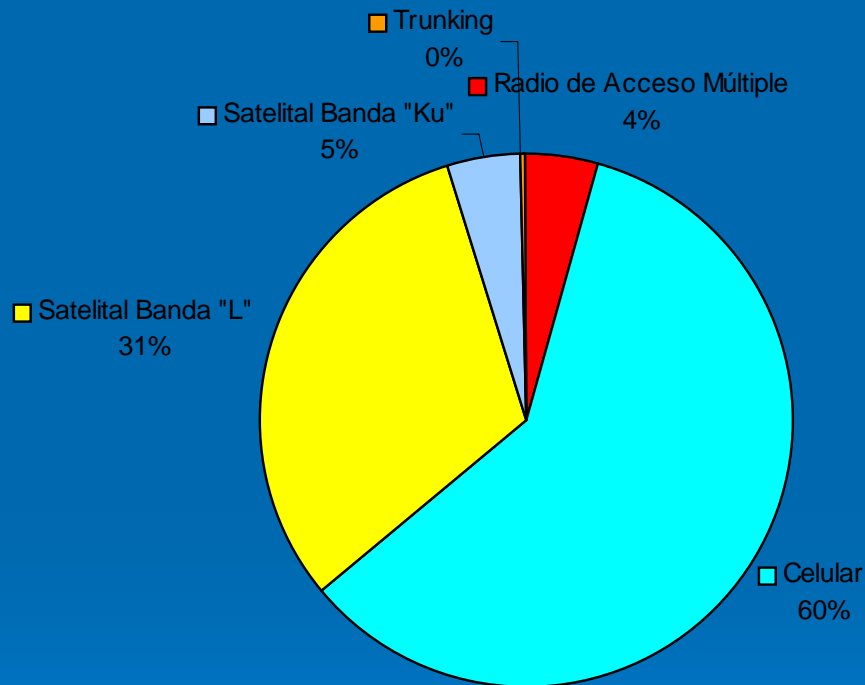
- conmutadores
- cable
- monocanales y multicanales de radio
- multiacceso
- satélite
- combinaciones de las anteriores

# SISTEMAS CONVENCIONALES EN TELEFONÍA

El sistema de radio específicamente dirigido a las telecomunicaciones es el multiacceso (radio punto a multipunto). Con este sistema, las estaciones individuales de abonado rodean idealmente a la estación base en un círculo de entre 50 a 200 Km de radio según sea el caso.



# LA EVALUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS



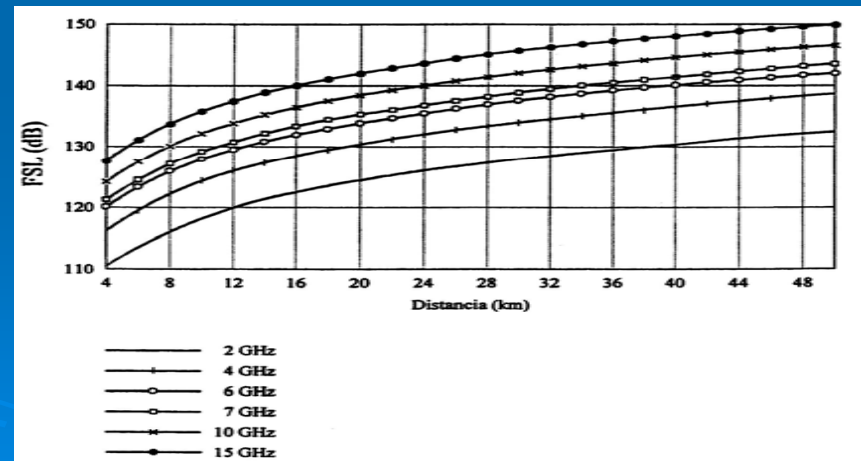
Parámetro	Acceso por cable	Acceso por radio
Costo	Barato a largo plazo, sobre todo en áreas urbanas y densamente pobladas	Más rentable en áreas rurales. Costes de mantenimiento mucho más bajos.
Cobertura	Ilimitada	Limitada, por el alcance del radio enlace.
Tiempo de instalación	Muy largo. Entre 1 y 3 años para una red de 10.000 abonados.	Muy corto. Menos de 6 meses para la mayoría de los sistemas.
Dificultades de implantación	Necesita de zanjas y postes para el tendido del cable.	Espectro de frecuencias limitado. La densidad de abonados depende de la tecnología empleada.
Calidad y fiabilidad	Alta calidad y buena fiabilidad, sobre todo en redes de fibra óptica.	Similar a la red fija en sistemas independientes. Peor en los apoyados en la red celular.
Seguridad	Escasa. Las líneas analógicas pueden ser accedidas con facilidad.	Alta si se emplea un sistema de codificación y encriptación de voz.
Servicios	Válida para todo tipo de servicios. Con fibra óptica soporte de banda ancha.	Limitados, debido al ancho de banda del canal radio. No ofrece líneas dedicadas.
Operación y mantenimiento	Costes muy elevados y dificultad de mantenimiento en zonas rurales.	Costes muy bajos y operación centralizada de todo el sistema.

# PÉRDIDA EN EL ESPACIO LIBRE

El frente de la onda de energía electromagnética radiada se propaga en la dirección a donde enfoca el reflector como un frente de onda de expansión constante. Esta expansión se efectúa fundamentalmente siguiendo la conocida ley de radiación del cuadrado inverso.

$$FSL = 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad dB$$

$$FSL = 32.44 + 20 \log d + 20 \log f$$



# REFRACCIÓN DE LAS ONDAS

Las ondas que se propagan por las capas bajas de la atmósfera denominadas tropósfera, se ven sometidas a la refracción ocasionada por la falta de uniformidad de las capas atmosféricas, lo cual influye en la transmisión de frecuencias superiores a 30 MHz en radio enlaces terrestres y espaciales, manifestándose en una curvatura del trayecto real de propagación

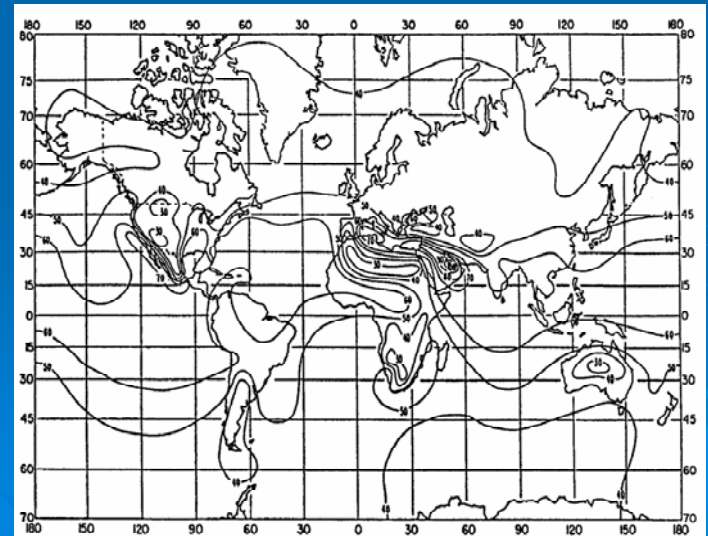
# RADIO EQUIVALENTE DE LA TIERRA. FACTOR K

Al momento de realizar un diseño de cobertura radio eléctrica, conviene trabajar con haces rectilíneos (curvatura cero). Esto puede conseguirse sustituyendo el radio de la Tierra real por otro equivalente, de radio  $ka$ , tal que podamos indicar el rayo por una línea recta

$$a_{eq} = ka$$

$$k = \frac{1}{1 + a \frac{dn}{dh}}$$

$$k = \frac{157}{157 + \Delta N}$$



# CÁLCULO DE CORRECCIÓN DE CURVATURA TERRESTRE EN FUNCIÓN DEL FACTOR K

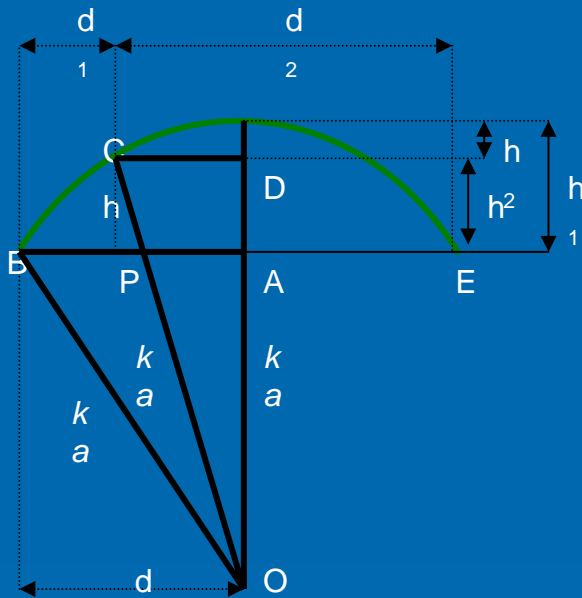


Figura 2.4. Modelo para la corrección de la curvatura de la Tierra en función de  $k$ .

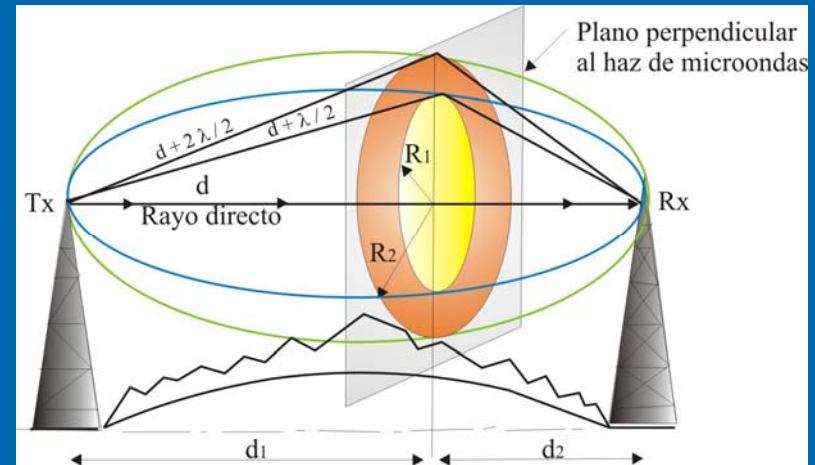
$$h_K = \frac{d_1 d_2}{(12.756)a} = 0.0784 \frac{d_1 d_2}{k}$$

Cuando existe un perfil lineal es necesario conocer, para un punto determinado, el valor real de su altura; al ser modificado el radio terrestre por un valor  $k$  específico se aplica el siguiente procedimiento

# ASPECTOS DE LA DIFRACCIÓN

## ZONAS DE FRESNEL

La propiedad de la difracción se manifiesta por una curvatura de las ondas electromagnéticas alrededor de un obstáculo tal como el de un filo de cuchillo afilado o una superficie esférica.

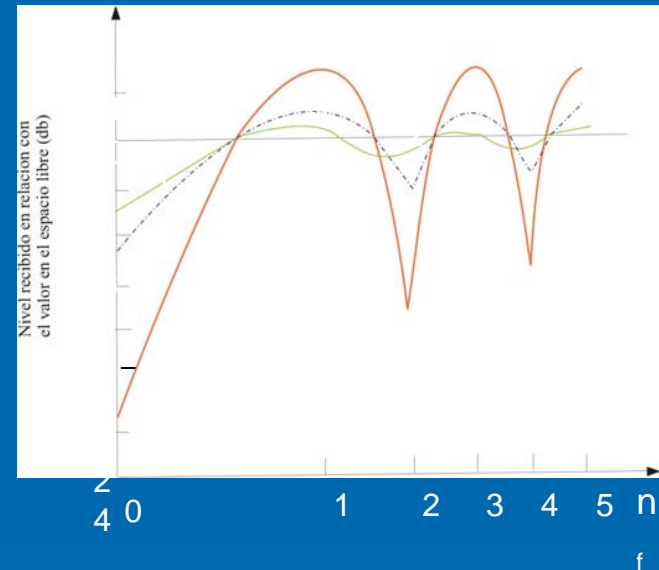


$$F_n = 550 \left[ \frac{nd_1d_2}{(d_1 + d_2)f} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$F_1 = 17.3 \sqrt{\frac{d_1d_2}{fd}}$$

# Despejamiento normalizado del trayecto o Factor de Claridad

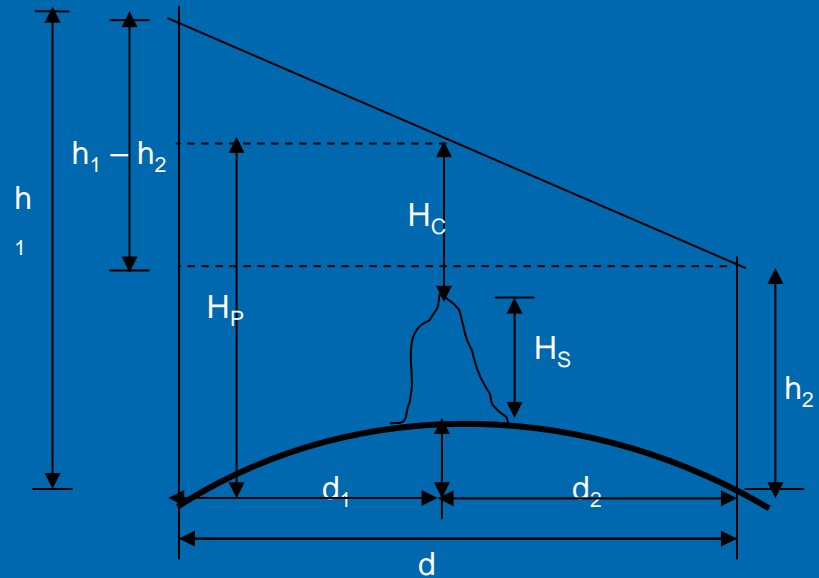
Las posibles pérdidas asociadas de la señal dependen principalmente del grado de la obstrucción que determina el obstáculo predominante y que se obtiene a partir del perfil del terreno sobre la curva de la Tierra



$$c = \frac{h}{F_1}$$

# ALTURA DE LIBRAMIENTO O CLARIDAD

La altura de libramiento o claridad es una característica muy importante de las trayectorias radioeléctricas y es la medida en que la trayectoria está libre de obstáculos, sea cual fuere el tipo de éstos, que pueden ser la curvatura de la Tierra, obstáculos naturales como montañas o árboles, obstáculos originados por el hombre como edificios, estructuras, etc.



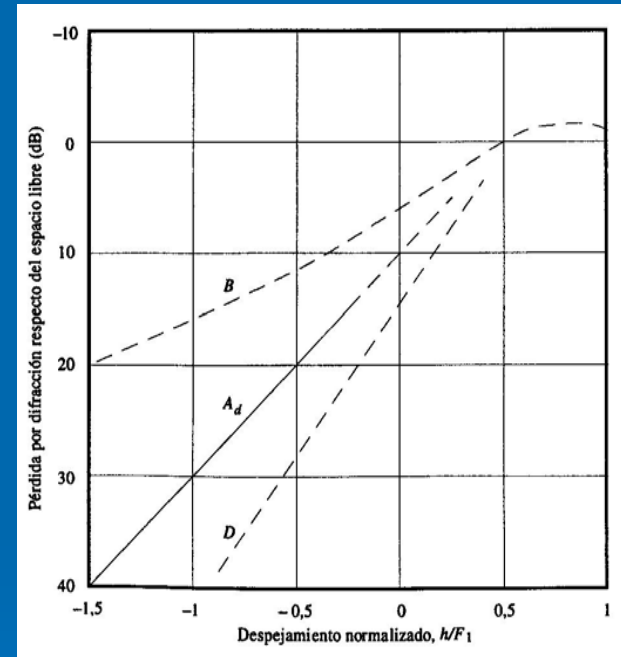
$$H_c = H_p - H_s = h_1 - \frac{d_1}{d}(h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2a_{eq}} - H_s$$

# DESVANECIMIENTOS POR DIFRACCIÓN

Cuando la altura es suficientemente subrefractiva (grandes valores positivos del gradiente del índice de refracción, o valores reducidos del factor  $k$ ), los rayos se curvan de forma que la Tierra obstruye el trayecto directo entre el transmisor y el receptor, lo que da lugar a un tipo de desvanecimiento llamado desvanecimiento por difracción. Este desvanecimiento es el factor que determina la altura de las antenas.

# DEPENDENCIA DE LA PÉRDIDA POR DIFRACCIÓN DEL DESPEJAMIENTO DEL TRAYECTO (Rec. UIT-R PN.530-5)

La pérdida por difracción dependerá del tipo de terreno y de la altura de la vegetación. Para un determinado despejamiento del trayecto del rayo, la pérdida por difracción variará desde un valor mínimo en el caso de un obstáculo único en arista hasta un valor máximo en el caso de una Tierra esférica lisa



$$A_d = -20 h / F_1 + 10$$

# OBSTÁCULO ÚNICO EN FILO DE CUCHILLO

## (Rec. UIT PN.526-3)

En este caso extremadamente idealizado, todos los parámetros geométricos se agrupan en un solo parámetro sin dimensión, que normalmente se designa por  $v$  y que puede tomar distintas formas equivalentes según los parámetros geométricos elegidos:

$$v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}$$

$$v = \theta \sqrt{\frac{2}{\lambda \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}}$$

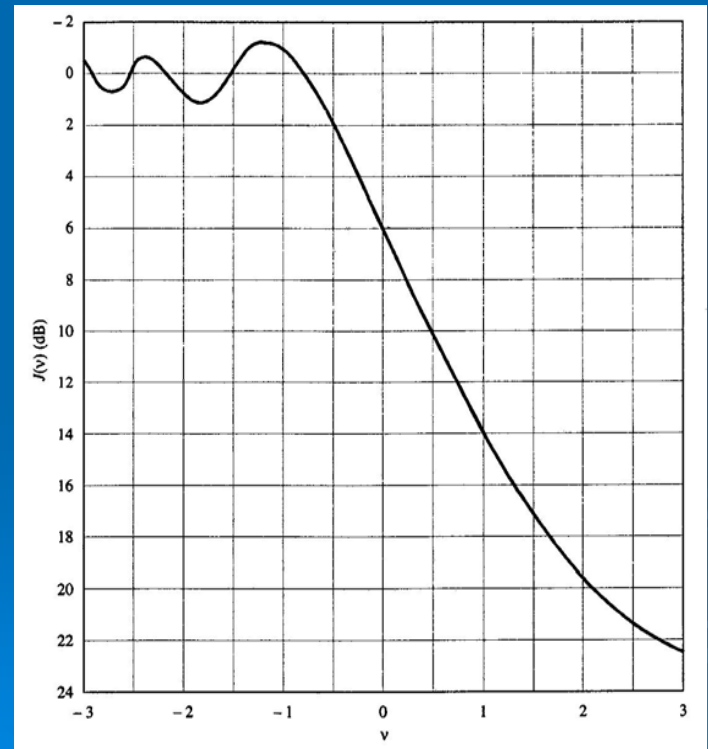
$$v = \sqrt{\frac{2h\theta}{\lambda}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2d}{\lambda} \alpha_1 \alpha_2}$$

# OBSTÁCULO ÚNICO EN FILO DE CUCHILLO (Rec. UIT PN.526-3)

Pérdida ( dB )  
causada por la  
presencia del  
obstáculo, en función  
de  $v$ . Para  $v$  mayor  
que  $-0.7$ , un valor  
aproximado puede  
obtenerse de la  
expresión

$$J(v) = 6.9 + 20 \log \left[ \left( \sqrt{(v-0.1)^2 + 1} \right) + v - 0.1 \right] \text{ dB}$$

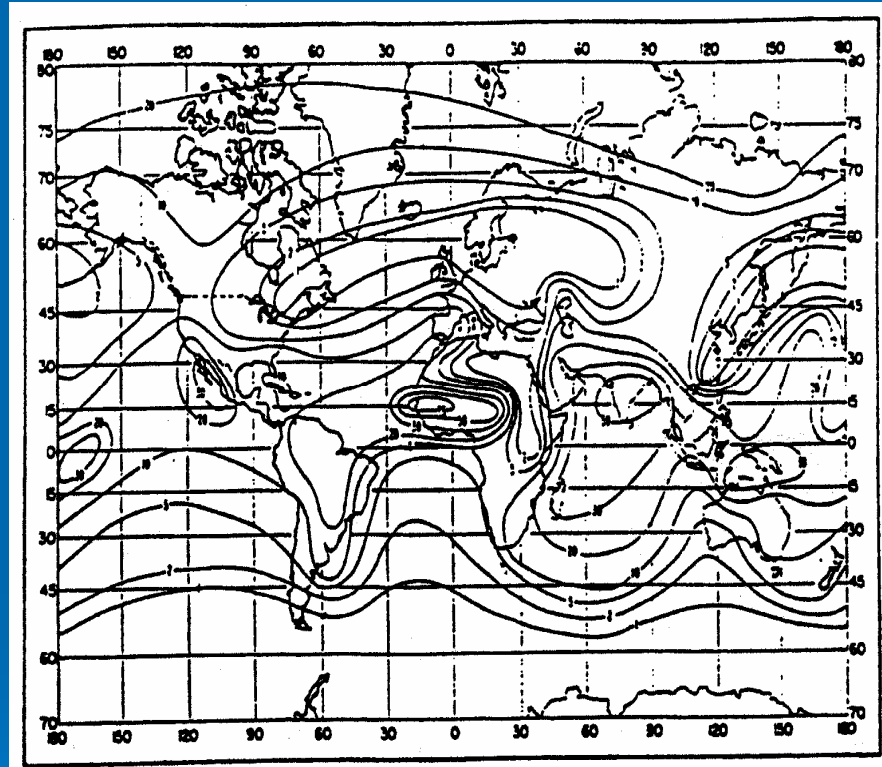


# DESVANECIMIENTOS DEBIDOS A LA PROPAGACIÓN POR TRAYECTOS MÚLTIPLES Y A LOS MECANISMOS CORRESPONDIENTES

Para profundidades grandes del desvanecimiento, el porcentaje de tiempo  $P(W)$  durante el que no se excede la potencia recibida,  $W$ , en el mes medio más desfavorable, en los sistemas de banda estrecha puede aproximarse por la ecuación asintótica:

$$P(W) = K Q f^B d^C \left( \frac{W}{W_0} \right) = 100 P_0 10^{-\frac{A}{10}} \quad \%$$

# DESVANECIMIENTOS DEBIDOS A LA PROPAGACIÓN POR TRAYECTOS MÚLTIPLES Y A LOS MECANISMOS CORRESPONDIENTES



Porcentaje del gradiente temporal  $-100$  (unidades N/Km): febrero

# DISPONIBILIDAD

La medida de la fiabilidad de un sistema usualmente se refiere a su disponibilidad. Idealmente todos los sistemas deberían tener una disponibilidad del 100%. Puesto que esto no es posible, los ingenieros se esfuerzan para asegurar la disponibilidad más alta que se pueda.

Disponibilidad (%)	Tiempo fuera (%)	TIEMPO FUERA POR		
		Año	Mes (promedio)	Día (promedio)
0	100	8760 h	720 h	24 h
50	50	4380 h	360 h	12 h
80	20	1752 h	144 h	4.8 h
90	10	876 h	72 h	2.4 h
95	5	438 h	36 h	1.2 h
98	2	175 h	14 h	29 min
99	1	88 h	7 h	14.4 min
99.9	0.1	8.8 h	43 min	1.44 min
99.99	0.01	53 min	4.3 min	8.6 s
99.999	0.001	5.3 min	26 s	0.86 s
99.9999	0.0001	32 s	2.6 s	0.086 s