

## RECOMENDACIÓN UIT-R P.1146

**PREDICCIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO PARA LOS SERVICIOS MÓVIL TERRESTRE Y DE RADIODIFUSIÓN TERRENAL EN LA BANDA DE FRECUENCIAS DE 1 A 3 GHz**

(Cuestión UIT-R 210/3)

(1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que es necesario proporcionar directrices para la planificación de los servicios móviles terrestres y de radiodifusión terrenal en las bandas de ondas métricas y decimétricas en todas las condiciones climáticas;
- b) que la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (Málaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92) introdujo cambios en las atribuciones de frecuencias para los servicios móviles terrestres y de radiodifusión terrenal en la gama de frecuencias de 1 a 3 GHz;
- c) que nuevos estudios, que incluyen la reevaluación de los datos de medición disponibles, permitieron desarrollar un método empírico de fácil utilización para predecir la intensidad de campo,

*observando*

- a) que la Recomendación UIT-R P.452 proporciona directrices para la evaluación punto a punto de la interferencia entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra a frecuencias superiores a unos 0,7 GHz;
- b) que la Recomendación UIT-R P.529 (que se basa en datos para zonas urbanas específicas) proporciona directrices sobre la predicción de la intensidad de campo punto a zona para el servicio móvil terrestre en las bandas de ondas métricas y decimétricas,

*recomienda*

- 1** que se adopte el método de predicción de la intensidad de campo incluido en el Anexo 1 para la evaluación punto a zona de los servicios móviles terrestres y de radiodifusión terrenal en la gama de frecuencias de 1 a 3 GHz.

## ANEXO 1

**1 Introducción**

La predicción es un método empírico basado en una amplia base de datos de mediciones de intensidad de campo y de pérdida de trayecto. Está concebida para lograr el nivel de exactitud necesario para la planificación preliminar de los servicios radioeléctricos móviles y de radiodifusión que funcionan en la gama de frecuencias de 1 a 3 GHz, con requisitos limitados de datos del terreno y otros datos necesarios para el cálculo a estas frecuencias. Es una técnica de punto a zona que predice el valor mediano de la distribución espacial dentro de la zona seleccionada. También evalúa la variación temporal de la señal dentro de límites de tiempo de 1% a 99%. Cuando se dispone de datos para proporcionar una descripción más completa de los detalles del trayecto, el método de predicción descrito en la Recomendación UIT-R P.452 permite realizar una evaluación más precisa.

Como el método de predicción es empírico, sus resultados son más fiables cuando se aplica a trayectos y condiciones similares a aquéllos en los cuales está fundado. Las dos condiciones que siguen pueden ser bastante

diferentes a las utilizadas en el desarrollo del modelo, y una Recomendación alternativa podría brindar resultados más fiables:

- se debe preferir utilizar la Recomendación UIT-R P.452 cuando tanto la antena receptora como transmisora estén aproximadamente a más de 30 m por encima del suelo y cuando se requiera predecir el nivel de las señales para menos de un 5% del tiempo;
- se debe preferir la Recomendación UIT-R P.529 cuando los trayectos sean inferiores a aproximadamente 20 km en entornos urbanos y urbanos densos.

La predicción sigue una secuencia de eventos que perfeccionan sucesivamente la descripción del trayecto de propagación, mejorando la exactitud del resultado. En el Anexo 2 se da una descripción más completa de la técnica, información sobre su exactitud y comentarios generales sobre su aplicación.

Los parámetros descritos en esta Recomendación se basan en unidades de intensidad de campo; algunos usuarios podrán preferir utilizar el concepto de pérdida de transmisión. En la Recomendación UIT-R P.525 figura la información referente a la conversión de intensidad de campo a pérdida básica de transmisión en el espacio libre, y se la resume en el § 3.1. De la misma manera, los usuarios de las estaciones radioeléctricas móviles pueden preferir utilizar los términos «estación de base» y «móvil» en lugar de «transmisor» y «receptor». Para evitar repeticiones innecesarias, el texto de esta Recomendación se refiere a «transmisores» y «receptores».

## 2 Definiciones de los términos utilizados en esta Recomendación

- Se supone que el receptor ocupa cualquier posición dentro de un cuadrado de 100 m de lado.
- El método predice el valor mediano de la intensidad de campo dentro de este cuadrado.
- La predicción evalúa la variación temporal de la intensidad de campo esperada en un periodo de un año y la expresa como porcentaje de tiempo.

## 3 Método de predicción

### 3.1 Secuencia

La predicción se basa en una serie de curvas de intensidad de campo/distancia, a las cuales se aplica una secuencia de correcciones. La forma general del método puede expresarse como sigue:

$$E = E_d + K_1 + K_2 \quad \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) \quad (1)$$

donde:

$E$ : intensidad de campo (dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )) para 1 kW de p.r.a.

$E_d$ : intensidad de campo a  $d$  km de distancia del transmisor

$K_1$ : corrección para el ángulo de despejamiento en el receptor

$K_2$ : corrección para las alturas de las antenas.

Se pueden aplicar otras correcciones para un porcentaje de tiempo dado y para la variabilidad con los emplazamientos, y también se puede expresar el resultado en términos de pérdida básica de transmisión.

El procedimiento paso a paso consiste en:

#### 3.1.1 Intensidad de campo no corregida en función de la categoría del trayecto, la distancia y la frecuencia

- a) Tal como se describe en el § 3.2, para la categoría de trayecto requerida a 1 GHz y para el 1% del tiempo, la intensidad de campo no corregida para la distancia requerida se deduce de las Figs. 1 a 5 o del Apéndice 1, con interpolación lineal para la distancia, si se requiere.
- b) Repetir a) para 3 GHz.
- c) Interpolarse linealmente entre los resultados de a) y b) para la frecuencia requerida.
- d) Repetir la secuencia a) a c) para el 50% y el 99% del tiempo.

### 3.1.2 Corrección relativa al ángulo de despejamiento

Tal como se describe en el § 3.3, si se dispone de los ángulos de despejamiento, deben realizarse las siguientes correcciones:

- e) Deducir la corrección correspondiente al ángulo de despejamiento del Apéndice 2 para 1 GHz y para el 1% del tiempo, determinando en caso necesario el ángulo de despejamiento por interpolación lineal.
- f) Repetir e) para 3 GHz.
- g) Interpolarse linealmente entre los resultados de e) y f) para la frecuencia requerida.
- h) Repetir la secuencia e) a g) para el 50% y el 99% del tiempo.

Obsérvese que la corrección relativa al ángulo de despejamiento no se aplica a los trayectos de la Categoría 0 definida en el § 3.2.

### 3.1.3 Corrección relativa a las alturas de las antenas

- i) Tal como se describe en el § 3.4, deducir las correcciones correspondientes a las alturas de las antenas del Apéndice 3 para 1 GHz para la categoría de cobertura y las alturas, interpolando linealmente con relación a la altura, si procede.
- j) Repetir i) para 3 GHz.
- k) Interpolarse linealmente entre los resultados de i) y j) para la frecuencia requerida.

### 3.1.4 Valores de intensidad de campo corregidos para el 1%, 50% y 99% del tiempo en función de la categoría del trayecto, la distancia y la frecuencia requeridas

- l) Para el 1% del tiempo, agregar la intensidad de campo obtenida de a) a c) a la corrección correspondiente al ángulo de despejamiento para obtener  $E_1$ .
- m) Para el 50% del tiempo, agregar la intensidad de campo obtenida de a) a c) a las correcciones correspondientes al ángulo de despejamiento y las alturas de antena para obtener  $E_{50}$ .
- n) Para el 99% del tiempo, agregar la intensidad de campo obtenida de a) a c) a las correcciones correspondientes al ángulo de despejamiento y las alturas de antena para obtener  $E_{99}$ .

### 3.1.5 Intensidad de campo para el porcentaje de tiempo requerido

- p) Tal como se describe en el § 3.5, utilizar  $E_1$ ,  $E_{50}$  y  $E_{99}$ , según proceda, para obtener la predicción  $E_T$  de la intensidad de campo para el porcentaje de tiempo requerido.

### 3.1.6 Corrección correspondiente a la variabilidad con los emplazamientos

- q) Si se requiere, se puede corregir el valor de  $E_T$  para tener en cuenta la variabilidad con los emplazamientos, tal como se describe en el § 3.6.

### 3.1.7 Pérdida básica de transmisión equivalente

- r) Si se requiere, la pérdida básica de transmisión equivalente viene dada por:

$$L_b = 199 - E_T + 20 \log f \quad \text{dB} \quad (2)$$

donde:

$L_b$ : pérdida básica de transmisión (dB)

$E_T$ : intensidad de campo (dB( $\mu$ V/m)) para 1 kW de p.r.a. para un porcentaje de tiempo  $T$

$f$ : frecuencia (GHz).

### 3.1.8 Valores por defecto

Se resalta que, si bien las demandas de datos que describen el trayecto de propagación son relativamente pocas en este método, la evaluación exigida en cada nivel del proceso debe realizarse utilizando el máximo de información disponible. Sin embargo, se sugieren ciertas condiciones por defecto que reducen o eliminan la necesidad de estos detalles, para poder proporcionar una estimación rápida de las condiciones de servicio e interferencia.

Cuando se realicen evaluaciones de compatibilidad entre servicios, se recomienda utilizar las condiciones por defecto pertinentes para los cálculos de interferencia. Cuando los resultados de esas evaluaciones indiquen que puede haber problemas de interferencias, se deben obtener suficientes detalles de los trayectos para poder utilizar la Recomendación UIT-R P.452.

### 3.2 Curvas de intensidad de campo/distancia

En la Figs. 1 a 10 se muestra la disminución de la intensidad de campo con la distancia para varios tipos de trayecto y se la presenta en forma tabular en el Apéndice 1. El índice de disminución depende de la categoría del trayecto, definida como sigue:

Categoría 2: dos o más obstáculos de terreno entre el transmisor y el receptor

Categoría 1: un obstáculo de terreno entre el transmisor y el receptor

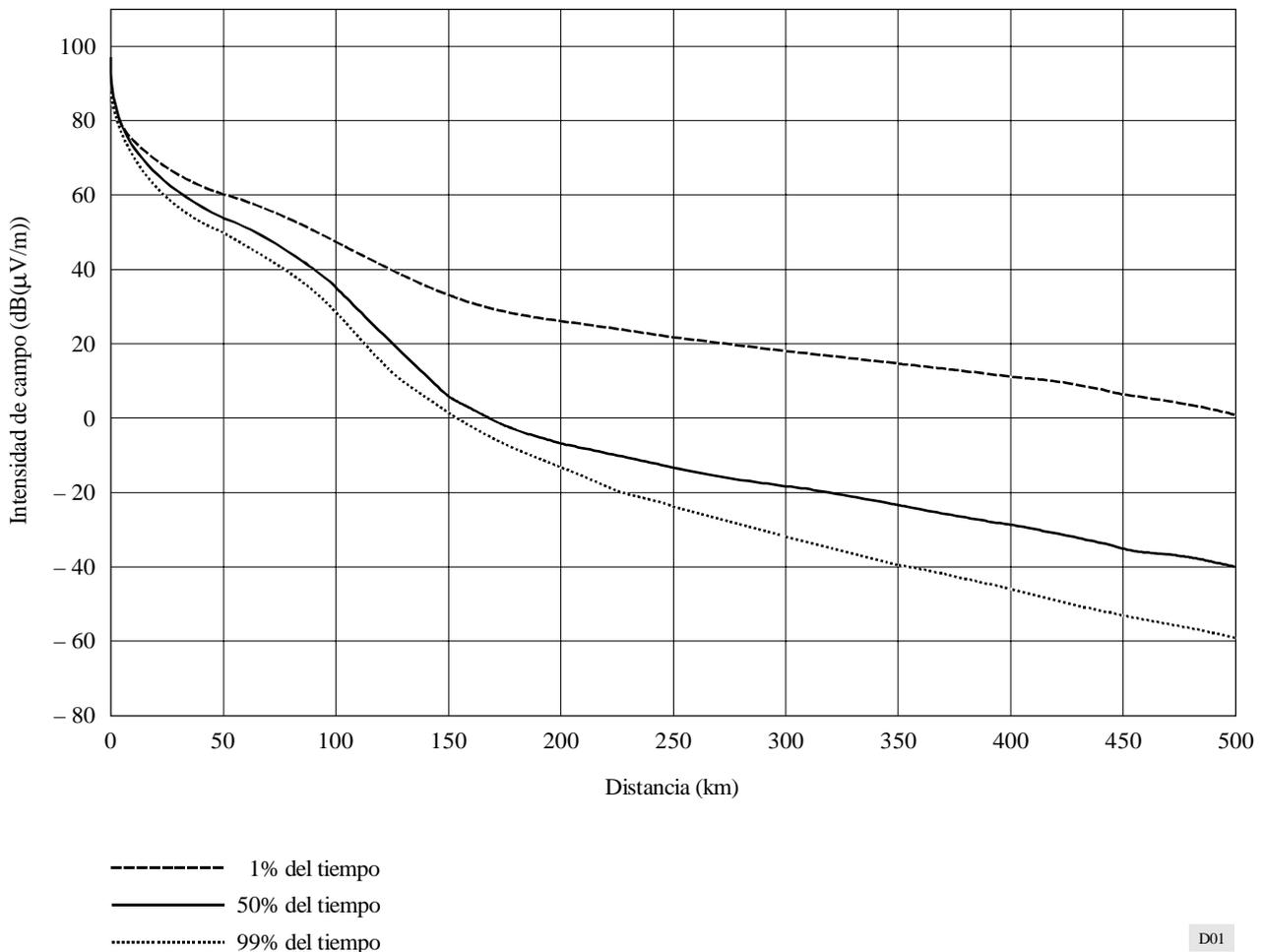
Categoría 0: ningún obstáculo de terreno entre el transmisor y el receptor

Categoría -1: trayecto marítimo (mar frío) (véase la Nota 1)

Categoría -2: trayecto marítimo (mar cálido; es decir mar no frío).

NOTA 1 – Mares «fríos», océanos y otras grandes masas de agua (es decir, que abarquen un círculo de por lo menos 100 km de diámetro) situadas a latitudes superiores a los 30° (con excepción del Mediterráneo y del Mar Negro).

FIGURA 1  
Intensidad de campo (dB( $\mu$  V/m)), para p.r.a. = 1 kW  
1 GHz (Categoría 0)



La estimación del trayecto de propagación que permite determinar la categoría se realiza suponiendo que el radio efectivo de la Tierra mide 4/3 de su valor real, y dependerá de las informaciones disponibles acerca del terreno. El número de obstáculos es igual al número de cambios de pendiente de una cuerda imaginaria tendida entre la antena transmisora y la antena receptora.

La categoría de un trayecto terrestre puede determinarse utilizando el siguiente procedimiento:

- Categoría 0: si no hay obstáculos entre el transmisor y el receptor
- Categoría 1: si el horizonte radioeléctrico visto desde el transmisor y el horizonte radioeléctrico visto desde el receptor están separados por 500 m **o menos**
- Categoría 2: si el horizonte radioeléctrico visto desde el transmisor y el horizonte radioeléctrico visto desde el receptor están separados por **más de** 500 m.

FIGURA 2  
**Intensidad de campo (dB(μ V/m)), para p.r.a. = 1 kW**  
 1 GHz (Categoría 1)

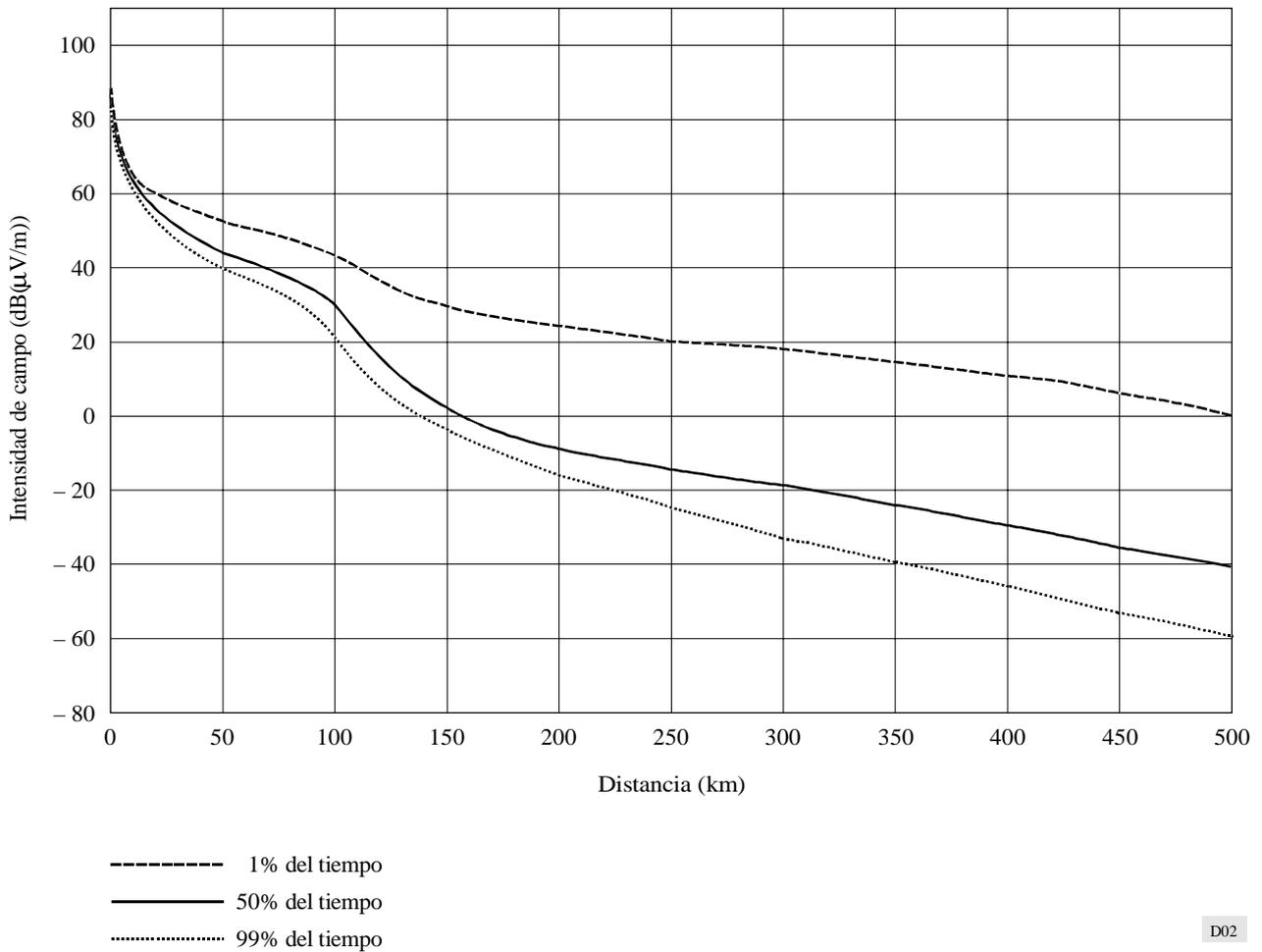
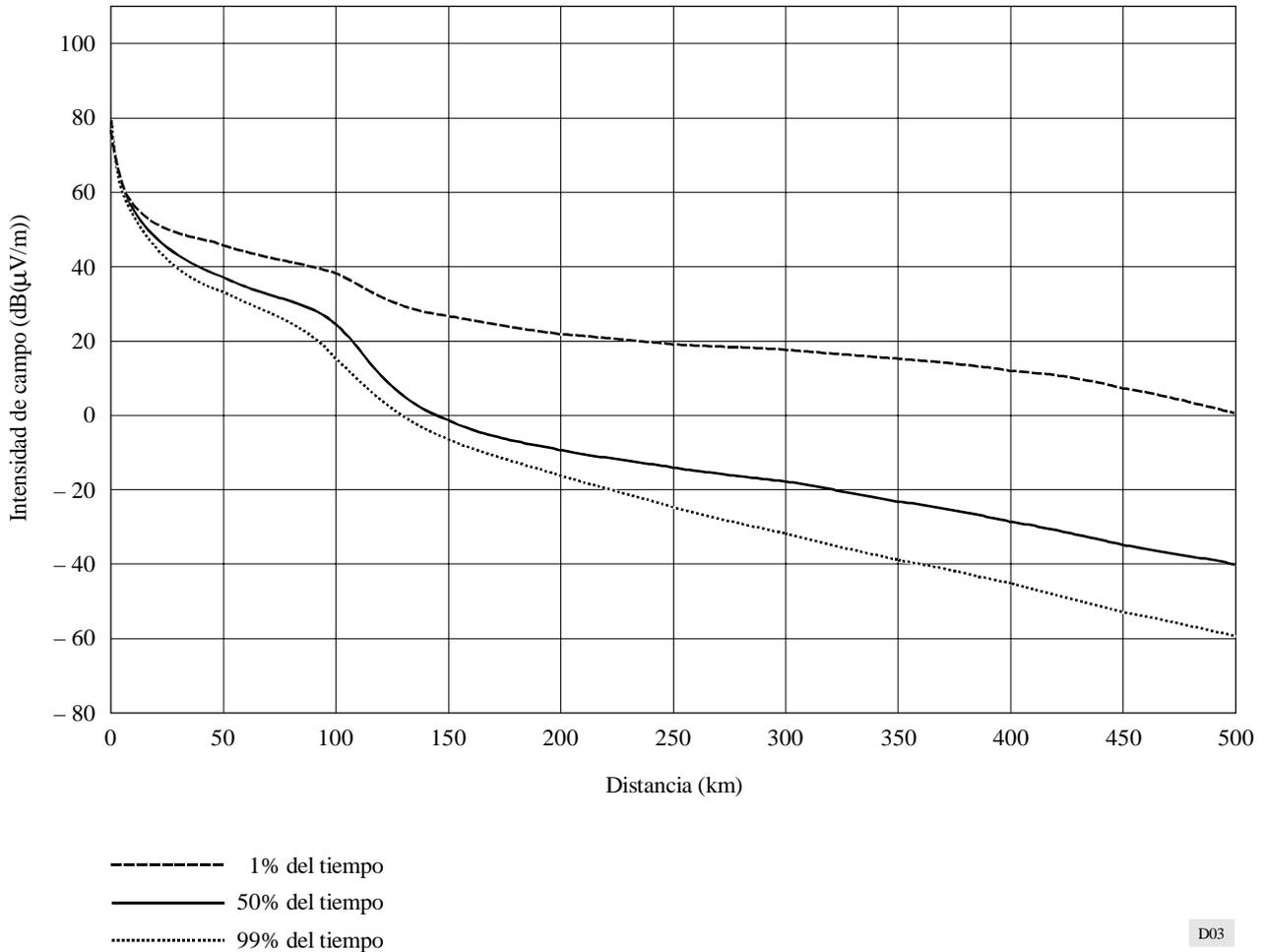


FIGURA 3  
 Intensidad de campo ( $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ ), para p.r.a. = 1 kW  
 1 GHz (Categoría 2)



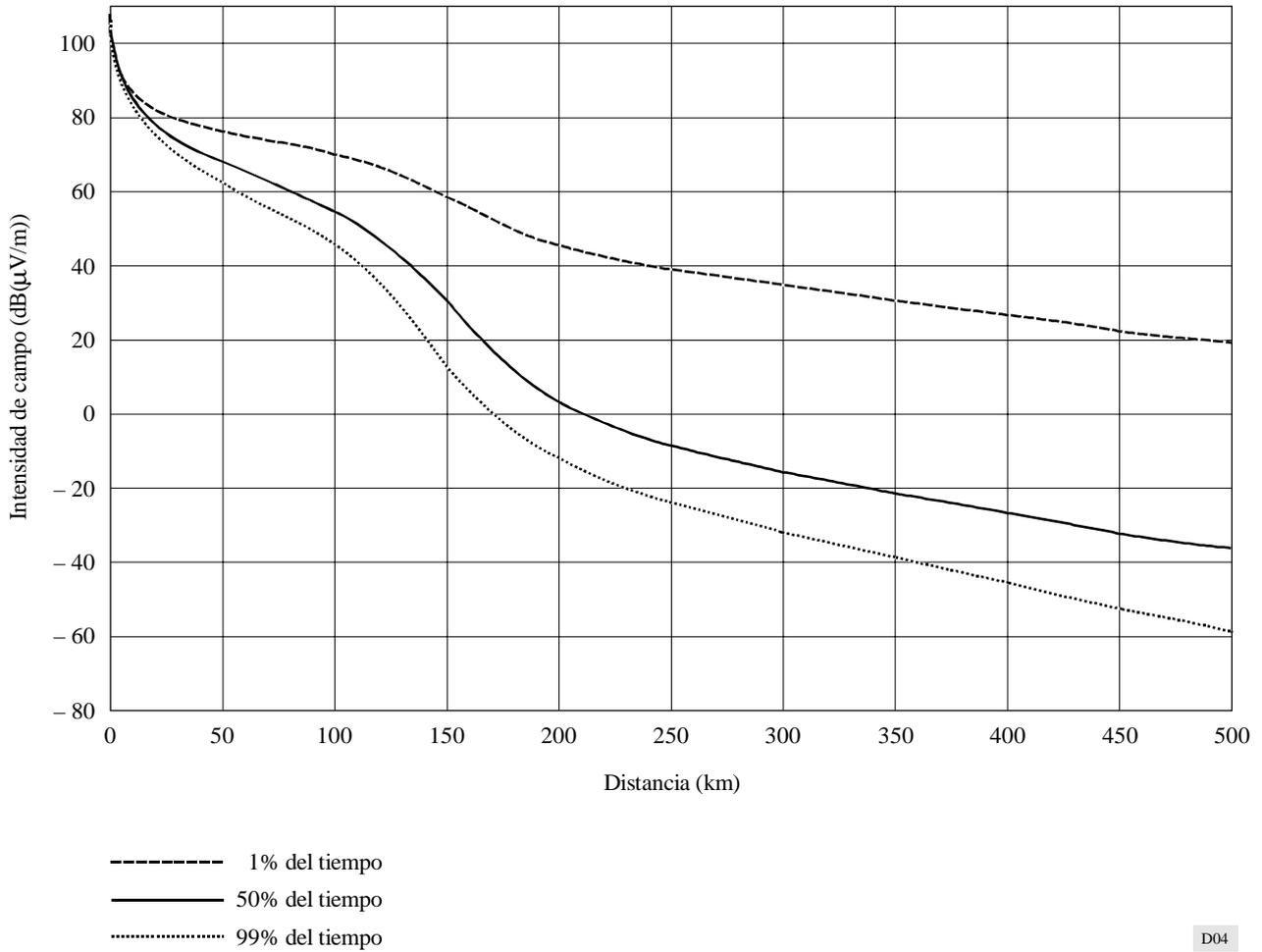
En el Anexo 3 se dan ejemplos.

Por definición, un trayecto marítimo es un trayecto en el que por lo menos el 75% de la distancia total entre el transmisor y el receptor es marítima y en el que la superficie marítima es visible desde una o ambas antenas de terminación.

Cuando no se dispone de datos acerca del terreno o que éstos no pueden ser utilizados y solamente se pueden obtener las mediciones de distancia, deben utilizarse las siguientes condiciones por defecto en cuanto a la categoría de trayecto:

- Para la predicción de una señal de servicio: Categoría 2
- Para la predicción de una señal interferente: Categoría 0 (en tierra)  
 Categoría -1 ó -2 (marítima).

FIGURA 4  
 Intensidad de campo (dB( $\mu$  V/m)), para p.r.a. = 1 kW  
 1 GHz (Categoría -1)



D04

### 3.3 Corrección relativa al ángulo de despejamiento (TCA – terrain clearance angle)

La corrección TCA no se aplica a los trayectos de la Categoría 0, es decir, cuando las antenas receptoras y transmisoras están en visibilidad directa.

Esta corrección cuantifica la influencia del terreno a lo largo del trayecto de propagación a menos de 5 km del receptor. Afecta tanto la amplitud de la señal como a su gama de variación temporal. Se toma el ángulo de elevación del horizonte a distancias de hasta 5 km (o hasta el emplazamiento del transmisor cuando éste está a menos de 5 km), tal como se muestra en la Fig. 11 que también identifica el convenio de signo utilizado. Los valores de corrección están tabulados en el Apéndice 2.

Para valores TCA superiores a  $+3^\circ$ , debe utilizarse la corrección correspondiente a  $+3^\circ$ .

Para valores TCA inferiores a  $-7^\circ$ , debe utilizarse la corrección correspondiente a  $-7^\circ$ .

La corrección TCA es un elemento importante de la predicción, y siempre que sea posible debe determinarse de manera adecuada el ángulo de despejamiento. Cuando no sea posible, se utilizarán los siguientes valores por defecto para proporcionar una evaluación rápida:

Para la predicción de una señal de servicio:  $-1,0^\circ$

Para la predicción de una señal interferente:  $+1,0^\circ$ .

FIGURA 5  
Intensidad de campo ( $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ ), para p.r.a. = 1 kW  
1 GHz (Categoría -2)

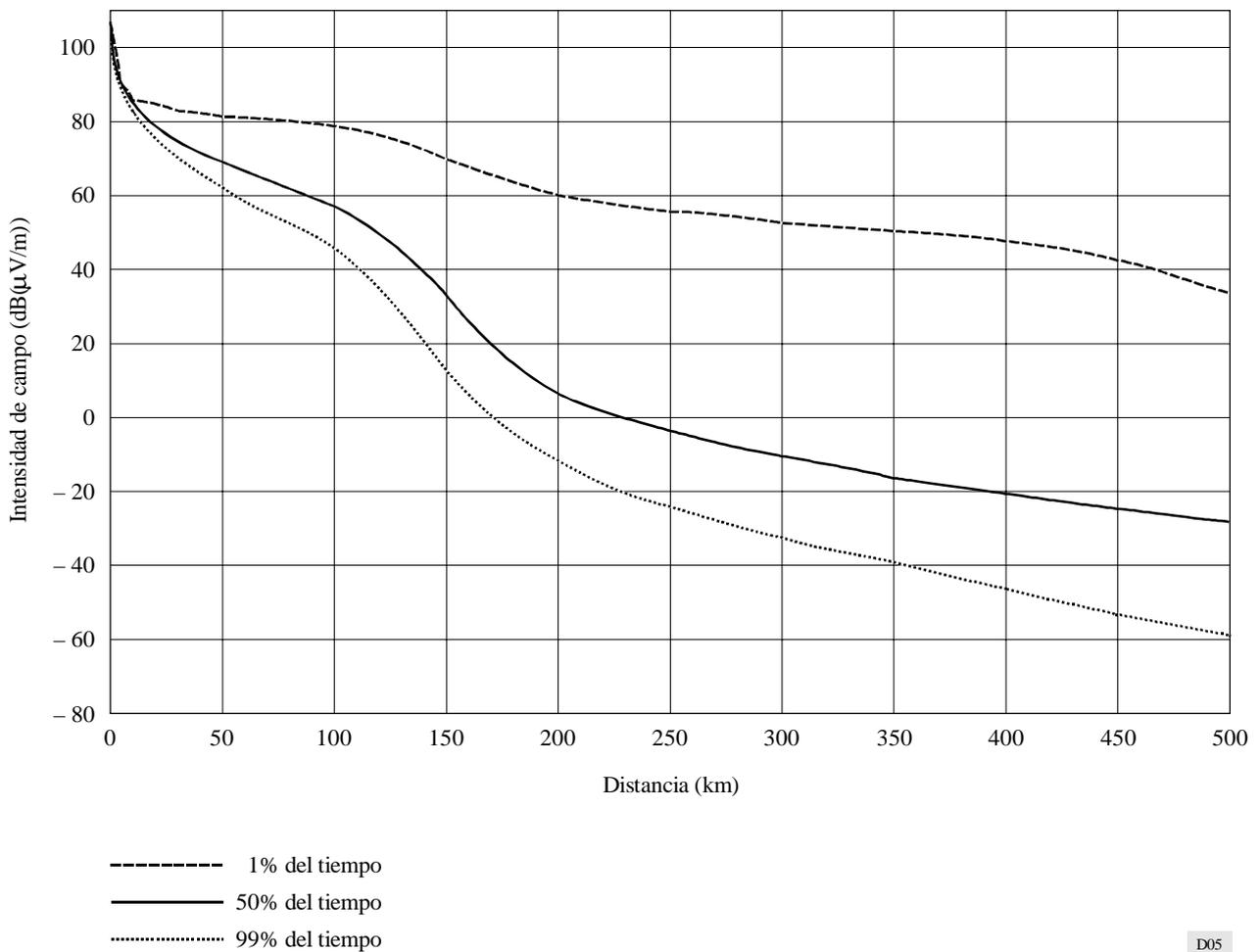
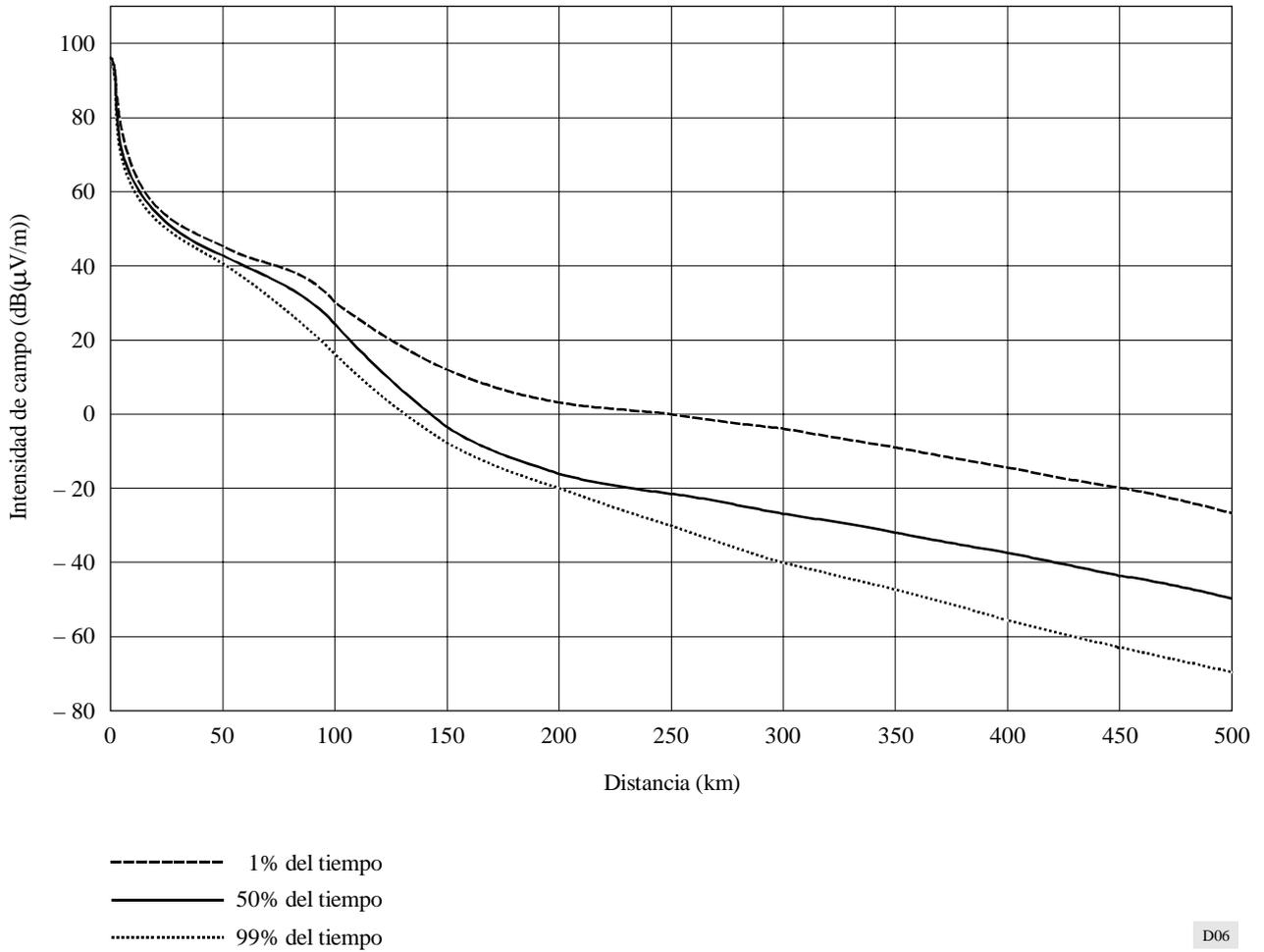


FIGURA 6  
**Intensidad de campo (dB( $\mu$  V/m)), para p.r.a. = 1 kW**  
 3 GHz (Categoría 0)



D06

### 3.4 Correcciones correspondientes a las alturas de antena

Las correcciones correspondientes a las alturas de antena se aplican solamente a los resultados de las predicciones para el 50% y el 99% del tiempo.

Las correcciones que deben aplicarse para los cambios de altura de la antena receptora están tabuladas en el Apéndice 3 para cuatro categorías de morfografía del suelo.

Categoría	Altura de referencia (m sobre el nivel del suelo)
Rural o sin morfografía	10
Suburbano	10
Urbano/arbolado	15
Urbano denso	30

La altura de referencia es un valor representativo de la morfografía del suelo, excepto para la categoría rural, en donde se supone un valor de 10 m.

La corrección se aplica también al extremo de transmisión del trayecto en los casos en que la antena de transmisión está a la altura de referencia o por debajo de ésta para la categoría de morfografía del suelo.

En caso de recepción portátil o móvil en zonas edificadas, en donde se dispone de información sobre la orientación de las calles con relación al trayecto de propagación, debe hacerse otro ajuste. Si el ángulo en el plano horizontal entre la calle y el trayecto de propagación es inferior a 20°, la corrección para las antenas receptoras que están por debajo de la altura de la morfografía debe reducirse a la de la categoría de morfografía inmediatamente inferior; por ejemplo, en una zona «urbana densa» se harán los ajustes correspondientes a una zona «urbana».

FIGURA 7  
**Intensidad de campo (dB(μ V/m)), para p.r.a. = 1 kW**  
 3 GHz (Categoría 1)

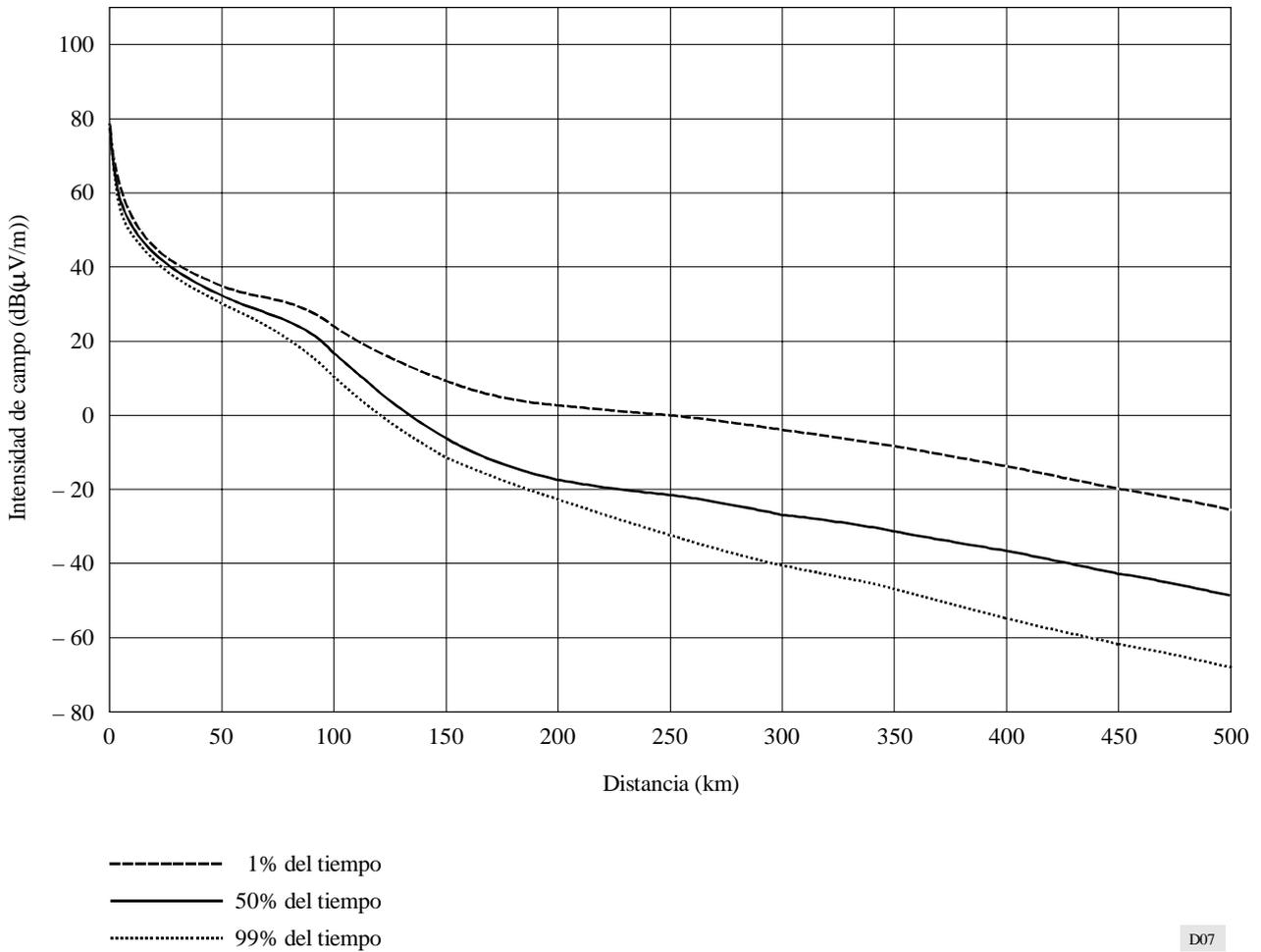
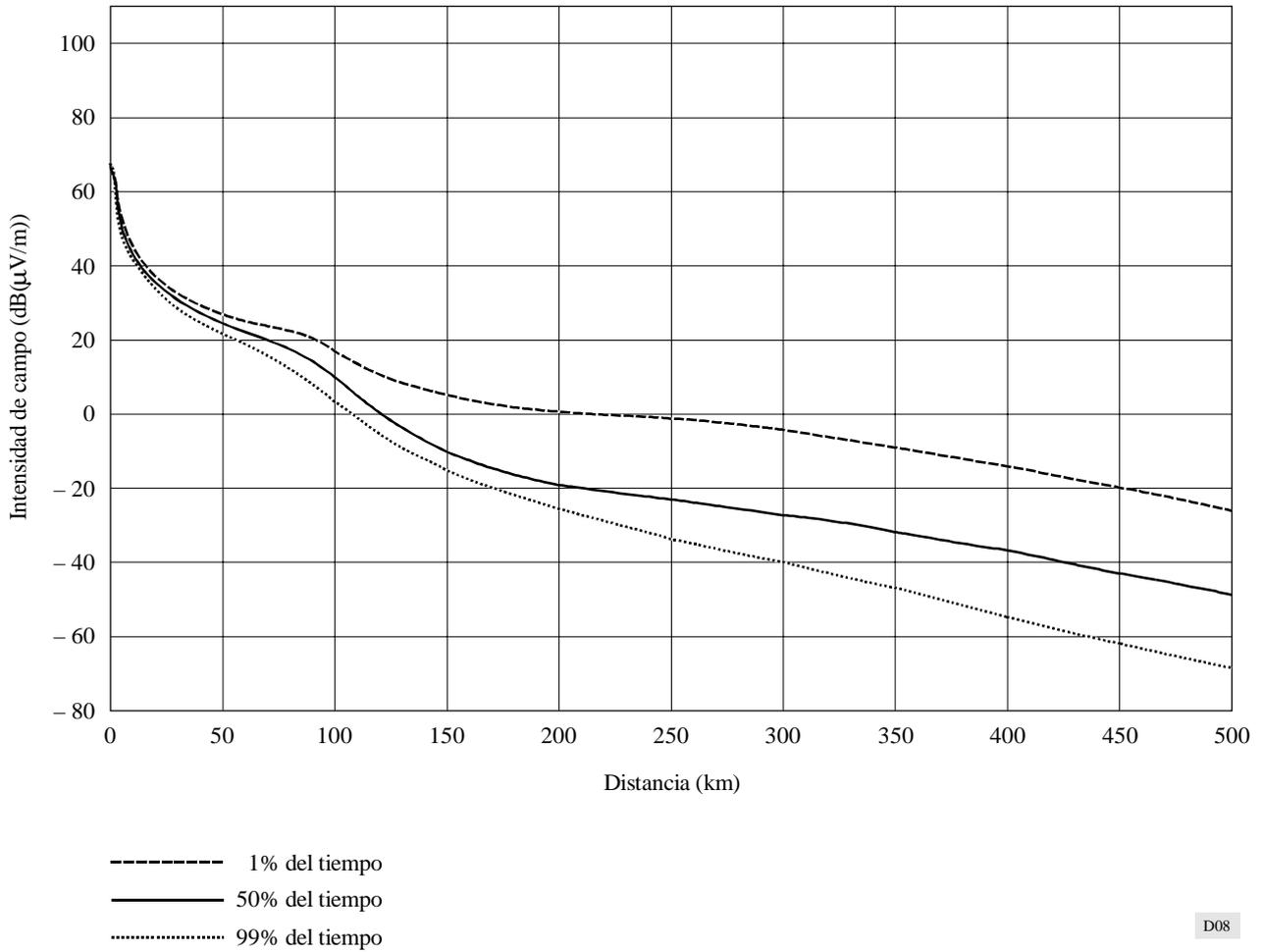


FIGURA 8  
**Intensidad de campo (dB(μ V/m)), para p.r.a. = 1 kW**  
 3 GHz (Categoría 2)



D08

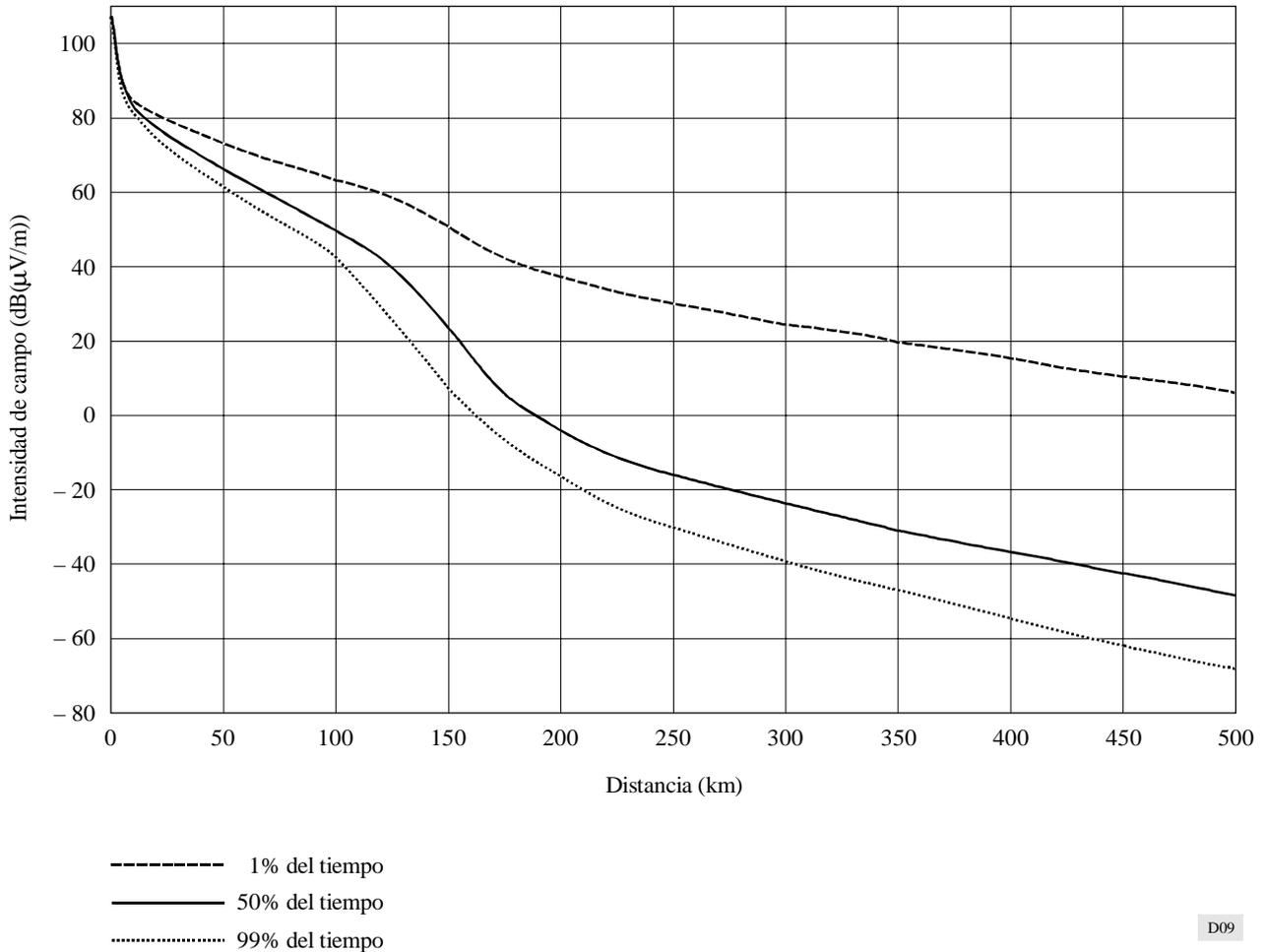
En ausencia de información precisa se aplicarán las siguientes condiciones por defecto:

- Para la predicción de las zonas del servicio en radiocomunicaciones móviles: antena receptora a 1 m sobre el nivel del suelo
- Para la predicción de la interferencia en radiocomunicaciones móviles: antena receptora a la altura de referencia de la cobertura de superficie
- Para la predicción de las zonas de servicio en radiodifusión: antena receptora a 10 m sobre el nivel del suelo
- Para la predicción de la interferencia en radiodifusión: antena receptora a la altura de referencia de la cobertura de superficie.

En todos los casos anteriores, debe utilizarse una altura de antena transmisora de 30 m sobre el nivel del suelo cuando la altura de la antena transmisora es inferior a 30 m.

Cuando no se tiene información sobre la morfografía, deberá utilizarse la categoría de morfografía rural.

FIGURA 9  
Intensidad de campo (dB( $\mu$  V/m)), para p.r.a. = 1 kW  
3 GHz (Categoría -1)



D09

### 3.5 Predicción de la variación temporal

La intensidad de campo para el  $T\%$  del tiempo,  $E_T$ , se obtiene de:

$$E_T = E_{50} + M \sigma_L \quad \text{para } 1 < T < 50 \quad (3)$$

$$E_T = E_{50} + M \sigma_H \quad \text{para } 50 < T < 99 \quad (4)$$

siendo:

$$\sigma_L = \frac{E_1 - E_{50}}{2,33} \quad \text{dB} \quad (5)$$

y:

$$\sigma_H = \frac{E_{50} - E_{99}}{2,33} \quad \text{dB} \quad (6)$$

donde:

- $\sigma_L$ : desviación típica (1% a 50% del tiempo)
- $\sigma_H$ : desviación típica (50% a 99% del tiempo)
- $E_1$ : intensidad de campo predicha para el 1% del tiempo
- $E_{50}$ : intensidad de campo predicha para el 50% del tiempo
- $E_{99}$ : intensidad de campo predicha para el 99% del tiempo.

$E_1$ ,  $E_{50}$  y  $E_{99}$  se obtienen de los § 3.2 a 3.4, tal como se describe en los § 3.1.1 a § 3.1.4, y  $M$  se obtiene de la Fig. 12.

Si  $E_{50} > E_1$ , se obtienen nuevos valores de  $E_1$ ,  $\sigma_L$  y  $E_T$ :

$$E_1 = E_{50} + 2,33 \sigma_H \tag{7}$$

$$\sigma_L = \sigma_H \tag{8}$$

$$E_T = E_{50} + M \sigma_L \tag{9}$$

FIGURA 10  
**Intensidad de campo (dB( $\mu$ V/m)), para p.r.a. = 1 kW**  
 3 GHz (Categoría -2)

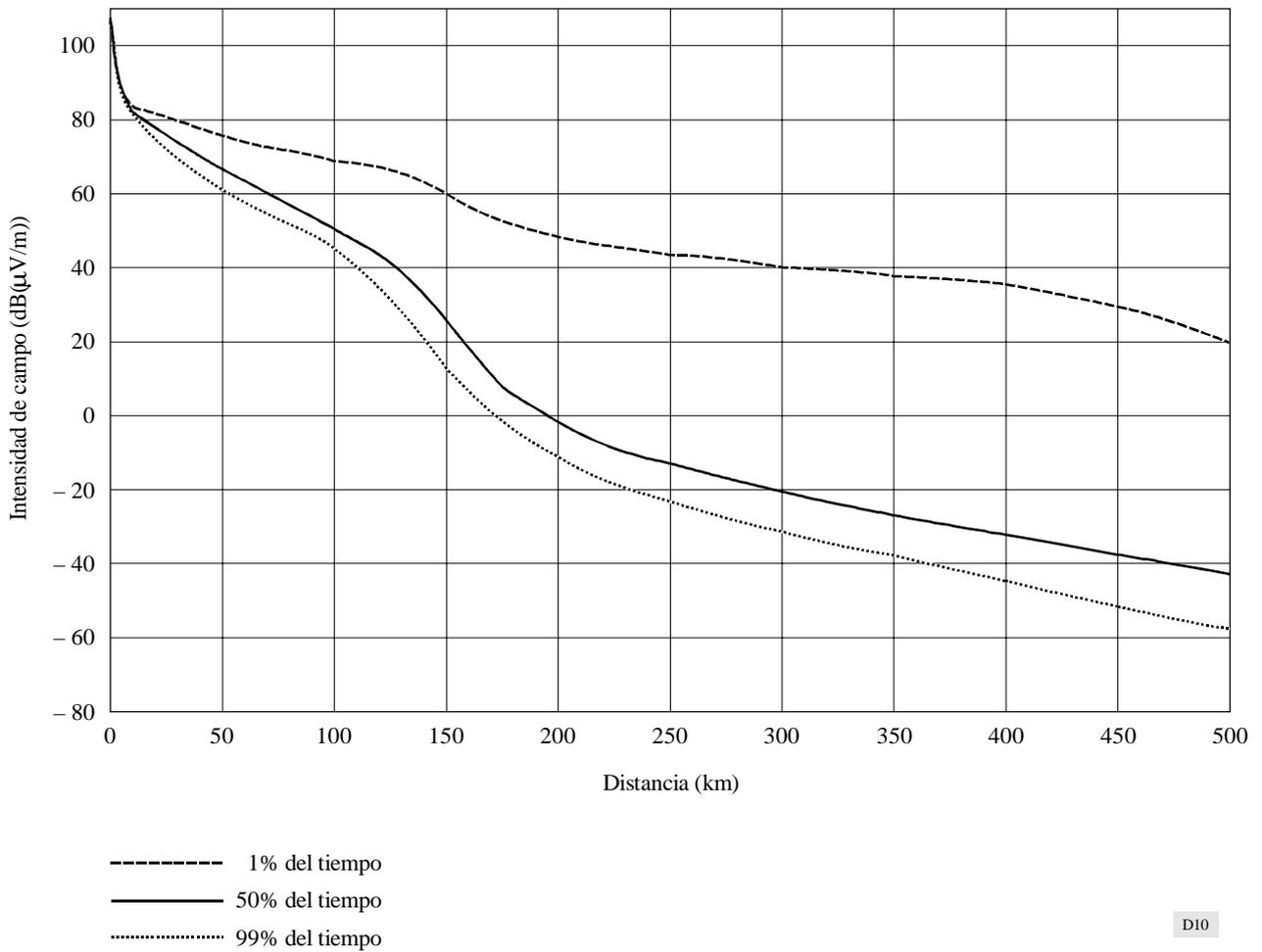
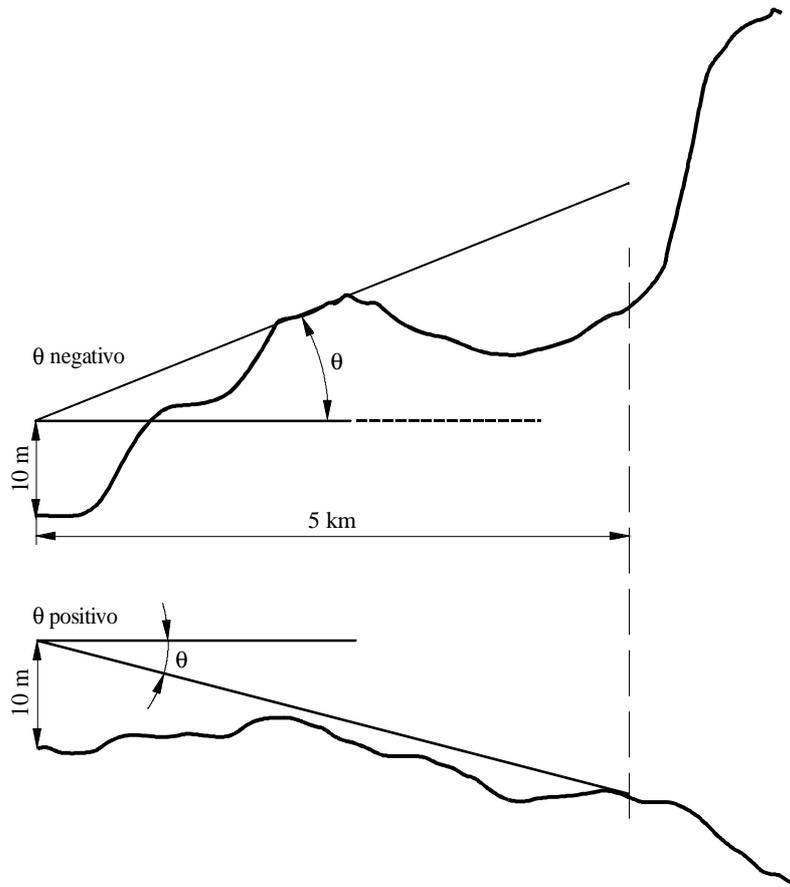


FIGURA 11  
Ángulo de despejamiento



### 3.6 Variación espacial dentro del cuadrado de 100 m de lado

La intensidad de campo en el  $X\%$  de los emplazamientos,  $E_X$ , puede deducirse de:

$$E_X = E_T + M \sigma \quad (10)$$

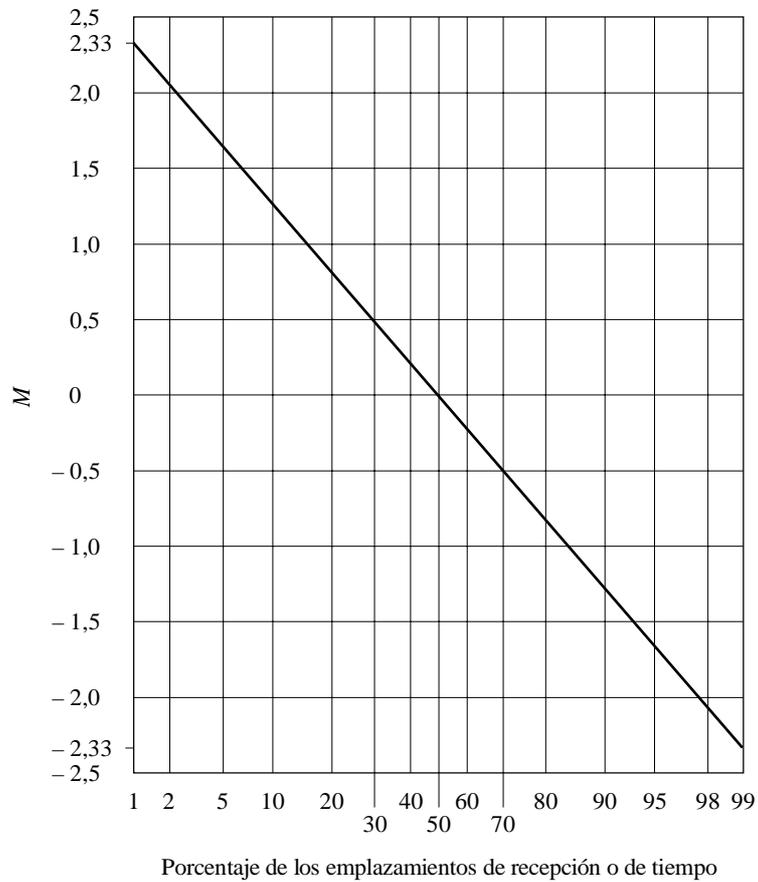
en donde  $\sigma$  está dada en el Cuadro 1 y  $M$  se obtiene de la Fig. 12.

CUADRO 1

Frecuencia (GHz)	Polarización H/V	Morfografía	Desviación típica, $\sigma$ (dB)
1,0	V	Rural	6,0
1,0	H	Rural	6,8
1,0	V	Suburbana	7,9
1,0	H	Suburbana	9,2
1,0	H/V	(1)	7,0
3,0	V	Rural	7,1
3,0	H	Rural	7,1
3,0	V	Suburbana	11,4
3,0	H	Suburbana	11,2
3,0	H/V	(1)	9,4

(1) Emplazamientos despejados en zonas suburbanas.

FIGURA 12



## APÉNDICE 1

## AL ANEXO 1

**Tablas de valores de intensidad de campo/distancia**

Valores tabulados de la intensidad de campo (dB( $\mu$ V/m)) para una potencia radiada aparente de 1 kW.

CATEGORÍA 0 (ningún obstáculo de terreno)

Distancia (km)	1 GHz			3 GHz		
	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo
1	96	96	96	96	96	96
2	90	90	90	90	90	90
3	85,5	85,5	85,5	81,5	81,5	81,5
4	82,5	82,5	82,5	77,5	77,5	77,5
5	80	80	80	74	74	74
6	78	78	78	70,5	70,5	70,5
7	77	77	77	68	68	68
8	76	76	76	66	66	66
9	75	75	75	64	64	64
10	75	74	72	63	62	60,5
20	70	66	62,5	56	54	52,5
30	65,5	61	56,5	51	49	47
40	62,5	57	52,5	47,5	45	43,5
50	60	53,5	50	45	42	40
60	58	51	46	42	39	36,5
70	56	48	42,5	40	36	31,5
80	53	44	38,5	38,5	33,5	27
90	50	40	34	35,5	29,5	21,5
100	47,5	35	28	30,5	24	16,5
125	39,5	19,5	11,5	20,5	9	2,5
150	33	5,5	1	12,5	-3	-7,5
175	28,5	-2,5	-7,5	7	-11	-14,5
200	26	-7	-13,5	4	-16	-20
225	23,5	-10,5	-20	2	-19	-25,5
250	21,5	-13,5	-24	0,5	-21,5	-30,5
275	19,5	-16,5	-28,5	-2	-24	-35,5
300	18	-18,5	-32	-4	-27	-40
325	16,5	-21	-36	-6	-29	-43,5
350	14,5	-23,5	-39,5	-8,5	-31,5	-47
375	13	-26	-42	-11	-34	-50,5
400	11	-29	-45,5	-13,5	-36,5	-54,5
425	9,5	-31,5	-49	-16,5	-39,5	-58
450	6,5	-35	-52,5	-19,5	-42,5	-61,5
475	4	-37	-56	-22	-45	-65
500	0,5	-40	-59	-25,5	-48,5	-68

## CATEGORÍA 1 (un obstáculo de terreno)

Distancia (km)	1 GHz			3 GHz		
	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo
1	86	86	86	78	78	78
2	80	80	80	72	72	72
3	75	75	75	66	66	66
4	72	72	72	62	62	62
5	69	69	69	58	58	58
6	67	67	67	56	56	56
7	66	66	66	55	55	55
8	64,5	64,5	64,5	53	53	53
9	63	63	63	52	52	52
10	63	62	61	52	51	49
20	59,5	55	52	45	43	41
30	56,5	50,5	46	40,5	38,5	36,5
40	54	47	42,5	37	35	33
50	51,5	43,5	39,5	34,5	32	29,5
60	50,5	41,5	36,5	32,5	29,5	27
70	48,5	39,5	35	31	27	24
80	46,5	37	31,5	30	25	20
90	44,5	34	27,5	27,5	21,5	15,5
100	43	30	21	23,5	16,5	10
125	34,5	12	4,5	15	3,5	-2,5
150	29,5	2	-3,5	9	-6,5	-11,5
175	26	-5	-10	4,5	-13,5	-18
200	24	-8,5	-15,5	2,5	-17,5	-23
225	22	-11,5	-20	1	-20	-28
250	20	-14	-24	0	-22	-32,5
275	19	-16,5	-28,5	-2	-24	-37
300	18	-18,5	-32	-4	-27	-41
325	16,5	-21	-36	-6	-29	-43,5
350	14,5	-23,5	-39,5	-8,5	-31,5	-47
375	13	-26	-42	-11	-34	-50,5
400	11	-29	-45,5	-13,5	-36,5	-54,5
425	9,5	-31,5	-49	-16,5	-39,5	-58
450	6,5	-35	-52,5	-19,5	-42,5	-61,5
475	4	-37	-56	-22	-45	-65
500	0,5	-40	-59	-25,5	-48,5	-68

## CATEGORÍA 2 (dos o más obstáculos de terreno)

Distancia (km)	1 GHz			3 GHz		
	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo
1	77	77	77	67	67	67
2	71	71	71	61	61	61
3	66	66	66	56	56	56
4	63	63	63	52	52	52
5	61	61	61	50	50	50
6	59	59	59	48	48	48
7	58	58	58	47	47	47
8	56,5	56,5	56,5	46	46	46
9	55	55	55	45	45	45
10	55	54	53	44	43	41
20	51,5	47,5	44,5	37	35,5	33,5
30	49	43	39	33	31	28
40	47	39	35	29	27	24,5
50	45,5	36,5	32,5	27	24,5	21,5
60	43,5	34	30	25	22	19
70	42	31,5	27	23,5	19,5	16
80	41	30	24,5	22,5	17,5	12
90	39,5	28	20,5	20,5	14,5	8
100	38	24,5	15	17	10	3,5
125	30	6	1	9,5	-2	-7,5
150	26,5	-1,5	-6,5	5,5	-10	-15
175	24	-7	-12	2,5	-15,5	-21
200	22	-10	-16,5	1	-19	-25,5
225	21	-12	-21	0	-21	-29,5
250	19,5	-14,5	-24,5	-1	-23	-33,5
275	19	-16,5	-28,5	-2	-25	-37
300	18	-18,5	-32	-4	-27	-40
325	16,5	-21	-36	-6	-29	-43,5
350	14,5	-23,5	-39,5	-8,5	-31,5	-47
375	13	-26	-42	-11	-34	-50,5
400	11	-29	-45,5	-13,5	-36,5	-54,5
425	9,5	-31,5	-49	-16,5	-39,5	-58
450	6,5	-35	-52,5	-19,5	-42,5	-61,5
475	4	-37	-56	-22	-45	-65
500	0,5	-40	-59	-25,5	-48,5	-68

## CATEGORÍA -1 (trayecto en mar frío, por ejemplo Noroeste de Europa)

Distancia (km)	1 GHz			3 GHz		
	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo
1	107	107	107	107	107	107
2	100	100	100	100	100	100
3	97	97	97	97	97	97
4	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5
5	89	89	89	89	89	89
6	88	88	88	88	88	88
7	87,5	87,5	87,5	86,5	86,5	86,5
8	87	87	87	85	85	85
9	86	86	86	84	84	84
10	86	85	82,5	84	83	81,5
20	82,5	78	75,5	81	78	74,5
30	79,5	74	70	78,5	74	69,5
40	77,5	70	66	75,5	70	65,5
50	76,5	68	62	73	66	61,5
60	75	65	58	71	63	57
70	73,5	62,5	55,5	69	59,5	54
80	72,5	60	52,5	66,5	56	50
90	71	57,5	49,5	65	53	47
100	70	55	46	63	49,5	42,5
125	65,5	45,5	32,5	58,5	40,5	26
150	58,5	30,5	12,5	50,5	23,5	7
175	51,5	13,5	-2,5	42	5	-7
200	46	3	-11,5	37	-4,5	-16,5
225	42,5	-3	-19,5	33	-11,5	-25
250	39,5	-8	-24	29,5	-16	-30
275	37	-12	-28,5	27	-20	-34,5
300	34	-15,5	-32	24	-24	-39,5
325	32	-18,5	-36	22	-27,5	-43,5
350	30	-21,5	-38,5	19	-31	-47
375	28	-24	-42	17	-34	-50,5
400	26,5	-26,5	-45,5	15	-36,5	-54,5
425	24,5	-29	-49	12	-39,5	-58
450	22,5	-31,5	-52,5	10	-42,5	-61,5
475	21	-34	-56	8	-45	-65
500	19,5	-36	-59	5,5	-48,5	-68

CATEGORÍA -2 (trayecto en mar cálido, por ejemplo Mediterráneo Occidental)

Distancia (km)	1 GHz			3 GHz		
	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo
1	107	107	107	107	107	107
2	100	100	100	100	100	100
3	97	97	97	97	97	97
4	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5
5	89	89	89	89	89	89
6	88	88	88	88	88	88
7	87,5	87,5	87,5	86,5	86,5	86,5
8	87	87	87	85	85	85
9	86	86	86	84	84	84
10	85,5	85	82,5	84	83	82,5
20	85	78,5	75,5	82,5	78,5	75,5
30	83	75	70	80,5	74,5	70
40	82	71	66	78	71	66
50	81,5	69	62	76,5	67	62
60	81	66,5	58	75	64,5	58
70	80,5	64	55,5	73	60,5	55,5
80	80	61,5	52,5	72	57,5	52,5
90	79,5	59,5	49,5	71	54,5	49,5
100	79	57	46	69,5	51	46
125	75,5	48	32,5	66,5	42	32,5
150	70	33	12,5	59,5	25,5	12,5
175	64,5	16,5	-2,5	52	7	-2,5
200	60	6	-11,5	48	-2,5	-11,5
225	57,5	0,5	-19,5	45	-9,5	-19,5
250	55,5	-4	-24	43	-13,5	-24
275	54,5	-7,5	-28,5	41,5	-17,5	-28,5
300	52,5	-10,5	-32	39,5	-21	-32
325	51,5	-13	-36	38,5	-24,5	-36
350	50,5	-16	-38,5	37	-27,5	-38,5
375	49,5	-18	-42	36	-30,5	-42
400	48	-20	-45,5	35	-33	-45,5
425	46	-22	-49	32	-35,5	-49
450	43	-24	-52,5	29	-38,5	-52,5
475	38,5	-26	-56	24,5	-41	-56
500	33,5	-28	-59	19	-44	-59

APÉNDICE 2

AL ANEXO 1

**Corrección correspondiente al ángulo de despejamiento**

Esta corrección (dB) no se aplica para los trayectos de la Categoría 0.

Ángulos (grados)	1 GHz			3 GHz		
	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo	1% del tiempo	50% del tiempo	99% del tiempo
-7,0	-16	-23,5	-30	-22	-32,5	-37
-6,5	-15,5	-22,5	-29,5	-22	-32	-36,5
-6,0	-15	-22	-28,5	-21,5	-31,5	-36,5
-5,5	-14	-21	-28	-21	-31	-36
-5,0	-13,5	-20	-27	-20,5	-30	-35,5
-4,5	-13	-19	-25,5	-19,5	-29	-34,5
-4,0	-12	-18	-24	-18,5	-28	-33,5
-3,5	-11	-17	-22	-17	-26,5	-32,5
-3,0	-10	-15,5	-19,5	-16,5	-25	-31
-2,5	-9	-13,5	-16	-15	-23,5	-29,5
-2,0	-7,5	-11,5	-13	-13,5	-21,5	-27
-1,5	-6	-9,5	-10	-11	-18	-23,5
-1,0	-4	-6	-6	-8	-13,5	-16,5
-0,5	-2	-3	-3	-4	-6	-6
0,0	0	0	0	0	0	0
+0,5	+2	+2	+2	+2,5	+2,5	+2,5
+1,0	+4	+4	+4	+4,5	+4,5	+4,5
+1,5	+5	+5	+5	+6	+6	+6
+2,0	+6,5	+6,5	+6,5	+7,5	+7,5	+7,5
+2,5	+7,5	+7,5	+7,5	+9	+9	+9
+3,0	+8,5	+8,5	+8,5	+10	+10	+10



## ANEXO 2

**Información general****1 Concepto básico del método de predicción**

El método se funda en una serie de curvas de intensidad de campo/distancia deducidas de varias decenas de miles de medidas, que identifican la secuencia de factores importantes que determinan la distribución de la intensidad de campo:

- la longitud del trayecto de propagación;
- el número de obstáculos del terreno, si los hay;
- la «exposición» de la zona de recepción con respecto a los obstáculos del terreno en el trayecto de propagación en una distancia de 5 km;
- el entorno y la altura de las antenas de transmisión y recepción con respecto a la morfografía en el trayecto de propagación;
- el alcance de las variaciones troposféricas y otras en el trayecto que provocan cambios temporales, y la necesidad de cuantificar la distribución de la señal con el tiempo;
- otros factores, por ejemplo, la polarización, los trayectos múltiples y el tipo de antena receptora.

Para minimizar las necesidades de datos de trayecto, se ha adoptado un método de punto a zona; al igual que con métodos similares, no puede observarse el principio de reciprocidad. A pesar de que la demanda de datos de trayecto es relativamente moderada, se sabe que, en circunstancias en que se requiere una evaluación rápida, incluso esta demanda no puede ser satisfecha. Esta Recomendación contiene condiciones por defecto para satisfacer esta demanda, pero debe señalarse que éstas sólo pueden proporcionar una primera aproximación.

Con un método punto a zona, es importante definir claramente el significado de cada predicción. Se describen las normas que definen las variaciones espaciales y temporales del campo previsto.

**2 Elementos del método de predicción**

La decisión relativa a la categorización del trayecto en relación con el número de obstáculos del terreno parece simple, y puede interpretarse como el número de cambios de pendiente de una cuerda imaginaria tendida entre las antenas de los extremos. Sin embargo, el proceso está influido por la naturaleza de los datos utilizados para realizar la evaluación y por los métodos de interpretación (véanse también el Anexo 3 y el § 3 del Anexo 1).

El análisis de las mediciones hizo que se adoptara el cuadrado de 100 m de lado como unidad de recepción en la predicción, lo que da el valor mediano de la distribución espacial dentro de esta zona. Las series de curvas de intensidad de campo/distancia (Figs. 1 a 10) que forman los fundamentos de la técnica fueron deducidas utilizando mediciones obtenidas en campo abierto y terreno plano, con antenas receptoras a una altura de 10 m sobre el nivel del suelo. Se trata de resultados para el 50% de los emplazamientos/50% del tiempo.

La corrección correspondiente al ángulo de despejamiento (TCA), tabulada en el Apéndice 2, es un medio simple pero eficaz para ajustar la predicción de la intensidad de campo del 50% de los emplazamientos/50% del tiempo para variaciones del nivel del terreno a lo largo del trayecto de propagación dentro de un radio de 5 km del emplazamiento del receptor. Esta corrección es más eficaz cuando se la aplica en trayectos obstruidos y está por lo tanto limitada a los trayectos de las Categorías 1 ó 2.

La corrección correspondiente a los cambios de altura de la antena receptora (o transmisora) se combina con el ajuste correspondiente a la morfografía debido a la clara interdependencia que existe entre estos dos factores. Inicialmente se adoptaron 5 tipos de morfografía para el análisis de las mediciones, y se utilizaron para la predicción, pese a que dos de ellos, «urbanos» y «arbolados», dan resultados muy similares y se combinan en los cuadros. Excepto los resultados de 3 GHz, la intensidad de campo al nivel promedio de los tejados es igual a la intensidad a 10 m sobre el nivel del suelo en campo abierto (datos de las curvas de intensidad de campo/distancia).

Los valores para la corrección de altura sólo pueden aplicarse para los valores de intensidad de campo de 50% y 99% del tiempo/50% de los emplazamientos (véase el § 3 de este Anexo).

Las correcciones correspondientes a la altura se aplican también en el extremo de transmisión del trayecto de propagación en los casos en que la antena está por debajo de la altura de referencia de la morfografía.

Para algunas condiciones simples, el Cuadro 1 da la variación alrededor de la mediana. Estas situaciones, en las cuales la antena receptora no encuentra ningún obstáculo en la morfografía, producen distribuciones esencialmente normales, permitiendo que se puedan efectuar predicciones con bastante certeza. En otros casos la predicción podrá ser menos exacta.

### **3 Predicción de la variación temporal**

La predicción de la variación temporal se ha basado en varios experimentos de registros de larga distancia efectuados durante periodos comprendidos entre un mes y varios años. Con el fin de evitar una distorsión de los resultados, para desarrollar este método de predicción, han sido utilizados los resultados experimentales que cubren un periodo de un año.

En el § 2 de este Anexo se ha descrito cómo la exposición del emplazamiento del receptor, tal como se determina por el TCA, afecta la gama temporal de la señal. Los cambios de altura de la antena receptora tienen relativamente poco efecto en la intensidad del campo registrada durante periodos de propagación anormal, es decir aproximadamente menos del 10% del tiempo. En el método de predicción, la curva de variación temporal está dividida en dos partes, por encima y por debajo del 50% del tiempo, y los valores que intervienen fueron deducidos suponiendo distribuciones normales entre valores de 1%, 50% y 99%.

En algunas circunstancias, que habitualmente afectan trayectos de propagación más cortos, la predicción de la intensidad de campo para el 50% del tiempo con corrección positiva de ganancia de altura/morfografía, puede rebasar el valor previsto para el 1% del tiempo. Alternativamente, una corrección negativa puede indicar un resultado relativamente alto para el 1% del tiempo. Esto no entra en contradicción con el método, debido a que éste se basa en curvas ajustadas, que pueden sobrestimar o subestimar los resultados en algunos emplazamientos. Las mediciones en gamas cortas indicaron distribuciones menos asimétricas, y en estos casos se deduce un nuevo valor para el 1% del tiempo, suponiendo una sola distribución normal tal como está definida por las predicciones para el 50% y el 99% del tiempo.

## ANEXO 3

### **Clasificación de los trayectos**

Los ejemplos que se dan a continuación en las Figs. 13 a 15 indican el procedimiento utilizado para identificar los obstáculos en el trayecto, lo cual permite categorizar los trayectos: 0, 1 ó 2.

FIGURA 13  
Trayecto sin obstáculos (Categoría 0)

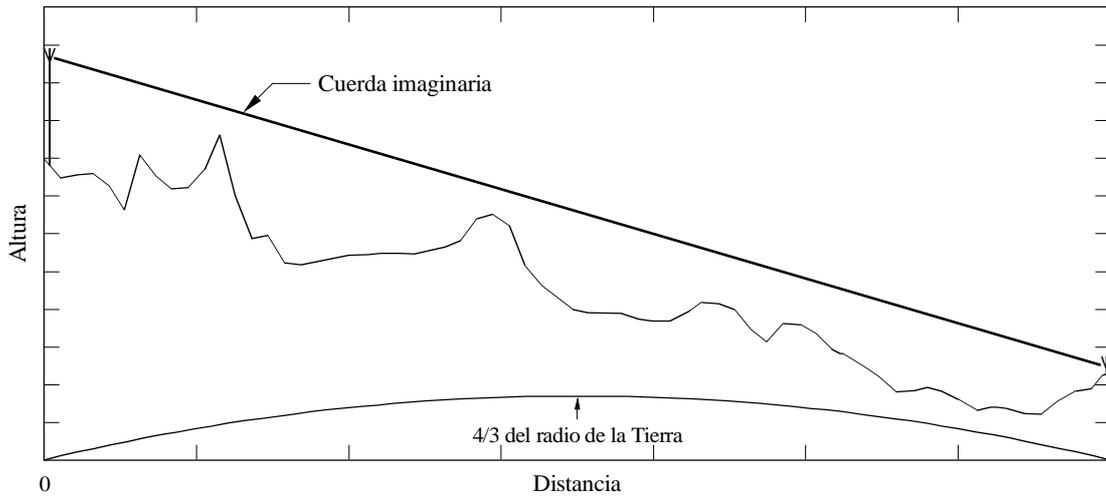


FIGURA 14  
Trayecto con un obstáculo (Categoría 1)

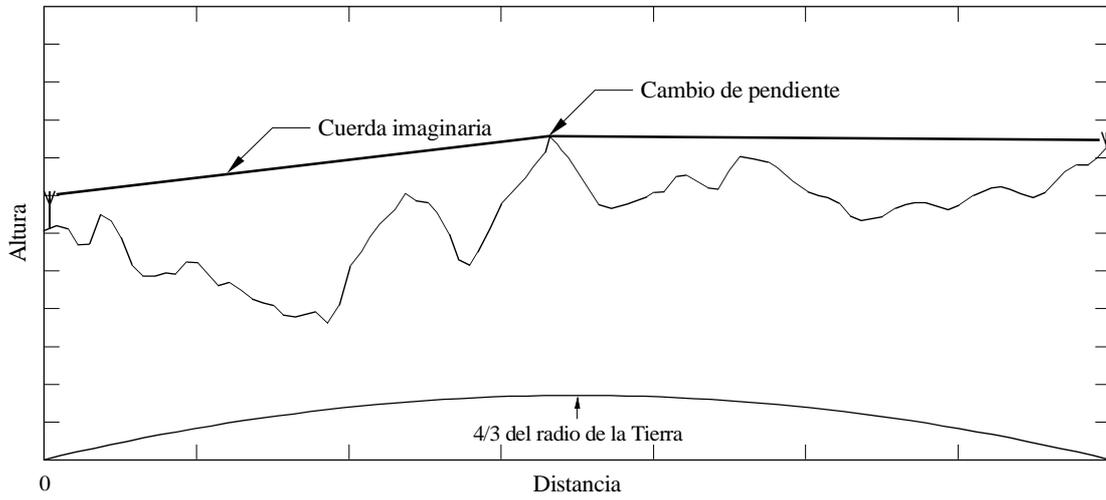


FIGURA 15  
Trayecto con dos obstáculos (Categoría 2)

