



This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

(ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (PDF) الإلكترونية النسخة هذه والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلًا.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.



XVII ASAMBLEA PLENARIA  
DÜSSELDORF, 1990



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

# RECOMENDACIONES DEL CCIR, 1990

(ASÍ COMO RESOLUCIONES Y RUEGOS)

VOLUMEN V

## PROPAGACIÓN EN MEDIOS NO IONIZADOS

**CCIR** COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES



Ginebra, 1990

## CCIR

1. El Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR) es el órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones responsable, según el Convenio Internacional de Telecomunicaciones, que «...realizará estudios y formulará Recomendaciones sobre las cuestiones técnicas y de explotación relativas específicamente a las radiocomunicaciones sin limitación de la gama de frecuencias...» (Convenio Internacional de Telecomunicaciones, Nairobi, 1982, primera parte, capítulo I, art. 11, número 83)\*

2. Los objetivos del CCIR son, en particular:

a) proporcionar las bases técnicas para uso de las diversas conferencias administrativas de radiocomunicaciones y servicios de radiocomunicaciones, para la eficaz utilización del espectro de frecuencias radioeléctricas y la órbita de los satélites geostacionarios, teniendo en cuenta las necesidades de los diversos servicios radioeléctricos;

b) recomendar normas de funcionamiento para los sistemas de radiocomunicaciones y disposiciones técnicas que garanticen su interfuncionamiento eficaz y compatible en las telecomunicaciones internacionales;

c) recopilar, intercambiar, analizar, publicar y difundir la información técnica resultante de los estudios del CCIR, así como cualquier otra información disponible, para el desarrollo, planificación y explotación de los servicios radioeléctricos, incluidas todas las medidas especiales necesarias para facilitar la utilización de esta información en los países en desarrollo.

\* Véase también la Constitución de la UIT, Niza, 1989, Capítulo 1, art. 11, número 84.



XVII ASAMBLEA PLENARIA  
DÜSSELDORF, 1990



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

# RECOMENDACIONES DEL CCIR, 1990

(ASÍ COMO RESOLUCIONES Y RUEGOS)

VOLUMEN V

## PROPAGACIÓN EN MEDIOS NO IONIZADOS

**CCIR** COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES

92-61-04213-9

Ginebra, 1990



**PLAN DE LOS VOLÚMENES I A XV  
DE LA XVII ASAMBLEA PLENARIA DEL CCIR**

(Düsseldorf, 1990)

<b>VOLUMEN I</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. I</i> (Informes)	Utilización del espectro y comprobación técnica de las emisiones
<b>VOLUMEN II</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. II</i> (Informes)	Servicios de investigación espacial y de radioastronomía
<b>VOLUMEN III</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. III</i> (Informes)	Servicio fijo en frecuencias inferiores a unos 30 MHz
<b>VOLUMEN IV-1</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. IV-1</i> (Informes)	Servicio fijo por satélite
<b>VOLÚMENES IV/IX-2</b> (Recomendaciones) <i>Anexo a los Vol. IV/IX-2</i> (Informes)	Compartición de frecuencias y coordinación entre sistemas del servicio fijo por satélite y de relevadores radioeléctricos
<b>VOLUMEN V</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. V</i> (Informes)	Propagación en medios no ionizados
<b>VOLUMEN VI</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. VI</i> (Informes)	Propagación en medios ionizados
<b>VOLUMEN VII</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. VII</i> (Informes)	Frecuencias patrón y señales horarias
<b>VOLUMEN VIII</b> (Recomendaciones)  <i>Anexo 1 al Vol. VIII</i> (Informes)  <i>Anexo 2 al Vol. VIII</i> (Informes) <i>Anexo 3 al Vol. VIII</i> (Informes)	Servicios móviles, de radiodeterminación y de aficionados incluidos los correspondientes servicios por satélite Servicio móvil terrestre – Servicio de aficionados – Servicio de aficionados por satélite Servicio móvil marítimo Servicios móviles por satélite (aeronáutico, terrestre, marítimo, móvil y radiodeterminación) – Servicio móvil aeronáutico
<b>VOLUMEN IX-1</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. IX-1</i> (Informes)	Servicio fijo que emplea sistemas de relevadores radioeléctricos
<b>VOLUMEN X-1</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. X-1</i> (Informes)	Servicio de radiofusión (sonora)
<b>VOLÚMENES X/XI-2</b> (Recomendaciones) <i>Anexo a los Vol. X/XI-2</i> (Informes)	Servicio de radiodifusión por satélite (sonora y de televisión)
<b>VOLÚMENES X/XI-3</b> (Recomendaciones) <i>Anexo a los Vol. X/XI-3</i> (Informes)	Grabación sonora y de televisión
<b>VOLUMEN XI-1</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. XI-1</i> (Informes)	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>VOLUMEN XII</b> (Recomendaciones) <i>Anexo al Vol. XII</i> (Informes)	Transmisiones de televisión y radiofonía (CMTT)
<b>VOLUMEN XIII</b> (Recomendaciones)	Vocabulario (CCV)
<b>VOLUMEN XIV</b>	Textos administrativos del CCIR
<b>VOLUMEN XV-1</b> (Cuestiones)	Comisiones de Estudio 1, 12, 5, 6, 7
<b>VOLUMEN XV-2</b> (Cuestiones)	Comisión de Estudio 8
<b>VOLUMEN XV-3</b> (Cuestiones)	Comisiones de Estudio 10, 11, CMTT
<b>VOLUMEN XV-4</b> (Cuestiones)	Comisiones de Estudio 4, 9

Las referencias en el interior de los textos de las Recomendaciones, Informes, Resoluciones, Ruegos, Decisiones y Cuestiones del CCIR se refieren a la edición de 1990 a menos que se indique lo contrario, es decir que sólo se menciona el número base.

**DISTRIBUCIÓN DE LOS TEXTOS DE LA XVII ASAMBLEA PLENARIA DEL CCIR  
ENTRE LOS VOLÚMENES I A XV**

Todos los textos del CCIR vigentes en la actualidad están contenidos en los Volúmenes I a XV y sus Anexos de la XVII Asamblea Plenaria. Sustituyen a los de la edición anterior, XVI Asamblea Plenaria, Dubrovnik, 1986.

1. Las Recomendaciones, Resoluciones y Ruegos se encuentran en los Volúmenes I a XIV y los Informes y Decisiones en los Anexos a los Volúmenes I a XII.

1.1 *Indicaciones sobre la numeración de estos textos*

Cuando una Recomendación, un Informe, una Resolución o un Ruego ha sido revisado, conserva su número original al que se agrega un guión y una cifra que indica el número de revisiones. No obstante, en el interior de los textos de las Recomendaciones e Informes se menciona únicamente el número original (por ejemplo, Recomendación 253), en el entendido que la referencia debe aplicarse a la última versión del texto, a menos que se indique lo contrario.

Los números de los textos antes mencionados aparecen en los cuadros que siguen; en ellos no se menciona la cifra que indica el número de revisiones sucesivas. Para mayores detalles sobre la numeración véase el Volumen XIV.

1.2 *Recomendaciones*

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
48	X-1	368-370	V	479	II
80	X-1	371-373	VI	480	III
106	III	374-376	VII	481-484	IV-1
139	X-1	377, 378	I	485, 486	VII
162	III	380-393	IX-1	487-493	VIII-2
182	I	395-405	IX-1	494	VIII-1
215, 216	X-1	406	IV/IX-2	496	VIII-2
218, 219	VIII-2	407, 408	X/XI-3	497	IX-1
239	I	411, 412	X-1	498	X-1
240	III	415	X-1	500	XI-1
246	III	417	XI-1	501	X/XI-3
257	VIII-2	419	XI-1	502, 503	XII
265	X/XI-3	428	VIII-2	505	XII
266	XI-1	430, 431	XIII	508	I
268	IX-1	433	I	509, 510	II
270	IX-1	434, 435	VI	513-517	II
275, 276	IX-1	436	III	518-520	III
283	IX-1	439	VIII-2	521-524	IV-1
290	IX-1	441	VIII-3	525-530	V
302	IX-1	443	I	531-534	VI
305, 306	IX-1	444	IX-1	535-538	VII
310, 311	V	446	IV-1	539	VIII-1
313	VI	450	X-1	540-542	VIII-2
314	II	452, 453	V	546-550	VIII-3
326	I	454-456	III	552, 553	VIII-3
328, 329	I	457, 458	VII	555-557	IX-1
331, 332	I	460	VII	558	IV/IX-2
335, 336	III	461	XIII	559-562	X-1
337	I	463	IX-1	565	XI-1
338, 339	III	464-466	IV-1	566	X/XI-2
341	V	467, 468	X-1	567-572	XII
342-349	III	469	X/XI-3	573, 574	XIII
352-354	IV-1	470-472	XI-1	575	I
355-359	IV/IX-2	473, 474	XII	576-578	II
362-364	II	475, 476	VIII-2	579, 580	IV-1
367	II	478	VIII-1	581	V

## IV

1.2 *Recomendaciones (cont.)*

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
582, 583	VII	625-631	VIII-2	676-682	V
584	VIII-1	632, 633	VIII-3	683, 684	VI
585-589	VIII-2	634-637	IX	685, 686	VII
591	VIII-3	638-641	X-1	687	VIII-1
592-596	IX-1	642	X-1	688-693	VIII-2
597-599	X-1	643, 644	X-1	694	VIII-3
600	X/XI-2	645	X-1 + XII	695-701	IX-1
601	XI-1	646, 647	X-1	702-704	X-1
602	X/XI-3	648, 649	X/XI-3	705	X-1 <sup>(1)</sup>
603-606	XII	650-652	X/XI-2	706-708	X-1
607, 608	XIII	653-656	XI-1	709-711	XI-1
609-611	II	657	X/XI-3	712	X/XI-2
612, 613	III	658-661	XII	713-716	X/XI-3
614	IV-1	662-666	XIII	717-721	XII
615	IV/IX-2	667-669	I	722	XII
616-620	V	670-673	IV-1	723, 724	XII
622-624	VIII-1	674, 675	IV/IX-2		

1.3 *Informes*

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
19	III	319	VIII-1	472	X-1
122	XI-1	322	VI <sup>(1)</sup>	473	X/XI-2
137	IX-1	324	I	476	XI-1
181	I	327	III	478	XI-1
183	III	336*	V	481-485	XI-1
195	III	338	V	488	XII
197	III	340	VI <sup>(1)</sup>	491	XII
203	III	342	VI	493	XII
208	IV-1	345	III	496, 497	XII
209	IV/IX-2	347	III	499	VIII-1
212	IV-1	349	III	500, 501	VIII-2
214	IV-1	354-357	III	509	VIII-3
215	X/XI-2	358	VIII-1	516	X-1
222	II	363, 364	VII	518	VII
224	II	371, 372	I	521, 522	I
226	II	375, 376	IX-1	525, 526	I
227*	V	378-380	IX-1	528	I
228, 229	V	382	IV/IX-2	533	I
238, 239	V	384	IV-1	535, 536	II
249-251	VI	386-388	IV/IX-2	538	II
252	VI <sup>(1)</sup>	390, 391	IV-1	540, 541	II
253-255	VI	393	IV/IX-2	543	II
258-260	VI	395	II	546	II
262, 263	VI	401	X-1	548	II
265, 266	VI	404	XI-1	549-551	III
267	VII	409	XI-1	552-558	IV-1
270, 271	VII	411, 412	XII	560, 561	IV-1
272, 273	I	430-432	VI	562-565	V
275-277	I	435-437	III	567	V
279	I	439	VII	569	V
285	IX-1	443	IX-1	571	VI
287*	IX-1	445	IX-1	574, 575	VI
289*	IX-1	448, 449	IV/IX-2	576-580	VII
292	X-1	451	IV-1	584, 585	VIII-2
294	X/XI-3	453-455	IV-1	588	VIII-2
300	X-1	456	II	607	IX-1
302-304	X-1	458	X-1	610*	IX-1
311-313	XI-1	463, 464	X-1	612-615	IX-1
314	XII	468, 469	X/XI-3	622	X/XI-3

\* No se ha reimprimido (véase Dubrovnik, 1986).

<sup>(1)</sup> Publicado por separado.

1.3 *Informes (cont.)*

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
624-626	XI-1	790-793	IV/IX-2	972-979	I
628, 629	XI-1	795	X-1	980-985	II
630	X/XI-3	798, 799	X-1	987, 988	II
631-634	X/XI-2	801, 802	XI-1	989-996	III
635-637	XII	803	X/XI-3	997-1004	IV-1
639	XII	804, 805	XI-1	1005, 1006	IV/IX-2
642, 643	XII	807-812	X/XI-2	1007-1010	V
646-648	XII	814	X/XI-2	1011, 1012	VI
651	I	815, 816	XII	1016, 1017	VII
654-656	I	818-823	XII	1018-1025	VIII-1
659	I	826-842	I	1026-1033	VIII-2
662-668	I	843-854	II	1035-1039	VIII-2
670, 671	I	857	III	1041-1044	VIII-2
672-674	II	859-865	III	1045	VIII-3
676-680	II	867-870	IV-1	1047-1051	VIII-3
682-685	II	872-875	IV-1	1052-1057	IX-1
687	II	876, 877	IV/IX-2	1058-1061	X-1
692-697	II	879, 880	V	1063-1072	X-1
699, 700	II	882-885	V	1073-1076	X/XI-2
701-704	III	886-895	VI	1077-1089	XI-1
706	IV-1	896-898	VII	1090-1092	XII
709	IV/IX-2	899-904	VIII-1	1094-1096	XII
710	IV-1	908	VIII-2	1097-1118	I
712, 713	IV-1	910, 911	VIII-2	1119-1126	II
714-724	V	913-915	VIII-2	1127-1133	III
725-729	VI	917-923	VIII-3	1134-1141	IV-1
731, 732	VII	925-927	VIII-3	1142, 1143	IV/IX-2
735, 736	VII	929	VIII-3 (1)	1144-1148	V
738	VII	930-932	IX-1	1149-1151	VI
739-742	VIII-1	934	IX-1	1152	VII
743, 744	VIII-2	936-938	IX-1	1153-1157	VIII-1
748, 749	VIII-2	940-942	IX-1	1158-1168	VIII-2
751	VIII-3	943-947	X-1	1169-1186	VIII-3
760-764	VIII-3	950	X/XI-3	1187-1197	IX-1
766	VIII-3	951-955	X/XI-2	1198	X-1 (1)
770-773	VIII-3	956	XI-1	1199-1204	X-1
774, 775	VIII-2	958, 959	XI-1	1205-1226	XI-1
778	VIII-1	961, 962	XI-1	1227, 1228	X/XI-2
780*	IX-1	963, 964	X/XI-3	1229-1233	X/XI-3
781-789	IX-1	965-970	XII	1234-1241	XII

\* No se ha reimprimido (véase Dubrovnik, 1986).

(1) Publicado por separado.

1.3.1 *Nota relativa a los Informes*

En los diferentes Informes se ha suprimido la mención «adoptado por unanimidad». Se considera que los Informes contenidos en los Anexos a los Volúmenes han sido adoptados por unanimidad, excepto en aquellos casos en los que en una nota a pie de página se indiquen las reservas correspondientes.

1.4 *Resoluciones*

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
4	VI	62	I	86, 87	XIV
14	VII	63	VI	88	I
15	I	64	X-1	89	XIII
20	VIII-1	71	I	95	XIV
23	XIII	72, 73	V	97-109	XIV
24	XIV	74	VI	110	I
33	XIV	76	X-1	111, 112	VI
39	XIV	78	XIII	113, 114	XIII
61	XIV	79-83	XIV		

## VI

1.5 *Ruegos*

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
2	I	45	VI	73	VIII-1
11	I	49	VIII-1	74	X-1 + X/XI-3
14	IX-1	50	IX-1	75	XI-1 + X/XI-3
15	X-1	51	X-1	77	XIV
16	X/XI-3	56	IV-1	79-81	XIV
22, 23	VI	59	X-1	82	VI
26-28	VII	63	XIV	83	XI-1
32	I	64	I	84	XIV
35	I	65	XIV	85	VI
38	XI-1	66	III	87, 88	XIV
40	XI-1	67-69	VI	89	IX-1
42	VIII-1	71-72	VII	90	X/XI-3
43	VIII-2				

1.6 *Decisiones*

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
2	IV-1	60	XI-1	87	IV/IX-2
4, 5	V	63	III	88, 89	IX-1
6	VI	64	IV-1	90, 91	XI-1
9	VI	65	VII	93	X/XI-2
11	VI	67, 68	XII	94	X-1
18	X-1 + XI-1 +	69	VIII-1	95	X-1 + XI-1
	XII	70	IV-1	96, 97	X-1
27	I	71	VIII-3	98	X-1 + XII
42	XI-1	72	X-1 + XI-1	99	X-1
43	X/XI-2	76	IV-1 + X-1 +	100	I
51	X/XI-2		XI-1 + XII	101	II
53, 54	I	77	XII	102	V
56	I	78, 79	X-1	103	VIII-3
57	VI	80	XI-1	105	XIV
58	XI-1	81	VIII-3	106	XI-1
59	X/XI-3	83-86	VI		

2. **Cuestiones** (Vols. XV-1, XV-2, XV-3, XV-4)2.1 *Numeración de estos textos*

Las Cuestiones están numeradas en series distintas para cada Comisión de Estudio; en su caso, el número de orden está seguido de un guión y una cifra indica el número de revisiones a que se ha sometido el texto. El número de una Cuestión está seguido de una *cifra arábica indicando* la Comisión de Estudio. Por ejemplo:

- Cuestión 1/10 para la versión original;
- Cuestión 1-1/10 para la primera revisión; Cuestión 1-2/10 para la segunda revisión.

*Nota* — Las Cuestiones de las Comisiones de Estudio 7, 9 y 12 se numeran a partir de 101. Ello se debe, en el caso de las Comisiones de Estudio 7 y 9, a la fusión de las Cuestiones de las antiguas Comisiones de Estudio 2 y 7, y 3 y 9 respectivamente. En cuanto a las Cuestiones de la Comisión de Estudio 12 han sido transferidas de otras Comisiones de Estudio.

2.2 *Clasificación de Cuestiones*

El plan que figura en la página II indica en cuál de los Volúmenes XV se publican las Cuestiones de las diferentes Comisiones de Estudio. Un resumen de todas las Cuestiones con sus títulos, el nuevo y antiguo número será publicado en el Volumen XIV.

### 2.3 *Referencias a Cuestiones*

Según se detalla en la Resolución 109, la Asamblea Plenaria aprobó las Cuestiones y las asignó a las Comisiones de Estudio correspondientes. La Asamblea Plenaria decidió también que desapareciesen los Programas de Estudios. Por lo tanto, en la Resolución 109 se especifican los Programas de Estudios cuya conversión en nuevas Cuestiones o cuya refundición con Cuestiones existentes se aprobó. Conviene señalar que las referencias a Cuestiones y Programas de Estudios contenidas en los textos de las Recomendaciones y los Informes de los Volúmenes I a XIII son todavía las vigentes en el periodo de estudios 1986-1990.

Cuando procede, se hace referencia en las Cuestiones a los Programas de Estudios o las Cuestiones de que derivan y se ha dado un número nuevo a las Cuestiones derivadas de Programas de Estudios o transferidas a una Comisión de Estudio diferente.

---

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## VOLUMEN V

## PROPAGACIÓN EN MEDIOS NO IONIZADOS

(Comisión de Estudio 5)

## CUADRO DE MATERIAS

	Página
Plan de los Volúmenes I a XV de la XVII Asamblea Plenaria del CCIR . . . . .	II
Distribución de los textos de la XVII Asamblea Plenaria del CCIR entre los Volúmenes I a XV . . . . .	III
Cuadro de materias . . . . .	IX
Índice numérico de los textos . . . . .	XI
Mandato de la Comisión de Estudio 5 e Introducción por el Relator Principal de la Comisión de Estudio 5 . . . . .	XIII
 <i>Sección 5A – Textos de interés general</i>	
Introducción a los textos de la Comisión de Estudio 5. <i>Propagación en medios no ionizados</i> . . . . .	1
Rc. 525-1 Cálculo de la atenuación en el espacio libre . . . . .	5
Rc. 341-2 Noción de pérdidas de transmisión en los enlaces radioeléctricos . . . . .	10
Rc. 311-5 Recopilación, presentación y análisis de los datos en estudios relativos a la propagación troposférica . . . . .	16
Rc. 310-7 Definición de términos relativos a la propagación en medios no ionizados . . . . .	17
 <i>Sección 5B – Influencia del terreno (incluida la propagación por onda de superficie)</i>	
Rc. 368-6 Curvas de propagación por onda de superficie para frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 30 MHz . . . . .	21
Rc. 526-1 Propagación por difracción . . . . .	37
Rc. 527-2 Características eléctricas de la superficie de la Tierra . . . . .	38
 <i>Sección 5C – Influencia de la atmósfera (radiometeorología)</i>	
Rc. 369-4 Atmósfera de referencia para la refracción . . . . .	41
Rc. 453-2 Fórmula del índice de refracción radioeléctrica . . . . .	42
Rc. 676 Atenuación producida por los gases atmosféricos . . . . .	43
Rc. 677 Emisiones radioeléctricas procedentes de fuentes naturales en frecuencias superiores a 50 MHz . . . . .	44
Rc. 678 Caracterización de la variabilidad natural de los fenómenos de propagación . . . . .	45
Rc. 581-2 Noción de «mes más desfavorable» . . . . .	46
 <i>Sección 5D – Aspectos relativos al servicio de radiodifusión terrenal y a los servicios móviles terrenales</i>	
Rc. 370-5 Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas para la gama de frecuencias comprendidas entre 30 y 1000 MHz. <i>Servicios de radiodifusión</i> . . . . .	47
Rc. 616 Datos de propagación para servicios móviles marítimos terrenales que funcionan a frecuencias superiores a 30 MHz . . . . .	75
Rc. 528-2 Curvas de propagación para los servicios móvil aeronáutico y de radionavegación aeronáutica que utilizan las bandas de ondas métricas, decimétricas y centimétricas . . . . .	76
Rc. 529-1 Datos de propagación de las ondas métricas y decimétricas y métodos de predicción requeridos para el servicio móvil terrestre . . . . .	85

*Sección 5E – Aspectos relativos al servicio fijo terrenal*

Rc. 530-3	Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa . . . . .	87
Rc. 617	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de relevadores radio-eléctricos transhorizonte . . . . .	88

*Sección 5F – Aspectos relativos a los sistemas de telecomunicaciones espaciales*

Rc. 618-1	Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicaciones Tierra-espacio . . . . .	89
Rc. 679	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de radiodifusión por satélite . . . . .	90
Rc. 680	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación móviles marítimos Tierra-espacio . . . . .	91
Rc. 681	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación móviles terrestres Tierra-espacio . . . . .	92
Rc. 682	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación móviles aeronáuticos Tierra-espacio . . . . .	93

*Sección 5G – Factores de propagación que intervienen en la interferencia: Sistemas espaciales y terrenales*

Rc. 452-4	Datos de propagación para evaluar la interferencia entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra . . . . .	95
Rc. 619	Datos de propagación para evaluar la interferencia entre estaciones en el espacio y estaciones en la superficie de la Tierra . . . . .	96
Rc. 620	Datos de propagación necesarios para calcular las distancias de coordinación . . . . .	97

*Resoluciones*

Resolución 72-2	Manual de curvas de propagación de la onda de superficie . . . . .	99
Resolución 73-1	Atlas mundial de la conductividad del suelo . . . . .	100
Resolución 79	Estudios de la propagación radioeléctrica en regiones tropicales (véase el Volumen XIV-1). . . . .	101

ÍNDICE NUMÉRICO DE LOS TEXTOS

	Página
SECCIÓN 5A: Textos de interés general . . . . .	1
SECCIÓN 5B: Influencia del terreno (incluida la propagación por onda de superficie) . . . . .	21
SECCIÓN 5C: Influencia de la atmósfera (radiometeorología) . . . . .	41
SECCIÓN 5D: Aspectos relativos al servicio de radiodifusión terrenal y a los servicios móviles terrenales . . . . .	47
SECCIÓN 5E: Aspectos relativos al servicio fijo terrenal . . . . .	87
SECCIÓN 5F: Aspectos relativos a los sistemas de telecomunicaciones espaciales . . . . .	89
SECCIÓN 5G: Factores de propagación que intervienen en la interferencia: Sistemas espaciales y terrenales . . . . .	95

---

RECOMENDACIONES	Sección	Página
Recomendación 310-7	5A	17
Recomendación 311-5	5A	16
Recomendación 341-2	5A	10
Recomendación 368-6	5B	21
Recomendación 369-4	5C	41
Recomendación 370-5	5D	47
Recomendación 452-4	5G	95
Recomendación 453-2	5C	42
Recomendación 525-1	5A	5
Recomendación 526-1	5B	37
Recomendación 527-2	5B	38
Recomendación 528-2	5D	76
Recomendación 529-1	5D	85
Recomendación 530-3	5E	87
Recomendación 581-2	5C	46
Recomendación 616	5D	75
Recomendación 617	5E	88
Recomendación 618-1	5F	89
Recomendación 619	5G	96
Recomendación 620	5G	97
Recomendación 676	5C	43
Recomendación 677	5C	44
Recomendación 678	5C	45
Recomendación 679	5F	90
Recomendación 680	5F	91
Recomendación 681	5F	92
Recomendación 682	5F	93

*Nota* — Las Resoluciones que figuran ya en orden numérico en el cuadro de materias, no se repiten en el presente índice.

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## COMISIÓN DE ESTUDIO 5

## PROPAGACIÓN EN MEDIOS NO IONIZADOS

*Mandato:*

Estudiar con miras a mejorar las radiocomunicaciones, la propagación de las ondas radioeléctricas (incluido el ruido radioeléctrico conexo).

- en la superficie de la Tierra;
- a través de las regiones no ionizadas de la atmósfera terrestre;
- en el espacio, donde los efectos de la ionización son despreciables;

1986-1990 *Relator Principal:* A. KALININ (URSS)  
*Relatores Principales Adjuntos:* F. FEDI (Italia)  
 Y. HOSOYA (Japón)

A partir del próximo periodo de estudios, de conformidad con la Resolución 61, adoptada por la XVII Asamblea Plenaria de Düsseldorf (mayo-junio de 1990), el cometido del trabajo que deberá emprenderse y los nombres del Relator Principal y los Relatores Principales Adjuntos correspondientes, se dan a continuación:

## COMISIÓN DE ESTUDIO 5

## PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS RADIOELÉCTRICAS EN MEDIOS NO IONIZADOS

*Cometido:*

Propagación de las ondas radioeléctricas y fenómenos de ruido asociados en medios no ionizados en la superficie de la Tierra y por encima de ésta con el propósito de mejorar los sistemas de radiocomunicación.

1990-1994 *Relator Principal:* A. KALININ (URSS)  
*Relatores Principales Adjuntos:* F. FEDI (Italia)  
 Y. HOSOYA (Japón)

## INTRODUCCIÓN POR EL RELATOR PRINCIPAL DE LA COMISIÓN DE ESTUDIO 5

En el periodo de estudios 1986-1990, la Comisión de Estudio 5 siguió examinando a fondo los diversos aspectos de la propagación de las ondas radioeléctricas en los medios no ionizados, teniendo en cuenta las necesidades de los diferentes servicios terrenales y espaciales. En las Reuniones Intermedias y Finales de la Comisión de Estudio 5 se examinaron más de 400 documentos, signo del volumen de trabajo realizado.

La Comisión de Estudio 5 ha seguido reforzando su colaboración con otras Comisiones de Estudio con objeto de satisfacer las necesidades prácticas de las Comisiones encargadas de servicios concretos. En particular, en la Reunión Final se decidió que la Comisión de Estudio 5 participase en dos Grupos Interinos de Trabajo Mixtos, uno encargado de la preparación del Informe del CCIR a la CAMR-92 y el segundo encargado de la determinación de la zona de coordinación con objeto de actualizar el apéndice 28 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

*Actividades de los Grupos Interinos de Trabajo*

Seguidamente se describe la labor realizada por los cinco GIT de la Comisión de Estudio 5 desde la XVI Asamblea Plenaria.

*GIT 5/1 (Decisión 3)*

Influencia de la superficie de la Tierra y aspectos de interés general en relación con la propagación troposférica.

*Presidente:* A. Blomquist (Suecia)

El GIT 5/1 se reunió dos veces, pero una gran parte de su trabajo se efectuó por correspondencia y se encomendó a la Secretaría. Los principales sectores de actividad fueron:

- preparación de un Manual con las curvas de propagación sobre la superficie de la Tierra, de conformidad con la Resolución 72;
- perfeccionamiento de la Recomendación 368, comprendido el margen para el efecto del campo cercano;
- examen de métodos para el tratamiento de la propagación por difracción sobre aristas múltiples en filo de cuchillo y de métodos de predicción autónomos para trayectos sobre terreno accidentado;
- examen de los textos de carácter general contenidos en el Volumen V, comprendida una revisión propuesta de la «Introducción a los textos».

En su Reunión Final, la Comisión de Estudio estimó que el GIT había cumplido con éxito su mandato y que convenía suprimir la Decisión 3. Como consecuencia, se disolvió el GIT 5/1.

Sin embargo, la Comisión de Estudio reconoció la necesidad de emprender ciertos estudios concretos relacionados con los efectos del terreno y de las estructuras artificiales. En particular, podría ser considerablemente provechosa para esa labor la utilización de bases digitales de datos sobre las características del terreno. Como consecuencia, la Comisión de Estudio adoptó la Decisión 102 (Predicciones de la propagación fundamentadas en bases de datos digitales sobre las características del terreno, incluidas las irregularidades y las estructuras artificiales), en la que se establece el nuevo GIT 5/6 para la realización de los correspondientes estudios.

*GIT 5/2 (Decisión 4)*

Datos relativos a la propagación troposférica para la planificación de los sistemas espaciales y de los sistemas terrenales entre puntos fijos y la determinación de la interferencia probable entre sistemas.

*Presidente:* M. P. M. Hall (Reino Unido)

El GIT se reunió dos veces durante el periodo de estudios y su labor se centró principalmente en:

- el examen y el establecimiento de los bancos de datos de la Comisión de Estudio 5, recientemente realizados con un sistema de gestión de bases de datos por computador;
- el examen de los resultados de los Grupos encargados de ensayar los métodos de predicción contenidos en las secciones E, F y G; resultado de esta labor fue la recomendación de un método único para la atenuación causada por la lluvia en un trayecto Tierra-espacio;
- la preparación de respuestas a las cuestiones sometidas a la Comisión de Estudio 5 por otras Comisiones de Estudio.

En la Reunión Final se revisó la Decisión 4 que, además de abarcar los aspectos más amplios de los temas contenidos en las secciones E, F y G, requiere un hincapié especial en:

- los datos sobre propagación de interés para la predicción de los niveles de interferencia y la determinación de la distancia de coordinación;
- las consecuencias que los nuevos datos sobre las regiones tropicales tendrían en los métodos de predicción de la atenuación causada por la lluvia recomendados en los Informes 338 y 564.

*GIT 5/3 (Decisión 5)*

Influencia de las regiones no ionizadas de la atmósfera en la propagación de las ondas.

*Presidente:* F. Fedi (Italia)

El GIT se reunió dos veces durante el periodo de estudios y efectuó modificaciones importantes en muchos de los textos fundamentales sobre radiometeorología. Además, preparó el Informe 1147 sobre la evaluación estadística de datos, que tiene particular interés para las actividades en curso de la Comisión sobre el cotejo de los métodos de predicción con los datos obtenidos mediante mediciones.

Entre otros temas estudiados cabe citar:

- la estructura vertical y horizontal de la lluvia;
- la variación latitudinal de la altura de la isoterma de cero grados;
- reducción de las frecuencias a una escala común;

- examen de los datos sobre índices de pluviosidad en latitudes bajas e iniciación de un banco de datos del CCIR sobre intensidad de las precipitaciones;
- influencia de las nubes y de la niebla en frecuencias superiores a unos 20 GHz;
- elaboración de modelos de centelleo troposférico y datos conexos obtenidos por medición.

Además de los estudios generales sobre los fenómenos radiometeorológicos, en la Decisión 5 recién revisada se solicitan estudios concretos sobre:

- climatología y variabilidad natural de la lluvia y sus efectos;
- datos meteorológicos y modelos de predicción de la atenuación en trayectos Tierra-espacio para porcentajes de tiempo de 0,1% a 10%.

#### *GIT 5/5 (Decisión 50)*

Datos relativos a la propagación troposférica para los servicios de radiodifusión y móviles.

*Presidente:* H. Berthod (Francia)

El GIT se ha reunido dos veces y han primado en su labor los trabajos entre reuniones de la CARR AFBC. En la preparación del capítulo sobre propagación para el Informe del CCIR a la Segunda Reunión de la Conferencia se utilizaron valiosos datos obtenidos por medición en Burkina Faso, Tel Aviv y África Austral, así como unos estudios realizados con los datos de refractividad disponibles; se preparó también material relacionado con la compartición en la Banda V de televisión y la utilización de polarización circular en la radiodifusión de televisión.

Además, el GIT ha iniciado una amplísima reevaluación del método de predicción contenido en la Recomendación 370 para el servicio de radiodifusión en las bandas de ondas métricas y decimétricas con objeto de establecer un método universal para todos los trayectos de propagación de punto a zona, con lo que se incluirá a los sistemas móviles. El GIT se ha encargado también de una revisión completa del Informe 567 relativo a los datos de propagación y los métodos de predicción requeridos para el servicio móvil terrestre.

En la Reunión Final de la Comisión se decidió suprimir la Decisión 50 y, por consiguiente, disolver el GIT 5/5. Se reconoció sin embargo la necesidad de efectuar otros trabajos en relación con los servicios terrenales de radiodifusión y móvil terrestre y la Comisión invitó pues a su Relator Principal a que, en consulta con el Director del CCIR, identificase los estudios requeridos que ulteriormente se encomendarían a un nuevo GIT. El mandato de este nuevo Grupo de Trabajo (GIT 5/7) se centra en particular en la especificación de un método de predicción uniforme adecuado para los servicios de radiodifusión y móvil terrestre.

#### *GITM ORB(2)* (Estudios del CCIR que se han de realizar en el periodo entre reuniones para su presentación a la Segunda Reunión de la CAMR ORB-88)

La contribución de la Comisión de Estudio 5 al GITM se encomendó a un Relator Especial quien, antes de la reunión, examinó la información sobre propagación contenida en el Volumen V que revestía interés para los estudios entre reuniones y la resumió, de modo que el GITM pudiese remitirse ulteriormente a ella.

#### *GITM AFBC(2)* (Trabajos preparatorios del CCIR para la CARR AFBC(2))

El GITM se reunió dos veces durante el periodo de estudios. La contribución de la Comisión de Estudio 5 se canalizó fundamentalmente a través del GIT 5/5 que preparó el capítulo del Informe del CCIR sobre propagación.

#### *Principales resultados*

En las Reuniones Intermedia y Final de la Comisión de Estudio 5 se introdujeron adiciones y modificaciones en casi todos los textos de la Comisión, se prepararon Recomendaciones e Informes nuevos y se dedicó un tiempo considerable a la actualización de las Cuestiones y de los Programas de Estudios. A continuación se reseñan sucintamente las adiciones y modificaciones efectuadas en los textos de todas las secciones del Volumen V.

#### *Sección 5A – Textos de interés general*

Se redactó el Informe 1144 relativo al establecimiento de bancos de datos sobre la propagación de las ondas radioeléctricas necesarios para la actualización de los métodos de predicción existentes y la elaboración de nuevos métodos, Informe en el que se indican los formatos para la presentación de datos sobre los diversos aspectos de la propagación de las ondas radioeléctricas. A la luz de este Informe se modificó la Recomendación 311. Se actualizó la introducción a los textos de la Comisión de Estudio 5 y se efectuaron modificaciones y adiciones en la Recomendación 310 «Definición de términos relativos a la propagación en medios no ionizados» y en el Informe 1007 «Distribuciones estadísticas de probabilidad utilizadas en la propagación de las ondas radioeléctricas». Se decidió no reimprimir el Informe 227 «Métodos generales de medida de la intensidad de campo y de otras magnitudes conexas» en la próxima edición del Volumen V, porque se trata fundamentalmente de un texto de referencia y bastará con una referencia cruzada al Volumen V de la XVI Asamblea Plenaria del CCIR.

*Sección 5B – Influencia del terreno (incluida la propagación por onda de superficie)*

Se preparó un Informe 1145 titulado «Propagación en terreno irregular con y sin vegetación» en el que se examinan diferentes modelos de aproximación para las irregularidades del terreno y varios métodos para predecir la pérdida de transmisión sobre terreno irregular y se presentan evaluaciones de la atenuación causada por bosques y terrenos boscosos. Se introdujeron adiciones y modificaciones en el Informe 715 «Propagación por difracción» y en el Informe 1008 «Reflexión en la superficie de la Tierra». La Comisión de Estudio decidió, al igual que en el caso del Informe 227, que el Informe 336 no se reimprima y se haga simplemente referencia a la versión contenida en el Volumen V (Dubrovnik, 1986).

*Sección 5C – Influencia de la atmósfera (radiometeorología)*

Se redactaron tres Recomendaciones nuevas: la Recomendación 676 «Atenuación producida por los gases atmosféricos», la Recomendación 677 «Emisiones radioeléctricas procedentes de fuentes naturales en frecuencias superiores a 50 MHz» y la Recomendación 678 «Caracterización de la variabilidad natural de los fenómenos de propagación». También se preparó el Informe 1147 titulado «Evaluación estadística de datos», en el que se proponen modelos concretos para evaluar la variabilidad de los datos de propagación. Se efectuaron adiciones y modificaciones en el Informe 563 «Datos radiometeorológicos», en el Informe 721 «Atenuación producida por hidrometeoros, en particular en forma de lluvia, y por otras partículas atmosféricas», en el Informe 718 «Efectos de la refracción troposférica sobre la propagación de las ondas radioeléctricas», en el Informe 723 «Estadísticas del mes más desfavorable», en el Informe 722 «Transpolarización debida a la atmósfera», en el Informe 719 «Atenuación producida por los gases de la atmósfera» y en el Informe 882 «Dispersión provocada por las precipitaciones».

*Sección 5D – Aspectos relativos al servicio de radiodifusión terrenal y a los servicios móviles terrenales*

Se introdujeron adiciones y modificaciones en el Informe 567 «Datos de propagación y métodos de predicción utilizados en el servicio móvil terrestre en frecuencias comprendidas entre 30 MHz y 3 GHz», relativas a los fenómenos de despolarización, a los efectos de la vegetación y de los edificios en la intensidad de campo y a la evaluación de la estructura de la señal en trayectos múltiples. Se recogió nueva información en el texto del Informe 239 «Datos estadísticos de propagación necesarios para los servicios de radiodifusión en la gama de frecuencias de 30 a 1000 MHz» y en el Informe 562 «Datos de propagación necesarios para la radiodifusión terrenal y los sistemas de comunicación punto a multipunto en bandas de frecuencias superiores a 10 GHz».

*Sección 5E – Aspectos relativos al servicio fijo terrenal*

Se modificó considerablemente el texto de la Recomendación 530 «Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa», que ahora contiene detalles sobre los aspectos de la propagación de las ondas radioeléctricas tratados en el Informe 338 y aplicables a esos sistemas. El Informe 338 se ha completado con información nueva. Se han incluido también datos nuevos en el Informe 238 «Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para los sistemas terrenales transhorizonte».

*Sección 5F – Aspectos relativos a los sistemas de telecomunicaciones espaciales*

Se redactaron cuatro Recomendaciones nuevas. En la primera titulada «Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de radiodifusión por satélite» se propone la utilización para estos sistemas de los datos contenidos en el Informe 565. En la segunda titulada «Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación móviles marítimos Tierra-espacio» se propone la utilización para estos sistemas de los datos contenidos en el Informe 884. En la Recomendación 671 titulada «Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación móviles terrestres Tierra-espacio» se propone la utilización para estos sistemas de los métodos indicados en el Informe 1009. En la Recomendación 682 titulada «Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación móviles aeronáuticos Tierra-espacio» se propone la utilización para estos sistemas de los datos contenidos en el Informe 1148; en este Informe se describen los efectos concretos en la propagación de las aeronaves que vuelan a gran altitud y a gran velocidad. Se efectuaron modificaciones en la Recomendación 618 «Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicaciones Tierra-espacio». Por último, se añadieron datos nuevos en todos los Informes de la sección 5F.

*Sección 5G – Factores de propagación que intervienen en la interferencia: Sistemas espaciales y terrenales*

Se elaboró el Informe 1146 que versa sobre «La dispersión debida al terreno como factor de interferencia» y se introdujeron adiciones en el Informe 569 «Evaluación de los factores de propagación que intervienen en los problemas de interferencia entre estaciones en la superficie de la Tierra en frecuencias superiores a unos 0,5 GHz» y en el Informe 885 «Datos de propagación necesarios para la evaluación de la interferencia entre estaciones en el espacio y estaciones en la superficie de la Tierra».

### *Cuestiones y Programas de Estudios*

Se trabajó mucho en la actualización de las Cuestiones y los Programas de Estudios. Se concedió prioridad a la formulación de las Cuestiones de tal modo que se den directrices suficientemente detalladas para que sea posible investigar los aspectos de la propagación teniendo en cuenta las necesidades de los diferentes servicios. Sobre la base de las Cuestiones y de los Programas de Estudios existentes, se prepararon 13 Cuestiones nuevas y se revisaron dos:

- Cuestión 1-4/5      Influencia del terreno en la propagación por debajo de 30 MHz
- Cuestión 2-5/5      Datos radiometeorológicos requeridos para planificar los sistemas de telecomunicación terrenales y espaciales y las aplicaciones de investigación espacial
- Cuestión 9/5      Predicciones de la propagación teniendo en cuenta las características detalladas del terreno y las bases de datos digitales sobre el terreno
- Cuestión 10/5      Efectos de las irregularidades del terreno y de la vegetación en la propagación troposférica
- Cuestión 11/5      Datos de propagación necesarios para el servicio de radiodifusión terrenal entre 30 MHz y 10 GHz
- Cuestión 12/5      Datos de propagación necesarios para el servicio móvil terrestre entre 30 MHz y 10 GHz
- Cuestión 13/5      Datos de propagación necesarios para la radiodifusión terrenal por encima de 10 GHz
- Cuestión 14/5      Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para los sistemas de visibilidad directa
- Cuestión 15/5      Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para los sistemas transhorizonte
- Cuestión 16/5      Datos de propagación y de ruido y métodos de predicción necesarios para sistemas de telecomunicaciones espaciales
- Cuestión 17/5      Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para los servicios de radiodifusión por satélite en las bandas de frecuencias por encima de unos 0,5 GHz
- Cuestión 18/5      Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para los servicios móviles y de radiodeterminación por satélite en las bandas de frecuencias superiores a unos 0,5 GHz
- Cuestión 19/5      Factores de propagación que afectan la compartición de frecuencias
- Cuestión 20/5      La dispersión debida a las precipitaciones como causa de interferencia entre sistemas terrenales y sistemas espaciales
- Cuestión 21/5      La dispersión debida al terreno como factor de interferencia

### *Principales tareas para el próximo periodo de estudios*

La tarea más urgente para el próximo periodo de estudios es la elaboración de unos métodos normalizados de predicción de las características estadísticas de las señales para los diversos servicios. Actualmente, muchos de los Informes que figuran en el Volumen V contienen por desgracia diferentes métodos, basados generalmente en datos nacionales. Es necesario seguir comparando esos métodos entre sí y con el acervo de datos experimentales existente en los bancos de datos. Esta comparación debe revelar qué métodos son más aceptables, teniendo en cuenta la exactitud de predicción requerida para la máxima variedad de condiciones climatológicas y topográficas, de modo que sea posible recomendarlos para su aplicación mundial.

Una tarea normal que sigue revistiendo importancia es la obtención de más datos experimentales sobre la propagación en diferentes condiciones naturales y en diferentes bandas de frecuencias teniendo en cuenta las características operativas concretas de los diferentes sistemas de radiocomunicación.

El desarrollo intensivo de sistemas móviles por satélite (terrestres, marítimos, aeronáuticos y de radionavegación) hará verdaderamente necesaria la realización de investigaciones sobre el efecto del medio ambiente en las características de la señal: atenuación de la señal debida a las irregularidades del terreno, la vegetación y los edificios, dispersión de las ondas, reflexión y propagación por trayectos múltiples.

La generalización creciente de los sistemas digitales de radioenlaces con visibilidad directa a gran velocidad binaria hace que sea indispensable emprender investigaciones teóricas y prácticas sobre distorsión de la señal en amplitud/frecuencia y en fase/frecuencia, fenómeno que tiene un efecto extremadamente adverso en el funcionamiento de esos sistemas. Será especialmente importante investigar esa distorsión en trayectos sobre terreno llano donde el efecto de la reflexión sobre la superficie de la Tierra es considerable y para describir esos procesos se ha de utilizar un modelo estadístico de propagación de la señal por tres trayectos.

Como siempre, será necesario seguir esforzándose por determinar la medida precisa en que los niveles en la señal interferente dependen de la distancia, de la altura de la antena, de la frecuencia y de las condiciones climatológicas y topográficas.

## SECCIÓN 5A: TEXTOS DE INTERÉS GENERAL

## INTRODUCCIÓN A LOS TEXTOS DE LA COMISIÓN DE ESTUDIO 5

## PROPAGACIÓN EN MEDIOS NO IONIZADOS

Incumbe a la Comisión de Estudio 5 estudiar la propagación de las ondas radioeléctricas (y del ruido radioeléctrico):

- en la superficie de la Tierra,
- a través de las regiones no ionizadas de la atmósfera terrestre,
- en el espacio ultraterrestre, allí donde el efecto de la ionización es insignificante,

con objeto de mejorar las radiocomunicaciones. Los efectos del terreno son los debidos a la topografía o a las características eléctricas de la superficie de la Tierra y se manifiestan en todo el espectro de frecuencias radioeléctricas. La región más importante de la atmósfera no ionizada es la troposfera. Su influencia sobre la propagación es de gran importancia para las frecuencias superiores a unos 30 MHz, pero se hace menos importante para frecuencias inferiores. La propagación en el espacio ultraterrestre constituye esencialmente una ampliación de los conceptos del espacio libre utilizados ampliamente en los cálculos generales. Estos factores definen, por consiguiente, los sectores fundamentales del campo de actividades de la Comisión de Estudio 5.

El problema fundamental con que se enfrenta un ingeniero de radiocomunicaciones al establecer un servicio es el de lograr una relación «señal deseada/señal no deseada» satisfactoria en los sistemas analógicos o una «proporción de errores» muy baja en los sistemas digitales. En este contexto, la señal no deseada puede comprender:

- ruido producido en el propio equipo terminal o ruido inherente del sistema, que se debe a la propagación por trayectos múltiples (por ejemplo, ruido de intermodulación en los enlaces del tipo MDF-MF);
- ruido artificial, es decir, el ruido radioeléctrico diferente al producido por otras fuentes de emisiones;
- ruido debido a causas naturales, incluido el ruido ultraterrestre;
- ecos debidos a la propagación por trayectos múltiples;
- señales de interferencia procedentes de otros sistemas de radiocomunicaciones.

El ingeniero debe establecer una señal adecuada para satisfacer los requisitos de funcionamiento del servicio de que se trate, habida cuenta de las circunstancias en las que debe operar ese servicio. Para solventar ese problema es preciso conocer el nivel y la variación tanto de la señal deseada como de la no deseada. El nivel de la señal no deseada puede o no ser controlable.

Los datos sobre la pérdida y desvanecimiento previstos de una señal se utilizan para determinar la potencia, las características de la antena, el alcance del servicio o la longitud del salto, con lo cual se puede evaluar la calidad de funcionamiento del servicio para un porcentaje de tiempo concreto (por ejemplo el 99%), para una localización de recepción determinada o para un porcentaje específico de localizaciones (por ejemplo el 50%), dentro de una zona de recepción. Esos datos sobre propagación también son necesarios para evaluar el nivel de las señales interferentes, que se rebasa únicamente durante un pequeño porcentaje de tiempo (por ejemplo el 0,1%), en el punto de recepción o en los puntos de recepción que interesan.

La información sobre propagación puede obtenerse con la mayor eficacia a partir de la recopilación y análisis de los datos sobre mediciones a largo plazo. Por ejemplo, las mediciones de la intensidad de campo recibida como consecuencia de una transmisión en la frecuencia de interés pueden servir para elaborar estadísticas sobre el nivel de la señal que cabe prever. Se puede aumentar considerablemente la utilidad de ese tipo de datos realizando mediciones simultáneas de las características predominantes que influyen en la propagación, por ejemplo, mediciones simultáneas de la intensidad de lluvia y del nivel de la señal recibida desde un satélite de transmisión a frecuencias de gigahertzios. A su vez, estas dos series de datos pueden servir de base para establecer un método de predicción de la propagación que podría luego emplearse en otras regiones que presentaran características de propagación similares (por ejemplo, intensidades de lluvias análogas). La exactitud de una técnica de predicción de esta índole depende en gran medida del alcance y la calidad de los datos en los que se basa y, en muchas regiones del mundo, no se dispone aún de una compilación de datos sobre mediciones suficientemente abundante como para elaborar un método de predicción satisfactorio.

Las Recomendaciones contienen datos y métodos suficientemente fiables que pueden utilizarse para planificar o establecer servicios. Los Informes proporcionan información adicional y datos o describen el estado provisional de los métodos que eventualmente pueden convertirse en Recomendaciones. En algunos Informes se proporciona una selección de métodos, aunque ninguno se considere como el método preferido.



Se ha publicado separadamente un Informe titulado «Atlas Mundial de la conductividad del suelo» (Informe 717). La Comisión de Estudio 5 también ha elaborado un Manual en que figuran las Curvas de propagación de las ondas radioeléctricas sobre la superficie de la tierra. Asimismo, la Comisión de Estudio 5 ha compilado los datos sobre mediciones para el ensayo de métodos de predicción contenidos en el Volumen V. En el Informe 1144 pueden encontrarse detalles acerca de los bancos de datos.

## 1. Tipos de servicio

Los servicios pueden clasificarse en dos grandes categorías:

- servicios de punto a punto;
- servicios de punto a zona, como por ejemplo la radiodifusión sonora, la televisión y los servicios móviles.

En general, las dos categorías anteriores de servicio pueden subdividirse del siguiente modo:

- servicios en los que los trayectos de propagación son exclusivamente terrestres,
- servicios en los que los trayectos de propagación son entre Tierra y espacio o entre espacio y espacio.

La planificación de los servicios terrenales de punto a punto se hace teniendo debidamente en cuenta las características topográficas del trayecto de propagación entre los puntos en cuestión. En cuanto a los servicios de los sistemas terrenales de punto a zona, cabe considerar que la propagación se efectúa por múltiples trayectos individuales, pero hasta ahora la determinación de la calidad del servicio se ha abordado fundamentalmente en términos de cobertura estadística, dada la imposibilidad práctica de estudiar todos esos trayectos individuales. Sin embargo, el reciente desarrollo de técnicas idóneas de computador, junto con un cálculo más correcto de las características de propagación a lo largo de trayectos típicos, puede permitir un enfoque más riguroso respecto al problema de los servicios de punto a zona.

## 2. Características de propagación

### 2.1 Aspectos relativos a la frecuencia

La propagación de las ondas radioeléctricas a lo largo del trayecto de transmisión se ve influida por muchos factores, cuya importancia relativa depende fundamentalmente de la frecuencia. En las bandas de ondas kilométricas y hectométricas, la propagación está fuertemente influida por las características eléctricas del suelo y, dependiendo del momento del día y de la estación, por la ionosfera. La propagación en las bandas de ondas decamétricas está dominada por la refracción ionosférica, aunque a cortas distancias los trayectos directos entre el transmisor y el receptor se ven afectados por las obstrucciones del terreno. A medida que aumenta la frecuencia aumenta en la banda de ondas métricas, la importancia de los efectos ionosféricos disminuye, de modo que en las bandas de ondas métricas y decimétricas la propagación depende principalmente del tipo de terreno y de las características meteorológicas de la capa atmosférica más baja, o troposfera. Estos últimos dos factores revisten también importancia fundamental en la gama de frecuencias de microondas, pero por encima de unos 6 GHz deben tenerse también en cuenta los efectos de la lluvia; a frecuencias superiores a unos 12 GHz, por ejemplo, la lluvia puede pasar a ser un factor dominante.

### 2.2 Efectos del terreno

Cuando las ondas radioeléctricas se propagan sobre el terreno o a través de él, las características de propagación quedan determinadas por:

- las propiedades eléctricas de la superficie del terreno;
- la configuración física de la superficie terrestre, incluyendo la vegetación y las estructuras de dimensiones arbitrarias edificadas por el hombre.

En frecuencias superiores a unos 30 MHz, la configuración física es el factor de mayor importancia. El efecto pertinente en la pérdida de transmisión global está determinado por la frecuencia de que se trate, por las características eléctricas correspondientes y/o por la topografía del terreno. Cabe señalar que en el caso de propagación troposférica en las proximidades de la superficie terrestre, los efectos de la irregularidad del terreno tienen importancia en todo momento.

### 2.3 Efectos debidos a la troposfera

Las ondas propagadas a través de las regiones no ionizadas de la atmósfera se ven afectadas por los componentes gaseosos de la atmósfera y por todas las formas de nubes y precipitaciones. La importancia relativa de esos factores depende del clima y de la frecuencia.

Los componentes gaseosos de la atmósfera influyen en la propagación de las ondas radioeléctricas tanto por la absorción de energía como por las variaciones del índice de refracción, que originan la reflexión, la refracción y la dispersión de las ondas. La absorción se debe principalmente a la presencia de oxígeno, vapor de agua y agua, y no es apreciable a frecuencias inferiores a unos 3 GHz. Sin embargo, aunque los fenómenos asociados a las variaciones del índice de refracción se producen a frecuencias inferiores a 30 MHz, dichos fenómenos revisten especial importancia para la planificación de sistemas en frecuencias superiores a 30 MHz aproximadamente.

Las nubes y las precipitaciones influyen en la propagación de dos maneras básicas:

- por la absorción de una parte de la energía que pasa por ellas;
- por dispersión y cambiando la polarización de las ondas radioeléctricas.

La dispersión contribuye evidentemente a la atenuación del haz frontal, pero también tiene importancia porque desvía la energía hacia otras direcciones, incluyendo también la dirección en sentido inverso hacia el transmisor. También en este caso los efectos tienen importancia en frecuencias superiores a unos 3 GHz.

Ocurren cambios en la polarización cuando las partículas de dispersión no tienen forma esférica. En el caso de dispersión por partículas de agua, se produce también una atenuación importante, mientras que en el caso de partículas de hielo, en general, la atenuación no es significativa.

La variabilidad de las características de propagación debida a los efectos atmosféricos es de capital importancia para determinar la interferencia que es probable se experimente en los sistemas de radiocomunicaciones, especialmente en los modos de propagación asociados con transmisiones muy por encima del horizonte.

#### 2.4 *Efectos debidos a la propagación por trayectos múltiples*

Se aplica esta denominación a todos los casos en que la señal eficaz recibida está formada por varias componentes que llegan a la antena receptora por diferentes trayectos de transmisión. Estas componentes pueden tener distintas fases y amplitudes, y sus relaciones mutuas pueden variar continuamente con el tiempo. Este fenómeno es el resultado de la multiplicidad de trayectos en la troposfera, de reflexiones en ciertos objetos, tales como aeronaves y edificios, de reflexiones especulares y difusas en la superficie de la Tierra y de interfaces horizontales entre diferentes capas de la atmósfera. Tales trayectos múltiples (que son la causa de todos los desvanecimientos rápidos que se observan en los radioenlaces) pueden degradar gravemente la calidad de un servicio, especialmente en lo que se refiere a la anchura de banda.

#### 2.5 *Ruido radioeléctrico*

La Comisión de Estudio 5 examina el ruido radioeléctrico natural en frecuencias por encima de unos 50 MHz que limita o perturba los sistemas que emplean la propagación troposférica. Se hace especial hincapié en el ruido radioeléctrico emitido por moléculas de oxígeno y vapor de agua en la atmósfera, ruido extraterrestre de fuentes solares, planetarias, galácticas y cósmicas, y ruido radioeléctrico térmico emitido por la Tierra (para otras formas de ruido radioeléctrico, véase el Volumen VI).

### 3. **Organización de los textos**

Se estima que la clasificación de los textos más conveniente desde el punto de vista de las aplicaciones prácticas de los datos de propagación es la indicada a continuación. Sin embargo, es importante reconocer la interdependencia entre muchas características de propagación; en muchos casos, se superponen los efectos de más de un modo de propagación, y para evaluar el efecto general en un determinado sistema es esencial comprender claramente cada uno de los fenómenos y la probabilidad de que se produzcan.

#### *Sección 5A: Textos de interés general*

Esta sección comprende las Recomendaciones sobre definiciones de los términos de propagación, conceptos de propagación generales (incluido el concepto de pérdida de transmisión), cálculo de la atenuación en el espacio libre y presentación de los datos en los estudios sobre propagación de ondas troposféricas. Se incluyen los Informes sobre distribuciones estadísticas utilizadas en la propagación por ondas radioeléctricas y en las mediciones de la intensidad de campo y parámetros conexos.

#### *Sección 5B: Influencia del terreno (incluida la propagación por onda de superficie)*

Esta sección contiene las Recomendaciones sobre las curvas de propagación de la onda de superficie para las frecuencias por debajo de 30 MHz y la propagación por difracción. Los temas relativos a las características eléctricas de la superficie de la Tierra, así como la influencia del suelo en la propagación troposférica, se abordan en Informes específicos.

#### *Sección 5C: Influencia de la atmósfera (radiometeorología)*

Esta sección contiene información sobre las características meteorológicas y físicas de la atmósfera que influyen en la propagación radioeléctrica. Se ofrece información sobre las estadísticas de estos factores atmosféricos y sobre su relación con diversos efectos de propagación radioeléctrica, sin examinar las repercusiones de tales efectos en sistemas o servicios particulares.

*Sección 5D: Aspectos relativos al servicio de radiodifusión terrenal y a los servicios móviles terrenales*

Esta sección se refiere a los estudios y medidas que permiten elaborar métodos estadísticos y curvas de propagación para prever los campos útiles y campos interferentes, cuyo conocimiento es necesario para una explotación eficaz de los servicios de radiodifusión terrenales y los servicios móviles terrenales así como, llegado el caso, para la planificación de tales servicios.

Se estudian asimismo las condiciones en las que deben interpretarse o utilizarse estas curvas y métodos en función de las variaciones de ciertos parámetros que pueden influir de manera importante en aplicaciones prácticas: altura de la antena de recepción, naturaleza del trayecto de propagación, medio ambiente del emplazamiento de la recepción, etc., sin olvidar los parámetros que, afectando o no a la intensidad de campo, pueden afectar a la calidad de servicio en los sistemas tanto analógicos como digitales.

*Sección 5E: Aspectos relativos al servicio fijo terrenal*

Esta sección ofrece información con miras a este servicio, para la planificación de trayectos de visibilidad directa terrenales (relevadores radioeléctricos) y trayectos transhorizonte (dispersión troposférica).

El Informe 338 comprende los efectos de propagación que influyen en los trayectos de visibilidad directa terrenales y proporciona métodos de predicción detallados cuando es posible. Se interesa principalmente por la predicción de pérdidas significativas de propagación y por la mejora que puede obtenerse mediante sistemas de diversidad, si bien se examina también la reducción de la discriminación por polarización ortogonal y la distorsión causada por los efectos de la propagación.

Los datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas transhorizonte de relevadores radioeléctricos figuran en el Informe 238. Se trata principalmente de la predicción de pérdidas significativas de propagación tanto para las estadísticas anuales como para el mes más desfavorable. Se estudia de nuevo la mejora por diversidad.

*Sección 5F: Aspectos relativos a los sistemas de telecomunicaciones espaciales*

El Informe 564 se refiere a los datos de propagación y métodos de predicción para los sistemas de telecomunicación Tierra-espacio. Trata principalmente de las aplicaciones para el servicio fijo por satélite, si bien algunos métodos son aplicables también a otros servicios. La atenuación puede estar causada por gases atmosféricos, precipitaciones y nubes, y por tormentas de arena y polvo. Dentro de lo posible se ofrecen métodos de predicción paso a paso. Asimismo se describen los efectos del centelleo y de la propagación por trayectos múltiples. Es también importante la previsión en cuanto a la calidad en el caso de polarización cruzada y se presentan métodos de predicción. Se abarca también la estimación de retardos de propagación y limitaciones de anchura de banda.

Los cuatro Informes restantes tratan de problemas concretos relacionados con la radiodifusión por satélite (Informe 565), los sistemas móviles marítimos por satélite (Informe 884) y sistemas aeronáuticos móviles por satélite (Informe 1148) y los sistemas móviles terrestres por satélite (Informe 1009). En cada uno de estos casos se plantean problemas concretos además de los mencionados en el Informe 564. Se proporcionan métodos de predicción.

*Sección 5G: Factores de propagación que intervienen en la interferencia: sistemas espaciales y terrenales*

Los Informes de esta sección tratan de la predicción del riesgo de aparición de niveles de señal que puedan producir interferencia cocanal y proporcionan información de propagación para el cálculo de las distancias de coordinación. El primer tema se trata en el Informe 569 para la predicción de interferencia que pueda producirse entre estaciones costeras y estaciones terrenales o entre estaciones terrenales. El Informe 885 trata los casos de interferencia entre estaciones en el espacio y estaciones en la superficie de la Tierra. Los datos de propagación para el cálculo de la distancia de coordinación figuran en el Informe 724 para la coordinación entre estaciones terrestres y estaciones terrenales. El Informe 1010 trata la coordinación entre estaciones terrenales (que pueden estar bastante cerca unas de otras y utilizar pequeñas antenas). En general, se ha considerado adecuado separar en estos Informes el examen de la predicción para condiciones de cielo despejado y los casos en que la dispersión de los hidrometeoros puede causar interferencia.

## RECOMENDACIÓN 525-1

## CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE

(1978-1982)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

que la propagación en el espacio libre es una referencia fundamental en ingeniería radioeléctrica,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se utilicen los métodos que figuran en el anexo I para el cálculo de la atenuación en el espacio libre.

## ANEXO I

## 1. Introducción

Como en otros textos del CCIR se suele tomar como referencia la propagación en el espacio libre, en este anexo se reúnen ciertas fórmulas relacionadas con ella. Además, diversos nomogramas permiten efectuar un cálculo gráfico aproximado, que puede ser útil en muchos casos.

## 2. Fórmulas fundamentales para enlaces de telecomunicación

La propagación en el espacio libre puede calcularse de dos formas diferentes, cada una de las cuales se adapta más especialmente a un tipo de servicio.

## 2.1 Enlaces de punto a zona

En el caso de un solo transmisor que dé servicio a gran número de receptores distribuidos al azar (radiodifusión, servicio móvil), se calcula el campo en un punto situado a cierta distancia del transmisor, en una dirección dada, mediante la relación siguiente:

$$E = \frac{\sqrt{30 p}}{d} \quad (1)$$

siendo:

$E$ : intensidad de campo eficaz (V/m) (nota 1).

$p$ : potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) del transmisor en la dirección del punto considerado (W) (nota 2)

$d$ : distancia del transmisor al punto considerado (m).

Se sustituye a menudo la fórmula (1), por la (2), en la que se emplean unidades prácticas:

$$E_{\text{mV/m}} = 173 \frac{\sqrt{p_{\text{kW}}}}{d_{\text{km}}} \quad (2)$$

Estas relaciones se representan en la fig. 1.

Para las antenas que funcionan en condiciones de propagación en el espacio libre, la fuerza electromotriz puede obtenerse multiplicando  $E$  por  $d$  en la fórmula (1), y su dimensión corresponde a la de una tensión.

*Nota 1.* — Si la onda es de polarización elíptica y no rectilínea y se designan por  $E_x$  y  $E_y$  los componentes del campo eléctrico que siguen dos ejes ortogonales, el primer miembro de la ecuación (1) debe sustituirse por  $\sqrt{E_x^2 + E_y^2}$ . Sólo puede deducirse  $E_x$  y  $E_y$  si se conoce la relación de elipticidad. En el caso de una polarización circular se debería sustituir  $E$  por  $E\sqrt{2}$ .

*Nota 2.* — En el caso de las antenas situadas en la superficie del suelo, que funcionan a frecuencias relativamente bajas con polarización vertical, sólo se considera en general la radiación en el semiespacio superior. Debe tenerse en cuenta este hecho para determinar la p.i.r.e. (véase la Recomendación 368).

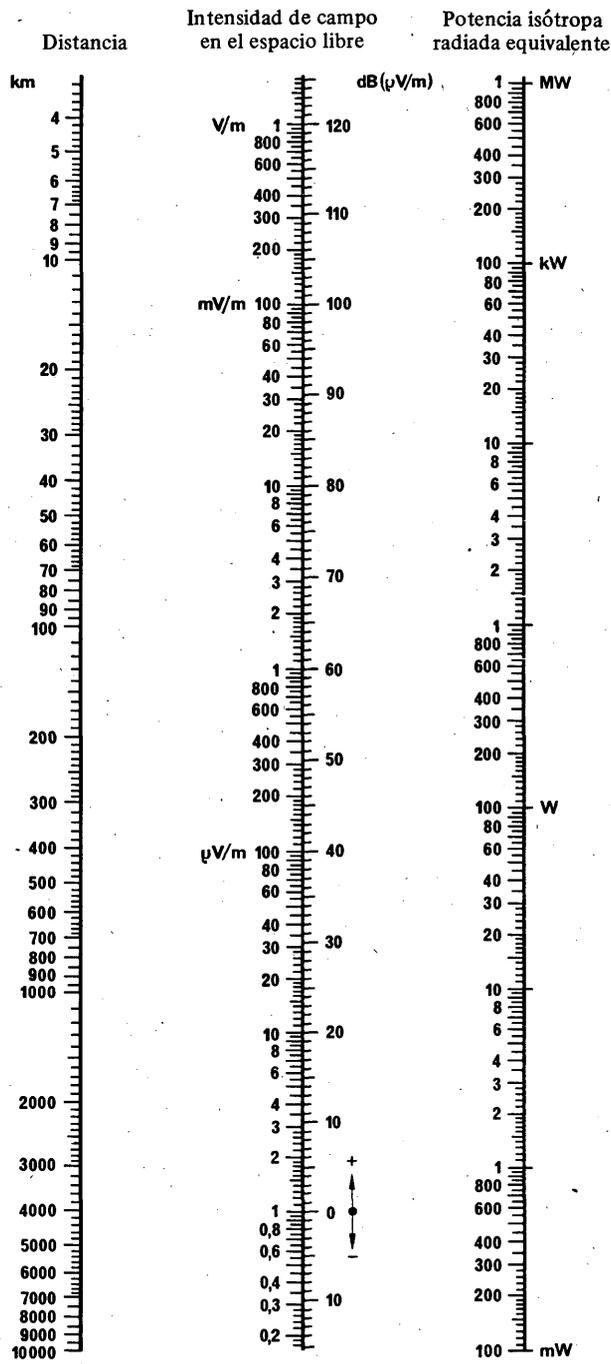


FIGURA 1 – Campo electromagnético en el espacio libre

## 2.2 Enlaces de punto a punto

Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en espacio libre entre antenas isotropas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre (símbolos:  $L_{bf}$  o  $A_0$ ), de la manera siguiente:

$$L_{bf} = 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB} \quad (3)$$

siendo:

$L_{bf}$ : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB),

$d$ : distancia,

$\lambda$ : longitud de onda,

expresándose  $d$  y  $\lambda$  en las mismas unidades.

La fórmula (3) puede también escribirse en función de la frecuencia en vez de la longitud de onda:

$$L_{bf} = 32,5 + 20 \log f_{\text{MHz}} + 20 \log d_{\text{km}} \quad \text{dB} \quad (4)$$

Las fórmulas (3) y (4) se representan en la fig. 2.

## 2.3 Relaciones entre las características de una onda plana

Existen, además, relaciones entre las características de una onda plana (o de una onda asimilable a la onda plana) en un punto:

$$S = \frac{E^2}{120\pi} = \frac{4\pi p_r}{\lambda^2} \quad (5)$$

siendo:

$S$ : densidad del flujo de potencia ( $\text{W}/\text{m}^2$ ),

$E$ : intensidad de campo eficaz ( $\text{V}/\text{m}$ ),

$p_r$ : potencia disponible en una antena isotropa situada en este punto ( $\text{W}$ ),

$\lambda$ : longitud de onda ( $\text{m}$ ).

La fórmula (5) se representa en la fig. 3.

## 3. Pérdida básica de transmisión en el espacio libre (símbolos: $L_{br}$ o $A_{0r}$ ) de los sistemas de radar

Los sistemas de radar constituyen un caso especial en cuanto que su señal sufre una pérdida al propagarse tanto desde el transmisor hasta el blanco como desde éste hasta el receptor. En el caso de los radares dotados de una antena común para la transmisión y la recepción, la pérdida básica de transmisión en el espacio libre,  $L_{br}$ , puede expresarse como sigue:

$$L_{br} = 103,4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{dB} \quad (6)$$

donde:

$\sigma$ : sección transversal del blanco del radar ( $\text{m}^2$ ),

$d$ : distancia del radar al blanco ( $\text{km}$ ), y

$f$ : frecuencia del sistema ( $\text{MHz}$ ).

La sección transversal del blanco del radar para un objeto es la relación entre la potencia total dispersada isotrópicamente equivalente y la densidad de potencia incidente.

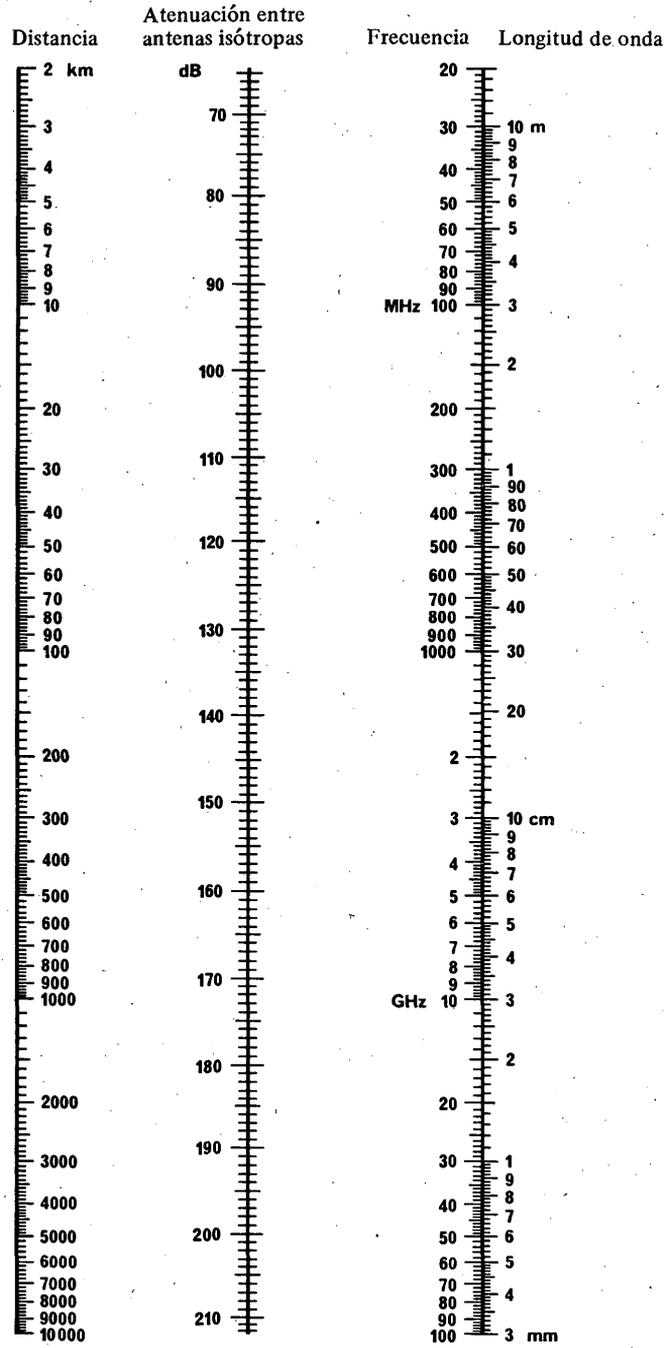


FIGURA 2 – Atenuación de transmisión en espacio libre entre antenas isotropas

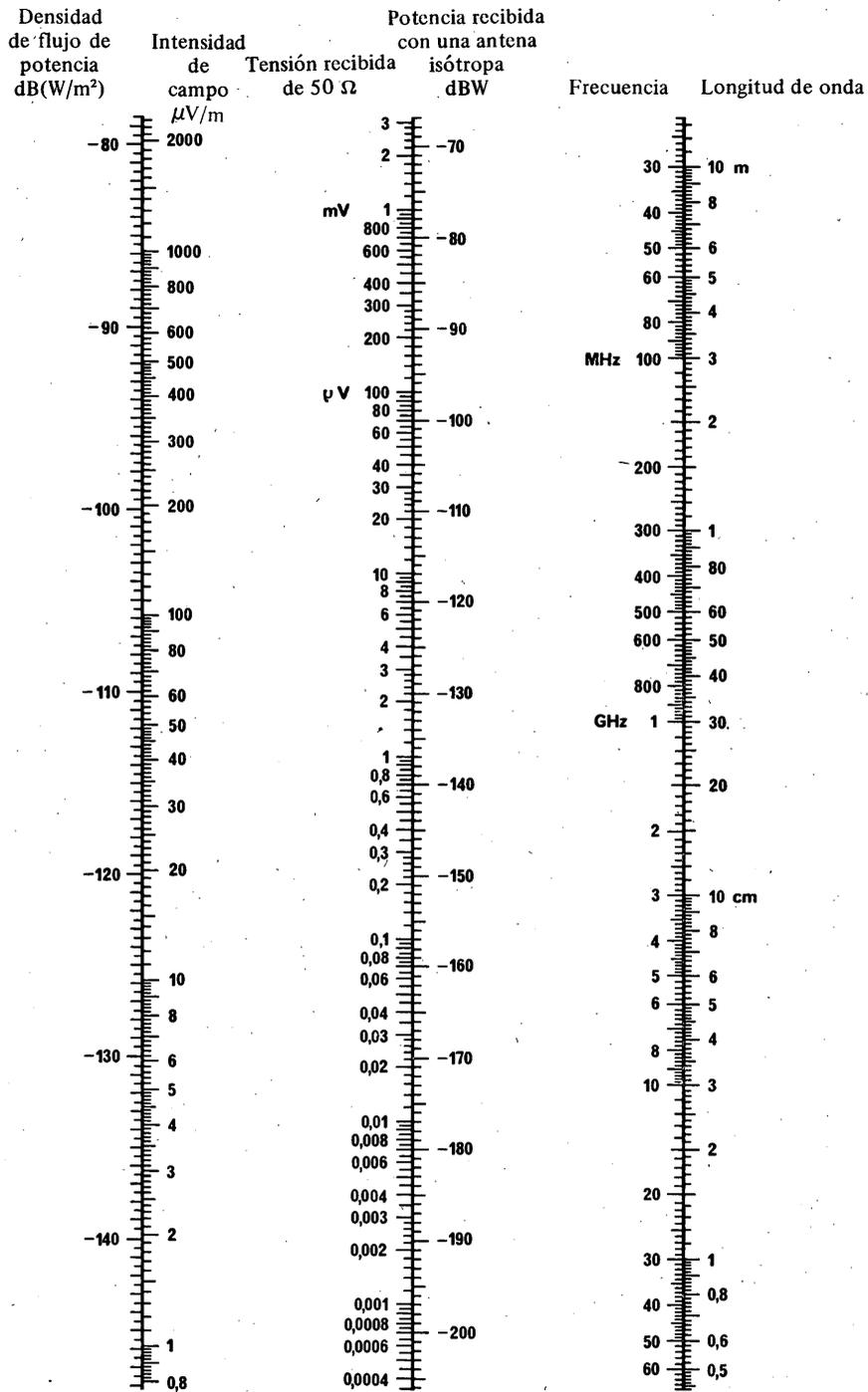


FIGURA 3 – Características de una onda plana

BIBLIOGRAFÍA

BOITHIAS, L. [1972] *Calcul par nomogrammes de la propagation des ondes* (edición cuadrilingüe), Eyrolles, París.

## RECOMENDACIÓN 341-2\*

NOCIÓN DE PÉRDIDAS DE TRANSMISIÓN  
EN LOS ENLACES RADIOELÉCTRICOS\*\*

(1959-1982-1986)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a) que en un enlace radioeléctrico entre un transmisor y un receptor, la relación entre la potencia suministrada por el transmisor y la potencia disponible a la entrada del receptor depende de varios factores, como las pérdidas en las antenas o en las líneas de alimentación, la pérdida debida a diversos mecanismos de propagación, las pérdidas debidas a una mala adaptación de las impedancias o de la polarización, etc.;
- b) que convendría normalizar la terminología y las notaciones empleadas para caracterizar las pérdidas de transmisión y sus componentes;
- c) que la Recomendación 525 proporciona condiciones de referencia, para la propagación en el espacio libre,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que, para caracterizar un enlace radioeléctrico, en el que intervienen un transmisor, un receptor, sus antenas, los circuitos asociados y el medio de propagación, se utilicen los términos, las definiciones y las notaciones siguientes:

1. Pérdida total (de un enlace radioeléctrico)\*\*\* (símbolos:  $L_t$  o  $A_t$ )

Relación, habitualmente expresada en decibelios, entre la potencia suministrada por el transmisor de un enlace radioeléctrico y la potencia suministrada al receptor correspondiente, en las condiciones reales de instalación, propagación y explotación.

*Nota.* — Conviene precisar en cada caso los puntos en que se determina la potencia suministrada por el transmisor y la potencia suministrada al receptor, por ejemplo:

- antes o después de los filtros o multiplexores de radiofrecuencias que pueden utilizarse en la transmisión o en la recepción;
- a la entrada o a la salida de las líneas de alimentación de las antenas de transmisión y de recepción.

2. Pérdida del sistema (símbolos:  $L_s$  o  $A_s$ )

La pérdida del sistema en un enlace radioeléctrico es la relación, expresada generalmente en decibelios, entre la potencia de radiofrecuencia entregada a los terminales de la antena transmisora y la potencia de la señal de radiofrecuencia resultante disponible en los terminales de la antena receptora.

*Nota 1.* — La potencia disponible es la máxima potencia real que una fuente puede entregar a una carga, es decir, la potencia que se entregaría a la carga si hubiera adaptación conjugada de impedancias.

*Nota 2.* — La pérdida del sistema puede expresarse del siguiente modo:

$$L_s = 10 \log (p_t/p_a) = P_t - P_a \quad \text{dB} \quad (1)$$

siendo:

$p_t$ : potencia de radiofrecuencia entregada a los terminales de la antena transmisora; y

$p_a$ : potencia de la señal de radiofrecuencia resultante disponible en los terminales de la antena receptora.

*Nota 3.* — La pérdida del sistema excluye las pérdidas en las líneas de alimentación, pero incluye todas las pérdidas en los circuitos de radiofrecuencia asociados con la antena, como son las pérdidas a tierra, pérdidas dieléctricas, pérdidas en las bobinas de carga de las antenas y pérdidas en las resistencias de terminación.

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la CMV.

\*\* En esta Recomendación se utilizan letras mayúsculas para indicar las relaciones, en decibelios, de las magnitudes correspondientes designadas con letras minúsculas: por ejemplo,  $P_t = 10 \log p_t$ , donde  $P_t$  es la potencia de entrada en la antena transmisora, expresada en decibelios con relación a 1 W(dBW), cuando  $p_t$  es la potencia de entrada en vatios (W).

\*\*\* En la fig. 1 se presenta una descripción gráfica de ésta y de las siguientes definiciones.

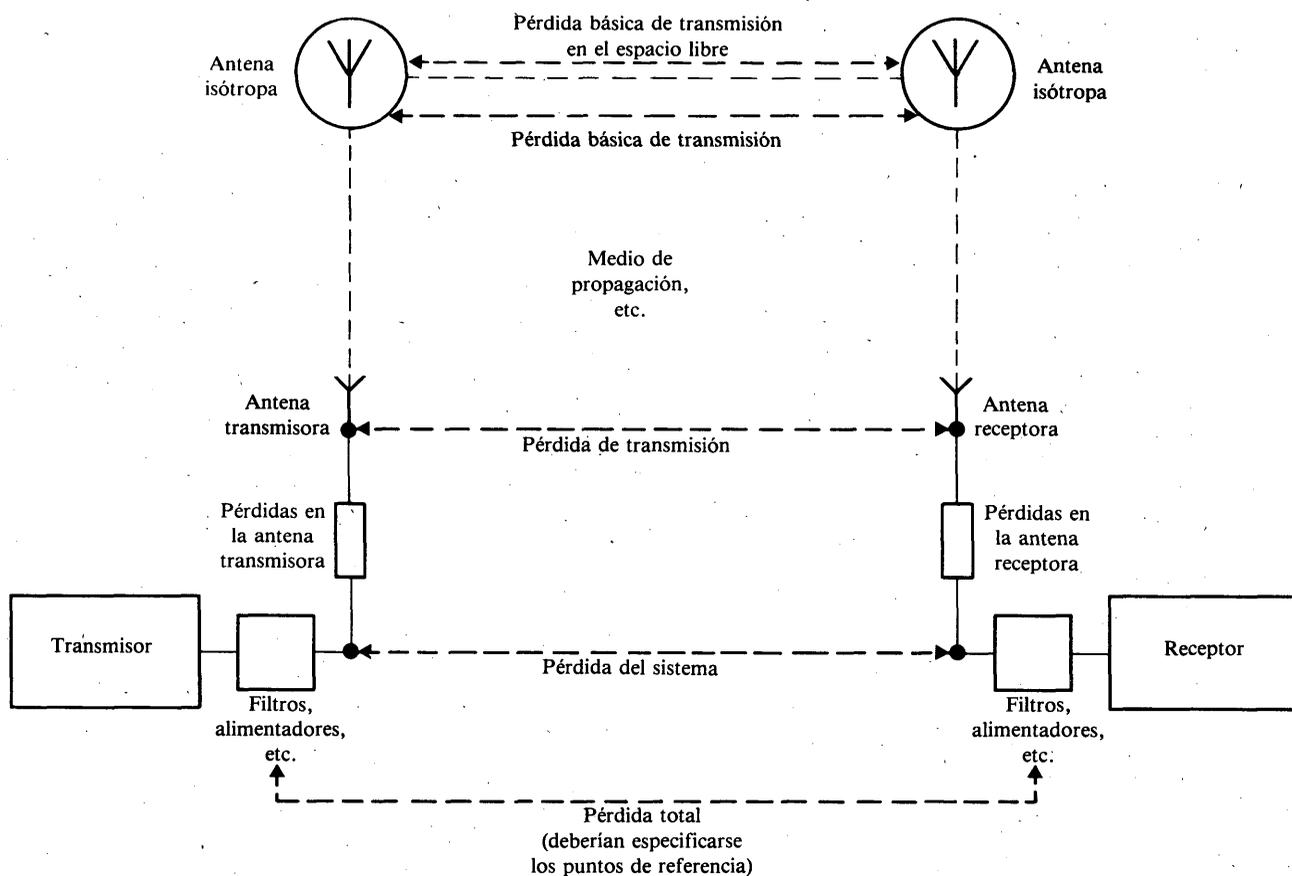


FIGURA 1 - Representación gráfica de los términos utilizados en la noción de pérdida de transmisión

3. **Pérdida de transmisión (de un enlace radioeléctrico)** (símbolos:  $L$  o  $A$ )

Relación, habitualmente expresada en decibelios, para un enlace radioeléctrico, entre la potencia radiada por la antena de transmisión y la potencia que estaría disponible a la salida de la antena de recepción si no hubiera ninguna pérdida en los circuitos de radiofrecuencia, suponiendo que se mantengan los diagramas de radiación de las antenas.

Nota 1. - La pérdida de transmisión puede expresarse del siguiente modo:

$$L = L_s - L_{tc} - L_{rc} \quad \text{dB} \quad (2)$$

en donde  $L_{tc}$  y  $L_{rc}$  son las pérdidas, expresadas en decibelios, en los circuitos de las antenas transmisora y receptora, respectivamente, excluida la disipación asociada a la radiación de las antenas; es decir, la expresión que define a  $L_{tc}$  y  $L_{rc}$  es  $10 \log (r'/r)$ , en donde  $r'$  es la componente resistiva de la impedancia del circuito de antena y  $r$  la resistencia de radiación.

Nota 2. - La pérdida de transmisión es igual a la pérdida del sistema menos la pérdida en los circuitos de radiofrecuencia asociados con las antenas.

4. **Pérdida básica de transmisión (de un enlace radioeléctrico)** (símbolos:  $L_b$  o  $A_i$ )

Pérdida de transmisión que se produciría si se sustituyeran las antenas por antenas isotrópicas con la misma polarización que las antenas reales, conservando el trayecto de propagación, pero despreciando los efectos de los obstáculos próximos a las antenas.

Nota 1. - La pérdida básica de transmisión es igual a la relación entre la potencia isotrópica radiada equivalente del conjunto transmisor y la potencia disponible procedente de una antena receptora isotrópica.

Nota 2. - El efecto de la tierra local próxima a la antena se incluye al calcular la ganancia de la antena, pero no en la pérdida básica de transmisión.

### 5. Pérdida básica de transmisión en el espacio libre (símbolos: $L_{bf}$ o $A_0$ )

Pérdida de transmisión que se produciría si se sustituyeran las antenas por antenas isotropas situadas en un medio dieléctrico perfectamente homogéneo, isotropo y limitado, conservando la distancia entre las antenas (véase la Recomendación 525).

*Nota.* — Si la distancia  $d$  entre las antenas es mucho más grande que la longitud de onda  $\lambda$ , la pérdida en el espacio libre, en decibelios, es igual a:

$$L_{bf} = 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB} \quad (3)$$

### 6. Pérdida de transmisión en el trayecto de un rayo (símbolos: $L_t$ o $A_t$ )

La pérdida de transmisión para el trayecto de propagación de un rayo determinado, es igual a la pérdida básica de transmisión menos las ganancias de las antenas transmisora y receptora en las direcciones del trayecto del rayo (véase el anexo I).

*Nota.* — La pérdida de transmisión en el trayecto de un rayo puede expresarse así:

$$L_t = L_b - G_t - G_r \quad \text{dB} \quad (4)$$

en donde  $G_t$  y  $G_r$  son las ganancias directivas de las antenas transmisora y receptora (véase el anexo I) para una onda plana en las direcciones de propagación y con la polarización consideradas.

### 7. Pérdida relativa al espacio libre (símbolos: $L_m$ o $A_m$ )

Es la diferencia, expresada en decibelios, entre la pérdida básica de transmisión y la pérdida básica de transmisión en el espacio libre.

*Nota 1.* — La pérdida relativa al espacio libre puede expresarse del siguiente modo:

$$L_m = L_b - L_{bf} \quad \text{dB} \quad (5)$$

*Nota 2.* —  $L_m$  puede descomponerse en diferentes tipos de pérdidas tales como:

- *pérdida de absorción* (ionosférica, por gases atmosféricos o por precipitaciones);
- *pérdida de difracción*, como en el caso de las ondas de superficie;
- *pérdida por dispersión o reflexión efectiva*, como en el caso de la propagación ionosférica, incluidos los efectos de posibles enfoques o desenfoques debidos a la curvatura de una capa reflectante;
- *pérdida por acoplamiento de polarización*; puede deberse a desacoplamientos de polarización entre las antenas para una trayectoria de rayo específico considerada;
- *pérdida por acoplamiento abertura-medio* o degradación de la ganancia de antena, que puede ser debida a la presencia de apreciables fenómenos de dispersión en el trayecto;
- *efecto de la interferencia ondulatoria entre el rayo directo y los rayos reflejados*, en el suelo, en otros obstáculos o en las capas atmosféricas.

## ANEXO I

### 1. Directividad

La directividad en una dirección dada se define como la relación entre la intensidad de radiación (potencia por unidad de ángulo sólido (estereorradián)), en esa dirección y la intensidad media radiada por la antena en todas las direcciones.

Al convertir la pérdida de transmisión, o, en casos concretos, la pérdida de transmisión en el trayecto de un rayo, en una pérdida básica de transmisión, deben tenerse en cuenta las directividades de la onda plana para las antenas transmisora y receptora, en la dirección y para la polarización en cuestión. En aquellos casos en que la calidad de funcionamiento de la antena está influida por el terreno local u otros obstáculos (que no afectan al trayecto) la directividad es el valor obtenido con la antena en su lugar de emplazamiento.

En el caso particular de propagación por onda de superficie con antenas situadas en el suelo o en sus proximidades, aunque la directividad de la antena receptora,  $G_r$ , está determinada por la definición anterior, la superficie de captación de la señal y en consecuencia la potencia disponible, disminuyen con relación a su valor de espacio libre. En consecuencia debe reducirse el valor de  $G_r$  que ha de utilizarse (véase el anexo II).

## 2. Antena de referencia normalizada

Para el estudio de la propagación por enlaces radioeléctricos en bandas de frecuencias diferentes, se utiliza un cierto número de antenas de referencia y en los textos del CCIR se mencionan también varias antenas de ese tipo. De conformidad con la Recomendación 311, esa antena de referencia ha de definirse con precisión, en cada caso, respecto de una antena isotrópica.

La *ganancia de potencia de una antena* se define como la relación, generalmente expresada en decibelios, que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión, para que ambas antenas produzcan, en una dirección dada, la misma intensidad de campo, o la misma densidad de flujo de potencia a la misma distancia. Salvo que se indique lo contrario, la ganancia se refiere a la dirección de máxima *radiación* de la antena. Eventualmente puede tomarse en consideración la ganancia para una polarización especificada.

Según la antena de referencia elegida se distingue entre:

- la *ganancia isotrópica o absoluta* ( $G_i$ ) si la antena de referencia es una antena isotrópica aislada en el espacio;
- la *ganancia con relación a un dipolo de media onda* ( $G_d$ ) si la antena de referencia es un dipolo de media onda aislado en el espacio y cuyo plano ecuatorial contiene la dirección dada;
- la *ganancia con relación a una antena vertical corta* ( $G_v$ ) si la antena de referencia es un conductor rectilíneo mucho más corto que un cuarto de longitud de onda y perpendicular a la superficie de un plano perfectamente conductor que contiene la dirección dada.

(La ganancia de potencia corresponde a la máxima directividad para antenas sin pérdidas.)

El cuadro I indica la directividad,  $G_r$ , de algunas antenas de referencia típicas. Indica también los valores correspondientes de la fuerza cimototriz en el caso de una potencia radiada de 1 kW.

CUADRO I - Directividad de antenas de referencia típicas y relación entre ésta y la fuerza cimototriz

Antena de referencia	$g_r$	$G_r$ <sup>(1)</sup> (dB)	Fuerza cimototriz correspondiente a una potencia radiada de 1 kW, (V)
Isótropa en el espacio libre	1	0	173
Dipolo de Hertz en el espacio libre	1,5	1,75	212
Dipolo de media onda en el espacio libre	1,65	2,15	222
Dipolo de Hertz, o un monopolo vertical corto, sobre un suelo perfectamente conductor <sup>(2)</sup>	3	4,8	300
Monopolo de un cuarto de onda sobre un suelo perfectamente conductor	3,3	5,2	314

<sup>(1)</sup>  $G_r = 10 \log g_r$

Los valores de  $G_r$  ( $g_r$ ) son iguales a los valores de  $G_i$  ( $g_i$ ) en el caso de antenas en el espacio libre. Véanse, en el anexo II, los valores de  $G_r$  correspondientes a las antenas sobre un suelo perfectamente conductor.

<sup>(2)</sup> En el caso de un dipolo de Hertz, se supone que la antena está cerca de una tierra perfectamente conductora.

## ANEXO II

### Influencia de las proximidades de la antena

Cuando las antenas se instalan sobre el suelo o en sus proximidades y se hace uso de la propagación por onda de superficie (es decir,  $h < \lambda$ , especialmente para frecuencias inferiores a 30 MHz) el valor de la resistencia de radiación de la antena correspondiente a espacio libre se modifica por la influencia del suelo. En consecuencia, la densidad de flujo de potencia en la antena receptora (resultante del vector suma de los rayos directo y reflejado) depende de la altura de la antena transmisora, y la superficie efectiva de captación de la antena receptora depende de la altura de ésta sobre el suelo.

Se examina la influencia de las proximidades en el funcionamiento de un par de antenas (que forman un circuito elemental), considerando la pérdida de transmisión entre dos dipolos eléctricos cortos verticales y sin pérdidas situados a alturas  $h_i$  y  $h_r$  con respecto a una superficie plana perfectamente conductora. La separación entre los dipolos,  $d$ , es mucho mayor que la longitud de onda. La densidad de flujo de potencia,  $S$  ( $W/m^2$ ), a una altura  $h_r$ , viene dada por:

$$S = \frac{p'_i \cos^4 \psi}{4\pi d^2 (1 + \Delta_r)} \times 1,5 \left[ 2 \cos (kh_r \text{ sen } \psi) \right]^2 \quad (6)$$

Debe observarse lo siguiente:

- la distancia entre las antenas aumenta alcanzando el valor de  $d \text{ sen } \psi$ ;

donde

$$\psi = \text{arc tg } \frac{h_r - h_i}{d}$$

- el campo eléctrico debido al dipolo varía según  $\cos \psi$ ;
- la resistencia de radiación correspondiente al espacio libre, queda multiplicada por  $(1 + \Delta_r)$ ,

donde

$$\Delta_r = \frac{3}{(2 kh_i)^2} \left[ \frac{\text{sen } 2 kh_i}{2 kh_i} - \cos 2 kh_i \right] \quad (7)^*$$

donde

$$k = 2\pi/\lambda$$

cuando

$$h_i = 0, \Delta_r = 1; \text{ cuando } h_i > \lambda, \Delta_r \rightarrow 0;$$

- debido a la adición vectorial de los rayos directo y reflejado, el valor de la densidad de flujo de potencia correspondiente al espacio libre queda multiplicado por:

$$\frac{\left[ 2 \cos (kh_r \text{ sen } \psi) \right]^2}{(1 + \Delta_r)}$$

Esto es equivalente a una variación de la directividad debida a la presencia de la superficie reflectora. El factor de multiplicación es igual a 2 cuando  $h_i = h_r = 0$ .

La superficie efectiva de captación de la antena receptora viene dada por:

$$a_e = \frac{1,5 \lambda^2 \cos^2 \psi}{4\pi (1 + \Delta_r)} \quad (8)$$

Debe observarse lo siguiente:

- la superficie de captación en la dirección de la antena transmisora queda multiplicada por  $\cos^2 \psi$ ;
- la variación de la resistencia de radiación se modifica como en la ecuación (7) anterior donde  $\Delta_r$  y  $h_i$  se reemplazan por  $\Delta_r$  y  $h_r$ ;
- el valor de la superficie de captación correspondiente al espacio libre viene multiplicado por  $\frac{\cos^2 \psi}{(1 + \Delta_r)}$ ; en consecuencia, la presencia de la superficie reflectora, disminuye la superficie de captación por debajo de su valor correspondiente al espacio libre por un factor que es igual a 2 cuando  $h_i = h_r = 0$ ;
- como  $g$ , es igual a  $2 \times 1,5$  (por definición) cuando  $h_i = h_r = 0$ , es importante observar que este no es el valor adecuado que ha de utilizarse para  $g_r$ ; el valor correcto de  $g_r$  es  $1,5/2 = g_i/4$ .

\* Esta ecuación ha sido deducida por S. A. Schelkunoff, en los capítulos VI y IX del Libro *Electromagnetic Waves*, D. Van Nostrand Co., 1943.

Como  $p'_a = Sa_e$ , las ecuaciones (6) y (8) pueden combinarse para obtener una expresión de la pérdida de transmisión entre dos dipolos eléctricos cortos, verticales, sin pérdidas, situados sobre una superficie plana perfectamente conductora.

$$L = L_{bf} - 6,0 - 10 \log \left[ (1,5 \cos^2 \psi)^2 \frac{(\cos^2 kh_t \text{ sen } \psi)}{(1 + \Delta_r)(1 + \Delta_t)} \right] \quad \text{dB} \quad (9)$$

Consideramos dos casos:

$$h_t = h_r = 0; \quad \Delta_t = \Delta_r = 1; \quad \psi = 0$$

$$L = L_{bf} - 3,5 \quad \text{dB}$$

Entonces  $L$  es igual al valor correspondiente al espacio libre.

$$h_t = h_r \gg \lambda; \quad \Delta_t = \Delta_r \rightarrow 0; \quad \psi \rightarrow 0$$

$$L = L_{bf} - 3,5 - 6,0 \quad \text{dB}$$

## RECOMENDACIÓN 311-5

**RECOPILACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS EN  
ESTUDIOS RELATIVOS A LA PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA**

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1982-1990)

El CCIR,

**CONSIDERANDO**

que para facilitar la comparación de los resultados conviene que las administraciones y empresas privadas de explotación presenten de manera uniforme los datos relativos a la propagación,

**RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:**

1. Que se aplique la información contenida en el Informe 1144:
    - a la selección de los parámetros pertinentes para medir o calcular datos relativos a la propagación;
    - a la presentación de los resultados.
  2. Que para el análisis de los datos, se utilicen las distribuciones de probabilidad descritas en el Informe 1007.
-

RECOMENDACIÓN 310-7\*

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS RELATIVOS A LA PROPAGACIÓN  
EN MEDIOS NO IONIZADOS

(1951-1959-1966-1970-1974-1978-1982-1986-1990)

El CCIR,

CONSIDERANDO

que es importante disponer de definiciones acordadas de los términos relativos a la propagación utilizados en el Volumen V,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se adopte la siguiente lista de definiciones para su inclusión en el Vocabulario.

VOCABULARIO DE LOS TÉRMINOS RELATIVOS A LA PROPAGACIÓN  
EN MEDIOS NO IONIZADOS

Término	Definición
<b>A. Términos relacionados con las ondas radioeléctricas</b>	
A1. <i>Polarización cruzada</i>	Aparición, en el curso de la propagación, de una componente de polarización ortogonal a la polarización esperada.
A2. <i>Discriminación por polarización cruzada</i>	Para una onda radioeléctrica que se transmite con una polarización dada, el cociente entre la potencia recibida con la polarización esperada en el punto de recepción y la potencia recibida con la polarización ortogonal en ese mismo punto. <i>Nota</i> – La discriminación por polarización cruzada depende, a la vez, de las características de las antenas y del medio de propagación.
A3. <i>Aislamiento por polarización cruzada</i>	Para dos ondas radioeléctricas transmitidas en la misma frecuencia con la misma potencia y polarización ortogonal, la razón entre la potencia copolar en un receptor dado y la potencia contrapolar en el mismo receptor.
A4. <i>Despolarización</i>	Un fenómeno en virtud del cual es posible que el total o parte de la potencia de una onda radioeléctrica transmitida con una polarización definida no siga teniendo una polarización definida después de la propagación.
<b>B. Términos relacionados con los efectos del suelo en la propagación de las ondas radioeléctricas</b>	
B1. <i>Propagación en el espacio libre</i>	Propagación de una onda electromagnética en un medio dieléctrico ideal homogéneo que se puede considerar infinito en todas las direcciones. <i>Nota</i> – Para la propagación en el espacio libre, la magnitud de cada vector del campo electromagnético en cualquier dirección dada a partir de la fuente más allá de una distancia apropiada determinada por el tamaño de la fuente y la longitud de onda, es proporcionalmente inversa a la distancia desde la fuente.
B2. <i>Propagación con visibilidad directa</i>	Propagación entre dos puntos, en la que el rayo directo está suficientemente exento de obstáculos para que la difracción tenga un efecto desdeñable.
B3. <i>Horizonte radioeléctrico</i>	El lugar geométrico de los puntos en que los rayos directos procedentes de una fuente puntual de ondas radioeléctricas son tangentes a la superficie de la Tierra. <i>Nota</i> – Por regla general, los horizontes radioeléctrico y geométrico son diferentes debido a la refracción atmosférica.
B4. <i>Profundidad de penetración (en el suelo)</i>	Profundidad con respecto a la superficie terrestre en que la amplitud de una onda radioeléctrica incidente sobre dicha superficie se reduce a un valor igual a $1/e$ (0,368) de su valor en la superficie.
B5. <i>Superficie lisa; superficie especular</i>	Superficie que separa dos medios, grande en comparación con la longitud de la onda incidente, cuyas irregularidades son suficientemente pequeñas para causar reflexión especular.

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención del CCV.

- B6. *Superficie rugosa* Superficie que separa dos medios, grande en comparación con la longitud de la onda incidente, cuyas irregularidades están ubicadas aleatoriamente y causan reflexión difusa.
- B7. *Coficiente de reflexión difusa* Cociente entre la amplitud de la onda incoherente reflejada en una superficie rugosa y la amplitud de la onda incidente.
- B8. *Medida de la irregularidad del terreno;  $\Delta h$*  Un parámetro estadístico que caracteriza las variaciones de la altura del suelo a lo largo de partes o del total de un trayecto de propagación.  
*Nota* — Por ejemplo,  $\Delta h$  suele expresarse como la diferencia entre los valores excedidos respectivamente por el 10% y 90% (intervalo interdecilo) de las alturas del terreno, medidas a intervalos regulares a lo largo de una sección especificada de un trayecto.
- B9. *Ganancia de obstáculo* La razón entre el campo electromagnético causado por la arista difractora de un obstáculo aislado y el campo que se produciría debido sólo a la difracción esférica en ausencia del obstáculo.

C. *Términos relativos a los efectos de la troposfera en la propagación de las ondas radioeléctricas*

- C1. *Troposfera* Región inferior de la atmósfera terrestre, situada inmediatamente por encima de la superficie de la Tierra y en la que la temperatura disminuye a medida que aumenta la altitud, salvo en determinadas capas locales de inversión de temperaturas. Esta parte de la atmósfera se extiende hasta una altura de unos 9 km en los polos y 17 km en el Ecuador.
- C2. *Inversión de temperatura (en la troposfera)* Aumento de la temperatura con la altura en la troposfera.
- C3. *Relación de mezcla* Relación entre la masa del vapor de agua y la masa del aire seco en un volumen dado de aire (expresada generalmente en g/kg).
- C4. *Índice de refracción;  $n$*  Relación entre las velocidades de las ondas en el vacío y en el medio considerado.
- C5. *Coíndice;  $N$*  Un millón de veces el exceso, respecto de la unidad, del índice de refracción  $n$  en la atmósfera:

$$N = (n - 1) 10^6$$

- C6. *Unidad  $N$*  Unidad sin dimensiones en la que se expresa el coíndice.
- C7. *Índice de refracción modificado* Suma del índice de refracción  $n$  del aire a la altitud  $h$  y la relación entre esta altitud y el radio de la Tierra,  $a$ :

$$n + \frac{h}{a}$$

- C8. *Módulo de refracción;  $M$*  Exceso del índice de refracción modificado con relación a la unidad, expresado en millonésimas:

$$M = \left( n + \frac{h}{a} - 1 \right) 10^6 = N + 10^6 \frac{h}{a}$$

- C9. *Unidad  $M$*  Unidad sin dimensiones en que se expresa el módulo de refracción  $M$ .
- C10. *Gradiente normal del coíndice* Valor convencional del gradiente vertical del coíndice de refracción utilizado en los estudios de refracción y que equivale a  $-40 N/\text{km}$ ; corresponde aproximadamente al valor mediano del gradiente del primer kilómetro de altura en las zonas templadas.
- C11. *Atmósfera radioeléctrica normal* Una atmósfera con un gradiente normal del coíndice de refracción.
- C12. *Atmósfera de referencia para la refracción* Atmósfera en la que  $n(h)$  disminuye con la la altitud, según la ecuación (2) de la Recomendación 369.

- C13. *Infrarrefracción* Refracción para la que el gradiente del coíndice de refracción es mayor que el gradiente normal.
- C14. *Superrefracción* Refracción para la que el gradiente del coíndice de refracción es menor que el gradiente normal.
- C15. *Radio ficticio de la Tierra* Radio de la Tierra hipotéticamente esférica, sin atmósfera, en la que los trayectos de propagación son rectilíneos y las altitudes y distancias sobre el suelo son iguales que en la Tierra verdadera en una atmósfera con gradiente vertical constante del coíndice de refracción.

*Nota 1* – La noción de radio ficticio de la Tierra significa que los ángulos que forman los trayectos de transmisión con los planos horizontales no son demasiado grandes en ningún punto.

*Nota 2* – En una atmósfera con gradiente normal del coíndice, el radio ficticio de la Tierra es 4/3 aproximadamente del radio real, lo que corresponde aproximadamente a 8500 km.

- C16. *Factor del radio ficticio de la Tierra; k* Relación entre el radio ficticio de la Tierra y el radio verdadero de la Tierra.
- Nota* – Este factor  $k$  está relacionado con el gradiente vertical  $dn/dh$  del índice de refracción,  $n$ , y con el radio real de la Tierra,  $a$ , según la ecuación:

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

- C17. *Capa de propagación* Capa atmosférica que se caracteriza por un gradiente negativo de  $M$  y que, por consiguiente, puede generar un conducto radioeléctrico troposférico.
- C18. *Conducto radioeléctrico troposférico* Estratificación cuasihorizontal de la troposfera dentro de la cual la energía radioeléctrica de frecuencia suficientemente alta queda prácticamente confinada y se propaga con una atenuación mucho menor que en una atmósfera homogénea.
- Nota* – El conducto radioeléctrico troposférico se compone de una capa de propagación y, en el caso de un conducto elevado, de la parte de la atmósfera subyacente, en la cual el valor del módulo de refracción es superior al valor mínimo alcanzado en la capa de propagación.
- C19. *Conducto sobre el suelo (conducto de superficie)* Conducto troposférico cuyo límite inferior es la superficie de la Tierra.

- C20. *Conducto elevado* Conducto troposférico cuyo límite inferior está por encima de la superficie de la Tierra.
- C21. *Espesor del conducto* La diferencia de altura entre los límites superior e inferior de un conducto troposférico radioeléctrico.
- C22. *Altura del conducto* La altura sobre el suelo del límite inferior de un conducto elevado.
- C23. *Intensidad del conducto* Diferencia entre los valores máximo y mínimo del módulo de refracción en el conducto troposférico.

*Nota* – La intensidad de un conducto es igual que la de su capa de propagación.

- C24. *Conducción; propagación guiada* Propagación guiada de las ondas radioeléctricas dentro de un conducto radioeléctrico troposférico.
- Nota* – A frecuencias suficientemente elevadas, pueden coexistir varios modos electromagnéticos de propagación guiada en un mismo conducto radioeléctrico troposférico.

- C25. *Propagación transhorizonte* Propagación troposférica entre puntos cerca del suelo, estando el punto de recepción más allá del horizonte radioeléctrico del punto de transmisión.

*Nota* – La propagación transhorizonte se puede deber a diversos mecanismos troposféricos, como la difracción, la dispersión y la reflexión en capas troposféricas. Sin embargo, la propagación guiada no figura entre ellos porque dentro de un conducto no hay horizonte radioeléctrico.

- C26. *Propagación por dispersión troposférica* Propagación troposférica debida a la dispersión causada por numerosas inhomogeneidades y discontinuidades del índice de refracción de la atmósfera.

- C27. *Hidrometeoros* Concentraciones de agua o partículas de hielo que pueden existir en la atmósfera o depositarse en la superficie de la Tierra.  
*Nota* — La lluvia, niebla, nubes, nieve y granizo son los principales hidrometeoros.
- C28. *Aerosoles* Pequeñas partículas existentes en la atmósfera (excluyendo la niebla o las gotitas que forman las nubes) que no caen rápidamente por efecto de la gravedad.
- C29. *Propagación por dispersión debida a precipitaciones* Propagación troposférica debida a la dispersión producida por hidrometeoros, en particular la lluvia.
- C30. *Propagación por trayectos múltiples* Propagación de la misma señal radioeléctrica entre un punto de transmisión y un punto de recepción por varios trayectos de transmisión separados.
- C31. *Centelleo* Fluctuación rápida y aleatoria de una o más características (amplitud, fase, polarización, dirección de llegada) de una señal recibida, ocasionada por fluctuaciones del índice de refracción del medio de transmisión.
- C32. *Degradación de la ganancia; pérdida por acoplamiento entre la antena y el medio* Disminución aparente en la suma de las ganancias (expresada en decibelios) de las antenas de transmisión y de recepción cuando se producen efectos de dispersión significativos en el trayecto de propagación.
- C33. *Intensidad de la precipitación; índice de pluviosidad; intensidad de lluvia* Medida de la intensidad de la precipitación expresada por la altura del agua que llega al suelo en una unidad de tiempo.  
*Nota* — El índice de pluviosidad se suele expresar en milímetros por hora.
-

SECCIÓN 5B: INFLUENCIA DEL TERRENO (INCLUIDA LA PROPAGACIÓN POR ONDA DE SUPERFICIE)

RECOMENDACIÓN 368-6\*

**CURVAS DE PROPAGACIÓN POR ONDA DE SUPERFICIE  
PARA FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 10 kHz Y 30 MHz**

(1951-1959-1963-1970-1974-1978-1982-1986-1990)

El CCIR,

CONSIDERANDO

que, por la complejidad del cálculo, sería útil disponer de un juego de curvas de propagación por onda de superficie que corresponda a un cierto número de valores-tipo de frecuencias y de características del suelo,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que se adopten las curvas del anexo I utilizándolas en las condiciones que se indican a continuación, para la determinación de la intensidad de campo de la onda de superficie en el caso de las frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 30 MHz.
2. Que, por regla general, sólo se utilicen estas curvas para dicha determinación de la intensidad de campo en los casos en que pueda preverse con certeza una amplitud despreciable de las reflexiones ionosféricas. En el Volumen VI se estudia la propagación ionosférica.
3. Que se considere que estas curvas no son utilizables para aplicaciones en que la antena receptora está situada a una altura considerable por encima de la superficie de la Tierra.  
*Nota.* — Es decir, cuando  $\epsilon_r \ll 60 \lambda \sigma$  las curvas son utilizables hasta una altura  $h = 1,2 \sigma^{1/2} \lambda^{3/2}$ .
4. Que estas curvas, establecidas para trayectos homogéneos con arreglo a las condiciones señaladas en el anexo I, se utilicen también para la determinación de la intensidad de campo en trayectos mixtos, de acuerdo con lo indicado en el anexo II.

ANEXO I

CONDICIONES DE VALIDEZ (TRAYECTOS HOMOGÉNEOS)

Las curvas de propagación de la presente Recomendación se calculan con arreglo a las hipótesis siguientes:

- La Tierra es una esfera homogénea lisa.
- En la troposfera, el índice de refracción disminuye exponencialmente en función de la altura, conforme se describe en la Recomendación 369.
- Tanto las antenas transmisoras como receptoras se hallan situadas en tierra.
- El elemento radiante es un monopolo vertical corto (el momento del dipolo equivalente es  $5\lambda/2\pi$  (véase el Informe 714). Se supone dicha antena vertical en la superficie de una tierra plana perfectamente conductora y excitada de forma que radie 1 kW, en cuyo caso la intensidad de campo a 1 km de distancia será de 300 mV/m; esto corresponde a una fuerza electromotriz de 300 V (véase la Recomendación 525).
- Las curvas se han trazado para distancias medidas siguiendo la curvatura de la Tierra.
- Las curvas dan el valor de la componente vertical de la intensidad del campo de radiación, es decir, el que puede efectivamente medirse en la región de campo lejano de la antena.

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 8 y 10.

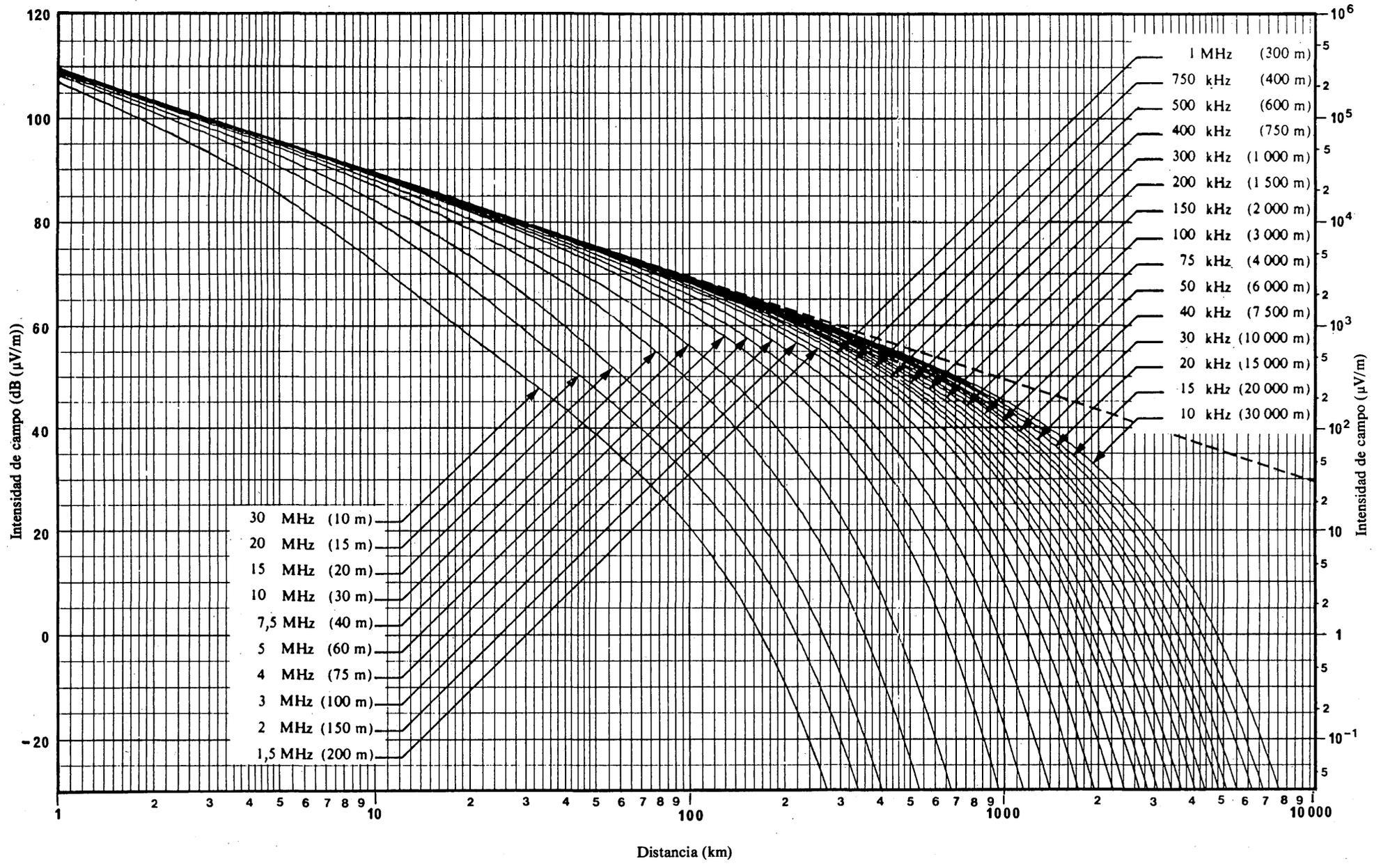


FIGURA 1 - Curvas de propagación de la onda de superficie; agua del mar, salinidad baja,  $\sigma = 1 \text{ S/m}$ ,  $\epsilon = 80$

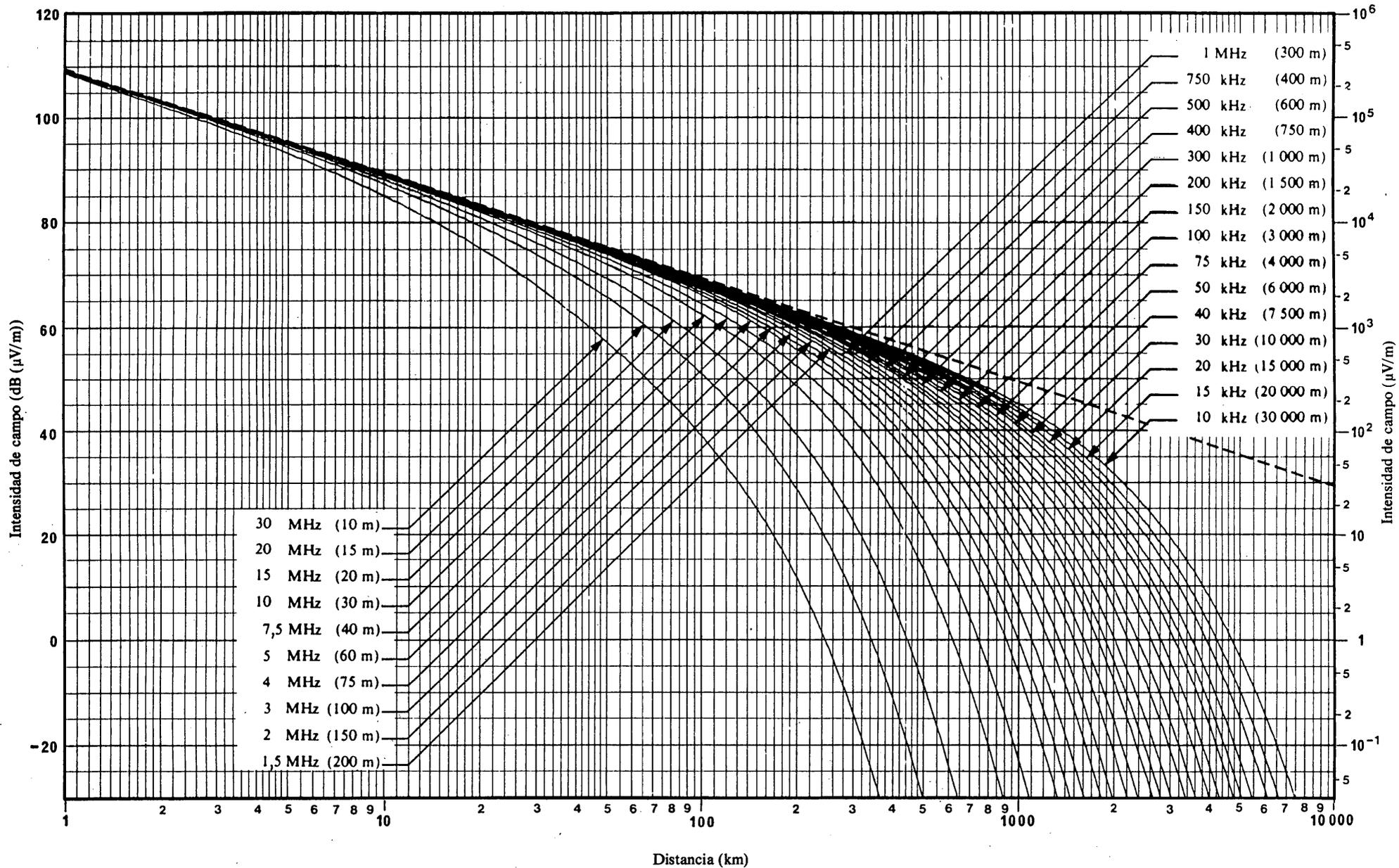


FIGURA 2 — Curvas de propagación de la onda de superficie; agua del mar, salinidad media,  $\sigma = 5 \text{ S/m}$ ,  $\epsilon = 70$

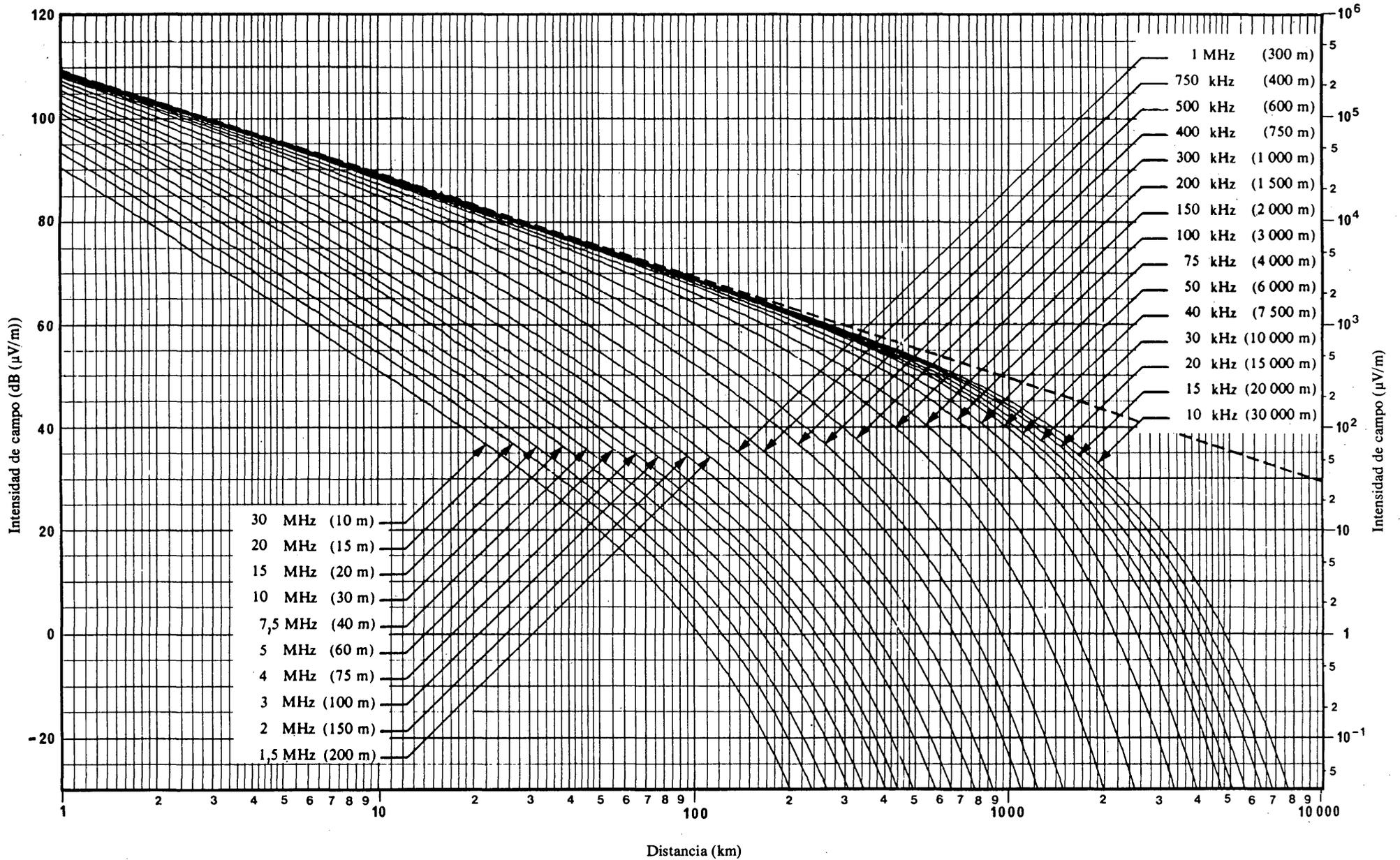


FIGURA 3 - Curvas de propagación de la onda de superficie; agua dulce,  $\sigma = 3 \times 10^{-3} \text{ S/m}$ ,  $\epsilon = 80$

----- Inversa de la distancia

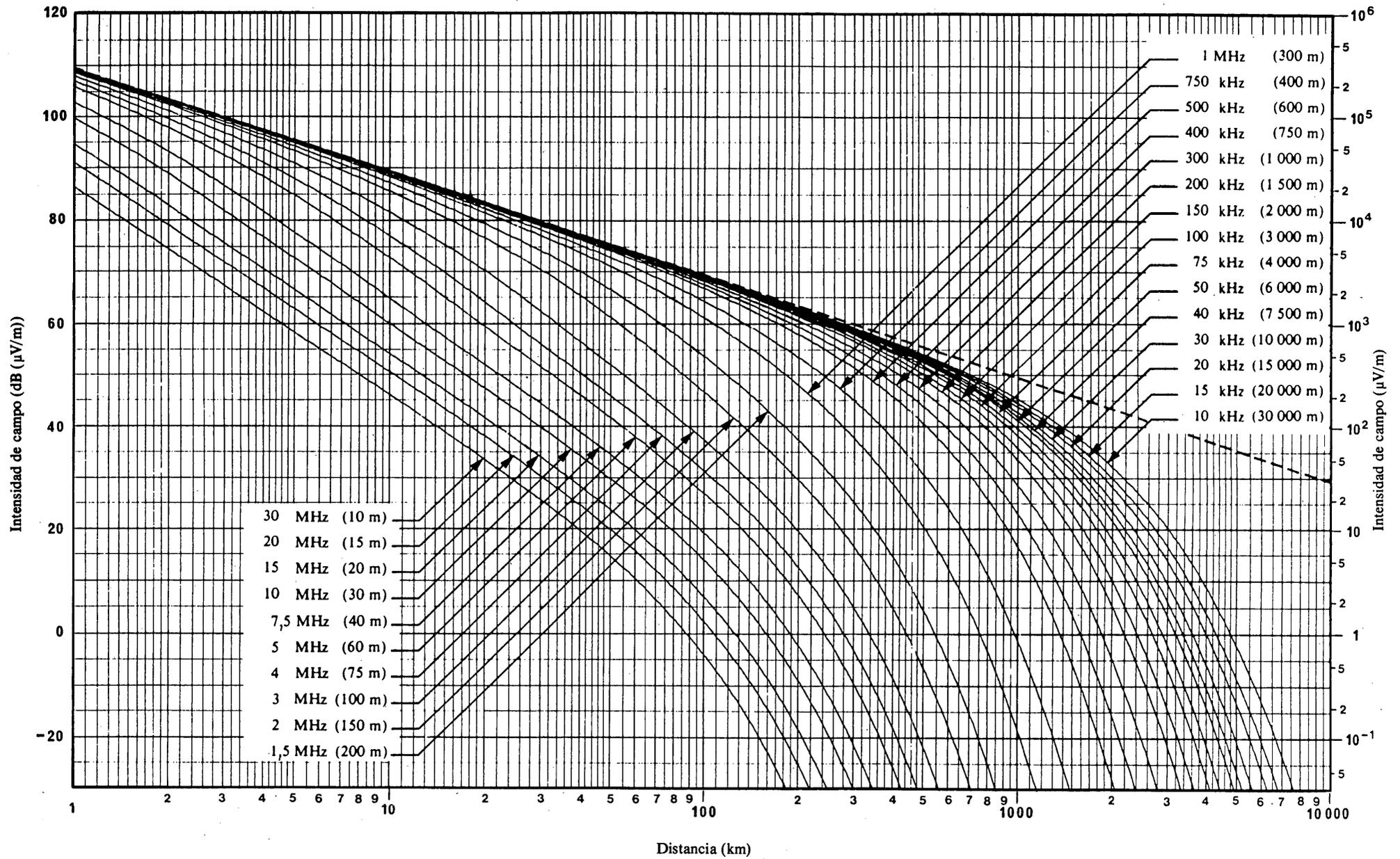


FIGURA 4 - Curvas de propagación de la onda de superficie; tierra,  $\sigma = 3 \times 10^{-2}$  S/m,  $\epsilon = 40$

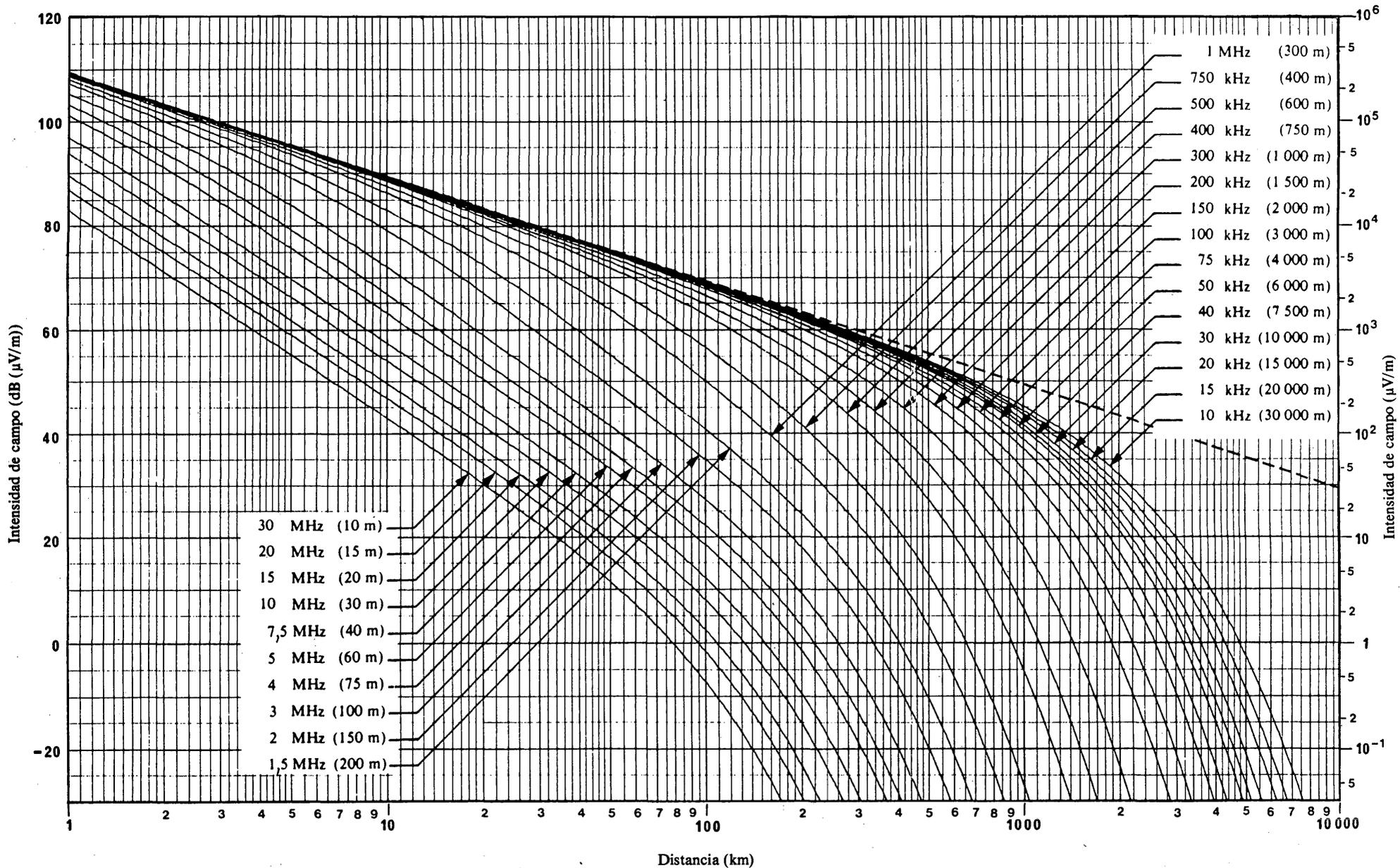


FIGURA 5 - Curvas de propagación de la onda de superficie; tierra húmeda,  $\sigma = 10^{-2} \text{ S/m}$ ,  $\epsilon = 30$

----- Inversa de la distancia

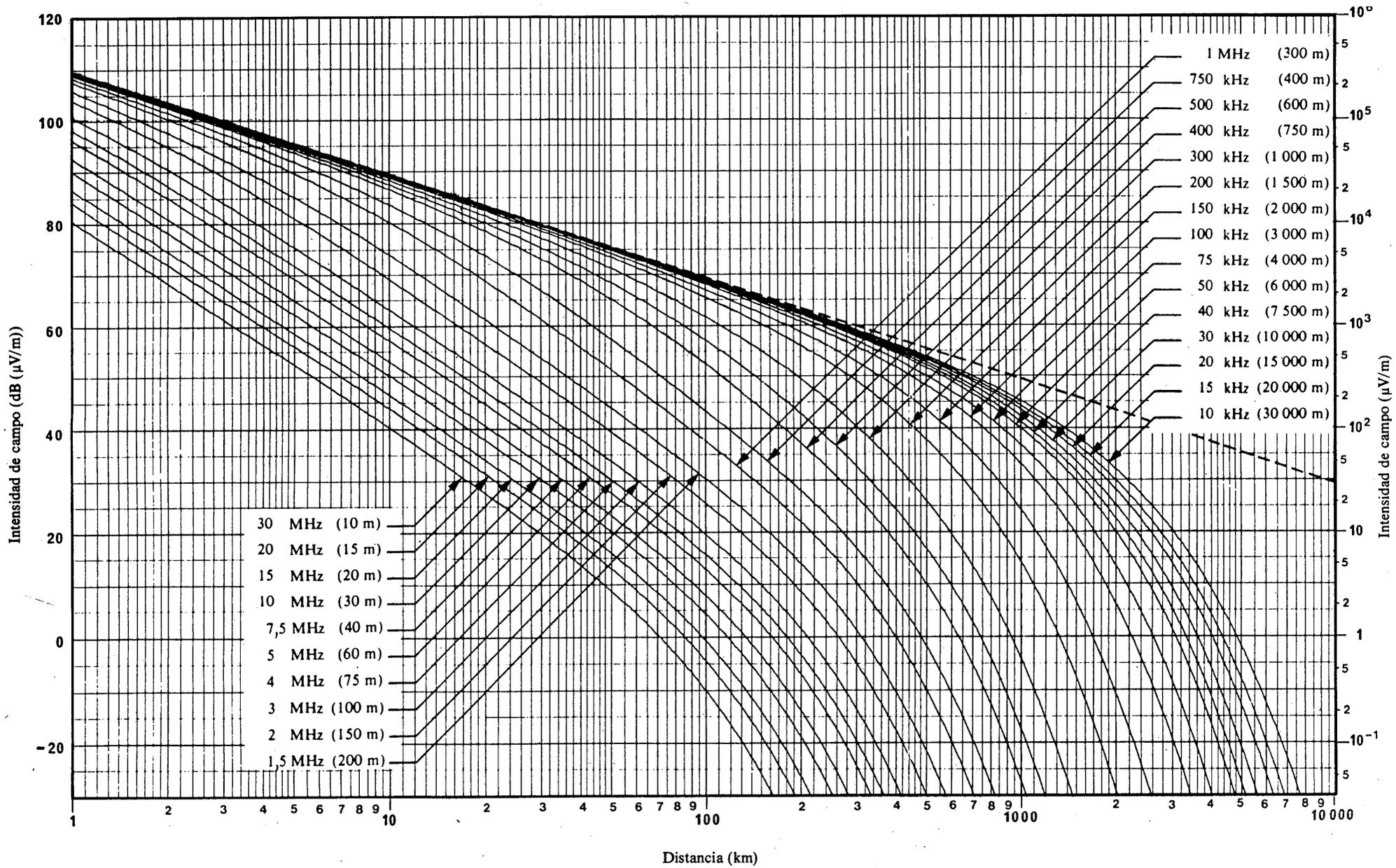


FIGURA 6 - Curvas de propagación de la onda de superficie; tierra,  $\sigma = 3 \times 10^{-3}$  S/m,  $\epsilon = 22$

----- Inversa de la distancia

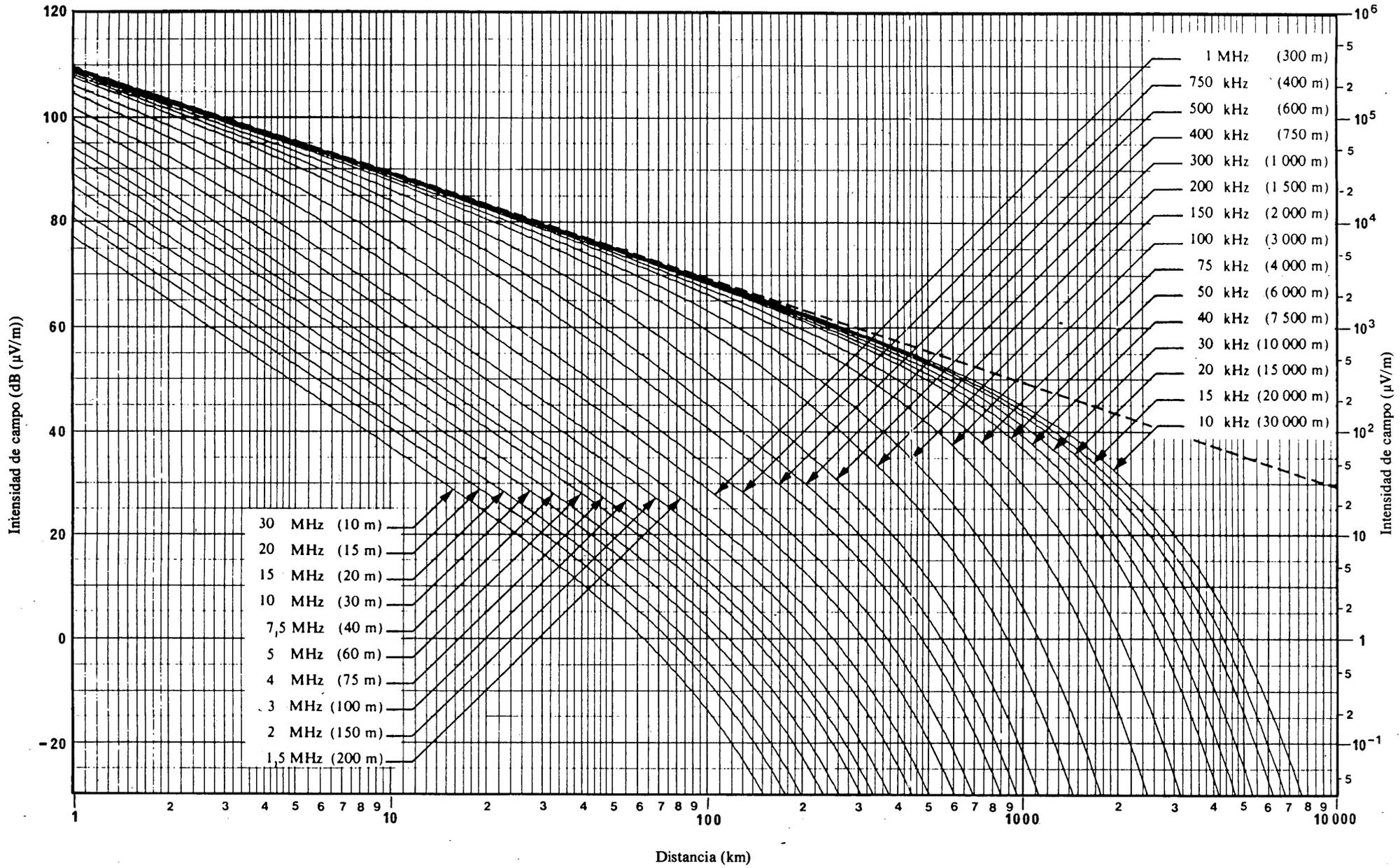


FIGURA 7 - Curvas de propagación de la onda de superficie; tierra moderadamente seca,  $\sigma = 10^{-3} S/m$ ,  $\epsilon = 15$

--- Inversa de la distancia

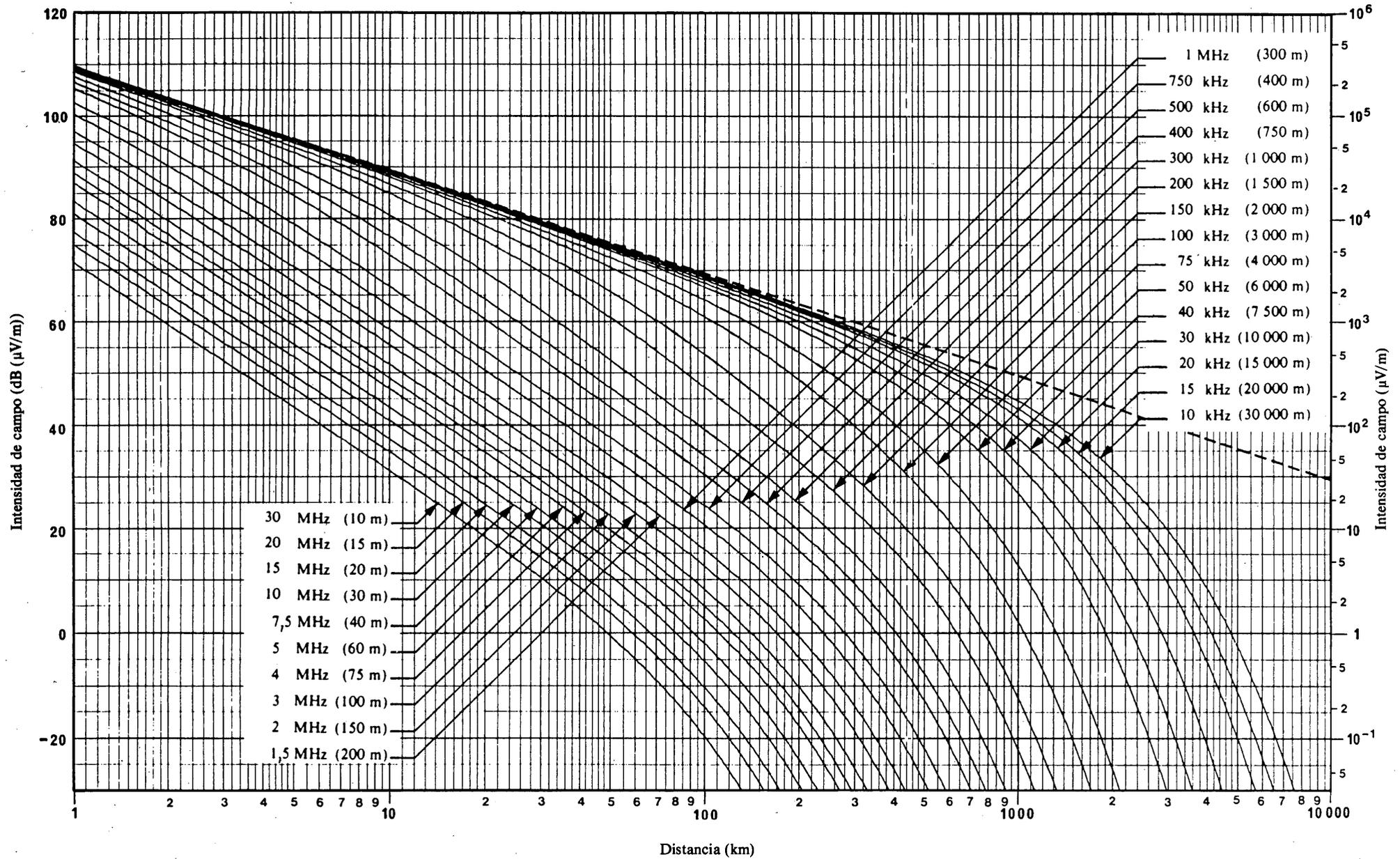


FIGURA 8 — Curvas de propagación de la onda de superficie; tierra seca,  $\sigma = 3 \times 10^{-4}$  S/m,  $\epsilon = 7$

----- Inversa de la distancia

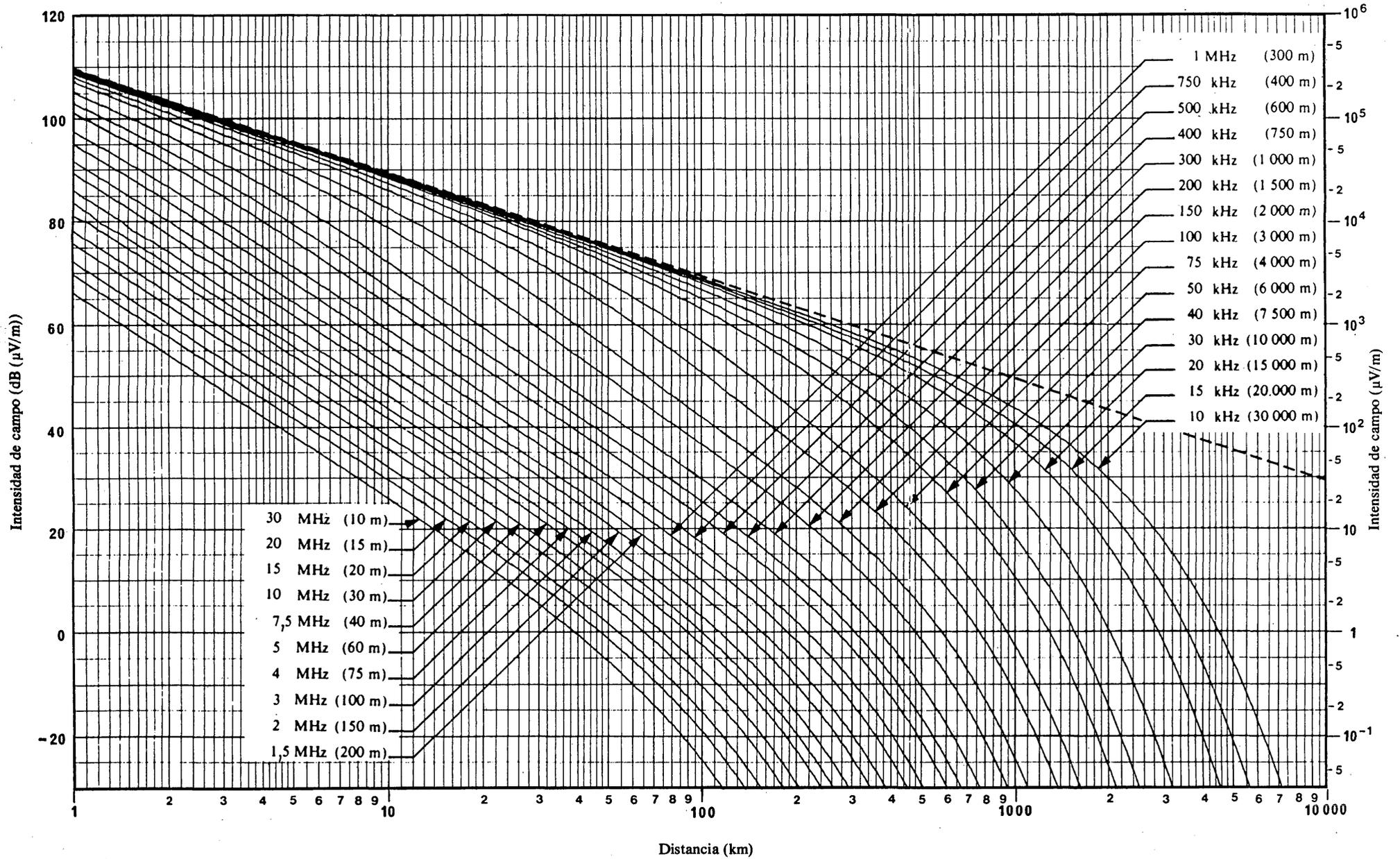


FIGURA 9 - Curvas de propagación de la onda de superficie; tierra muy seca,  $\sigma = 10^{-4}$  S/m,  $\epsilon = 3$

----- Inversa de la distancia

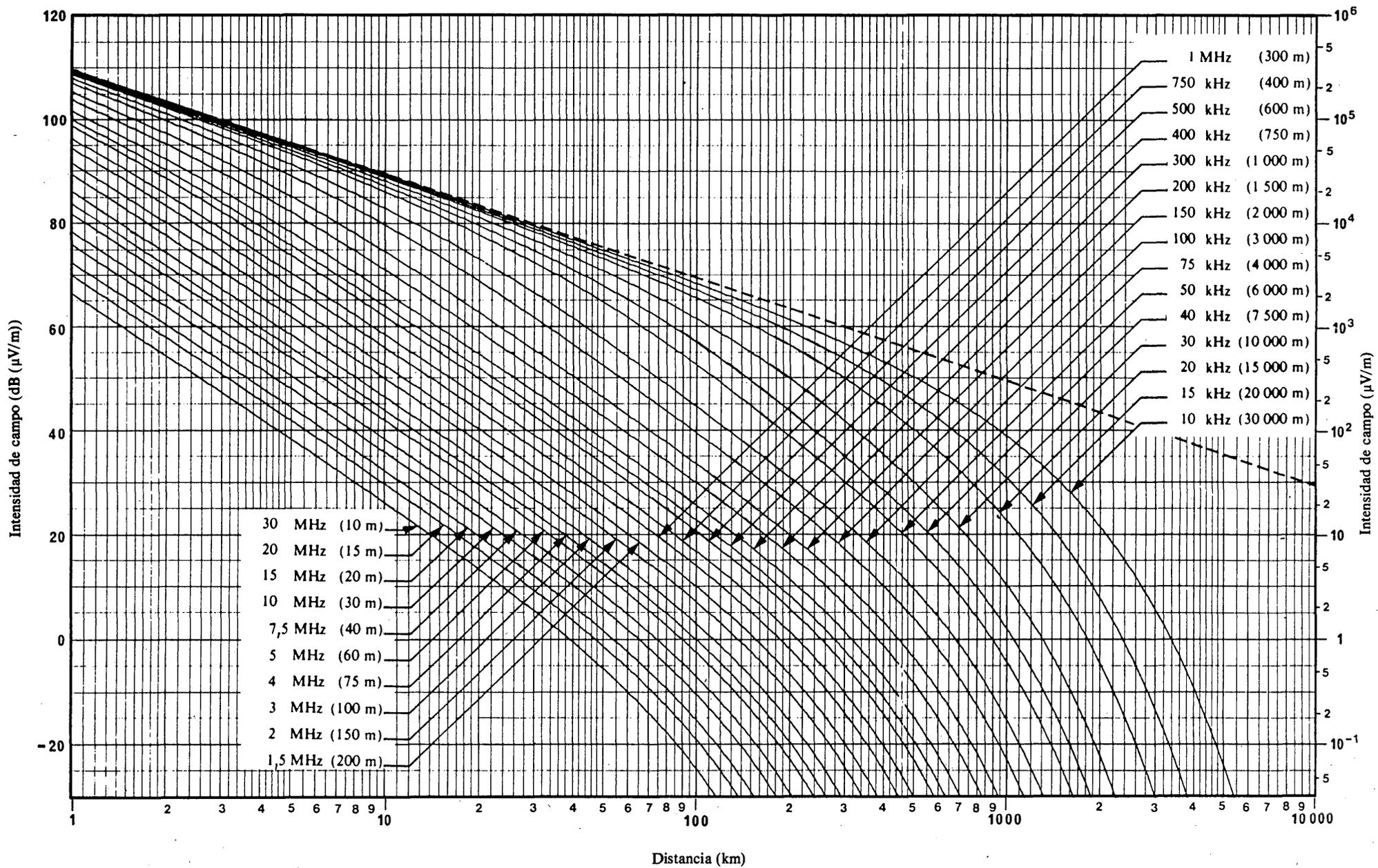


FIGURA 10 - Curvas de propagación de la onda de superficie; hielo de agua dulce,  $-1^{\circ}\text{C}$ ,  $\sigma = 3 \times 10^{-5} \text{ S/m}$ ,  $\epsilon = 3$

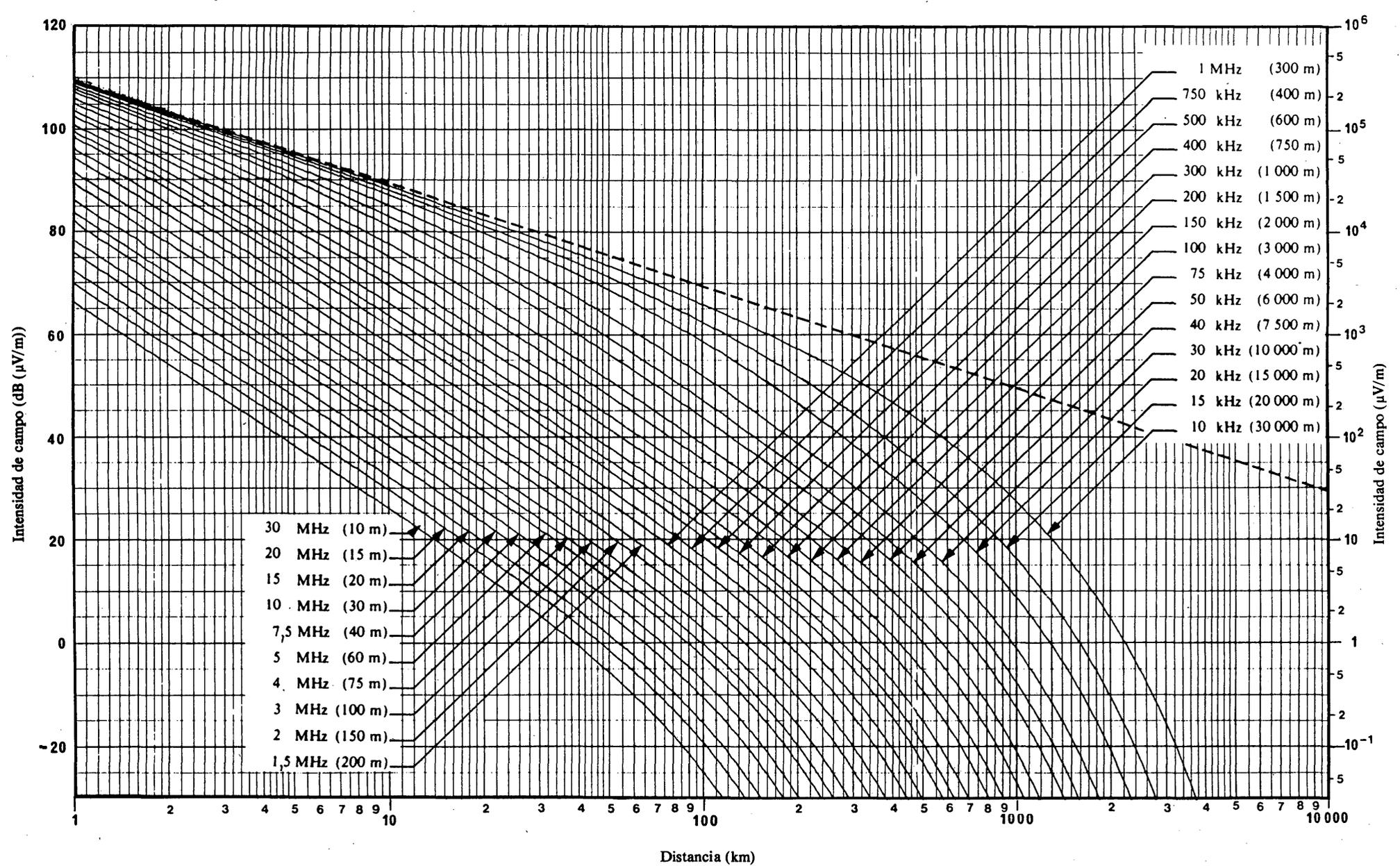


FIGURA 11 - Curvas de propagación de la onda de superficie; hielo de agua dulce,  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $\sigma = 10^{-5} \text{ S/m}$ ,  $\epsilon = 3$

----- Inversa de la distancia

*Nota 1* — La curva A, «inversa de la distancia», mostrada en las figuras, a la cual las curvas son asintóticas en distancias cortas, pasa por el valor de intensidad de campo de 300 mV/m cuando la distancia es de 1 km. Para referir las curvas a otras antenas de referencia, véase el cuadro I de la Recomendación 341.

*Nota 2* — Para el cálculo se ha utilizado el programa GRWAVE y los métodos descritos en el Informe 714.

*Nota 3* — La pérdida básica de transmisión correspondiente a las mismas condiciones en función de las cuales se calcularon las curvas puede obtenerse a partir del valor del campo  $E$  (dB( $\mu$ V/m)), utilizando la ecuación siguiente:

$$L_b \equiv A_i = 142,0 + 20 \log f_{\text{MHz}} - E \quad \text{dB}$$

Para la influencia del entorno en ambas antenas, transmisora y receptora, consúltese la Recomendación 341.

*Nota 4* — Las curvas indican el campo total a una distancia  $r$  con un error inferior a 1 dB cuando  $kr$  es superior a aproximadamente 10, donde  $k = 2\pi/\lambda$ . Pueden incluirse efectos de campos cercanos (por ejemplo, campos estáticos y de inducción), aumentando la intensidad de campo (decibelios) en:

$$10 \log \left\{ 1 - \frac{1}{(kr)^2} + \frac{1}{(kr)^4} \right\}$$

Como resultado se obtiene un campo total situado entre  $\pm 0,1$  dB para el mar y para el suelo húmedo, y entre  $\pm 1$  dB para toda conductividad de suelo superior a  $10^{-3}$  S/m.

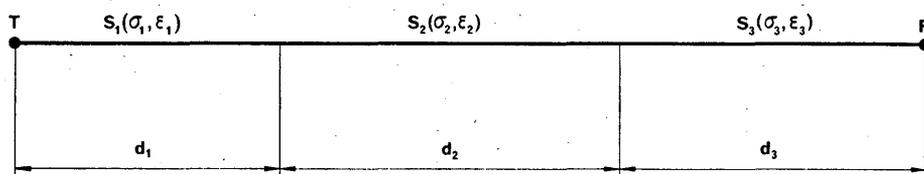
*Nota 5* — En toda antena, si el emplazamiento está situado por encima de la elevación media del terreno a lo largo del trayecto entre las antenas, la altura efectiva de antena es la altura de la antena por encima de la elevación media del terreno a lo largo del trayecto. El valor de la altura efectiva de la antena debe compararse con el valor calculado de la altura límite de la antena del punto 3 de la presente Recomendación, para determinar si las curvas son válidas para el trayecto.

## ANEXO II

### APLICACIÓN A TRAYECTOS MIXTOS

1. Las curvas pueden utilizarse para determinar la propagación por trayectos mixtos (terreno liso no homogéneo), como se indica a continuación:

Puede considerarse un trayecto constituido por las secciones  $S_1, S_2, S_3$ , etc. de longitudes  $d_1, d_2, d_3$ , etc., cuyas conductividades y permitividad son  $\sigma_1, \epsilon_1; \sigma_2, \epsilon_2; \sigma_3, \epsilon_3$ , etc., tal como se indica en la ilustración para tres secciones:



Existen distintos métodos semiempíricos para determinar la propagación por encima de estos trayectos, siendo el propuesto por [Millington, 1949] el más preciso. Se ha conseguido satisfacer con este método la condición de reciprocidad. En su aplicación se consideran disponibles las curvas correspondientes a los distintos tipos de terreno de las secciones  $S_1, S_2, S_3$ , etc., supuestas individualmente homogéneas; también se suponen dichas curvas trazadas con relación a un mismo origen T, definido, por ejemplo, mediante una curva «inversa de la distancia». Los valores para cualquier otro origen podrán así obtenerse con sólo aplicar un coeficiente.

Se escoge entonces para una determinada frecuencia la curva correspondiente a la sección  $S_1$ , y se determina el valor de la intensidad de campo  $E_1(d_1)$  en dB( $1 \mu$ V/m) a la distancia  $d_1$ . Mediante la curva correspondiente a  $S_2$  se determinan las intensidades de campo  $E_2(d_1)$  y  $E_2(d_1 + d_2)$  y, procediendo de la misma manera con la curva correspondiente a la sección  $S_3$ , se determinan las intensidades de campo  $E_3(d_1 + d_2)$  y  $E_3(d_1 + d_2 + d_3)$ , y así sucesivamente.

La ecuación:

$$E_R = E_1(d_1) - E_2(d_1) + E_2(d_1 + d_2) - E_3(d_1 + d_2) + E_3(d_1 + d_2 + d_3) \quad (1)$$

define así una intensidad de campo recibida  $E_R$ .

Se invierte luego el procedimiento, denominando R el transmisor y T el receptor, lo que conduce a una intensidad de campo  $E_T$  definida por la ecuación:

$$E_T = E_3(d_3) - E_2(d_3) + E_2(d_3 + d_2) - E_1(d_3 + d_2) + E_1(d_3 + d_2 + d_1) \quad (2)$$

La intensidad de campo requerida viene dada por  $1/2 [E_R + E_T]$ , siendo evidente la forma de extender el cálculo a un número mayor de secciones.

En principio este método puede extenderse a los cambios de fase, siempre y cuando se disponga de las correspondientes curvas de la fase en función de la distancia para terrenos homogéneos. Esta información resultará indispensable para las aplicaciones relacionadas con los sistemas de navegación. La utilización del método de Millington suele ser fácil, sobre todo con la ayuda de un computador.

2. A efectos de planificación, cuando se requiere conocer la zona de servicio de un determinado transmisor, es conveniente un *procedimiento gráfico*, basado en el mismo método, para el cálculo rápido y general de la distancia a la cual la intensidad de campo tiene un valor determinado.

A continuación se ofrece una breve descripción del procedimiento gráfico.

La fig. 10 se aplica a un trayecto compuesto por dos secciones homogéneas con características eléctricas  $\sigma_1, \epsilon_1$  y  $\sigma_2, \epsilon_2$  y de extensión  $d_1$  y  $d_2$  respectivamente. Se supone que en este ejemplo, el módulo de la permitividad compleja  $|\epsilon'(\sigma_1, \epsilon_1)|$  es superior al módulo  $|\epsilon'(\sigma_2, \epsilon_2)|$ . Para distancias  $d$  superiores a  $d_1$ , la curva de intensidad de campo obtenida por el método de Millington (punto 1) se halla entre las curvas correspondientes a las dos secciones de propiedades eléctricas diferentes,  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  y  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ . Para la distancia  $d = 2d_1$ , en que  $d_1$  es la distancia desde el transmisor al límite de las dos secciones, la curva de Millington pasa por el punto a media distancia entre los correspondientes a las curvas  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  y  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ , siempre que la intensidad de campo se exprese en forma lineal en decibelios. Además, la misma curva se aproxima a una asíntota, que difiere en  $m$  decibelios de la curva  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ , según se indica en la fig. 12, donde  $m$  es la mitad de la diferencia en dB entre las dos curvas  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  y  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$  para  $d = d_1$ . El punto para  $d = 2d_1$  y la asíntota permiten trazar fácilmente la curva de intensidad de campo resultante.

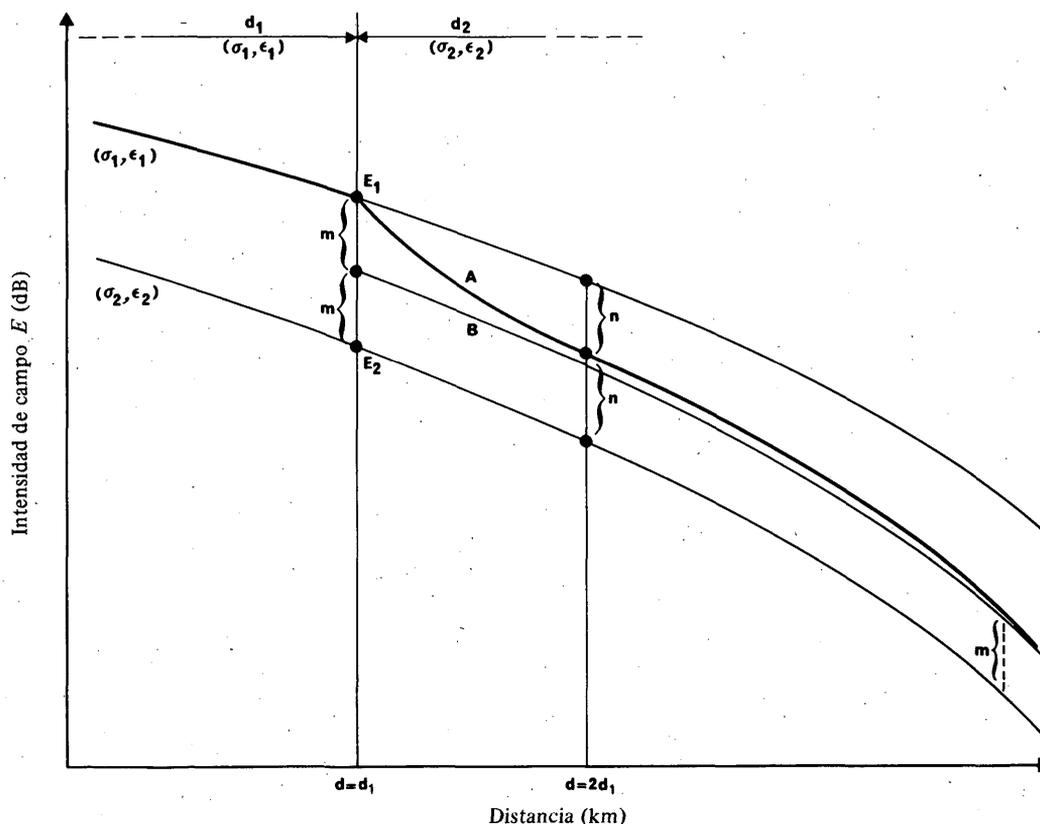


FIGURA 12 - Comparación de resultados

A: Curva de intensidad de campo de Millington  
B: Curva asíntota

\* Véase el Informe 229.

La fig. 13 muestra también la curva de Millington para un trayecto de dos secciones, cuyas características eléctricas son  $\sigma_2, \epsilon_2$  en primer lugar, y a continuación  $\sigma_1, \epsilon_1$ , siendo el módulo de la permitividad compleja  $|\epsilon'(\sigma_1, \epsilon_1)|$  superior al módulo  $|\epsilon'(\sigma_2, \epsilon_2)|$ . Cabe aplicar aquí el mismo procedimiento, teniendo presente que la asíntota es ahora paralela a la curva  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$ .

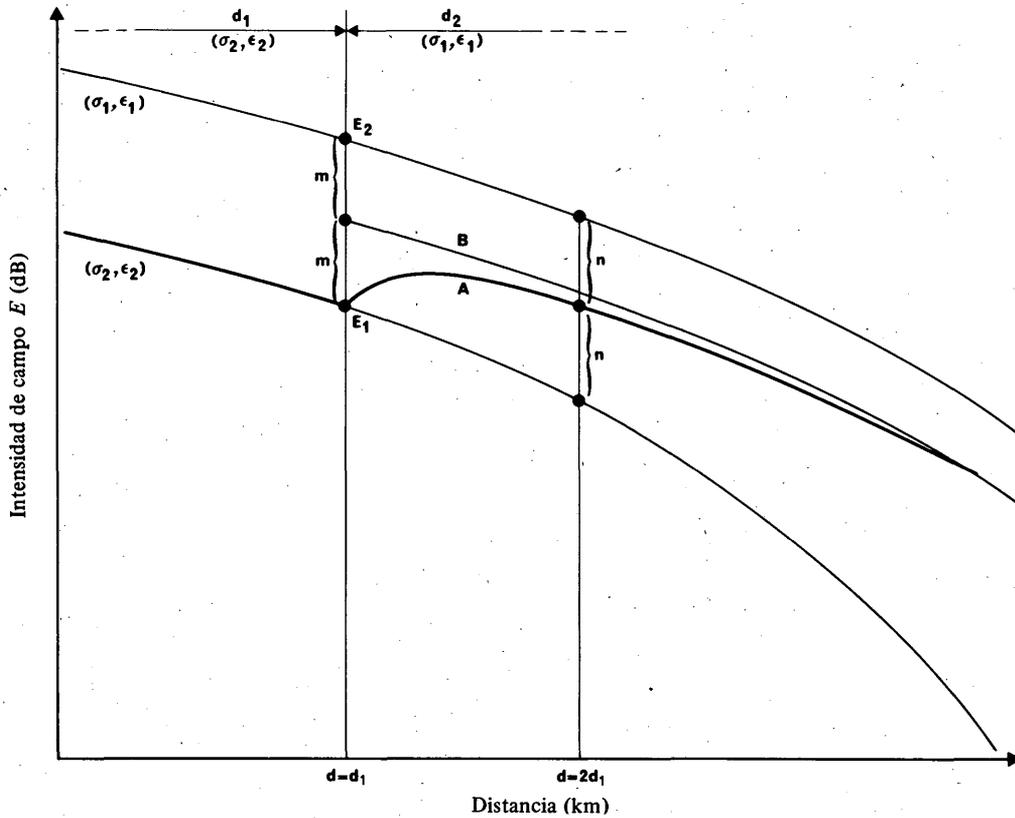


FIGURA 13 - Comparación de resultados

- A: Curva de intensidad de campo de Millington
- B: Curva asíntota

Para trayectos compuestos por más de dos secciones, cabe considerar separadamente cada cambio, del mismo modo que en el primer caso. La curva resultante debe ser una curva continua, y las proporciones de curva están desplazadas paralelamente a la curva extrapolada en el extremo de la sección anterior.

Para utilizar el método gráfico, sería conveniente disponer de curvas de propagación de la onda de superficie para varias series de características eléctricas por cada frecuencia de interés. Estas curvas pueden trazarse a partir de las curvas que figuran en el anexo I. No obstante, curvas adecuadas para las bandas de ondas kilométricas y hectométricas aparecen en el Informe 717 (que se publica por separado) y contiene además ejemplos de cálculos de trayectos mixtos.

La precisión del método gráfico depende de la diferencia de inclinación de las curvas de intensidad de campo y, por lo tanto, en cierto modo, de la frecuencia. Para la banda de ondas kilométricas, la diferencia entre el método descrito en el punto 1 del presente anexo y este método aproximado suele ser insignificante, pero para la mayor parte de la banda de ondas hectométricas las diferencias pueden elevarse hasta 3 dB en la mayoría de los casos. Para una descripción completa del método gráfico, véase [Stokke, 1975].

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MILLINGTON, G. [enero de 1949] Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth. *Proc. IEE*, Parte III, Vol. 96, 39, 53-64.
- STOKKE, K. N. [1975] Analyse graphique de la méthode de Millington pour le calcul du champ au-dessus d'un terrain non homogène. *Boletín de Telecomunicaciones*, Vol. 42, N.º III, 157-163.

## BIBLIOGRAFÍA

- DAMBOLDT, T. [13-16 de abril de 1981] HF ground-wave field-strength measurements on mixed land-sea paths. IEE Second International Conference on Antennas and Propagation, Heslington, York, Reino Unido.
- FURUTSU, K. [1955] Propagation of electro-magnetic waves over a flat earth across a boundary separating different media and coastal refraction. *J. Radio Res. Lab.*, Japón, 2, 1.
- GROSSKOPF, J. [marzo de 1950] Zur Ausbreitung von Mittelwellen über inhomogenes Gelände (Propagación de las ondas hectométricas sobre un terreno heterogéneo). *Fernmeldetechn.*, *FTZ*, Vol. 3, 3, 118-121.
- MILLINGTON, G. e ISTEAD, G. A. [julio de 1950] Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth. Parte 2. Experimental evidence and practical implications. *Proc. IEE*, Parte III, Vol. 97, 48, 209-222.
- SENIOR, T. B. A. [1957] Radio propagation over a discontinuity in the earth's electrical properties: II Coastal refraction. *Proc. IEE*, parte C, Vol. 104, 43, 139-147.
- WAIT, J. R. [julio-agosto de 1961] On the theory of mixed-path ground-wave propagation on a spherical earth. *NBS J. Res.*, Vol. 65D, 4, 401-410.
-

RECOMENDACIÓN 526-1

**PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN**

(1978-1982)

El CCIR,

**CONSIDERANDO**

que es necesario suministrar información técnica para el cálculo de las intensidades de campo sobre los trayectos de propagación por difracción,

**RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:**

Que se utilice la información contenida en el Informe 715 para el cálculo de las intensidades de campo sobre los trayectos de propagación por difracción.

---

## RECOMENDACIÓN 527-2

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA \*

(1978-1982-1990)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a) que la propagación de las ondas de superficie depende principalmente de las propiedades eléctricas del suelo, incluida la vegetación, y que la medida en que las capas inferiores del suelo influyen en los valores efectivos de las características eléctricas de la Tierra depende de la profundidad de penetración de la energía radioeléctrica;
- b) que es necesario conocer los valores de la constante dieléctrica (permitividad relativa) y de la conductividad en función de la frecuencia para varios tipos de suelos;
- c) que es necesario conocer la profundidad de penetración en función de la frecuencia,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se empleen las curvas indicadas en el anexo I para el cálculo de la intensidad de campo de la onda de superficie, en las frecuencias correspondientes y en las condiciones que se especifican.

## ANEXO I

A propósito de estas curvas cabe hacer las siguientes observaciones:

- Los valores de la constante dieléctrica (permitividad relativa) y de la conductividad dados en la fig. 1 para diferentes tipos de suelo indican la gama aproximada de valores que pueden satisfacerse en diversas condiciones, pero en casos extremos pueden encontrarse valores no comprendidos en dicha gama. En regiones fértiles muy húmedas se darán valores más altos, en tanto que en regiones montañosas y árticas, la conductividad, a frecuencias inferiores a 100 MHz, puede ser tan sólo de  $10^{-5}$  S/m. Asimismo, en suelos recubiertos de nieve pueden hallarse valores de permitividad inferiores a los mostrados en la curva E de la fig. 1. La conductividad del agua de los lagos y ríos aumenta con la concentración de impurezas.
- La fig. 2 muestra que en las frecuencias más bajas, exceptuando el caso del agua del mar, hay que tener en cuenta las capas profundas, de hasta 100 m o más. Este hecho tiene especial importancia cuando la conductividad de las capas superiores es más baja y la energía puede, por tanto, penetrar más fácilmente en las capas inferiores. Tales casos se dan, por ejemplo, en zonas lacustres y oceánicas cubiertas de hielo.
- En el Informe 1145 se describe la atenuación debida a la vegetación.

\* Véase asimismo el Informe 229.

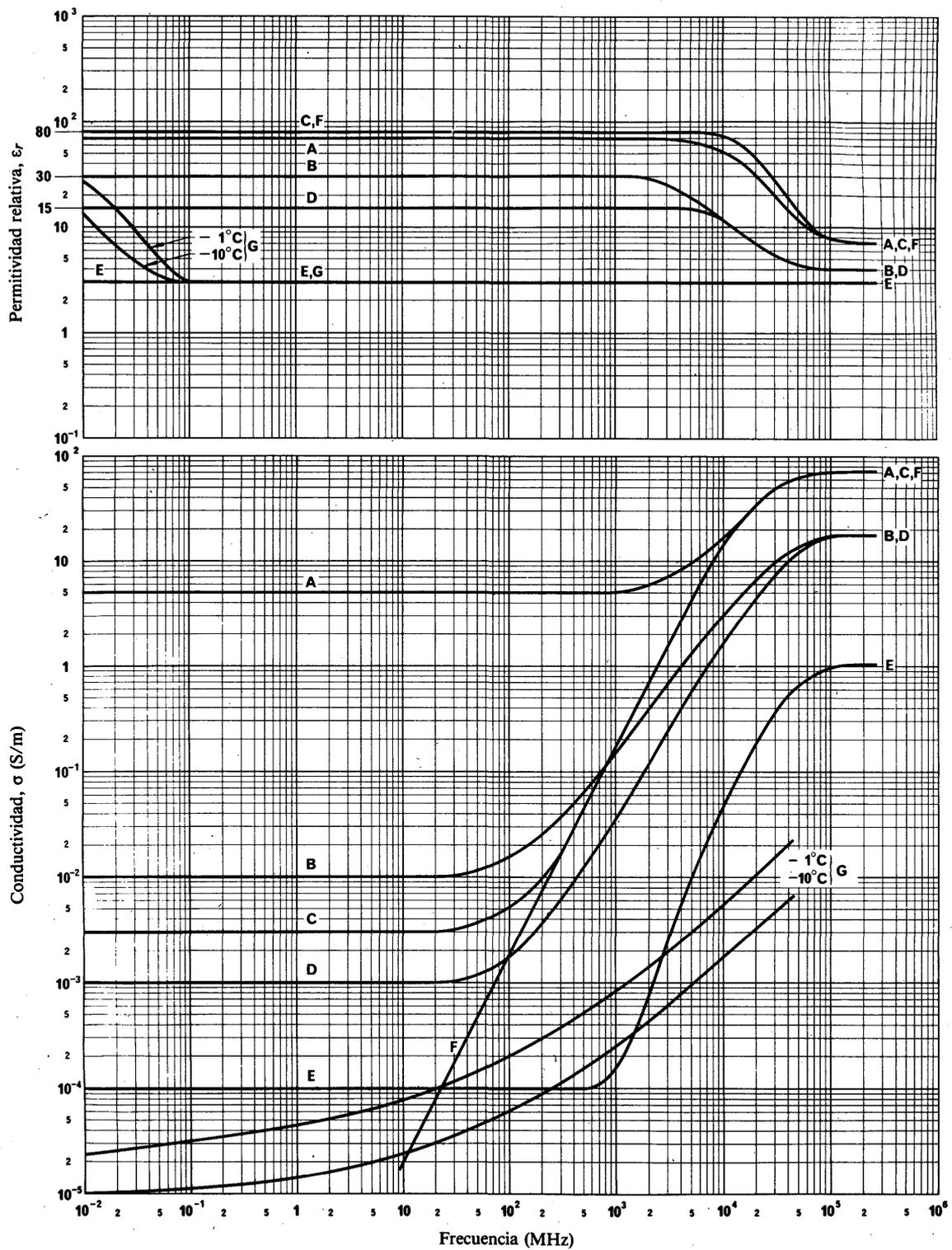


FIGURA 1 - Permittividad relativa  $\epsilon_r$ , y conductividad  $\sigma$ , en función de la frecuencia

- A: Agua salada (salinidad media),  $20^\circ\text{C}$
- B: Suelo húmedo
- C: Agua dulce,  $20^\circ\text{C}$
- D: Suelo moderadamente seco
- E: Suelo muy seco
- F: Agua pura,  $20^\circ\text{C}$
- G: Hielo (agua dulce)

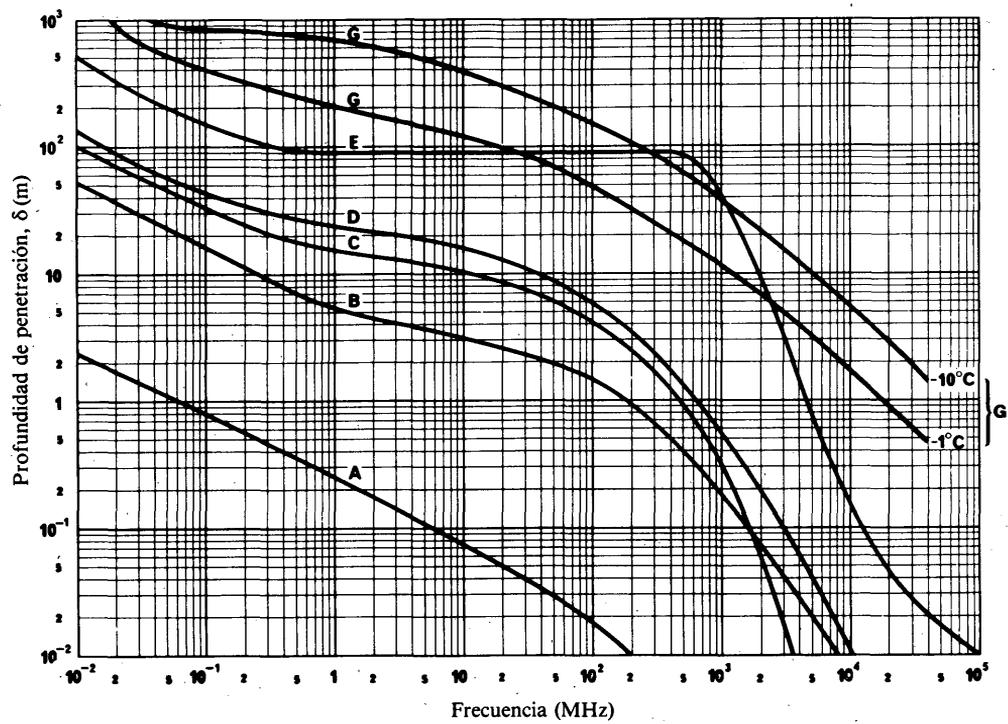


FIGURA 2 – Profundidad de penetración  $\delta$ , en función de la frecuencia

- A: Agua salada
- B: Suelo húmedo
- C: Agua dulce
- D: Suelo moderadamente seco
- E: Suelo muy seco
- G: Hielo (agua dulce)

SECCIÓN 5C: INFLUENCIA DE LA ATMÓSFERA (RADIOMETEOROLOGÍA)

RECOMENDACIÓN 369-4

ATMÓSFERA DE REFERENCIA PARA LA REFRACCIÓN

(Cuestión 2/5)

(1959-1963-1966-1978-1982-1990)

El CCIR,

CONSIDERANDO

a) que la variación del índice de refracción  $n$  de la atmósfera en función de la altura  $h$  en radiofrecuencia queda expresada de manera satisfactoria por la ley exponencial:

$$n(h) = 1 + a \times e^{-bh} \quad (1)$$

siendo  $a$  y  $b$  parámetros que se pueden determinar por métodos estadísticos para diferentes climas;

b) que se necesita una referencia común para facilitar las comparaciones de los cálculos,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que la atmósfera de referencia para la refracción se defina por la siguiente fórmula:

$$n(h) = 1 + 315 \times 10^{-6} \times e^{-0,136h} \quad (2)$$

en la que  $h$  es la altura en kilómetros sobre el nivel del mar.

## RECOMENDACIÓN 453-2

## FÓRMULA DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN RADIOELÉCTRICA

(Cuestión 2/5)

(1970-1986-1990)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

la necesidad de utilizar una fórmula única para calcular el índice de refracción radioeléctrica de la atmósfera,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que el índice de refracción radioeléctrica, de la atmósfera,  $n$ , se calcule mediante la siguiente fórmula:

$$n = 1 + N \times 10^{-6} \quad (1)$$

donde:

$N$  es el coíndice expresado por:

$$N = \frac{77,6}{T} \left( P + 4810 \frac{e}{T} \right) \quad (2)$$

$P$ : presión atmosférica (mb),\*

$e$ : presión del vapor de agua (mb),\*

$T$ : temperatura absoluta (K).

---

\* Como unidad de presión atmosférica, la Organización Meteorológica Mundial ha recomendado la adopción de hPa (hectopascal), que es numéricamente idéntico al mb.

RECOMENDACIÓN 676

**ATENUACIÓN PRODUCIDA POR LOS GASES ATMOSFÉRICOS**

(Cuestión 2/5)

(1990)

El CCIR,

CONSIDERANDO

la necesidad de evaluar la atenuación producida por los gases atmosféricos en trayectos terrenales y oblicuos,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se utilicen los procedimientos especificados en el Informe 719 para evaluar la atenuación producida por los gases atmosféricos.

---

## RECOMENDACIÓN 677

**EMISIONES RADIOELÉCTRICAS PROCEDENTES DE FUENTES NATURALES  
EN FRECUENCIAS SUPERIORES A 50 MHz**

(Cuestión 2/5)

(1990)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

que se necesita conocer la temperatura de brillo del cielo para evaluar las limitaciones de la calidad del sistema debidas al ruido,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se utilice el Informe 720 para calcular la temperatura de brillo del cielo en frecuencias superiores a 50 MHz.

---

RECOMENDACIÓN 678

**CARACTERIZACIÓN DE LA VARIABILIDAD NATURAL  
DE LOS FENÓMENOS DE PROPAGACIÓN**

(Cuestión 2/5)

(1990)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) que es necesario conocer la variabilidad natural de los fenómenos de propagación para tenerla en cuenta en el diseño de sistemas de telecomunicaciones;
- b) que existe un procedimiento de predicción para la estimación de la estadística de las variaciones de un año a otro en la fracción de tiempo de rebasamiento del mes más desfavorable del año, definida en la Recomendación 581,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que se utilice la fig. 2 del Informe 723 para la estimación de la variación prevista de un año a otro de la fracción de tiempo de rebasamiento del mes más desfavorable del año.
2. Que la variación prevista alrededor de un valor medio predicho a largo plazo se indique en función del periodo de retorno.

*Nota* — El periodo de retorno se define como  $1/p$  donde  $p$  es la probabilidad de rebasamiento del valor especificado en un intervalo de análisis. Por ejemplo, el valor mediano de una larga serie de valores de fracción de tiempo de rebasamiento del mes más desfavorable del año tendría un periodo de retorno de dos años.

## RECOMENDACIÓN 581-2

## NOCIÓN DE «MES MÁS DESFAVORABLE»

(Cuestión 2/5)

(1982-1986-1990)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a) que los criterios de calidad de funcionamiento aplicables a los sistemas de radiocomunicaciones se refieren a menudo a «cualquier mes» como periodo de referencia;
- b) que para el diseño de esos sistemas es necesario disponer de datos estadísticos sobre los efectos de propagación correspondientes al periodo de referencia de los criterios de calidad de funcionamiento;
- c) que hay necesidad por ello de contar con una definición inequívoca del periodo de referencia,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que la fracción de tiempo durante la cual se excede un umbral predeterminado en el mes más desfavorable de un año se denomine «fracción de tiempo de rebasamiento del mes más desfavorable del año».
2. Que la estadística aplicable a los criterios de calidad de funcionamiento referente a «cualquier mes» sea la media a largo plazo de la fracción de tiempo anual de rebasamiento del mes más desfavorable.
3. Que el mes más desfavorable de un año para un umbral predeterminado de cualquier mecanismo de degradación de la calidad de funcionamiento, sea el mes, de un periodo de doce meses civiles consecutivos, durante el cual se rebasa ese umbral durante más tiempo. El mes más desfavorable no es necesariamente el mismo para todos los niveles de umbral.

*Nota* — En el Informe 723 se presenta un modelo para la conversión de la fracción de tiempo de rebasamiento media anual a la fracción de tiempo de rebasamiento media del mes más desfavorable del año. Se indican los valores globales de los parámetros de este modelo, así como valores más detallados para varias regiones del mundo.

---

SECCIÓN 5D: ASPECTOS RELATIVOS AL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN TERRENAL  
Y A LOS SERVICIOS MÓVILES TERRENALES

RECOMENDACIÓN 370-5\*

**CURVAS DE PROPAGACIÓN EN ONDAS MÉTRICAS  
Y DECIMÉTRICAS PARA LA GAMA DE FRECUENCIAS  
COMPRENDIDAS ENTRE 30 Y 1000 MHz\*\***

**Servicios de radiodifusión**

(Programa de Estudios 7D/5)

(1951-1953-1956-1959-1963-1966-1974-1978-1982-1986)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) la necesidad de facilitar indicaciones a los ingenieros encargados de la planificación del servicio de radiodifusión en las bandas de ondas métricas y decimétricas para todas las condiciones climáticas;
- b) la importancia de determinar la distancia geográfica mínima entre las estaciones que trabajan en canales que utilizan las mismas frecuencias o en canales adyacentes, a fin de evitar la interferencia intolerable ocasionada por una propagación troposférica a gran distancia;
- c) que las curvas anexas se basan en el análisis estadístico de un número considerable de datos experimentales (véase el Informe 239),

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

La adopción, para su empleo provisional, de las curvas del anexo I, habida cuenta de las siguientes condiciones:

1. Se han ajustado los valores de la intensidad de campo para que correspondan a una potencia de 1 kW radiada por un dipolo de media onda.
2. Las curvas se basan en datos de mediciones correspondientes principalmente a zonas de climas templados que incluyen mares «fríos» y «cálidos», por ejemplo, el Mar del Norte y el Mar Mediterráneo. Extensos estudios recientes revelan que las condiciones de propagación en ciertas zonas de superrefractividad lindantes con mares «calientes» son sustancialmente diferentes. En el § 3.6 del Informe 239 se incluyen propuestas provisionales para tratar este caso.
3. La altura de la antena transmisora se define por la altura de esta antena sobre el nivel medio del terreno entre las distancias de 3 y de 15 km a partir del transmisor, en dirección del receptor.
4. La altura de la antena receptora se define por la altura sobre el terreno local.
5. Para definir el grado de irregularidad del terreno se utiliza el parámetro  $\Delta h$  (véase la Recomendación 310); para los servicios de radiodifusión, se aplica a las distancias comprendidas entre 10 km y 50 km desde el transmisor (véase la fig. 6 y el Informe 239).
6. En el Informe 239 se describen métodos para determinar intensidades de campo en trayectos mixtos terrestres-marítimos.
7. La intensidad de campo depende de la altura de la antena receptora, así como de la naturaleza de su entorno inmediato. En los § 2.4 y 3.4 y en la fig. 17 se incluyen datos relativos a la ganancia de altura de la antena receptora. En los Informes 239 y 567 se incluye más información sobre estos dos efectos.
8. Hay que tener en cuenta la atenuación debida a zonas forestales y a la vegetación (véase la fig. 2 del Informe 236).

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 10 y 11.

\*\* Adviértase que las curvas de esta Recomendación están destinadas a la planificación de los servicios de radiodifusión, para resolver los problemas de interferencia en una amplia zona. No deben utilizarse para circuitos entre puntos fijos porque, en este caso, es posible determinar el verdadero perfil del terreno y emplear métodos más precisos de predicción de la intensidad de campo.

9. Se puede lograr una mayor exactitud de las intensidades de campo previstas teniendo en cuenta el terreno en el punto de recepción, eligiendo un ángulo de despejamiento apropiado. El método se describe en el Informe 239. En las regiones montañosas y montañosas deberá también tenerse en cuenta la difusión por el terreno.

## ANEXO I

### 1. Introducción

1.1 Las curvas de propagación del presente anexo representan valores de intensidades de campo en ondas métricas y decimétricas, en función de varios parámetros; algunas curvas se refieren a trayectos terrestres y otras a trayectos marítimos. Las curvas de los trayectos terrestres se prepararon sobre la base de datos obtenidos principalmente en climas templados, como los que se dan en Europa y en América del Norte. Las curvas de los trayectos marítimos se prepararon sobre la base de datos obtenidos principalmente en las regiones del Mediterráneo y del Mar del Norte.

1.2 Las curvas de propagación de este anexo representan los valores de las intensidades de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones para distintos porcentajes de tiempo. Corresponden a diferentes alturas de antenas transmisoras y a la altura de una antena receptora de 10 m. Las curvas de los trayectos terrestres se refieren a un valor de  $\Delta h = 50$  m que se aplica generalmente a un terreno medianamente ondulado como el que suele encontrarse en Europa y en América del Norte.

1.3 En este anexo se presentan también las curvas de distribución de probabilidad para porcentajes de ubicaciones distintos del 50%.

1.4 Podrá determinarse la intensidad de campo sobre trayectos mixtos según los métodos descritos en el Informe 239.

1.5 Dado que la mayor parte de las mediciones se hicieron a distancias inferiores a 500 km, los resultados correspondientes a estas curvas son menos fiables más allá de esa distancia. Las porciones de esas curvas representadas mediante trazos discontinuos se obtuvieron por extrapolación y constituyen sólo una orientación general para valores probables de intensidad de campo.

1.6 Todas estas curvas se basan en valores a largo plazo (varios años) y pueden considerarse representativas de las condiciones climáticas medias que imperan en todas las regiones templadas. Ha de advertirse, sin embargo, que tratándose de periodos breves (algunas horas, por ejemplo, y hasta unos pocos días), pueden haber intensidades de campo muy superiores a las indicadas en dichas curvas, particularmente en el caso de terrenos relativamente llanos.

1.7 Sabido es que la intensidad de campo mediana varía según la región climatológica; los datos compilados en Estados Unidos de América y en Europa occidental, en condiciones climatológicas muy diversas, demuestran la posibilidad de establecer una correlación entre el valor mediano de las intensidades de campo observadas y el gradiente del índice de refracción en el primer kilómetro de atmósfera sobre el nivel del suelo. Si  $\Delta N$  se define como  $10^6(n_1 - n_s)$ , siendo  $n_s$  el índice de refracción en la superficie del suelo y  $n_1$  el de la refracción a 1 km de altura, para una atmósfera normal, tendremos  $\Delta N \approx -40$ ; las curvas 50% de las figs. 1a y 1b se aplican a este caso. Si el valor medio de  $\Delta N$  en una región dada es muy diferente de  $-40$ , para obtener el valor mediano de las intensidades de campo correspondientes a distancias mayores que el horizonte, hay que aplicar a las curvas un factor de corrección de  $-0,5(\Delta N + 40)$  dB. Si se desconoce  $\Delta N$  pero se poseen datos que permiten calcular el valor medio de  $N_s$ , siendo  $N_s = 10^6(n_s - 1)$ , se puede, por lo menos para las regiones templadas, aplicar otro factor de corrección, que es de  $0,2(N_s - 310)$  dB. Aun cuando hasta la fecha sólo se han establecido estos factores de corrección para las zonas geográficas anteriormente indicadas, pueden servir de indicación para correcciones que sea necesario efectuar en otras zonas distintas. Se desconoce hasta qué punto es correcto aplicar correcciones análogas a las curvas de intensidad de campo excedidas durante el 1% y el 10% del tiempo. Sin embargo, se cree que habrá de efectuarse una corrección importante de los valores excedidos durante el 1% y el 10% del tiempo en las regiones en que predomina la superrefracción durante una parte apreciable del tiempo.

### 2. Ondas métricas

2.1 Las curvas de las figs. 1a, 2a, 3a y 4a representan valores de intensidades de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones y durante el 50%, el 10%, el 5% y el 1% del tiempo, para trayectos terrestres donde un valor de  $\Delta h = 50$  m se considera representativo. Para un valor diferente de  $\Delta h$ , debe aplicarse una corrección a las curvas conforme se muestra en la fig. 7 (véase también el Informe 239). Para porcentajes de ubicaciones distintos del 50% pueden obtenerse correcciones mediante la curva de distribución de la fig. 5.

2.2 Las curvas de las figs. 1b, 2b, 2c, 3b, 3c, 4b y 4c representan los valores de intensidad de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones durante el 50%, el 10%, el 5% y el 1% del tiempo, cuando se trata de trayectos marítimos sobre mares fríos y mares cálidos, cuyas características (climáticas) se aproximan a las zonas que se observan en el Mar del Norte y en el Mar Mediterráneo, respectivamente.

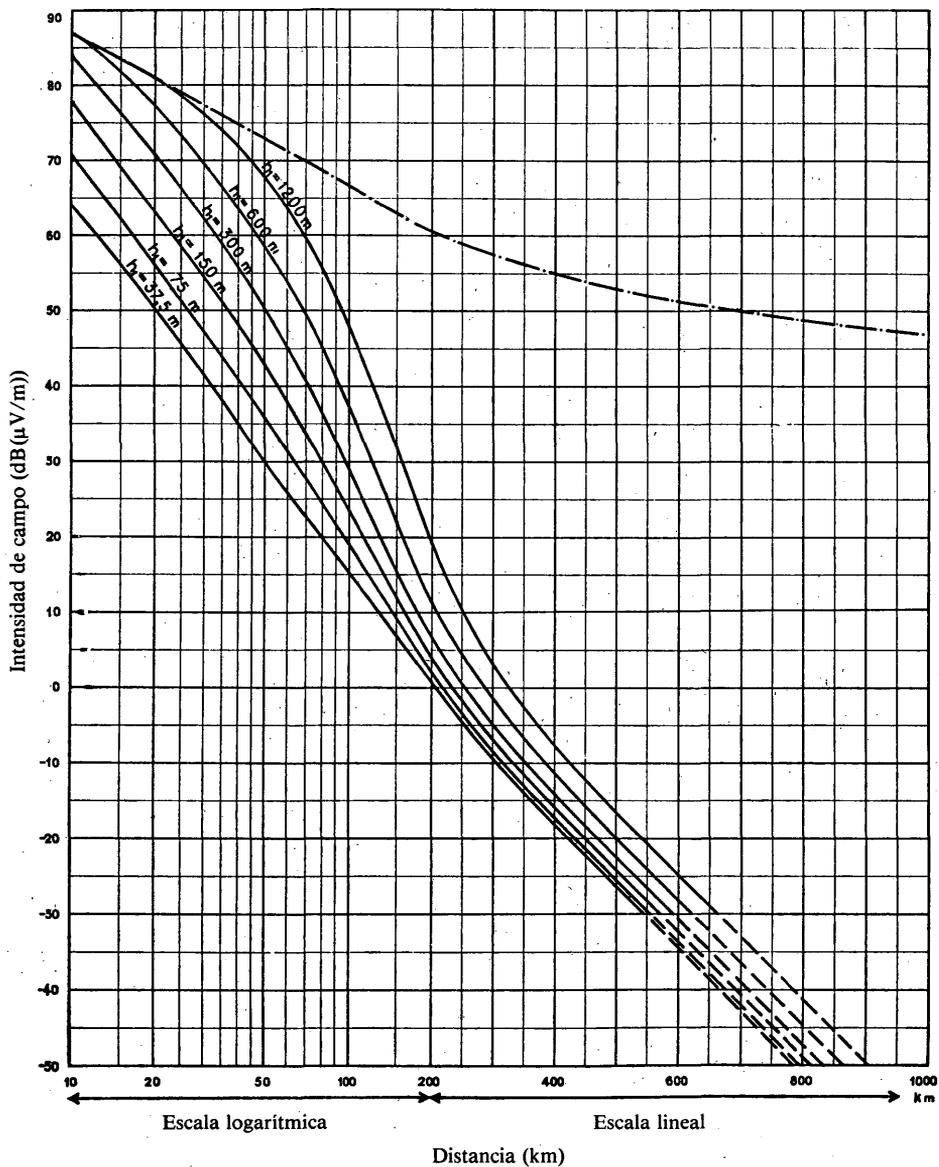


FIGURA 1a — Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) - tierra - 50% del tiempo -  
 50% de las ubicaciones -  $h_2 = 10$  m -  $\Delta h = 50$  m

— — — Espacio libre

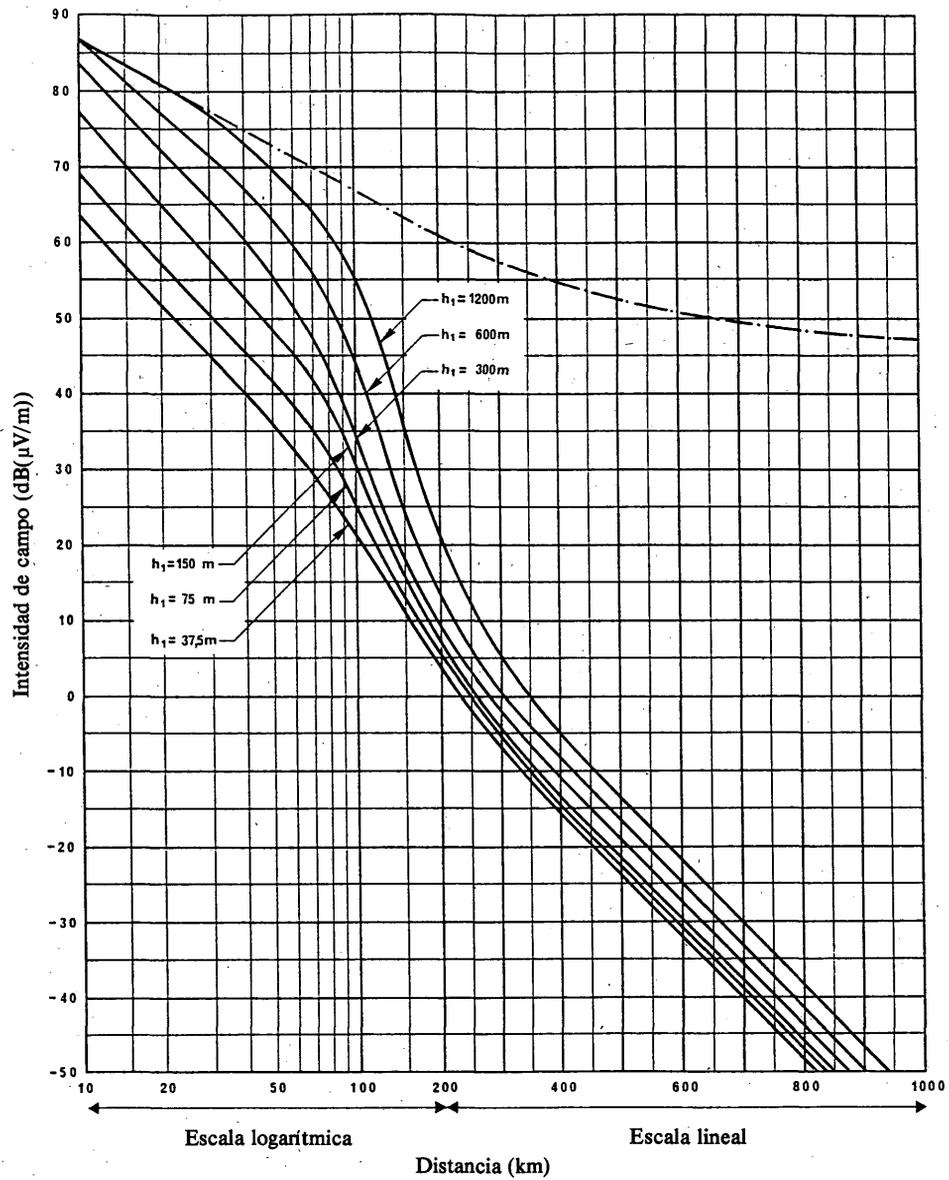


FIGURA 1b — Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) - Mar - 50% del tiempo -  
50% de las ubicaciones -  $h_2 = 10$  m

--- Espacio libre

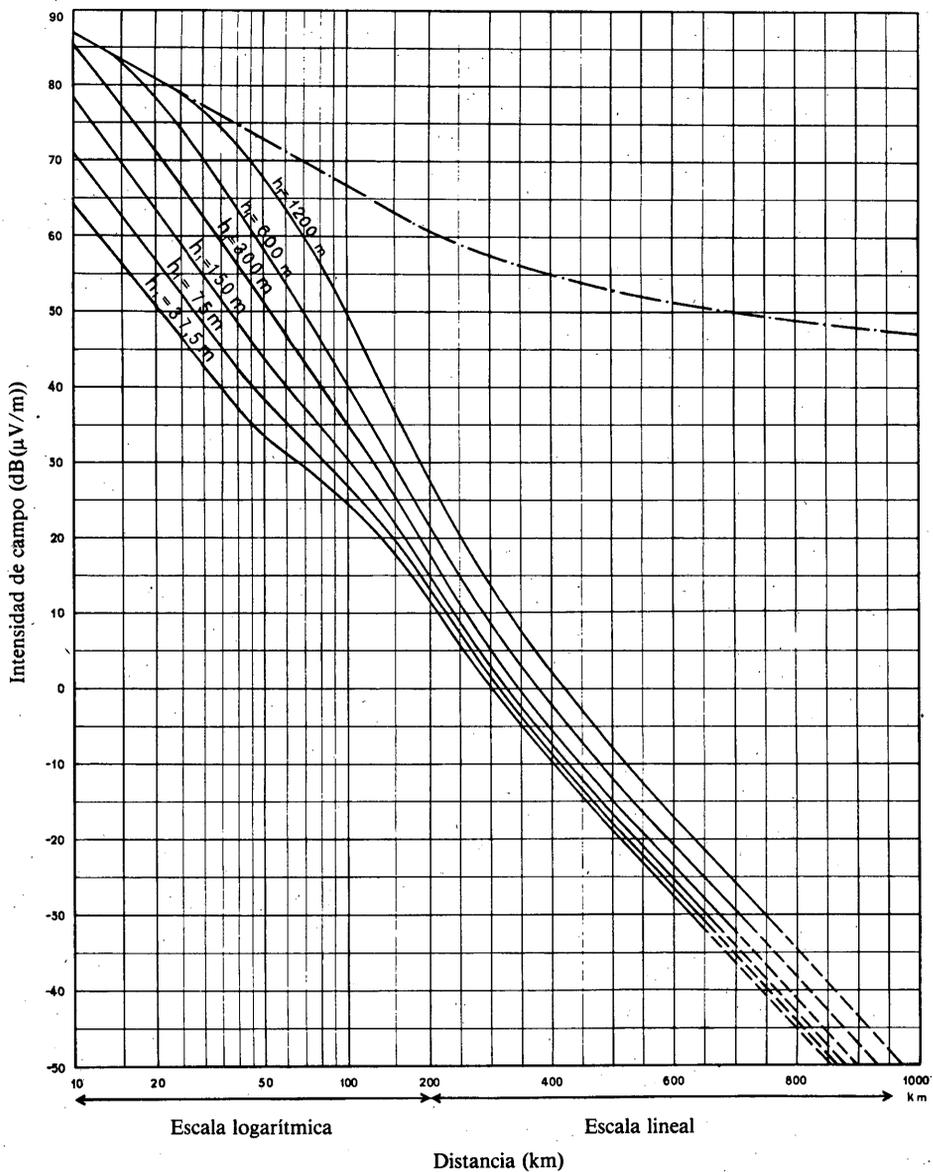


FIGURA 2a - Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) - tierra - 10% del tiempo -  
 50% de las ubicaciones -  $h_2 = 10$  m -  $\Delta h = 50$  m

— — — Espacio libre



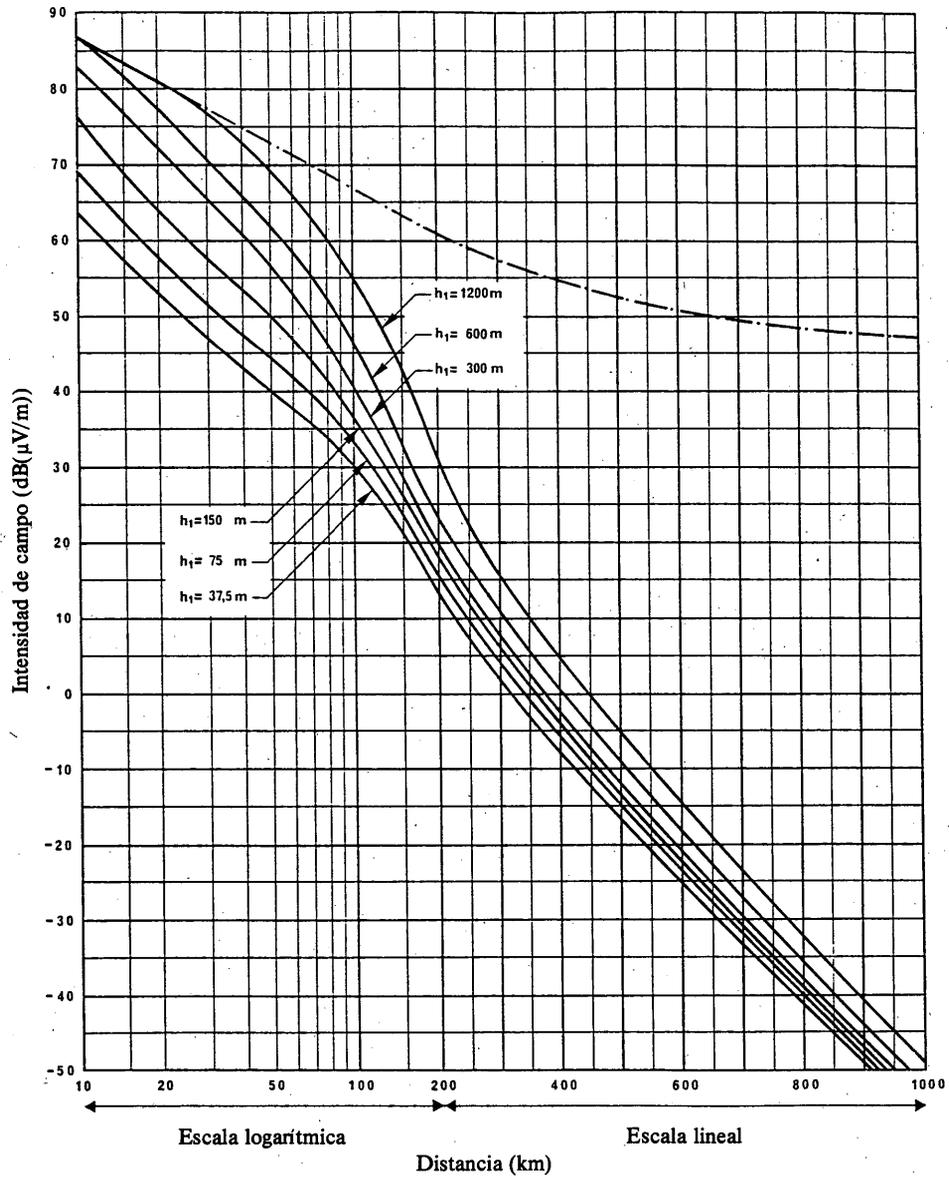


FIGURA 2b — Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) - Mar frío - 10% del tiempo -  
50% de las ubicaciones -  $h_2 = 10$  m

— · — Espacio libre

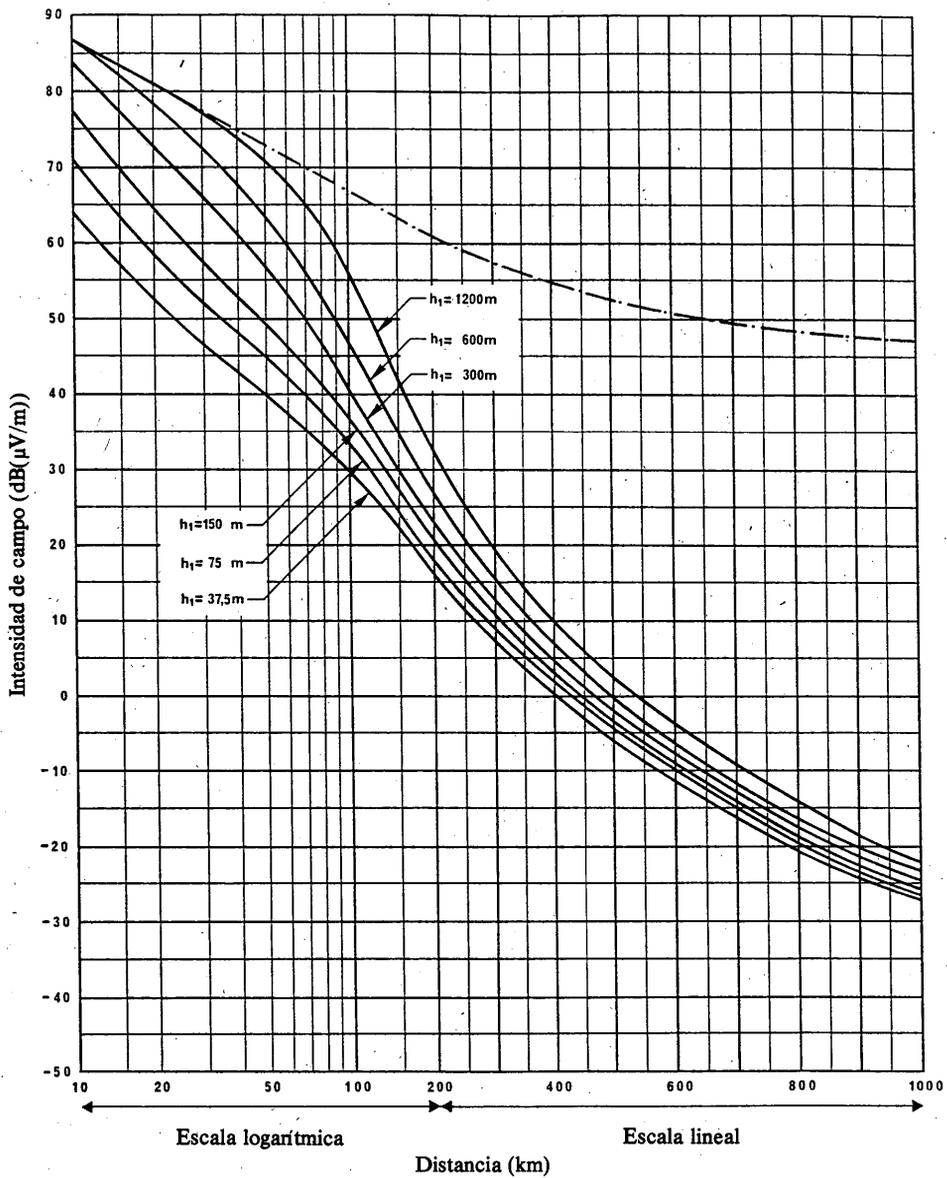


FIGURA 2c - Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) - Mar cálido - 10% del tiempo -  
50% de las ubicaciones -  $h_2 = 10$  m

--- Espacio libre

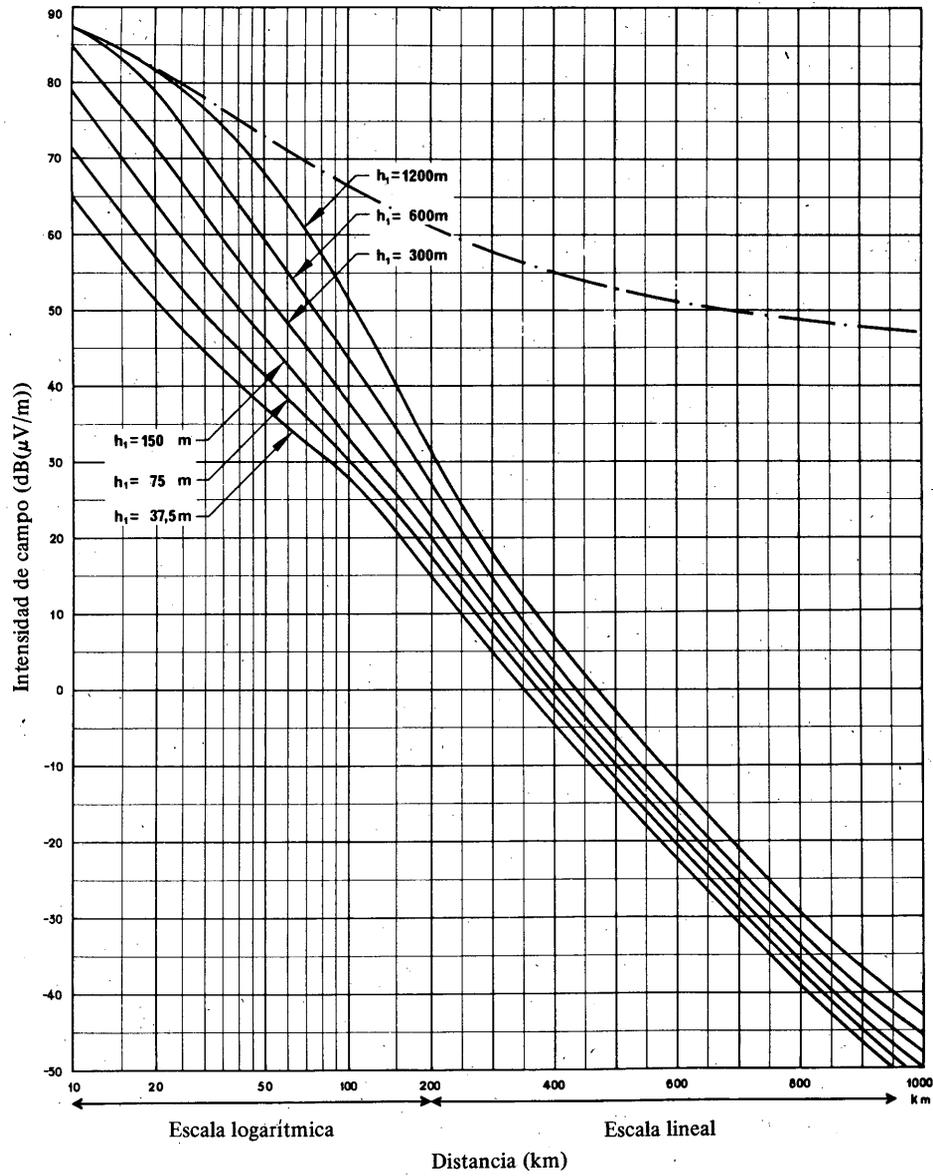


FIGURA 3a – Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) – tierra – 5% del tiempo –  
 50% de las ubicaciones –  $h_2 = 10\text{ m}$  –  $\Delta h = 50\text{ m}$

— — — Espacio libre

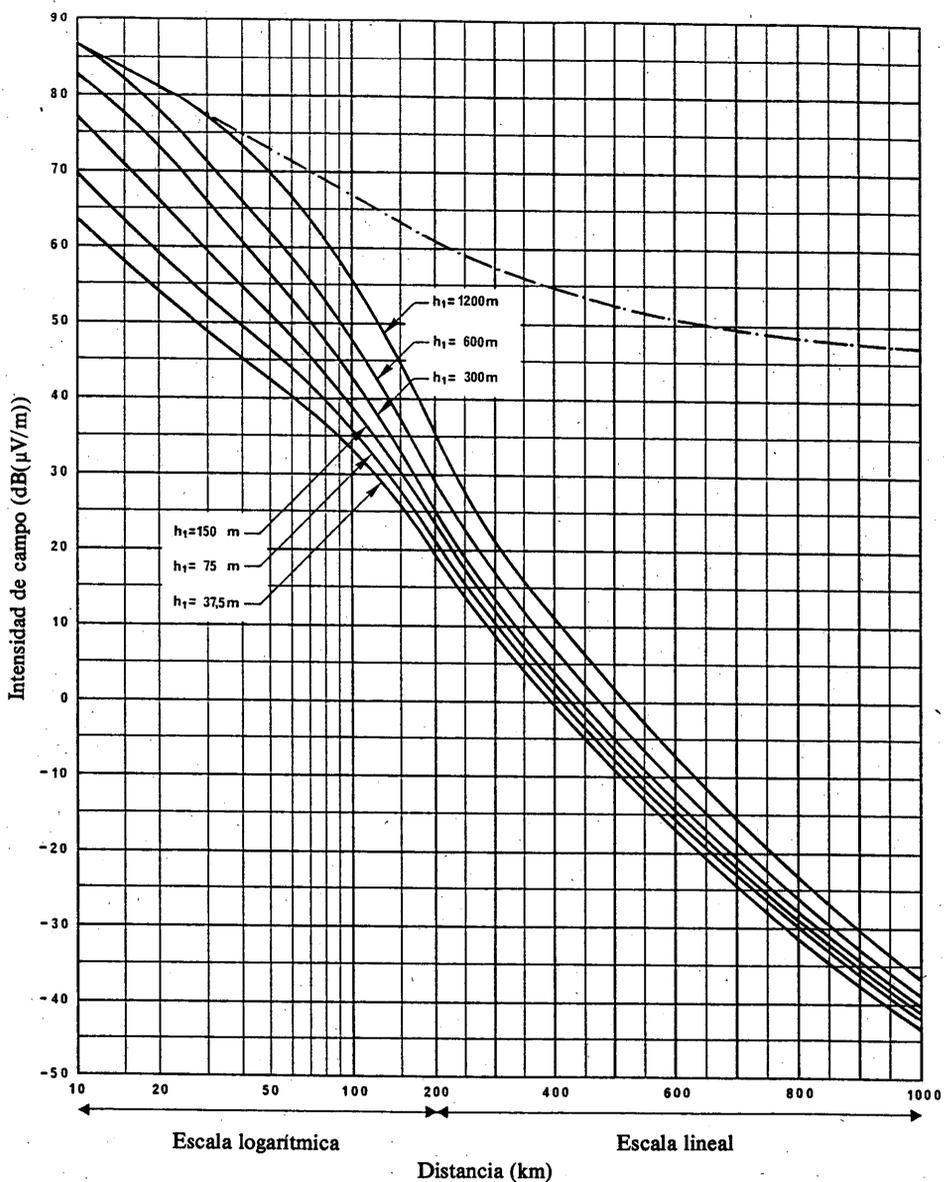


FIGURA 3b - Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) - Mar frío - 5% del tiempo -  
50% de las ubicaciones -  $h_2 = 10$  m

--- Espacio libre

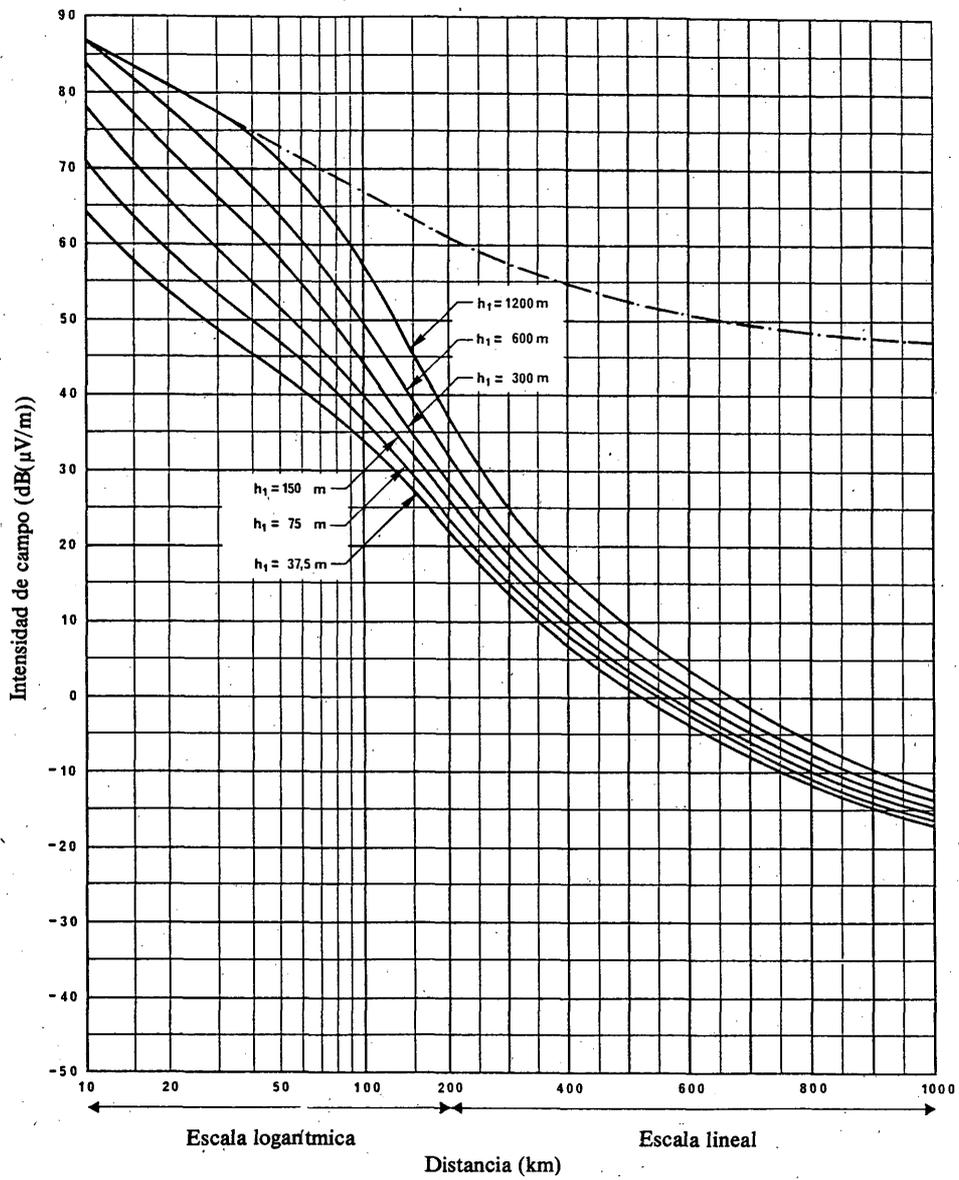


FIGURA 3c - Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) - Mar cálido - 5% del tiempo -  
50% de las ubicaciones - h<sub>2</sub> = 10 m

— · — Espacio libre

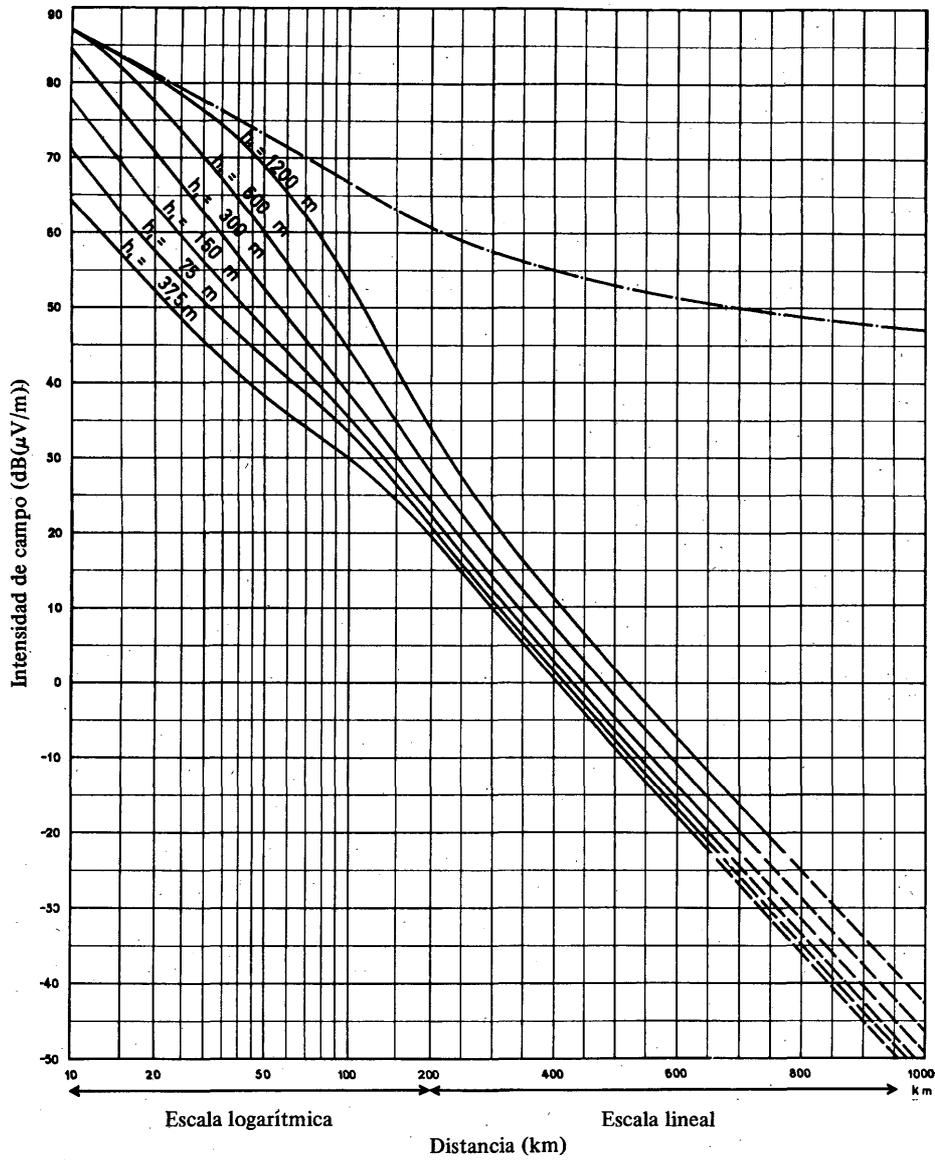


FIGURA 4a – Intensidad de campo ( $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ ) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) – tierra – 1% del tiempo –  
 50% de las ubicaciones –  $h_2 = 10 \text{ m}$  –  $\Delta h = 50 \text{ m}$

--- Espacio libre

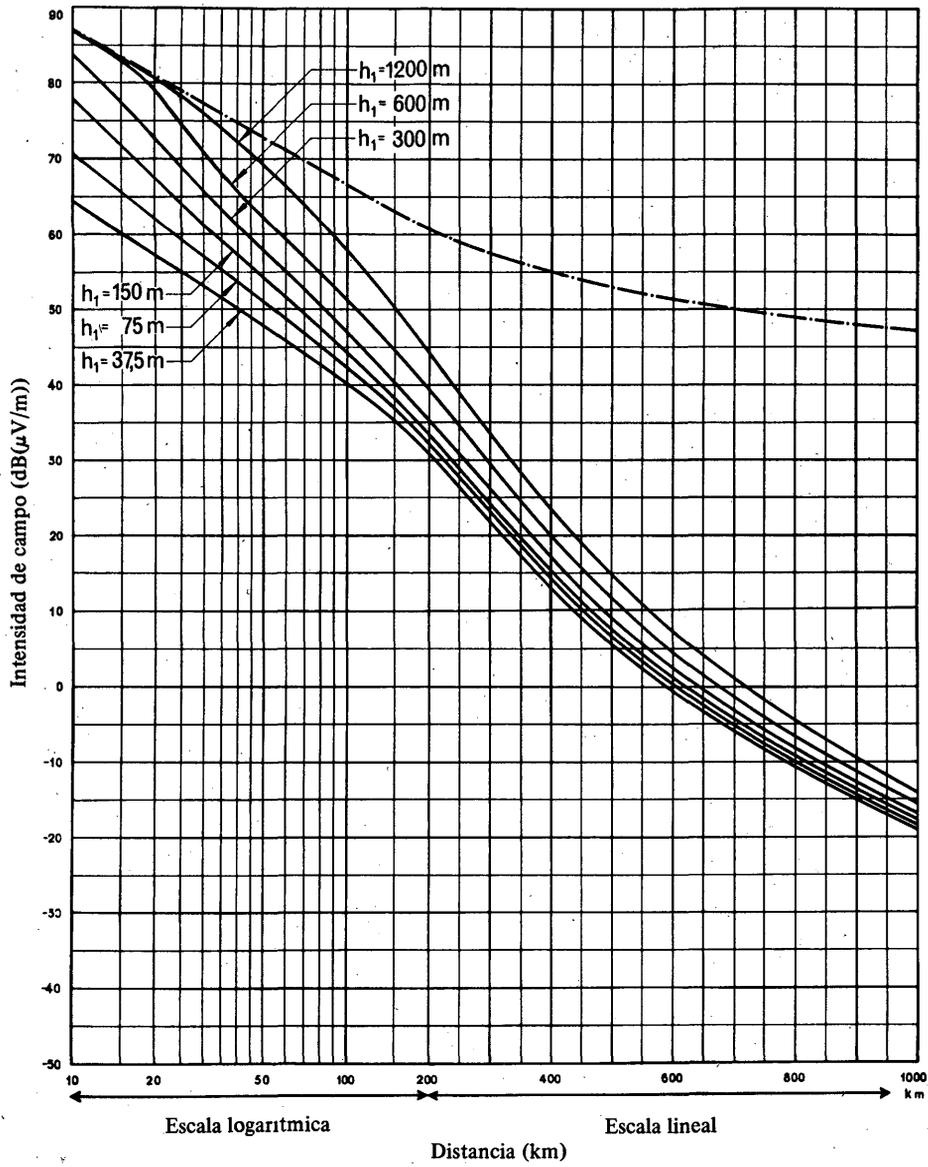


FIGURA 4b - Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) - Mar frío - 1% del tiempo -  
 50% de las ubicaciones -  $h_2 = 10$  m

--- Espacio libre

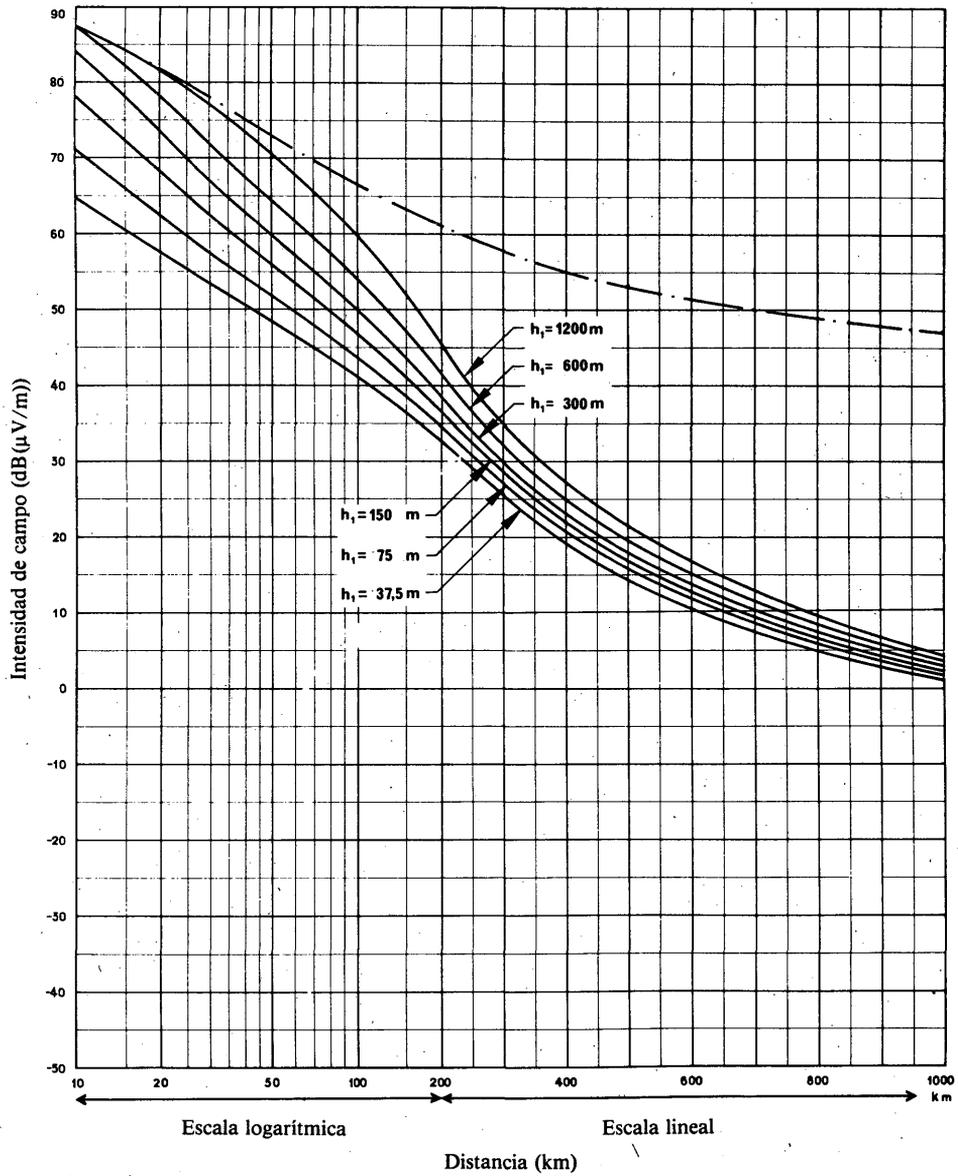


FIGURA 4c - Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencias: 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) -  
 Mar cálido (excluidas las zonas expuestas a superrefracción intensa) -  
 1% del tiempo - - 50% de las ubicaciones - h<sub>2</sub> = 10 m

— — — Espacio libre

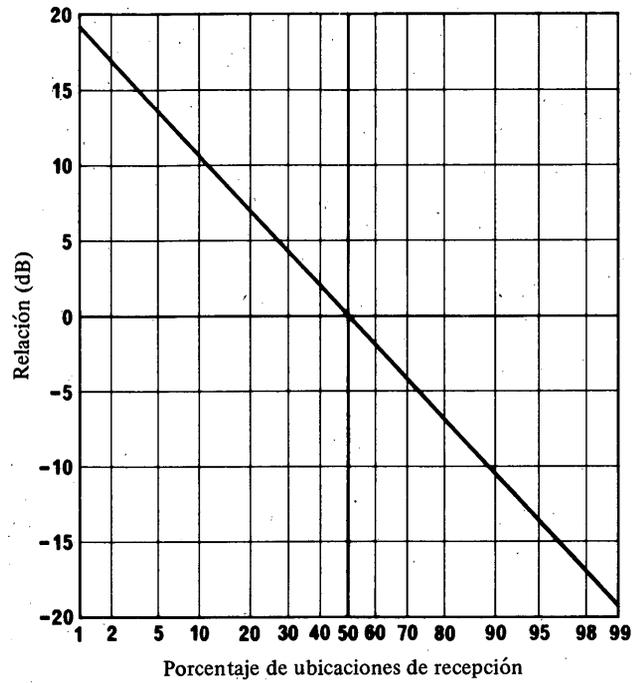


FIGURA 5 – Relación (dB) entre la intensidad de campo para un porcentaje cualquiera de ubicaciones de recepción y la intensidad de campo para el 50% de ubicaciones de recepción

Frecuencias : 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III)

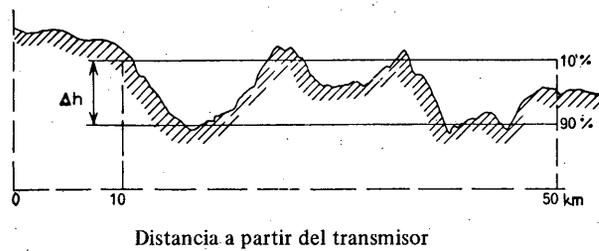


FIGURA 6 – Aplicación del parámetro  $\Delta h$  para los servicios de radiodifusión

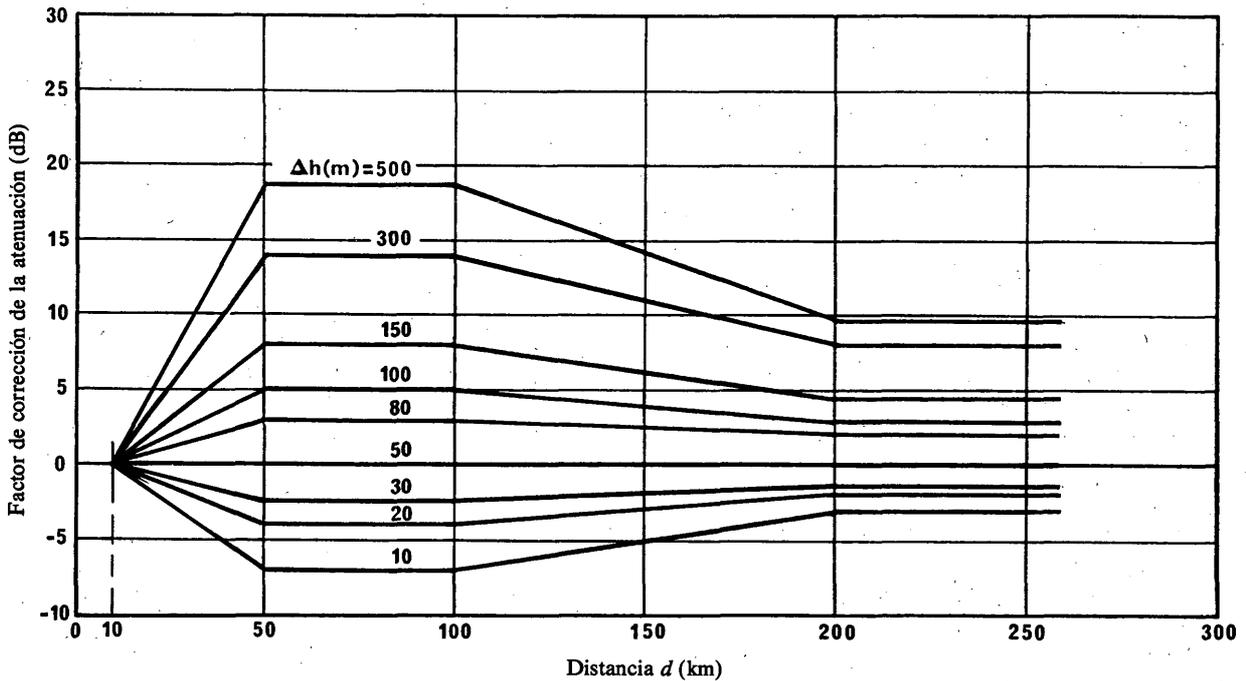


FIGURA 7 – Factor de corrección de la atenuación en función de la distancia  $d$  (km) y  $\Delta h$   
Frecuencias 80 a 250 MHz (Bandas II y III)

2.3 En las zonas sujetas a fenómenos de superrefracción intensa se podrán tener en cuenta las informaciones contenidas en el § 3.6 del Informe 239.

2.4 Cambiando la altura de la antena receptora de 10 m a 3 m con respecto al suelo cabe esperar la siguiente reducción de los valores medianos de las intensidades de campo: en las bandas I y II, 9 dB para terreno accidentado o llano, tanto en las zonas urbanas como rurales; en la banda III, 7 dB para terreno llano en zonas rurales y 11 dB para terreno accidentado o zona urbana. Estos valores se aplican a distancias de hasta 50 km. Para distancias superiores a 100 km deben reducirse en un 50% los factores indicados y utilizar interpolación lineal para distancias intermedias (véase también el Informe 239).

2.5 La ionosfera puede influenciar (principalmente mediante los efectos debidos a la ionización de la capa E esporádica) la propagación en la parte inferior de la banda de ondas métricas, en particular para las frecuencias por debajo de aproximadamente 90 MHz. En algunas circunstancias, este modo de propagación puede influir en la intensidad de campo, excedida durante pequeños porcentajes de tiempo, a distancias de más de unos 500 km, e incluso durante porcentajes de tiempo más altos en las proximidades del ecuador magnético. Sin embargo, generalmente pueden ignorarse estos efectos ionosféricos en la mayor parte de las aplicaciones a que se refiere esta Recomendación; basándose en este supuesto, se han preparado las curvas de propagación de este anexo a fin de comprobar la validez de dicho supuesto, consúltese el Informe 259 y la Recomendación 534.

### 3. Ondas decimétricas

3.1 Las curvas de las figs. 9, 10 y 11 representan valores de las intensidades de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones y durante el 50%, el 10% y el 1% del tiempo en trayectos terrestres donde un valor de  $\Delta h = 50$  m se considera representativo. Para diferentes valores de  $\Delta h$ , debe aplicarse una corrección a las curvas conforme se muestra en la fig. 8. Los factores de corrección para porcentajes de ubicaciones distintos del 50% pueden obtenerse mediante las curvas de distribución de la fig. 12.

3.2 Las curvas de las figs. 13, 14a, 14b, 15a, 15b, 16a y 16b representan valores de las intensidades de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones y durante el 50%, el 10%, el 5% y el 1% del tiempo, en trayectos marítimos sobre mares fríos y mares cálidos, cuyas características (climáticas) se aproximan a las zonas que se observan en el Mar del Norte y en el Mar Mediterráneo, respectivamente.

3.3 En las zonas sujetas a fenómenos de superrefracción intensa se podrán tener en cuenta las informaciones contenidas en el punto 3.6 del Informe 239.

3.4 Cambiando la altura de la antena receptora de 10 m a 3 m con respecto al suelo cabe esperar una reducción de los valores medianos de las intensidades de campo. La fig. 17 indica cómo varía el valor mediano con  $\Delta h$  en las zonas rurales. En las zonas suburbanas, puede tomarse un valor de 7 dB y en las zonas urbanas un valor de 14 dB. Los valores indicados se aplican a distancias de hasta 50 km. Para distancias superiores a 100 km deben reducirse en un 50%, como en la fig. 17, y utilizar interpolación lineal para distancias intermedias.

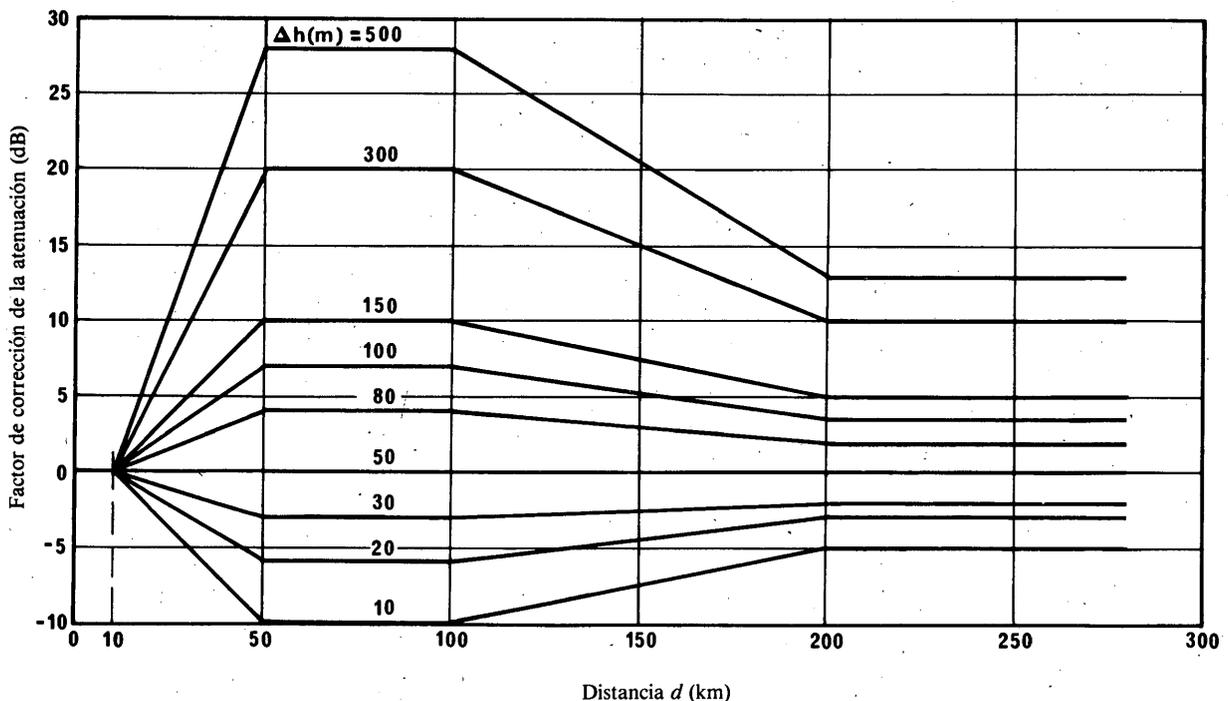


FIGURA 8 – Factor de corrección de la atenuación en función de la distancia  $d$  (km) y  $\Delta h$

Frecuencias 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V)

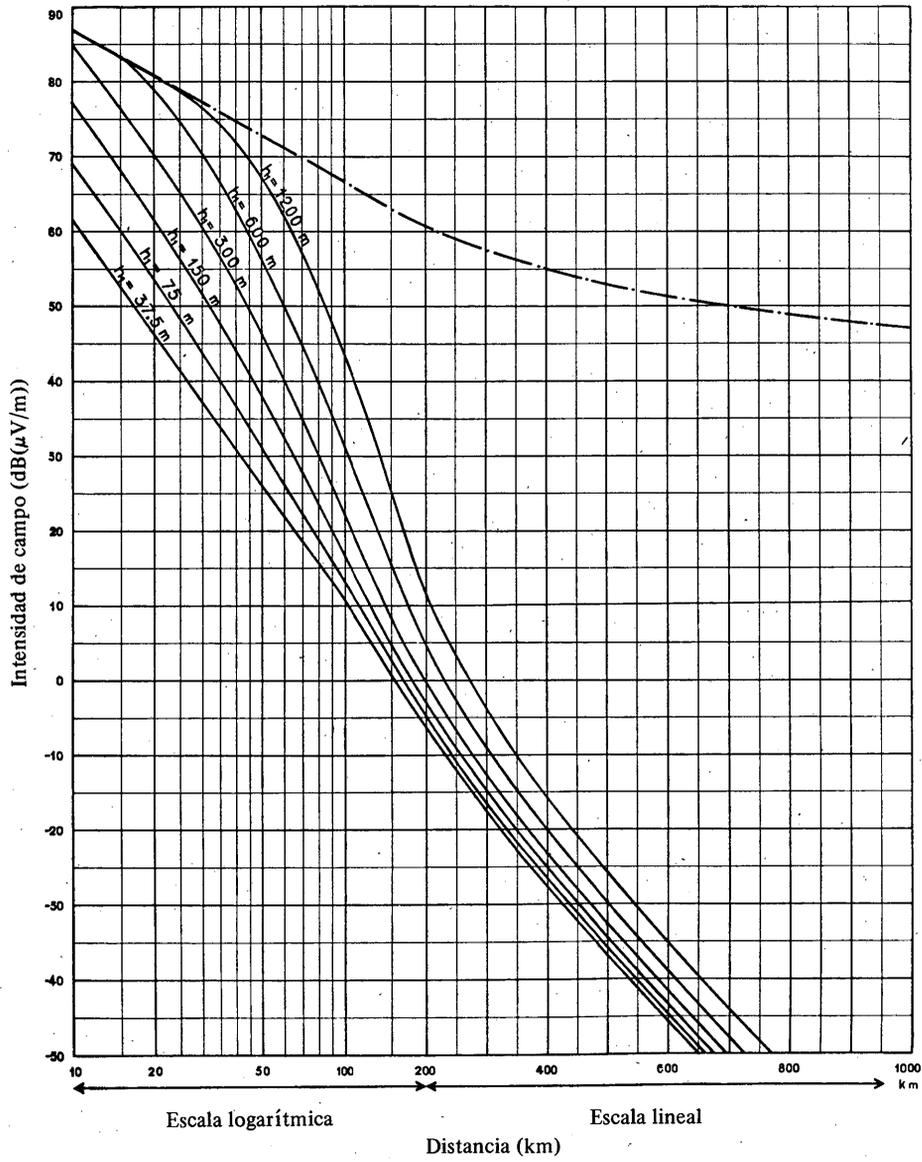


FIGURA 9 – Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias: 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V) – tierra – 50% del tiempo –  
 50% de las ubicaciones –  $h_2 = 10\text{ m}$  –  $\Delta h = 50\text{ m}$

— — — Espacio libre

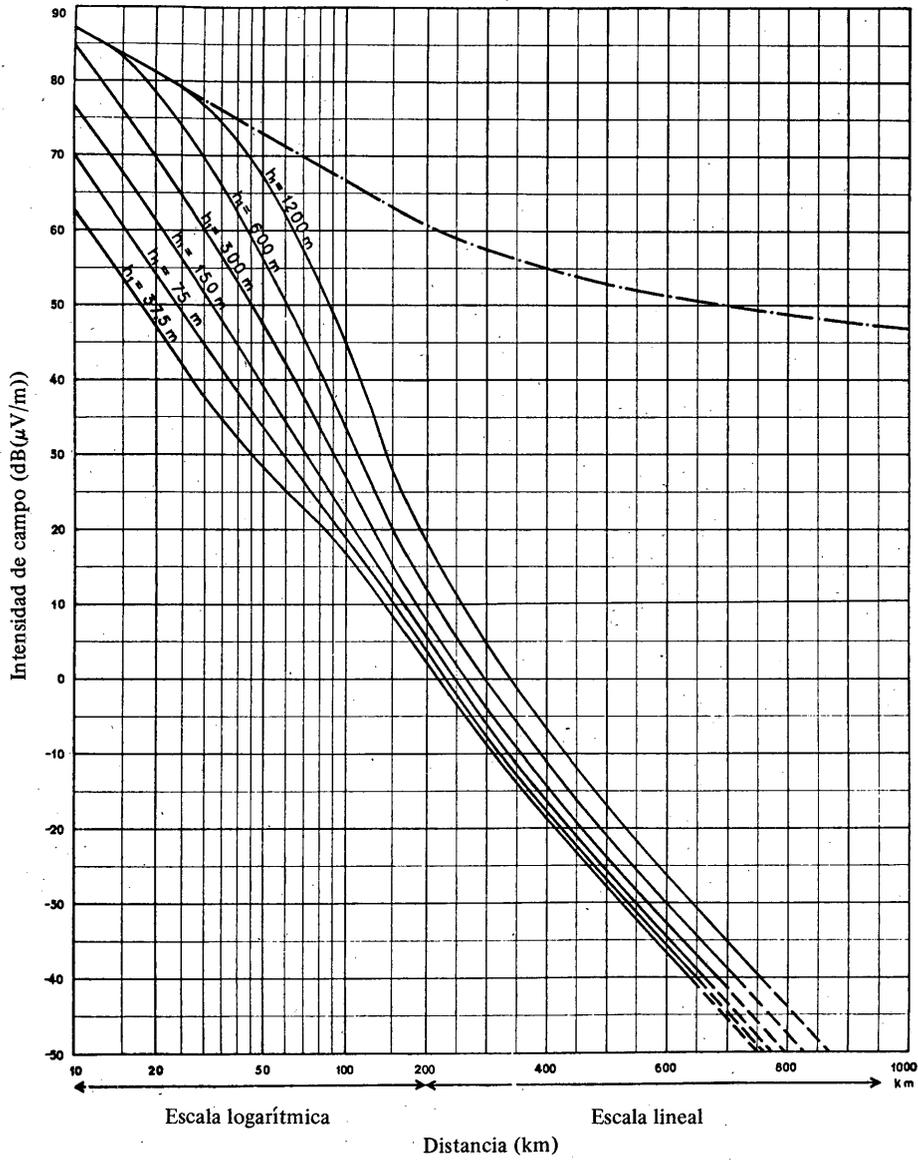


FIGURA 10 – Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias : 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V) – tierra – 10% del tiempo –  
 50% de las ubicaciones – h<sub>2</sub> = 10 m – Δh = 50 m

— — — Espacio libre

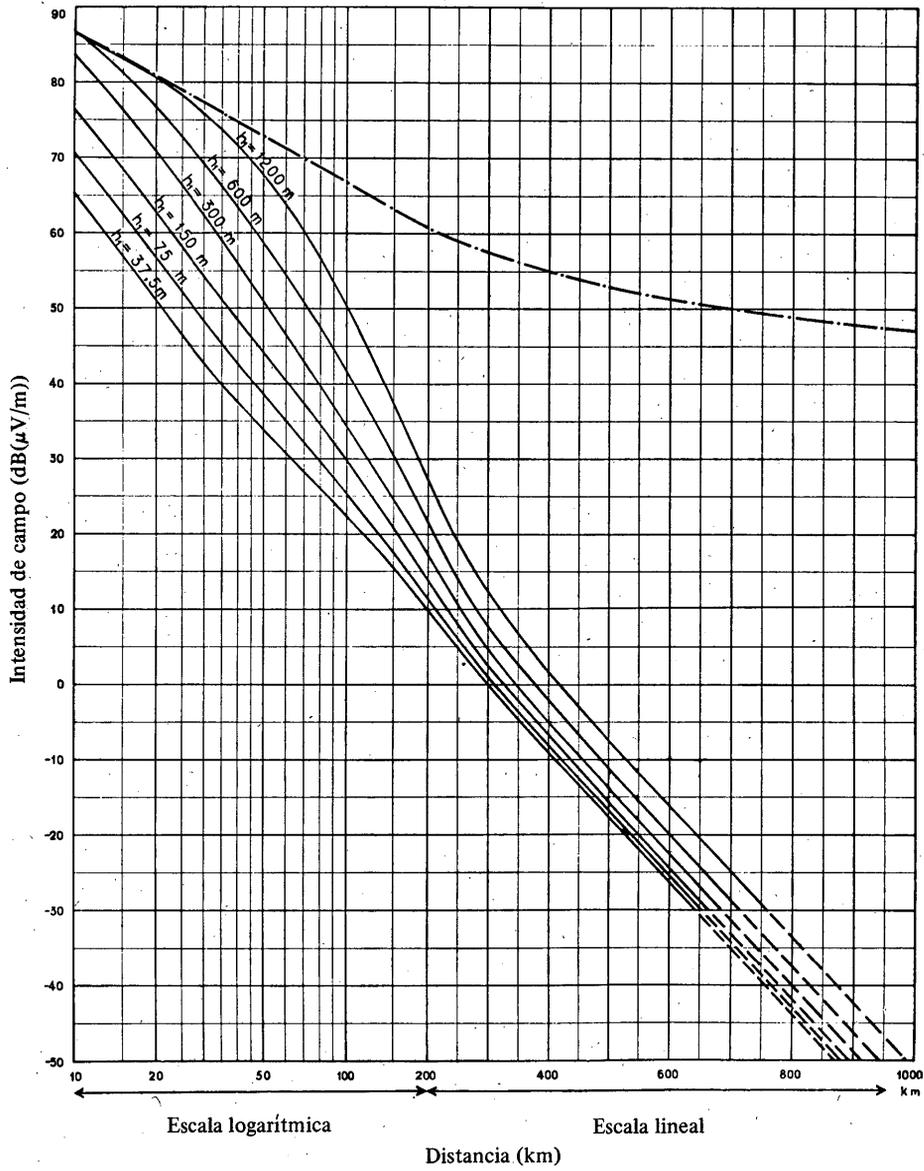


FIGURA 11 – Intensidad de campo ( $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ ) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias: 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V) – tierra – 1% del tiempo –  
 50% de las ubicaciones –  $h_2 = 10\text{ m}$  –  $\Delta h = 50\text{ m}$

— · — Espacio libre

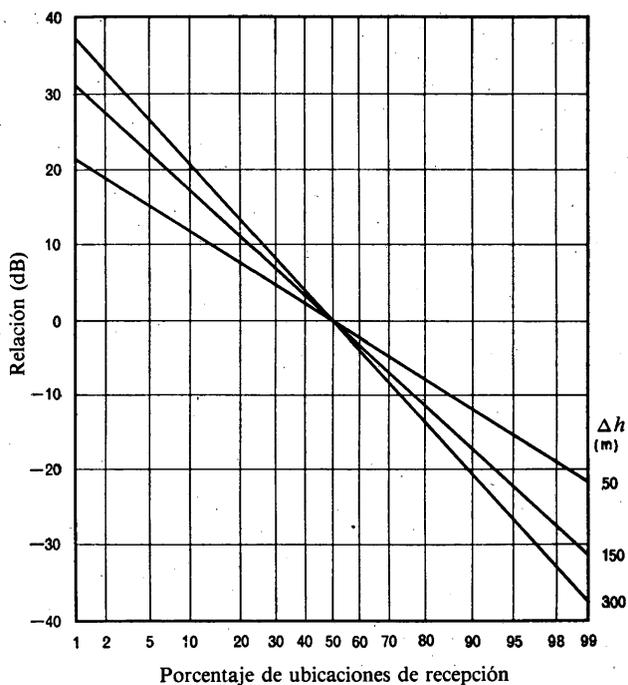


FIGURA 12 – Relación (dB) entre la intensidad de campo para un porcentaje cualquiera de ubicaciones de recepción y la intensidad de campo para el 50 % de ubicaciones de recepción

Frecuencias: 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V)

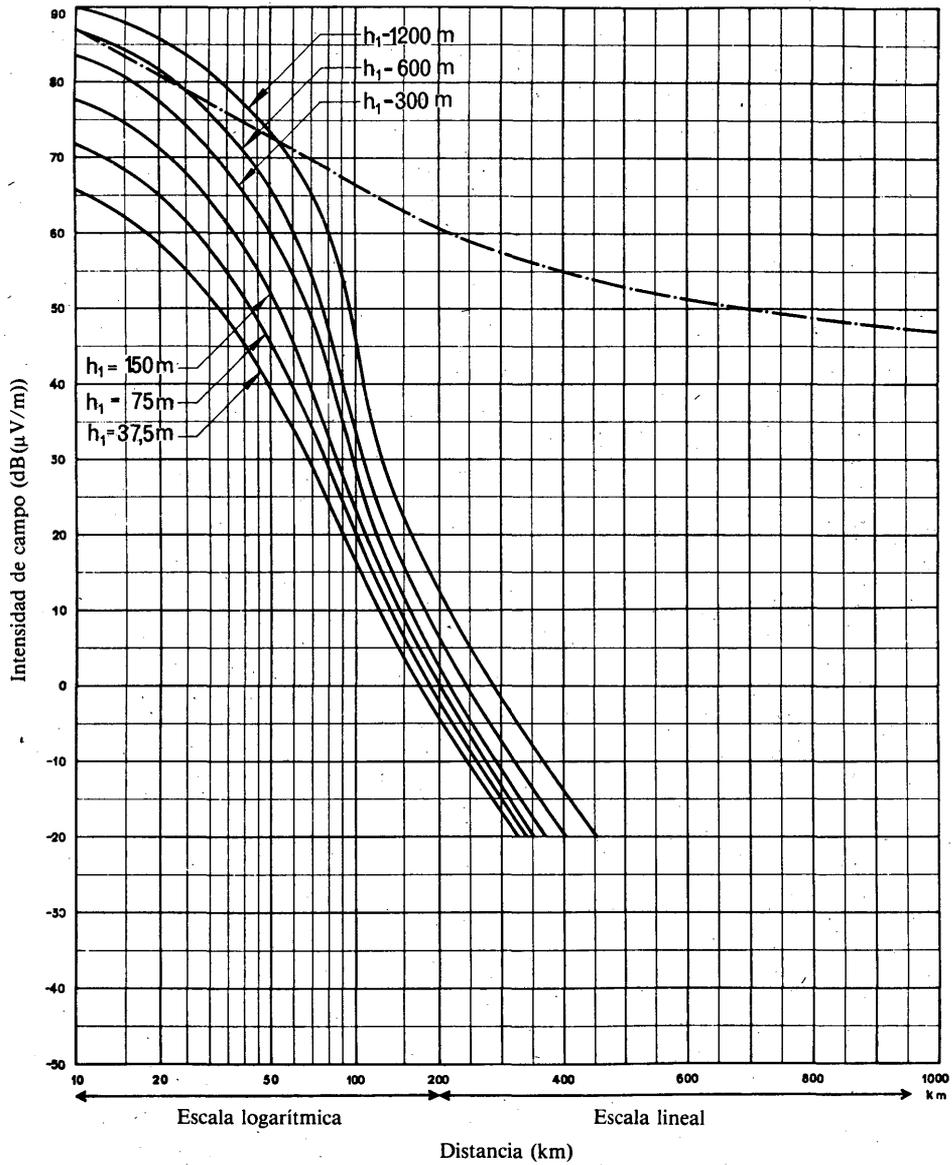


FIGURA 13 - Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Frecuencias: 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V) - Mar - 50% del tiempo -  
50% de las ubicaciones -  $h_2 = 10$  m

— — — Espacio libre

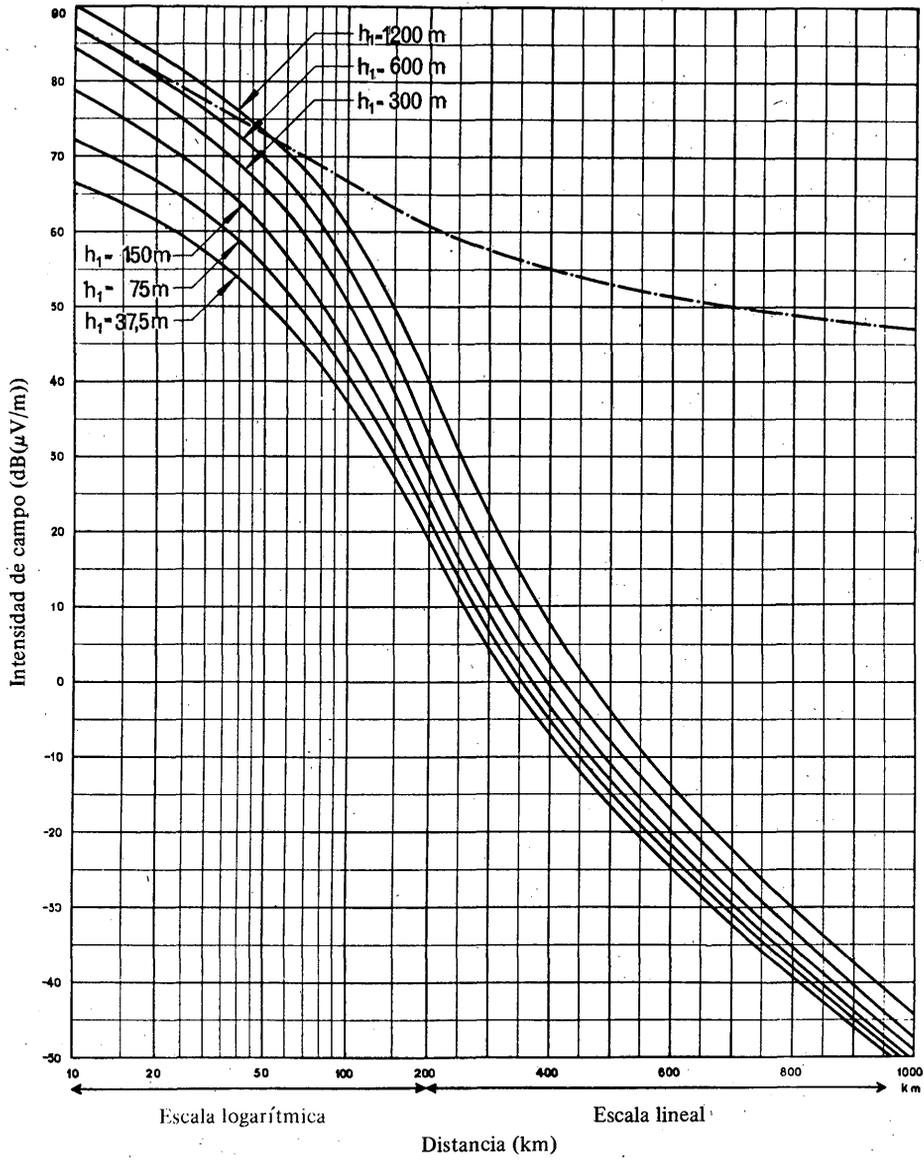


FIGURA 14a - Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente  
Frecuencias: 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V) - Mar frío - 10% del tiempo -  
50% de las ubicaciones -  $h_2 = 10$  m

— . — Espacio libre

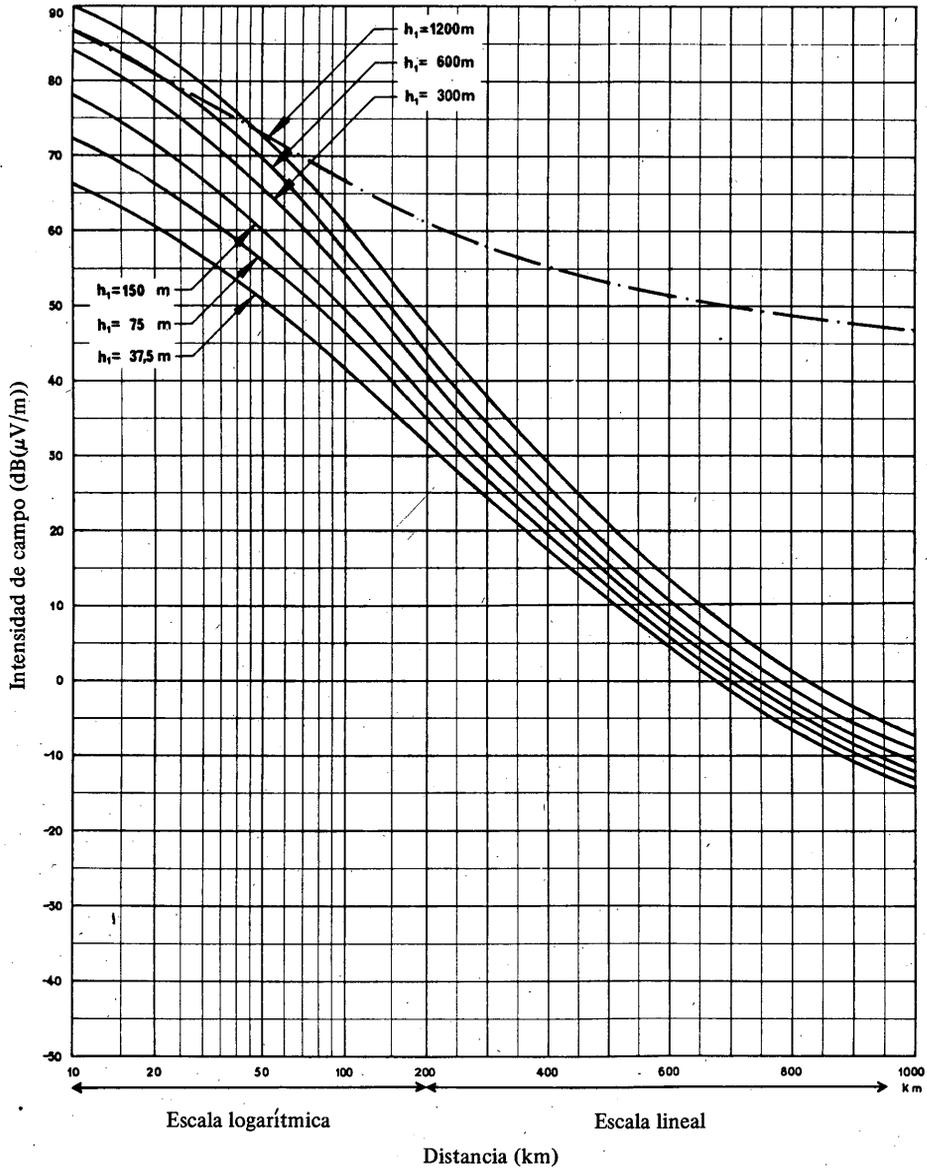


FIGURA 14b – Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias: 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V) – Mar cálido – 10% del tiempo –  
 50% de las ubicaciones –  $h_2 = 10$  m

— · — Espacio libre

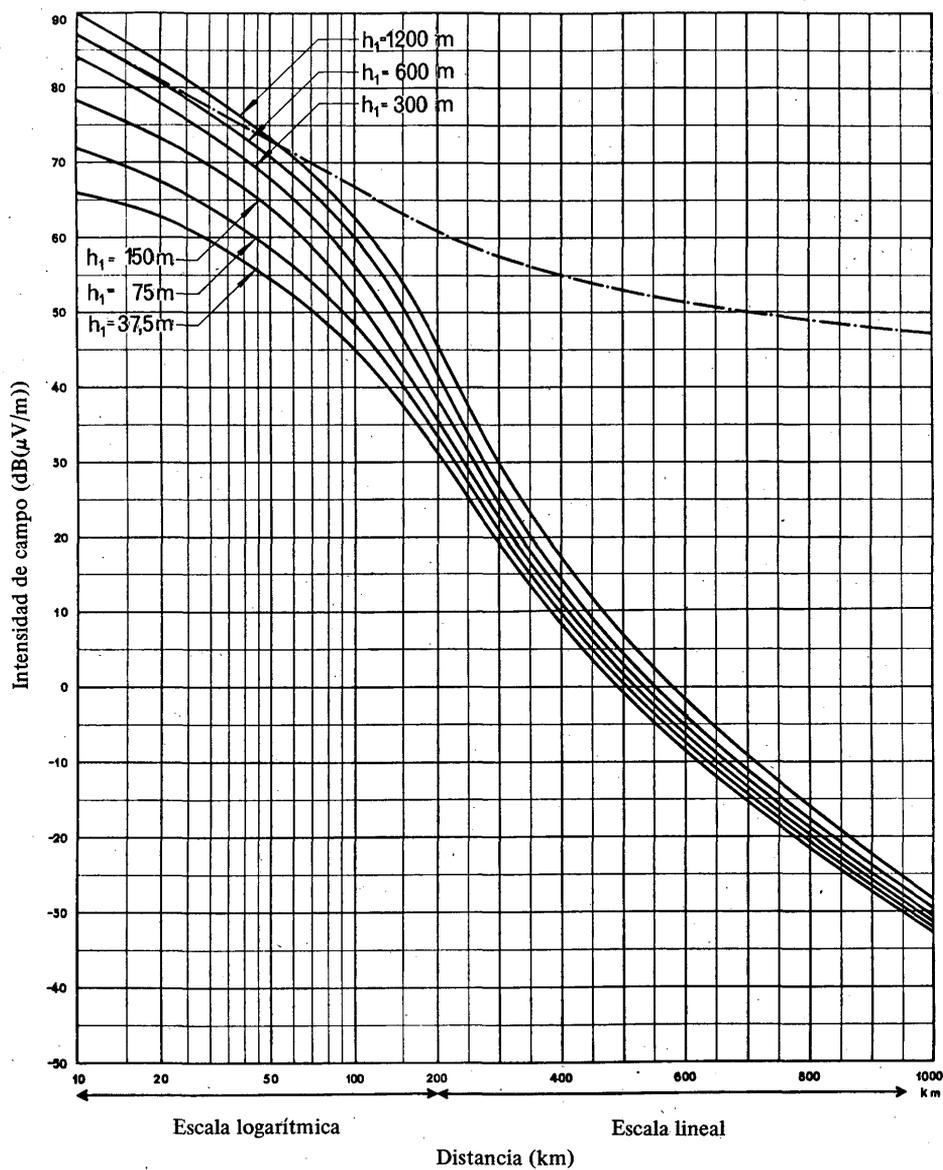


FIGURA 15a – Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias: 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V) – Mar frío – 5% del tiempo –  
 50% de las ubicaciones – h<sub>2</sub> = 10 m

— · — Espacio libre

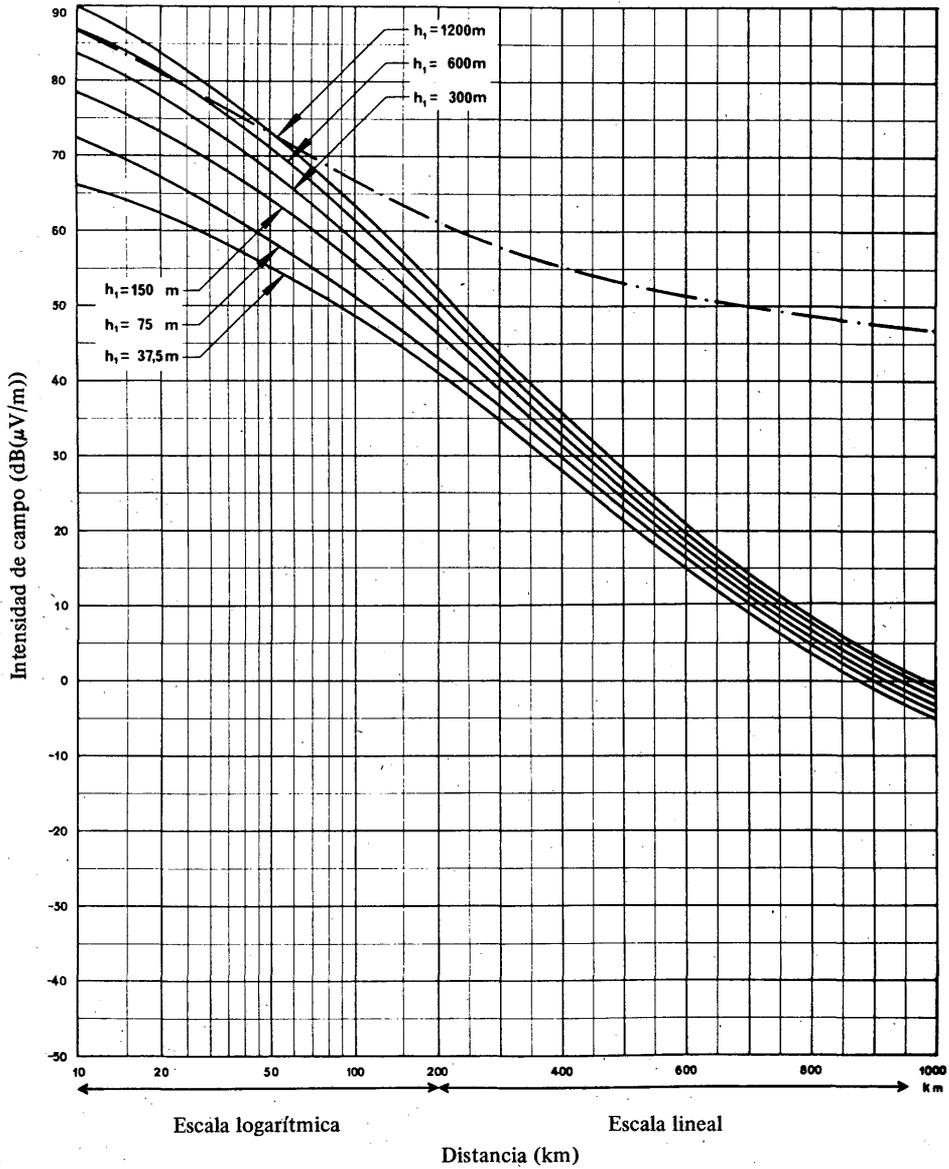


FIGURA 15b – Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias: 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V) – Mar cálido – 5% del tiempo –  
 50% de las ubicaciones –  $h_2 = 10$  m

— — — Espacio libre

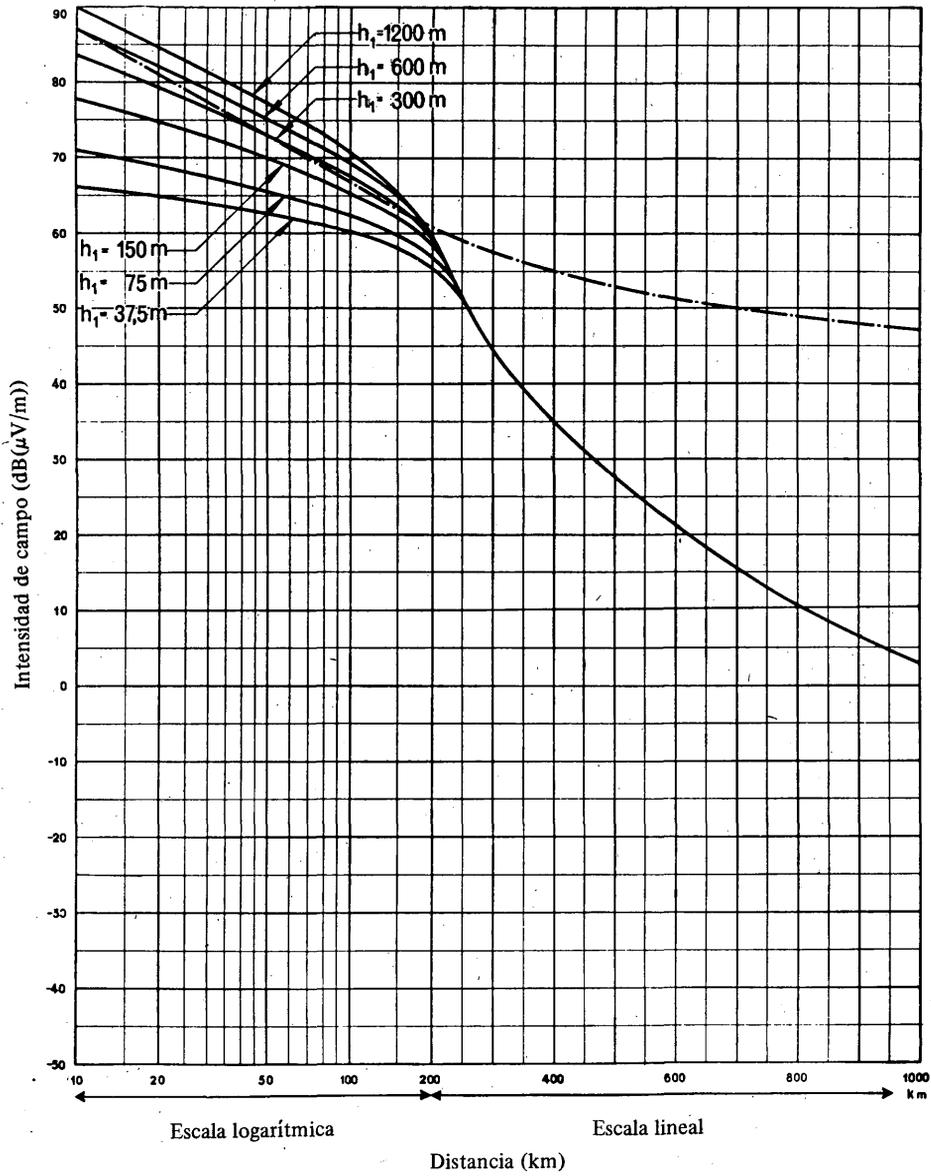


FIGURA 16a - Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias: 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V) - Mar frío - 1% del tiempo -  
 50% de las ubicaciones - h<sub>2</sub> = 10 m

— · — Espacio libre

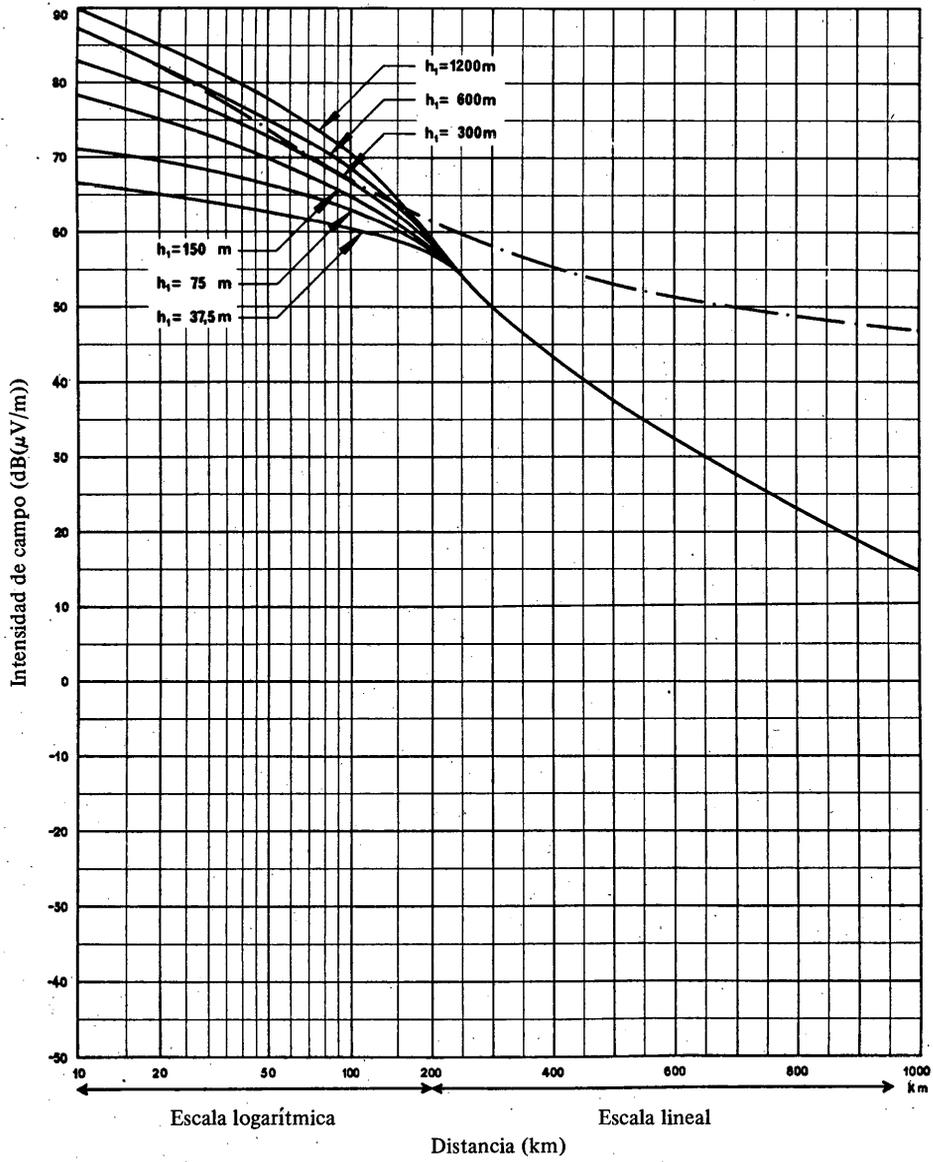


FIGURA 16b – Intensidad de campo (dB(μV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente  
 Frecuencias: 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V) –  
 Mar cálido (excluidas las zonas expuestas a superrefracción intensa) –  
 1% del tiempo – 50% de las ubicaciones –  $h_2 = 10$  m

— · — Espacio libre

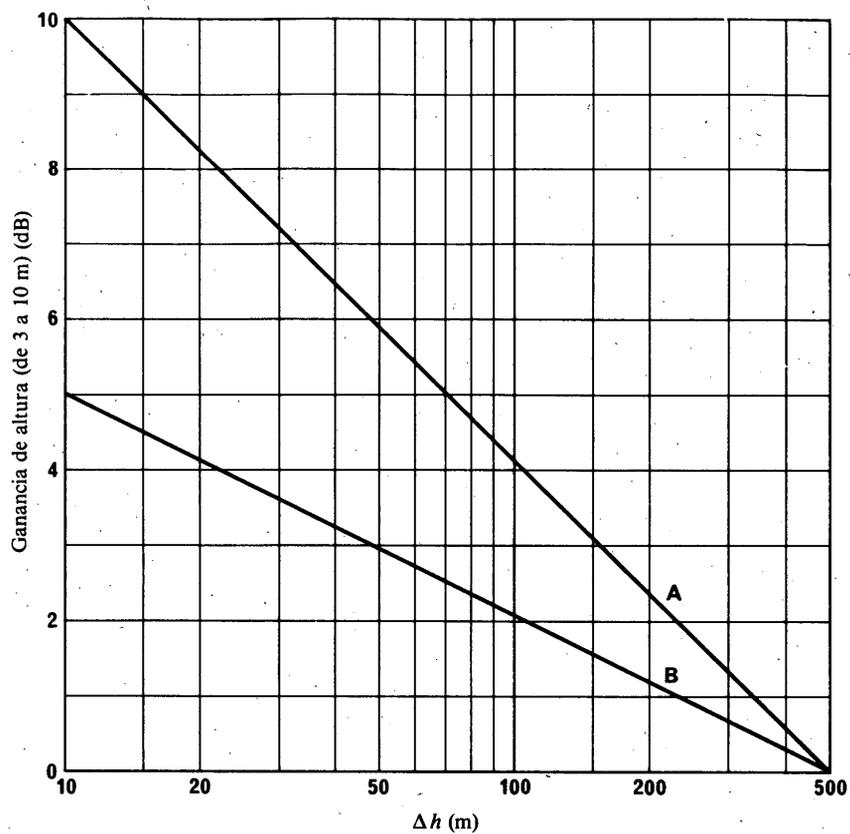


FIGURA 17. – Factor de ganancia de altura (de 3 a 10 m) en función de  $\Delta h$  para las frecuencias de 450 a 1000 MHz (Bandas IV y V);  $d$  es la distancia al transmisor

A:  $d \leq 50$  km  
B:  $d \geq 100$  km

## RECOMENDACIÓN 616

**DATOS DE PROPAGACIÓN PARA SERVICIOS MÓVILES MARÍTIMOS TERRENALES  
QUE FUNCIONAN A FRECUENCIAS SUPERIORES A 30 MHz**

(Programa de Estudios 7F/5)

(1986)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a)* la necesidad de dar orientación a los ingenieros sobre la planificación de los servicios móviles marítimos terrenales en las bandas de ondas métricas y decimétricas;
- b)* que los factores que afectan a la propagación en los servicios móviles marítimos terrenales, incluidos los que se dan en puertos, zonas costeras y vías navegables interiores, pueden diferir de los que se dan en otros servicios en estas bandas;
- c)* que se necesitan datos de propagación para diferentes tipos de entornos marítimos y concretamente para la polarización vertical;
- d)* que el anexo I a la Recomendación 370 incluye curvas de intensidad de campo para trayectos marítimos en determinadas zonas marítimas,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que se utilicen provisionalmente las curvas del anexo I a la Recomendación 370 en la planificación de los servicios móviles marítimos terrenales, reconociendo las condiciones particulares en las que se aplican.
  2. Que provisionalmente se calculen las curvas de intensidad de campo en trayectos mixtos terrestres y marítimos por los métodos expuestos en el Informe 239.
-

## RECOMENDACIÓN 528-2\*

**CURVAS DE PROPAGACIÓN PARA LOS SERVICIOS MÓVIL AERONÁUTICO  
Y DE RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA QUE UTILIZAN  
LAS BANDAS DE ONDAS MÉTRICAS, DECIMÉTRICAS Y CENTIMÉTRICAS**

(Programa de Estudios 7F/5)

(1978-1982-1986)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) que es necesario facilitar directrices a los ingenieros para la planificación de los servicios aeronáuticos en las bandas de ondas métricas y centimétricas;
- b) que el modelo de propagación utilizado para trazar las curvas del anexo II se basa en un volumen considerable de datos experimentales (véase el anexo I);
- c) que el servicio aeronáutico cumple a menudo una función de protección de la vida humana y necesita, por lo tanto, un grado de disponibilidad mayor que otros muchos servicios;
- d) que para obtener un servicio más fiable, debe utilizarse una disponibilidad en el tiempo de 0,95,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se adopten las curvas indicadas en el anexo II para determinar las pérdidas básicas de transmisión durante el 5%, 50% y 95% del tiempo con las alturas de antenas (tanto para estaciones en el suelo como para aeronaves en vuelo) que suelen utilizarse en los servicios aeronáuticos.

*Nota.* — Debe hacerse hincapié en el hecho de que estas curvas están basadas en datos obtenidos principalmente en un clima continental templado. Tendrán que utilizarse con prudencia en países con climas distintos.

ANEXO I

ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DE LAS CURVAS

Los métodos para predecir las pérdidas de transmisión indicados en [NBS, 1967] han sido ampliados e incorporados en el modelo de propagación IF-77 [Johnson y Gierhart, 1979] que determina pérdidas de transmisión básicas durante el 5, 50 y 95% del tiempo para alturas de antenas aplicables a los servicios aeronáuticos [Johnson y Gierhart, 1978]. Esos métodos se basan en una considerable cantidad de datos experimentales que se han comparado ampliamente con las predicciones [Johnson y Gierhart, 1979]. Para realizar estos cálculos se tomó como base una tierra llana (parámetro del terreno  $\Delta h = 0$ ) con un coeficiente del radio ficticio de la Tierra  $k$  de  $4/3$  (coíndice de refracción en la superficie  $N_s = 301$ ); además se compensó la curvatura excesiva de los rayos que acompaña al modelo  $4/3$  a grandes altitudes. También se utilizaron constantes para terreno medio, polarización horizontal, antenas isótropas y estadísticas a largo plazo de desvanecimiento de potencia en un clima continental templado. Aunque esos parámetros pueden considerarse razonables o representativos del caso más desfavorable para muchas aplicaciones, hay que utilizar con precaución las curvas si las condiciones difieren radicalmente de las previstas en la hipótesis.

A excepción de una zona «próxima» al horizonte radioeléctrico, se han obtenido los valores medianos de la pérdida básica de transmisión para los trayectos «dentro del horizonte» agregando la atenuación debida a la absorción atmosférica (en dB) a la pérdida de transmisión correspondiente a las condiciones en el espacio libre. Para la zona «próxima» al horizonte radioeléctrico, se han calculado los valores de la pérdida de transmisión según las leyes de la óptica geométrica, a fin de tener en cuenta la interferencia entre el rayo directo y un rayo reflejado en la superficie de la Tierra. Uniendo los segmentos de las curvas obtenidas por estos dos métodos, se ha formado una curva que muestra el incremento monotónico del valor mediano de la pérdida básica de transmisión con la distancia.

Para calcular los valores medianos «dentro del horizonte», no se ha utilizado exclusivamente el modelo de interferencia de dos rayos, ya que la forma lobular resultante de este modelo para los trayectos cortos depende mucho de las características de la superficie del suelo (tanto de su irregularidad como de sus constantes eléctricas), de las condiciones atmosféricas (el radio ficticio de la Tierra varía en el tiempo), y de las características de la antena (polarización, orientación y diagrama de directividad). Las curvas así obtenidas, en vez de ser útiles, conducirían a errores, ya que los detalles de la forma lobulada están muy sujetos a la influencia de parámetros difíciles de determinar con exactitud suficiente. Sin embargo, la estructura lobulada se tiene en cuenta a efectos estadísticos en el cálculo de la variabilidad.

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 8.

Para disponibilidades en el tiempo distintas de 0,50, las curvas de la pérdida básica de transmisión  $L_b$ , no siempre aumentan monótonicamente con la distancia, pues los cambios de variabilidad en función de la distancia pueden a veces contrarrestar los cambios del valor mediano. Contribuyen a la variabilidad el desvanecimiento de potencia mediano horario o a largo plazo (Informe 238) y el desvanecimiento por interferencia de fase dentro de una hora o a corto plazo. En la fórmula utilizada para calcular el desvanecimiento a corto plazo se incluyen la reflexión en el terreno y la propagación troposférica por trayectos múltiples.

Las curvas del anexo II son curvas seleccionadas entre una serie mucho mayor de curvas suavizadas trazadas por computador [Johnson y Gierhart, 1980].

Las curvas de pérdida de transmisión básica,  $L_b(0,05)$ , pueden utilizarse para calcular los valores de  $L_b$  en el caso de una señal interferente no deseada excedida durante el 95% (100% - 5%) del tiempo. Las condiciones de propagación correspondientes al valor mediano (50%) pueden calcularse con las curvas de  $L_b(0,50)$ . Las curvas de  $L_b(0,95)$  pueden utilizarse para calcular el alcance de servicio de una señal deseada que proporcionaría servicio durante el 95% del tiempo de ausencia de interferencia.

La relación de protección prevista o relación «señal deseada/señal no deseada» excedida en el receptor durante el 95% del tiempo por lo menos,  $R(0,95)$ , puede calcularse con las curvas del anexo II del siguiente modo:

$$R(0,95) = R(0,50) + Y_R(0,95) \tag{1}$$

$$R(0,50) = [P_t + G_t + G_r - L_b(0,50)]_{\text{señal deseada}} - [P_t + G_t + G_r - L_b(0,50)]_{\text{señal no deseada}} \tag{2}$$

y

$$Y_R = - \sqrt{[L_b(0,95) - L_b(0,50)]_{\text{señal deseada}}^2 + [L_b(0,05) - L_b(0,50)]_{\text{señal no deseada}}^2} \tag{3}$$

En la ecuación (2),  $P_t$  es la potencia transmitida y  $G_t$  y  $G_r$  son las ganancias isotrópicas de las antenas de transmisión y de recepción, todos esos valores se expresan en dB.

En la ecuación (3), pueden incluirse fácilmente variabilidades adicionales, siempre que su determinación sea posible, para factores como la ganancia de antena. La utilización continua (100%) o simultánea de canales va implícita en la fórmula de  $R(0,95)$  arriba indicada, de modo que es indispensable examinar por separado el efecto del funcionamiento intermitente del transmisor.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JOHNSON, M. E. y GIERHART, G. D. [1978] Applications guide for propagation and interference analysis computer programs (0.1 to 20 GHz). DOT-Report FAA-RD-77-60, NTIS Accession No. ADA 053242, National Technical Information Service, Springfield, Va., 22161, Estados Unidos de América.

JOHNSON, M. E., y GIERHART, G. D. [1979] Comparison of measured data with IF-77 propagation model predictions, DOT-Report FAA-RD-79-9, NTIS Accession No. ADA 076508, National Technical Information Service, Springfield, Va., 22161, Estados Unidos de América.

JOHNSON, M. E., y GIERHART, G. D. [1980] An atlas of basic transmission loss (0.125, 0.3, 1.2, 5.1, 9.4, 15.5 GHz), DOT-Rep. FAA-RD-80-1, NTIS Accession No. ADA 088153, National Technical Information Service, Springfield, Va., 22161, Estados Unidos de América.

NBS [1967] National Bureau of Standards, Nota técnica N.º 101, revisada, I y II, AD 687820 y AD 687821, National Technical Information Service, Springfield, Va., 22161, Estados Unidos de América.

### ANEXO II

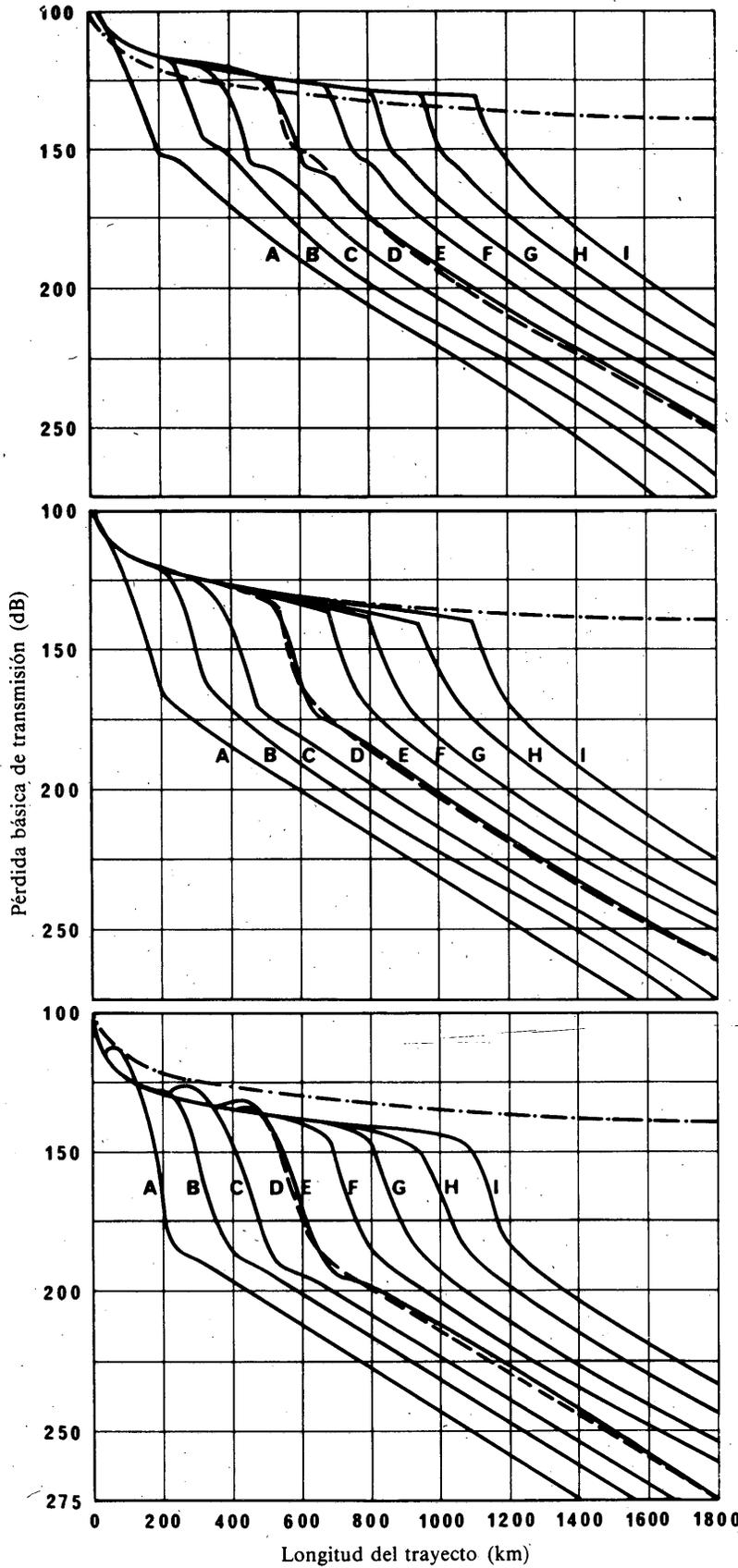
#### DESCRIPCIÓN DE LAS CURVAS

Las curvas aeronáuticas se indican en las figs. 1 y 6. Conviene señalar:

1. Las figs. 1 a 6 indican los valores medianos de la pérdida de transmisión de referencia,  $L_b$ , para las frecuencias 125, 300, 1200, 5100, 9400 y 15 500 MHz.
2. Cada figura se compone de tres series de curvas, de las cuales las series superiores, medias e inferiores dan  $L_b(0,05)$ ,  $L_b(0,50)$  y  $L_b(0,95)$ , respectivamente, que corresponden a disponibilidades en el tiempo de 5, 50 y 95%. Por ejemplo,  $L_b(0,95) = 200$  dB significa que la pérdida básica de transmisión será de 200 dB o menos durante el 95% del tiempo.

Código de altura de las antenas

Código	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000



a) 125 MHz  
 $L_b(0,05)$

b) 125 MHz  
 $L_b(0,50)$

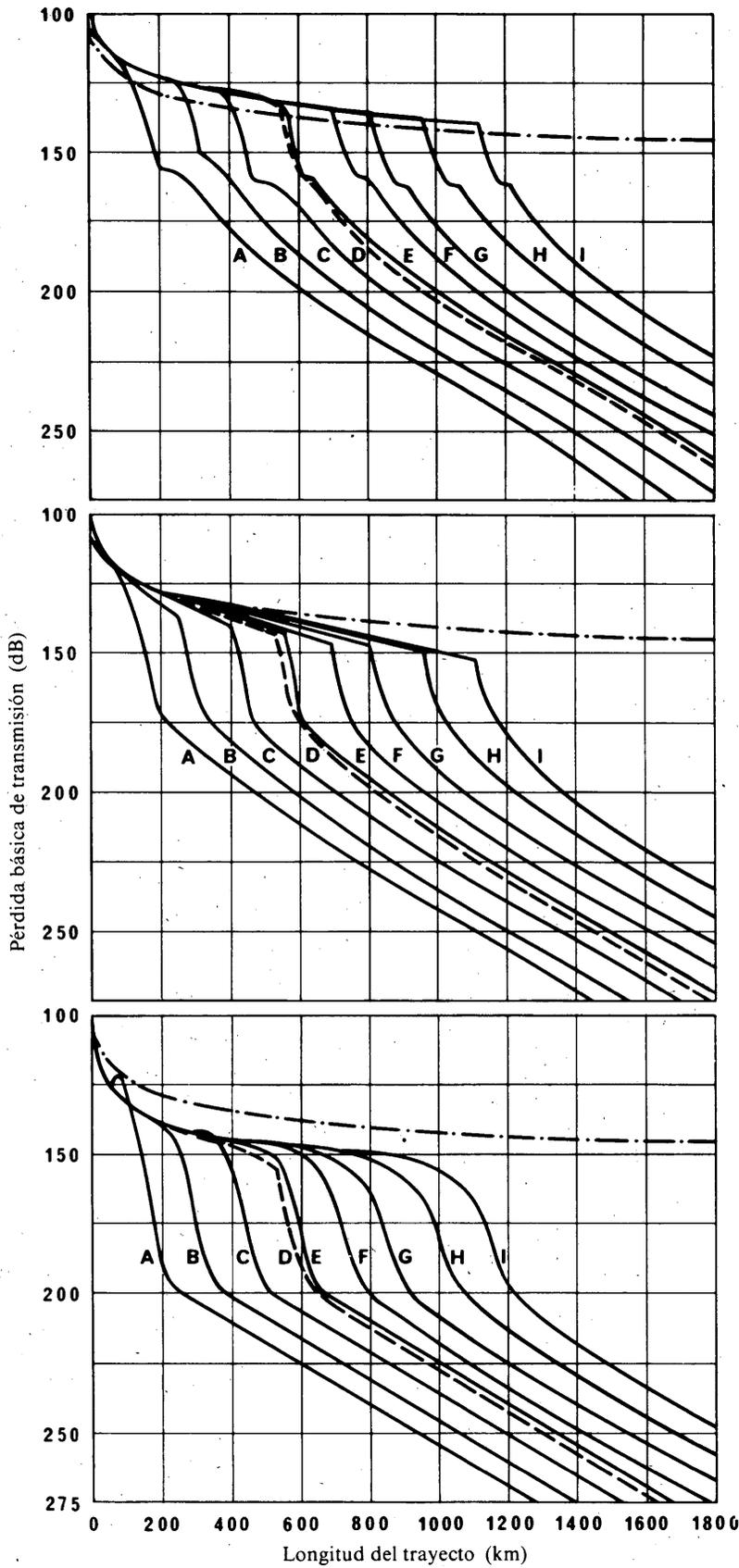
c) 125 MHz  
 $L_b(0,95)$

FIGURA 1 - Pérdida básica de transmisión a 125 MHz para porcentajes de tiempo del 5%, 50% y 95%

La curva de trazo interrumpido corresponde a la propagación en el espacio libre

Código de altura de las antenas

Código	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000



a) 300 MHz  
 $L_b(0,05)$

b) 300 MHz  
 $L_b(0,50)$

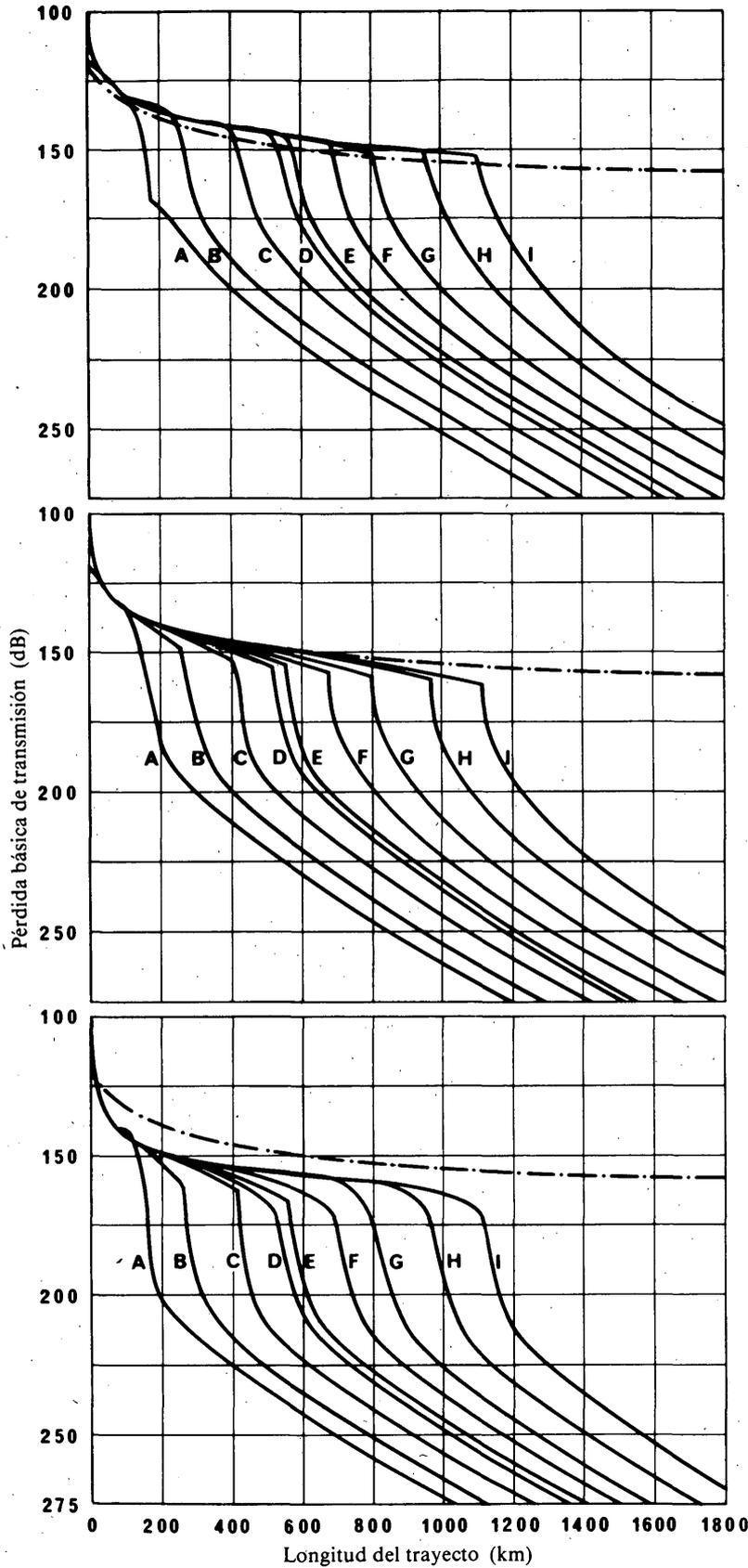
c) 300 MHz  
 $L_b(0,95)$

FIGURA 2 — Pérdida básica de transmisión a 300 MHz para porcentajes de tiempo del 5%, 50% y 95%

La curva de trazo interrumpido corresponde a la propagación en el espacio libre

Código de altura de las antenas

Código	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000



a) 1200 MHz  
 $L_b(0,05)$

b) 1200 MHz  
 $L_b(0,50)$

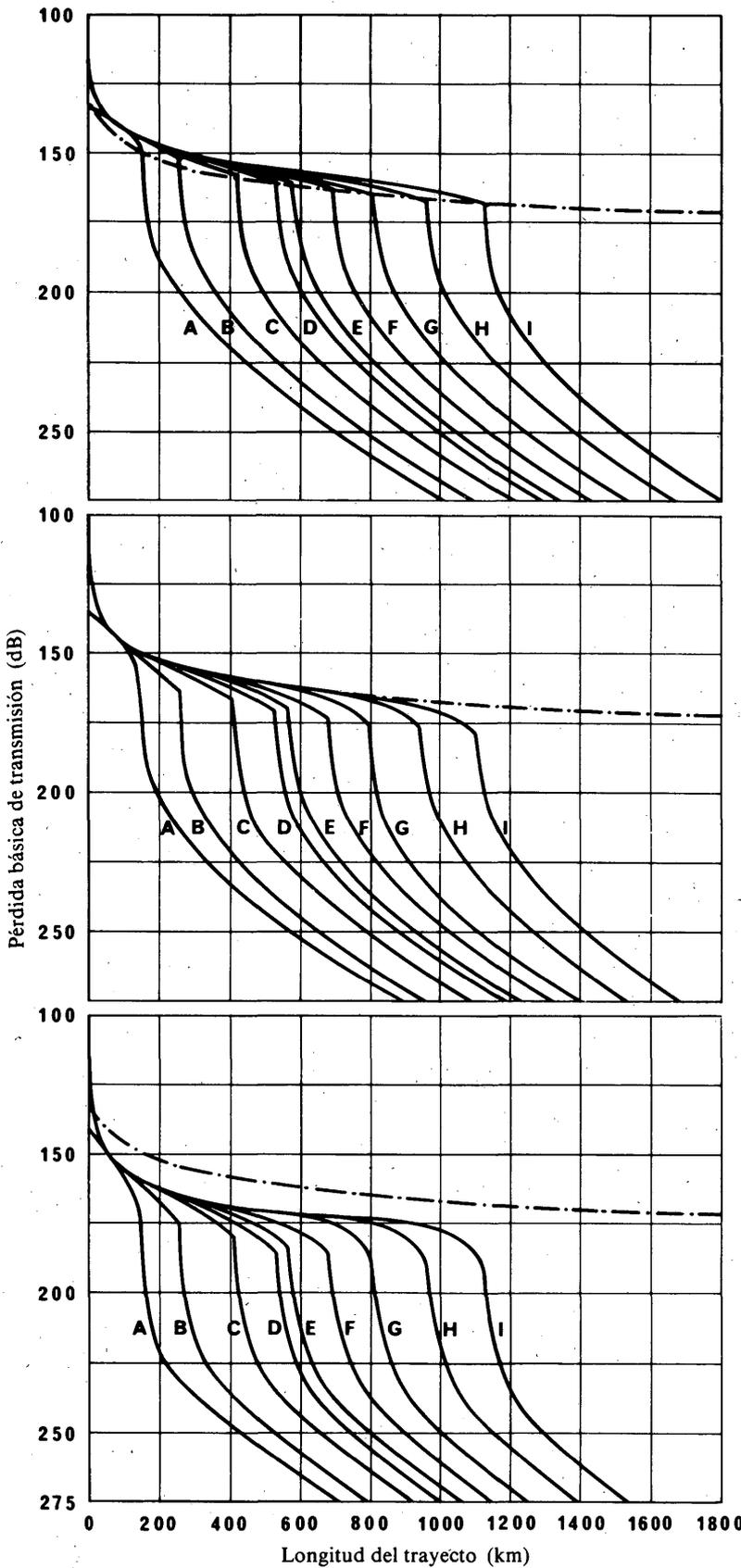
c) 1200 MHz  
 $L_b(0,95)$

FIGURA 3 — Pérdida básica de transmisión a 1200 MHz para porcentajes de tiempo del 5%, 50% y 95%

La curva de trazo interrumpido corresponde a la propagación en el espacio libre

Código de altura de las antenas

Código	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000



a) 5100 MHz  
 $L_b(0,05)$

b) 5100 MHz  
 $L_b(0,50)$

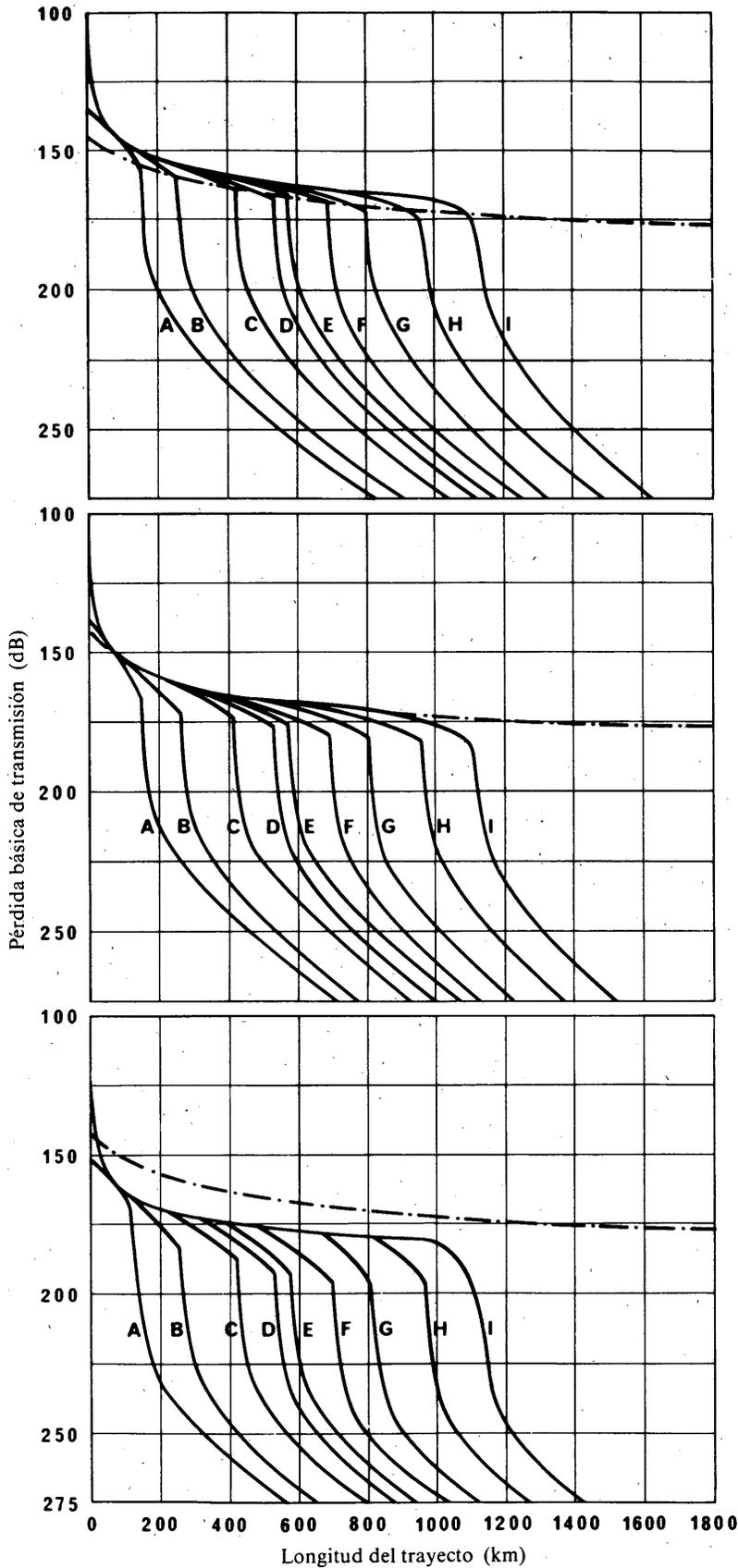
c) 5100 MHz  
 $L_b(0,95)$

FIGURA 4 - Pérdida básica de transmisión a 5100 MHz para porcentajes de tiempo del 5%, 50% y 95%

La curva de trazo interrumpido corresponde a la propagación en el espacio libre

Código de altura de las antenas

Código	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000



a) 9400 MHz  
 $L_b(0,05)$

b) 9400 MHz  
 $L_b(0,50)$

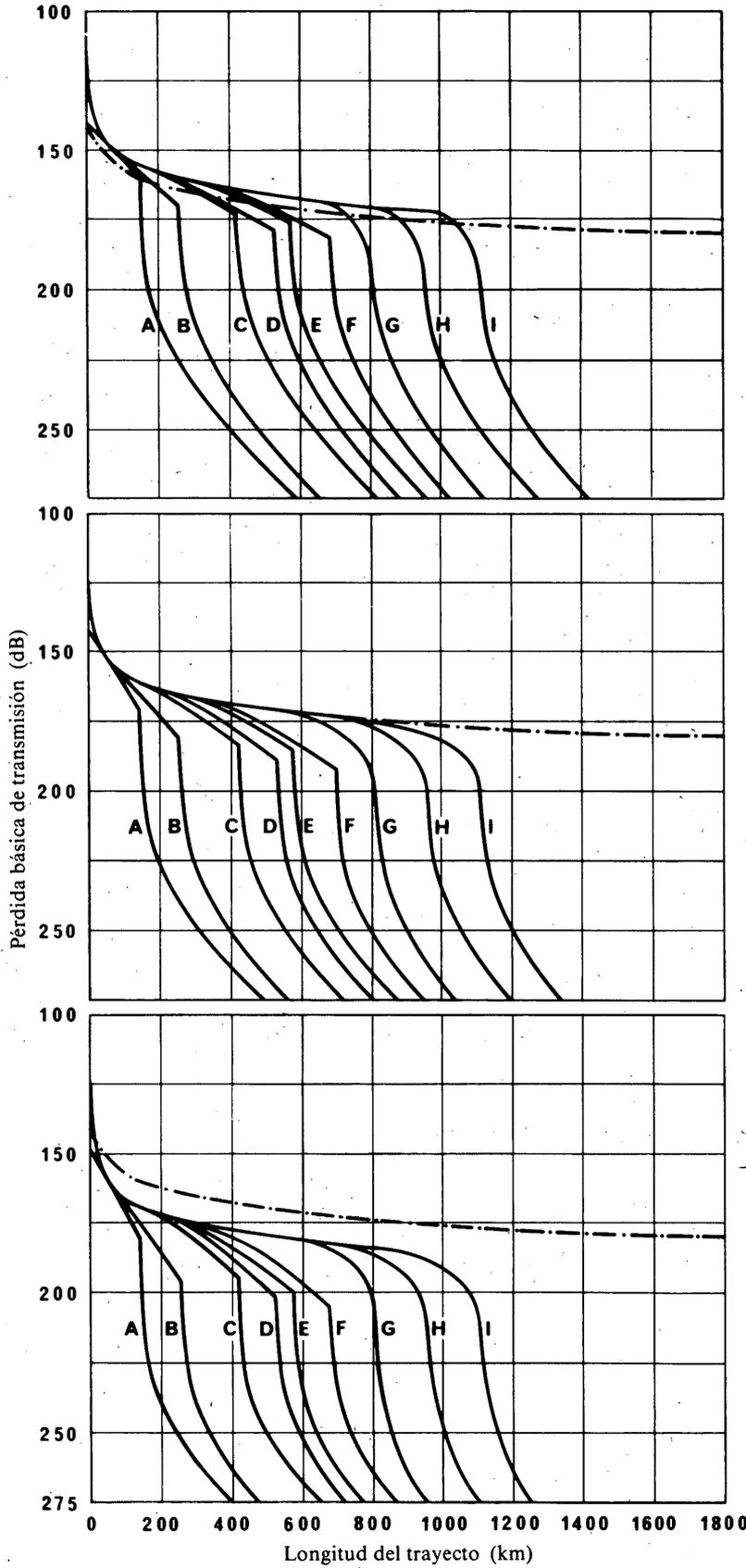
c) 9400 MHz  
 $L_b(0,95)$

FIGURA 5 — Pérdida básica de transmisión a 9400 MHz para porcentajes de tiempo del 5%, 50% y 95%

La curva de trazo interrumpido corresponde a la propagación en el espacio libre

Código de altura de las antenas

Código	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000



a) 15 500 MHz  
 $L_b(0,05)$

b) 15 500 MHz  
 $L_b(0,50)$

c) 15 500 MHz  
 $L_b(0,95)$

FIGURA 6 — Pérdida básica de transmisión a 15 500 MHz para porcentajes de tiempo del 5%, 50% y 95%

La curva de trazo interrumpido corresponde a la propagación en el espacio libre

3. Las alturas de antena indicadas van de 15 m a 20 000 m, por lo que abarcan tanto las estaciones terrenas como las aeronaves en vuelo.
4. En el anexo I se examinan la elaboración y la aplicación de esas curvas.
5. A la distancia cero,  $L_b(0,50)$  es simplemente el valor en el espacio libre correspondiente a una longitud de trayecto igual a la diferencia de altura de las antenas. Las curvas en espacio libre se han calculado para una diferencia de altura de 19 985 m.

### ANEXO III

#### RESULTADOS EXPERIMENTALES

En noviembre de 1982, y en abril y junio de 1983, se realizaron en Japón pruebas de propagación en trayectos aire-tierra en la banda de 930 MHz. De acuerdo con los resultados de las pruebas, las pérdidas de propagación en visibilidad directa concordaban aceptablemente con los valores en espacio libre. La distancia de visibilidad calculada a partir de los datos de las mediciones era, a una altura de 10 000 m más corta que la de las curvas del anexo II [Akeyama y otros, 1984].

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKEYAMA, A., SAKAGAMI, S. y YOSHIKAWA, K. [marzo de 1984] 900 MHz band propagation characteristics on air-to-ground paths. National Convention Record No. 669 Institute of Electronic and Communication Engineers of Japan. Tokio, Japón.

---

RECOMENDACIÓN 529-1\*

**DATOS DE PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS MÉTRICAS Y DECIMÉTRICAS  
Y MÉTODOS DE PREDICCIÓN REQUERIDOS PARA EL  
SERVICIO MÓVIL TERRESTRE**

(Cuestión 12/5)

(1978-1990)

El CCIR,

CONSIDERANDO

que es necesario facilitar directrices a los ingenieros para la planificación de los servicios móviles terrestres de radiocomunicaciones en las bandas de ondas métricas y decimétricas,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se adopten\*\* los métodos indicados en el Informe 567 para determinar las intensidades de campo y otras características de la señal que suelen encontrarse en el servicio móvil terrestre.

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 8.

\*\* Debe destacarse que las curvas relativas a las bandas de UHF (ondas decimétricas) se basan en datos sobre zonas urbanas determinadas y deben usarse con precaución para otras zonas.

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

SECCIÓN 5E: ASPECTOS RELATIVOS AL SERVICIO FIJO TERRENAL

RECOMENDACIÓN 530-3 \*

**DATOS DE PROPAGACIÓN Y MÉTODOS DE PREDICCIÓN NECESARIOS PARA  
EL DISEÑO DE SISTEMAS TERRENALES CON VISIBILIDAD DIRECTA**

(Cuestión 14/5)

(1978-1982-1986-1990)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) que para la planificación adecuada de los sistemas terrenales con visibilidad directa es necesario disponer de métodos de predicción y datos de propagación adecuados;
- b) que se han elaborado métodos que permiten predecir los parámetros de propagación más importantes que afectan a la planificación de sistemas terrenales con visibilidad directa;
- c) que, en la medida de lo posible, estos métodos se han verificado mediante datos de mediciones disponibles y han demostrado una precisión que es compatible con la variabilidad natural de los fenómenos de propagación y adecuada para la mayoría de las aplicaciones actuales en la planificación de sistemas;
- d) que, no obstante, para ciertos parámetros de propagación, la información existente no es aún suficiente para permitir establecer métodos de predicción y probarlos adecuadamente, en particular en algunas regiones geográficas,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que para la planificación de sistemas terrenales con visibilidad directa se adopten los métodos indicados en el Informe 338 para predecir, en las respectivas gamas de validez indicadas en dicho Informe, los siguientes parámetros:
  - 1.1 atenuación debida a los gases;
  - 1.2 estadísticas de desvanecimiento por difracción, y los criterios asociados para despejamiento de trayecto;
  - 1.3 distribución del desvanecimiento debido a propagación por trayectos múltiples en una banda estrecha, durante porcentajes de tiempo pequeños (Métodos 1 ó 2 según corresponda) y diversos otros porcentajes de tiempo;
  - 1.4 distribución a largo plazo de la atenuación debida a la lluvia a partir de la intensidad de lluvia puntual;
  - 1.5 distribución a largo plazo de la atenuación debida a la lluvia en una frecuencia a partir de la distribución en otra (dependencia de la frecuencia);
  - 1.6 distribución a largo plazo de la «discriminación por polarización cruzada» (XPD) a partir de la «atenuación copolar» (CPA);
  - 1.7 distribución a largo plazo de XPD en una frecuencia/polarización a partir de la distribución en otra.
2. Que para la planificación de sistemas terrenales con visibilidad directa se usen los datos disponibles actualmente y la restante información que figura en las otras partes del Informe 338.

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 9.

## RECOMENDACIÓN 617\*

**DATOS DE PROPAGACIÓN NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE  
SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS TRANSHORIZONTE**

(1986)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a) que para la planificación adecuada de los sistemas de relevadores radioelétricos transhorizonte es necesario disponer de datos de propagación apropiados;
- b) que los datos disponibles hasta la fecha no permiten establecer métodos fiables de predicción que ofrezcan una precisión suficiente en todas las regiones del mundo;
- c) que existen, sin embargo, métodos que permiten obtener una precisión suficiente, en algunas regiones por lo menos,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se adopten los métodos contenidos en el Informe 238 para uso provisional en la planificación de los sistemas de relevadores radioelétricos transhorizonte.

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 1 y 9.

SECCIÓN 5F: ASPECTOS RELATIVOS A LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES  
ESPACIALES

RECOMENDACIÓN 618-1\*

DATOS DE PROPAGACIÓN Y MÉTODOS DE PREDICCIÓN NECESARIOS PARA  
EL DISEÑO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES TIERRA-ESPACIO

(Cuestión 16/5)

(1986-1990)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) que para la planificación adecuada de los sistemas de telecomunicaciones Tierra-espacio es necesario disponer de datos de propagación y técnicas de predicción apropiados;
- b) que se han elaborado métodos que permiten predecir los parámetros de propagación más importantes necesarios para la planificación de sistemas Tierra-espacio;
- c) que, en la medida de lo posible, estos métodos han sido probados contra los datos disponibles y han mostrado una precisión que es compatible con la variabilidad natural de los fenómenos de propagación y adecuada para la mayoría de las aplicaciones actuales en la planificación de sistemas;
- d) que, no obstante, para ciertos parámetros de propagación, la información existente no es aún suficiente, en particular en algunas regiones geográficas, para poder establecer y probar adecuadamente los métodos de predicción,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que para la planificación de sistemas de radiocomunicaciones Tierra-espacio, se adopten los métodos que figuran en el Informe 564, para predecir los siguientes parámetros, en las respectivas gamas de validez indicadas en el Informe:
    - 1.1 atenuación debida a los gases;
    - 1.2 estadísticas a largo plazo de la atenuación debida a la lluvia a partir de la intensidad de lluvia puntual;
    - 1.3 proporcionalidad de frecuencia a largo plazo de las estadísticas de atenuación debido a la lluvia;
    - 1.4 factores de mejora por diversidad de emplazamientos o ganancia por diversidad de emplazamientos;
    - 1.5 estadísticas mensuales o a largo plazo de los centelleos de amplitud;
    - 1.6 estadísticas a largo plazo de polarización cruzada debida a hidrometeoros, derivadas de estadísticas de atenuación copolar;
    - 1.7 proporcionalidad a largo plazo de frecuencia y de polarización de estadísticas de polarización cruzada debida a hidrometeoros.
  2. Que se usen los datos actuales y otra información que figuran en las demás partes del Informe 564.
- Nota* — En los Informes 565, 884, 1009 y 1148 respectivamente, figura información suplementaria relacionada con la planificación de sistemas de radiodifusión por satélite así como sistemas móviles marítimos, terrestres y aeronáuticos por satélite.

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 4, 6, 7, 8, 10 y 11.

## RECOMENDACIÓN 679\*

**DATOS DE PROPAGACIÓN NECESARIOS PARA EL DISEÑO  
DE SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE**

(Cuestión 17/5)

(1990)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a) que para la planificación adecuada de los sistemas de radiodifusión por satélite es necesario disponer de datos de propagación y métodos de predicción adecuados;
- b) que se recomiendan los métodos del Informe 564 para la planificación de sistemas de telecomunicación Tierra-espacio;
- c) que es necesario desarrollar aún más los métodos de predicción para la aplicación específica a sistemas de radiodifusión por satélite con el fin de ofrecer una precisión adecuada para todas las condiciones de explotación;
- d) que, sin embargo, se dispone de métodos que permiten obtener una precisión suficiente para muchas aplicaciones,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se adopten los datos de propagación actuales contenidos en el Informe 565 para su utilización en la planificación de sistemas de radiodifusión por satélite, además de los métodos indicados en la Recomendación 618.

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 10 y 11.

RECOMENDACIÓN 680\*

**DATOS DE PROPAGACIÓN NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN MÓVILES MARÍTIMOS TIERRA-ESPACIO**

(Cuestión 18/5)

(1990)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) que para la planificación adecuada de los sistemas de telecomunicación móviles marítimos Tierra-espacio es necesario disponer de datos de propagación y métodos de predicción apropiados;
- b) que se recomiendan los métodos del Informe 564 para la planificación de los sistemas de telecomunicación Tierra-espacio;
- c) que es necesario desarrollar aún más los métodos de predicción para la aplicación específica a los sistemas móviles marítimos por satélite con el fin de ofrecer una precisión adecuada para todas las condiciones de explotación;
- d) que, sin embargo, se dispone de métodos que permiten obtener una precisión suficiente para muchas aplicaciones,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se adopten los métodos actuales contenidos en el Informe 884 para la planificación de los sistemas de telecomunicación móviles marítimos Tierra-espacio, además de los métodos indicados en la Recomendación 618.

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 8.

## RECOMENDACIÓN 681\*

**DATOS DE PROPAGACIÓN NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS  
DE TELECOMUNICACIÓN MÓVILES TERRESTRES TIERRA-ESPACIO**

(Cuestión 18/5)

(1990)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a) que para la planificación adecuada de los sistemas de telecomunicación móviles terrestres Tierra-espacio es necesario disponer de datos de propagación y métodos de predicción adecuados;
- b) que se recomiendan los métodos del Informe 564 para la planificación de los sistemas de telecomunicaciones Tierra-espacio;
- c) que es necesario desarrollar aún más los métodos de predicción para la aplicación específica a los sistemas móviles terrestres por satélite con el fin de ofrecer una precisión adecuada para todas las condiciones de explotación;
- d) que, sin embargo, se dispone de métodos que permiten obtener una precisión suficiente para muchas aplicaciones,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se adopten los datos de propagación actuales contenidos en el Informe 1009 para la planificación de los sistemas de telecomunicación móviles terrestres Tierra-espacio, además de los métodos indicados en la Recomendación 618.

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 8.

## RECOMENDACIÓN 682\*

**DATOS DE PROPAGACIÓN NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS  
DE TELECOMUNICACIÓN MÓVILES AERONÁUTICOS TIERRA-ESPACIO**

(Cuestión 18/5)

(1990)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a) que para la planificación adecuada de los sistemas móviles aeronáuticos Tierra-espacio es necesario disponer de datos de propagación y métodos de predicción adecuados;
- b) que se recomiendan los métodos del Informe 564 para la planificación de sistemas de telecomunicación Tierra-espacio;
- c) que es necesario desarrollar aún más los métodos de predicción para la aplicación específica a sistemas móviles aeronáuticos por satélite con el fin de ofrecer una precisión adecuada para todas las condiciones de explotación;
- d) que, sin embargo, se dispone de métodos que permiten obtener una precisión suficiente para muchas aplicaciones,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se adopten los datos actuales de propagación contenidos en el Informe 1148 para la planificación de sistemas de telecomunicación móviles aeronáuticos Tierra-espacio, además de los métodos indicados en la Recomendación 618.

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 8.

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

SECCIÓN 5G: FACTORES DE PROPAGACIÓN QUE INTERVIENEN EN LA INTERFERENCIA:  
SISTEMAS ESPACIALES Y TERRENALES

RECOMENDACIÓN 452-4\*

**DATOS DE PROPAGACIÓN PARA EVALUAR LA INTERFERENCIA  
ENTRE ESTACIONES SITUADAS EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA**

(1970-1974-1978-1982-1986)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) que para la evaluación adecuada de la interferencia entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra es necesario disponer de datos de propagación apropiados basados en factores atmosféricos y del terreno;
- b) que los datos disponibles hasta la fecha no permiten establecer métodos fiables de predicción que ofrezcan una precisión suficiente en todas las regiones del mundo;
- c) que existen, sin embargo, varios métodos que permiten obtener una precisión suficiente, en algunas regiones por lo menos,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que, para evaluar la interferencia entre estaciones de servicios punto a punto situadas en la superficie de la Tierra, en frecuencias superiores a unos 500 MHz, las administraciones se sirvan del método de predicción de la propagación expuesto en el Informe 569.
2. Que, en el caso de predicción de la propagación de señales de interferencia entre estaciones de servicios punto a punto situadas en la superficie de la Tierra, que funcionan en frecuencias inferiores a unos 500 MHz, los datos de la Recomendación 370 deben utilizarse como sigue:
  - para obtener información relativa al 1% del tiempo con respecto a los servicios punto a punto deben utilizarse las curvas apropiadas de la Recomendación 370 para el 1% del tiempo y aplicarse el factor de conversión correspondiente al 1% de las ubicaciones obtenido de la fig. 5 de esa Recomendación;
  - las curvas en cuestión se hallan en las figs. 4a, 4b y 4c de la Recomendación 370, que corresponden a tierra, mares fríos y mares cálidos, respectivamente, y equivalen por tanto a las zonas definidas en el § 3.2.3 del Informe 569;
  - dado que en la actualidad no se dispone de datos suficientes, no es aún posible proponer un método para la predicción de la propagación de las señales interferentes para menos del 1% del tiempo.
3. Que, para evaluar la interferencia causada a servicios punto a zona entre 30 MHz y 1 GHz, las administraciones se sirvan de los métodos de predicción de la propagación expuestos en las Recomendaciones 370, 528 y 529, según convenga.

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10 y 11.

## RECOMENDACIÓN 619\*

**DATOS DE PROPAGACIÓN PARA EVALUAR LA INTERFERENCIA  
ENTRE ESTACIONES EN EL ESPACIO Y ESTACIONES  
EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA**

(1986)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a) que para la evaluación adecuada de la interferencia entre estaciones en el espacio y estaciones en la superficie de la Tierra es necesario disponer de datos de propagación apropiados basados en factores atmosféricos y del terreno;
- b) que los datos disponibles hasta la fecha no permiten establecer métodos fiables de predicción que ofrezcan una precisión suficiente en todas las regiones del mundo;
- c) que existen, sin embargo, varios métodos que permiten obtener una precisión suficiente, en algunas regiones por lo menos,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que, para calcular la interferencia entre estaciones en el espacio y estaciones situadas en la superficie de la Tierra, las administraciones utilicen los métodos de cálculo de la propagación expuestos en el Informe 885.

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10 y 11.

RECOMENDACIÓN 620\*

**DATOS DE PROPAGACIÓN NECESARIOS PARA CALCULAR  
LAS DISTANCIAS DE COORDINACIÓN**

(1986)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) los términos de la Resolución N.º 60 de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones, Ginebra, 1979;
- b) que la zona de coordinación es la zona alrededor de una estación terrena, definida de manera que cualquier interferencia entre esa estación y las estaciones terrenales situadas fuera de esa zona, pueda considerarse despreciable;
- c) que la determinación de la zona de coordinación debe basarse en los mejores datos de propagación disponibles, y que los métodos para predecir la atenuación a lo largo de un trayecto interferente deben ser compatibles con los empleados para determinar la zona de coordinación pertinente,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que para determinar la zona de coordinación en el caso de las frecuencias comprendidas entre 1 y 40 GHz, las administraciones empleen los métodos de cálculo de propagación expuestos en el Informe 724, únicamente para la planificación a nivel nacional.

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10 y 11.

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## RESOLUCIONES

## RESOLUCIÓN 72-2

## MANUAL DE CURVAS DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE SUPERFICIE

(1982-1986-1990)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a) que sigue siendo necesario disponer de curvas de propagación de la onda de superficie para frecuencias superiores a 10 MHz, en particular para diferentes alturas de antena y diferentes polarizaciones;
- b) que ahora se dispone del programa de computador GRWAVE para revisar las curvas contenidas en el Manual de curvas de propagación de la onda de superficie sobre la base del perfil de refracción descrito en la Recomendación 369;
- c) que la obtención y la difusión de programas de computador es una práctica normal en la Secretaría del CCIR,

## RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

que se pida al Director del CCIR:

1. que las curvas de propagación de la onda de superficie se calculen con el programa GRWAVE y se publiquen para las frecuencias, alturas de la antena, perfiles del índice de refracción y condiciones de terreno especificadas por la Comisión de Estudio 5;
  2. que ponga a disposición, el programa de computadores GRWAVE a petición de las administraciones miembros y otros organismos;
  3. que efectúe las comparaciones con otros programas existentes que la Comisión de Estudio 5 considere oportunas.
-

## RESOLUCIÓN 73-1

## ATLAS MUNDIAL DE LA CONDUCTIVIDAD DEL SUELO

(1982-1990)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

que las administraciones necesitan mapas de conductividad adecuados para planificar todos los tipos de servicios de radiocomunicación, incluidos los de navegación, en las bandas de ondas miramétricas, kilométricas y hectométricas,

## RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Que el Director del CCIR continúe desarrollando el Atlas Mundial con los valores de la conductividad efectiva del suelo utilizando la información más reciente de que disponga.
2. Que el Atlas contenido en el Informe 717 continúe publicándose separadamente,

## Y PIDE A LAS ADMINISTRACIONES:

Que proporcionen información en forma de mapas adecuados y corrijan cuando proceda la información ya facilitada (véase el Informe 717); en todos esos casos, deberá citarse la frecuencia de que se trate. En particular, se necesitan con urgencia datos de los países no representados en el Atlas.

---

RESOLUCIÓN 79

**ESTUDIOS DE LA PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA  
EN REGIONES TROPICALES**

(1982)

Esta Resolución se ha publicado en el Volumen XIV-1.

---



