



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.

COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES

C. C. I. R.

DOCUMENTOS DE LA
X ASAMBLEA PLENARIA

GINEBRA, 1963

VOLUMEN II

PROPAGACIÓN



Publicado por la
UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
Ginebra, 1963

COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES

C. C. I. R.

DOCUMENTOS DE LA
X ASAMBLEA PLENARIA

GINEBRA, 1963

VOLUMEN II

PROPAGACIÓN



Publicado por la
UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
Ginebra, 1963

Depósito legal M. 8.279.—1965

E. Giménez, S. A. - Huertas, 14 y 16. - Madrid.

Recomendaciones de la Subsección G. 1. — Propagación de la onda de superficie y propagación troposférica.

Informes de la Subsección G. 1. — Propagación de la onda de superficie y propagación troposférica.

Cuestiones y Programas de estudios asignados a la Comisión de estudio V (Propagación por la superficie terrestre y en las regiones no ionizadas de la atmósfera); Ruegos y Resoluciones de interés para esta Comisión.

Lista de los documentos de la X Asamblea Plenaria que conciernen a la Comisión de estudio V.

Recomendaciones de la Subsección G. 2. — Propagación ionosférica.

Informes de la Subsección G. 2. — Propagación ionosférica.

Cuestiones y Programas de estudios asignados a la Comisión de estudio VI (Propagación ionosférica); Ruegos y Resoluciones de interés para esta Comisión.

Lista de los documentos de la X Asamblea Plenaria que conciernen a la Comisión de estudio VI.

DISTRIBUCIÓN DE LOS TEXTOS DE LA X ASAMBLEA PLENARIA DEL C. C. I. R. ENTRE LOS VOLÚMENES I A VI

1. Recomendaciones.

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
45	III	218, 219	III	289, 290	IV
48, 49	V	224	III	297-300	IV
75-77	III	237	I	302	IV
80	V	239	I	304-306	IV
100	III	240	III	310, 311	II
106	III	246	III	313	II
136	V	257, 258	III	314	IV
139, 140	V	259	IV	325-334	I
162	III	261, 262	V	335-349	III
166	III	264-266	V	350-367	IV
168	II	268	IV	368-373	II
182	III	270, 271	IV	374-379	III
205	V	275, 276	IV	380-406	IV
212	V	279	IV	407-421	V
214-216	V	281-283	IV	422-429	III
				430, 431	I

2. Informes.

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
19	III	107	III	195-203	III
32	V	109	III	204-226	IV
42	III	111	III	227-266	II
43	II	112	III	267-282	III
46	II	122	V	283-290	IV
77	V	130	IV	291-316	V
79	V	134	IV	317-320	III
93	III	137	IV	321	I
106	III	151	II	322	— *
		175-194	I		

3. Resoluciones.

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
1	III	14-16	III	19, 20	III
2-13	II	17, 18	IV	21, 22	I
				23-29	VI

* Publicado separadamente.

4. Ruegos.

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
1, 2 3	I IV	4-10 11	II III	12-14 15-19 20, 21	IV V III

5. Cuestiones.

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
3	III	163	III	221	IV
23	V	166	V	222	V
43	III	175-177	I	225	I
66	V	180-183	III	226	III
74	III	185	II	227-231	I
81	III	188	III	232, 233	III
95	III	191	III	234-245	IV
102	V	192-195	IV	246-248	II
118	V	197	IV	249-259	III
120, 121	V	199, 200	V	260, 261	IV
132, 133	III	205	V	262-270	V
140	III	206	III	271-275	III
152-154	V	207	I	276-279	IV
156, 157	V	219, 220	I	280-282	III

6. Programas de estudios *.

Número	Volumen	Número	Volumen	Número	Volumen
36	V	139	II	177	V
57	II	148	II	180-185	I
102	III	153	II	186, 187	III
110	V	161, 162	V	188, 206	II
119	V	170	V	207	III
127	I	176	II		

* Esta lista sólo comprende los Programas de estudios que no se derivan de ninguna Cuestión. Los que se derivan de alguna Cuestión llevan el número de orden de la misma seguido de una letra (por ejemplo, 102B (XII)) y figuran en el libro inmediatamente después de la Cuestión pertinente.

**PLAN DE LOS VOLÚMENES I A VII DE DOCUMENTOS DE LA X ASAMBLEA
PLENARIA DEL C. C. I. R.**

(Ginebra, 1963)

- VOLUMEN I Emisión. Recepción. Vocabulario (Secciones A, B y K: Comisiones de estudio I, II y XIV).
- VOLUMEN II Propagación (Sección G: Comisiones de estudio V y VI).
- VOLUMEN III Servicios fijo y móvil. Frecuencias patrón y señales horarias. Comprobación técnica de las emisiones (Secciones C, D, H y J: Comisiones de estudio III, XIII, VII y VIII).
- VOLUMEN IV Sistemas de relevadores radioeléctricos. Sistemas espaciales y radioastronomía (Secciones F y L: Comisiones de estudio IX y XIV).
- VOLUMEN V Radiodifusión. Televisión (Sección E: Comisiones de estudio X, XI, XII y C. M. T. T.).
- VOLUMEN VI Resoluciones de carácter general. Informes a la Asamblea Plenaria. Lista de participantes. Lista de los documentos por orden numérico.
- VOLUMEN VII Actas de las sesiones plenarias.

Nota 1.—Para facilitar las referencias, la numeración de las páginas de cada volumen es la misma en los tres idiomas, español, francés e inglés.

Nota 2.—Al principio del Volumen VI se dan precisiones sobre la X Asamblea Plenaria del C. C. I. R. y la participación en esta reunión, así como sobre la presentación de los textos (Definición, origen, numeración, listas completas, etc.) y datos generales de la organización de los trabajos del C. C. I. R.

ÍNDICE DEL VOLUMEN II

	Página
Distribución de los textos de la X Asamblea Plenaria del C. C. I. R. entre los volúmenes I a VI.	4
Plan de los volúmenes I a VII de los documentos de la X Asamblea Plenaria del C. C. I. R. . . .	6
Índice del Volumen II	7

RECOMENDACIONES DE LA SUBSECCION G. 1 (PROPAGACION DE LA ONDA DE SUPERFICIE Y PROPAGACION TROPOSFERICA).

Recomendación 168	Presentación de los datos de radiación de las antenas.	11
Recomendación 310	Definición de términos relativos a la propagación troposférica.	12
Recomendación 311	Presentación de datos en los estudios relativos a la propagación troposférica.	15
Recomendación 368	Curvas de propagación de la onda de superficie para frecuencias inferiores a 10 Mc/s.	17
Recomendación 369	Definición de una atmósfera fundamental de referencia.	24
Recomendación 370	Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas en la gama de frecuencias comprendida entre 40 y 1.000 Mc/s. <i>Servicio de radiodifusión y móvil</i>	24

INFORMES DE LA SUBSECCION G. 1 (PROPAGACION DE LA ONDA DE SUPERFICIE Y PROPAGACION TROPOSFERICA).

Informe 43	Examen de las publicaciones sobre la propagación.	37
Informe 46	Variación de la intensidad de campo de la onda de superficie en función del tiempo.	38
Informe 227	Mediciones de intensidad de campo, densidad de potencia, potencia radiada, potencia disponible en la antena receptora y pérdida de transmisión.	39
Informe 228	Medición de la intensidad de campo para los servicios de radiodifusión, televisión en ondas métricas y decimétricas inclusive.	50
Informe 229	Determinación de las características eléctricas de la superficie de la tierra.	61
Informe 230	Propagación de la onda de superficie por terreno heterogéneo.	68
Informe 231	Atmósfera de referencia	74
Informe 232	Constantes de la ecuación del índice de refracción radioeléctrica.	75
Informe 233	Influencia de la atmósfera en la propagación de las ondas.	76
Informe 234	Influencia de las regiones no ionizadas de la atmósfera en la propagación de las ondas	121
Informe 235	Efectos de la refracción troposférica normal en las frecuencias inferiores a 10 Mc/s.	127
Informe 236	Influencia de los accidentes del terreno en la propagación troposférica.	129
Informe 237	Investigaciones sobre la propagación troposférica por trayectos múltiples.	133
Informe 238	Propagación radioeléctrica aprovechando las faltas de homogeneidad de la troposfera (denominada comúnmente «dispersión»).	135
Informe 239	Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas en la gama de frecuencias comprendida entre 40 y 1.000 Mc/s. <i>Radiodifusión y servicio móvil</i>	137
Informe 240	Curvas de propagación para la radiodifusión en ondas métricas y decimétricas en el continente africano.	143
Informe 241	Datos de propagación requeridos para los sistemas de relevadores radioeléctricos.	182
Informe 242	Datos de propagación requeridos para los sistemas de relevadores radioeléctricos. <i>Distribución acumulativa de las duraciones de los distintos intervalos de tiempo durante los cuales la pérdida del trayecto rebasa un valor dado</i>	182
Informe 243	Aplicación de las curvas de propagación troposférica a los problemas de interferencia en la gama 1-10 Gc/s.	188
Informe 244	Evaluación de la pérdida de transmisión en la propagación troposférica.	191

CUESTIONES Y PROGRAMAS DE ESTUDIOS ASIGNADOS A LA COMISIÓN DE ESTUDIO V (PROPAGACIÓN POR LA SUPERFICIE TERRESTRE Y EN LAS REGIONES NO IONIZADAS DE LA ATMÓSFERA); RUEGOS Y RESOLUCIONES DE INTERÉS PARA ESTA COMISIÓN.

Introducción por el Relator principal de la Comisión de estudio V.	215
Ruego 4. Propagación radioeléctrica debida a la falta de homogeneidad de la troposfera (denominada comúnmente «dispersión»)	218
Ruego 5. Influencia de la troposfera en las frecuencias utilizadas para la telecomunicación con los vehículos espaciales y entre ellos.	218
Cuestión 185 (V). Datos de propagación requeridos para los sistemas de relevadores radioeléctricos	219
Programa de estudios 185A (V). Datos de propagación requeridos para los sistemas de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa.	220
Programa de estudios 185B (V). Datos de propagación requeridos en los sistemas de relevadores radioeléctricos para transmisiones transhorizonte.	221
Cuestión 246 (V). Propagación de la onda de superficie.	222
Programa de estudios 246A (V). Efectos de la refracción troposférica en las frecuencias inferiores a 10 Mc/s.	223
Programa de estudios 246B (V). Propagación de la onda de superficie por terreno heterogéneo.	223
Programa de estudios 57 (V). Investigaciones sobre la propagación troposférica por trayectos múltiples	224
Programa de estudios 139 (V). Propagación radioeléctrica aprovechando las faltas de homogeneidad de la troposfera (denominada comúnmente «dispersión»).	225
Programa de estudios 176 (V). Desvanecimiento de las señales propagadas por la troposfera.	226
Programa de estudios 188 (V). Efecto de los accidentes del terreno en la propagación troposférica.	227
Programa de estudios 189 (V). Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas en la gama de frecuencias comprendida entre 40 Mc/s y 1 Gc/s.— <i>Servicios de radiodifusión y móvil.</i>	228
Programa de estudios 190 (V). Factores de propagación troposférica que influyen en la compartición de las bandas de frecuencias entre los sistemas de relevadores radioeléctricos, comprendidos los sistemas de telecomunicación espaciales y terrenales.	229
Resolución 2. Datos relativos a la propagación troposférica para la radiodifusión, las comunicaciones espaciales y los enlaces entre puntos fijos.	230
Programa de estudios 191 (V). Absorción y refracción troposféricas en los sistemas de telecomunicaciones espaciales.	231
Resolución 3. Influencia de las regiones no ionizadas de la atmósfera en la propagación de las ondas.	232
Programa de estudios 192 (V). Influencia de las regiones no ionizadas de la atmósfera en la propagación de las ondas.	233
Documentos de la X Asamblea Plenaria que conciernen a la Comisión de estudio V.	235

RECOMENDACIONES DE LA SUBSECCION G. 2 (PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA).

Recomendación 313 Intercambio de observaciones para la preparación de predicciones a corto plazo y transmisión de avisos de perturbaciones ionosféricas.	239
Recomendación 371 Elección de índices de actividad solar para la propagación ionosférica.	240
Recomendación 372 Utilización de datos sobre ruidos atmosféricos radioeléctricos.	241
Recomendación 373 Significado del término «MUF»	242

INFORMES DE LA SUBSECCIÓN G. 2 (PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA).

Informe 151 Estaciones de sondeos ionosféricos al acabarse el Año Geofísico Internacional.	243
Informe 245 Previsión de un índice de actividad solar.	244
Informe 246 Elección de un índice fundamental de la propagación ionosférica.	245

	<u>Página</u>
Informe 247 Determinación de los signos precursores de variaciones a corto plazo y evaluación de la confiabilidad de las predicciones a corto plazo de las condiciones de propagación ionosférica	251
Informe 248 Disponibilidad e intercambio de datos básicos para las previsiones de propagación radioeléctrica	256
Informe 249 Emisiones de impulsos con incidencia oblicua.	261
Informe 250 Propagación ionosférica a larga distancia sin reflexiones intermedias en el suelo. .	264
Informe 251 Comunicaciones intermitentes mediante la propagación por ionización meteórica eruptiva	265
Informe 252 Evaluación de la intensidad de campo y de la pérdida de transmisión de la onda ionosférica en frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	267
Informe 253 Mediciones sistemáticas de intensidad de campo y de pérdida de transmisión en las frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s. .	272
Informe 254 Medición del ruido atmosférico radioeléctrico.	277
Informe 255 Información básica sobre predicciones de propagación ionosférica.	279
Informe 256 Significado del término «MUF».	289
Informe 257 Cuestiones sometidas por la I. F. R. B.	291
Informe 258 Medición del ruido radioeléctrico industrial.	292
Informe 259 Propagación a larga distancia de las ondas de frecuencias comprendidas entre 30 y 300 Mc/s por las regiones ionizadas E y F.	293
Informe 260 Propagación ionosférica por dispersión.	297
Informe 261 Dispersión hacia atrás.	306
Informe 262 Propagación por el modo de silbidos.	310
Informe 263 Factores que influyen en la propagación en las comunicaciones con vehículos espaciales.	312
Informe 264 Predicción de la intensidad de campo de la onda ionosférica o de la pérdida de transmisión para las frecuencias comprendidas entre 150 y 1.500 kc/s.	313
Informe 265 Propagación a larga distancia de la onda ionosférica en las frecuencias inferiores a 150 kc/s	326
Informe 266 Estudio del desvanecimiento de las señales propagadas por la ionosfera.	327
Informe 322 Revisión de los datos sobre los ruidos atmosféricos radioeléctricos (texto publicado por separado).	334

CUESTIONES Y PROGRAMAS DE ESTUDIOS ASIGNADOS A LA COMISIÓN DE ESTUDIO VI (PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA); RUEGOS Y RESOLUCIONES DE INTERÉS PARA ESTA COMISIÓN.

Introducción por el Relator principal de la Comisión de estudio VI	335
Ruego 6. Determinación de los signos precursores de variaciones a corto plazo de las condiciones de propagación ionosférica.	337
Resolución 4. Divulgación de informaciones relativas a los índices fundamentales de la propagación ionosférica	337
Ruego 7. Predicción de índices de actividad solar.	338
Cuestión 247 (VI). Elección de índices fundamentales de la propagación ionosférica.	338
Programa de estudios 193 (VI). Predicción de un índice de actividad solar.	339
Programa de estudios 194 (VI). Determinación de los signos precursores de variaciones a corto plazo de las condiciones de propagación ionosférica y métodos para describir las perturbaciones ionosféricas y la calidad de los circuitos radioeléctricos.	339
Resolución 5. Mejora de la red de estaciones de sondeo ionosférico.	340
Resolución 6. Estudio de la propagación ionosférica por medio de ionosondas transportadas en satélites de órbitas superiores a la altura máxima de la capa F2 (ionosondeos desde arriba). .	341
Programa de estudios 195 (VI). Propagación por reflexión en la capa E esporádica o por otras ionizaciones anormales de las capas E y F de la ionosfera.	342
Programa de estudios 196 (VI). Comunicaciones intermitentes mediante la propagación por estelas meteóricas ionizadas	343

	<u>Página</u>
Programa de estudios 197 (VI). Transmisiones de impulsos de incidencia oblicua.	343
Resolución 7. Intensidad de campo y pérdida de transmisión de la onda ionosférica en las frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	344
Programa de estudios 198 (VI). Evaluación de la intensidad de campo y de la pérdida de transmisión de la onda ionosférica para las frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	346
Resolución 8. Revisión de la documentación sobre los ruidos atmosféricos radioeléctricos. . .	346
Resolución 9. Distribución y características del ruido atmosférico radioeléctrico en las diversas partes del mundo	347
Programa de estudios 199 (VI). Medición del ruido atmosférico radioeléctrico.	348
Resolución 10. Predicciones básicas a largo plazo de propagación ionosférica.	349
Resolución 11. Predicciones básicas de propagación ionosférica.	351
Programa de estudios 200 (VI). Información básica sobre predicciones de propagación ionosférica.	351
Ruego 8. Propagación conducida de las ondas decamétricas por encima de la capa F2.	352
Cuestión 248 (VI). Problemas especiales de las radiocomunicaciones por ondas decamétricas relacionados con la ionosfera ecuatorial.	353
Programa de estudios 153 (VI). Medición del ruido radioeléctrico industrial	354
Programa de estudios 201 (VI). Modo de propagación por silbidos.	354
Programa de estudios 202 (VI). Propagación ionosférica por dispersión.	355
Programa de estudios 203 (VI). Dispersión hacia atrás	356
Programa de estudios 204 (VI). Características ionosféricas que influyen en los sistemas espaciales de telecomunicación	357
Programa de estudios 205 (VI). Influencia del ruido radioeléctrico del espacio en las comunicaciones con vehículos espaciales.	358
Ruego 9. Efectos de la ionosfera en las ondas radioeléctricas utilizadas para la telecomunicación con los vehículos espaciales, o entre ellos, más allá de la capa inferior de la atmósfera. . .	358
Resolución 12. Propagación a larga distancia de la onda ionosférica en las frecuencias comprendidas entre 150 kc/s y 1.500 kc/s.	359
Resolución 13. Propagación de la onda ionosférica a larga distancia en las frecuencias inferiores a 150 kc/s.	360
Programa de estudios 206 (VI). Propagación a larga distancia de la onda ionosférica en las frecuencias inferiores a 1.500 kc/s.	361
Ruego 10. Desvanecimiento de las señales propagadas por la ionosfera.	362
Programa de estudios 148 (VI). Estudio del desvanecimiento.	363
Documentos de la X Asamblea Plenaria que conciernen a la Comisión de estudio VI.	365

Los textos siguientes, que no figuran en este Volumen, conciernen también a la propagación:

<i>Texto</i>	<i>Asunto</i>	<i>Volumen</i>
Recomendación 341	Pérdida de transmisión	III
Informe 109	Dispersión ionosférica.	III
Informe 112	Pérdida de transmisión	III
Informe 122	Polarizaciones cruzadas	V
Informe 303	Ruido en la radiodifusión tropical	V
Informe 305	Cálculo de la intensidad de campo en la radiodifusión tropical.	V

RECOMENDACIONES DE LA SUBSECCIÓN G. 1:
PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE SUPERFICIE Y PROPAGACIÓN
TROPOSFÉRICA

RECOMENDACIÓN 168 *

PRESENTACIÓN DE LOS DATOS DE RADIACIÓN DE LAS ANTENAS

(Cuestión núm. 49)

El C. C. I. R.,

(Londres, 1953 — Varsovia, 1956)

CONSIDERANDO:

- a) Que para conseguir los fines de la U. I. T. es indispensable conocer la radiación en el espacio libre, en todas las direcciones, de las antenas empleadas en las radiocomunicaciones internacionales;
- b) Que la radiación de las antenas está bien representada por diagramas que dan la intensidad de campo, o la potencia radiada en cada dirección del espacio, y
- c) Que la radiación de una antena puede representarse también por la fuerza cimomotriz específica vectorial F en cada dirección del espacio (véase la Nota),

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que en los diagramas de radiación de las antenas, los contornos representativos de la radiación en el espacio libre en las diversas direcciones se indiquen en potencias relativas radiadas o en intensidades de campos relativas;
2. Que puede también emplearse otro método de presentación consistente en diagramas de contornos que representen la radiación en cada dirección del espacio expresada en valores de fuerza cimomotriz específica vectorial F , y
3. Que el Director del C. C. I. R. tenga en cuenta lo que antecede al trazar los diagramas de antena.

Nota.—La fuerza cimomotriz específica F es un vector, expresado en voltios y definido como el producto $E.d$, en el que E es el valor vectorial del campo eléctrico en el espacio libre radiado por la antena en la dirección considerada a una distancia d del centro de radiación de la antena, cuando la potencia total radiada por ella es de 1 kW.

Cuando las dimensiones de la antena no son despreciables con relación a la longitud de onda o a la distancia en que se efectúan las mediciones, se considera que la fuerza cimomotriz es el límite del producto $E.d$ cuando d aumenta indefinidamente. Si en estos casos se quiere medir la fuerza cimomotriz, habrá que modificar el valor del campo a una distancia finita, aplicando un factor de corrección apropiado **.

La potencia radiada W y la fuerza cimomotriz F están ligadas por la relación $F^2 = 377 W$, en la que F está expresada en voltios, y W en vatios por esterradián, en la dirección considerada.

Si la polarización del campo eléctrico es elíptica, la fuerza cimomotriz puede representarse por la magnitud y la dirección de los dos ejes principales de la elipse de polarización.

* Reemplaza a la Recomendación 108.

** Véase, por ejemplo, «Carlo Micheletta: Sulla determinazione della Forza Cimomotrice di Emittitori con antenne a paraboloide». Piccole Note-Recensioni e Notizie.—I. S. P. T.—1, 1956, pág. 13.

RECOMENDACIÓN 310 *

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS RELATIVOS A LA PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1951 — Los Angeles, 1959)

CONSIDERANDO

que es notorio que las condiciones meteorológicas en la troposfera influyen considerablemente en la propagación de las ondas de frecuencias superiores a 30 Mc/s,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD,

que se adopte la siguiente lista de definiciones para su inclusión en el Vocabulario, de conformidad con el Ruego núm. 5.

VOCABULARIO DE LOS TÉRMINOS RELATIVOS A LA PROPAGACION TROPOSFÉRICA

Término	Definición
1. <i>Troposfera</i>	Región inferior de la atmósfera terrestre, situada inmediatamente por encima de la superficie de la tierra, en la que la temperatura disminuye a medida que aumenta la altitud, salvo en determinadas capas locales de inversión de temperatura.
2. <i>Tropopausa</i>	Límite superior de la troposfera, por encima del cual la temperatura aumenta ligeramente con la altitud o permanece constante.
3. <i>Inversión de temperatura</i>	En la troposfera, aumento de la temperatura con la altura.
4. <i>Índice de refracción modificado</i>	A cierta altura sobre el nivel del mar, la suma del índice de refracción del aire a la altura considerada, y de la relación entre esta altura y el radio de la tierra.
5. <i>Módulo de refracción</i>	Exceso del índice de refracción modificado con relación a la unidad, expresado en millonésimas.
6. <i>Unidad M</i>	La unidad en que se expresa el módulo de refracción, según la definición precedente.
7. <i>Curva de M</i>	Una curva representativa de la relación entre el módulo de refracción y la altura por encima del suelo.
8. <i>Gradiente normal del módulo de refracción</i>	La variación uniforme del módulo de refracción en relación con la altura sobre el suelo que se considera como base normal de comparación. El gradiente que se considera normal tiene un valor de 0,12 unidades <i>M</i> por metro (3,6 unidades <i>M</i> por cien pies.)
9. <i>Atmósfera radio-eléctrica normal</i>	Para la propagación troposférica, una atmósfera que tenga un gradiente normal del módulo de refracción.
10. <i>Atmósfera fundamental de referencia</i>	La definida por la relación $n(h) = 1 + 289 \times 10^{-6} \cdot e^{-0.136h}$; siendo <i>h</i> la altura en kilómetros sobre el nivel del mar.

Nota.—En el primer kilómetro, el índice de refracción de la atmósfera fundamental de referencia es casi el mismo que el de una atmósfera correspondiente a un radio terrestre equivalente igual a 4/3 del radio verdadero.

* Reemplaza a la Recomendación 54.

Término	Definición
11. <i>Refracción normal</i>	La refracción que se produciría en la atmósfera radioeléctrica normal (véase la figura 1).
12. <i>Superrefracción</i>	Toda refracción más importante que la refracción normal (véase la figura 1).
13. <i>Infrarrefracción</i>	Toda refracción menos importante que la refracción normal (véase la figura 1).
14. <i>Propagación normal</i>	La propagación de las ondas radioeléctricas sobre una tierra esférica regular, de características eléctricas, uniformes, en condiciones de refracción atmosférica normal.
15. <i>Trayecto tangencial de onda</i>	En la propagación radioeléctrica sobre el suelo, la trayectoria directa tangente a la superficie de la tierra. El trayecto tangencial está curvado por la refracción atmosférica.
16. <i>Horizonte radioeléctrico</i>	El lugar geométrico de los puntos en que los rayos directos procedentes del transmisor son tangentes a la superficie de la tierra.
17. <i>Radio ficticio de la tierra</i>	El radio de una tierra hipotéticamente esférica en la que la distancia hasta el horizonte radioeléctrico, en el supuesto de que la propagación se haga en línea recta, es la misma que en la tierra real, con un gradiente vertical uniforme del índice de refracción (para la atmósfera radioeléctrica normal, el radio terrestre ficticio es igual a $4/3$ del radio real).
18. <i>Conducto troposférico</i>	Capa de la troposfera dentro de la cual se halla concentrado un porcentaje anormalmente elevado de toda radiación de frecuencia suficientemente alta, y que presenta en toda su extensión o en parte de ella un gradiente negativo del módulo de refracción. Su límite superior se determina por el valor mínimo del módulo de refracción. Su límite inferior lo constituye, sea la superficie de la tierra, sea una superficie paralela a la estratificación de la capa y cuyo módulo de refracción tiene el mismo valor que el mínimo anteriormente citado (véanse las figuras 2, 3 y 4).
19. <i>Conducto de superficie</i> <i>Conducto cerca del suelo</i>	Un conducto troposférico cuyo límite inferior es la superficie de la tierra y en el interior del cual el índice de refracción modificado es superior en todas partes al valor correspondiente al límite superior (véanse las figuras 2 y 3).
20. <i>Conducto elevado</i>	Un conducto troposférico cuyo límite inferior está constituido por una superficie situada por encima del nivel del suelo, en la que el índice de refracción modificado tiene el mismo valor que en el límite superior (véase la figura 4).
21. <i>Espesor del conducto</i>	La diferencia de altura entre los límites superior e inferior de un conducto troposférico.
22. <i>Altura del conducto</i>	La altura sobre el suelo del límite inferior de un conducto elevado (véase la figura 4).
23. <i>Modo troposférico</i>	Uno cualquiera de los diversos modos posibles de propagación en la troposfera.
24. <i>Modo de propagación «concentrada»</i>	Un modo de propagación en el que la energía se halla esencialmente concentrada en el interior de un conducto troposférico.
25. <i>Relación de mezcla</i>	La relación entre la masa (en gramos) de vapor de agua existente en un volumen dado de la atmósfera y la masa (en kilogramos) del aire seco contenido en este volumen.

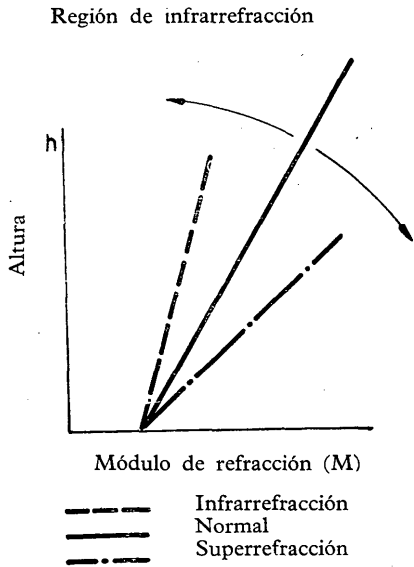


FIGURA 1
Curvas de M

Región de superrefracción

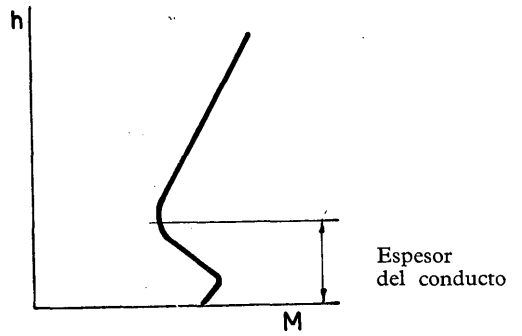


FIGURA 2
Conducto de superficie

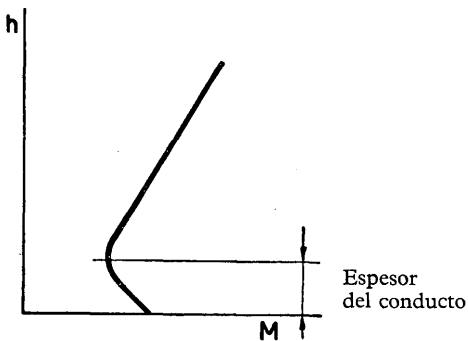


FIGURA 3
Conducto de superficie

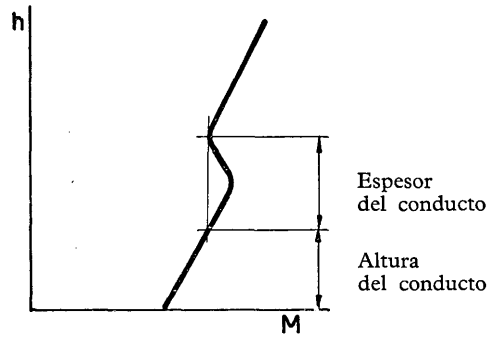


FIGURA 4
Conducto elevado

RECOMENDACIÓN 311 *

**PRESENTACIÓN DE DATOS EN LOS ESTUDIOS RELATIVOS
A LA PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA**

El C. C. I. R., (Londres, 1953 — Varsovia, 1956 — Los Angeles, 1959)

CONSIDERANDO:

- a) Que los ingenieros encargados de organizar los servicios de radiodifusión y televisión y los circuitos entre puntos fijos en la banda de frecuencias comprendida entre 30 y 4.000 Mc/s, necesitan con urgencia normas para orientar sus trabajos;
- b) Que importa determinar la influencia que en la intensidad de campo en esta banda de frecuencias tienen las condiciones meteorológicas y la naturaleza del terreno en lugares situados tanto a un lado como a otro de la línea del horizonte;
- c) 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 intensidad de campo, y
- d) Que todavía no se puede fijar definitivamente la forma en que han de presentarse los resultados ni el método de análisis estadístico que más convienen a las necesidades expuestas en a) y b),

RECOMIENDA:

1. Que siempre que sea posible se determinen las intensidades de campo rebasadas durante un 0,1 %, 1 %, 10 %, 50 %, 90 %, 99 % y 99,9 % del tiempo total, para todas las ubicaciones en que se hagan mediciones;
2. Que en el caso de la radiodifusión y de la televisión, se determinen los valores medianos de las intensidades de campo rebasadas en un 10 %, 50 % y 90 % de las ubicaciones;
3. Que se complete esta estadística global con un análisis más minucioso y preciso, inspirándose a tal efecto en los métodos propuestos en el Anexo I a la presente Recomendación o en el documento 172 (Francia) de Varsovia, 1956, o bien en el documento V/28 (Francia) de Ginebra, 1958;
4. Que se presenten los resultados estadísticos de las mediciones de intensidad de campo en papel especial para el estudio de probabilidades, debiendo llevarse al eje de ordenadas los valores de la intensidad de campo expresados en decibelios con relación a un microvoltio por metro, en orden creciente de abajo a arriba; al eje de abscisas se llevaría el porcentaje del tiempo total del registro considerado, o el porcentaje de ubicaciones, con una escala de acuerdo con la ley de probabilidades de Gauss y en orden creciente de izquierda a derecha. En el Anexo II puede verse un ejemplo de distribución logarítmica normal representada en papel para estudios de probabilidades;
5. Que se normalicen todos los valores medidos de intensidad de campo para que correspondan con los que se obtendrían con un dipolo vertical de media onda, o con un dipolo horizontal de media onda perpendicular a la dirección de recepción, con el dipolo situado, en los dos casos, a varias longitudes de onda, por lo menos, por encima del suelo y radiando una potencia de 1 kW, y
6. Que en el caso de la radiodifusión y de la televisión se refieran las mediciones, siempre que sea posible, a una antena receptora situada a 10 metros de altura sobre el suelo, y que esta antena no sea muy directiva en el plano vertical.

* Reemplaza a la Recomendación 170.

ANEXO I

Adviértase que las recomendaciones precedentes se refieren en particular a la propagación de las ondas a largas distancias (sobre todo, en relación con los problemas de interferencia en la radiodifusión sonora y en la televisión) y a las características de propagación en las zonas de servicio de las estaciones de radiodifusión sonora y de televisión. Si bien en estos casos el interés primordial reside en determinar los valores de la intensidad de campo rebasados durante diversos porcentajes del tiempo total a distintas distancias, para un estudio más detallado puede convenir analizar las mediciones durante períodos de una hora. Esto permitiría estudiar las variaciones diurnas, mientras que las variaciones estacionales podrían estudiarse agrupando los valores obtenidos a determinadas horas del día durante un mes completo y examinando las variaciones de un mes a otro de la distribución de las intensidades de campo. Otra ventaja de este procedimiento consiste en que permitiría efectuar ulteriormente la correlación de los resultados presentados en esta forma con los datos meteorológicos.

Para el estudio de la propagación de las ondas métricas, decimétricas o centimétricas, en circuitos fijos a distancia óptica podría requerirse una correlación más precisa entre la intensidad de campo recibida y las condiciones atmosféricas reinantes. Por esta y otras razones se considera que los resultados deberían poder presentarse por separado, para cada hora y cada día de cada mes en que se efectúan las pruebas. Al propio tiempo sería necesario establecer curvas de repartición de conjunto para períodos de un mes, a fin de facilitar el estudio de las variaciones estacionales; los ingenieros encargados de preparar planes requerirán, sin duda también, curvas de distribución de conjunto para períodos más largos. Por regla general, es conveniente referir los resultados al valor del campo en espacio libre para la distancia y demás condiciones consideradas.

Aunque normalmente será preferible conservar, para consulta, los gráficos originales de las intensidades de campo medidas, es indispensable emplear un método más sencillo y asequible para presentar los datos. Un método consiste en llevar a un papel de escala lineal los valores máximos, mediano y mínimo de la intensidad de campo para cada hora, representándose la dispersión de los resultados horarios por una línea vertical. Además, al determinar los valores medianos horarios o los valores horarios correspondientes a otros porcentajes de tiempo, se puede obtener la distribución estadística de los valores correspondientes a una hora dada durante un período de un mes (o cualquier otro que se desee).

ANEXO II

Una escala de probabilidad normal se define por

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{1}{2}\xi^2} d\xi$$

Con abscisas $x = 0$, $x \rightarrow \infty$ y $x \rightarrow -\infty$, los valores correspondientes de la probabilidad $P(x)$ son 50 %, 0 % y 100 %.

Una distribución normal de la amplitud F de una intensidad de campo medida en db (distribución logarítmica normal) se obtiene por

$$P(F) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_F^{\infty} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{f-F_m}{\sigma}\right)^2} df$$

$P(F)$ es la probabilidad (porcentaje de tiempo o de ubicaciones) de que la intensidad de campo E , expresada en db por encima de $1 \mu\text{V/m}$ ($F = 20 \log E$) rebase el nivel F .

F_m es el valor mediano de F , es decir, el rebasado durante el 50 % del tiempo o en el 50 % de ubicaciones, y σ es la desviación normal, de suerte que tendremos $P(F_m - \sigma) \approx 84 \%$, y $P(F_m + \sigma) \approx 16 \%$.

Es interesante a menudo conocer la intensidad de campo rebasada durante el 1 % o el 10 % del tiempo; cuando la distribución es logarítmica normal, la curva de distribución es una línea recta, y las desviaciones correspondientes se dan por $2,32 \sigma$ y $1,28 \sigma$.

La siguiente figura ilustra la presentación de una distribución logarítmica normal.

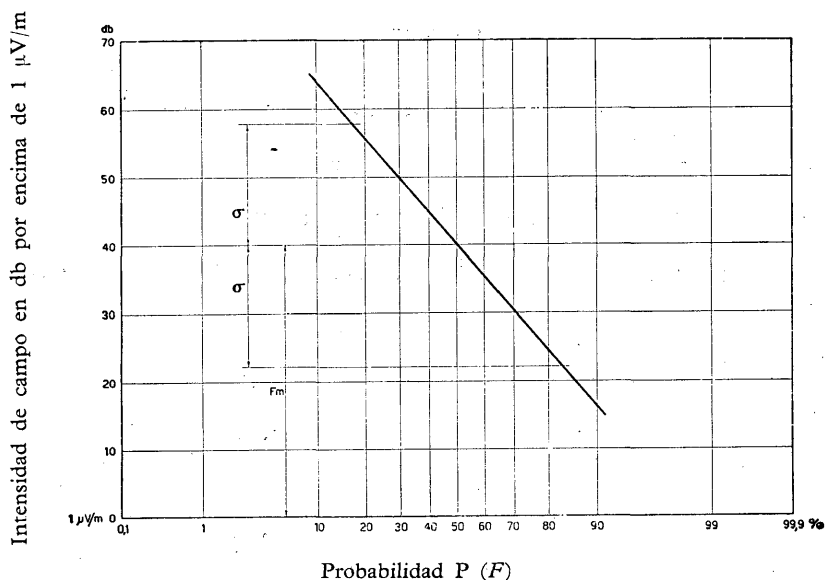


Gráfico de una distribución logarítmica normal de mediciones de intensidad de campo

RECOMENDACIÓN 368 *

**CURVAS DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE SUPERFICIE
PARA FRECUENCIAS INFERIORES A 10 Mc/s**

(Cuestión 246 (V))

(Ginebra, 1951 — Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que las curvas de propagación de la onda de superficie, en una amplia gama de frecuencias, tienen una importancia cada vez mayor para todos los tipos de radiocomunicaciones, inclusive las ayudas a la navegación, y
- b) Que es necesario disponer de una familia de estas curvas que corresponda a numerosos valores de la conductividad del suelo, si se quiere que se apliquen a las condiciones diversas que se encuentran en la práctica a lo largo de los trayectos terrestres,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

que se adopten las curvas adjuntas (véase el Anexo), utilizándolas en las condiciones indicadas en el texto que a ellas se acompaña, para la determinación de la intensidad de campo de la onda de superficie de frecuencias inferiores a 10 Mc/s.

* Reemplaza a la Recomendación 307.

A N E X O

Las adjuntas curvas de propagación se aplican a frecuencias inferiores a 10 Mc/s.

Estas curvas requieren las siguientes observaciones:

1. Han sido establecidas para un suelo uniforme homogéneo;
2. No se tienen en cuenta los efectos de la propagación troposférica en las frecuencias consideradas;
3. Las curvas se basan en el análisis riguroso del problema, hecho por los Doctores van der Pol y Bremmer;
4. Las curvas se refieren a lo que se denomina campo no atenuado de $3 \times 10^5/D$ en $\mu\text{V/m}$, siendo D la distancia desde el transmisor en kilómetros*. Este campo correspondería de hecho al de una antena vertical de longitud inferior a un cuarto de onda, que radie una potencia de 1 kilovatio, cuando está situada en la superficie de un suelo llano perfectamente conductor. La pérdida de propagación definida en la Recomendación 341 para las ondas de superficie, puede determinarse a partir de los valores de intensidad de campo E , deducidos de las curvas adjuntas y expresada en decibelios con relación a 1 $\mu\text{V/m}$, por aplicación de la ecuación (19) del Informe 112;
5. Se han supuesto tanto el transmisor como el receptor situados en tierra. Los efectos del aumento de la ganancia en función de la altura pueden ser sumamente importantes en el caso de las ayudas a la navegación para las aeronaves que vuelan a gran altura, pero se ha resuelto no tenerlos en cuenta por el momento;
6. Por regla general, estas curvas sólo deben utilizarse para determinar la intensidad de campo en los casos en que puede preverse con certeza una amplitud despreciable de las reflexiones ionosféricas de la frecuencia considerada, por ejemplo, cuando se trata de la propagación diurna en la banda comprendida entre 150 kc/s y 2 Mc/s, para distancias inferiores a 2.000 km., aproximadamente. No obstante, cuando la intensidad de campo de la onda ionosférica sea comparable o superior a la de la onda de superficie, las curvas siguen siendo aplicables siempre que el efecto de la onda de superficie pueda separarse del de la onda ionosférica por medio de emisiones de impulsos, tal como sucede en determinados sistemas de radiogoniometría y de ayudas a la navegación.

* Nota de la Secretaría del C. C. I. R.: Se trata de la distancia en línea recta y no, por ejemplo, de la distancia según el arco de gran círculo.

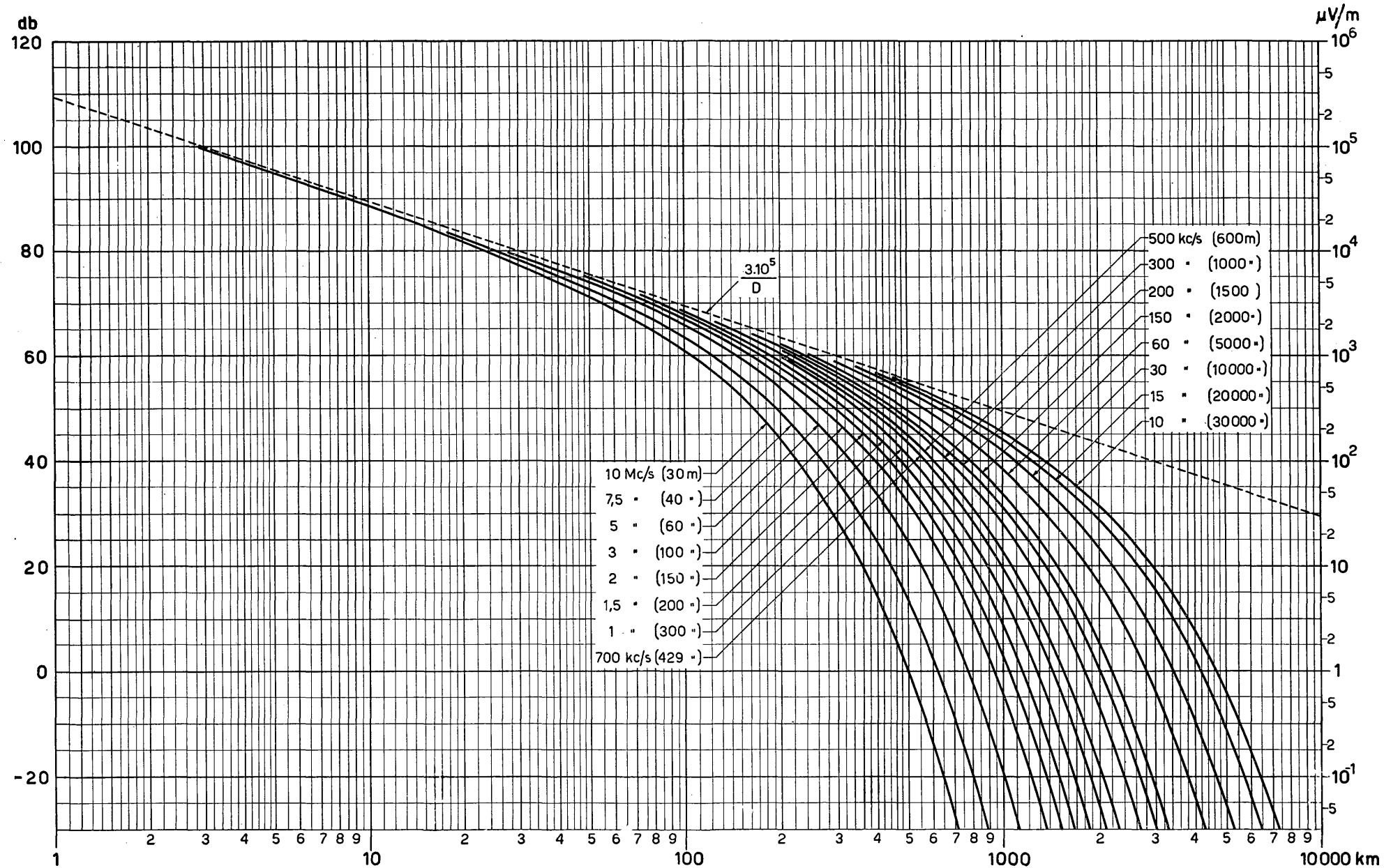


FIGURA 1

Curvas de propagación de la onda de superficie; Mar, $\sigma = 4 \text{ mho/m}$, $\epsilon = 80$

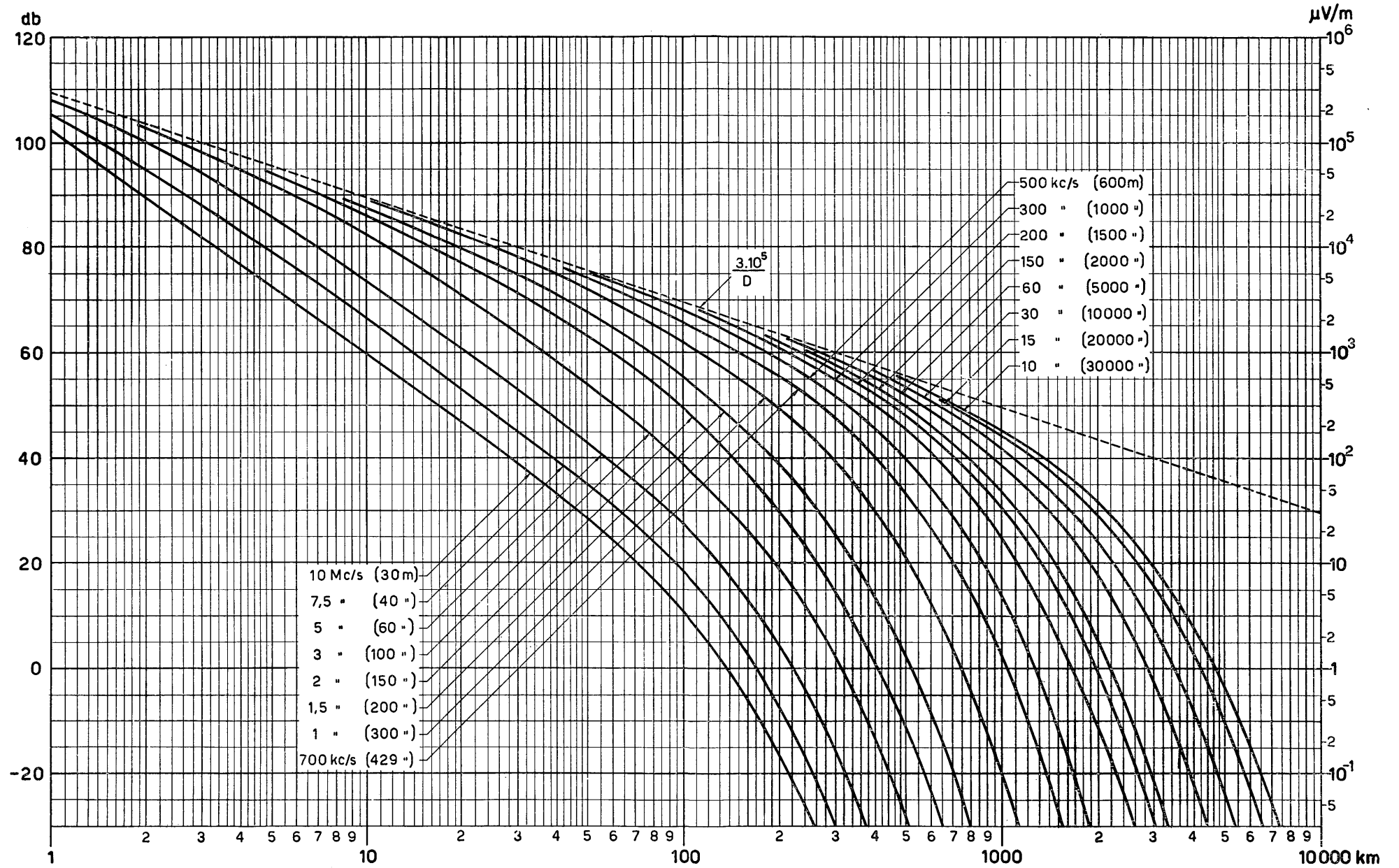


FIGURA 2

Curvas de propagación de la onda de superficie; Tierra, $\sigma = 3.10 \text{ mho/m}$, $\epsilon = 4$

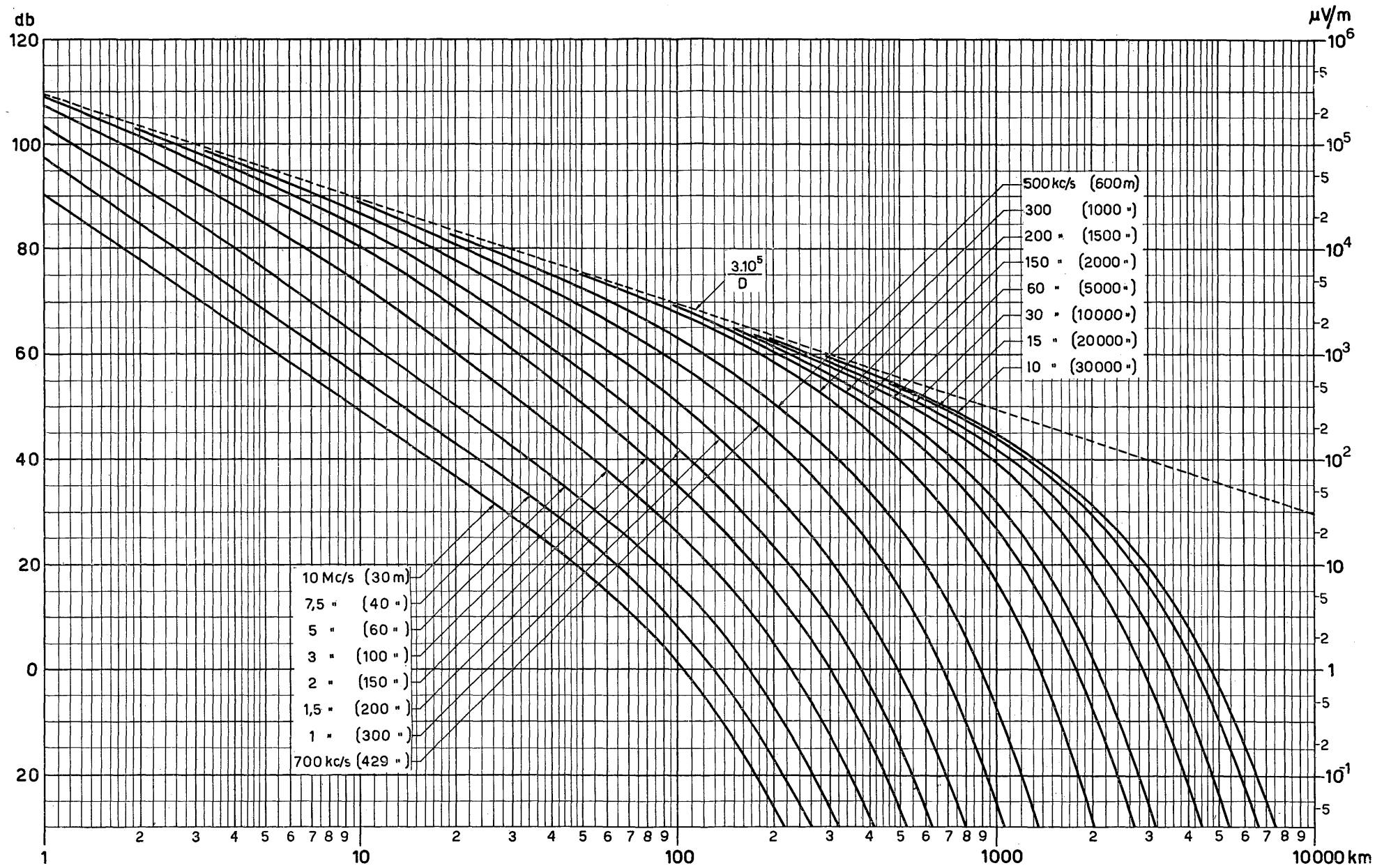


FIGURA 3

Curvas de propagación de la onda de superficie; Tierra, $\sigma = 10^{-2}$ mho/m, $\epsilon = 4$

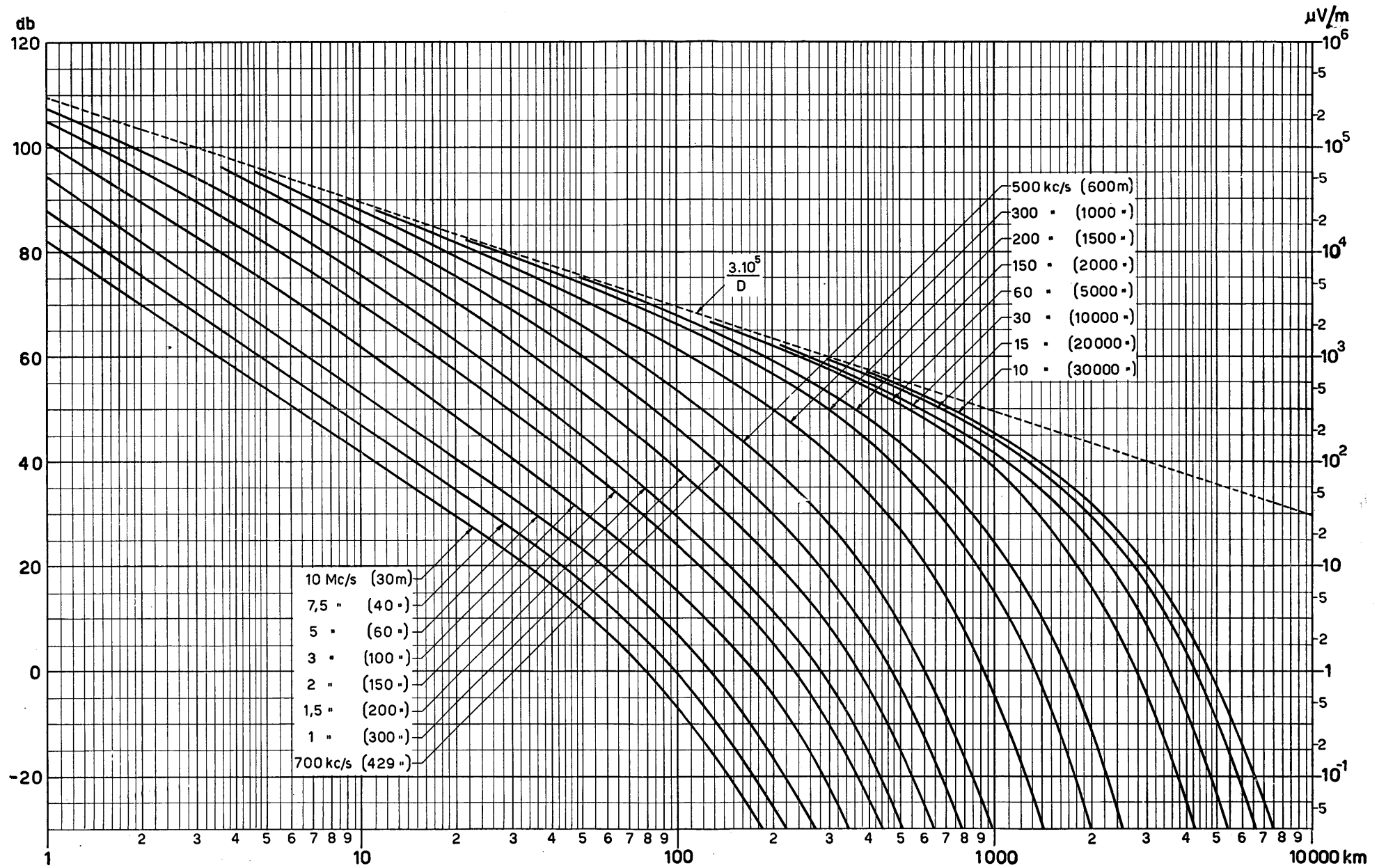


FIGURA 4

Curvas de propagación de la onda de superficie; Tierra, $\sigma = 3 \times 10^{-3} \text{ mho/m}$, $\epsilon = 4$

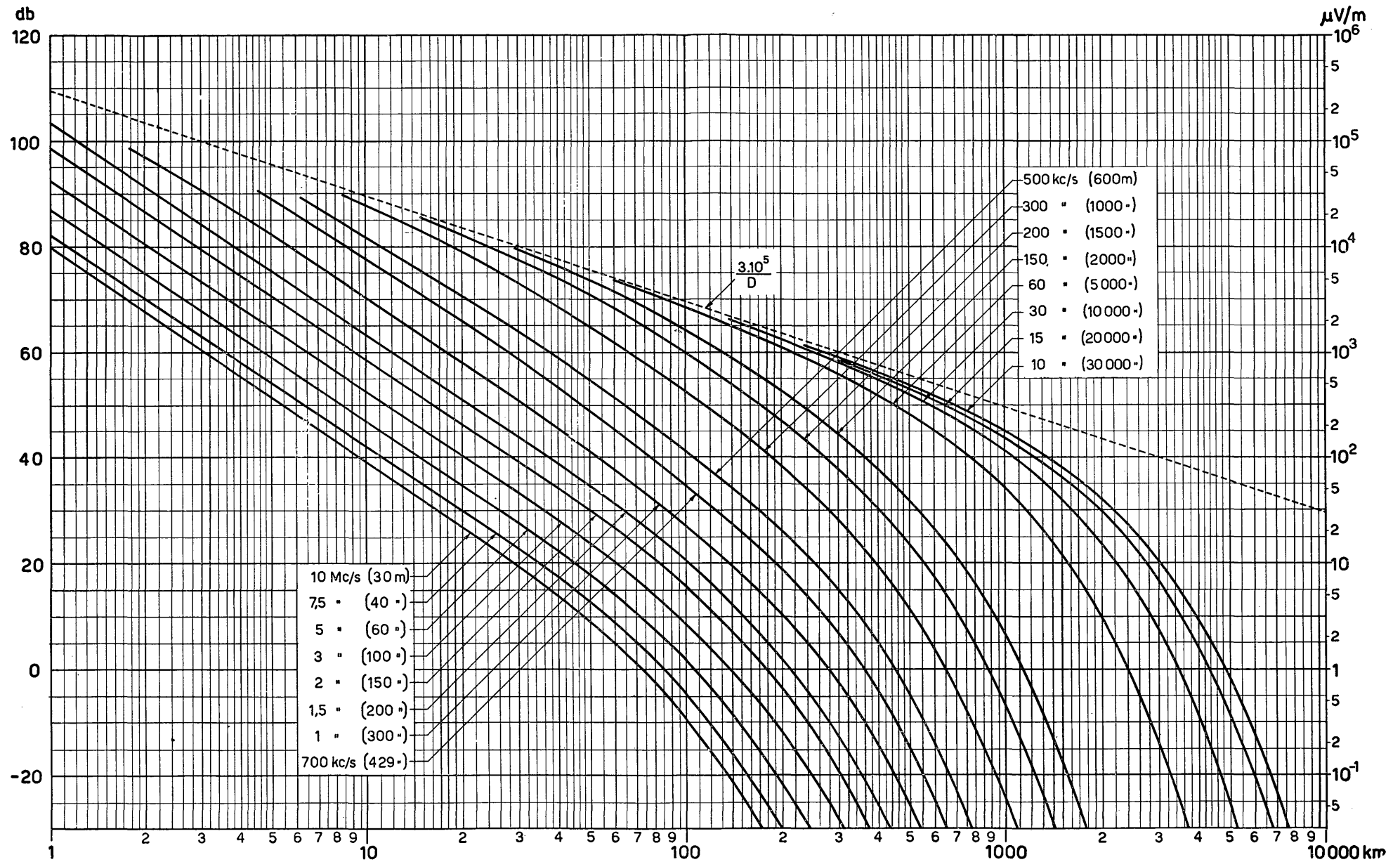


FIGURA 5

Curvas de propagación de la onda de superficie; Tierra, $\sigma = 10^{-3}$ mho/m, $\epsilon = 4$

RECOMENDACIÓN 369 *

DEFINICIÓN DE UNA ATMÓSFERA FUNDAMENTAL DE REFERENCIA

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO

que la variación del índice de refracción n de la atmósfera en función de la altura h en las frecuencias radioeléctricas queda expresada de manera satisfactoria por la ley

$$n(h) = 1 + a.e^{-bh}$$

siendo a y b constantes que se pueden determinar por métodos estadísticos para diferentes climas (véase el Informe 231),

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD,

que la atmósfera fundamental de referencia se defina por la relación

$$n(h) = 1 + 289.10^{-6}.e^{-0,136h}$$

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

Nota.—El gradiente del índice de refracción en el primer kilómetro de la atmósfera fundamental de referencia es casi el mismo que el de una atmósfera cuyo efecto puede representarse por un radio terrestre equivalente igual a $4/3$ del radio verdadero.

RECOMENDACIÓN 370 **

CURVAS DE PROPAGACIÓN DE ONDAS MÉTRICAS Y DECIMÉTRICAS PARA LA GAMA DE FRECUENCIAS COMPRENDIDA ENTRE 40 Y 1.000 Mc/s ***

Radiodifusión y servicio móvil

El C. C. I. R., (Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956,
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) La necesidad de facilitar indicaciones a los ingenieros encargados de los planes de los servicios de radiodifusión y móvil en las bandas de ondas métricas y decimétricas;
- b) La importancia de determinar la distancia geográfica mínima entre las estaciones que trabajan en los mismos canales o en canales adyacentes, a fin de evitar la interferencia intolerable ocasionada por una propagación troposférica a gran distancia, y

* Reemplaza a la Recomendación 309.

** Reemplaza a la Recomendación 312.

*** Adviértase que las curvas de esta Recomendación están destinadas a la planificación de los servicios de radiodifusión y móvil, 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.

- 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 revisadas que figuran en los Anexos I y II *.

ANEXO I

BANDAS DE ONDAS MÉTRICAS (40 - 250 Mc/s)

1. Las curvas del Anexo I han sido preparadas principalmente con los datos proporcionados por Estados Unidos de América y por países de Europa occidental; se han hecho muchas más mediciones para distancias de unos 500 km que para distancias superiores, y las curvas son de mucha mayor seguridad para distancias inferiores a 500 km.
2. Los valores de intensidad de campo están expresados en db con relación a $1 \mu\text{V/m}$ y se refieren a una potencia aparente radiada de 1 kW con un dipolo de media onda; se aplican a ondas polarizadas vertical u horizontalmente.
3. En las figs. 1, 2 y 3 se dan las intensidades de campo rebasadas en el 50 % de los puntos de recepción y durante el 50 %, el 10 % y el 1 % del tiempo, respectivamente. Las curvas correspondientes a valores rebasados durante el 50 % y el 10 % del tiempo son válidas para los trayectos terrestres y para los trayectos marítimos de la zona del Mar del Norte. Las curvas de trazo continuo correspondientes a valores rebasados durante el 1 % del tiempo son válidas para los trayectos terrestres, en tanto que las curvas de puntos se refieren a trayectos marítimos de la zona del Mar del Norte. La experiencia ha demostrado que en el Mediterráneo y en el Golfo de México, especialmente en verano, las intensidades de campo pueden alcanzar un valor hasta 20 db mayor que en las curvas relativas a la zona del Mar del Norte, para distancias superiores a unos 200 km.

Los valores de intensidad de campo para distancias superiores a unos 700 km., obtenidos por extrapolación (curvas de trazos), habrán de utilizarse con prudencia.

4. Las curvas de las figs. 1, 2 y 3 son aplicables con una antena de recepción situada a 10 metros sobre el suelo en el punto de recepción, para distintas alturas de la antena transmisora; la altura de la antena de transmisión se define algo arbitrariamente como su altitud sobre el nivel medio del suelo en un radio de 3 a 15 km. del transmisor, en el sector en que se desea saber la magnitud de los campos.

Para distancias netamente inferiores a la del horizonte normal, pueden estimarse las intensidades de campo con otras alturas de las antenas de transmisión y de recepción, suponiendo que la ganancia varía linealmente con la altura para alturas de antena netamente inferiores a las que corresponden al máximo del primer lóbulo debido a la reflexión en el suelo. A distancias netamente superiores a la del horizonte, la influencia de la altura de la antena transmisora puede determinarse poco más o menos del siguiente modo: para obtener la intensidad de campo a una distancia de X km. del transmisor con una altura de antena de emisión h_1 (m), las curvas correspondientes a alturas de 300 m. y 10 m. deberán leerse a la distancia $(X + 70 - 4,1 \sqrt{h_1})$ km. Para distancias intermedias próximas a la del horizonte, las partes de curvas rectificadas que corresponden a distancias superiores a la del horizonte podrán combinarse satisfactoriamente con las curvas corregidas correspondientes a distancias netamente inferiores a la del horizonte.

* Adviértase que las curvas están basadas en datos obtenidos principalmente en climas moderados y deberán utilizarse con precaución en otros climas.

5. Las intensidades de campo dadas en las figs. 1, 2 y 3 se refieren al 50 % de los puntos de recepción en un terreno medianamente ondulado, como suele encontrarse en Europa y América del Norte. Para este tipo de terreno pueden obtenerse las intensidades de campo correspondientes a otros porcentajes de puntos de recepción mediante la curva de repartición de la fig. 4.

Ni las curvas de las figs. 1, 2 ó 3 ni la curva de repartición de la fig. 4 pueden dar indicaciones muy exactas cuando se trata de terrenos excesivamente ondulados o montañosos. En tales casos se utilizará para la banda III la mitad del factor de corrección de atenuación (en db) indicado en el punto 3 del Anexo II (banda de ondas decimétricas).

6. Sabido es que la intensidad de campo mediana varía según la zona climatológica; los datos compilados en Estados Unidos de América y en Europa occidental, en condiciones climatológicas muy diversas, demuestran que hay 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 ΔN 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 refracción a 1 km. de altura, para una atmósfera normal, tendremos $\Delta N \simeq -40$; la curva 50 % de la fig. 1 se aplica a este caso. Si el valor medio de ΔN en una región dada es muy diferente de -40 , para obtener el valor mediano de las intensidades de campo correspondientes a todas las 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 ΔN , 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, puede servir de indicación para las correcciones que sea necesario efectuar en otras distintas. Se desconoce hasta qué punto es correcto aplicar correcciones análogas a las curvas de intensidad de campo rebasadas durante el 1 % y el 10 % del tiempo. Sin embargo, se cree que habrá de efectuarse una corrección más importante para los valores rebasados durante el 1 % y el 10 % del tiempo, en las regiones en que predomina la superrefracción durante una parte apreciable del tiempo.

ANEXO II

BANDAS DE ONDAS DECIMÉTRICAS (450-1.000 Mc/s)

1. Los valores de intensidad de campo están expresados en db con relación a $1 \mu\text{V/m}$ y se refieren a una potencia aparente radiada de 1 kW con un dipolo de media onda; se aplican a ondas polarizadas vertical u horizontalmente.
2. En las bandas IV y V (ondas decimétricas), la influencia de las irregularidades del terreno es mayor que en las bandas I, II y III (ondas métricas). Para definir el grado de irregularidad del terreno se utiliza el parámetro Δh , que representa la diferencia entre las alturas rebasadas en el 10 % y en el 90 % del trayecto de propagación entre 10 y 50 km. de distancia del transmisor. (Véase la fig. 5.)
3. En las figs. 6, 7 y 8 se dan las intensidades de campo rebasadas en el 50 %, el 10 % y el 1 % del tiempo. Se refieren a un terreno medianamente ondulado, como suele encontrarse en Europa y América del Norte, que se caracteriza por un valor $\Delta h = 50$ m. Para parámetros Δh superiores o inferiores a este valor, conviene aplicar una corrección a las curvas. Para distancias de hasta 100 km., se aplicarán a las curvas los factores de corrección de atenuación que figuran en el cuadro I.

Así, para un terreno accidentado, con $\Delta h = 150$ m., las partes de las curvas de las figuras 6, 7 y 8 correspondientes a distancias inferiores a 100 km. se reducirían 10 db. Para distancias superiores a 200 km., se supondrá que el coeficiente de corrección de atenuación es igual a la mitad de los valores indicados en el cuadro I. En la región intermedia comprendida entre 100 y 200 km., las dos partes de las curvas corregidas se combinarán en forma continua.

CUADRO I

Δh (m)	Factor de corrección de atenuación (db)
≤ 50	-10
50	0
100-200	10
200-400	20

Los valores de intensidad de campo para distancias superiores a unos 700 km., obtenidos por extrapolación, habrán de utilizarse con prudencia.

4. Las curvas de las figs. 6, 7 y 8 son aplicables con una antena de recepción situada a 10 metros sobre el suelo en el punto de recepción y para distintas alturas de la antena transmisora; la altura de la antena de transmisión se define algo arbitrariamente como su altitud sobre el nivel medio del suelo en un radio comprendido de 3 a 15 km. del transmisor, en los sectores en que se desea saber la magnitud de los campos. A distancias netamente superiores a la del horizonte, la influencia de la altura de la antena de transmisión puede determinarse, en primera aproximación, del siguiente modo: para obtener la intensidad de campo a una distancia de X km. del transmisor, con una altura de antena h_1 (m) las curvas correspondientes a 300 m. y 10 m. deberán leerse a la distancia $(X + 70 - 4,1 \sqrt{h_1})$ kilómetros.
5. Se estima que las intensidades de campo indicadas en las figs. 6, 7 y 8 se rebasan en el 50 % de los puntos de recepción en un terreno medianamente ondulado como el que suele encontrarse en Europa y en América del Norte. Para este tipo de terreno, pueden obtenerse las intensidades de campo correspondientes a otros porcentajes de los puntos de recepción con las curvas de repartición que se dan en la fig. 9.
6. Los únicos datos disponibles sobre trayectos marítimos se refieren a las zonas del Mar del Norte y del Mediterráneo. En la fig. 10, la curva mediana hasta unos 80 km. de distancia es la curva teórica de propagación por un terreno regular en una atmósfera normal de referencia; las curvas de intensidad de campo rebasada durante el 1 %, el 5 %, el 10 % y el 50 % del tiempo a mayores distancias, se basan en medidas hechas durante unos 18 meses en la zona del Mar del Norte. Algunas medidas efectuadas en la zona mediterránea para el valor mediano de la intensidad de campo concuerdan satisfactoriamente con las curvas. Se ha comprobado, no obstante, que las intensidades de campo rebasadas durante pequeños porcentajes de tiempo en la zona mediterránea son superiores a las observadas en la zona del Mar del Norte.
7. Las curvas de la fig. 10 se refieren a una altura de antena de transmisión de 300 m. y a una altura de antena de recepción de 10 m; las intensidades de campo rebasadas durante pequeños porcentajes de tiempo no son probablemente sensibles a importantes variaciones de la altura de la antena transmisora, para distancias netamente superiores a la del horizonte. Las intensidades de campo rebasadas durante el 50 % del tiempo pueden corregirse para otras alturas de la antena de transmisión y para todas las distancias, según el método indicado en el punto 4.
8. Estas curvas están basadas en valores correspondientes a largos períodos de tiempo (varios años) y pueden considerarse representativas de las condiciones climáticas medias de todas las zonas templadas. Ha de hacerse notar, sin embargo, que durante cortos períodos (de unas horas o de algunos días) se pueden obtener intensidades de campo muy superiores a las indicadas en las figs. 6, 7, 8 y 10.
9. Se carece de datos suficientes para determinar la intensidad de campo en trayectos mixtos con el mismo grado de precisión que para los trayectos terrestres y los marítimos. No obstante, en el Informe 239 se describe un método que permite hacer tales cálculos.

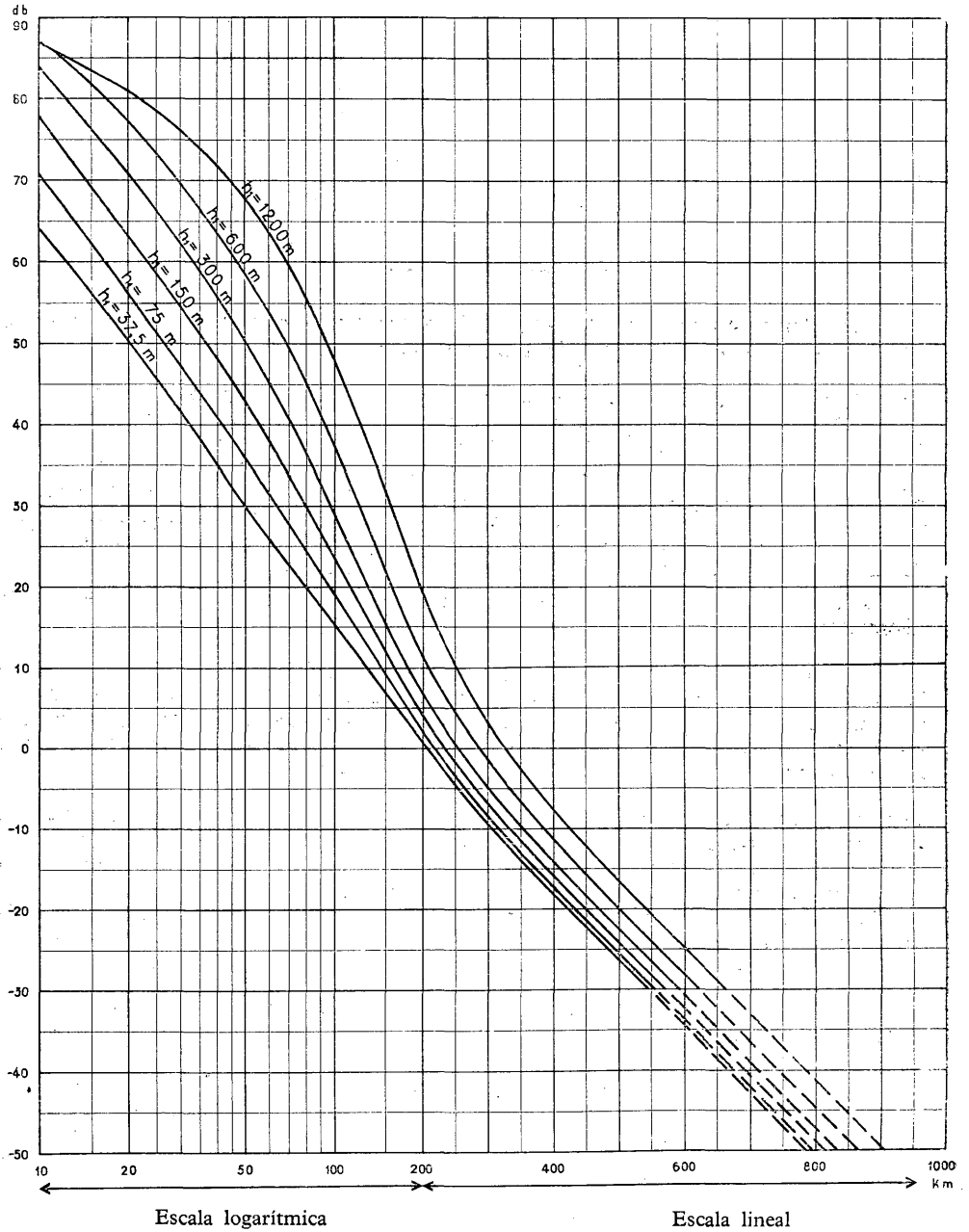


FIGURA 1

Intensidad de campo (db con relación a $1 \mu V/m$) para 1 kW de P. A. R.

40-250 Mc/s (bandas I, II y III). Tierra y mar — 50 % del tiempo — 50 % de las ubicaciones — $h_2 = 10$ m.

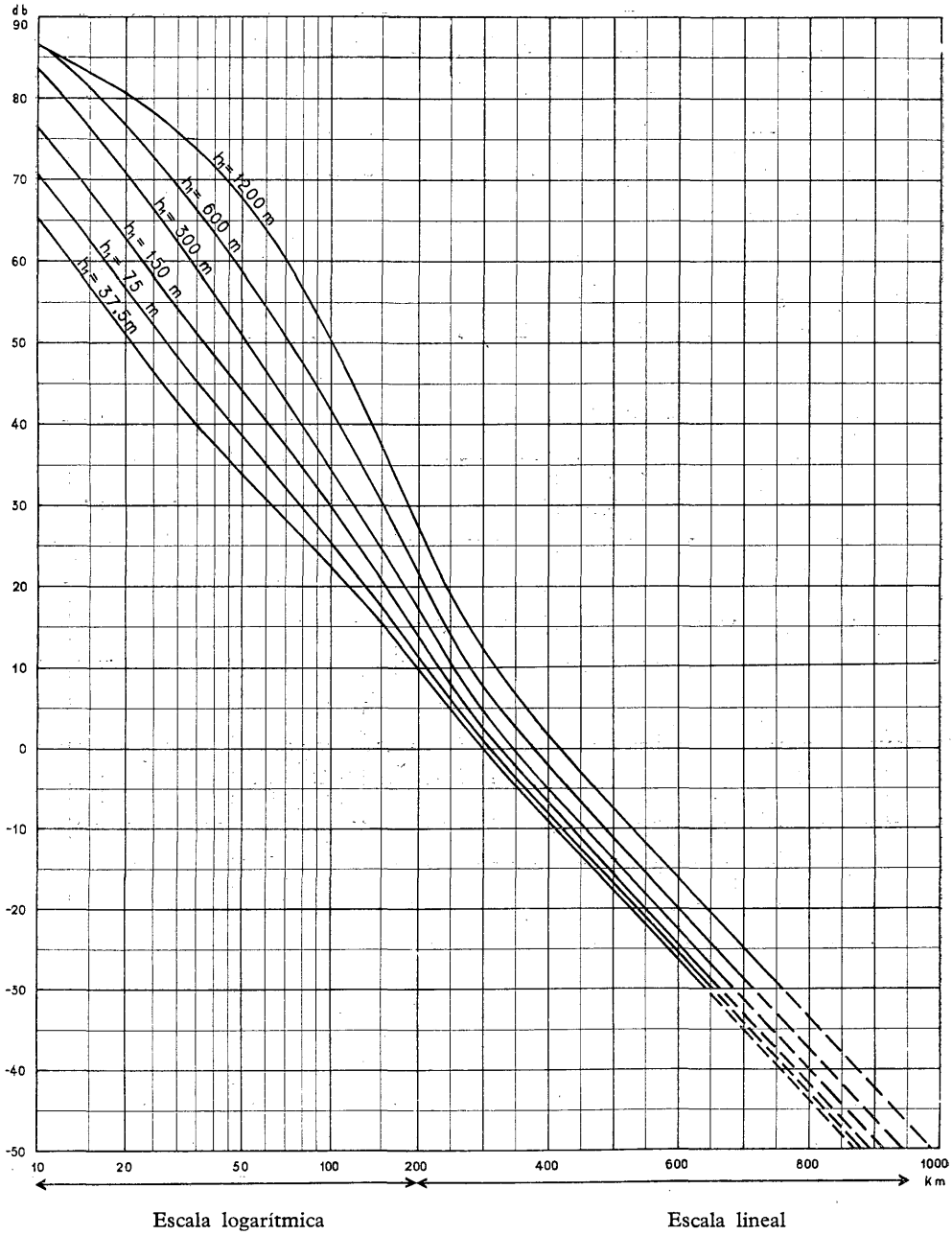


FIGURA 2

Intensidad de campo (db con relación a 1 $\mu V/m$) para 1 kW de P. A. R.

40-250 Mc/s (bandas I, II, III). Tierra y mar — 10 % del tiempo — 50 % de las ubicaciones — $h_2 = 10$ m.

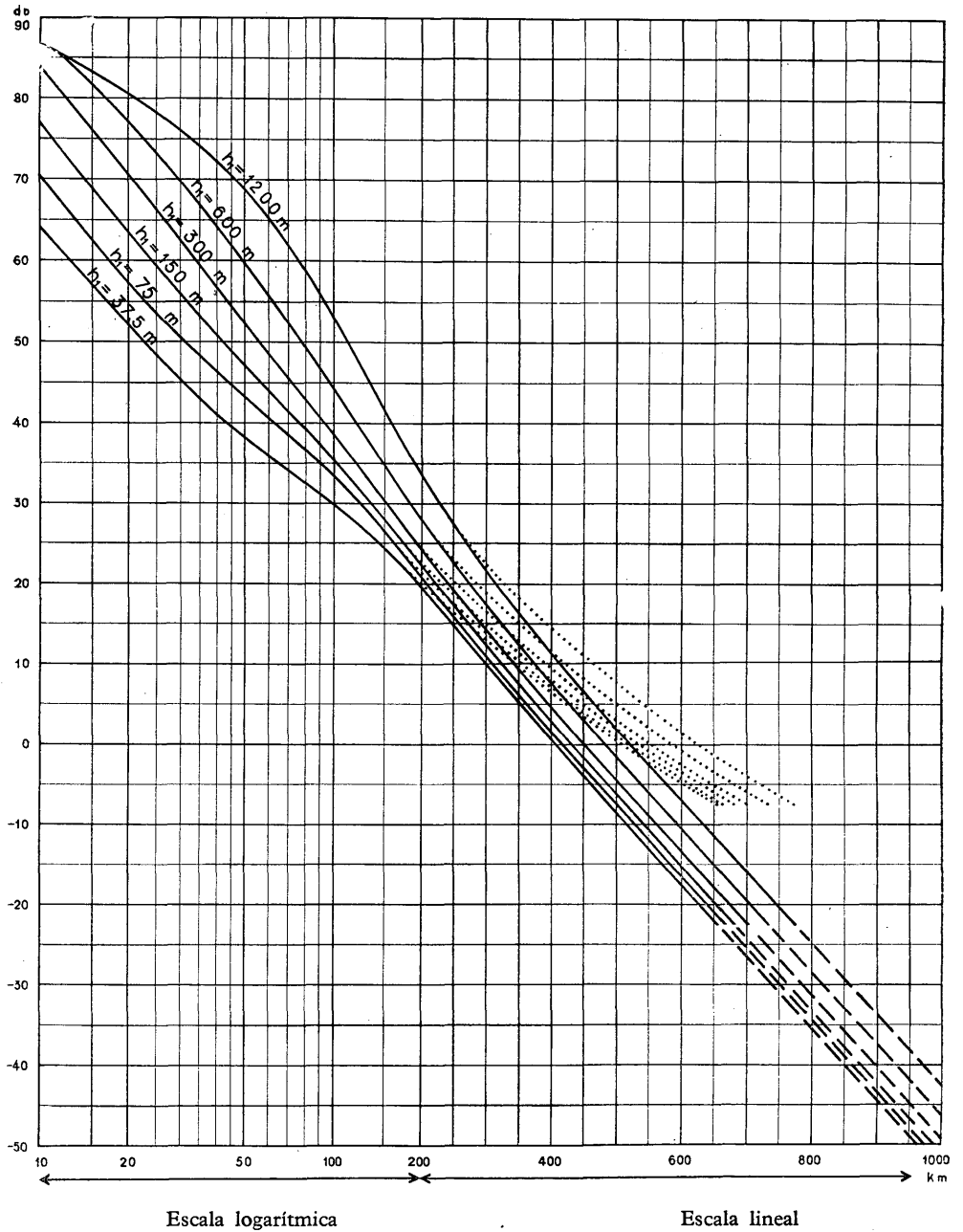


FIGURA 3

Intensidad de campo (db con relación a $1 \mu V/m$) para 1 kW de P. A. R.

40-250 Mc/s (bandas I, II, III). Tierra y mar — 1 % del tiempo — 50 % de las ubicaciones — $h_2 = 10 m$.

— — — — — Tierra — — — — — Mar del Norte

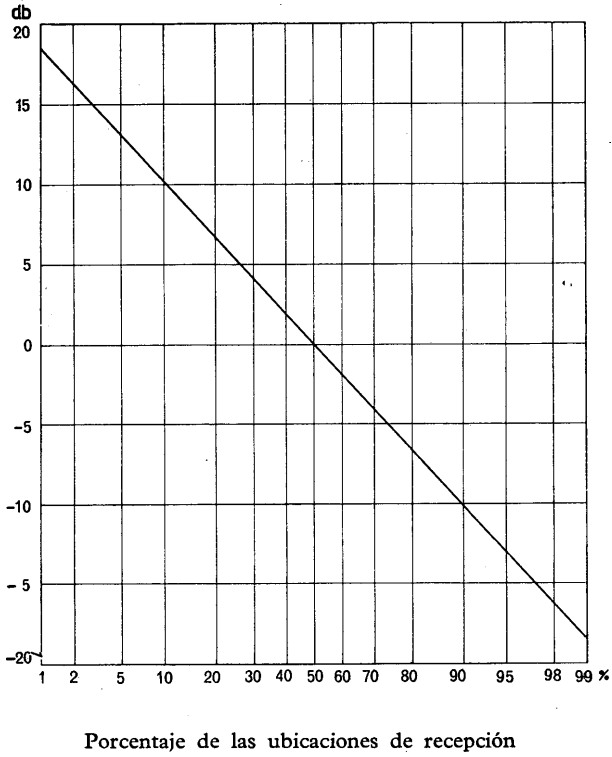


FIGURA 4

Relación, en (db), entre la intensidad de campo para un porcentaje cualquiera de las ubicaciones de recepción y la intensidad de campo para el 50 % de las ubicaciones de recepción

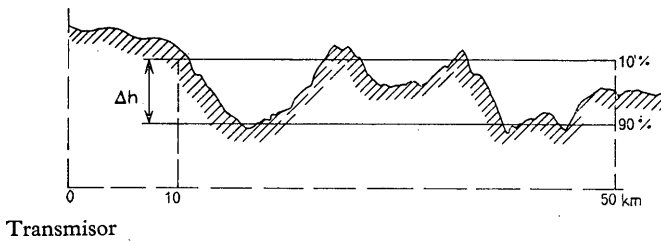


FIGURA 5

Definición del parámetro Δh

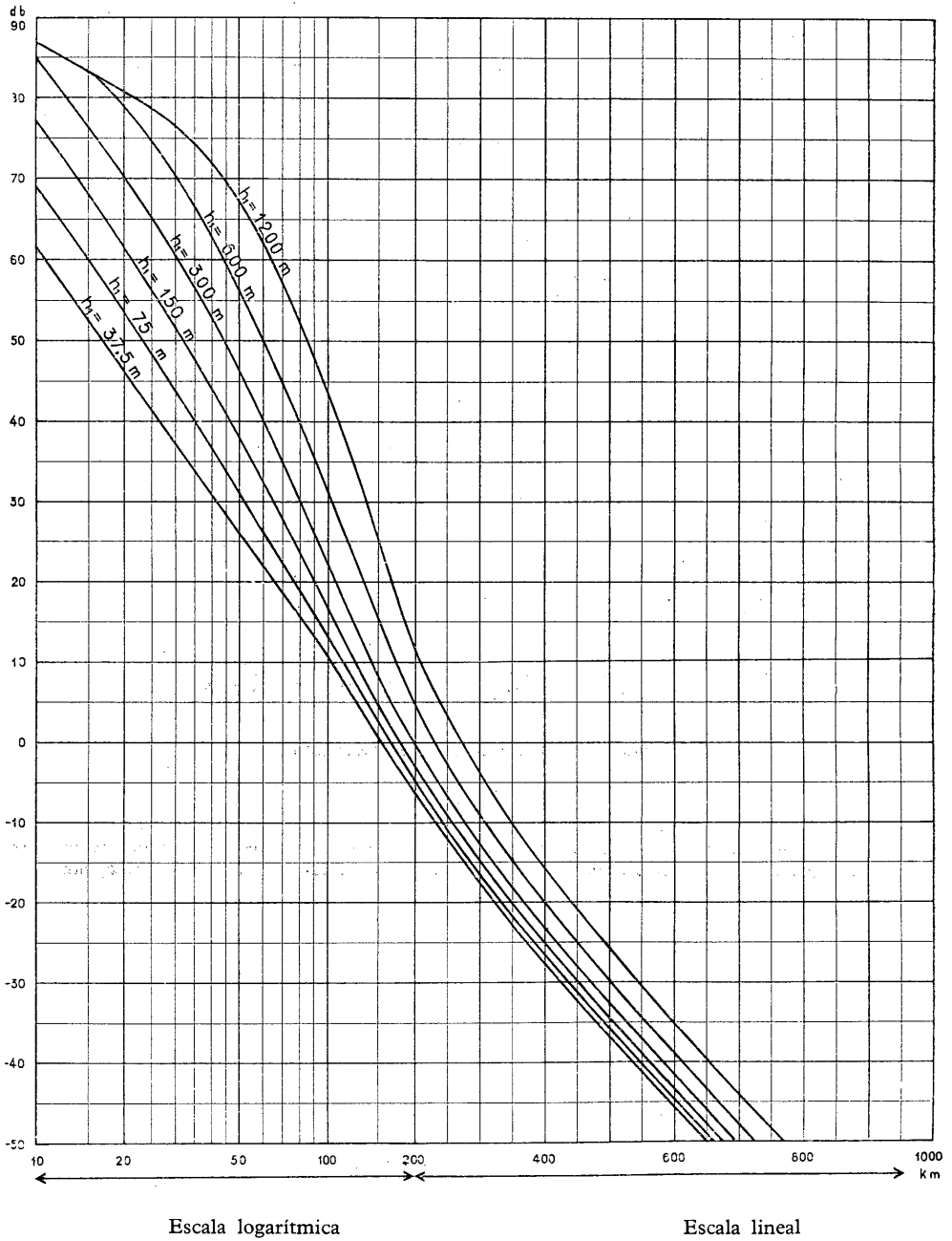


FIGURA 6

Intensidad de campo (db con relación a $1 \mu V/m$) para 1 kW de P. A. R.

450-1.000 Mc/s (bandas IV, V). Tierra — 50 % del tiempo — 50 % de las ubicaciones —
 — $h_2 = 10$ m. — $\Delta h = 50$ m.

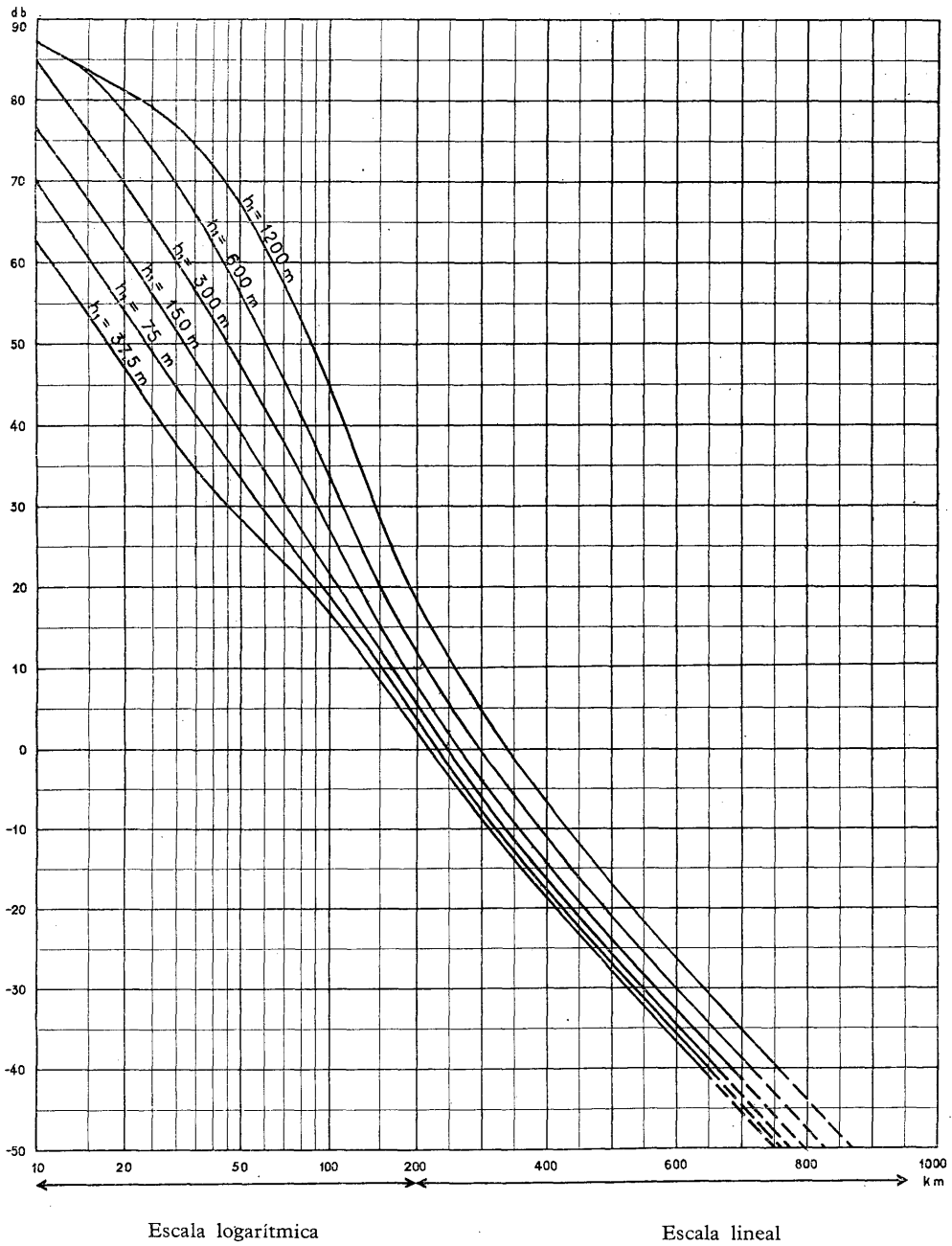


FIGURA 7

Intensidad de campo (db con relación a $1 \mu V/m$) para 1 kW de P. A. R.

450-1.000 Mc/s (bandas IV, V). Tierra — 10 % del tiempo — 50 % de las ubicaciones —
— $h_2 = 10$ m. — $\Delta h = 50$ m.

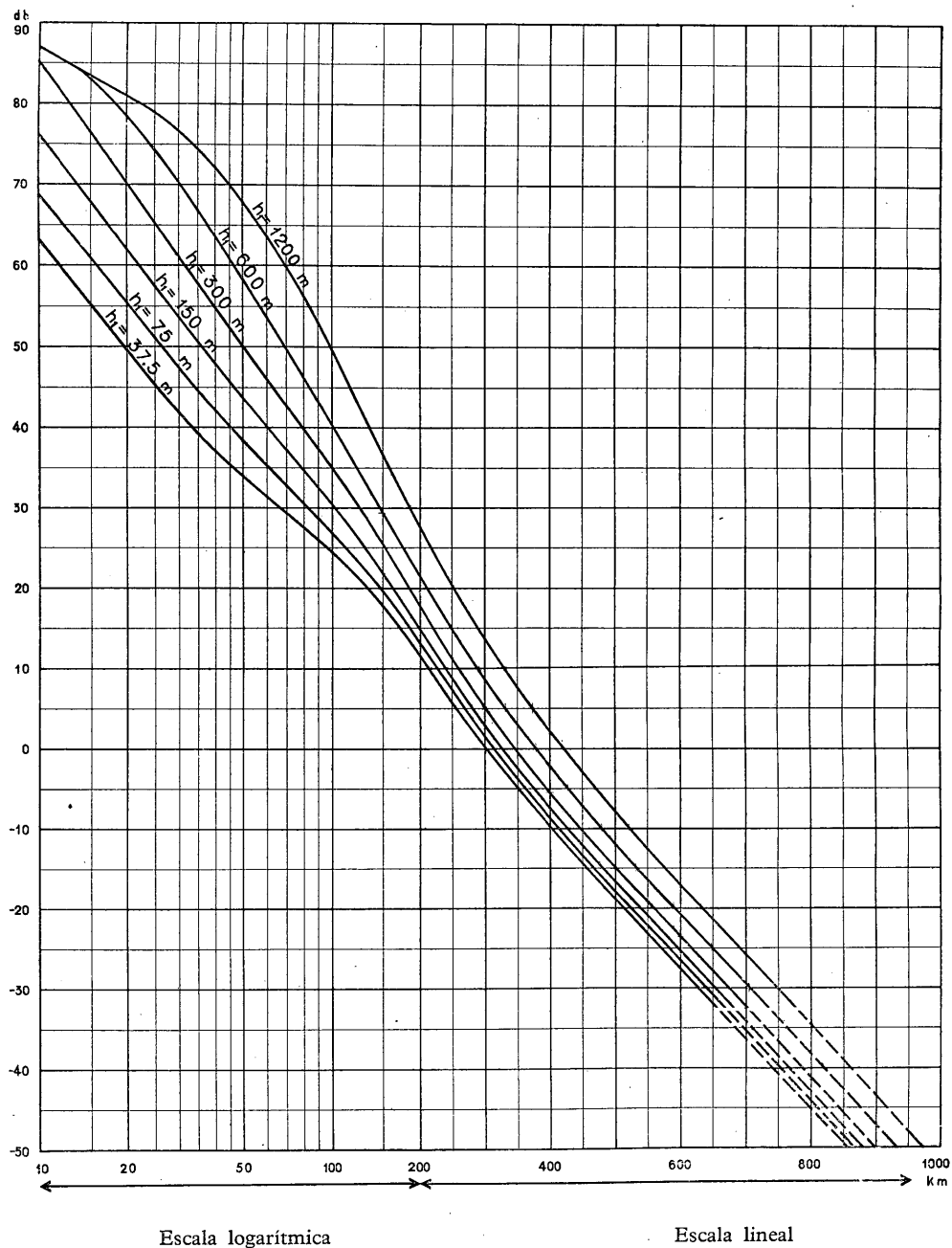


FIGURA 8

Intensidad de campo (db con relación a $1 \mu V/m$) para 1 kW de P. A. R.

450-1.000 Mc/s (bandas IV, V). Tierra — 1 % del tiempo — 50 % de las ubicaciones —
 — $h_2 = 10$ m. — $\Delta h = 50$ m.

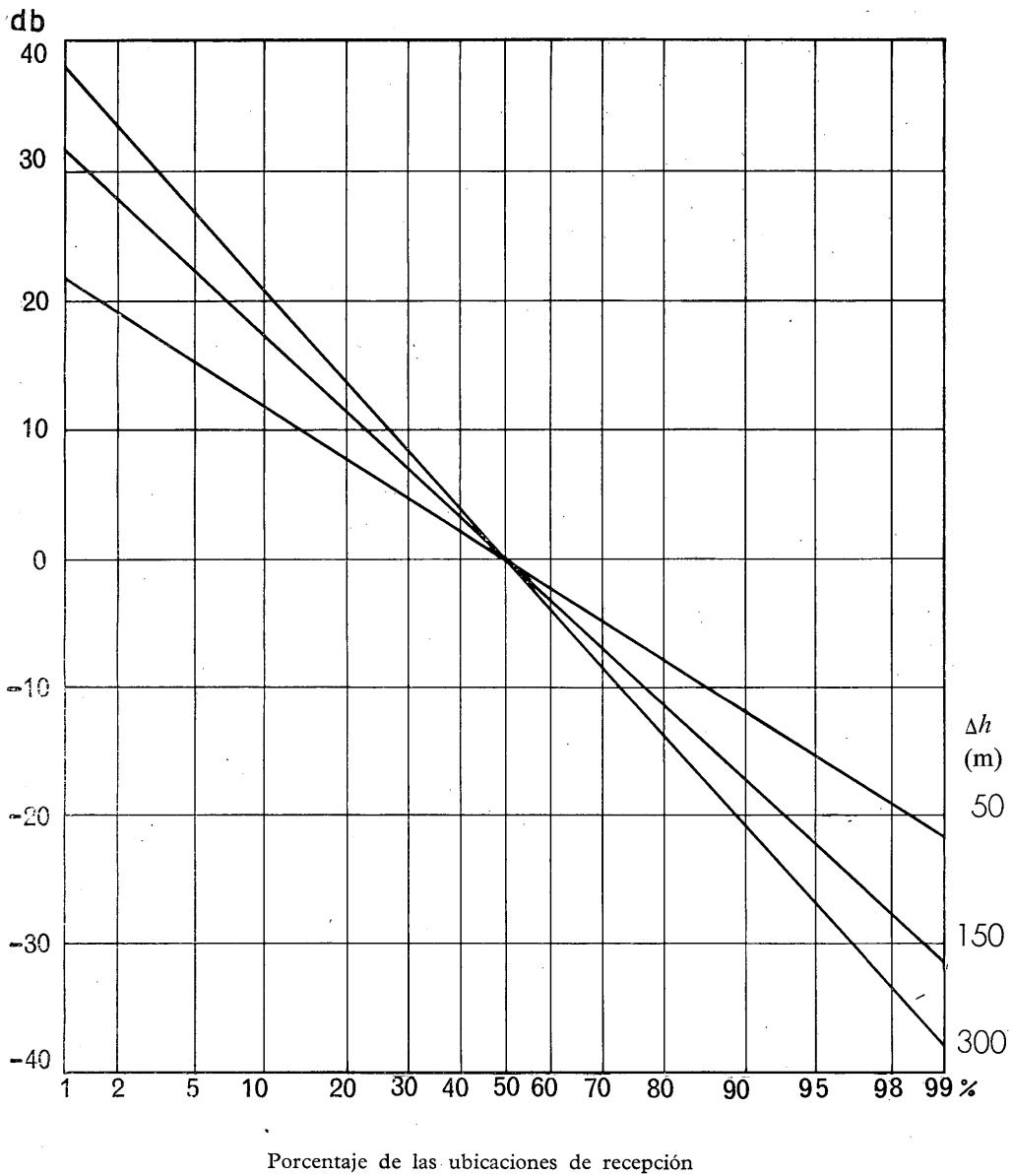


FIGURA 9

Relación, en (db), entre la intensidad de campo para un porcentaje cualquiera de las ubicaciones de recepción y la intensidad de campo para el 50 % de las ubicaciones de recepción

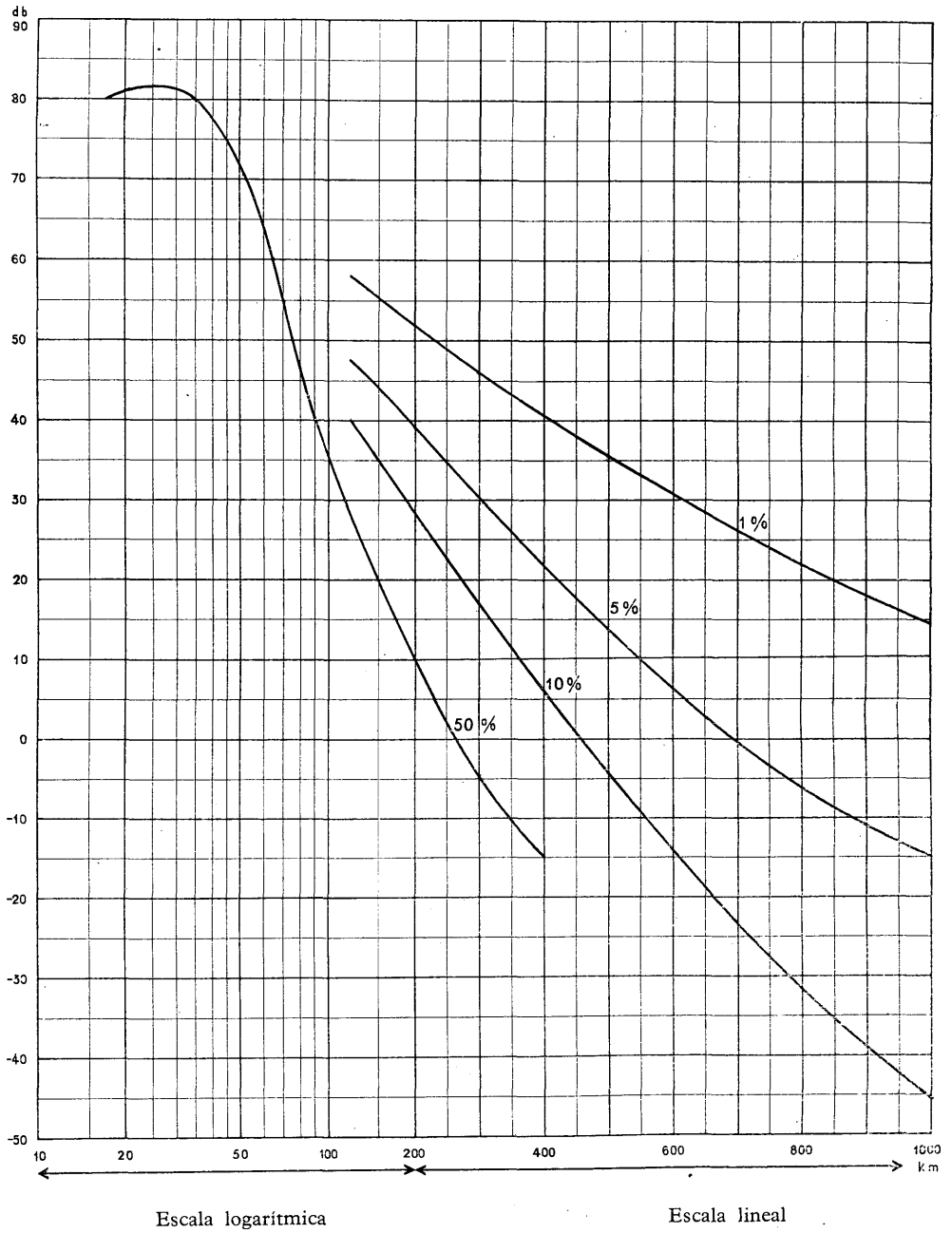


FIGURA 10

Intensidad de campo (db con relación a $1 \mu V/m$) para 1 kW de P. A. R.

450-1.000 Mc/s (bandas IV, V). Mar — 50 %, 10 %, 5 %, 1 % del tiempo — 50 % de las ubicaciones — $h_1 = 300$ m. — $h_2 = 10$ m.

INFORMES DE LA SUBSECCIÓN G. 1:
PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE SUPERFICIE
Y PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA

INFORME 43 *

EXAMEN DE LAS PUBLICACIONES SOBRE LA PROPAGACIÓN

(Recomendación 14)

(Ginebra, 1951 — Varsovia, 1956)

La Recomendación 14 tendía a poner de relieve los considerables esfuerzos realizados para conocer los fenómenos fundamentales de la propagación radioeléctrica y para aplicarlos a la explotación de las radiocomunicaciones, así como al control y coordinación internacionales de los diversos servicios de radiocomunicaciones. Las memorias preparadas por once miembros en contestación a la Recomendación 14 (que figuran en anexos ** al Documento 115 de Washington), son una demostración de los esfuerzos realizados. La mayoría de dichas memorias se refieren al período 1938-1948, ambos inclusive. En 1937, el C. C. I. R. se propuso determinar los progresos realizados hasta esa fecha en el campo de la propagación radioeléctrica. Los resultados de dichos análisis figuran en el Informe de la *Subcomisión de propagación de las ondas radioeléctricas*, divulgado por la Oficina de la Unión Internacional de Telecomunicaciones antes de la Conferencia de El Cairo (1938), y publicado después en los *Proceedings, Institute of Radio Engineers*, 26, páginas 1193 a 1234, octubre de 1938.

Desde 1937, los trabajos sobre la propagación radioeléctrica se han llevado con gran actividad y han sido muy amplios. Se han estudiado profundamente los fenómenos de la ionosfera, que cada vez se tienen más en cuenta para la determinación práctica de las frecuencias óptimas que han de adoptarse para las comunicaciones a larga distancia en todos los trayectos de transmisión y en todo momento. Merced a investigaciones intensivas se ha llegado a un conocimiento más profundo de la propagación en la troposfera, especialmente en lo que se refiere a la propagación de ondas métricas y de ondas todavía más cortas. Asimismo, se ha explorado el campo de la propagación de las microondas. La propagación de la onda de superficie sólo plantea ya problemas de carácter cuantitativo.

Es evidente, pues, que se han efectuado y siguen efectuándose numerosas investigaciones sobre la propagación radioeléctrica. En la actualidad se reconoce ya que el conocimiento de estos fenómenos es de importancia fundamental para la explotación y organización de las radiocomunicaciones. Los trabajos en curso responden a diversas preocupaciones; algunos de ellos están relacionados con el estudio de los fenómenos fundamentales de la física, otros se refieren más especialmente a aplicaciones técnicas particulares, pero todos, en suma, son interesantes.

Un ejemplo más del alcance y valor de los trabajos sobre la propagación radioeléctrica es la importancia que se les ha dado en las conferencias internacionales últimamente celebradas, en las cuales se han preparado gran número de métodos de utilización de los datos de propagación ionosférica, así como un número considerable de gráficos. Todos estos datos han sido indispensables para las conferencias y lo serán aún más en lo futuro, pero como hubo que reunirlos precipitadamente y para atender necesidades del momento, es probable que sea interesante proceder a su revisión y, en caso necesario, a completarlos.

* Reemplaza al Informe 3.

** Las memorias presentadas por los diversos países acerca de los trabajos relativos a la propagación, figuran en los siguientes anexos al Documento 115 de Washington, 1950:

Anexo «A»	Bélgica.	Anexo «G»	Suecia.
Anexo «B»	Estados Unidos de América.	Anexo «H»	Suiza.
Anexo «C»	Francia.	Anexo «I»	Unión Sudafricana.
Anexo «D»	Italia.	Anexo «K»	Países Bajos.
Anexo «E»	Nueva Zelanda.	Anexo «L»	Canadá.
Anexo «F»	Reino Unido.		

Se estima que ni el C. C. I. R. ni cualquier organismo pueden dar ninguna otra indicación útil «en lo que respecta a la preparación de un programa de estudios futuros». Por otro lado, las cuestiones y los estudios del C. C. I. R. estimulan y orientan la actividad de las administraciones, empresas de explotación, institutos de investigación y particulares que se ocupan de problemas de propagación radioeléctrica. La verdadera respuesta a la Recomendación núm. 14 pue de hallarse en la influencia que tendrán los trabajos del C. C. I. R., en su conjunto, en los diversos programas de estudio relativos a las cuestiones de propagación. Los métodos que el C. C. I. R. emplea para favorecer la colaboración de todos los interesados en esta materia, permiten coordinar y hacer progresar los trabajos con toda eficacia.

Se puede encargar a la Secretaría del C. C. I. R. que reparta entre los Relatores principales de las Comisiones de estudio aquellas contribuciones que una Administración juzgue susceptibles de interesar a otras desde el punto de vista de la propagación radioeléctrica y que con esta finalidad se envíen a la Secretaría del C. C. I. R.

La elección de nuevas Cuestiones y otras decisiones de las futuras Asambleas plenarias corresponderá, en realidad, a las «Recomendaciones» que se mencionan en el punto B 7 de la Recomendación 1, adoptada por la Conferencia Internacional de Radiocomunicaciones de Atlantic City, 1947.

INFORME 46 *

VARIACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO DE LA ONDA DE SUPERFICIE EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

(Programa de estudios 52)

(Varsovia, 1956)

A continuación se resumen las contribuciones sobre esta cuestión presentadas en la VIII Asamblea Plenaria del C. C. I. R., de Varsovia.

El *Documento 24* (República Federal Alemana) se refiere a una serie de mediciones efectuadas con el fin de determinar las variaciones de la intensidad de campo, en función del tiempo, de diversos transmisores de radiodifusión en ondas hectométricas, y de observar las variaciones reales de las constantes eléctricas efectivas del suelo, llegándose a la conclusión de que las variaciones de la intensidad de campo registradas no se debieron a variaciones de los valores de las constantes eléctricas del suelo. En efecto, en lo que respecta a las variaciones estacionales, se observó un período de valores elevados de la intensidad de campo en invierno, cuando las constantes eléctricas del suelo acusaban valores reducidos, y viceversa. Sin embargo, y como consecuencia de cálculos preliminares, se ha comprobado la existencia de cierta correlación entre las variaciones de las constantes del suelo y las del nivel de las aguas subterráneas.

El *Documento 140* (Reino Unido) confirma observaciones anteriores que habían acusado valores elevados de la intensidad de campo en los meses de invierno y valores reducidos durante el verano. Aun reconociendo que los cambios, tanto de la conductividad del suelo como de la absorción debida a la vegetación, podrían explicar los efectos observados, se ha considerado que es más probable esta última causa.

El *Documento 182* (Francia) se refiere asimismo a las mediciones reseñadas en el Documento 196 (Francia), hechas en un trayecto marítimo. Se ha comprobado que la intensidad era constante con una aproximación de 6 db y que no presentaba variaciones estacionales.

En el *Documento 220* (República Federativa Popular de Yugoslavia) se analiza la influencia de las variaciones de temperatura en la conductividad del suelo y en la intensidad de campo.

En el *Documento 274* (Países Bajos) se menciona brevemente, dos veces, el fenómeno de las variaciones de la intensidad de campo en función del tiempo. Se ha observado que, a distancias medias, la intensidad de campo en ondas métricas era de 1 a 2 db más elevada en invierno que en verano, y que la presencia del follaje en verano aumentaba la absorción.

* Adoptado por unanimidad. Reemplaza al informe 20 y termina el estudio del Programa de estudios 52.

Nota.—El Director del C. C. I. R. deberá poner este Informe en conocimiento de la U. R. C. I., haciéndole notar la urgencia que tiene para el Comité la realización de los trabajos emprendidos a este respecto por dicha Organización y rogándole que comunique al C. C. I. R. el resultado de su estudio.

INFORME 227 *

MEDICIONES DE INTENSIDAD DE CAMPO, DENSIDAD DE FLUJO DE POTENCIA, POTENCIA RADIADA, POTENCIA DISPONIBLE EN LA ANTENA RECEPTORA Y PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Introducción.

El presente Informe tiene por objeto reunir en un solo documento los datos de que se dispone en relación con la Cuestión 8, puesta en estudio por primera vez en la V Asamblea Plenaria (1948). Desde entonces es indiscutible que se ha venido empleando la medición de parámetros distintos de la intensidad de campo con diversas finalidades, especialmente para la descripción del comportamiento de sistemas completos. Estos parámetros son la densidad del flujo de potencia, la potencia disponible en la antena receptora y la pérdida de transmisión **. En Apéndice se dan las relaciones entre estos parámetros.

2. Finalidad de las mediciones.

En general, con las mediciones de los parámetros anteriormente indicados se persigue una de las finalidades siguientes:

- 2.1 Determinar la medida en que la señal radioeléctrica es adecuada para un servicio dado;
- 2.2 Determinar las interferencias causadas por una emisión;
- 2.3 Observar los fenómenos de propagación, utilizándose los datos obtenidos para los estudios relacionados con las telecomunicaciones o para estudiar otros fenómenos físicos;
- 2.4 Controlar la intensidad de las radiaciones no deseadas emitidas por aparatos que producen energía electromagnética no destinadas a transmitir información, y verificar el buen funcionamiento de los dispositivos utilizados para suprimir esas radiaciones.

3. Antenas utilizadas en las mediciones.

La medición de la intensidad de campo puede hacerse con cualquier tipo de antena receptora, pero para frecuencias inferiores a unos 30 Mc/s se emplean generalmente antenas de cuadro o dipolos [7, 8, 9]. Las antenas de cuadro son simétricas y/o apantalladas para reducir la captación de campos eléctricos. Se ha generalizado ya el empleo de una antena de cuadro asimétrica con un blindaje eléctrico abierto en la parte superior. La mayoría de las antenas de cuadro constan de varias espiras, pero en ciertos aparatos se emplean también antenas de una sola espira. Las antenas de varilla no se pueden blindar eficazmente contra los campos magnéticos, y en la gama de frecuencias considerada se trabaja normalmente con un montaje asimétrico, actuando como tierra el resto del equipo y la fuente de alimentación.

* Reemplaza al Informe 138, y ha sido adoptado por unanimidad.

** En la Recomendación 341 y en el Informe 112, se encontrará una exposición completa sobre el concepto de pérdida de transmisión.

Para frecuencias superiores a unos 30 Mc/s se utilizan generalmente dipolos de media onda [7, 8, 9], que también se emplean a veces en equipos de medición portátiles para frecuencias tan bajas como 18 Mc/s, y para frecuencias muchos más bajas en los registros de intensidad de campo en puntos fijos. En estas frecuencias, y en incidencia rasante, la propagación es normalmente independiente de la polarización. Sin embargo, en ciertas mediciones de ruido y de interferencia [1, 2, 3, 4, 13, 15] en que se trabaja a muy corta distancia, se utiliza en general un colector de onda especial. Incluso entonces surgen complicaciones debidas a la disminución rápida de los campos en las distancias cortas. Es muy posible que los resultados de las mediciones obtenidas con este método no reflejen los valores reales de la intensidad de campo a mayores distancias, por lo que conviene evitar su aplicación, a menos que traduzca fielmente las condiciones físicas existentes en la práctica.

La medición de la potencia disponible con la misma antena receptora que se utilice en el sistema radioeléctrico, dará un resultado de aplicación más directa que el que se obtendría utilizando una simple antena normalizada, debido a que el campo recibido será, con frecuencia, tan complejo que sería aún más difícil calcular el comportamiento del sistema real en función de las mediciones de intensidad de campo hechas con dipolos simples.

Para medir campos electromagnéticos de poca intensidad, puede ser necesario utilizar sistemas de antenas directivas.

4. Influencia en las mediciones de las condiciones del lugar.

En general, las mediciones de intensidad de campo o de potencia disponible deben hacerse con la antena receptora colocada en el mismo punto que se utilizará en la práctica. En el caso de un sistema de radiodifusión tienen gran influencia la presencia de árboles, edificios, líneas aéreas, etc., y es importante que en las mediciones se tenga en cuenta éstos. Para la evaluación del comportamiento de un sistema de radiodifusión es preferible hacer las mediciones en una serie de puntos de recepción escogidos sistemáticamente según el método descrito en el Informe 228.

Sin embargo, en el caso especial de mediciones de intensidad de campo, realizadas para determinar la potencia radiada por una antena transmisora o la directividad, es conveniente seleccionar cuidadosamente ubicaciones con un mínimo de factores perturbadores locales para poder calcular los valores de la pérdida de transmisión o del campo inciertamente proporcional a la distancia.

Al elegir una ubicación para realizar mediciones deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- 4.1 Los campos radioeléctricos de ondas métricas y decimétricas pueden ser deformados lo mismo por los conductores que por los postes de madera y otros dieléctricos. Si el transmisor o el receptor se instalan en un local para protegerlos de la intemperie, los materiales empleados para su construcción deberán ser con preferencia de reducida constante dieléctrica y no higroscópicos. Se han encontrado ciertos materiales plásticos que reúnen estas condiciones. Siempre que sea posible, deben hacerse las mediciones dentro y fuera del local con objeto de determinar su efecto. Si el medidor de campo está instalado en un local, los extremos de la antena receptora deben estar, siempre que sea posible, alejados de las paredes.
- 4.2 En todas las frecuencias debe tenerse en cuenta el efecto de las líneas metálicas aéreas, cables u otros conductores. Siempre que sea posible, debe colocarse la antena receptora a una distancia del objeto perturbador igual por lo menos a varias veces la altura del objeto en las zonas en que la conductividad del suelo es elevada, y aún más lejos en zonas de baja conductividad. Si se utiliza una antena receptora de cuadro, puede a veces detectarse la presencia de estas influencias perturbadoras mediante observaciones de la dirección de llegada de la señal, o por la mala definición de los nulos del diagrama de directividad de la antena receptora. Para la investigación de los nulos de un diagrama de radiación pueden ser necesarias precauciones especiales, ya que una línea eléctrica o de comunicaciones de gran longitud puede conducir energía al área de la región del nulo, en donde se hacen las mediciones.

- 4.3 En las frecuencias superiores a varios megaciclos, generalmente no hay que tener en cuenta los efectos perturbadores de los cables subterráneos, pero en frecuencias muy inferiores a 2 Mc/s, estos cables pueden ocasionar errores apreciables en las mediciones de intensidad de campo realizadas en su proximidad, aun cuando dichos cables estén enterrados a varios metros de profundidad. Deben evitarse especialmente los cables subterráneos de gran longitud (o los cables de conexión a líneas aéreas). Afortunadamente, los campos perturbadores son en general campos de inducción y el efecto de los cables puede determinarse haciendo las mediciones en varios puntos situados a diferentes distancias de los cables. En regiones en las que la conductividad del suelo es muy baja, estos cables pueden ser muy molestos y efectos de directividad pueden complicar su influencia.
- 4.4 Las características del suelo pueden producir importantes efectos en los campos polarizados verticalmente en las ondas métricas y decimétricas. Si la antena transmisora y la antena que se utiliza para la medición de la intensidad del campo son de polarización horizontal y están próximas al suelo, al elevar una de ellas los campos tenderán a elevarse casi linealmente con la altura hasta llegar a un máximo, variando entonces el campo periódicamente a medida que vaya elevándose la antena. Con antenas de polarización vertical, sin embargo, los campos permanecerán prácticamente constantes hasta cierta altura, después de la cual se producirán variaciones periódicas. La gama de alturas en que el campo es relativamente constante varía casi en función inversa de la frecuencia y proporcionalmente con la constante dieléctrica, excepto cuando la conductividad es elevada como en el caso del mar. Por ejemplo, un campo de polarización vertical en 40 Mc/s es aproximadamente independiente de la altura hasta unos 5 metros por encima de un suelo normal. Sin embargo, las mediciones efectuadas sobre agua dulce indican que el campo es constante hasta una altura mucho mayor. Si no se tiene en cuenta este fenómeno, se corre el riesgo de cometer importantes errores de interpretación.
- 4.5 Los efectos perturbadores pueden ser distintos con diferentes clases de equipos; por ejemplo, el movimiento del operador en las cercanías del equipo puede tener poca influencia si el equipo utiliza una antena de cuadro, pero si se trata de una antena de varilla el efecto puede ser considerable.
- 4.6 En el anexo se demuestra que en algunos casos es preferible medir la intensidad de campo o la pérdida de propagación en vez de la pérdida de transmisión, ya que esos parámetros son muchos menos sensibles a la influencia de las condiciones locales y de la altura de la antena receptora.

5. Efectos de polarización.

En las frecuencias bajas, interesan casi exclusivamente las ondas polarizadas verticalmente, salvo en la recepción de la onda de espacio, para la que se puede utilizar la polarización horizontal. Con respecto a la onda terrestre, ésta conserva la misma polarización que en la transmisión, pero con una ligera inclinación del frente de la onda. Sin embargo, en caso de reflexiones ionosféricas, la señal recibida presenta una polarización mixta vertical y horizontal [10], a excepción de ciertas frecuencias y a distancias críticas. De ahí que un aparato de medida de la intensidad de campo con antena de cuadro no pueda dar las indicaciones de directividad habituales cuando recibe una onda de reflexiones ionosféricas.

En las frecuencias superiores a 30 Mc/s aproximadamente, se hace uso de las dos polarizaciones para la transmisión, pues las antenas están instaladas a una altura del suelo igual a una fracción apreciable de la longitud de onda y la absorción de la componente horizontal por el suelo no tiene importancia. La polarización es casi la misma si las ondas se propagan a grandes distancias por la troposfera, que si recorren pequeñas distancias por encima del suelo. Sin embargo, los conductores y demás objetos situados cerca del transmisor o del receptor pueden absorber una de las polarizaciones e irradiar de nuevo o dispersar una fracción notable de la otra polarización. Numerosas son las fuentes que pueden radiar ambas polarizaciones. Además, las armónicas y las demás radiaciones no esenciales pueden tener una polarización distinta de la de la onda fundamental y, por otra parte, sus máximos y sus mínimos pueden no coincidir con los de la fundamental.

6. Unidades empleadas en las medidas.

La intensidad de campo suele medirse en voltios por metro o en submúltiplos de esta unidad. Estrictamente, esta unidad se aplica exclusivamente a la componente eléctrica del campo, pero se utiliza también de una manera general para medir la componente magnética, sobre todo cuando se trata de campos radiados en espacio libre, en los que las energías de las dos componentes son iguales. Con frecuencias superiores a 1.000 Mc/s, puede medirse también la densidad de flujo de potencia en vatios (o en sus submúltiplos) por metro cuadrado.

Si las señales medidas tienen una anchura de banda mayor que la del aparato de medida, hay que tener en cuenta la influencia de este factor en las medidas. Cuando se trata de un ruido impulsivo cuyos impulsos se hallan muy espaciados y repartidos uniformemente en la parte considerada del espectro, la tensión de cresta será directamente proporcional a la anchura de banda, con lo que se llega a la unidad siguiente: microvoltio/metro/kc/s (o microvoltio/metro, en una banda de 1 kc/s), [1 y 3]. Es utilísima la noción de pérdida de transmisión para estudiar ciertos sistemas y ciertos modos de propagación [16]. La pérdida de transmisión se define por la relación, expresada en decibelios, entre la potencia a la entrada de la antena de transmisión y la disponible a la salida de la antena de recepción. En ese caso, la unidad utilizada es el decibelio.

7. Precisión y reproductibilidad de las mediciones.

En la exposición del anexo se observa que la medición de todas las magnitudes consideradas implica la determinación de la tensión en circuito abierto en la antena receptora, y de la longitud efectiva o de la resistencia de radiación. La precisión en la determinación de los dos últimos factores depende del tipo de la antena y de la naturaleza de sus alrededores, pero en condiciones ideales los errores deben ser despreciables comparados con el error al medir la tensión en circuito abierto. La precisión absoluta factible de la medición de la tensión en circuito abierto es probablemente algo mayor que los valores del siguiente cuadro:

CUADRO I

Banda de frecuencias	Precisión de la medida (\pm db)	Valor mínimo de la intensidad de campo en que se obtiene la precisión indicada (μ V/m)
10 - 30 kc/s	2	10 ⁽¹⁾
30 - 300 kc/s	2	5 ⁽¹⁾
300 - 3.000 kc/s	2	2 ⁽¹⁾
3 - 30 Mc/s	2	2 ⁽¹⁾
30 - 300 Mc/s	2	2
300 - 3.000 Mc/s	3	5 ⁽²⁾
3.000 - 30.000 Mc/s	5	10 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Con aparatos de medida de la intensidad de campo provistos de antena de cuadro se obtienen valores mínimos algo más elevados.

⁽²⁾ 1 μ V/m corresponde a $2,7 \times 10^{-15}$ vatio/metro².

No obstante, en las condiciones de trabajo especiales de las estaciones de control debe ser posible obtener una precisión algo mejor para valores mínimos de la intensidad de campo mucho más bajos. En la Recomendación 378 se indican las condiciones requeridas. En general, se pueden aceptar precisiones inferiores en la medición de los ruidos y de las interferencias impulsivas [1], [3] y [13].

La precisión relativa o la reproductibilidad de las mediciones, serán, por lo general, mucho mayores que su precisión absoluta siempre que la fuente de radiación que se mide se mantenga constante. Sin embargo, ciertos tipos de radiación, como las radiaciones no esenciales de un generador de señales, las armónicas y otras emisiones no deseadas de los transmisores, la radiación del oscilador de los receptores, la radiación en el nulo de una

antena direccional, etc., pueden variar notablemente en función del tiempo, y este hecho puede ocasionar errores aparentes de medición que en realidad son simplemente una falta de estabilidad de la magnitud que se mide.

8. Circuito del medidor de intensidad de campo [1], [2], [7].

La señal que llega al aparato de medida de intensidad de campo puede variar entre una fracción de microvoltio y varios voltios; el aparato debe estar concebido de tal forma que los fenómenos de sobrecarga y de intermodulación que se produzcan en sus primeros pasos no provoquen error alguno. Los aparatos de medida de intensidad de campo constan generalmente de un circuito sintonizado como mínimo antes del primer tubo, y de un atenuador de frecuencia radioeléctrica seguido de un mezclador y de un amplificador de frecuencia intermedia de ganancia y anchura de banda apropiados. El paso de amplificación de frecuencia intermedia puede ir precedido de un atenuador de frecuencia intermedia calibrado, pero a veces se obtiene la atenuación necesaria cambiando la tensión de polarización de los tubos del paso de frecuencia intermedia. El amplificador de frecuencia intermedia acciona el detector y el circuito de medida. En algunos casos se pueden hacer las mediciones con más rapidez por conmutación preestablecida de los circuitos de medición mediante redes coaxiales.

Son numerosos los aparatos de medida de intensidad de campo concebidos para proporcionar una característica tensión de entrada/tensión de salida aproximadamente logarítmica, lo que es de gran utilidad para medir o registrar desvanecimientos, etc. La característica requerida se obtiene con el empleo de una forma especial del imán del medidor de salida, o, como se hace más a menudo, con el empleo de un adecuado control automático de ganancia en el amplificador de frecuencia intermedia.

9. Procedimientos de autocalibración.

En un número reducido de aparatos, se considera suficiente cierta estabilidad inherente a la fabricación, sin prever la autocalibración ulterior. Para controlar estos aparatos, puede anotarse la indicación facilitada por el ruido de los tubos. Ahora bien, este método no es muy satisfactorio en vista del progreso actual de la técnica, salvo si se dispone de generadores de señales para efectuar controles frecuentes. En la mayoría de los casos, la autocalibración se efectúa por uno de los métodos siguientes:

- 9.1 Oscilador de calibración de frecuencia variable de manera continua, con control de la amplitud por un par termoeléctrico. Es probable que este método sea el que a la larga ofrezca mejor estabilidad.
- 9.2 Oscilador de calibración de frecuencia variable de manera continua, con diodo de cristal, diodo de vacío o indicador de corriente de rejilla. En general, vale más no utilizar este último indicador porque da lugar frecuentemente a errores.
- 9.3 Oscilador de calibración de frecuencia fija para regular la sensibilidad del aparato de medida de intensidad de campo en un punto de cada banda, por lo menos. Este método tiene el inconveniente de que si la alineación varía, pueden producirse errores importantes en frecuencias distintas de la frecuencia fija, a menos de que se efectúe un control suplementario empleando, por ejemplo, un generador de impulsos para extrapolar a otras frecuencias.
- 9.4 Diodo de ruido (en particular, para los aparatos de medida de ruido). Se trata de un dispositivo de calibración de reducidas dimensiones, práctico para la medida de ruido o para las medidas rudimentarias; pero tal y como se utiliza en la actualidad, no da entera satisfacción porque plantea ciertos problemas de precisión, a los que se añaden efectos de anchura de banda. Es posible que los defectos de inestabilidad observados se deban a que los aparatos provistos de este dispositivo son portátiles, más bien que a los errores intrínsecos de un diodo de ruido.
- 9.5 Generador de impulsos (especialmente para los aparatos de medida de ruido). Estos generadores son preferibles para medir los ruidos de carácter impulsivo, pero tienen el inconveniente de que, en el caso de variar la anchura de banda del receptor, la calibración puede ser errónea para medidas distintas de las del ruido de carácter impulsivo.
- 9.6 Generador de señales incorporado con el atenuador correspondiente. Se trata probablemente del mejor método de todos, pero es más oneroso y requiere aparatos de mayor peso porque necesita estar dotado de un blindaje y un filtrado muy eficaces.

En líneas generales, los dispositivos de autocalibración dan resultados satisfactorios durante un tiempo limitado, por lo que conviene controlar periódicamente los aparatos, comparándolos con patrones; en lo posible, se deben elegir patrones que emitan señales de naturaleza idéntica a la que haya de medirse. Es muy indicado efectuar frecuentes controles hasta determinar el grado de estabilidad del aparato. Estos controles se harán en diversos niveles para verificar, al mismo tiempo, los atenuadores y las fuentes de señales, controlando igualmente la linealidad del dispositivo de interpolación. En general, conviene verificar también la alineación durante estas operaciones de control por medio de un oscilador de barrido que funcione en distintos niveles. Los defectos de alineación pueden provocar ciertas anomalías en el funcionamiento e influir en las relaciones de atenuación y en la respuesta a las señales de banda ancha, así como producir fenómenos de reacción que tengan por efecto la variación de la anchura de banda en función del nivel de las señales. Estos últimos fenómenos se deben a veces a la reacción, en pasos anteriores, de una armónica de la frecuencia intermedia, teniendo como consecuencia variaciones notables de la sensibilidad en función de la frecuencia. Se ha podido comprobar la existencia de fenómenos anormales de naturaleza idéntica en aparatos en los que existe un acoplamiento intempestivo entre el oscilador de calibración y los demás elementos.

10. Otros procedimientos de calibración.

Aparte de los procedimientos de autocalibración, hay otros dos muy generalizados. En las frecuencias inferiores a 20 Mc/s, se puede calibrar un aparato de medida de intensidad de campo provisto de antena de cuadro por medio de una segunda antena análoga de dimensiones conocidas, instalada coaxialmente con relación a la precedente, por la cual circule una corriente de intensidad conocida; esta antena de cuadro induce en la del aparato una tensión que se puede calcular exactamente [5, 8, 9 y 14]. El segundo método es particularmente apropiado para las frecuencias más elevadas, y puede utilizarse con aparatos provistos de antenas de cuadro o de dipolos; consiste en efectuar la calibración con ondas polarizadas horizontalmente de las que se conozca la intensidad de campo radiada [6, 8, 9 y 14]. Ambos métodos permiten la calibración global del aparato de medida de intensidad de campo, incluida la antena de recepción, en condiciones análogas a las que pueden presentarse al utilizar ulteriormente el aparato.

11. Fuentes de alimentación.

Todas las fuentes de alimentación deben estar estabilizadas apropiadamente, incluida la de caldeo de los tubos; la fuente de alimentación debe suministrar constantemente una tensión suficiente para asegurar el funcionamiento satisfactorio del circuito de estabilización.

12. Precauciones especiales [7].

Antes de efectuar una medición:

- 12.1 Deben controlarse, si es posible, uno en relación con el otro, los atenuadores de frecuencia radioeléctrica y de frecuencia intermedia, así como estos dos atenuadores con relación a la escala del indicador.
- 12.2 Cuando se miden señales fuertes o una señal débil en presencia de señales fuertes —por ejemplo, emisiones armónicas u otras emisiones no esenciales—, hay que evitar que se produzcan sobrecargas en los primeros pasos del aparato. En el segundo caso, se recomienda el empleo de filtros a la entrada del aparato.

13. Parámetros adecuados para las mediciones.

En el caso de ondas entretenidas es relativamente de poca importancia el tipo de medición que quiera efectuarse (valor medio, de cresta, etc); pero con formas de onda complejas el valor medido de la intensidad de campo o de la potencia disponible depende de las características del aparato medidor, es decir, de las características del detector, anchura de banda, gama dinámica, tiempo de integración, etc. Por lo tanto, el aparato debe estar concebido para medir un parámetro apropiado para la evaluación del tipo de forma de onda considerado. Normalmente, basta con un parámetro para una señal regular de forma

de onda conocida; pero cuando se trata de una función aleatoria, tal como el ruido atmosférico, a menudo son necesarios dos o más parámetros para que la descripción sea adecuada.

13.1 Medición de valores medios.

El receptor da el valor medio de la señal cuando el circuito que sigue a un dispositivo que da una indicación proporcional a la envolvente de la señal está concebido de modo que proporcione un valor medio de la tensión de salida durante un intervalo suficientemente largo para que las variaciones rápidas sean imperceptibles. En general, el valor medio es el preferido en el caso de numerosas emisiones moduladas, incluyendo la telefonía con modulación de amplitud y de frecuencia (A3 y F3). También se emplea para telegrafía con portadora interrumpida (A1 o A2) cuando es posible mantener la posición de trabajo durante la medición. Puede asimismo utilizarse para medir el valor de cresta de las señales con factor de forma elevado en el valor de pico de los impulsos, como en el caso de las emisiones de televisión que tienen señales positivas de sincronismo. Naturalmente, el valor de cresta se obtendrá del valor medio añadiéndole un factor de corrección predeterminado. El valor medio puede también utilizarse como uno de los parámetros al evaluar el ruido atmosférico y otros fenómenos de interferencia.

13.2 Medición de valores de cresta.

El receptor da el valor de cresta de una señal cuando el aparato indicador está concebido para dar una tensión de salida correspondiente a la tensión instantánea máxima de la señal. Puede obtenerse este resultado con uno de los siguientes aparatos:

- Oscilógrafo de rayos catódicos conectado a la salida del amplificador de frecuencia radioeléctrica o del amplificador de frecuencia intermedia.
- Aparato de medida de umbral con indicación audible o visual al rebasar el umbral.
- Aparato de medida de valores de cresta con rectificador de memoria y dispositivo manual o automático de reajuste a cero.

La medida de los valores de cresta está muy indicada en el caso de señales que tengan un factor de forma poco elevado, por ejemplo, las interferencias de carácter impulsivo; sin embargo, estos valores sufren con frecuencia fluctuaciones más importantes que los pseudo-valores de cresta o que los valores medios. Si la anchura de banda de la señal que ha de medirse es mayor que la del medidor de intensidad de campo, esta circunstancia influirá en el valor de cresta de la emisión indicado en el aparato. Con ciertas señales simples, se pueden aplicar los resultados de medida obtenidos para una anchura de banda dada, mediante la oportuna corrección, a otra anchura de banda, pero no puede generalizarse esta posibilidad y, si se quieren hacer mediciones comparadas, hay que normalizar la anchura de banda de los aparatos de medida de intensidad de campo. En estas condiciones, conviene precisar la anchura de banda del aparato. Las consideraciones relativas a las anchuras de banda en el caso de los pseudo-valores de cresta se aplican a la medición de los valores de cresta; el Cuadro I del punto 13.3 siguiente contiene valores normalizados de la anchura de banda.

13.3 Medición de pseudo-valores de cresta.

El pseudo-valor de cresta es el que se obtiene cuando se pondera la tensión de salida del detector ajustando sus constantes de tiempo de carga y de descarga T_c y T_d , así como la constante de tiempo mecánico del indicador (T_m). Se puede emplear este valor fácilmente y se utiliza por lo general para las emisiones manipuladas o pulsadas, así como también para aquellas cuyo valor medio varía en función del nivel de las señales de modulación. En general, este parámetro es adecuado para medir las interferencias de carácter impulsivo; mediante una selección apropiada de las constantes de tiempo de carga y de descarga, la medición de los pseudo-valores de cresta proporciona directamente una indicación sobre los efectos audibles ejercidos por interferencias de cualquier forma en emisiones moduladas como la telefonía.

En lo que concierne a las anchuras de banda, pueden hacerse consideraciones análogas a las expuestas a propósito de la medición de los valores cresta; hay que elegir cuidadosamente la anchura de banda, así como las constantes de tiempo de carga y de des-

carga, para adaptarlas al tipo de emisión que se mide y para evitar fenómenos de sobrecarga en el aparato. Los organismos especializados han aprobado algunos valores normalizados, que se indican en el cuadro II.

CUADRO II

Gama de frecuencias (Mc/s)	Anchura de banda en 6 db (kc/s)	Constante de tiempo de carga T_c (s)	Constante de tiempo de descarga T_d (s)	Constante de tiempo mecánico T_m (s)
0,015-0,15	Variable (0,08-0,8) ⁽²⁾	0,001 ⁽²⁾	0,600 ⁽²⁾	
0,15-30	9 ⁽¹⁾ Variable (1-12) ⁽²⁾	0,001	0,160 0,600 ⁽²⁾ •	0,160 ⁽¹⁾
25-300	120 ⁽¹⁾ 150 ⁽²⁾	0,001	0,550 ⁽¹⁾ 0,600 ⁽²⁾	0,1 ⁽¹⁾

(1) C. E. S. P. R. [1].

(2) A. S. A. [2].

Observación: Los valores que no llevan llamada son empleados por ambos organismos.

13.4 Tensión eficaz.

La tensión eficaz [17] se mide por medio de un termopar o de un circuito electrónico de cuadratura, en combinación con un circuito promediador adecuado. Este valor da una medida directa de la potencia media recibida en la anchura de banda del instrumento de medida. Para las emisiones que tienen un espectro uniforme de frecuencia, la tensión eficaz es proporcional a la raíz cuadrada de la anchura de banda (la potencia media es proporcional a la anchura de banda). El valor eficaz es apropiado para la medición de muchos tipos de fenómenos de banda ancha, pero su mayor utilidad se encuentra en las mediciones de ruido atmosférico [18]. Puesto que los valores al cuadrado tienen una gama de fluctuación más amplia que el fenómeno original, habrá que disponer de una gama dinámica más ancha y de una constante de tiempo más elevada. Se ha comprobado que con los atmosféricos es suficiente una constante de tiempo de 500 segundos.

13.5 Valor logarítmico medio.

El valor logarítmico medio se obtiene intercalando un amplificador logarítmico entre el detector y el circuito promediador. Este tipo de medición, en combinación con las de valores medio y eficaz, proporciona información sobre el carácter o potencial de interferencia del ruido. Estos tres parámetros proporcionan para el ruido atmosférico un medio de determinar la distribución estadística de las amplitudes [11, 17].

13.6 Medición estadística.

A menudo es interesante determinar las variaciones estadísticas de la intensidad de campo en función del tiempo, considerando la variación de los valores instantáneos o la variación del valor medio de cualquiera de los parámetros enumerados anteriormente. El último parámetro mencionado puede medirse por medio de totalizadores de tiempo con varios umbrales previamente fijados, de modo que el tiempo total sobre cada umbral quede indicado en contadores accionados por motor. Estos contadores se leen al final de cada uno de los períodos de tiempo fijados.

Cuando interesan las variaciones de los valores instantáneos, se emplean contadores electrónicos accionados por el valor instantáneo de la señal a la salida del detector o del paso de frecuencia intermedia. La distribución probabilidad-amplitud de estos valores puede obtenerse por medio de circuitos de desbloqueo y de umbral. La distribución completa probabilidad-amplitud, es útil para evaluar la interferencia, especialmente la del ruido atmosférico, en la recepción de varios tipos de señales [12].

14. Parámetros que hay que medir para los distintos tipos de emisión.

En el cuadro III se resumen los parámetros que podrían medirse para los distintos tipos de emisión enumerados en el Reglamento de Radiocomunicaciones de Ginebra, 1959.

CUADRO III

Tipo de emisión	Parámetro que hay que medir
A0, A2, A3, A4, A9 F0, F1, F2, F3, F4, F5, F9 ⁽¹⁾ A1 (manipulador en trabajo) A5 (sincronización negativa) ⁽²⁾	Valor medio
A1, A3A, A3B, A9A	Quasi-cresta
A5 (sincronización positiva) P0 y otras emisiones pulsadas	Quasi-cresta o cresta

(1) Hay que asegurarse de que la anchura de banda del aparato de medida de la intensidad de campo es suficiente para dejar pasar las emisiones de modulación de frecuencia.

(2) Se tiene la costumbre de definir en televisión la intensidad de campo de una señal de sincronización negativa por el valor de cresta del blanco. Puede deducirse este valor del valor medio si se conocen las características de la señal emitida en el momento en que se hacen las medidas.

Cuando la potencia radiada es totalmente o en gran parte independiente del grado de modulación, basta en la mayoría de las medidas de intensidad de campo con especificar la potencia de la portadora no modulada. No obstante, si la potencia radiada depende en gran medida del grado de modulación, parece conveniente, en medidas de intensidad de campo muy precisas, que cooperen las dos estaciones terminales, bien registrando la potencia de salida del transmisor mediante un aparato de características análogas a las del registrador de intensidad de campo, bien transmitiendo señales especiales.

15. Potencia radiada.

La potencia radiada por una antena transmisora puede determinarse:

- 15.1 Por la potencia suministrada a la antena transmisora, menos la pérdida del circuito de antena, o
- 15.2 Por la potencia disponible medida en una antena receptora sin pérdidas situada en algún punto cuidadosamente escogido en el cual pueda calcularse la pérdida de transmisión, más la pérdida de transmisión.

En las frecuencias bajas, la potencia radiada se determina a menudo midiendo un campo no atenuado en proporción inversa de la distancia, es decir, el campo previsible a una distancia igual a la unidad de longitud en una superficie plana perfectamente conductora. En este caso, la potencia radiada puede determinarse mediante cálculos teniendo en cuenta las características de radiación de la antena considerada.

ANEXO

RELACIONES ENTRE INTENSIDAD DE CAMPO, DENSIDAD DE FLUJO DE POTENCIA Y POTENCIA DISPONIBLE EN LA ANTENA RECEPTORA

Llamemos e a la intensidad de campo en voltios por metro. La densidad de flujo de potencia, f , en vatios por metro cuadrado, viene dada por la expresión:

$$f = \frac{e^2}{z} \quad (1)$$

siendo z la impedancia característica del medio en que se hace la medición. En el aire o en el espacio libre, $z \approx 120 \pi$.

El área de captación de una antena receptora de ganancia g_r , puede expresarse por:

$$a_e = \frac{\lambda^2 g_r r_f}{4 \pi r} \quad (2)$$

siendo λ la longitud de onda en el medio, r la resistencia de radiación de la antena y r_f la resistencia de radiación que tendría la antena en el espacio libre. Combinando (1) y (2) encontramos para la potencia disponible P'_a de una antena receptora sin pérdida, la siguiente expresión:

$$P'_a = \frac{e^2 \lambda^2 g_r r_f}{4 \pi z r} = \frac{v^2}{4_r} \quad (3)$$

v en (3) representa la tensión en circuito abierto inducida en la antena receptora. Despejando v en (3) encontramos la relación general entre la intensidad de campo y la tensión en circuito abierto para una antena de ganancia g_r y resistencia de radiación en el espacio libre r_f .

Por la expresión (4) vemos que la medición de la intensidad de campo se hace esencialmente en dos tiempos:

$$v = e \sqrt{\lambda^2 g_r r_f / \pi z} = e l \quad (4)$$

- medición de la tensión en circuito abierto, y
- determinación, mediante cálculo o medición, de la altura efectiva l de la antena receptora [5, 6, 15 y 19].

De igual modo, por la expresión (3) vemos que la medición de la potencia disponible se hace también en dos tiempos:

- medición de la tensión en circuito abierto, y
- determinación, por cálculo o medición, de la resistencia de radiación de la antena receptora. Adviértase, sin embargo, que la resistencia de radiación y, por tanto, la potencia disponible, depende de la altura de la antena receptora con respecto al suelo, mientras que su longitud efectiva es, por lo menos en primera aproximación, independiente de esta altura o de otras influencias de las proximidades. Ésta es una de las ventajas que tiene, en algunas aplicaciones, medir la intensidad de campo en vez de la potencia disponible. Obsérvese que la pérdida de propagación * L_p se define de tal forma que también es independiente de los efectos locales de las proximidades en la impedancia de antena.

* Para un estudio más completo de la pérdida de propagación, véase el Informe 112.

BIBLIOGRAFÍA

1. Informe núm. 302 del C. I. S. P. R. Specification for C. I. S. P. R. Radio Interference Measuring Apparatus for the Frequency Range 0,15 Mc/s to 30 Mc/s.
Informe núm. 303 del C. I. S. P. R. Specification for C. I. S. P. R. Radio Interferente Measuring Apparatus for the Frequency Range 25 to 300 Mc/s.
2. Proyecto de norma americana para los aparatos de medida del ruido y de la intensidad de campo.
ASA C 63,2-0,015 a 30 Mc/s,
ASA C 63,5-25 a 400 Mc/s.
3. Proyecto de norma americana sobre los métodos para medir las tensiones y las intensidades del campo radioeléctrico perturbadoras (ruidos radioeléctricos).
ASA C 63,4-0,015 Mc/s a 25 Mc/s,
ASA C 63,3-25 Mc/s a 400 Mc/s.
4. Informe Sc. 12-1, I. E. C.
5. GREENE, Frank M.: Calibration of Commercial Radio Field Strength Meters at the National Bureau of Standards. Circular NBS núm. 517 (diciembre de 1951).
6. MCPETRIE, J. S., y SAXTON, J. A.: Theory and Experimental Confirmation of Calibration of Field-Strength Measuring Sets by Radiation, *Journal I. E. E.*, 1941, **88**, Parte III, 11.
7. CHAPIN, E.: F. C. C. Informe L. D. 6.3.1. *Field Strength Measurements*.
8. TERMAN, F. E., y PETTIT, J. M.: *Electronic Measurements*, Mc-Graw-Hill (1951). Cap. XI.
9. SMITH-ROSE, R. L.: Radio Field-Strength Measurement, *Proc. I. E. E.*, (Radio and Comm.), **96**, Parte III (enero de 1949).
10. SMITH, W. B.: Recording Sky-Wave Signals from Broadcast Stations, *Electronics*, **20**, 112 (noviembre de 1945).
11. CRICHLow, W. Q., y SPAULDING, A. D.: A Graphical Method of Obtaining Amplitude-Probability Distribution from Statistical Moments of Atmospheric Radio Noise. Exposición efectuada en la reunión común U. R. C. I.-I. R. E. (20-22 de octubre de 1958). Universidad del Estado de Pensilvania.
12. WATT, A. D. y otros: Performance of Some Radio Systems in the Presence of Thermal and Atmospheric Noise, *NBS Journ. of Research*, Parte B (julio de 1959).
13. Recommended Practice for Measurement of Field Intensity above 300 Mc/s from Radio-Frequency Industrial, Scientific and Medical Equipments, *A. I. E. E.*, núm. 950 (abril de 1951).
14. *Handbook of Electronic Measurements*, Vol II, capítulo VIII, editado por M. Wind, Polytechnic Institute de Brooklyn, Interscience Publishers.
15. *Standards on Radio Wave Propagation-Measuring Methods*, 1942, Supplement to the *Proc. of the I. R. E.* Vol. 30, **7**, Parte II.
16. NORTON, K. A.: Transmission loss in Radio Propagation (I et II). Parte I: *Proc. of the I. R. E.*, Vol. 41 (enero de 1953). Parte II: NBS Informe 5092.
17. Proceedings of the U. R. S. I. XII General Assembly; Boulder, Colorado; Parte 4, Comisión IV
— Informe núm. 254, What are the Most Readily Measured Characteristics of Terrestrial Radio Noise from which the Interference to Different Types of Communications Systems can be determined, página 9.
— Recomendación núm. 1 y Anexo a la Recomendación núm. 1: Measurement of Atmospheric Noise, página 99.
18. Informe 65 del C. C. I. R.: Revisión de los datos del ruido atmosférico radioeléctrico.
19. DIAMOND, H.; NORTON, K. A., y LAPHAM, E. G.: On the Accuracy of Radio Field-Intensity Measurement at Broadcast Frequencies, *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, Volumen 21, 795-818 (diciembre de 1938).
20. NORTON, K. A.: System loss in Radio Wave Propagation, *Journ. of Research*, Parte D (julio de 1959).

INFORME 228 *

**MEDICIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO PARA LOS SERVICIOS
DE RADIODIFUSIÓN, DE ONDAS MÉTRICAS Y DECIMÉTRICAS,
TELEVISIÓN INCLUSIVE**

(Cuestión 138)

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Descripción de la zona de servicio.

La determinación de la zona cubierta por la radiodifusión de ondas métricas y decimétricas (televisión, radiodifusión de modulación de frecuencia, etc.), para fines de asignación de frecuencias, debería hacerse en función del servicio facilitado a los telespectadores o radioyentes en potencia. El servicio puede ser clasificado de acuerdo con la calidad de la señal en un punto determinado. Para la asignación de frecuencias a las estaciones, probablemente sólo es necesario considerar una calidad de servicio, pero para otros fines puede ser útil definir más de una calidad.

Se han propuesto varios métodos para representar la zona servida por estaciones de radiodifusión de ondas métricas y decimétricas.

Un método apropiado para la finalidad perseguida debe reunir las condiciones siguientes [1]:

- 1.1 Poder indicar la situación y extensión de todas las zonas que reciben un servicio de calidad determinada;
- 1.2 Tener en cuenta las variaciones más importantes en función del tiempo;
- 1.3 Ser suficientemente fino para mostrar la extensión (área o población) y la situación de la zona servida en zonas y direcciones distintas a partir del transmisor;
- 1.4 Poder indicar la influencia de las interferencias causadas por una o varias estaciones, en forma de disminución del servicio (extensión y ubicación);
- 1.5 Permitir caracterizar dos calidades de servicio, por lo menos;
- 1.6 Permitir definir la zona de servicio por medio de un número razonable de mediciones y/o de cálculos de la intensidad de campo;
- 1.7 Conducir a una representación sencilla en un diagrama de dos dimensiones.

Después de haber estudiado detenidamente los diferentes métodos que permiten representar el servicio de la radiodifusión de ondas métricas y decimétricas, se recomienda [1, 2] el empleo del de «características de zona», por ser el mejor para expresar estadísticamente la calidad del servicio. A continuación se describe el principio de este método para cuantos no conocen esta expresión. En condiciones de régimen permanente se ha podido hacer en laboratorio un estudio estadístico de las relaciones señal deseada/señal interferente, necesarias para dar a distintos observadores la impresión de una imagen o de un sonido de calidad aceptable en presencia de diversas clases de interferencia. La relación aceptada por un determinado tanto por ciento de los observadores, por ejemplo, el 50 %, es la que se elige como «relación aceptable» para cada clase de interferencia. En una ubicación dada, puede producirse una variación con el tiempo de las señales deseadas y/o de la interferencia; por esta razón, se utiliza un «porcentaje de rebasamiento» para indicar el tiempo durante el cual se rebasa el valor de la relación aceptable. Una calidad de servicio determinada corresponde a una relación aceptable rebasada durante determinado porcentaje de tiempo en una instalación receptora de tipo normal. La característica de zona se define entonces por la probabilidad de recibir esta calidad de servicio o una mejor, y se puede definir también por el porcentaje de lugares de recepción situados en una zona de poca superficie en los cuales se puede prever esta calidad de servicio o una mejor. A fin de simplificar los cálculos, puede considerarse que el 90 % es un valor satisfactorio del

* Reemplaza al Informe 142; aprobado por unanimidad.

porcentaje de rebasamiento en el tiempo. Se podría adoptar también otro valor con arreglo a las necesidades, e incluso varios, así como diversas instalaciones de recepción normalizadas, a fin de caracterizar varias calidades de servicio.

El método de la característica de zona define de forma satisfactoria la ubicación de la zona de servicio y la calidad de éste, para los encargados de fijar las características y la frecuencia de la estación, para la entidad explotadora de la estación y para el telespectador o el radioyente. Estimamos que este método es el más gráfico y práctico para describir la zona de servicio de la radiodifusión de modulación de frecuencia, incluida la televisión, y que reúne fácilmente todas las condiciones anteriormente enunciadas. Como índice de servicio es preferible la característica de zona a la relación señal/interferencia o al nivel de la señal deseada, puesto que facilita una medida de comparación de la calidad del servicio, independiente de la frecuencia, de la distancia, etc. Aunque la relación señal/interferencia sería más fácil de comprender, tiene el inconveniente de requerir varias cifras para caracterizar una misma calidad de servicio en varias frecuencias y a diversas distancias. Tampoco el nivel de la señal deseada constituye un criterio satisfactorio, puesto que varía con la frecuencia y no permite tener en cuenta más interferencias que el ruido del receptor. Cuando el ruido proviene únicamente del receptor, las curvas de igual característica de zona serán también curvas de igualdad de intensidad de campo. Los métodos de cálculo de la característica de zona son relativamente sencillos y rápidos [2, 3].

Las figs. 1 y 2 ilustran cómo puede utilizarse la característica de zona para representar la zona servida. Las curvas de trazo continuo representan líneas de igual calidad de servicio, a lo largo de las cuales la característica de zona de una determinada calidad de servicio es constante para una instalación normalizada. Cuando la calidad del servicio se ve limitada por el ruido, más bien que por las interferencias en el mismo canal, la característica de zona correspondiente a una distancia dada a lo largo de un radio cualquiera de la fig. 1 corresponde a un valor mediano fijo de la intensidad de campo para el tiempo y las ubicaciones. Por ejemplo, una característica de zona de 0,5 en la fig. 1 corresponde a un campo mediano de 57 db con relación a $1 \mu\text{V/m}$. La fig. 1 es extremadamente detallada, probablemente más de lo que podría serlo una figura trazada con un número de datos normal. No obstante, es posible que se pudiese necesitar una figura tan detallada para ciertas partes de una zona de servicio dada, según el problema que se estudie. La fig. 2 es un mapa de servicio para un caso más frecuente: aquel en que no se posee un número tan elevado de datos como en el de la fig. 1.

Nadie ignora que, en condiciones de explotación, son muchísimos los que utilizarán una instalación receptora de calidad apenas buena para obtener un servicio satisfactorio, pero que harán todo lo posible para obtener este servicio. Así, en las zonas de intensidad de campo elevada, se utilizarán muy a menudo antenas interiores, mientras que en las zonas de poca intensidad, se emplearán instalaciones de muy buena calidad, con el resultado de que el número de personas que obtienen una recepción satisfactoria puede ser muy diferente al número facilitado por los cálculos de característica de zona basados en el caso de una instalación receptora normalizada. Para conseguir una representación objetiva de la zona de servicio, sin embargo, es conveniente tomar siempre como referencia una calidad de servicio recibido con una instalación normalizada. La adopción de una instalación receptora normalizada facilita también el cálculo de los efectos globales de fuentes múltiples de interferencia.

Además de que reúne todas las condiciones requeridas, este método de representación del servicio tiene otras varias ventajas. Se puede calcular el área efectiva o la población equivalente servida por un transmisor dado sumando los productos de la característica de zona por el área o por la población, según el caso, a la que se aplica esta característica [2, 3].

Este método es práctico también para evaluar la influencia de las interferencias causadas por transmisores próximos, estén ya en servicio, acaben de instalarse o se proyecte instalar. La característica de zona global, con varios transmisores interferentes, es aproximadamente igual al producto de las diferentes características de zona de la estación deseada que se obtendrían si cada una de las fuentes de interferencia actuara individualmente [2]. Esta aproximación es bastante buena cuando la probabilidad global así calculada es de un 50 % o más, y mucho mejor cuanto más elevada es la calidad del servicio. Existen también métodos más precisos para calcular los efectos de interferencia múltiple [2, 4].

2. Método de medición.

Las mediciones de la intensidad del campo producido por las estaciones de radiodifusión que trabajan en ondas métricas y decimétricas se efectúan con las finalidades siguientes:

- 2.1 Facilitar una base para evaluar la extensión de la zona de servicio de una calidad determinada;
- 2.2 Comprobar el diagrama de directividad y la potencia radiada por una antena transmisora;
- 2.3 Proporcionar datos que permitan aumentar los conocimientos que se poseen sobre las condiciones de propagación en las bandas consideradas.

Al efectuar las mediciones deben cumplirse las condiciones siguientes:

- 2.4 Es preciso que se puedan reproducir fácilmente las mediciones, con objeto de poder comprobarlas ulteriormente en caso necesario;
- 2.5 El procedimiento empleado debe facilitar de forma eficiente la información necesaria;
- 2.6 El método utilizado no debe presentar riesgos ni ser demasiado costoso.

Actualmente se utilizan diversos métodos de medición que responden a las normas expuestas en grado variable.

Es indiscutiblemente más fácil efectuar las mediciones cuando el colector de ondas está instalado a una altura de 3 ó 4 m. sobre el suelo; pero una altura de 10 m. corresponde mejor a la altura de la antena receptora de una instalación típica. Se pueden corregir adecuadamente en función de la altura los resultados obtenidos para una altura de 3 m. en un terreno relativamente llano y despejado, pero esta corrección resulta difícil cuando se trata de un terreno muy accidentado o de zonas urbanas, sobre todo en ondas decimétricas. Por consiguiente, parece conveniente fijar en 10 m. la altura óptima de la antena de medición, y la solución ideal consistiría en obtener, a una altura normalizada, un número muy elevado de datos de observación independientes.

Cuando se efectúan mediciones para determinar la zona cubierta por los transmisores de televisión, es práctica corriente medir en todas las bandas el campo de las señales «sonido» y aplicar el factor apropiado para obtener el valor de cresta de la señal imagen, que, por lo general, debería estar en estrecha relación con la calidad de recepción.

Es conveniente que los resultados registrados de un estudio dado se refieran al campo existente durante el 50 % del tiempo. En un radio de 20 a 30 km. a partir del transmisor, la gama de desvanecimiento es, en general, muy restringida y no es de temer un error grave, cualesquiera que sean el momento en que se efectúen las medidas y la refractividad de la baja atmósfera. Cuando se realizan las mediciones a mayores distancias en el caso de un transmisor de gran potencia, los efectos de desvanecimiento pueden dar lugar a errores importantes. Cuando se efectúa un estudio a tales distancias, conviene proceder a registros continuos del campo en un punto de referencia fijo que quizá haya necesidad de hacer variar en el curso del estudio. El examen de esos registros permite decidir si hay que rechazar ciertas medidas o si es posible ajustarlas a las condiciones normales.

En un estudio relativo a la zona cubierta se efectúan la mayor parte de las medidas en ciudades y en pueblos grandes, completándolas a veces con medidas hechas, siguiendo direcciones radiales desde el transmisor.

2.7 Medidas en frecuencias inferiores a 100 Mc/s.

En la mayoría de los casos, en las frecuencias inferiores a 100 Mc/s se procede a un registro continuo del campo con un vehículo equipado generalmente de un aparato de registro adecuado de cinta de papel, acoplado mecánicamente a las ruedas del vehículo. La solución ideal consiste en hacer las medidas a la altura normalizada de la antena de recepción, es decir, a 10 m., pero no hay que olvidar que, desde el punto de vista práctico, las medidas han de hacerse recorriendo una extensa zona y en un tiempo razonable. Gran número de medidas comparativas hechas a una altura de 10 m. y a alturas apropiadas para el registro con equipo móvil confirman que una corrección lineal da resultados bastante precisos, al menos en las frecuencias inferiores a 100 Mc/s. Para esa clase de medidas con equipo móvil es evidente que conviene utilizar una antena omnidireccional.

En general, no es muy cómodo hacer mediciones a 10 metros de altura en grandes trayectos de carretera, con hilos aéreos, árboles, etc.; sin embargo, no hay ninguna dificultad en hacerlo cuando se trata de secciones cortas (30 a 150 metros) o de mediciones en puntos fijos. Como se describirá más adelante con detalle, se puede utilizar un procedimiento de muestreo sistemático para determinar las ubicaciones en que deben efectuarse estas mediciones a distancias cortas o en puntos fijos. También se puede determinar el grado de precisión en el cálculo de la zona o población servida con una dada calidad. Las mediciones en distancias cortas se efectúan a lo largo de un trayecto corto de carretera centrado en el punto de medición elegido, atribuyéndose a esta ubicación el valor medio de la intensidad de campo medida en este trayecto. Las mediciones en distancias cortas tienen la ventaja, comparadas con las efectuadas en puntos fijos, de proporcionar valores medianos que pueden reproducirse más fácilmente. Las mediciones en puntos fijos son más fáciles de efectuar y pueden ser utilizadas también para obtener una distribución del campo en función del tiempo en el período considerado.

Para presentar los resultados, se marca en un mapa la posición exacta de los puntos de medición y se indica, según el caso, el valor mediano del campo o el valor del campo en el punto donde se ha hecho la medición. En un estadillo aparte se anotan, para cada punto, la topografía local, la altura y naturaleza de la vegetación, casas, obstáculos, condiciones meteorológicas y las horas, así como todas las demás características locales que puedan influir en la intensidad de campo recibido (si ha lugar, se agregan fotografías de los lugares de medición). Se indican asimismo los valores mediano, máximo y mínimo de la intensidad de campo para el trayecto corto o para un grupo de mediciones, así como la dirección de llegada de la señal máxima cuando no es la del transmisor.

2.8 Medidas en frecuencias superiores a 100 Mc/s.

En frecuencias superiores a 100 Mc/s, especialmente en las bandas IV y V, debe medirse el campo a la altura requerida de 10 m., porque no es lícito admitir que la ganancia varía linealmente con la altura entre 3 y 10 m. en las bandas de ondas decimétricas.

En ese caso, se hace una estimación del número de medidas en muestras independientes, requeridas para alcanzar el grado de precisión deseado. En general, es necesaria una mayor precisión cuando el campo medido se encuentra en la gama de las intensidades críticas comprendida entre 46 y 66 db por encima de $1 \mu\text{V/m}$ para las ondas métricas, y entre 60 y 80 db por encima de $1 \mu\text{V/m}$ para las ondas decimétricas. Los centros urbanos en que la intensidad de campo mediana se encuentra fuera de esos límites pueden considerarse como inadecuadamente servidos, o bien dentro de una zona de servicio satisfactoria, y, por tanto, en ese caso no son importantes los pequeños errores en la medida del campo. La fig. 3 indica el número de medidas en muestras independientes necesarias para obtener un 95 % de probabilidades de que el error probable ϵ cometido en un valor mediano sea inferior a 2 ó 4 db. En la práctica, el error aceptable ϵ no rebasa 2 db en la zona crítica, pero puede llegar hasta 4 db cuando la precisión sea de menor importancia. La fig. 3 trazada en el supuesto de una distribución logarítmica normal del campo, representa la relación entre el número de muestras requerido y el «factor de variación» V , definido como la relación, en db, entre las intensidades de campo rebasadas, respectivamente, en 50 % y 90 % de los puntos situados en la ciudad u otra zona urbana considerada.

El valor del factor de variación V está generalmente comprendido entre 5 y 10 db en las ondas métricas, y entre 5 y 15 db en las ondas decimétricas, aun cuando en algunos casos pueda llegar a 20 db. La figura 4 muestra la distribución de V en cierto número de ciudades del Reino Unido, en ondas métricas y decimétricas. El valor mediano de V , utilizado en la figura 4, sirve generalmente para determinar el número de muestras independientes requeridas, pero si durante los trabajos se comprueba que V difiere sensiblemente de la mediana de los valores de la fig. 4, hay que aumentar el número de muestras. En general, el total de muestras ha de estar comprendido entre 10 y 100, si quieren respetarse los límites mencionados.

Otro método que permite determinar el número de muestras de medida requerido y que puede presentar ventajas con relación al anteriormente descrito, especialmente en ondas decimétricas, consiste en medir primeramente la gama global de dispersión R de los valores del campo en algunos puntos situados a gran y a poca altura. Puede admitirse que la gama R es igual a 6σ , siendo σ la desviación standard. Para una distribución logarítmica normal, $V = 0,214 R$.

Para evaluar la amplitud de la zona de servicio, el procedimiento de medición puede ser considerado como un proceso de muestreo en el que la distribución cumulativa de las muestras representa un cálculo de las variaciones en una zona determinada. En la elección de las ubicaciones de este muestreo no deben influir los criterios particulares, ya que deben representar lo más aproximadamente posible instalaciones típicas. Un factor importante que afecta a la elección de las ubicaciones de muestreo es la tendencia de las mediciones sucesivas, efectuadas en puntos adyacentes, a correlacionarse entre sí, es decir, a correlacionarse en serie. Las mediciones efectuadas con una separación suficiente para eliminar la correlación en serie dan una buena estimación de las variaciones del campo. Los estudios efectuados señalan que en separaciones de hasta uno o dos kilómetros, normales al trayecto de propagación, se producirá una importante correlación en serie entre mediciones sucesivas [3, 5, 6]. Si las medidas se hacen en radios vectores alrededor de un punto, se tendrá una correlación de series para separaciones más importantes.

2.9 Selección de las ubicaciones de medida.

En lo posible, las ubicaciones de medición en las regiones urbanas se elegirán al azar en un plano de la ciudad considerada; la densidad de las mediciones variará en función de la distribución de la población. En cada punto de medición puede tomarse un sólo valor muestra del campo o bien hacer una serie de cuatro o cinco mediciones en puntos que disten entre sí sólo unos metros y registrar la media estimada de esos cuatro o cinco valores, que constituye en ese caso el valor medido aplicable a una «ubicación muestra». Con frecuencia se observa una buena correlación entre las mediciones de campo efectuadas en puntos distantes algunos metros, especialmente si se utiliza una antena de varios elementos, pero que las diferencias son mucho más importantes en el caso de mediciones hechas en puntos bastante alejados, como, por ejemplo, en distintos barrios de la misma ciudad. Se prefiere a menudo el método denominado de «muestra única», ya que las «series» de mediciones exigen mucho más tiempo porque hay que subir y bajar varias veces la antena de recepción y tener en cuenta el riesgo que se corre al desplazar el vehículo de medición estando la antena totalmente levantada. No obstante, es más fácil reproducir la media de una serie de mediciones que una observación en muestra única y puede demostrarse que el número de mediciones en serie necesario para evaluar el factor de variación global con cierta precisión en la zona considerada, es de un 10 a un 15 % inferior al de las mediciones de «muestra única».

Todas las mediciones de muestras se efectúan con una antena de recepción de una altura normalizada de 10 m. En ondas decimétricas y métricas, en terreno ondulado, conviene utilizar antenas directivas para obtener una discriminación respecto de las señales de eco procedentes de las colinas y edificios circundantes.

Para cada región urbana considerada, se ha trazado un gráfico que representa la distribución del campo por ubicaciones. Ese gráfico permite determinar el porcentaje de las mismas en el que se rebasa un valor de campo dado.

Para poder estimar la distribución cumulativa del campo en un elemento de superficie de la zona de servicio, conviene hacer medidas de muestreo en condiciones tales que las características de propagación sean idénticas en toda la zona de medida. No se tendrán en cuenta, por ejemplo, efectos sistemáticos tales como las grandes variaciones del campo con la distancia. Puede obtenerse ese resultado haciendo cada serie de medidas en una zona anular centrada en el transmisor o en una porción de la misma.

Las ubicaciones de medición deben disponerse en círculos o arcos de círculo teniendo como centro el transmisor. La elección del radio de los círculos dependerá en gran parte de la característica de zona. Es muy conveniente, por lo tanto, calcular de antemano la relación entre la distancia y la característica de zona en el caso particular de que se trate. En la fig. 5 se señala un ejemplo hipotético de esta relación basado en una relación de la intensidad de campo con la distancia para una estación de televisión en la banda de frecuencias de 54 a 88 Mc/s. En este ejemplo se admite una distribución logarítmica normal, con una desviación standard de 6 db de los valores de la intensidad de campo en las zonas de medida elementales. Los estudios de propagación sobre terreno irregular en estas frecuencias [2, 3, 5, 6 y 7] indican que el logaritmo de la intensidad de campo tiene una distribución aproximadamente normal. En este ejemplo, las características de zona indican el porcentaje de las zonas a las distancias indicadas en las que puede preverse una in-

tensidad de campo superior a 57 db por encima de $1 \mu\text{V/m}$. En la fig. 6 se da una posible distribución de ubicaciones para las mediciones. Debe señalarse que, en este ejemplo, se propone la mayor concentración de puntos a la distancia para la cual la característica de zona es 0,5 con objeto de facilitar, de la mejor forma posible, la información relativa a la zona total servida. Las separaciones entre mediciones adyacentes deben ser adecuadas para eliminar, o por lo menos reducir al mínimo, los efectos de correlación en serie.

2.10 Representación de los resultados.

Si las ubicaciones de medición propuestas, determinadas de forma similar a la fig. 6, se llevan a un mapa, se encontrará que muchas ubicaciones caen en zonas inaccesibles. En tales casos, la medición probablemente tendrá que hacerse en el punto accesible más próximo. Al elegir estas ubicaciones alternativas, es de primordial importancia no dejarse llevar por criterios ajenos al problema, como ocurriría, por ejemplo, si estas ubicaciones alternativas se eligiesen indebidamente concentradas a lo largo de carreteras de gran circulación.

Sería relativamente sencillo incluir otras observaciones con las mediciones fundamentales de intensidad de campo. En un número determinado de las ubicaciones podrían registrarse las variaciones con el tiempo durante un período razonablemente largo. También podrían ser registrados los efectos de la altura o directividad de la antena, calidad de la imagen o del sonido, etc. En zonas de especial interés podrían efectuarse mediciones adicionales.

Además del método de representación de la zona de servicio descrito en el presente informe, se presenta usualmente un mapa de intensidad de campo con la posición de las curvas medianas. La cantidad de detalles que se ha de indicar depende del grado de irregularidad del terreno y serán más abundantes para las ondas decimétricas que para las métricas. Este mapa debe ir acompañado de un cuadro con el campo mediano y el factor de variación para el 50 % al 90 % de las ubicaciones en cada uno de los grandes centros urbanos.

Sería también útil presentar un mapa análogo al de la fig. 1 en el que sólo se indicarían dos o tres de las principales demarcaciones de la zona de servicio; por ejemplo, la región en cuyo interior más del 70 % ó 95 % de los telespectadores pueden recibir, en cualquier localidad, un servicio de calidad satisfactoria.

BIBLIOGRAFÍA

1. Report to the Federal Communications Commission of Committee 5.3 of the Television Allocation Study Organization (TASO), (marzo de 1959).
2. Volumes I and II of the Report of the ad hoc Committee for the evaluation of the radio propagation factors concerning the television and FM broadcasting services in the frequency range between 50 and 250 Mc/s. Federal Communications Commission, Mimeograph 36830, (mayo de 1949); and Mimeograph 54382 (17 de julio de 1950).
3. KIRBY, R. S.: Measurement of service area for television broadcasting. *Trans. IRE*, PGBTS-7, 23, (febrero de 1957).
4. NORTON, K. A.; STARAS, H., y BLUM, M.: Statistical approach to the problem of multiple radio interference to FM and television service, *Trans. IRE*, AP-1, 43 (febrero de 1952).
5. KIRBY, R. S., y CAPPS, F. M.: Correlation in VHF propagation over irregular terrain. *Trans. IRE*, AP-4, 1, 72 (enero de 1956).
6. KIRBY, R. S.; DOUGHERTY, H. T., y McQUATE, P. L.: VHF Propagation measurements in the Rocky Mountain Region. *Trans. IRE*, PGVC-6, 13 (julio de 1956).
7. KUHN, U.: Ausbreitungsuntersuchungen für unterschiedlichem Gelände in den Frequenzbändern I, II und III. (Propagation investigation of the effect of various types of terrain in frequency bands I, II and III). Technische Mitteilungen aus dem Betriebslaboratorium für Rundfunk und Fernsehen (BRF) (DDR), (febrero y mayo de 1958).

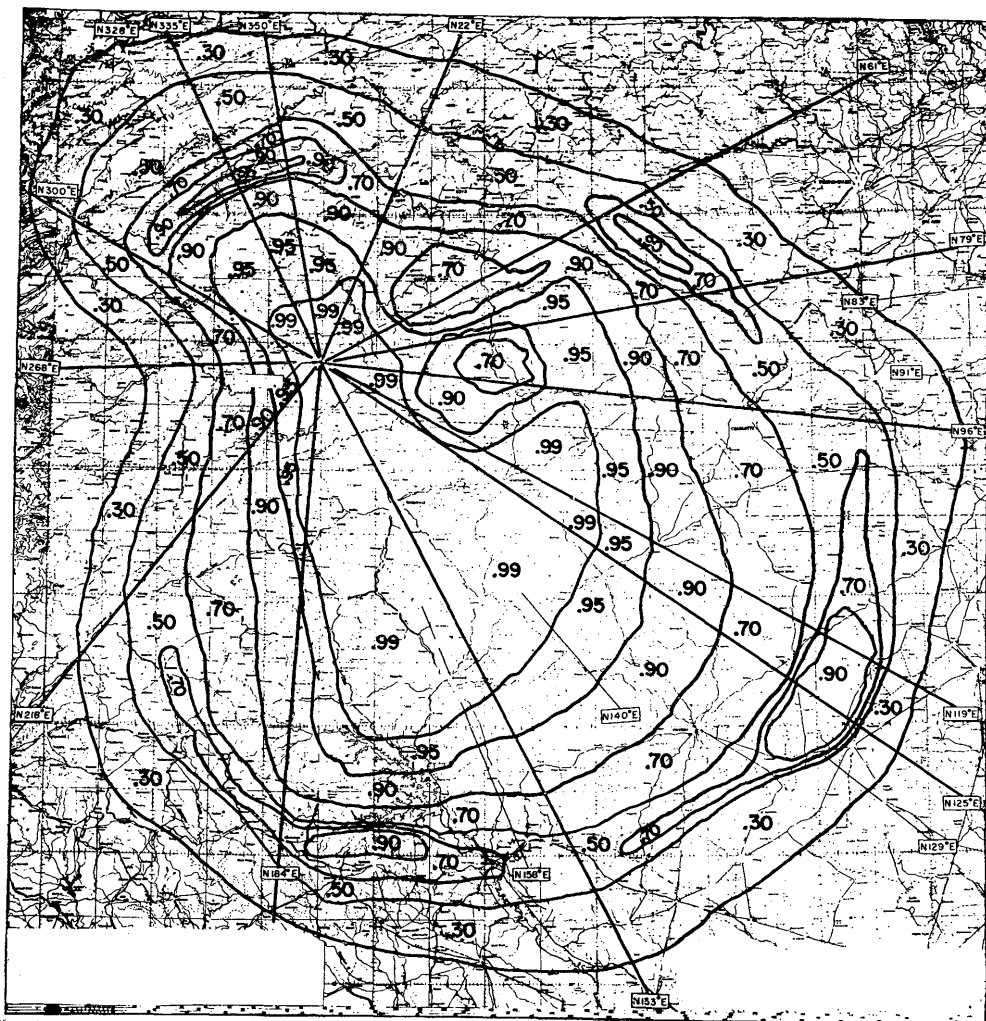


FIGURA 1

Noción de característica de zona

Las cifras indican el porcentaje de ubicaciones de recepción en las cuales la calidad del servicio es aceptable durante el 90 % del tiempo, por lo menos

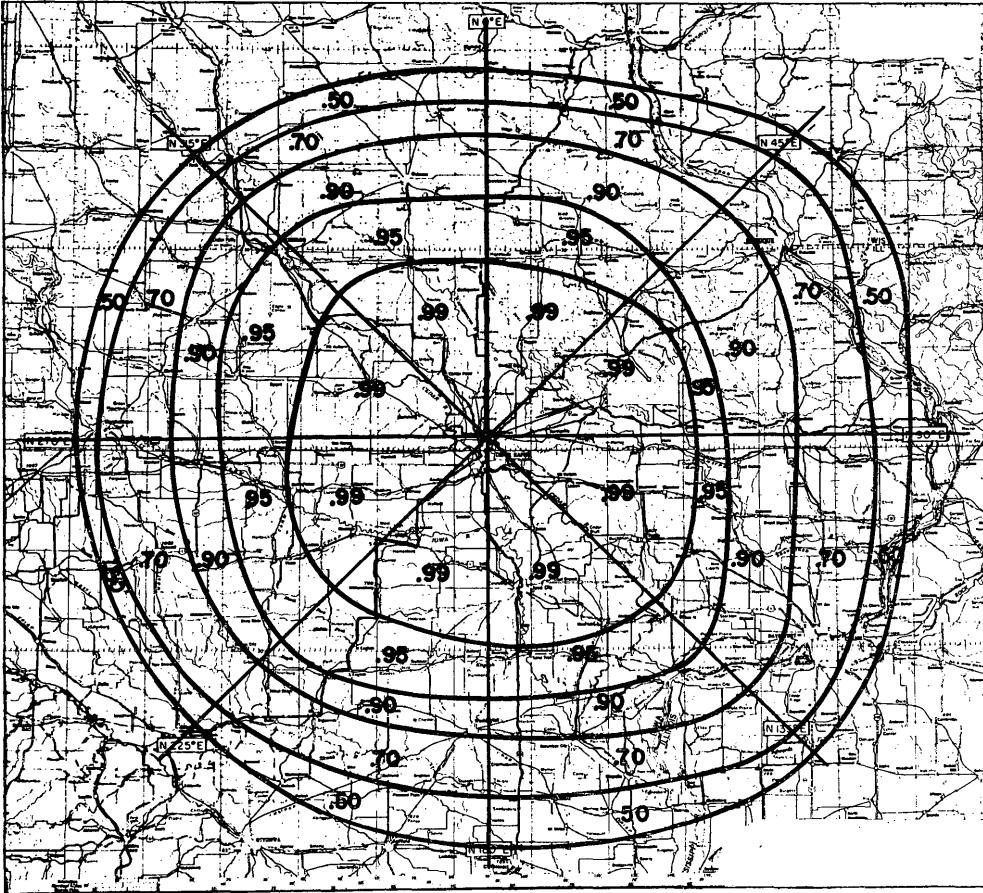


FIGURA 2

Noción de característica de zona

Las cifras indican el porcentaje de ubicaciones de recepción en las cuales la calidad del servicio es aceptable durante el 90 % del tiempo, por lo menos

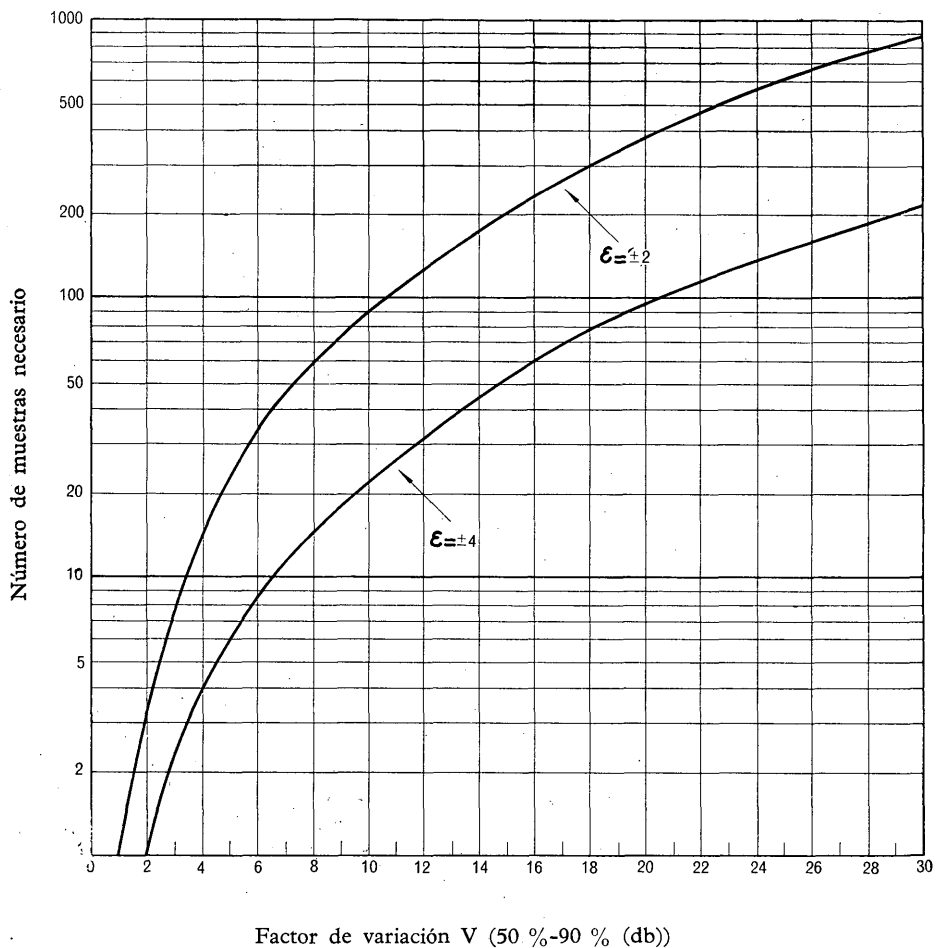
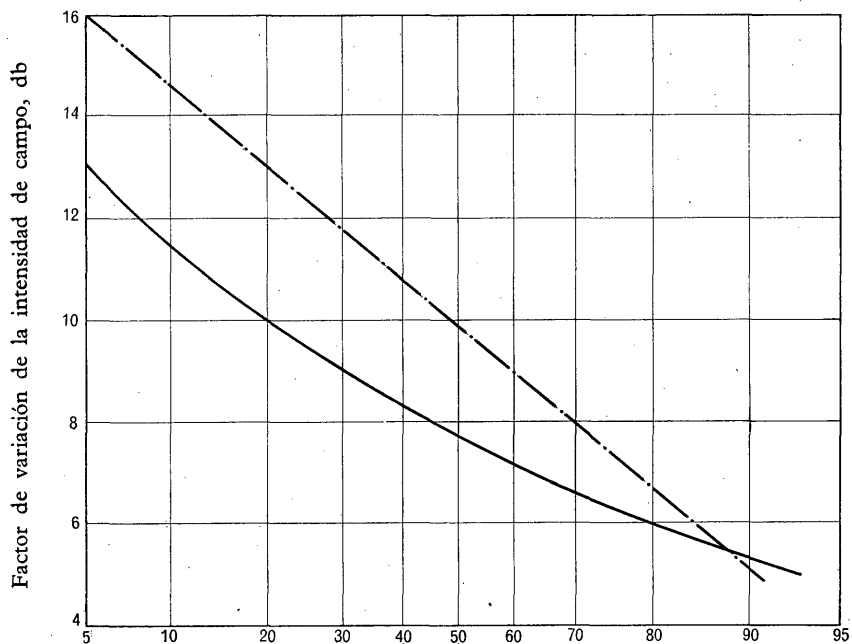


FIGURA 3

Número de mediciones de muestras necesarias para obtener la probabilidad 95 % de que el error ϵ en el valor mediano sea inferior a 2 db o a 4 db



Porcentaje de ciudades en que el factor de variación rebasa el valor de la ordenada

FIGURA 4

Distribución de los valores del factor de variación en las ciudades del Reino Unido

Todas las mediciones se han hecho con la antena receptora a 10 m. sobre el nivel del suelo

- Mediciones en la banda V, en 121 ciudades
- Mediciones en la banda III, en 40 ciudades

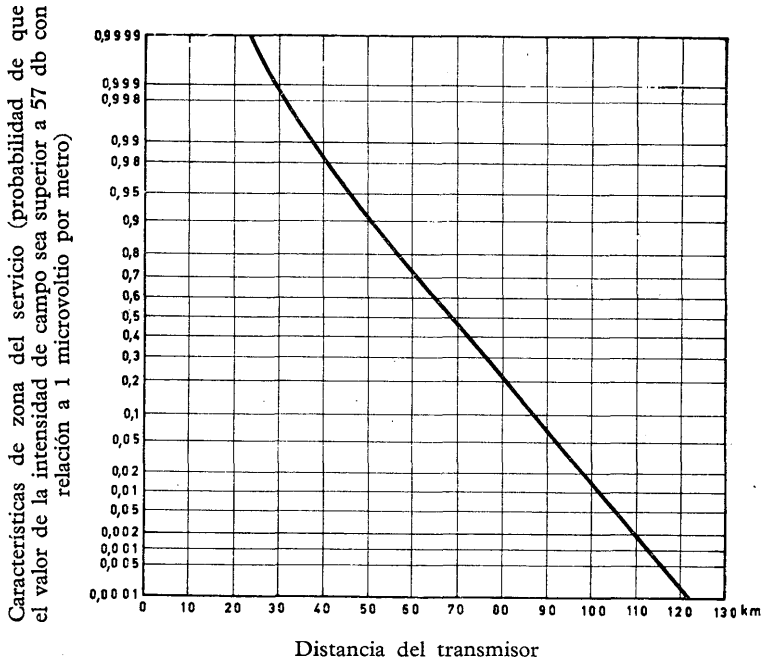


FIGURA 5

Variación de la característica de zona de servicio en función de la distancia del transmisor.—Basada en la característica de propagación típica de una estación de televisión con una potencia radiada aparente de 100 kW y funcionando en la banda 54-88 Mc/s

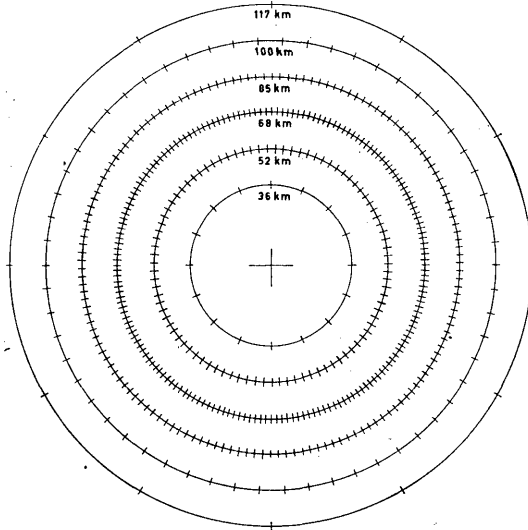


FIGURA 6

Posible disposición de las ubicaciones de medida para una estación de 100 kW en un terreno corriente (El transmisor está en el centro de la figura)

INFORME 229 *

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA**

(Programa de estudios 246-B (V))

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Introducción.

En el presente Informe se exponen los factores físicos de que dependen las características eléctricas de la superficie de la tierra, se examinan los métodos utilizados para determinar las constantes del suelo y se da una apreciación del valor de estos métodos con relación a los procedimientos de cálculo de la propagación radioeléctrica. Al final del Informe figura una lista de las publicaciones consagradas a este problema.

2. Características del suelo.

Las propiedades eléctricas del suelo o de cualquier otro medio pueden expresarse por tres constantes: la permeabilidad relativa, la constante dieléctrica y la conductividad. Puede considerarse que la permeabilidad relativa es normalmente igual a la unidad y, por tanto, en los problemas de propagación no intervienen más que la constante dieléctrica y la conductividad. Estas dos constantes influyen en la propagación de las ondas, según la expresión que figura a continuación y que da la constante dieléctrica compleja con relación al vacío:

$$\epsilon' = \epsilon - j 18.000 \sigma / f = \epsilon - j 60 \delta \lambda$$

en la que σ se expresa en mho/m, f es la frecuencia en Mc/s, λ la longitud de onda en el espacio libre en metros, y en la que el factor de tiempo $\exp(j \omega t)$ se da por supuesto. Conviene advertir que las densidades de las corrientes de desplazamiento y conducción son proporcionales, respectivamente, a ϵ y $60 \sigma \lambda$. La importancia relativa de las dos constantes ϵ y σ puede apreciarse a partir de los valores relativos de las dos densidades de corriente. En el Cuadro I se indican las frecuencias en las que las dos densidades de corriente son iguales para varios tipos de suelo. Cuando la frecuencia es inferior aproximadamente a un tercio del valor indicado en el Cuadro, el efecto de la corriente de desplazamiento, es decir, de ϵ , es prácticamente despreciable. En cambio, cuando la frecuencia rebasa el triple del valor indicado, el efecto de la corriente de conducción, es decir, de σ , puede considerarse despreciable.

CUADRO I

Frecuencia en la que las densidades de las corrientes de desplazamiento y conducción son iguales

ϵ	σ (mho/m)	f (Mc/s)
80	4	900
10	10^{-2}	18
5	10^{-3}	3,6

* Reemplaza al Informe 139; aprobado por unanimidad.

3. Factores que influyen en el valor de las constantes del suelo.

El valor equivalente de las constantes del suelo depende no solamente de la naturaleza de este último, sino también de su humedad y temperatura. Los demás factores que intervienen son la frecuencia, la estructura geológica general del terreno, el grado de penetración efectivo y la dispersión lateral de las ondas. También es necesario tener en cuenta la absorción de energía por la vegetación, edificios y demás obstáculos existentes en la superficie del suelo.

3.1 *Naturaleza del suelo.*

Aun cuando las numerosas mediciones efectuadas han permitido establecer que las constantes varían según la naturaleza del suelo, es probable que esta variación no se deba tanto a la composición química del suelo como a sus propiedades de absorción y de retención de la humedad. Normalmente, la conductividad de la arcilla es de 10^{-2} mho/m; ahora bien, ha podido demostrarse que, si la arcilla está seca, su conductividad puede disminuir hasta 10^{-4} mho/m, es decir, a un valor igual a la del granito.

3.2 *Grado de humedad.*

Es muy probable que el grado de humedad del suelo sea el parámetro que más influye en el valor de sus constantes eléctricas. Las mediciones efectuadas en laboratorio han demostrado que, aumentando el grado de humedad a partir de un pequeño valor, las constantes aumentan rápidamente y van alcanzado sus valores máximos a medida que el grado de humedad se aproxima al valor de los que normalmente existen en suelos reales correspondientes. Parece ser que, en un lugar determinado, la humedad del suelo permanece casi constante durante todo el año, a profundidades iguales o superiores a un metro, y aun cuando la humedad pueda aumentar cuando llueve, terminada la lluvia, el curso natural de las aguas y la evaporación en la superficie pronto reducen la humedad a su valor normal. Sin embargo, en un suelo determinado pueden registrarse variaciones de humedad considerables de un lugar a otro a causa de las diferentes estructuras geológicas generales, cuya consecuencia es un desagüe más o menos rápido de las aguas.

3.3 *Temperatura.*

Las medidas de laboratorio efectuadas con diferentes tipos de suelo han demostrado que la variación de la conductividad con la temperatura es del orden del 2 % por grado centígrado; en cambio, la variación de la constante dieléctrica es despreciable. Las dos constantes varían con gran rapidez cuando se alcanza el punto de congelación del agua. Aunque estas variaciones sean apreciables, no hay que olvidar que la gama de variaciones de la temperatura durante el año disminuye rápidamente con la profundidad, por lo que es posible que la temperatura sólo tenga importancia en las frecuencias elevadas en las que la penetración de las ondas es reducida (véase el § 3.5) o cuando el suelo está helado a gran profundidad.

3.4 *Frecuencia.*

Las medidas de laboratorio efectuadas con distintos tipos de suelo han demostrado que hay una variación de las constantes con la frecuencia que depende en gran medida de su grado de humedad. Sin embargo, ha de señalarse que las variaciones de la conductividad no son apreciables más que para valores de la humedad anormalmente bajos, y que la variación aparente de la constante dieléctrica puede ser debida principalmente a efectos de polarización. Por lo tanto, no es seguro que, en la práctica, la frecuencia tenga gran influencia en el valor de las constantes de suelos homogéneos (véase, sin embargo, el § 3.6).

3.5 *Estructura geológica general.*

Generalmente los terrenos por encima de los cuales se efectúa la propagación no son homogéneos; por consiguiente, las constantes efectivas dependen de varios tipos de suelo distintos. Por ello importa conocer exactamente la estructura geológica general de la región que se estudia. En una zona dada, a lo largo de un trayecto determinado, las constantes equivalentes dependen no solamente de la naturaleza de los suelos que forman la capa superficial, sino también de las capas subyacentes. Estas últimas pueden formar parte del medio que atraviesan las ondas, e incluso tener una influencia indirecta determinando el nivel de las aguas en las capas superiores.

3.6 *Penetración y dispersión de las ondas.*

La medida en que las capas inferiores del suelo influyen en el valor de sus constantes eléctricas, depende de la profundidad de penetración de la energía radioeléctrica. A su vez, esta profundidad de penetración depende del valor de las constantes y de la frecuencia. Si la profundidad de penetración δ se define como la profundidad a la que la intensidad de la onda se ha atenuado en $1/e$ (o sea, un 37 %) de su valor en la superficie, entonces, para la gama de frecuencias comprendidas entre 10 kc/s y 10 Mc/s, se obtienen los valores indicados en el Cuadro II. Se verá que, en las frecuencias iguales o superiores a 10 Mc/s, basta con considerar lo que ocurre en la superficie del suelo. En cambio, en las frecuencias más bajas hay que tener en cuenta las capas del suelo hasta una profundidad de 100 metros o más. También reviste especial importancia tener en cuenta la influencia de las capas profundas cuando las superficiales son menos conductoras; en efecto, la energía que llega entonces a las capas profundas es mayor que cuando las capas superficiales son de gran conductividad.

La energía radioeléctrica recibida en un punto determinado no se propaga únicamente a lo largo del trayecto que un directamente dicho punto al transmisor, sino también por gran número de trayectos indirectos distribuidos a ambos lados del primero. Hay que considerar, pues, las constantes del suelo, no sólo a lo largo del propio trayecto directo, sino también en toda la zona en que se produce la dispersión lateral de las ondas. No es posible asignar límites precisos a esa zona; pero sí se ha formulado la hipótesis de que coincide en realidad con la primera zona de media onda de Fresnel, es decir, con la elipse cuyos focos están situados en el transmisor y el receptor, y cuyos ejes son, respectivamente, $(D + \lambda/2)$ y $\sqrt{D\lambda}$, siendo D la longitud del trayecto directo y λ la longitud de onda.

3.7 *Absorción de la energía por los objetos situados en la superficie de la tierra.*

Los objetos que se encuentran en la superficie de la tierra no influyen directamente en el valor de las constantes del suelo, pero pueden contribuir en gran medida a la atenuación de las ondas de superficie. En los cálculos de propagación puede ser necesario tener en cuenta estas pérdidas de energía en los valores adoptados para las constantes del suelo.

Se ha observado en particular que la atenuación de la onda de superficie por encima de un terreno poblado de árboles en la frecuencia 75 Mc/s, puede ser mucho más importante para una onda polarizada verticalmente que para una polarizada horizontalmente (Doc. V/24 (R. F. de Alemania), Ginebra, 1962).

4. **Métodos de medida de las constantes del suelo.**

Los métodos que se indican a continuación han sido utilizados para medir una o las dos constantes del suelo.

4.1 *Mediciones de laboratorio con muestras de suelo.*

Para determinar el valor de la constante dieléctrica y de la conductividad de muestras del suelo, se mide la resistencia y la reactancia de condensadores cuyo dieléctrico está constituido por esas muestras. Este método se ha utilizado para hacer mediciones con agua de mar y con gran número de suelos distintos, rocas inclusive, principalmente en las frecuencias comprendidas entre 1 kc/s y 10 Mc/s.

4.2 *Medida de la resistividad del suelo por medio de sondas.*

Para conocer la conductividad se mide sobre el terreno la resistencia entre sondas introducidas en el suelo. La mayoría de las veces, estas medidas se hacen con corriente continua y con un sistema de cuatro sondas; se hace pasar una corriente entre dos de estas sondas y se mide la diferencia de potencial resultante entre las otras dos. La profundidad a que estas mediciones dan resultados significativos depende de la separación entre las sondas. Efectuando una serie de medidas con separaciones diferentes, se puede determinar el espesor de la capa superficial del suelo o la altura de la capa de agua.

También se ha obtenido el valor de conductividad midiendo la impedancia mutua entre dos líneas paralelas situadas en la superficie del suelo, o ligeramente encima, cuyos extremos estaban conectados a tierra.

4.3 *Método de la inclinación de las ondas.*

Se basa en el principio de que las pérdidas en la superficie del suelo originan una débil componente radial del vector del campo eléctrico. En general, este campo es de polarización elíptica y el gran eje de la elipse está inclinado hacia adelante debido al flujo de potencia que penetra en el suelo. Este método exige una medida precisa de la relación de los ejes y de la inclinación de la elipse hacia adelante, mediante un dipolo orientable. Cuando la superficie del suelo no es horizontal, conviene medir el ángulo de inclinación hacia adelante con relación a la normal a la superficie y no con relación a la vertical (Doc. V/20 (República Popular de Polonia), Ginebra, 1962). Se ha indicado que este método, adecuadamente empleado, permite medir las constantes del suelo en una gama de frecuencias que va de 100 kc/s a 40 Mc/s (Doc. V/1 (R. F. de Alemania), Ginebra, 1962).

El método de la inclinación de las ondas se ha empleado con éxito para medir las heterogeneidades de la superficie terrestre en sentido horizontal. A veces se cometen errores cuando se hacen las mediciones a proximidad de regiones caracterizadas por importantes gradientes horizontales de conductividad, como en el paso de la tierra al mar o de un terreno arijo a uno de marismas.

4.4 *Medida de la atenuación de la onda de superficie.*

Se mide la atenuación de una onda de superficie en función de la distancia y se deduce la conductividad del suelo comparando los resultados con curvas de propagación basadas en teorías rigurosas, o en métodos semiempíricos considerados aceptables. Este método es aplicable a todas las frecuencias.

4.5 *Atenuación en función de la profundidad por debajo de la superficie del suelo.*

Las constantes del suelo pueden también determinarse midiendo el porcentaje relativo de atenuación de la intensidad de campo con un receptor, colocándolo por debajo de la superficie del suelo, dentro de un pozo o de un orificio adecuado. (Véase [37]).

4.6 *Medidas de la variación de fase.*

Una vez medida la variación de la fase de una onda de superficie en función de la distancia, de la cadencia de esta variación se puede deducir la conductividad por encima de un suelo homogéneo. Este método sólo se ha utilizado hasta ahora con ondas kilométricas y se considera que es más sensible que el de medida de las atenuaciones cuando se trata de localizar zonas de discontinuidad en el terreno.

4.7 *Medida del coeficiente de reflexión.*

Para medir sobre el terreno el coeficiente de reflexión del suelo se utilizan métodos de radiación de incidencia normal. Los resultados permiten obtener al mismo tiempo la constante dieléctrica y la conductividad. Sin embargo, esta última se determina con menos precisión. Este método no es conveniente más que para las frecuencias elevadas.

4.8 *Dispersión de las ondas debida a perturbaciones atmosféricas.*

Cuando un impulso como los producidos por ciertas descargas atmosféricas se propaga por encima de la superficie terrestre, la forma de la onda se modifica, estirándose el impulso a medida que la onda se propaga. La importancia de esta dispersión depende de la conductividad. Si es posible medir la forma de la onda en dos puntos en línea con la fuente, uno de ellos bastante próximo a ella y otro distante, puede establecerse una relación entre los cambios observados y la dispersión calculada, para diferentes valores de la conductividad de un suelo homogéneo equivalente. Este método es especialmente indicado para frecuencias bajas y trayectos de longitud comprendida entre varios centenares y varios miles de kilómetros.

5. **Aplicación de los métodos precedentes a los problemas de propagación.**

El estudio de los métodos anteriormente indicados y el de los factores de que depende el valor de las constantes del suelo, indican claramente que la mayoría de esos métodos no proporcionan todos los datos necesarios para los cálculos de propagación y que, en algunos casos, es necesario efectuar toda una serie de mediciones.

Por ejemplo, las mediciones efectuadas en laboratorio con muestras de suelo podrán facilitar datos precisos y detallados sobre las constantes del suelo en las condiciones naturales, pero a reserva de que esas muestras sean numerosas y hayan sido tomadas lo mismo a lo largo del trayecto de propagación que a cierta profundidad. También es necesario conocer con precisión la estructura geológica del suelo a lo largo del trayecto, a fin de poder utilizar los resultados de las mediciones para deducir de ellos el valor de las constantes del suelo. Es probable que este método sea más conveniente para el estudio de las posibles variaciones de las constantes y de los parámetros de que dependen, que para determinar las características de un trayecto dado.

El método por medición de la resistividad tiene más en cuenta la estructura general del terreno, aunque solamente sobre una superficie relativamente pequeña. Este método es sencillo y de fácil aplicación, y acaso sea el que más convenga cuando no hay necesidad de conocer las características del suelo más que en las proximidades inmediatas del transmisor o del receptor. Si bien proporciona inmediatamente el valor de las constantes a diferentes profundidades, para evaluar la atenuación debida al trayecto hay que hacer mediciones en cierto número de puntos a lo largo de ese trayecto, dependiendo las distancias mutuas de la estratificación vertical del terreno.

El método basado en la medida de la inclinación de las ondas tiene en cuenta también la estructura del terreno alrededor del punto de medición y da el valor de las constantes efectivas correspondientes a la frecuencia utilizada. Los resultados de las medidas son erróneos a proximidad de regiones caracterizadas por un fuerte gradiente de conductividad, o de objetos muy conductores situados en la superficie del suelo o enterrados. No deberán hacerse las medidas demasiado cerca de la antena de emisión, ya que la distancia mínima que debe respetarse es del orden de 10 longitudes de onda para frecuencias bajas y medias, o una distancia que sea considerable comparada con las dimensiones de la antena, en frecuencias elevadas. El método resulta poco preciso por debajo de 100 kc/s, por ser entonces pequeños los ángulos de inclinación. Debido a la variación de la inclinación en función de la altura por encima de la superficie terrestre, este método sólo es útil para frecuencias inferiores a unos 40 Mc/s (Doc. V/1 (R. F. de Alemania), Ginebra, 1962). Puede utilizarse para determinar la atenuación del trayecto si se procede a una serie de medidas a lo largo del mismo (Doc. V/21 (R. P. de Polonia), Ginebra, 1962) (véase asimismo el Informe 236).

El método por medición de la atenuación de la onda de superficie es uno de los más completos, pues tiene en cuenta todos los factores que intervienen. Como el descrito en el párrafo anterior, permite determinar las variaciones de las constantes del suelo a lo largo de un trayecto mediante una serie de mediciones. No obstante, los resultados son probablemente menos precisos que los obtenidos con los métodos basados en la medida de la resistividad del suelo o de la inclinación de las ondas. Además, los resultados sólo son válidos para el trayecto considerado o para otro de características muy semejantes, y el método se presta mal a la medida precisa de las constantes del suelo en ciertas zonas de poca extensión.

El método de la variación de fase tiene también en cuenta todos los parámetros que intervienen; además, parece que puede facilitar datos más detallados que el precedente sobre trayectos heterogéneos. Tiene, sin embargo, el inconveniente de que requiere un enlace auxiliar en ondas métricas o decimétricas como referencia de fase para los receptores.

En los tres últimos métodos hay que tomar ciertas precauciones para que en el campo medido no influyan las ondas ionosféricas y para que la alta vegetación no tenga un efecto exagerado en los resultados, salvo que se quiera estudiar más particularmente tal efecto.

Los resultados que se obtienen con el método del coeficiente de reflexión sólo son válidos para una pequeña zona de terreno alrededor del punto de medida; por otra parte, como este método no puede emplearse más que en frecuencias elevadas, es también muy reducida la profundidad del terreno a que se refieren las medidas.

El método de dispersión es muy indicado para trayectos relativamente largos y frecuencias bajas, siendo, por tanto, su principal aplicación en los sistemas de navegación de baja frecuencia, como el Loran-C. Tiene la ventaja de no exigir transmisor y el inconveniente de que sólo permite obtener datos muy lentamente, pues las descargas de rayos apropiadas se producen con carácter errático y muy poco frecuente. Puede aplicarse a cualquier distancia porque el método de los impulsos permite establecer una distinción

entre la onda de superficie y la ionosférica. Exige un equipo más complicado y cálculos matemáticos más complejos que los demás métodos. Para vencer algunos de los inconvenientes indicados, convendría perfeccionarlo.

CUADRO II

Profundidad de penetración de las ondas en el suelo

Frecuencia	Profundidad δ (m)		
	$\sigma = 4 \text{ mho/m}$ $\epsilon = 80$	$\sigma = 10^{-2} \text{ mho/m}$ $\epsilon = 10$	$\sigma = 10^{-3} \text{ mho/m}$ $\epsilon = 5$
10 kc/s	2,5	50	150
100 kc/s	0,80	15	50
3 Mc/s	0,14	5	17
10 Mc/s	0,08	2	9

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía relativa al § 3:

- SMITH-ROSE, R. L.: The Electrical Properties of soil for Alternating Currents at Radio Frequencies. *Proc. Roy. Soc. A* (1933), **140**, 359.
- SMITH-ROSE, R. L.: The Electrical Properties of Sea-water for Alternating Currents. *Proc. Roy. Soc. A* (1933), **143**, 135.
- SMITH-ROSE, R. L.: Electrical Measurements on Soil with Alternating Currents. *J. I. E. E.* (1934), **75**, 221.
- WAIT, J. R.: Propagation of Radio Waves over a Stratified Ground. *Geophysics* (1953), **18**, 416.
- FEINBERG, E.: On the Propagation of Radio Waves along an Imperfect Surface. *J. of Phys. U. S. S. R.* (1944), **8**, 317.
- BARFIELD, R. H.: The Attenuation of Wireless Waves over Land. *J. I. E. E.* (1928), **66**, 204.
- BARFIELD, R. H., y MUNROE, G. H.: The Attenuation of Wireless Waves over Towns. *J. I. E. E.* (1929), **67**, 253.
- Doc. V/24, C. C. I. R. (R. F. de Alemania), Ginebra, 1962.
- WAIT, J. R.: (Se notificará ulteriormente el título). *Geofísica Pura e Aplicada* (1954), **28**, 47.
- WAIT, J. R.: The Propagation of Electromagnetic Waves along the Earth's Surface. *Proc. Symposium on Electromagnetic Waves*, Pub. núm. **6**, Math. Research Center, U. S. Army (1961).

Bibliografía relativa al § 4:

- FELDMAN, C. B.: The Optical Behaviour of the Ground for Short Radio Waves. *Proc. I. R. E.* (1933), **21**, 764.
- GISH, O. H., y ROONEY, W. J.: Measurements of Resistivity of Large Masses of Undisturbed Earth. *Ter. Magn. and Atmos. Elect.* (1925), **30**, 161.
- WHITEHEAD, S., y RADLEY, W. G.: Experiments relating to the Distribution of Alternating Electric Currents in the Earth and the Measurement of the Resistivity of the Earth. *Phys. Soc.* (1935), **47**, 589.
- WAIT, J. R., y WAHLER, A. M.: On the Measurement of Ground Conductivity at V. L. F. N. B. S. Report N.º 5037.
- SMITH-ROSE, R. L., y BARFIELD, R. H.: On the Determination of the Directions of the Forces in Wireless Waves at the Earth's Surface. *Proc. Roy. Soc. A*, 1925, **107**, 587.
- BARFIELD, R. H.: Some Measurements of the Electrical Constants of the Ground at Short Wavelengths by the Wave-Tilt Method.
- GILL, E. W. B.: A simple Method of Measuring Electrical Earth Constants. *Proc. I. E. E.* (1949), **96**, 141.

18. GALLIGIONI, G.: Ground Conductivity Measurements in Italy. *Alta Frequenza* (1951), **20**, 119.
19. Effective Radio Ground-Conductivity Measurements in the United States. *N. B. S. Circular* 546 (1954).
20. VICE, R. W.: A Survey of Ground Wave Propagation Conditions in South Africa. *Trans. S. A. I. E. E.* (1954), **45**, 139.
21. NORTON, K. A.: The propagation of Radio Waves over the Surface of the earth and in the Upper Atmosphere. *Proc. I. R. E.* (1936), **24**, 1367.
22. PRESSEY, B. G.; ASHWELL, G. E., y FOWLER, C. S.: The Measurement of the Phase Velocity of Ground-Wave Propagation at Low Frequencies over a Land Path. *Proc. I. E. E.* (1953), **100**, Pt. III, 73.
23. MCPETRIE, J. S.: A Determination of the Electrical Constants of the Earth's Surface at Wavelengths of 1.5 and 0.46 metres. *Proc. Phys. Soc.* (1934), **46**, 637.
24. MCPETRIE, J. S., y SAXTON, J. A.: Determination of the Electrical Properties of Soil at a Wavelength of 5 metres (Frequency 60 Mc/s). *J. I. E. E.*, 1943, **90**, Part. III, 33.
25. GROSSKOPF, J.: Über das Zennecksche Drehfeld im Bodenwellenfeld eines Senders (Au sujet du champ tournant de Zenneck dans le champ de l'onde de sol d'un émetteur). *Hochfrequenz-techn. u. Elektroakustik.* (HFT), **59**, (1942), 72.
26. GROSSKOPF, J., y VOGT, K.: Über die Messung der Bodenleitfähigkeit (Au sujet de la mesure de la conductivité du sol). *Telegr., Fernspr., Rf. u. Fernseh-Technik.* (TFT), **29** (1940), 164.
27. GROSSKOPF, J., y VOGT, K.: Zur Messung der Bodenleitfähigkeit (Au sujet de la mesure de la conductivité du Sol). *TFT*, **31** (1942), 22.
28. GROSSKOPF, J., y VOGT, K.: Der Zusammenhang zwischen der effektiven Bodenleitfähigkeit und der Ausbreitungsdämpfung (La relation entre la conductivité effective du sol et l'affaiblissement de propagation). *HFT*, **62** (1943), 14.
29. GROSSKOPF, J.: Über Bodenleitfähigkeitsmessungen in Schleswig-Holstein (Mesures de la conductivité du sol en Schleswig-Holstein). *Fernmeldetechn. Zeitschrift*, **2** (1949), 211.
30. GROSSKOPF, J.: Zur Ausbreitung von Mittelwellen über inhomogenes Gelände (Au sujet de la propagation d'ondes moyennes sur terrain non homogène). *Fernmeldetechn. Zeitschrift* (FTZ), **3** (1950), 118.
31. GROSSKOPF, J., y VOGT, K.: Ausbreitungsmessungen über inhomogenem Boden (Mesure de propagation sur sol non homogène). *HFT*, **60** (1942), 97.
32. GROSSKOPF, J.: Die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen über inhomogenem Boden (La propagation d'ondes électromagnétiques sur sol non homogène). *HFT*, **62** (1953), 103.
33. GROSSKOPF, J., y VOGT, K.: Der Einfluss von Bodeninhomogenitäten auf die Funkbeschickung (L'influence d'hétérogénéités du sol sur l'erreur radiogoniométrique et sa correction à zéro). *Nachrichtentechn. Zeitschrift* (NTZ), **9** (1956), 349.
34. GROSSKOPF, J., y VOGT, K.: Zur Höhenabhängigkeit des Zenneckchen Drehfeldes (Au sujet de la dépendance vis-à-vis de la hauteur, du champ tournant de Zenneck). *HFT*, **62**, (1943), 172.
35. GROSSKOPF, J.: Das Strahlungsfeld eines vertikalen Dipolender über geschichtetem Boden (Le champ de rayonnement d'un émetteur à dipôle vertical sur sol stratifié). *HFT*, **60** (1942), 136.
36. GROSSKOPF, J., y VOGT, K.: Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit bei geschichtetem Boden (La mesure de la conductivité électrique sur sol stratifié). *HFT*, **58** (1941), 52.
37. KACHPROVSKI: The propagation of radio waves and conductivity. *Radio Journal of U. S. S. R* (1958, (en ruso). Traducción al inglés del National Bureau of Standards T1-60, 30 de junio de 1959).
38. Doc. V/1 (R. F. de Alemania), Ginebra, 1962.
39. ARGIROVIC, M.: Nuevos método y equipo para medir las constantes eléctricas del suelo. *Telekomunikacije* (en yugoslavo), 1957, **6**, 1.
40. GODZINSKI, Z.: The surface impedance concept and the structure of radio waves over real earth. *Proc. I. E. E.* Parte C (septiembre de 1961), Monografía 108, págs. 362-375.
41. TOMANKIEWICZ, T.:
 - a) Método que emplea la inclinación de las ondas para determinar las constantes eléctricas del suelo. *Prace Instytutu Łączności* (Informes del Instituto de Telecomunicaciones de Varsovia, Polonia); se publicará en 1963.
 - b) Determinación de la atenuación de las ondas de superficie midiendo las constantes eléctricas del suelo (misma publicación que a).
42. WAIT, J. R., y HOWE, H. H.: Amplitude and Phase Curves for Ground-Wave Propagation. *N. B. S. Circular* 574 (1956).

43. JOHLER, J. R.; KELLAR, W. J., y WALTERS, L. C.: Phase of the low radio-frequency ground-wave. *N. B. S. Circular* 573 (1956).
44. JOHLER, J. R.; WALTERS, L. C., y LILLEY, C. M.: Amplitude and phase of the low- and very low-radio-frequency ground-wave. *N. B. S. Technical Note* No. 60 (1960).
45. JOHLER, J. R.: A note on the propagation of certain LF pulses utilized in a radio navigation system. *N. B. S. Technical Note* No. 118 (1961).
46. JOHLER, J. R., y WALTERS, L. C.: Propagation of a ground-wave pulse around a finitely conducting spherical earth from a damped sinusoidal source current. *Trans. I. R. E.*, PGAP (1959), AP-7, 1.
47. JOHLER, J. R., y LILLEY, C. M.: Ground conductivity determinations at low radio frequencies by an analysis of spheric signatures of thunderstorms. *J. Geophys. Res.* (1961), 66, 3233.
48. LEVY, B. R., y KELLER, J. B.: Propagation of electromagnetic pulses around the earth. *Trans. I. R. E.*, PGAP (1958), AP-6, 56.
49. NOVIKOV, V. V.: Propagación de un impulso de frecuencia radioeléctrica por encima de una superficie terrestre llana y homogénea. *Vestnik Leningradskogo Universiteta, Seria Fiziki i Khimii*, Nrlo. (1960), 2, 16.
50. WAIT, J. R.: Transient fields of a vertical dipole over a homogeneous curved ground. *Can. J. Res.* (1956), 34, 27.
51. WAIT, J. R.: The transient behaviour of the electromagnetic ground-wave over a spherical earth, *Trans. I. R. E.*, PGAP (1957), AP-5, 198.
52. WAIT, J. R.: A note on the propagation of the transient ground-wave. *Can. J. Phys.*, 35, 1146 (1957).

INFORME 230 *

PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE SUPERFICIE POR TERRENO HETEROGÉNEO

(Programa de estudios 246-B (V))

(Varsovia, 1956 — Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

Los trabajos realizados en virtud del Programa de estudios 135 ** han permitido realizar constantes progresos.

Los progresos logrados desde la VIII Asamblea Plenaria, Varsovia, 1956, han sido también notables y justifican nuevas modificaciones del Programa de estudios. Estos progresos consisten, en particular, en una generalización de las condiciones en que es posible efectuar el análisis matemático riguroso del problema y presentar este análisis en forma tal que el ingeniero pueda utilizarlo en la práctica.

Dada la gran complejidad del problema se han hecho hipótesis simplificadoras para el estudio teórico como, por ejemplo, la de considerar un trayecto de propagación compuesto de secciones homogéneas y bien definidas y la de admitir una estratificación del suelo paralela a la superficie de la tierra, supuesta regular. Actualmente se está estudiando la posibilidad de hacer extensivo el análisis a los casos generales que se encuentran con mayor frecuencia en la práctica. Se ha progresado en el estudio del caso en que dos secciones de un trayecto están separadas por una zona de transición y en el caso de que la variación de las constantes eléctricas del suelo está ligada a una variación de altura de la superficie.

Incluso cuando se estudian casos ideales hay que recurrir a ciertas aproximaciones matemáticas, generalmente legítimas, salvo quizá en lo que concierne a la intensidad de campo en las proximidades de una heterogeneidad notable. A este respecto, puede mencionarse un interesante estudio de Wait [A. 12] sobre la intensidad de campo a proximidad de la frontera entre dos secciones consecutivas de un trayecto. El autor utiliza un método analítico más preciso.

* Reemplaza al Informe 141; adoptado por unanimidad.

** El Programa de estudios 135 ha sido reemplazado por el Programa de estudios 246-B (V).

Al hacerlo, adopta la hipótesis de que las impedancias de superficie de las dos secciones son constantes hasta el límite de la frontera; pero si bien advierte que esta hipótesis no está justificada para distancias bastante cortas para poder compararlas con la profundidad de penetración en el suelo, la restricción no es muy importante porque, generalmente, la profundidad de penetración es muy inferior a una longitud de onda en espacio libre.

Godzinski [F. 13] ha hecho extensivo este análisis al caso en que entre dos secciones homogéneas exista una zona de transición en la que la impedancia de superficie varíe linealmente, y ha determinado la función de atenuación compleja para todos los puntos próximos a las fronteras. Sus resultados muestran que los detalles de la zona de transición carecen de importancia, siempre que la anchura de esta zona sea reducida con relación a la longitud de onda. Sin embargo, su análisis es incompleto desde el punto de vista formal, pues supone una discontinuidad de la derivada de la impedancia de superficie al principio y al final de la zona de transición.

La hipótesis de una impedancia de superficie constante o de variación lineal en una zona horizontal finita de la superficie de la tierra, equivale totalmente a la introducción de cargas lineales virtuales paralelas a las fronteras ya que, si el campo magnético tangencial es continuo al atravesar una frontera, el campo eléctrico tangencial (que es perpendicular a la frontera) ha de ser discontinuo, lo que equivale a la existencia de cargas lineales magnéticas a lo largo de la frontera.

Afortunadamente, estas cargas virtuales en las fronteras de separación carecen de importancia práctica, salvo para un observador situado muy cerca de una frontera perfectamente definida, tal como una costa marítima. Esta conclusión ha sido confirmada por los recientes experimentos efectuados con un modelo en la Universidad de Colorado.

Las memorias que se citan a continuación contienen gráficos que permitirían al ingeniero resolver ciertos problemas de propagación en secciones de trayecto bien definidas, o calcular aproximadamente la refracción costera:

- FREINBERG, E. L. [C. 1] presenta gráficos de la refracción costera para longitudes de onda de 300 y 600 metros;
- WAIT, J. R. [A. 10] y WAIT, J. R. y HOUSEHOLDER, J. [A. 11] presentan en forma gráfica datos de atenuación y de fase para trayectos planos y esféricos de dos secciones y para varios valores de conductividad;
- FURUTSU, K. [A. 6, 7; E. 1] da representaciones gráficas de la función de atenuación para trayectos planos de dos y de tres secciones y para trayectos esféricos con secciones múltiples, homogéneas y de longitud muy grande;
- GODZINSKI, Z. [A. 13] presenta curvas que permiten calcular de un modo sencillo la atenuación y la fase para trayectos planos de dos y de tres secciones y para trayectos esféricos con secciones múltiples, en el caso particular en que las secciones son, alternativamente, cortas y largas.
- WAIT, J. R. [A. 18] da, en forma de cuadros y gráficos, los coeficientes de amplitud y de fase correspondientes a trayectos de dos secciones en una tierra plana y otra esférica, en las gamas de ondas kilométricas y hectométricas (bandas 4, 5 y 6).

Los autores de estas memorias hacen la hipótesis de que las fronteras entre las secciones son netas, mientras que en la práctica el paso de una sección a otra puede ser más o menos progresivo. Sin embargo, el estudio de la influencia de una zona de transición entre las secciones ha demostrado que, en ciertos casos particulares, por los menos a gran distancia de la frontera, puede admitirse que esta frontera es neta y no progresiva [C. 1; A. 16; F. 13].

En lo que concierne al estudio de la refracción debida a las heterogeneidades del trayecto, parece que en lo sucesivo este estudio podrá abarcar la discusión de las posibles variaciones de la polarización de las ondas en las proximidades de las heterogeneidades, y la de la influencia resultante en los errores de radiogoniometría [A. 9]. Además, los trabajos efectuados en el Reino Unido [A. 17] hacen pensar que, en la mayoría de los casos prácticos, predominan importantes errores estadísticos, y que no es posible fiarse de los resultados de mediciones para controlar los cálculos teóricos relativos a la desviación de la onda de superficie al pasar una línea costera. Es también difícil verificar la teoría de la propagación de las ondas paralelamente a una frontera mediante mediciones de la intensidad de campo a lo largo de una línea costera.

Se ha discutido la influencia que ejerce la estratificación horizontal del suelo [B. 1, B. 4, B. 5, B. 6, B. 7 y A. 18] y esta discusión ha revelado que es posible utilizar constantes equivalentes del suelo de las que dependen, al mismo tiempo, la atenuación de la onda y la forma de su

elipse de polarización. En los casos en que la heterogeneidad del suelo es de naturaleza más compleja, es también mucho más complicada la relación entre las constantes equivalentes del suelo y la forma de la elipse de polarización, factor éste importante que hay que tener en cuenta al medir las constantes eléctricas del suelo.

Las variaciones de las constantes eléctricas del suelo influyen en la amplitud, la fase, la elipse de polarización y la función altura-ganancia relativas a la onda de superficie. Sin embargo, ninguna de estas características está ligada de modo simple a los valores locales de las constantes del suelo. Este problema es importante en lo que concierne a las posibilidades de investigación geológica por procedimientos radioeléctricos, y convendría estudiarlo a fondo en lo futuro.

Hay que señalar que se recurre a la noción de impedancia de superficie en un número cada vez mayor de estudios teóricos basados en la hipótesis de condiciones límites aproximadas. Se puede pensar que esta tendencia tiene interés para los ingenieros familiarizados con esta noción en otras ramas técnicas. En realidad, existe una marcada analogía entre las líneas de transmisión heterogéneas y un suelo de estratificación horizontal, analogía que podrá revelarse de utilidad en el cálculo de las constantes equivalentes del suelo [B. 4, B. 5, B. 6, B. 7, B. 10, A. 18 y A. 19].

A causa de la complejidad de los métodos teóricos, se han comparado éstos [F. 8] con los métodos semiempíricos de uso más corriente [F. 3 a F. 6], por ejemplo, el método Millington y el método de la distancia numérica equivalente (método de la conductividad equivalente) [F. 1 y F. 2], habiéndose comprobado que el método de Millington concuerda bien con la teoría, lo que permite afirmar que este método es conveniente para la mayoría de los casos reales [F. 14]. La concordancia es mayor para la amplitud que para la fase, pero, incluso en presencia de variaciones de fase, el método de Millington da resultados que no rebasan los límites de las mediciones corrientes, habida cuenta de las dificultades anteriormente mencionadas.

El método de la distancia numérica equivalente, o método de la conductividad equivalente, tiene la ventaja de la sencillez, cuando hay que hacer numerosos cálculos, pero en ciertos casos es origen de importantes errores. Por lo tanto, cuando se emplea este método, es indispensable permanecer en su campo de aplicación limitado y controlar los resultados mediante otros métodos en cierto número de puntos comprendidos en el terreno a estudiar.

Hasta el presente, se había admitido siempre que el suelo, aunque heterogéneo, estaba libre de accidentes de terreno, fuese éste plano o esférico. Actualmente se admite que los accidentes de terreno eventuales pueden influir en el estudio de las heterogeneidades. Sin embargo, el estudio de un problema tan general presenta dificultades extremadamente grandes [C. 1 a C. 7]. De ahí que los trabajos de Furutsu [C. 2, C. 3 y C. 8] sean tan valiosos. Este autor demuestra la estrecha analogía que existe entre la propagación por terreno heterogéneo y la propagación por una superficie con ligeras ondulaciones, y, además, ha conseguido incluir en un solo estudio estos dos aspectos de la propagación de la onda de superficie. Furutsu da fórmulas y curvas para algunos casos especiales que pueden tener gran importancia desde el punto de vista práctico, y ha abierto el camino para la realización de un estudio más general del problema que tenga en cuenta al propio tiempo los accidentes del terreno y las heterogeneidades del suelo.

En el caso de la propagación por trayectos terrestres relativamente largos en ondas kilométricas y también en el de ciertos sistemas de navegación que utilizan impulsos, resulta muy difícil determinar analíticamente las funciones de atenuación y de fase como consecuencia de la compleja distribución de las constantes del suelo, tanto vertical como horizontalmente, debido especialmente a la falta de datos precisos sobre esta distribución. Se ha propuesto [D. 7] determinar la conductividad equivalente del terreno heterogéneo midiendo la dispersión presentada por atmosféricos apropiados de naturaleza impulsiva (efectuando las medidas en dos puntos a diferente distancia de la fuente) y comparando esta dispersión con la calculada para una tierra esférica homogénea, para varios valores de la conductividad. Se estima que los resultados de predicción de la longitud eléctrica de los trayectos terrestres pueden mejorarse hasta el punto de que sean tan satisfactorios prácticamente como para un trayecto marítimo, si la conductividad equivalente para el trayecto terrestre puede determinarse con una precisión de una o dos cifras significativas. Las características de los terrenos homogéneos y heterogéneos han sido objeto de gran número de estudios teóricos (véase la sección D de la bibliografía), pero procede seguir las comparaciones con los resultados experimentales.

BIBLIOGRAFÍA

A. Investigaciones teóricas sobre la propagación por terreno heterogéneo.

1. Investigations of Propagation of Radio Waves, edité par B. A. Vvedensky, a symposium. Publié par *Ac. Sci. U. R. S. S.*, Moscou-Léningrad (1948) (en ruso).
2. FEINBERG, E. L.; ALPERT, J. L., y GINZBURG, V. L.: Theory of Ground-Wave Propagation over Earth Surface; Radio Wave Propagation, *GITTL*, Moscou (1953), Part I, Chapitre IX, 184 (en ruso).
3. MONTEATH, G. D.: Application of the Compensation Theorem to Certain Radiation and Propagation Problems. *Proc. I. E. E.*, Part IV (1951), **98**, 23.
4. CLEMMOW, P. C.: Radio Propagation over a Flat Earth across a Boundary Separating two Different Media. *Phil. Trans. Roy. Soc. A*, **246**, 1 (1953).
5. BREMMER, H.: The Extension of Sommerfeld's Formula for the Propagation of Radio Waves over a Flat Earth to Different Conductivities of the Soil. *Physica*, **20**, 441 (1954).
6. FURUTSU, K.: Propagation of Electro-Magnetic Waves over a Flat Earth across a Boundary Separating Different Media and Coastal Refraction. *J. Radio Res. Lab.* (Tokyo), **2**, 1 (1955).
7. FURUTSU, K.: Propagation of Electro-Magnetic Waves over a Flat Earth across Two Boundaries Separating Three Different Media. *Ibid.*, **2**, 239 (1955).
8. FURUTSU, K.: Propagation of Electro-Magnetic Waves over the Spherical Earth across Boundaries Separating Different Earth Media. *Ibid.*, **2**, 345 (1955).
9. SENIOR, T. B. A.: Radio Propagation over a Discontinuity in the Earth's Electrical Properties: I et II Coastal Refraction. *Proc. I. E. E.*, Part C, **104**, 43, 139 (1957).
10. WAIT, J. R.: Mixed Path Ground Wave Propagation: 1. Short Distances. *J. Res. N. B. S.*, **57**, 1 (1956).
11. WAIT, J. R., y HOUSEHOLDER, J.: Mixed-Path Ground-Wave Propagation: 2. Larger Distances. *Ibid.*, **59**, 19 (1957).
12. WAIT, J. R.: Amplitude and Phase of the Low-Frequency Ground Wave Near a Coastline. *Ibid.*, **58**, 237 (1957).
13. GOLDZINSKI, Z.: The use of Equivalent Secondary Sources in the Theory of Ground-Wave Propagation over an Inhomogeneous Earth. *Proc. I. E. E.*, Monograph N.º 299 R, abril de 1958, publicado de nuevo en los *Proc. I. E. E.*
14. KALININ, Yu. K., y FEINBERG, E. L.: Ground-Wave Propagation over Inhomogeneous Spherical Earth's Surface. *Radiotech. et Elektron.* (1958), **3**, 1122 (en ruso).
15. KALININ, Yu. K.: Diffraction of Radio Waves over Inhomogeneous Spherical Earth's Surface. *Ibid.* (1958), **3**, 1274 (en ruso).
16. HOUTSMULLER, J.: Ground-Wave Propagation. *Mixed Path. Tijdschr. Nederl. Radiogen.* (en preparación).
17. Propagation de l'Onde de Sol sur Trajets Mixtes. Déviation de l'Onde de Sol a la Traversée d'une Ligne Côtière. Doc. núm. IV/2 (Reino Unido), de Ginebra, 1958.
18. WAIT, J. R.: The Propagation of Electromagnetic Waves along the Earth's Surface. *Proc. Symposium on Electromagnetic Waves*. Pub. núm. 6, *Math. Research Center*, U. S. Army, 1961.
19. WAIT, J. R.: On the Theory of Mixed-Path Ground-Wave Propagation on a Spherical Earth. *J. Research N. B. S.* (1961), **65 D**, 401.

B. Investigaciones teóricas sobre la propagación por terreno estratificado.

1. GROSSKOPF, J.: Das Strahlungsfeld eines vertikalen Dipolenders über geschichtetem Boden. *Hochfr. und El. Ak.* (1942), **60**, 136.
2. BREKHOVSKIKH, L. M.: The Field of a Point Source in a Stratified Medium. *Bull. Ac. Sci., U. R. S. S., phys. ser.* (1949), **13**, 505 (en ruso).
3. WAIT, J. R.: The Fields of a Line Source of Current over a Stratified Conductor. *Appl. Sci. Res.*, Sect. B (1953), **3**, 279.
4. WAIT, J. R.: Radiation from a Vertical Electric Dipole over a Stratified Ground. *Trans. I. R. E.* (1953), vol. AP-1, 9.
5. WAIT, J. R., y FRASER, W. C. G.: Radiation from a Vertical Dipole over a Stratified Ground (Part II). *Ibid.* (1954), vol. AP-3, 144.

6. WAIT, J. R.: Theory of Electromagnetic Surface Waves over Geological Conductors. *Geofisica Pura Appl.*, **28**, 47 (1954).
7. WAIT, J. R.: Radiation from a Vertical Antenna over a Curved Stratified Ground. *J. Res. N. B. S.* **56**, 237 (1956).
8. PAVINSKY, P. P., y KOZULIN, YU. N.: The Field of a Vertical Magnetic Dipole over a Two-Layer Medium. *Geofisika* (publicado por la Universidad de Leningrado), **134**, 1956 (en ruso).
9. KOZULIN, YU. N.: The Field of a Vertical Magnetic Dipole over a Two-Layer Medium. Computation of Functions T/p , Z/p . *Ibid.*, 158 (en ruso).
10. BREKHOVSKIKH, L. M.: Waves in Stratified Media (publicado por la *Ac. de Ciencias de la U. R. S. S.* Moscú, 1957) (en ruso).

C. Investigaciones teóricas sobre la propagación por terreno irregular y heterogéneo.

1. FEINBERG, E. L.: Propagation of Radio Waves over Real Surface. *Réf. A.* 1, 97 (en ruso).
2. FURUTSU, K.: On the Multiple Diffraction of Electro-Magnetic Waves by Spherical Mountains. *J. Radio Res. Lab. (Tokyo)*, **3**, 331 (1956).
3. FURUTSU, K.: Wave Propagation over an Irregular Terrain, (I), (II), (III), *Ibid.*, **4**, 135, 349 (1957) **6**, 71 (1959).
4. WAIT, J. R.: On the Theory of Propagation of Electromagnetic Waves along a Curved Surface. *Can. J. Phys.*, **36**, 9 (1958).
5. KALININ, YU. K.: Perturbation of the Field of a Plane Radio Wave by Inhomogeneity of Earth's Surface. *Radiotechn. and Elektron.*, **3**, 557 (1958) (en ruso).
6. BREMMER, H.: Applications of Operational Calculus to Ground-Wave Propagation in particular for Long Waves. *Proc. I. R. E.* (en preparación).
7. BREMMER, H.: *Encyclopedia of Physics*, editée par S. Flügge, Springer, Berlin, vol. **16**, Sect. 68-73, 531 (1958).
8. FURUTSU, K.: *Effect of Ridge, cliff and Bluff at Coastal Line on Ground Waves.* (En caso de publicación, véanse los Docs. V/26 y V/27, de Ginebra, 1962).

D. Investigaciones teóricas sobre la propagación de los impulsos por terreno heterogéneo.

1. WAIT, J. R.: Propagation of a Pulse across a Coast Line. *Proc. I. R. E.*, **45**, 1550 (1957).
2. LOWNDES, J. S.: A transient Magnetic Dipole Source above a Two-Layer Earth. *Quart. J. Mech. Appl. Math.*, **10**, 79 (1957).
3. DOHERTY, R. H.; HEFLEY, G., y SINFIELD, R. J.: Timing Potentials of Loran-C. *Proc. I. R. E.*, **49**, 1959 (1961).
4. GRUMET, A.: Penetration of Transient Electromagnetic Fields into a Conductor. *J. Appl. Phys.*, **30**, 682 (1959).
5. JOHLER, J. R.: A Note on the Propagation of Certain LF Pulses Utilized in a Radio Navigation System. *N. B. S. Technical Note*, Núm. 118, 1961.
6. JOHLER, J. R., y WALTERS, L. C.: Propagation of a Ground-Wave Pulse around a Finitely Conducting Spherical Earth from a Damped Sinusoidal Source Current. *Trans. I. R. E.*, PGAP AP-7, 1 (1959).
7. JOHLER, J. R., y SILLEY, C. M.: Ground Conductivity Determinations at Low Radio Frequencies by an Analysis of Sferic Signatures of Thunderstorms. *J. Geophys. Res.*, **66**, 3233 (1961).
8. KEILSON, J., y ROW, R. V.: Transfer of transient electromagnetic surface waves into a lossy medium. *J. Appl. Phys.*, **30**, 1595 (1959).
9. LEVY, B. R., y KELLER, J. B.: Propagation of electromagnetic pulses around the earth. *Trans. I. R. E.*, PGAP, AP-6, 56 (1958).
10. NOVIKOV, V. V.: Propagation d'un impulsion radioélectrique à la surface d'une terre homogène et plane. *Vestnik Leningradskogo Universiteta, Seria Fiziki i Khimii Nrlo.* (Issue 2), **16**, (1960).
11. PERKERIS, C. L., y ALTERMANN, Z.: Radiation from an impulsive current in a vertical antenna placed, on a dielectric ground. *J. Appl. Phys.*, **28**, 1317 (1957).
12. van der POL, B.: On discontinuous electromagnetic waves and the occurrence of a surface wave. Electromagnetic wave theory symposium. *Trans. I. R. E.*, PGAP, AP-4, 288 (1956).
13. WAIT, J. R.: Transient fields of a vertical dipole over a homogeneous curved ground. *Corr. J. Res.*, **34**, 27 (1956).

14. WAIT, J. R.: The transient behaviour of the electromagnetic ground wave over a spherical earth. *Trans. I. R. E.*, PGAP, AP-5, 198 (1957).
15. WAIT, J. R.: A note on the propagation of the transient ground wave. *Can. J. Phys.*, **35**, 1146 (1957).

E. Artículos sobre representaciones gráficas destinadas a facilitar los cálculos.

1. FURUTSU, K., y KŌIMA, S.: The Calculation of Field Strength over Mixed Paths on a Spherical Earth. *J. Radio Res. Lab.* (Tokyo), **3**, 391 (1956).
2. Véanse también los artículos siguientes: A. 6, 7, 10, 11, 13; C. 1.
3. Nécessité de disposer d'un certain nombre de courbes de référence représentative de la variation de champ de l'onde de sol dans le cas de la propagation par trajets mixtes à deux sections. Doc. 18 (Nueva Zelandia), de los Angeles (1959).

F. Métodos semiempíricos.

1. GROSSKOPF, J., y VOGT, K.: Der Zusammenhang zwischen der effektiven Bodenleitfähigkeit und der Ausbreitungsämpfung. *Hochfr. und El. Ak.*, **62**, 14 (1943).
2. GROSSKOPF, J.: Zur Ausbreitung von Mittelwellen über inhomogenes Gelände. *Fernmeldetechn. (F. T. Z.)*, **3**, 118 (1950).
3. MILLINGTON, G.: Ground-Wave Propagation over an Inhomogeneous Smooth Earth. *Proc. I. E. E.* Parte III, **96**, 53 (1949).
4. MILLINGTON, G., y ISTD, G. A.: Ground-Wave Propagation over an Inhomogeneous Smooth Earth. Part 2. Experimental Evidence and Practical Implications. *Ibid.*, **97**, 209 (1950).
5. KIRKE, H. L.: Calculation of Ground-Wave Field Strength over a Composite Land and Sea Path. *Proc. I. R. E.*, **37**, 489 (1949).
6. PRESSEY, B. G.; ASHWELL, G. E., y FOWLER, C. S.: The Measurement of the Phase Velocity of Ground-Wave Propagation at Low Frequencies over a Land Path. *Proc. I. E. E.* Part III, **100**, 73 (1953).
7. SUDA, K.: Estimation of Medium-Wave Field Strength over Mixed Paths. C. C. I. R., Doc. 140 y 232 (Japón), Londres, 1953.
8. GODZINSKI, Z.: A Comparison of Millington's Method and the Equivalent Numerical Distance Method with the Theory of Ground-Wave Propagation over an Inhomogeneous Earth. *Proc. I. E. E.*, Part C, Monograph N.º 318 R (diciembre de 1958). (Se publicará posteriormente como 106 C.)
9. LATMIRAL, G.: Radiation of Horizontal Antenna and Measurement of Electrical Constants of the Earth. *Alta Frequenza*, **7**, 509 (1938).
10. SACCO, L., y BARZILAI, G.: On the Measurement of Electrical Constants of the Earth at Very High Frequencies. *Rassegna delle Poste e delle Telecomunicazioni*, **9**, 597 (1940).
11. ARGIROVIC, M.:
 - a) Propagation of electromagnetic waves over an inhomogeneous earth. *Elektrotechnik Vjesnik*, **8-9**, 225-231 (1951);
 - b) Méthode générale de calcul des conductivités du sol hétérogène. *Ann. Télécom.*, **8**, 212-224 (1953);
 - c) Variations de la constante de phase de l'onde de sol. *Onde Electr.*, **35**, 687-691 (1955);
 - d) Propagation de l'onde de sol sur trajets mixtes. Doc. núm. 221, Varsovia, 1956.
12. ARGIROVIC, M.: L'influence des conductivités à l'intérieur de la terre sur les courbes de propagation radioélectriques (en serbo-croate). *Telekomunikacije*, núm. **3** (1961).
13. GODZINSKI, Z.: The surface impedance concept and the structure of radio waves over real earth. *Proc. I. E. E.*, Part C, **108**, 362 (1961).
14. TOMANKIEWICZ, T.: Determination de l'affaiblissement de l'onde de sol à partir des mesures des caractéristiques électriques de la terre. *Prace Instytutu Łączności* (Reports of the Institute of Telecommunications, Warsaw, P. R. of Poland); se publicará en 1963 (véase Doc. V/21, Ginebra, 1962).

INFORME 231 *

ATMÓSFERA DE REFERENCIA

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

Atmósfera de referencia para calcular las características de propagación.

Para calcular ciertas características de propagación hay que especificar, por una parte, la curva de variación del índice de refracción n del aire, en función de la altura h sobre la superficie de la tierra, y por otra, las características del suelo. Hasta una fecha reciente, la mayoría de los cálculos de la intensidad de campo, de la fase y de la curvatura de la trayectoria de las ondas, se efectuaban admitiendo que el gradiente del índice de refracción en función de la altura era constante, y se ha demostrado que los valores de la intensidad de campo obtenidos fundándose en esta hipótesis de una atmósfera con una característica lineal son los mismos que en el supuesto de una tierra sin atmósfera, pero de radio equivalente igual a ka , siendo a el radio verdadero y definiéndose k por la relación:

$$k = \left(1 + \frac{a}{n} \cdot \frac{dn}{dh} \right)^{-1} \quad (1)$$

Ultimamente, ha habido que ampliar los cálculos de las características de propagación a regiones en las que la hipótesis de un gradiente constante no representa una descripción satisfactoria de la atmósfera; esta hipótesis haría posibles errores importantes en el cálculo de la intensidad de campo a alturas muy grandes o en el cálculo de la fase en frecuencias poco elevadas.

Se ha observado que las variaciones del índice medio de refracción del aire se pueden representar también, con gran aproximación, por la expresión exponencial siguiente [1, 2].

$$n(h) = 1 + N_s \cdot e^{-bh} \times 10^{-6} \quad (2)$$

en donde $N = (n-1) \cdot 10^6$, el índice s se refiere al valor en la superficie de la tierra, h es la altura sobre esta superficie, expresada en km., y b es un número definido por:

$$e^{-b} = 1 + \frac{\Delta N}{N_s} \quad (3)$$

En esta última expresión, ΔN representa la diferencia entre el valor de N a una altura de 1 km. sobre la superficie de la tierra, y el valor de N sobre esta superficie. Se observará que ΔN es una cantidad negativa.

Se ha comprobado mediante estudio [2, 3, 4 y 5] que ΔN está generalmente en correlación con el valor de N_s en la superficie de la tierra, pudiendo deducirse de esto las siguientes relaciones de correlación que varían con el clima:

$$\begin{aligned} \Delta N &= - 7,32 \exp(0,005577 N_s) \text{ en Estados Unidos} & [2] & (4) \\ \Delta N &= - 9,30 \exp(0,004565 N_s) \text{ en R. F. de Alemania} & [5] & (5) \\ \Delta N &= - 3,95 \exp(0,0072 N_s) \text{ en el Reino Unido} & [4] & (6) \end{aligned}$$

Pueden emplearse estas fórmulas para calcular ΔN en el caso corriente en que los datos meteorológicos disponibles sólo se refieran a la superficie de la tierra. Si $N_s = 289$ y $a = 6.370$ km, se obtiene mediante las fórmulas (2), (3) y (4): $k = 4:3$ y $b = 0,136$; estos valores representan la atmósfera fundamental de referencia. Si se dispone de gran número de datos obtenidos por radiosondas —de modo que se puede determinar con exactitud el valor medio de la dife-

* Adoptado por unanimidad; con el Informe 233, reemplaza a los Informes 146 y 147.

rencia ΔN entre los valores de N en la superficie y a una altura de 1 km.— se podrán utilizar estos valores medios medidos de ΔN y de N en las ecuaciones (2) y (3), y determinar así las características de la atmósfera.

En resumen, las fórmulas que acaban de indicarse definen un método de evaluación de las curvas del índice medio de refracción para cualquier ubicación geográfica. Cuando se conocen al mismo tiempo los valores medios de ΔN y de N_s , se pueden llevar estos valores a las ecuaciones (2) y (3); por el contrario, si sólo se conoce N_s , podrá utilizarse la ecuación (4) para hallar ΔN . En este último caso, el método empleado confirma que la hipótesis expuesta más arriba sobre la correlación entre ΔN y N_s es acertada.

Para los cálculos de la pérdida de transmisión, de la fase y de la curvatura de la trayectoria de las ondas, se admite generalmente que la atmósfera es homogénea en la dirección horizontal; esta hipótesis se confirma con frecuencia cuando imperan condiciones medias de propagación.

BIBLIOGRAFÍA

1. MISMÉ, P.: Essai de radioclimatologie dans le Nord de la France. *Annales des Télécommunications*, T. 13, Vol. 11-12, (1958).
2. BEAN, B. R., y THAYER, G. D.: On models of the atmospheric radio refractive index. *Proc. I. R. E.* **47**, 740-755 (1959).
3. Du CASTEL, F., y MISMÉ, P.: Eléments de radioclimatologie. *Onde Electrique* (diciembre de 1957)
4. LANE, J. A.: The radio refractive index gradient over the British Isles. *Journal of Atmos. and Terr Physics.*, Vol. 21, págs. 157-166 (1961).
5. BEAN, B. R.; FEHLHABER, L., y GROSSKOPF, J.: Die Radiometeorologie und ihre Bedeutung für die Ausbreitung der m-, dm- und cm-Wellen auf grosse Entfernungen (Importancia de la radiometeorología para la propagación a gran distancia de las ondas métricas, decimétricas y centimétricas), *NTZ*, **1**, 9 (1962).

INFORME 232 *

CONSTANTES DE LA ECUACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN RADIOELÉCTRICA

(Ginebra, 1963)

En el Anexo al Programa de estudios 192 (V), el C. C. I. R. da, para el parámetro $N = (n - 1) \cdot 10^6$, la siguiente fórmula:

$$N = (77,6/T) (p + 4.810 e/T);$$

N = índice de refracción del aire.

T = temperatura absoluta ($^{\circ}$ K)

e = presión de vapor de agua (mb)

p = presión atmosférica total (mb).

El C. C. I. R. ha empleado esta fórmula en muchos de sus trabajos, entre ellos en el Informe 233.

* Adoptado por unanimidad.

En las Asambleas generales de la U. I. G. G. (Helsinki, 1960) y de la U. R. C. I. (Londres, 1960) se han recomendado fórmulas algo diferentes en las que intervienen otras unidades. Uno de los estudios sobre esta materia [1] revela que el C. C. I. R. debe seguir utilizando la fórmula establecida por él, con las unidades citadas, que parece algo más exacta que las de la U. R. C. I. y la U. I. G. G. y que, en todo caso, se adapta perfectamente a las necesidades del C. C. I. R. en lo que atañe a la determinación del índice de refracción radioeléctrica de la atmósfera, dados los errores cometidos en las medidas de la temperatura, presión atmosférica y presión del vapor de agua.

Sería conveniente que todas las organizaciones adoptasen una fórmula única con unidades idénticas y homogéneas.

Nota.—El Director del C. C. I. R. debería transmitir el presente Informe a la U. I. G. G. y a la U. R. C. I. rogándoles se sirvan formular observaciones sobre el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. BEAN, B. R.: The refractive index of air, *Proc. I. R. E.*, Vol. 50, 3, 260-273 (marzo de 1962).

INFORME 233 *

INFLUENCIA DE LA ATMÓSFERA EN LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS

(Programa de estudios 192 (V))

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Correlación entre la propagación transhorizonte y parámetros radiometeorológicos.

El estudio cuantitativo de la influencia de los fenómenos radiometeorológicos en la propagación ha dado origen a numerosos trabajos, pero sería ilusorio considerar que el problema está definitivamente resuelto.

Desde hace varios años ha habido que tener en cuenta en muchas mediciones hechas en países de clima templado la variación vertical del índice de refracción. Para simplificar el problema se ha representado la atmósfera por la diferencia $10^{-6} \Delta N$ entre el índice de refracción a 1 km. de altura y el correspondiente al nivel del suelo. En cierto número de casos se ha determinado en teoría y se ha comprobado experimentalmente que existe una correlación entre las variaciones del campo observado y la cantidad ΔN . Esta correlación sólo se ha podido poner claramente de manifiesto en los climas templados cuando la comparación se hace a base de valores medianos mensuales, o por lo menos semanales [1, 2, 3 y 4].

Utilizando valores medios anuales se ha introducido una atmósfera radioeléctrica normal a la que corresponde un radio terrestre equivalente igual a $4/3$ del radio terrestre verdadero. Más tarde, se ha propuesto una atmósfera de referencia de base, en la que N varía exponencialmente con la altura.

En la Recomendación 370 se da una fórmula que permite evaluar aproximadamente las variaciones del valor mediano de la intensidad de campo o las pérdidas de transmisión en función de la cantidad ΔN , o en función de N_s .

Se ha introducido la noción de gradiente equivalente, que es el gradiente ficticio constante que produce cuando reemplaza a los gradientes reales en un trayecto dado, los mismos efectos de refracción [5].

Además, se han mejorado las correlaciones entre el gradiente (ΔN o gradiente equivalente) y las características del campo observado (intensidad, fluctuaciones) considerando parámetros que dependen de la estabilidad de la atmósfera que se evalúa, ya sea por el número de Richardson [6], o bien por el trabajo necesario para elevar 1 km. una masa de

* Adoptado por unanimidad; con el Informe 231, reemplaza a los Informes 146 y 147.

aire unidad en la región de la base del «volumen común» [7]. Estas dos cantidades conducen, por otra parte, a resultados comparables. Para representar las variaciones de la atmósfera ha habido, pues, que estudiar un parámetro que incluye la suma del gradiente de índice (o mejor aún, del gradiente equivalente) y de un término proporcional a la estabilidad [8, 9]. Aun cuando los resultados obtenidos por este procedimiento sean alentadores, no se dispone de bastante información para generalizarlos [10].

Se ha estudiado también una función del índice de refracción potencial [11]. Adviértase que el gradiente de este índice potencial está teóricamente relacionado con la medida de la estabilidad atmosférica.

Se ha comprobado en ciertos casos que existe una correlación entre el gradiente vertical del índice de refracción y el valor de este índice en la superficie de la tierra [2, 12, 13 y 14]. En tales casos, se ha podido poner directamente en evidencia una correlación entre la intensidad de campo observada y los valores del índice de refracción en la superficie [15 y 16]. Tomando como base datos meteorológicos existentes, es más fácil determinar el valor del índice de refracción en la superficie que el del gradiente de índice; para determinar éste es necesario efectuar medidas con radiosondas que, en general, se hacen diariamente en los observatorios meteorológicos mundiales, a horas precisas. Se ha estudiado a fondo en los Estados Unidos la correlación entre la intensidad de campo y el valor del índice de refracción en la superficie, para distancias muy superiores a la del horizonte, habiéndose hallado entre los valores medianos coeficientes de correlación de 0,75 por lo menos para períodos de unos 10 días. En el Japón [17] se ha observado también una buena correlación, pero los resultados obtenidos en otras partes del mundo, particularmente en Europa y África, no son tan categóricos. Por esta razón, se estima necesario proseguir estos estudios en regiones del mundo de climas diversos. En el Anexo I, § 6, de la Recomendación 370, figura una fórmula que permite evaluar aproximadamente, habida cuenta de las reservas precedentes, las variaciones del valor mediano de la intensidad de campo en función de los valores del índice de refracción en la superficie, para trayectos de varios centenares de kilómetros de longitud y para frecuencias comprendidas entre 40 y 500 Mc/s.

No sólo es importante considerar las variaciones del índice de refracción en lo que concierne a las variaciones de la intensidad de campo o de las pérdidas de transmisión, sino también con respecto a la curvatura total de la trayectoria de las ondas radioeléctricas que se propagan por la troposfera [18]. Los estudios efectuados en Estados Unidos arrojan una correlación satisfactoria entre las variaciones de la curvatura y las del gradiente vertical o los valores del índice en la superficie. El examen del gradiente vertical conduce a previsiones algo mejores en los ángulos de elevación inferiores a tres grados; por el contrario, el valor del índice de superficie lleva a resultados considerablemente superiores en lo que respecta a las previsiones para ángulos de elevación mayores de tres grados; es necesario, sin embargo, continuar los estudios en esta materia.

No parece posible preparar mapas mundiales del gradiente equivalente o de los parámetros de estabilidad mencionados. En conclusión, se han preparado mapas mundiales tanto para el gradiente vertical del índice de refracción como para los valores del índice en la superficie para distintas horas del día, en cada estación del año. Estos mapas los utilizarían los ingenieros radioeléctricos. Urge también seguir estudiando sistemáticamente, en un plano mundial, la correlación entre estos parámetros y las variaciones de la propagación radioeléctrica, de conformidad con el Programa de estudios 192 (V).

2. Mapas del índice de refracción en la superficie del suelo.

Se estudia a continuación la cantidad N definida por $N = (n - 1) \cdot 10^6$, donde n es el índice de refracción del aire. Se toma para N su valor medio mensual.

Sabido es que sistemáticamente N disminuye con la altura. Para no confundir las variaciones de N debidas a la altura h de un observatorio y las debidas a la climatología, es interesante tratar de calcular el valor que tendría N reducido al nivel del mar. Se ha buscado empíricamente la ley $N(h)$. Para ciertas regiones del globo, esta ley es exponencial y sus parámetros pueden determinarse de antemano (Informe 231). En tal caso, puede corregirse cada valor de N medido en la superficie del suelo, en un factor mayor que la unidad para obtener el valor N_0 que alcanza N al nivel del mar.

De cuanto se ha expuesto se desprende que para que N_0 sea perfectamente representativo, en un lugar dado, es condición necesaria y suficiente que sea aplicable la ley exponencial $N(h)$.

Para conocer el valor N en un punto cualquiera de altura conocida h_i , bastará con determinar por interpolación en los mapas el valor N_0 correspondiente y con calcular $N(h_i)$ por medio de las fórmulas sugeridas en el Informe 231. En este caso también el valor $N(h_i)$ será más representativo si se cumple la anterior condición.

Se ha estudiado el valor medio mensual de $N(h)$. Consideraciones teóricas y experimentales inducen a creer que $N(h)$ es sistemáticamente exponencial en regiones de latitud elevada. La falta de homogeneidad en los valores para las regiones intertropicales, hace dudosa la aplicación de estas razones en dichas regiones [14, 19].

3. Preparación de los mapas N_0 .

Se ha empezado por calcular N en la superficie del suelo (N_s) en función de los parámetros meteorológicos, deducidos estos últimos de las medidas publicadas mensualmente por la O. M. M. Se han utilizado para estos fines 306 estaciones distribuidas por todo el mundo. En general, se disponía de 5 años de observaciones en el período que va de 1949 a 1958 para cada estación, excepto las de la U. R. S. S., en relación con las cuales sólo se pudieron utilizar los datos del Año Geofísico Internacional [20].

Para las zonas oceánicas se ha deducido la presión de mapas de valores medios estacionales, se ha estimado la temperatura a partir de las isotermas superficiales del agua y se ha evaluado la humedad a base de mapas de variaciones estacionales del «termómetro húmedo».

Conocido así N_s , se ha calculado N_0 por la fórmula:

$$N_0 = N_s \exp \{ 0,1057 h \}$$

donde h es la altura expresada en kilómetros *. (Esta fórmula es una simplificación de las del Informe 231).

Los datos disponibles no han permitido establecer mapas de N_0 para las cuatro estaciones del año a las horas previstas en el Programa de estudios 192 (V).

En las figs. 1 a 3 pueden verse los mapas en los que se han trazado las líneas de iguales valores siguientes:

- Valores medios de N_0 correspondientes a febrero
- Valores medios de N_0 correspondientes a agosto.
- Valores medios mensuales mínimos de N_0 en el curso de un año.

Nota.—Dados la escala de los mapas, el número de puntos de medida y los métodos de cálculo, la precisión del trazado es del orden de algunas unidades N .

Para su territorio, la Administración de Estados Unidos de América ha hecho un trabajo más preciso y completo.

4. Mapas de la cantidad ΔN .

En este caso, la altura de la estación de observación parece tener poca importancia siempre, sin embargo, que el relieve no sea excesivamente irregular. Se ha calculado, pues, ΔN por la fórmula:

$$\Delta N = N_1 - N_s$$

donde N_1 es el valor de N a 1 km. de altura sobre el suelo y N_s el valor de N al nivel del suelo. Por desgracia, el número de estaciones de medida es insuficiente para poder establecer mapas mundiales, por lo que ha habido que limitarse a las zonas para las que se ha estimado suficiente la densidad de datos.

* En [21] se dan datos más detallados sobre la preparación y precisión de estos mapas.

5. Preparación de los mapas.

Para los mapas del hemisferio Norte se ha elegido la proyección en un plano tangente a la Tierra en el Polo Norte. Para los mapas de Australia, el mismo procedimiento, referido al Polo Sur.

Aun cuando las horas nominales preconizadas por el C. C. I. R. para las observaciones en el Programa de estudios 192 (V) hayan sido las 02.00 y las 14.00 T.U., el error debido a la utilización de los resultados facilitados por ciertas administraciones para las 03.00, 04.00, 15.00 y 16.00 T.U. era insignificante. Los periodos de tiempo indicados en los mapas comienzan a las 0000 T.U.

Se disponía de los resultados de algunas observaciones meteorológicas efectuadas durante cortos periodos. Aun cuando tales resultados no abarcan todo el periodo 1951-1955, preconizado por el C. C. I. R., han facilitado información útil para las regiones en que los datos disponibles eran insuficientes. Las zonas cuyo contorno se ha establecido a base de tales datos se representan por líneas de puntos.

6. Precisión de los resultados.

Aunque los mapas se han preparado esencialmente para indicar las grandes variaciones radioclimatológicas, suministran valores de ΔN con una precisión de unas 5 unidades N .

7. Datos utilizados.

Los datos utilizados para preparar los mapas se enumeran en los siguientes Cuadros I a V, y las curvas de ΔN se representan en las figs. 4 a 35.

BIBLIOGRAFÍA

1. SAXTON, J. A.: Propagation of meter waves beyond the normal horizon. *Proc. I. E. E.*, Part III (1951).
2. BEAN, B. R., y MEANY, F. M.: Some applications of the monthly median refractivity gradient in tropospheric propagation. *Proc. I. R. E.*, Vol. 43, 10, 1419-1431 (octubre de 1955).
3. TROITSKY, V. N.: Fading of ultra-short waves in radio relay systems. *Elektrosviaz*, 10 (1958).
4. C. C. I. R. Doc. V/24 (R. S. Checoslovaca), Ginebra, 1958.
5. MISME, P.: Le gradient équivalent: mesure directe et calcul théorique. *Annales des Télécommunications*, Vol. 15, 92 (1960).
6. BOLGIANO, R.: A theory of wavelength dependance in ultrahigh frequency transhorizon propagation based on meteorological considerations. *Journal of Research of the N. B. S.* Part D, 3 (mayo-junio de 1960).
7. MISME, P.: Corrélation entre le champ à grande distance et un nouveau paramètre radiométrologique. *Transactions of PGAP*, Vol. AP-6, 3 (1958).
8. MISME, P.: Influence du gradient équivalent et rôle de la stabilité atmosphérique dans les liaisons transhorizon au Sahara et au Congo. *Annales des Télécommunications*, Vol. 16, 5-6 (1961).
9. C. C. I. R. Doc. V/39 (Francia), Ginebra, 1962.
10. C. C. I. R. Doc. V/57 (Estados Unidos de América), Ginebra, 1962.
11. FLAVELL, R. G., y LANE, J. A.: The application of potential refractive index in tropospheric wave propagation. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, Vol. 24 (1962).
12. MISME, P.: Essai de radioclimatologie d'altitude dans le Nord de la France. *Annales des Télécommunications*, Vol. 13, 11-12 (1958).
13. LANE, J. A.: The radio refractive index gradient over the British Isles. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, Vol. 21 (1961).

14. MISME, P.; BEAN, B. R., y THAYER, G. G.: Models of the Atmospheric Radio Refractive index. *Proc. I. R. E.*, Vol. 48, 8 (agosto de 1960).
15. PICKARD, G. W., y STETSON, H. T.: A study of tropospheric reception at 428 Mc/s and meteorological conditions. *Proc. I. R. E.*, 35 (diciembre de 1947).
16. BEAN, B. R.: Some meteorological effects on scattered radio waves. *I. R. E., Trans. on Comm. Systems*, Vol. CS-4, 1, 32-38 (marzo de 1956).
17. ONOE, M., y otros: Results of experiments of long-distance overland propagation of ultra-short waves. *Journal of Radio Research Laboratories*, Vol. 5, 20 (abril de 1958).
18. BEAN, B. R., y CAHOON, B. A.: The use of surface weather observations to predict the total atmospheric bending of radio waves at small elevation angles. *Proc. I. R. E.*, Vol. 45, 11 (noviembre de 1957).
19. MISME, P.: Influence radioélectrique sur les liaisons transhorizon. *Onde Electrique*, 394 (1960)
20. BEAN, B. R., HORN, J. D., y OZANICH, A. M. (Jr.): Climatic charts and data of the Radio refractive index for the United States and the World, NBS Monograph 22 (noviembre de 1960). *Supt. of Docs. U. S. Govt. Printing Office, Wash. 25, D. C.*
21. C. C. I. R. Doc. V/49 (Estados Unidos de América), Ginebra, 1962.

CUADRO I (1)

Valores de $-\Delta N$ para el sector Europa-Africa

Número de la estación (2)	02.00 T. U.				14.00 T. U.			
	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre
<i>Comunidad francesa</i>								
1	44				35	32	38	41
2	69				60	84	54	60
3	25	28	35	25	19	27	25	24
Nota: Los datos correspondientes a las estaciones de Cayena (Guayana) y Tananarive (Madagascar) están a disposición del C. C. I. R., pero no han sido utilizados en este Informe.								
<i>Dinamarca</i>								
4	38,8	43,0	49,8	38,8	36,7	38,1	41,0	38,8
5	33,4	34,4	39,9	35,8	33,7	36,2	38,6	35,8
Nota: Las cifras de ΔN facilitadas por la estación núm. 5 corresponden a una diferencia de altura de 935 metros. Para establecer los gráficos, se han adaptado los resultados de modo que correspondan a una diferencia de altura de 1.000 metros.								
<i>Argelia</i>								
6	[43	54	56	47	43	51	66	49
Nota: Resultados anteriores a 1960, facilitados por Francia.								
<i>Francia</i>								
7	41	47	50	49	38	37	43	49
8	36	42	40	37	37	44	44	41
9	35	41	43	39	31	38	39	37
10	34	39	41	31	33	35	38	38
11	48	45	48	41	43	45	46	42
<i>Marruecos</i>								
12	49							
Nota: Resultados anteriores a 1953, facilitados por Francia.								
<i>Países Bajos</i>								
13	35	43	46	39	34	38	43	40
<i>Reino Unido</i>								
14	40,1	41,3	44,9	41,4	38,9	39,6	43,2	41,0
15	40,5	44,9	49,2	42,3	41,2	45,3	48,3	42,9
16	40,1	41,6	45,8	41,8	39,7	40,3	43,5	42,0
17	39,3	40,6	44,0	41,5	38,9	39,2	42,8	40,5
18	40,8	43,7	48,6	43,0	39,1	40,5	44,6	42,5
19	39,2	42,9	45,0	41,0	39,5	42,0	45,0	41,0
20	38,6	41,5	42,8	40,2	38,0	40,6	41,8	40,2
21	39,1	41,8	44,1	40,5	39,7	40,9	44,2	40,1
22	39,6	42,4	46,4	41,9	39,3	42,4	46,0	42,0
23	39,1	41,0	44,5	39,6	40,4	41,4	43,6	40,0
24	39,9	42,2	45,7	41,1	39,3	42,4	45,0	41,3
<i>R. S. Checoslovaca</i>								
25	34,1	35,9	39,0	33,9	32,7	34,9	35,4	34,5
<i>Túnez</i>								
26	40	53	77	48	46	43		51
Nota: Resultados anteriores a 1953, facilitados por Francia.								
<i>República Federal de Alemania</i>								
81	38	43	48	41	38	37	40	42
82	37	42	44	37	35	34	37	39
83	37	42	46	40	36	35	39	40

(1) Estos datos se refieren a mediciones hechas a las 02.00 y a las 14.00 T. U. desde el 1-2-53 hasta el 31-3-57 y a las 00.00 y a las 12.00 T. U. desde el 1-4-57.

(2) Para la ubicación de las estaciones, véase el Cuadro V.

CUADRO II

Valores de ΔN para el sector América

Número de la estación (1)	02.00 T. U.				14.00 T. U.			
	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre
<i>Estados Unidos de América</i>								
27	45,5	57,4	66,8	50,8	43,2	56,0	63,6	48,0
28	45,2	50,4	66,1	49,2	45,2	47,8	62,2	47,7
29	46,7	61,6	67,0	50,2	45,3	56,2	58,8	48,3
30	52,3	69,8	74,3	52,2	47,5	57,3	60,8	46,8
31	36,7	42,7	50,3	40,1	35,6	40,5	48,1	39,4
32	50,9	59,3	61,0	52,4	44,8	47,9	53,4	49,5
33	50,5	59,0	61,5	52,1	46,7	52,4	57,1	49,3
34	43,2	58,0	63,8	48,0	40,7	49,2	58,0	44,6
35	36,4	46,6	55,8	39,8	35,0	42,2	51,6	38,0
36	36,4	42,1	49,2	38,2				
37	41,4	47,9	32,0	42,4	41,2	47,0	50,4	42,3
38	49,0	49,0	65,6	52,5	46,6	48,5	61,6	47,2
39	38,6	48,1	56,0	42,2	38,4	50,0	56,2	41,6
40	38,2	41,4	51,8	39,7	38,2	41,6	51,2	39,2
41	39,3	49,0	53,6	40,8	39,5	47,6	53,2	41,8
42	37,1	38,6	47,2	38,2	36,6	36,6	45,4	37,7
43	38,0	42,2	51,9	40,5	38,1	41,8	50,8	39,4
44	36,2	40,1	49,9	37,1	35,7	38,6	45,0	37,6
45	36,1	40,6	48,5	37,8	35,9	37,6	47,8	37,3
46	38,3	47,0	43,9	39,6	41,3	52,6	58,7	42,1
47	37,7	49,2	55,5	41,1	35,7	43,5	53,0	39,5
48	38,0	46,0	53,7	43,0	38,7	45,0	51,7	40,8
49	40,5	32,3	42,3	44,8	43,7	34,4	47,7	43,2
50	37,7	36,7	48,9	36,6	39,1	36,5	49,4	37,0
51	36,1	40,8	46,4	37,4	36,2	38,5	45,9	37,2
52	38,5	48,2	52,7	39,7	39,0	49,0	53,8	41,6
53	40,3	35,2	29,3	42,4	38,9	40,8	38,3	40,8
54	38,1	37,6	46,9	37,6	38,8	37,8	49,5	37,5
55	36,4	34,7	31,0	38,4	36,5	39,2	40,8	38,5
56	36,8	33,6	38,5	36,0	38,0	34,9	43,3	36,9
57	32,2	25,8	26,0	32,6	36,7	28,9	32,1	35,4
58	36,1	40,7	36,6	36,8	40,0	47,8	48,0	39,2
59	36,0	44,0	47,2	38,1	37,4	45,0	51,7	39,7
60	36,5	40,2	50,9	38,1	36,9	38,7	52,8	38,6
61	36,0	36,8	41,4	37,6	36,1	36,8	38,2	38,0
62	34,3	37,4	41,8	35,5	34,7	38,3	47,2	36,0
63	31,8	31,2	32,7	32,5	32,0	33,5	37,4	32,7
64	30,1	26,2	34,2	30,7	33,8	29,2	40,6	31,6
65	33,2	28,6	32,6	32,5	32,9	30,5	36,3	33,6
66	28,4	26,8	36,6	28,2	31,2	29,8	39,1	30,4
67	30,9	32,3	31,6	32,3	32,0	34,5	37,2	32,9
68	31,5	30,4	30,8	32,1	32,6	31,9	32,7	33,0
69	37,0	41,6	55,4	38,6	37,0	43,1	54,2	39,2

Nota: Los valores de ΔN se refieren en realidad al período comprendido entre las 03.00 y las 15.00 T. U. La Administración de Estados Unidos de América puede facilitar al C. C. I. R. información sobre varias otras estaciones.

(1) Para la ubicación de las estaciones, véase el Cuadro V.

CUADRO III
Valores de $-\Delta N$ para el sector del Pacifico

Número de la estación (1)	02.00 T. U.				14.00 T. U.			
	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre
<i>Japón</i>								
70	39	47	49	42	39	47	53	44
71	37	46	55	40	37	46	53	42
72	36	47	59	40	35	45	58	40
73	34	43	50	39	38	44	49	40
74	36	45	53	41	38	46	50	42
75	32	40	49	36	35	39	51	38
76	34	43	53	39	35	43	51	39
77	32	38	45	35	34	38	44	36
78	32		48	39	33	39	45	34
79			59				63	
80	49	55	57		49	56	57	

Nota 1: ΔN se ha calculado para todas estas estaciones, entre la altura de la estación y una altura de 1.000 metros sobre el nivel del mar. Los valores utilizados para los gráficos han sido adaptados para que correspondan a una diferencia de altura de 1.000 metros.

Nota 2: Todos los valores que preceden se refieren al período comprendido entre las 03.00 y las 15.00 T. U.

CUADRO IV
Valores de $-\Delta N$ para el sector del Pacifico Meridional

Número de la estación	02.00 T. U.				14.00 T. U.			
	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre
<i>Australia</i>								
84	28	35	35	32	×	48	44	49
85	8	11	12	9	27	21	×	17
86	33	32	32	27	×	52	51	×
87	17	17	16	16	32	27	38	27
88	25	20	17	18	62	18	31	35
89	48	48	51	46				
90	48	28	30	44	74	70	68	63
91	37	37	37	36				
92	33	32	31	30				
93	13	18	17	13				
94		44	35	47				
95	40	42	41	41				
96			40	50				
97	36	36	34	32	53	46	×	47
98	44	44	36	45				
99	33	34	36	32				
100	46	35	36	39	61	50	47	64
100 bis	48	37	33	40				
101	52	36	36	50	63	55	54	56
102	19	24	22	20				
103					52	49	43	63

Nota 1: El cálculo de los valores que preceden se ha hecho dando por supuesto que el valor medio del índice podía confundirse con el del índice calculado a base de los valores medios de la presión, de la temperatura y de la humedad. De ahí que exista un valor por defecto de 2 a 3 unidades *N*, como máximo.

Nota 2: La estación núm. 92 no figura en la carta a consecuencia del formato elegido.

Nota 3: ΔN se ha calculado entre la altura de la estación y una altura de 1.000 metros sobre el nivel del mar para todas las estaciones enumeradas. Los valores utilizados para trazar los gráficos han sido adaptados para que correspondan a una diferencia de altura de 1.000 metros.

Nota 4: Todos los valores que preceden corresponden a las 04.00 y 16.00 T. U.

Nota 5: Para trazar los gráficos no se han utilizado los valores de ΔN de las estaciones núms. 87 y 93.

Comunidad Francesa

104	47	44	44	43
-----	----	----	----	----

(1) Para la ubicación de las estaciones, véase el Cuadro V.

CUADRO V
Ubicación de las estaciones

Número de la estación	Nombre	Posición		Altura en metros	Notas
		Latitud	Longitud		
1	Bangui	04° 22' N	18° 34' E	386	
2	Dakar	14° 40' N	17° 26' W	40	
3	Fort-Frinquet	25° 14' N	11° 37' W	360	
4	Kastrup	55° 38' N	12° 39' E	0	
5	Thorshaun	62° 01' N	06° 46' W	65	
6	Alger	36° 43' N	03° 15' E	25	
7	Bordeaux	44° 50' N	00° 42' W	49	
8	Brest	48° 26' N	04° 25' W	103	
9	Nimes	43° 51' N	04° 24' E	60	
10	Trappes	48° 46' N	02° 00' E	168	
11	Fragata meteorológica	45° 00' N	16° 00' W	0	
12	Casablanca	33° 34' N	07° 40' W	58	
13	de Bilt	52° 06' N	05° 11' E	5	
14	Aldergrove	54° 39' N	06° 13' W	79,0	
15	Camborne	50° 05' N	05° 32' W	87,8	
16	Downham Market	52° 37' N	00° 22' E	36,9	16 sustituida por 16 bis el 19-11-51.
16 bis	Hemsby	52° 41' N	01° 41' E	12,8	
17	Fazakerly	53° 28' N	02° 55' W	17,1	
18	Larkill	51° 12' N	01° 48' W	133	18 sustituida por 18 bis el 29-4-53
18 bis	Crawley	51° 05' N	00° 12' W	144	
19	Lerwick	60° 08' N	01° 11' W	81,7	
20	Leuchars	56° 23' N	02° 53' W	5,8	
21	Stornoway	58° 13' N	06° 20' W	13,7	
22	Valentia	51° 56' N	10° 15' W	13,7	
23	Barco meteorológico	59° 00' N	19° 00' W	11,0	
24	Barco meteorológico	52° 30' N	20° 00' W	11,0	
25	Prague	50° 07' N	14° 32' E	374	
26	Tunis	36° 50' N	10° 14' E	4	
27	Hatteras, N. C.	35° 15' N	75° 40' W	3	
28	Oakland, Calif.	37° 40' N	122° 12' W	5	
29	Lake Charles, La.	30° 13' N	93° 09' W	6	
30	Brownsville, Tex.	25° 55' N	97° 28' W	6	
31	Portland Maine	43° 39' N	70° 19' W	6	
32	Miami, Florida	25° 49' N	80° 17' W	7	
33	Tampa, Florida	27° 58' N	82° 32' W	11	
34	Charleston, S. C.	32° 54' N	80° 02' W	14	
35	Dist. Columbia	38° 54' N	77° 03' W	22	
36	Albany, N. Y.	42° 45' N	73° 48' W	27	
37	Tatoosh, Is., Wash.	48° 23' N	124° 44' W	36	
38	Santa María, Calif.	34° 54' N	120° 28' W	79	
39	Little Rock, Ark.	34° 44' N	92° 14' W	81	
40	Joliet, Ill.	41° 30' N	88° 10' W	179	
41	Nashville, Tenn.	36° 07' N	86° 41' W	183	
42	Carabou, Maine	46° 53' N	67° 58' W	191	
43	Toledo, Ohio	41° 34' N	83° 28' W	191	
44	Buffalo, N. Y.	42° 56' N	78° 43' W	215	
45	Sault St. Marie Mich.	46° 28' N	84° 22' W	221	
46	San Antonio Texas	29° 32' N	98° 28' W	242	
47	Greensboro, N. C.	36° 05' N	79° 57' W	275	
48	Atlanta, Georgia	33° 39' N	84° 25' W	303	
49	Phoenix, Ariz.	33° 26' N	112° 02' W	339	
50	International Falls, Min.	48° 36' N	93° 24' W	343	
51	Pittsburgh, Pa.	40° 21' N	79° 56' W	388	
52	Oklahoma City, Ok.	35° 24' N	97° 36' W	397	
53	Medford, Oregón	42° 23' N	122° 52' W	405	

CUADRO V (continuación)

Número de la estación	Nombre	Posición		Altura en metros	Notas
		Latitud	Longitud		
54	Bismark, N. Dak.	46° 46' N	100° 45' W	506	
55	Spokane, Wash.	47° 37' N	117° 31' W	600	
56	Glasgow, Mont.	48° 11' N	106° 38' W	643	
57	Las Vegas, Nevada	36° 04' N	115° 10' W	664	
58	Big Springs, Texas	32° 14' N	101° 30' W	773	
59	Dodge City, Kansas	37° 46' N	99° 58' W	790	
60	North Platte, Neb.	41° 08' N	100° 42' W	849	
61	Boise, Idaho	43° 34' N	116° 13' W	871	
62	Rapid City, S. Dak.	44° 09' N	103° 06' W	981	
63	Great Falls, Mont.	47° 30' N	111° 21' W	1.124	
64	El Paso, Texas	31° 47' N	106° 30' W	1.194	
65	Grand Junction, Col.	39° 06' N	108° 32' W	1.474	
66	Albuquerque, N. Méx.	35° 03' N	106° 37' W	1.620	
67	Lander, Wyo.	42° 48' N	108° 43' W	1.694	
68	Ely, Nevada	39° 17' N	114° 51' W	1.909	
69	Omaha				
70	Kagoshima	31° 34' N	130° 33' E	5,4	
71	Yonago	35° 26' N	133° 21' E	7,9	
72	Shionomisaki	33° 27' N	135° 46' E	74,9	
73	Tateno	36° 03' N	140° 08' E	27,2	
74	Wajima	37° 23' N	136° 54' E	6,9	
75	Sendai	38° 16' N	140° 54' E	39,8	
76	Akita	39° 41' N	140° 06' E	9,9	
77	Sapporo	43° 01' N	141° 20' E	18,1	
78	Wakkanai	45° 25' N	141° 41' E	3,2	
79	Barco meteorológico	29° 00' N	135° 00' E	0,0	
80	Marcus Island	24° 18' N	153° 58' E	16,7	
81	Emden	53° 20' N	07° 15' E	2	
82	Hannóver	52° 22' N	09° 45' E	52	
83	München	48° 08' N	11° 34' E	524	
84	Adelaide	34° 57' S	138° 31' E	4	Datos de las 16.00 T. U. para 1945
85	Alice Springs	23° 48' S	133° 53' E	555	Idem para 1945-46
86	Amberley	27° 38' S	152° 43' E	26	Idem para 1945-46
87	Charleville	26° 25' S	146° 17' E	305	
88	Cloncurry	20° 40' S	140° 30' E	193	Idem para 1944-45
89	Cocos Island	12° 11' S	96° 50' E	3	
90	Darwin	12° 28' S	130° 55' E	27	
91	Heard Island	53° 06' S	72° 31' E	5	04.00 T. U. para 1953-54
92	Hobart	42° 53' S	147° 20' E	53	
93	Halgoorlie	30° 46' S	121° 27' E	370	
94	Lord Howe Island	31° 31' S	159° 03' E	47	Idem para 1955
95	Macquarie Island	54° 30' S	158° 57' E	6	Idem para 1953-54
96	Mawson	67° 36' S	62° 53' E	16	Idem para 1953
97	Laverton	37° 52' S	144° 46' E	14	16.00 T. U. para 1944-45
98	Norfolk Island	29° 03' S	167° 56' E	110	
99	Guildford	31° 56' S	115° 57' E	11	
100	Rathmines	33° 03' S	151° 36' E	3	Para 1953, sustituida por 100 bis en 1954
100 bis	Willianton	32° 48' S	151° 51' E	7	04.00 T. U. inferior para 1954-55
101	Garbutt	19° 15' S	146° 46' E	4	16.00 T. U. inferior para 1944-45
102	Woomera	31° 20' S	135° 55' E	169	
103	Pearce	31° 40' S	116° 01' E	56	16.00 T. U. inferior para 1945-46
104	New Amsterdam	37° 50' S	77° 34' E	28	

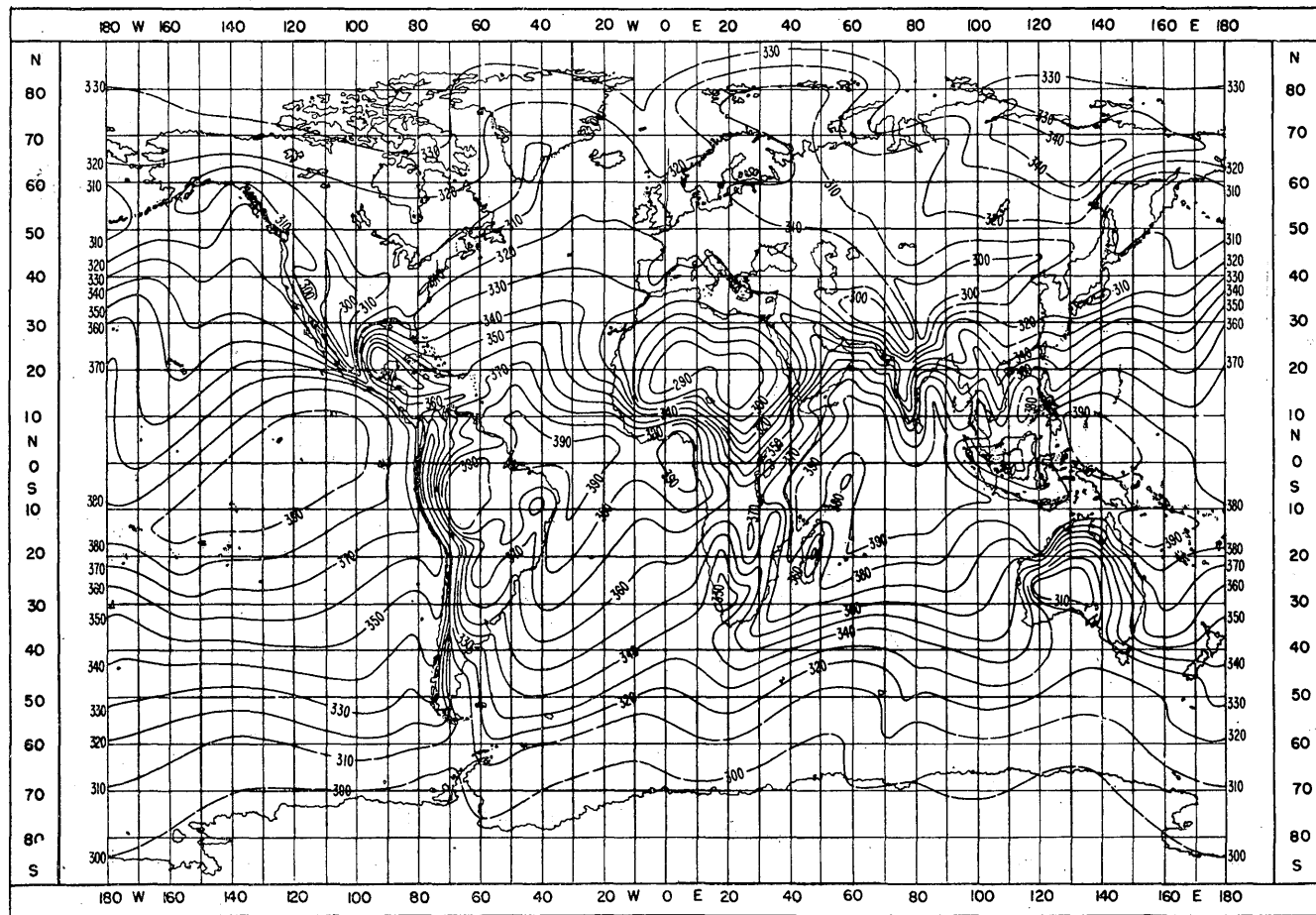


FIGURA 1
 Valor medio de N_0 en febrero

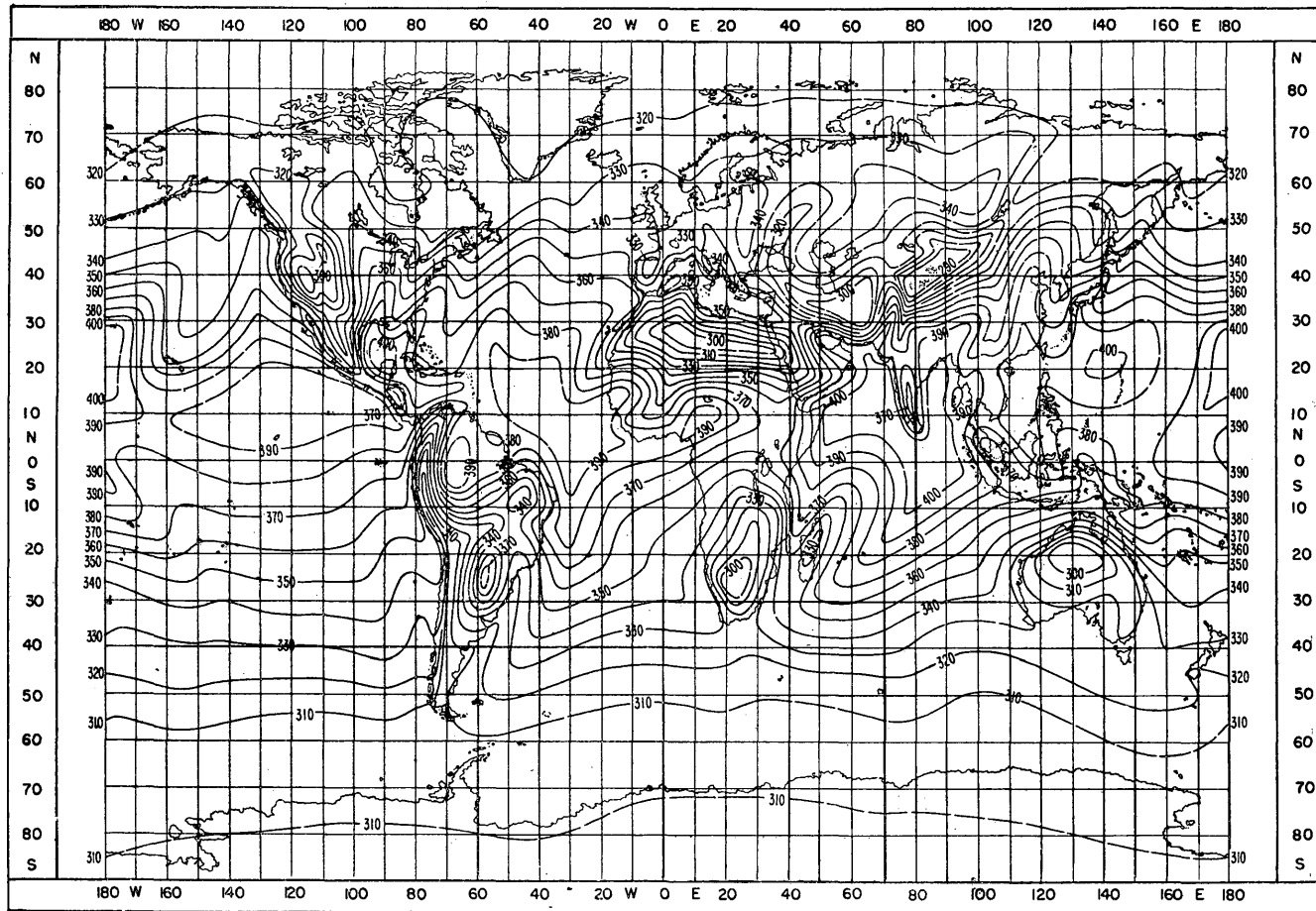


FIGURA 2
 Valor medio de N_0 en agosto

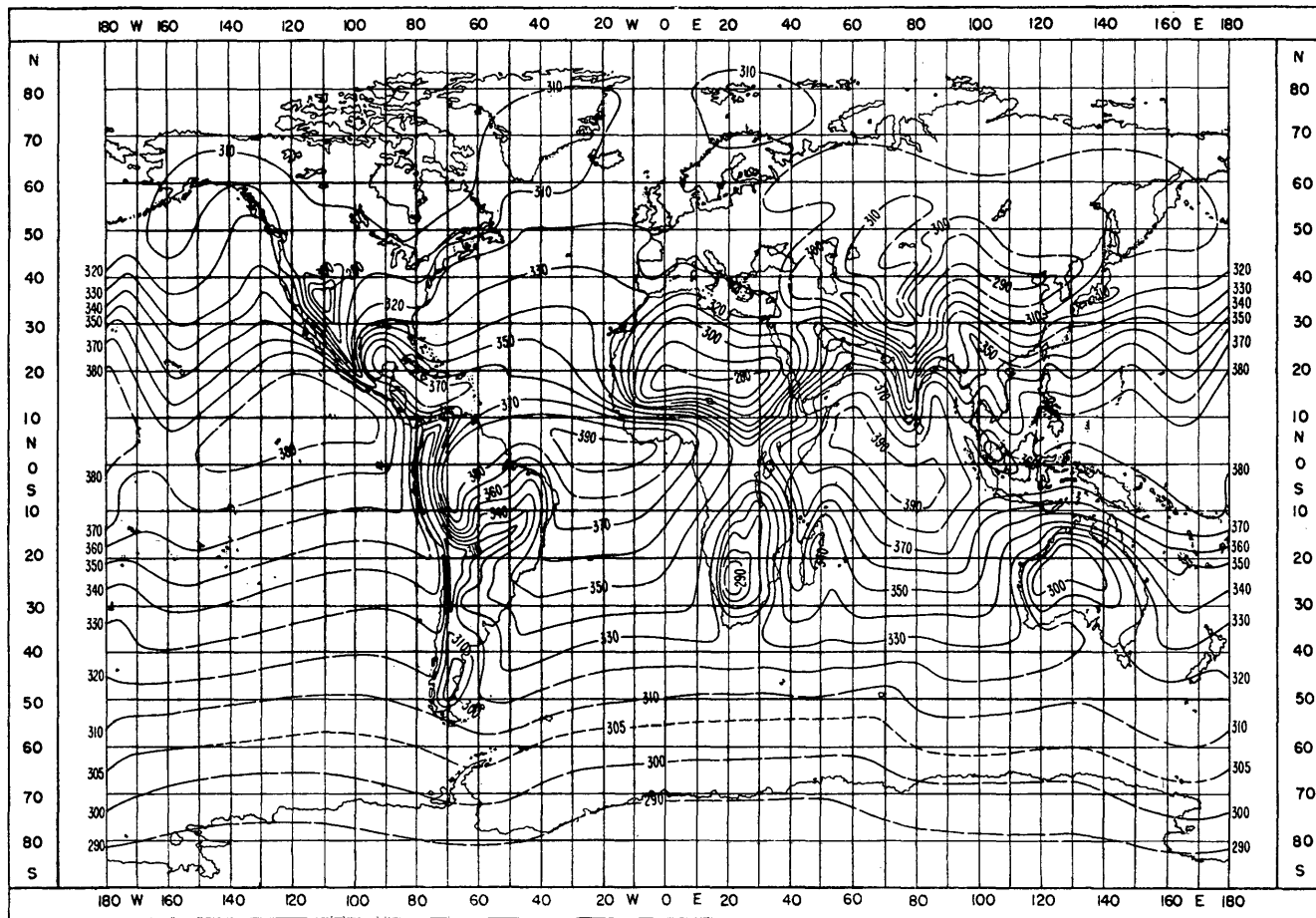


FIGURA 3
 Media mensual mínima de N_0 durante un año

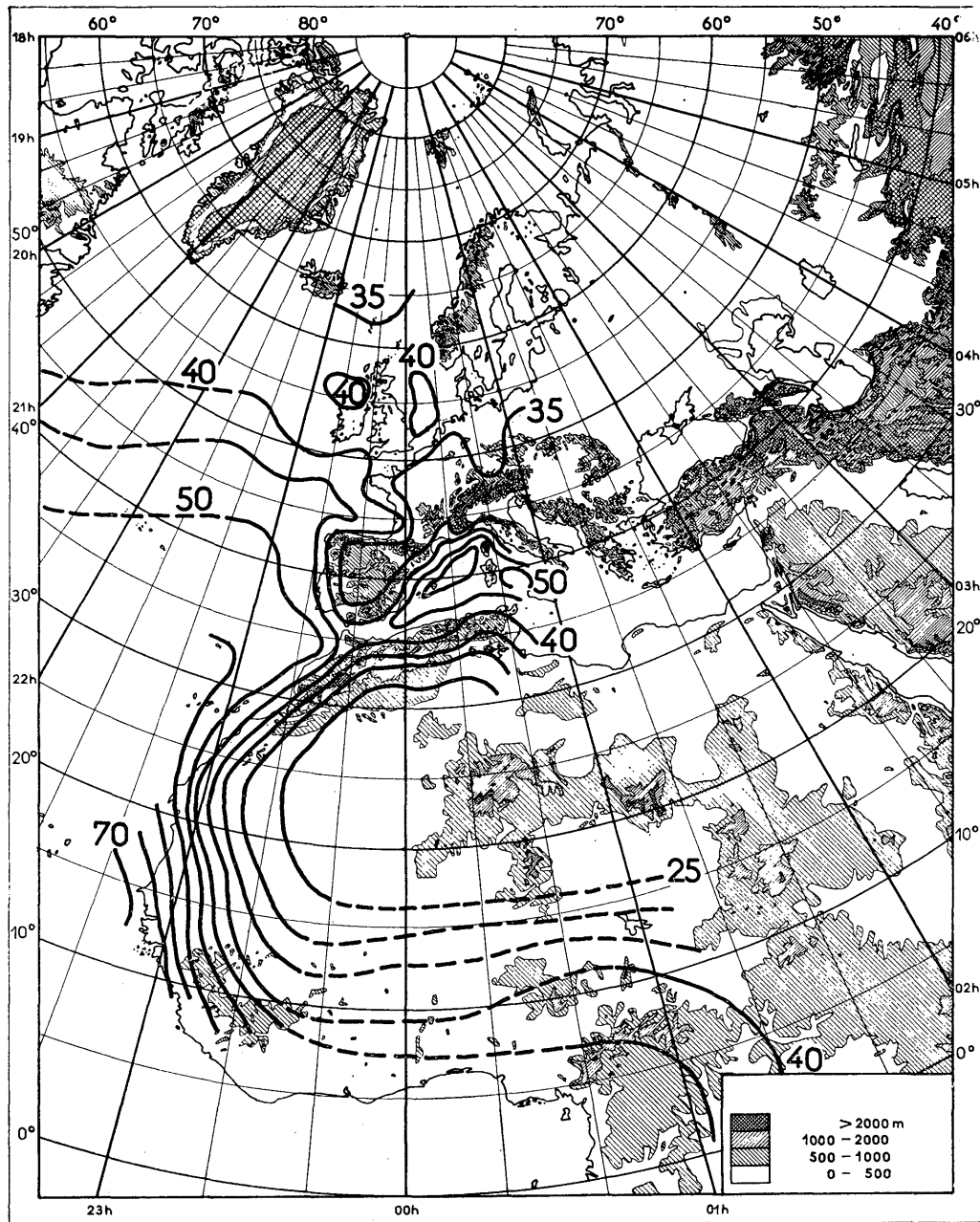


FIGURA 4

Mapa iso.— ΔN ; sector Europa-Africa, febrero, 02.00 h. T. U.

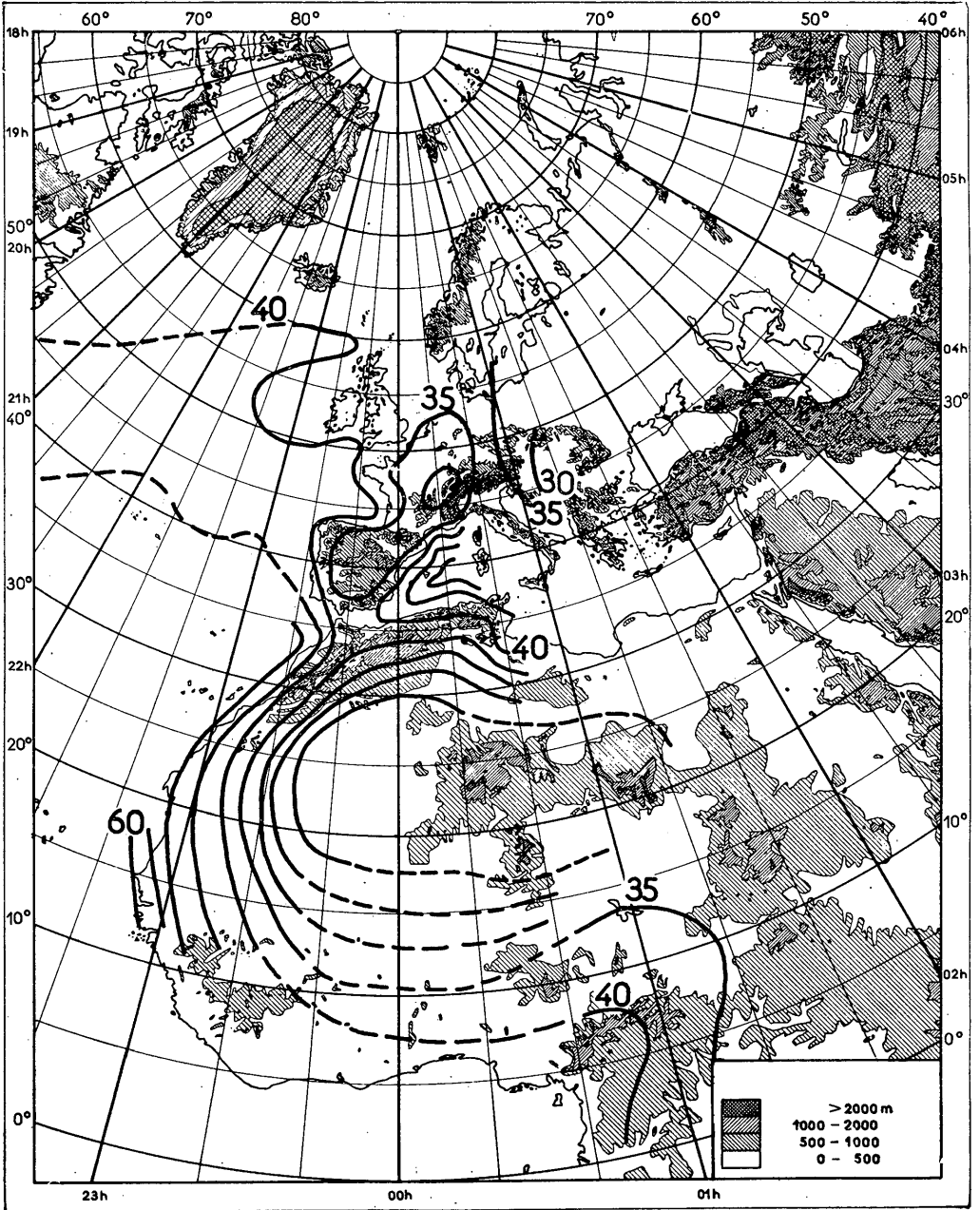


FIGURA 5

Mapa iso.— ΔN ; sector Europa-Africa, febrero, 14.00 h. T. U.

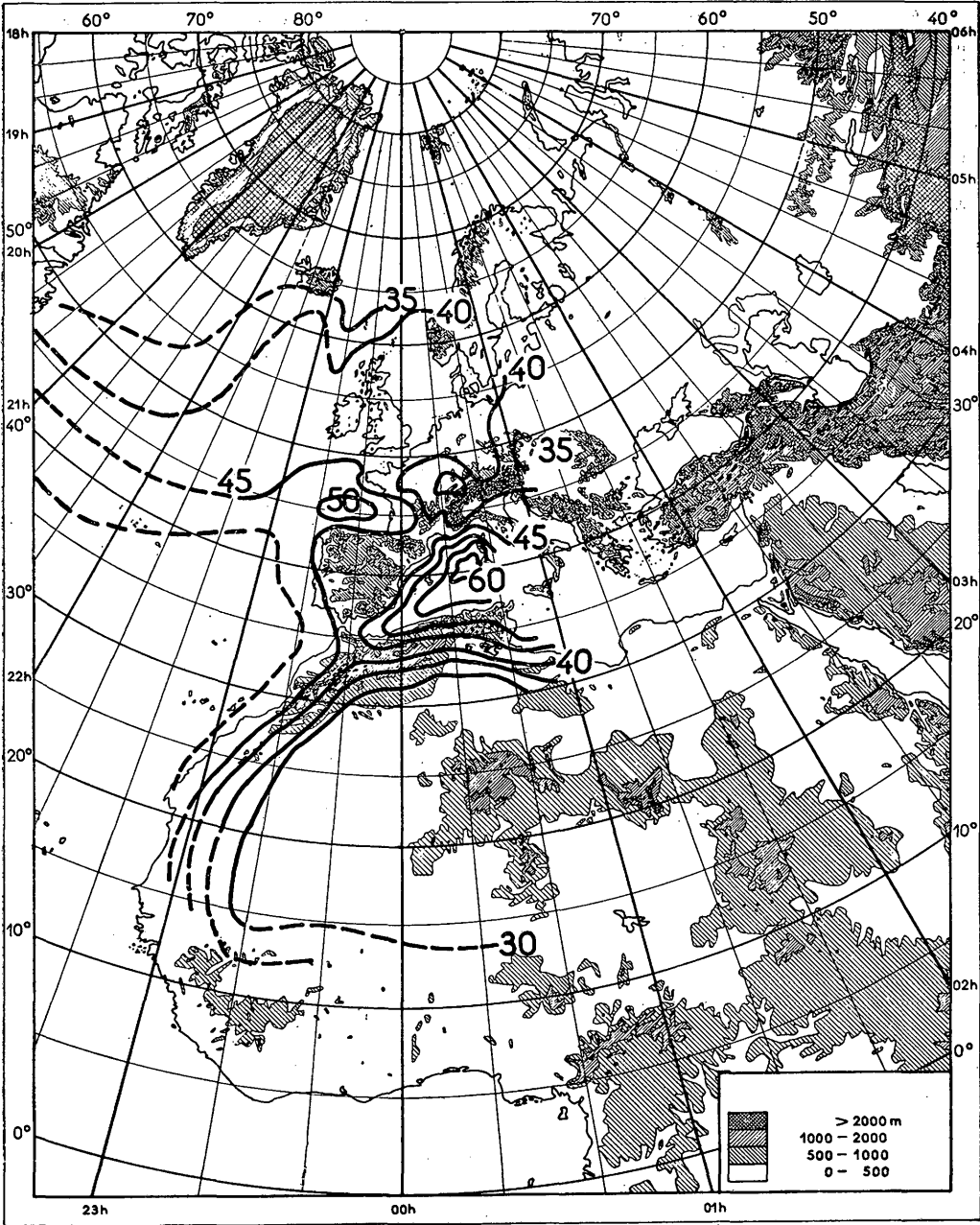


FIGURA 6

Mapa iso.— ΔN ; sector Europa-Africa, mayo, 02.00 h. T. U.

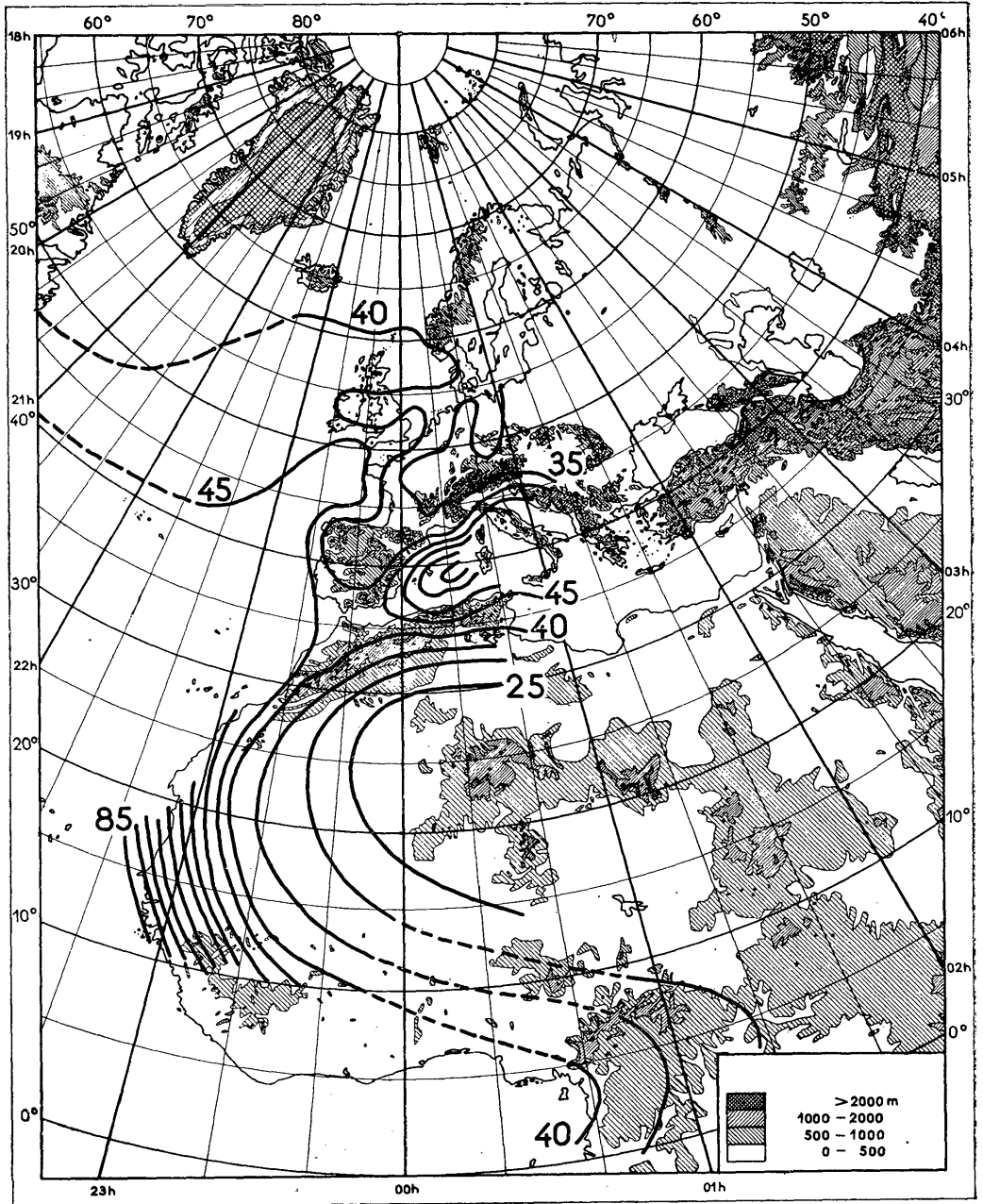


FIGURA 7

Mapa iso.— ΔN ; sector Europa-Africa, mayo, 14.00 h. T. U.



FIGURA 8

Mapa iso.— ΔN ; sector Europa-Africa, agosto, 02.00 h. T. U.

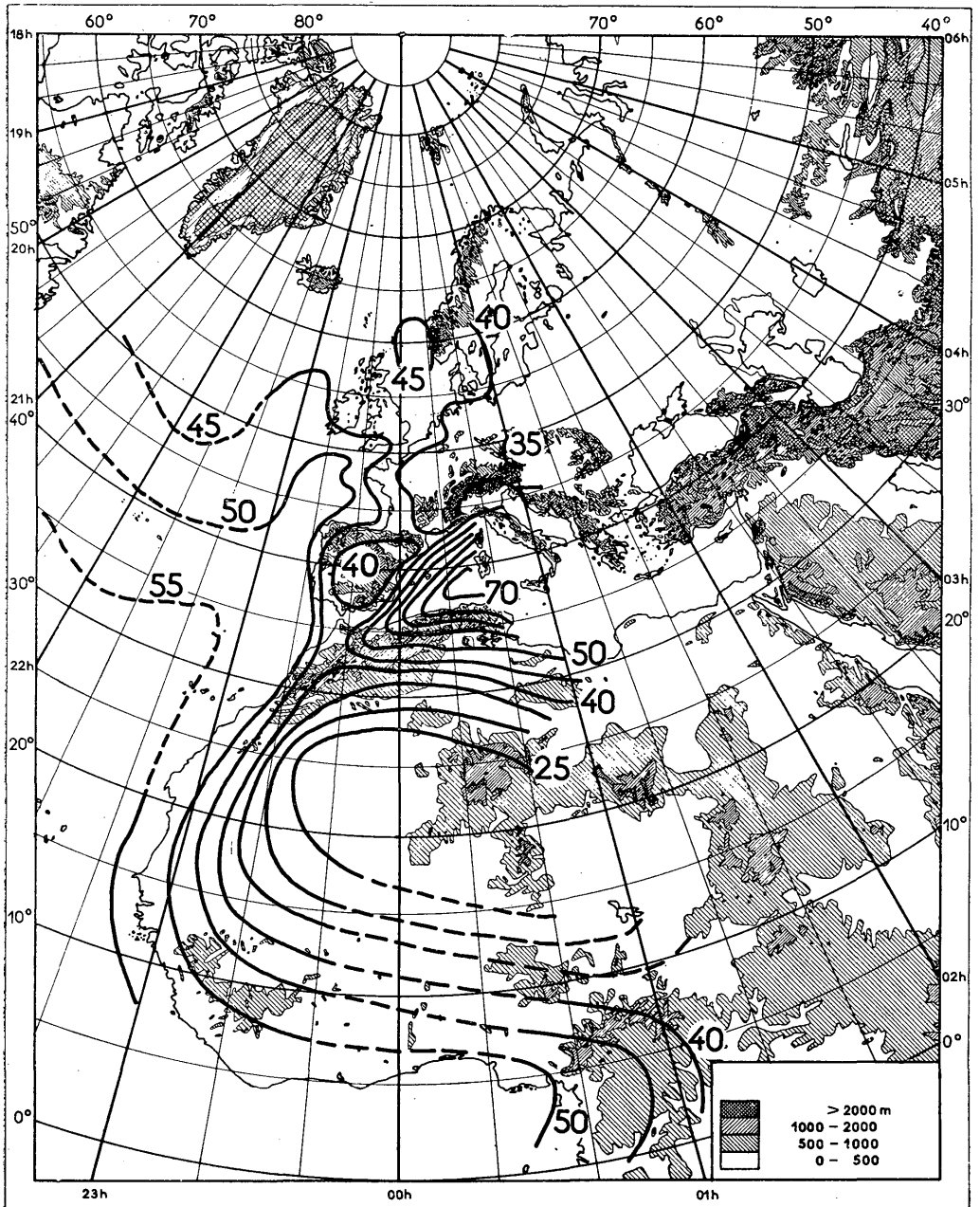


FIGURA 9

Mapa iso.— ΔN ; sector Europa-Africa, agosto, 14.00 h. T. U.

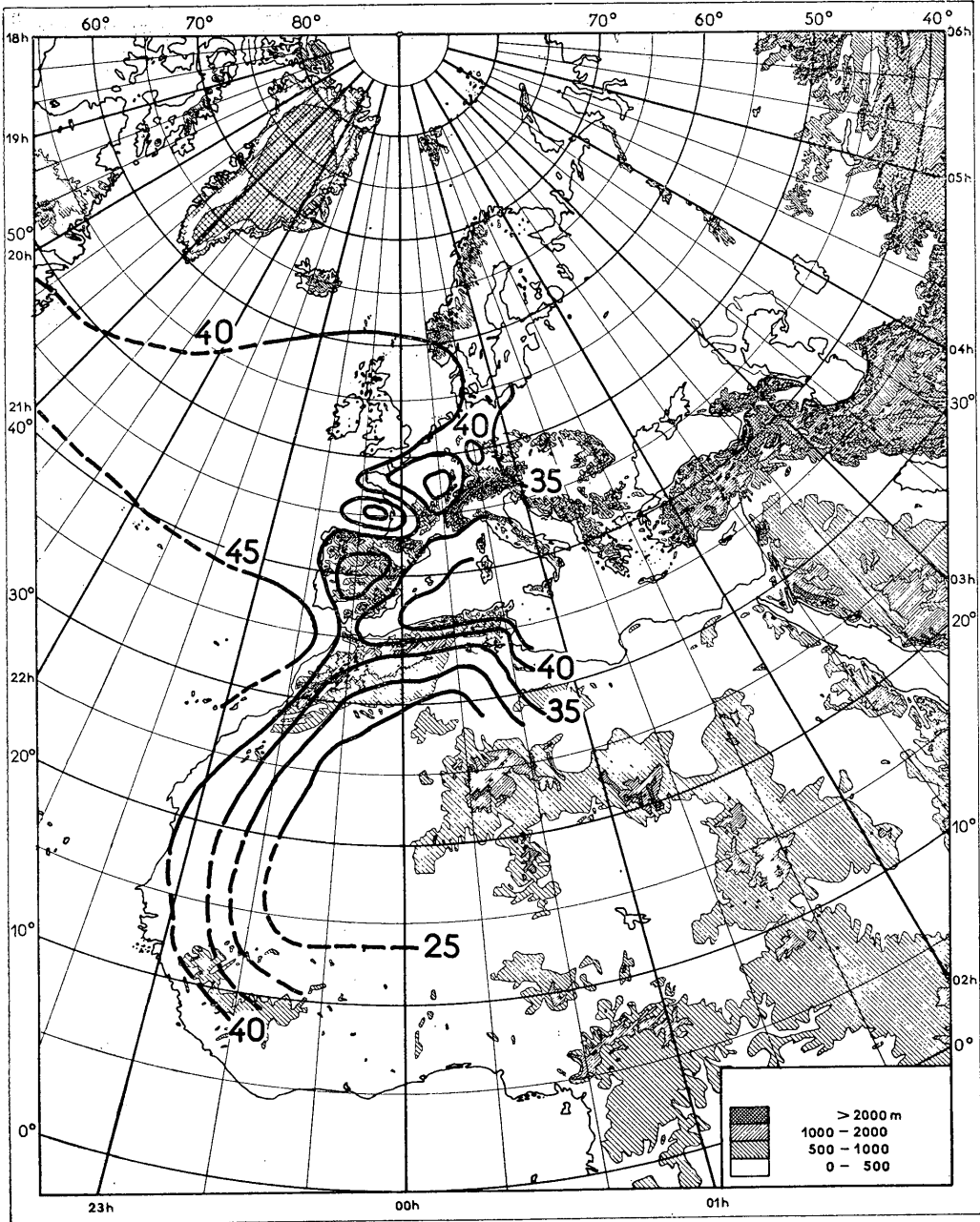


FIGURA 10

Mapa iso.— ΔN ; Sector Europa-Africa, noviembre, 02.00 h. T. U.

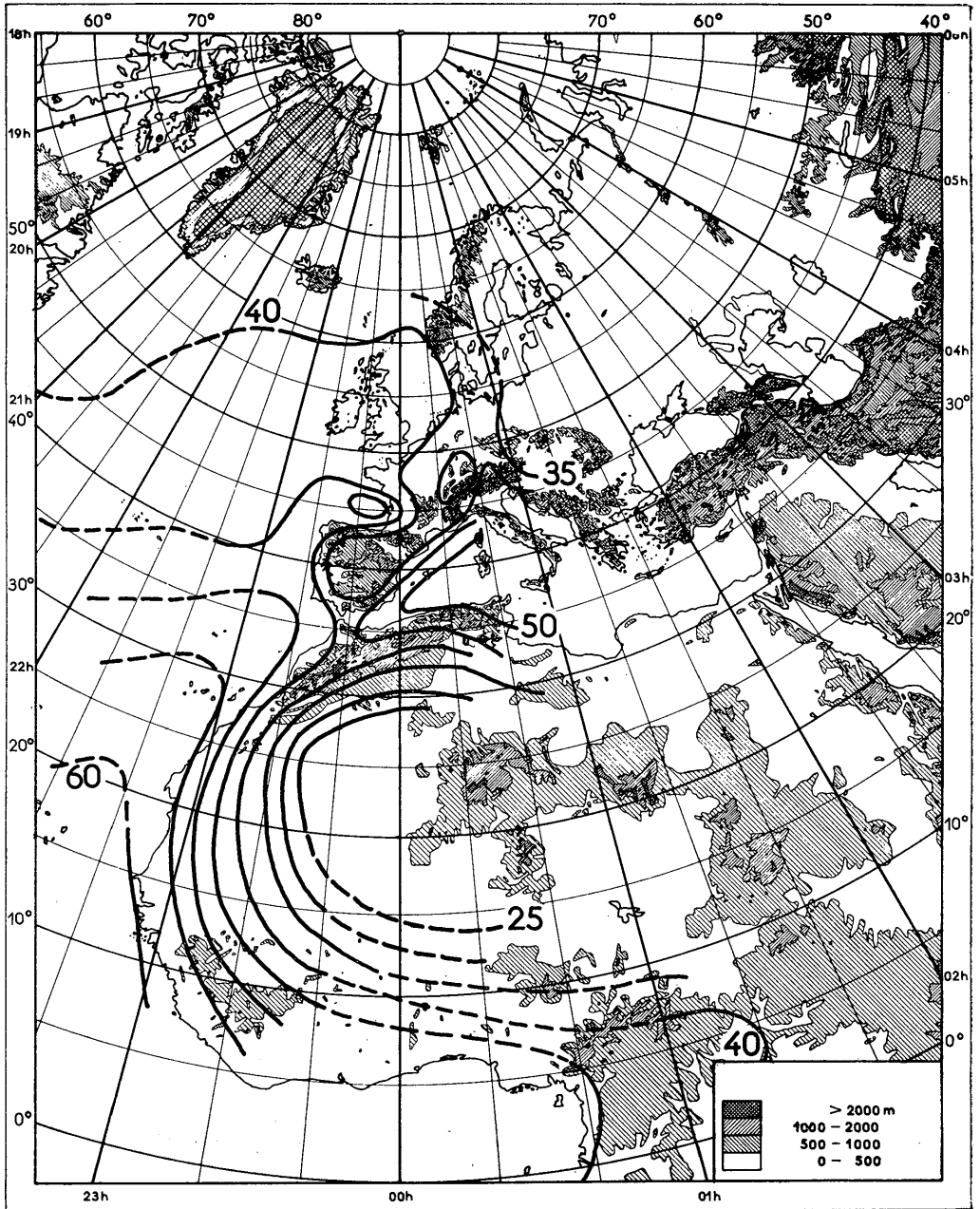


FIGURA 11

Mapa iso.— ΔN ; Sector Europa-Africa, noviembre, 14.00 h. T. U.

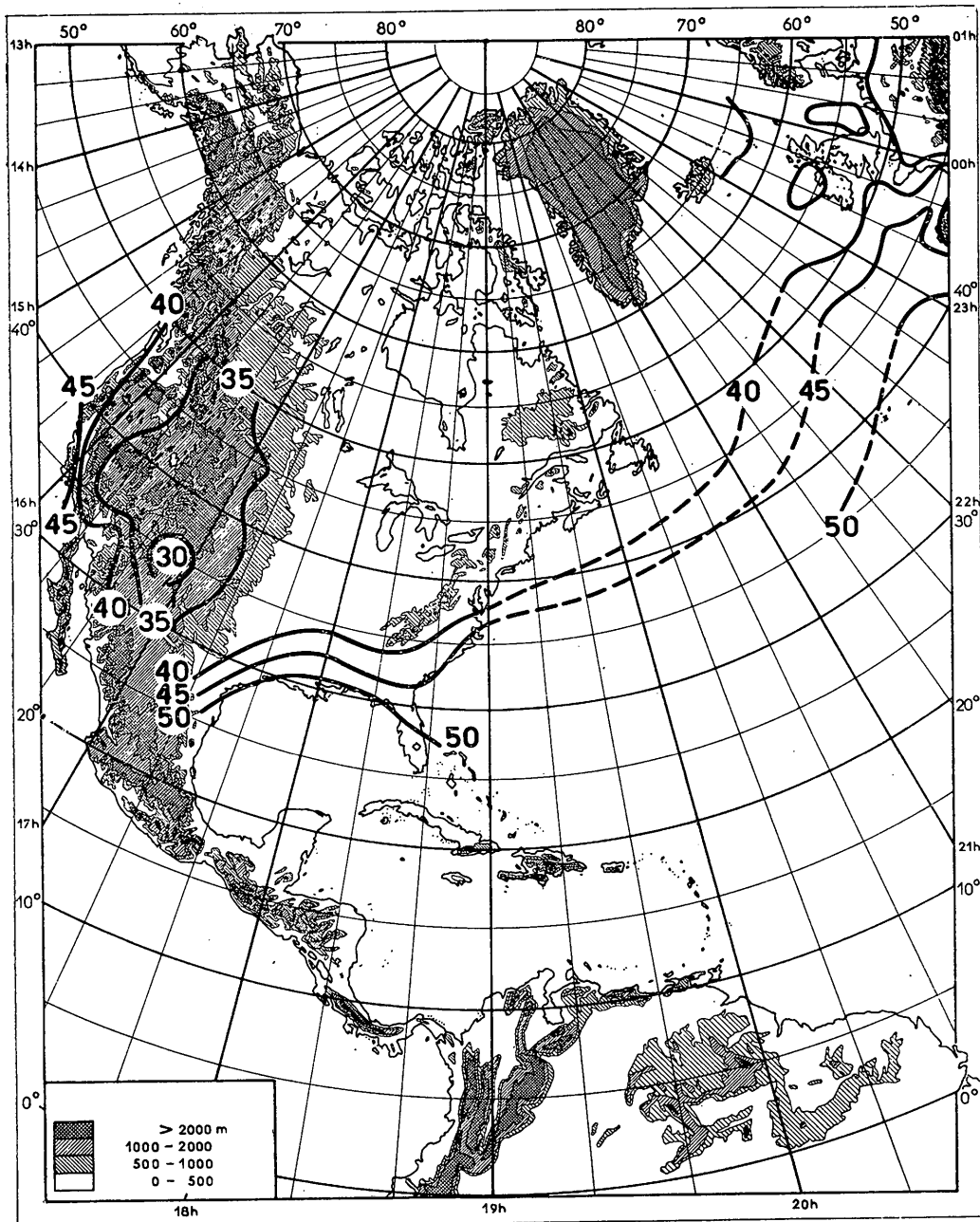


FIGURA 12

Mapa iso.— ΔN ; Sector América, febrero, 03.00 h. T. U.



FIGURA 13

Mapa iso.— ΔN ; Sector América, febrero, 15.00 h. T. U.



FIGURA 14

Mapa iso.— ΔN ; Sector América, mayo, 03.00 h. T. U.

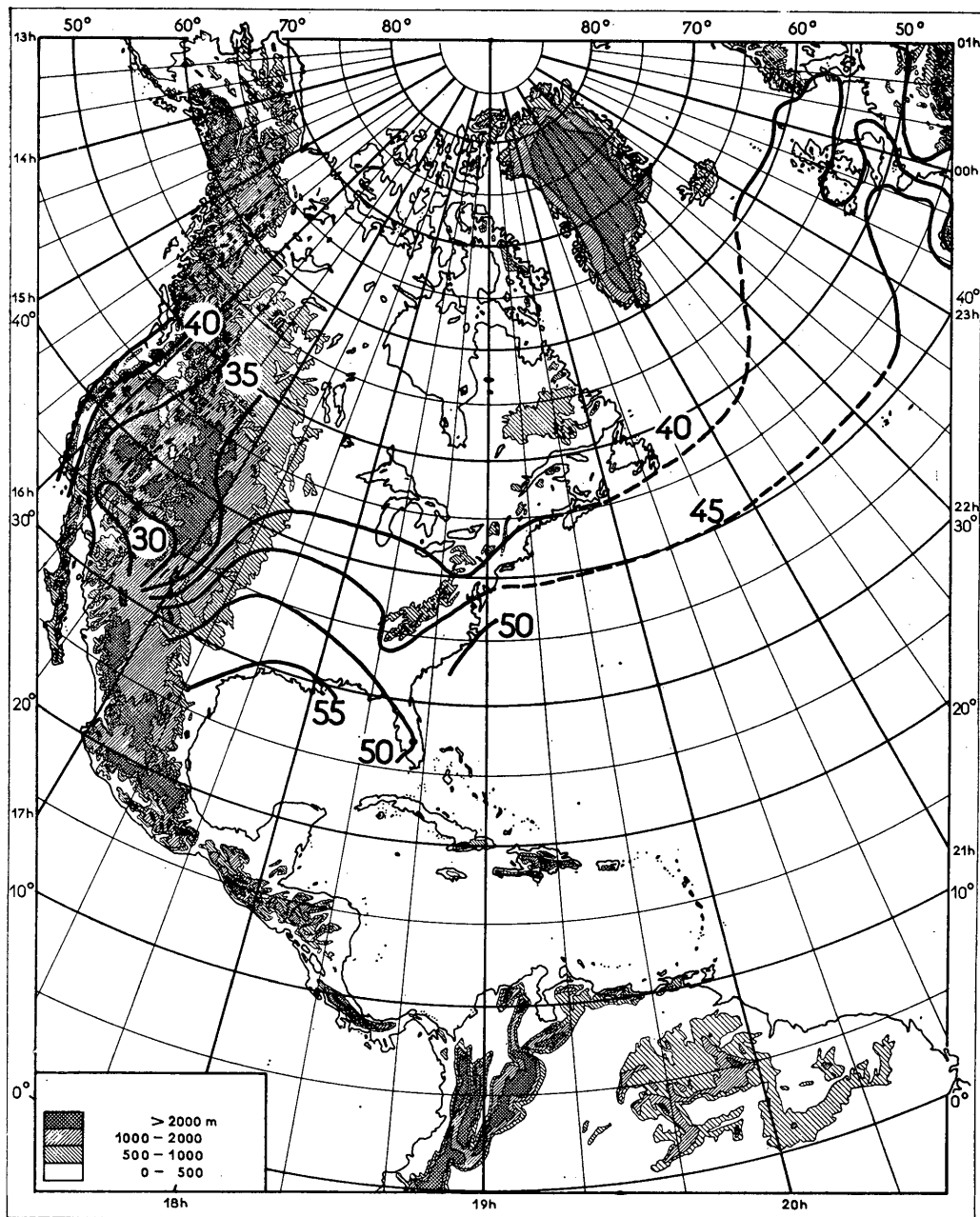


FIGURA 15

Mapa iso.— ΔN ; Sector América, mayo, 13.00 h. T. U.

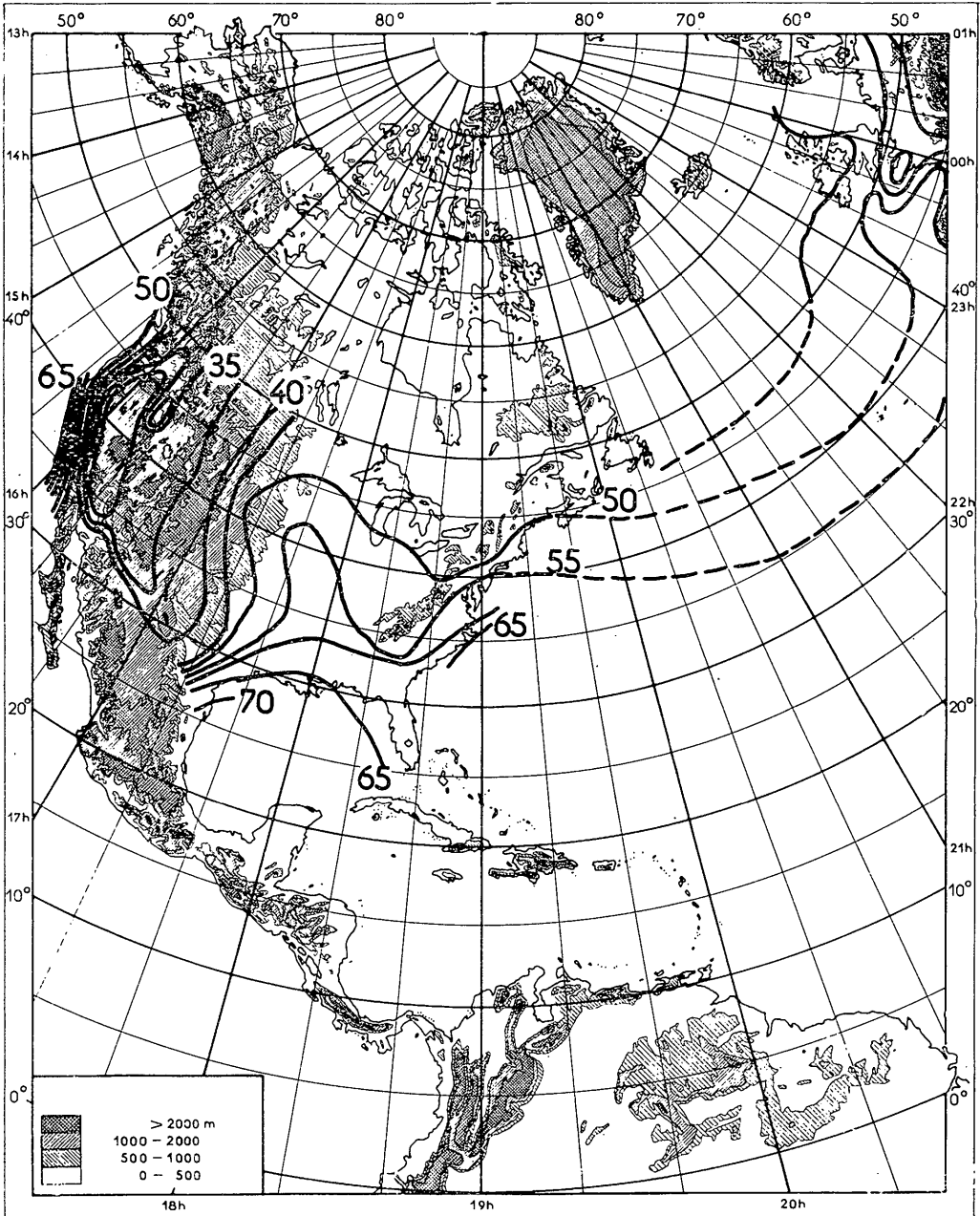


FIGURA 16

Mapa iso.— ΔN ; Sector América, agosto, 03.00 h. T. U.

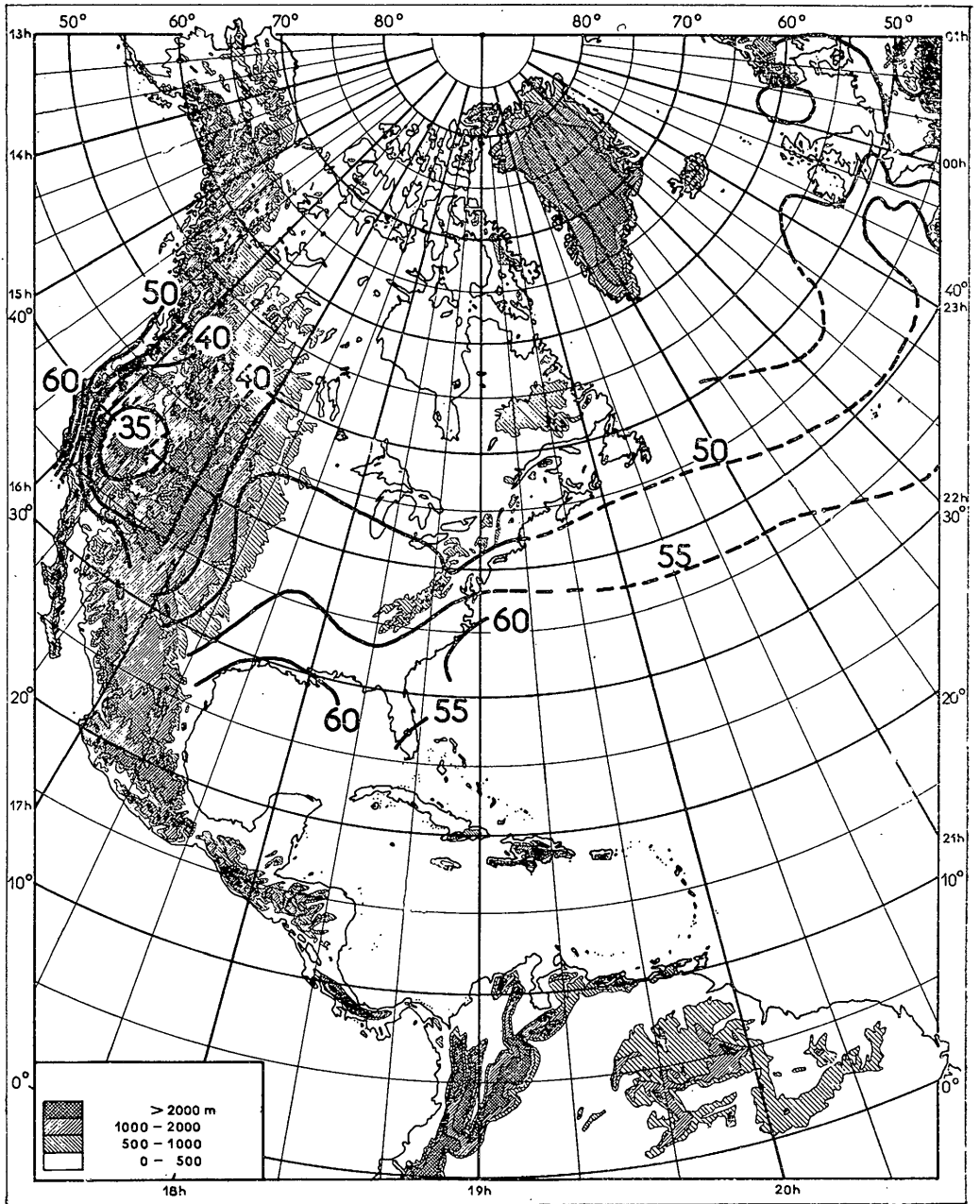


FIGURA 17

Mapa iso.—ΔN; Sector América, agosto, 15.00 h. T. U.

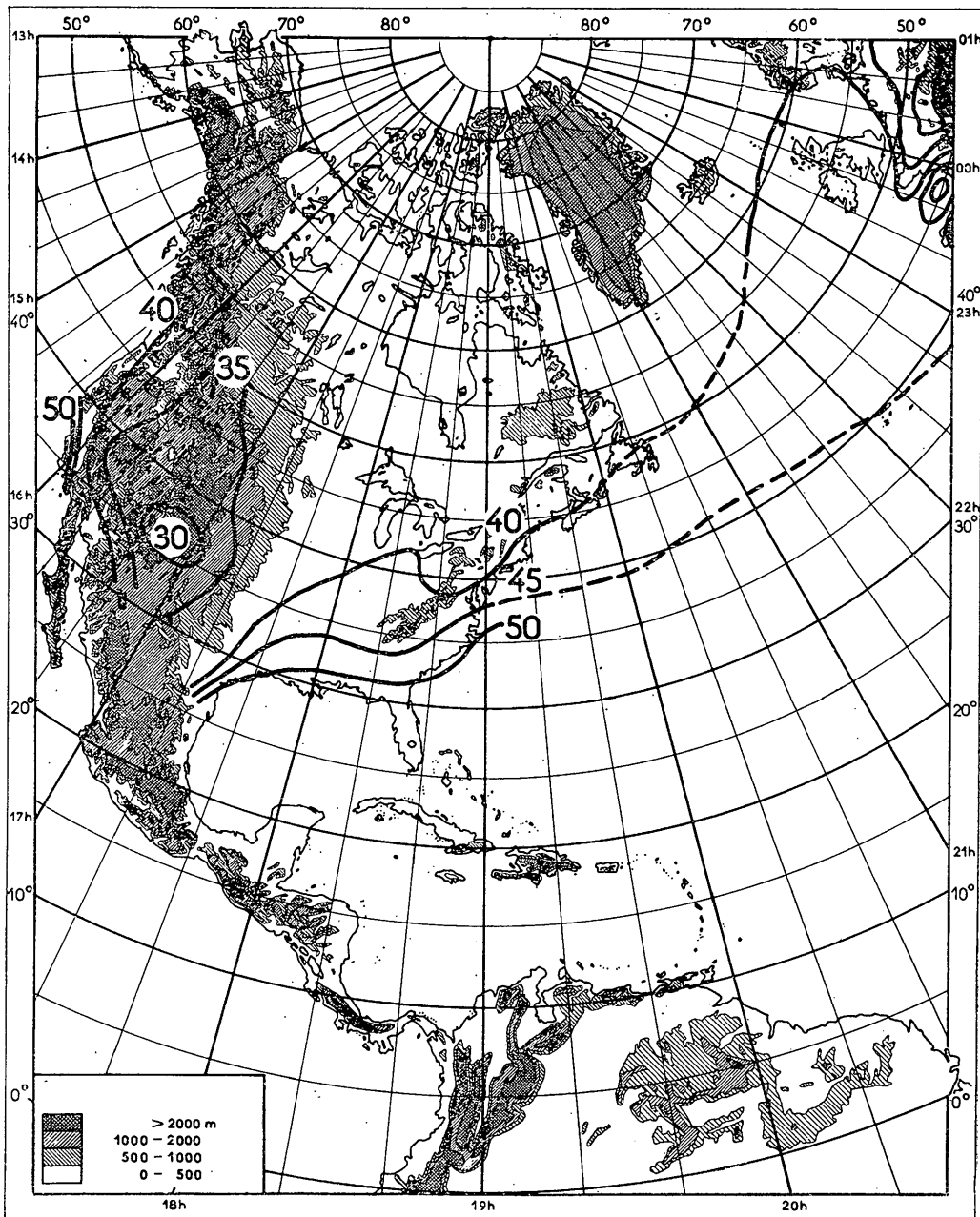


FIGURA 18

Mapa iso.— ΔN ; Sector América, noviembre, 03.00 h. T. U.

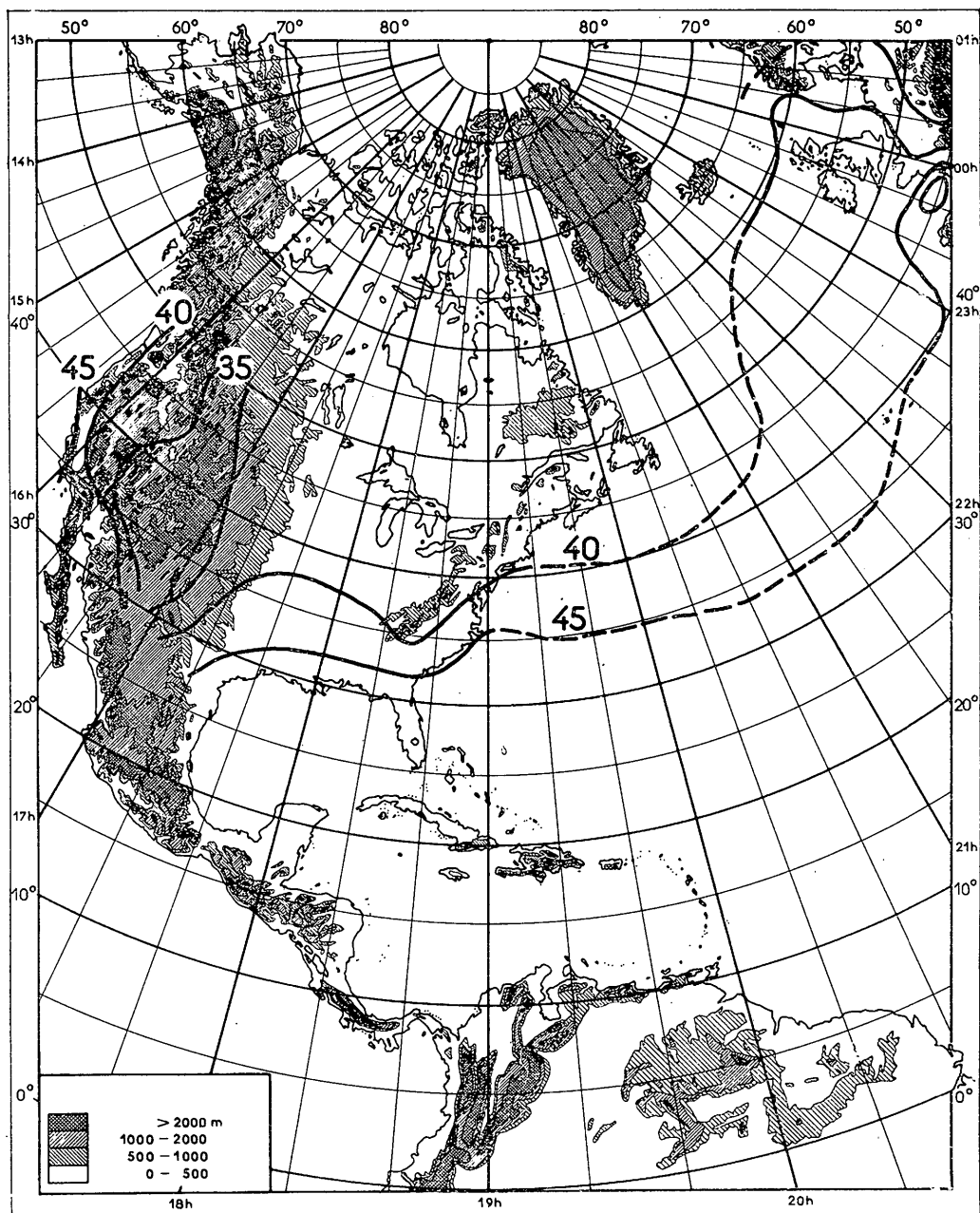


FIGURA 19

Mapa iso.— ΔN ; Sector América, noviembre, 15.00 h. T. U.

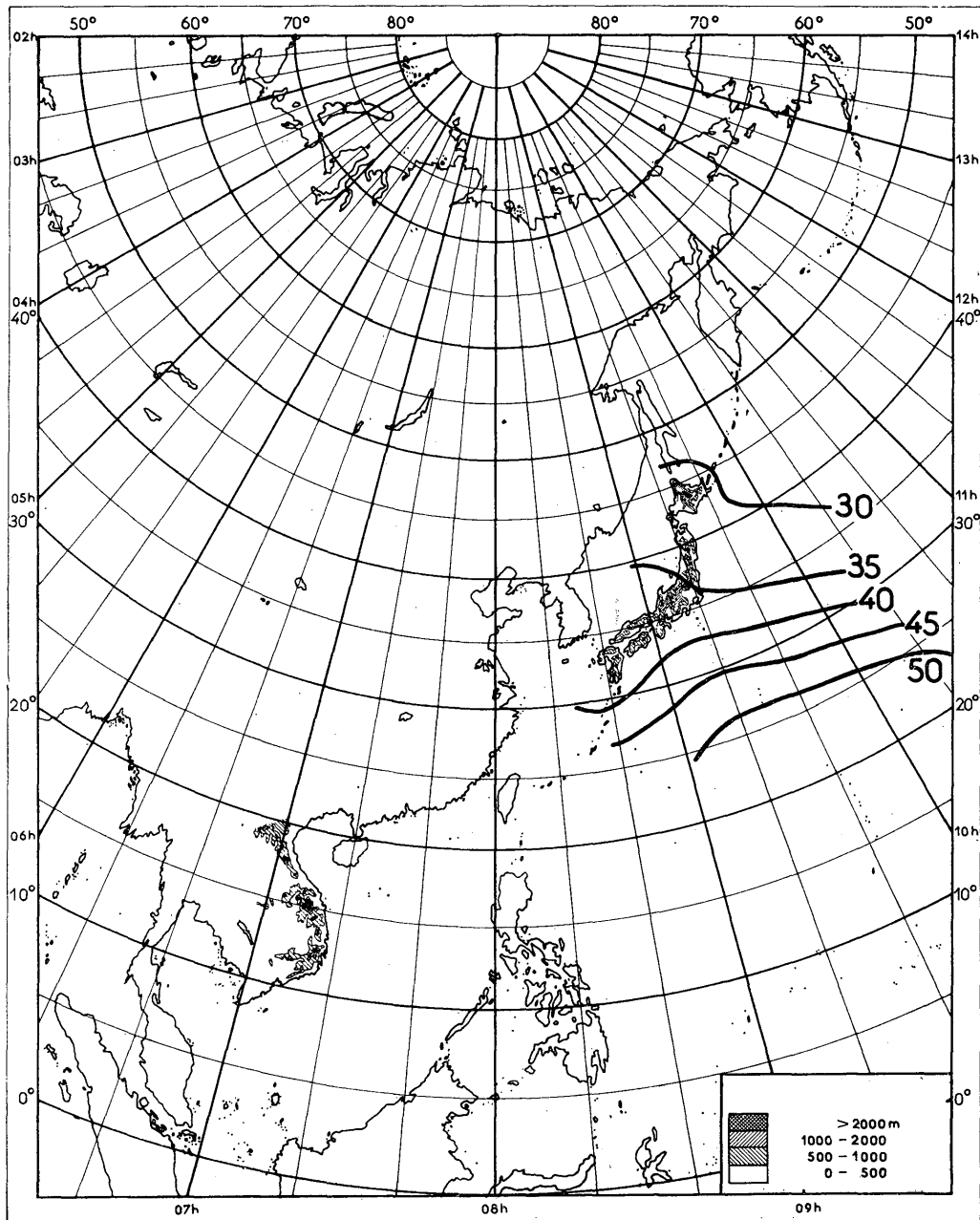


FIGURA 20

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacífico, febrero, 03.00 h. T. U.

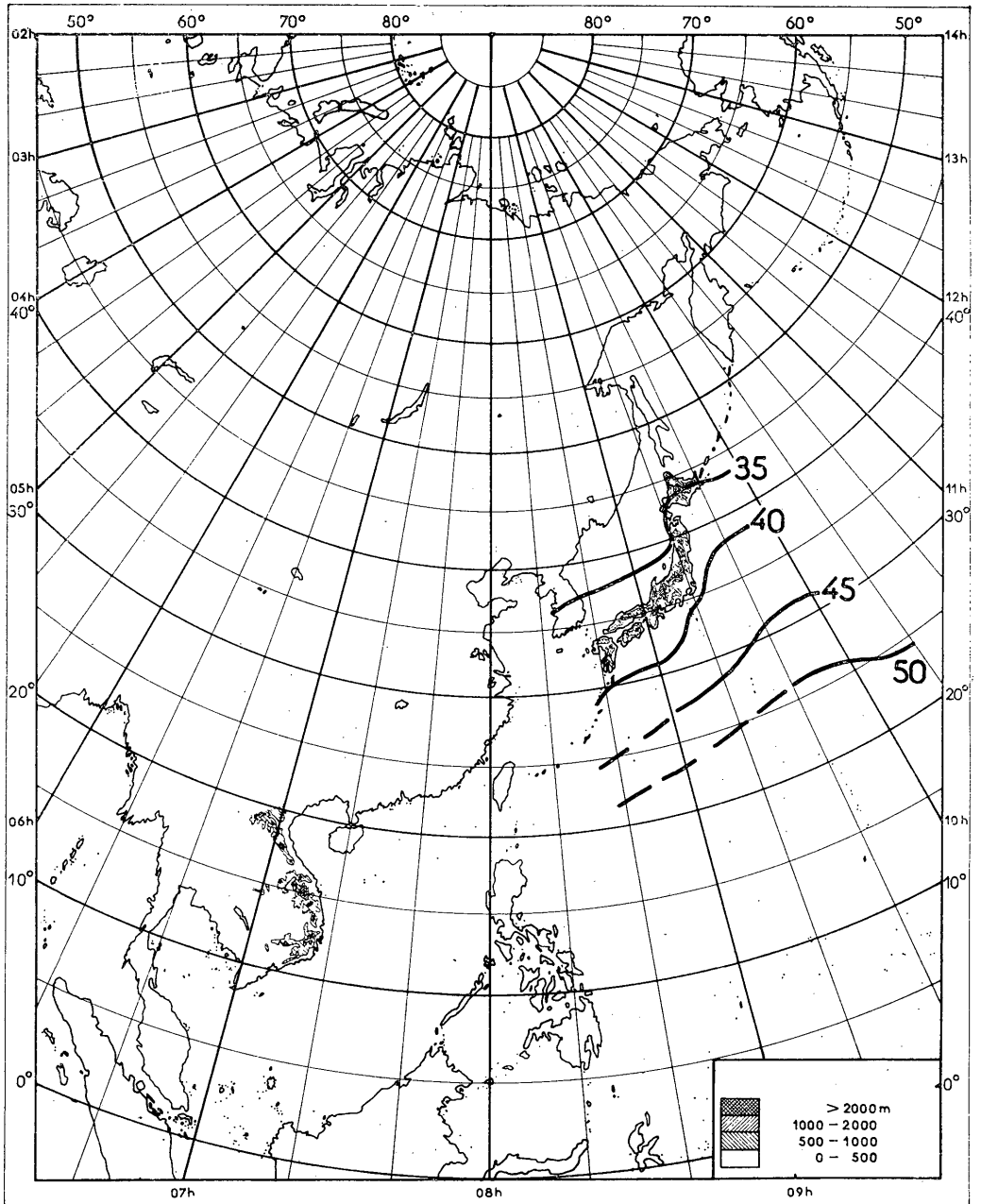


FIGURA 21

Mapa iso.—ΔN; Sector Pacífico, febrero, 15.00 h. T. U.

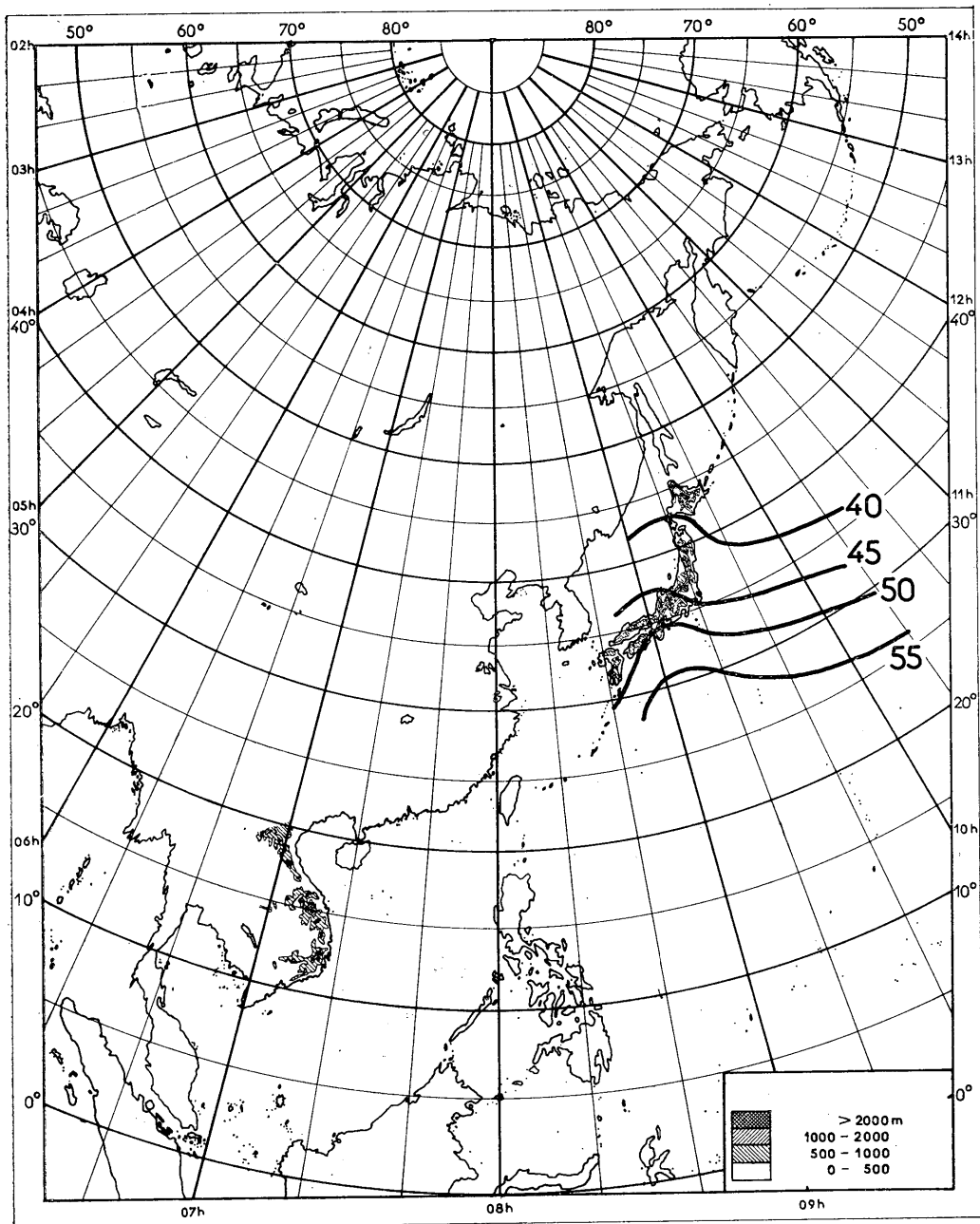


FIGURA 22

Mapa iso.—ΔN; Sector Pacífico, mayo, 03.00 h. T. U.

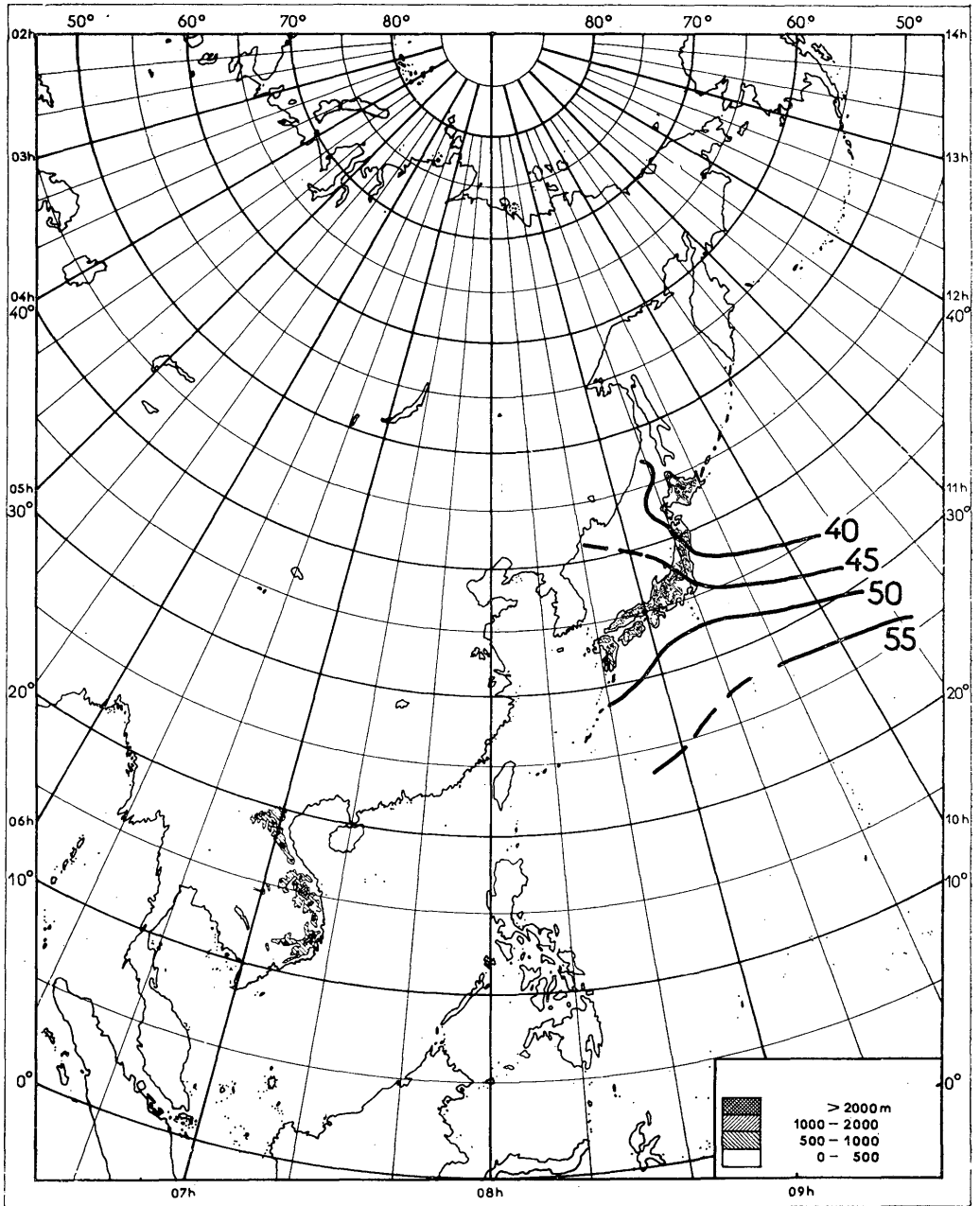


FIGURA 23

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacifico, mayo, 15.00 h. T. U.

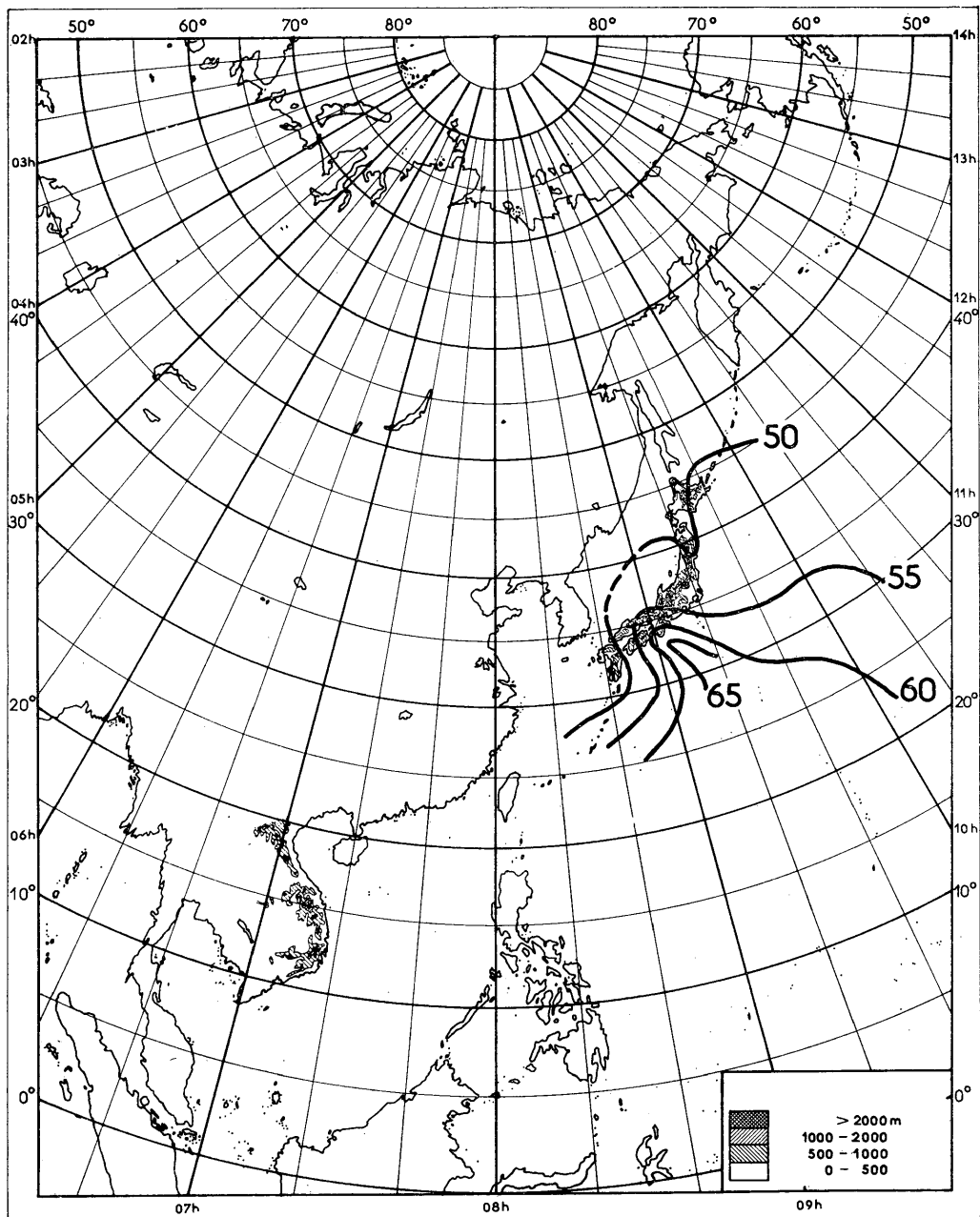


FIGURA 24

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacífico, agosto, 03.00 h. T. U.

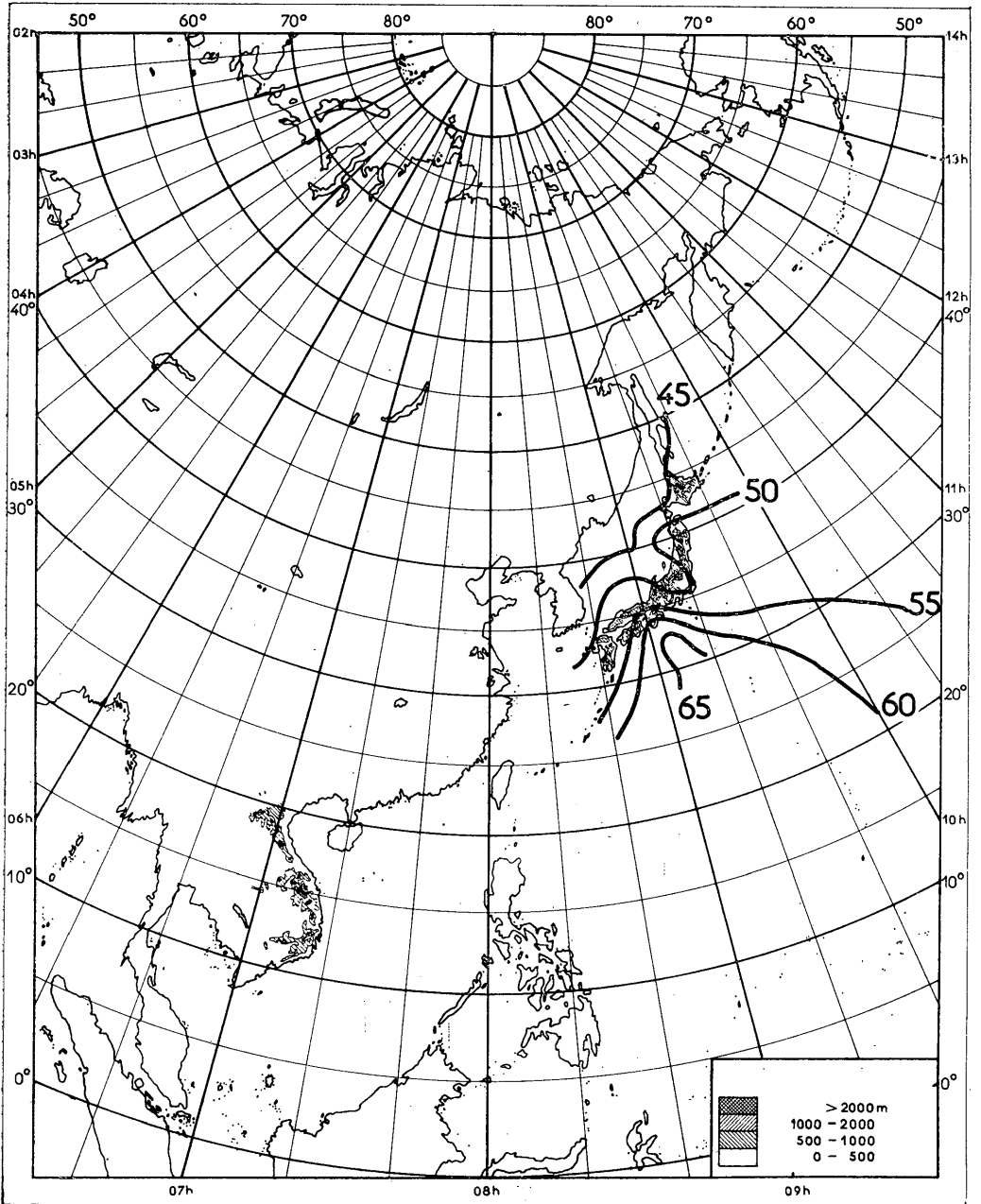


FIGURA 25

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacifico, agosto, 15.00 h. T. U.

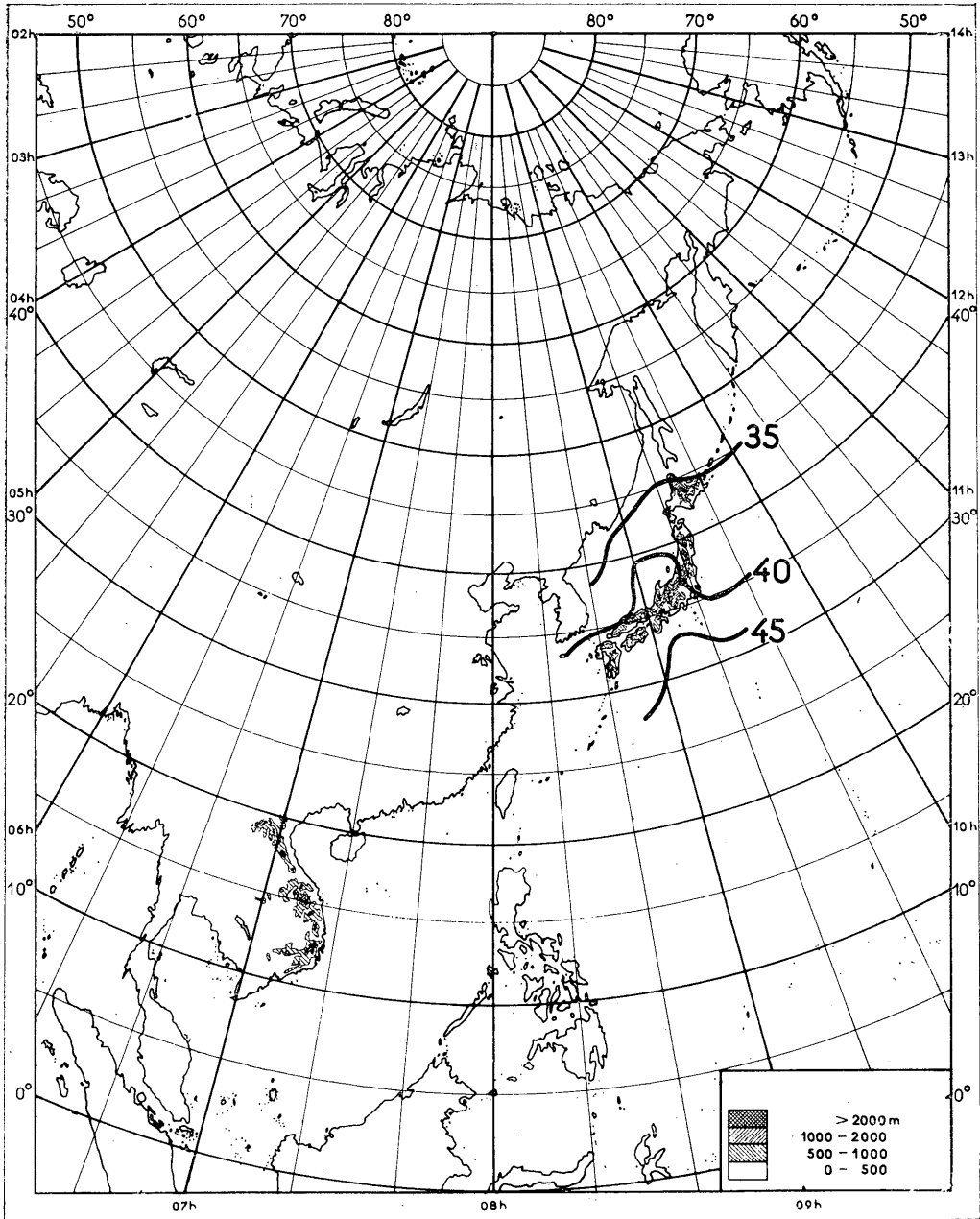


FIGURA 26

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacifico, noviembre, 03.00 h. T. U

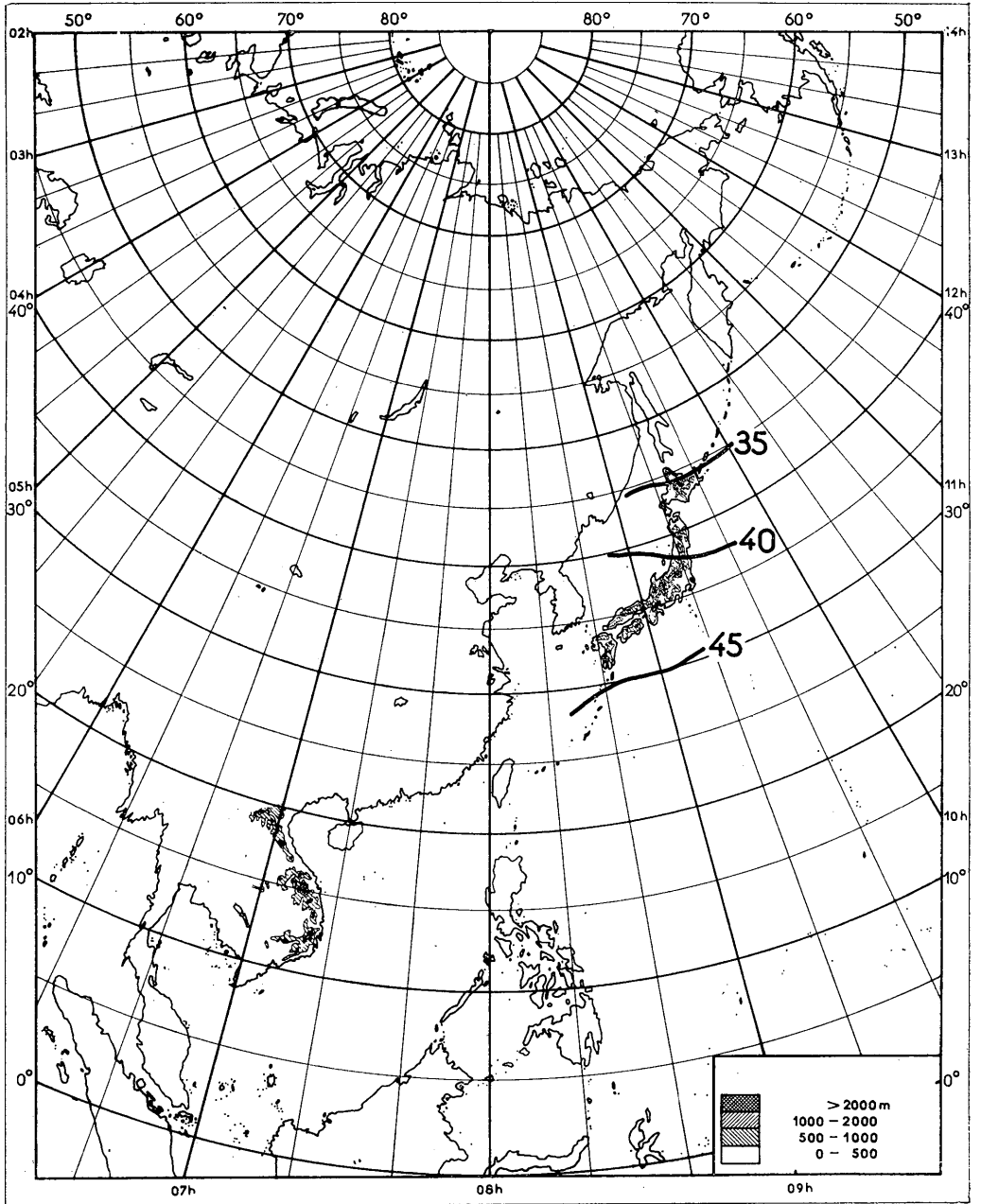


FIGURA 27

Mapa iso.—ΔN; Sector Pacífico Sur, noviembre, 15.00 h. T. U.

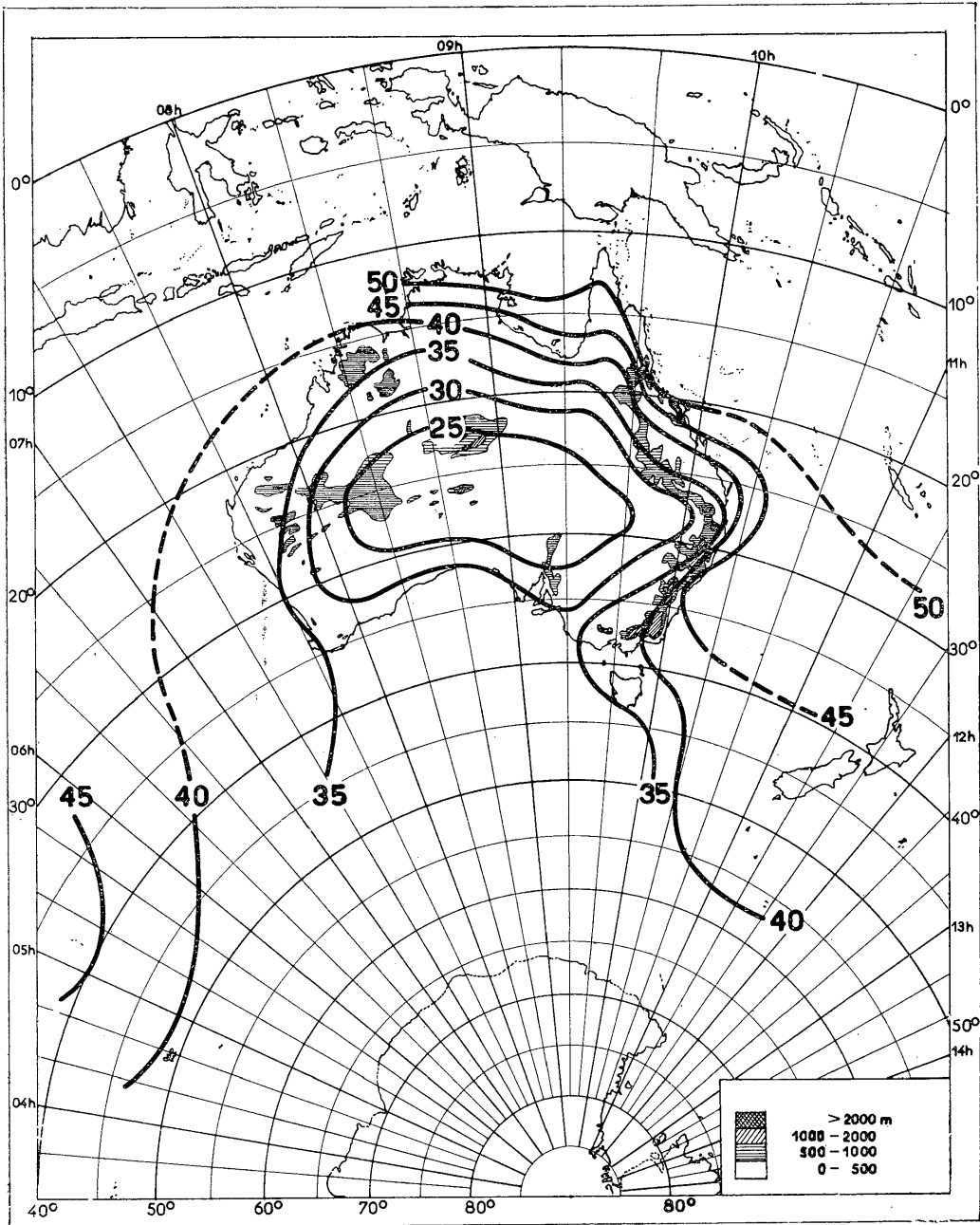


FIGURA 28

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacifico Sur, febrero, 04.00 h. T. U.

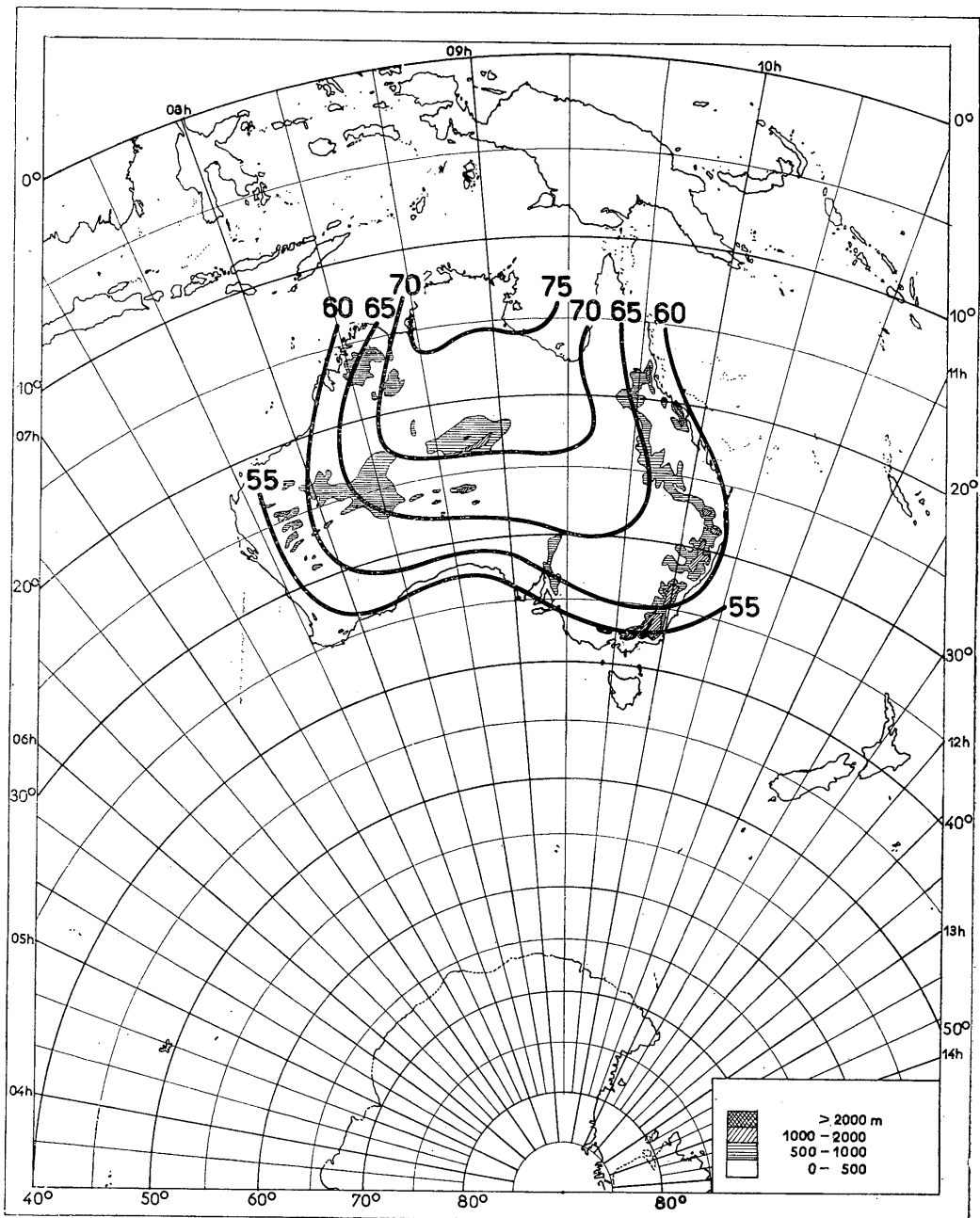


FIGURA 29

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacifico Sur, febrero, 16.00 h. T. U.

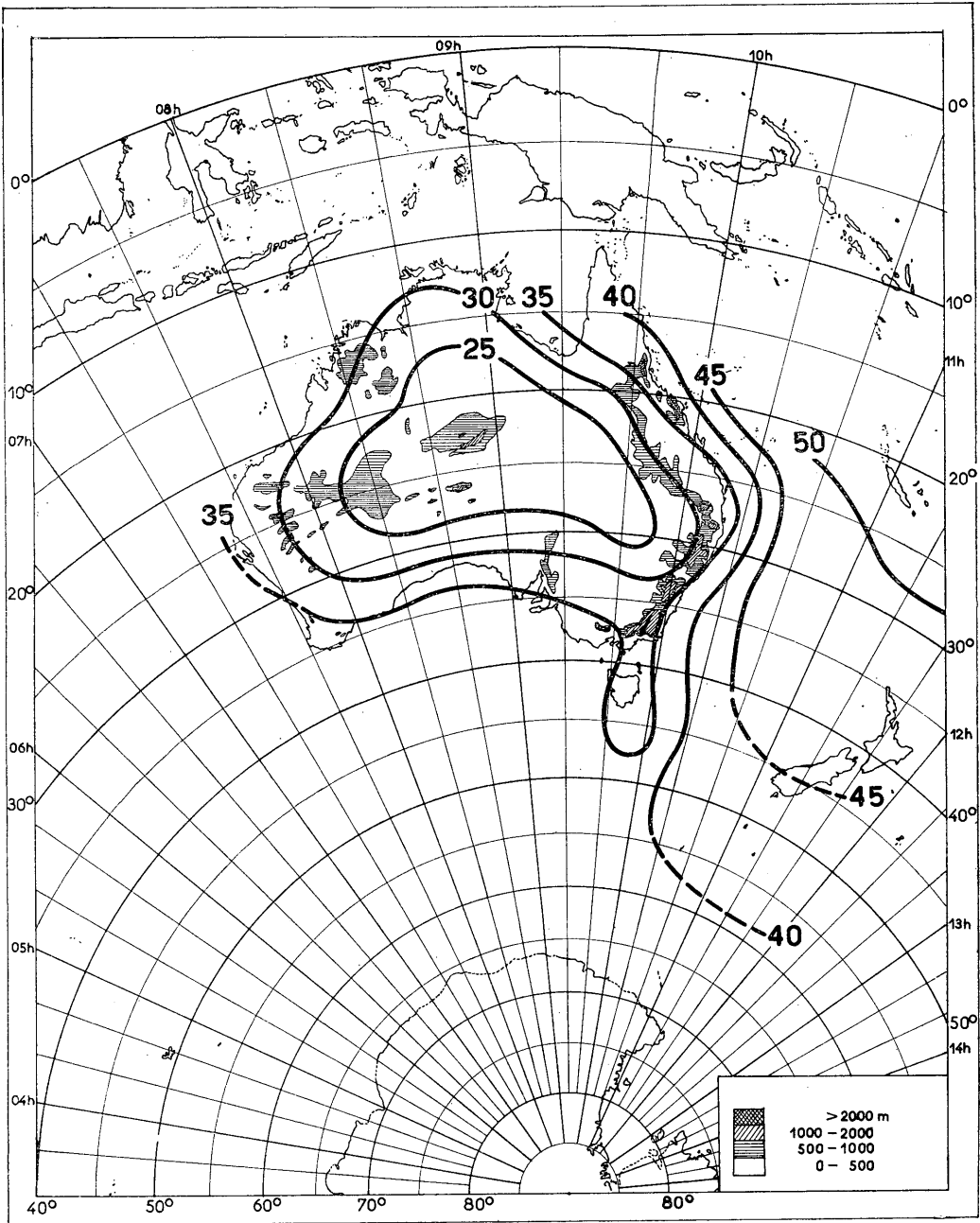


FIGURA 30

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacifico Sur, mayo, 04.00 h. T. U.

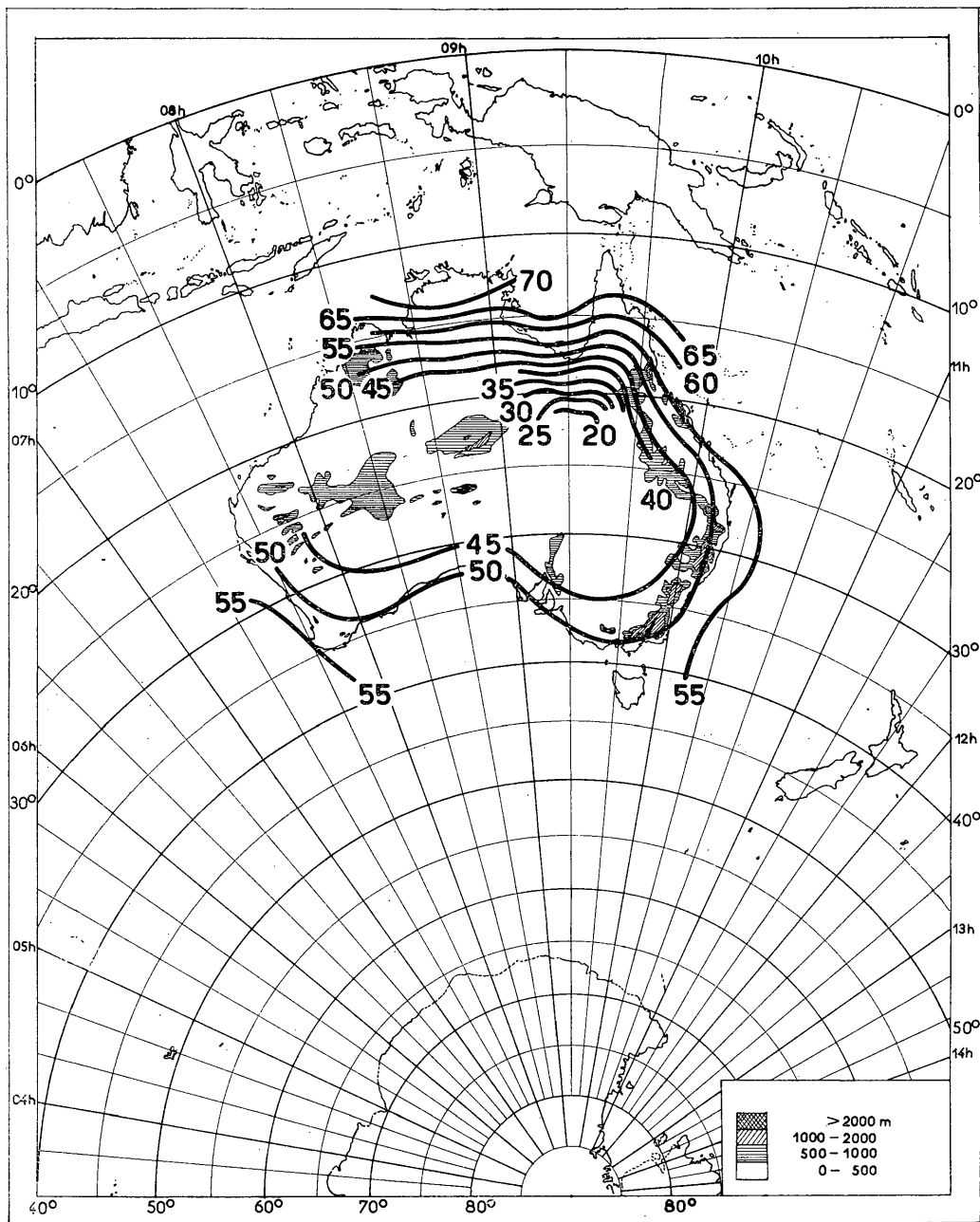


FIGURA 31

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacifico Sur, mayo, 16.00 h. T. U.

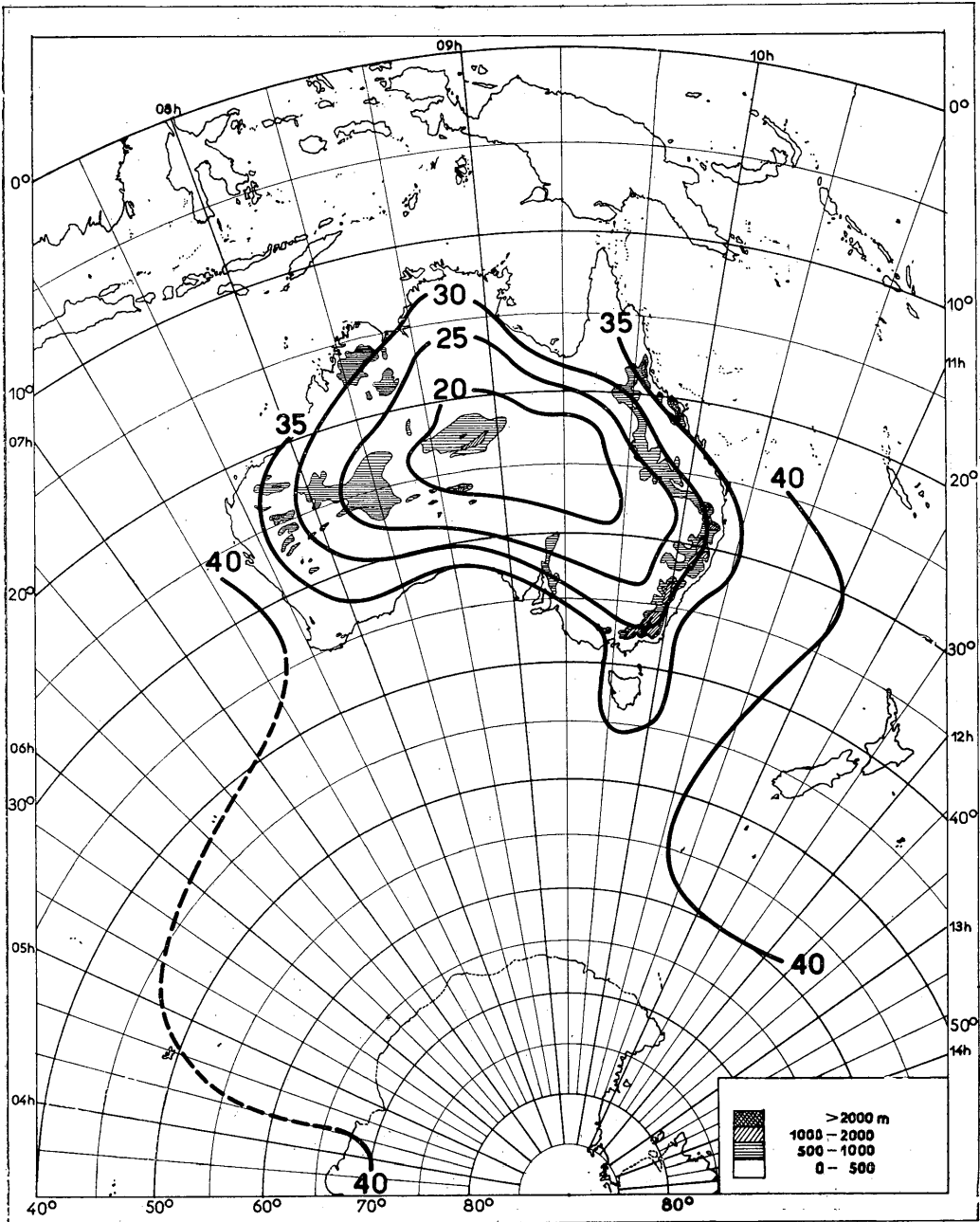


FIGURA 32

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacifico Sur, agosto, 04.00 h. T. U.

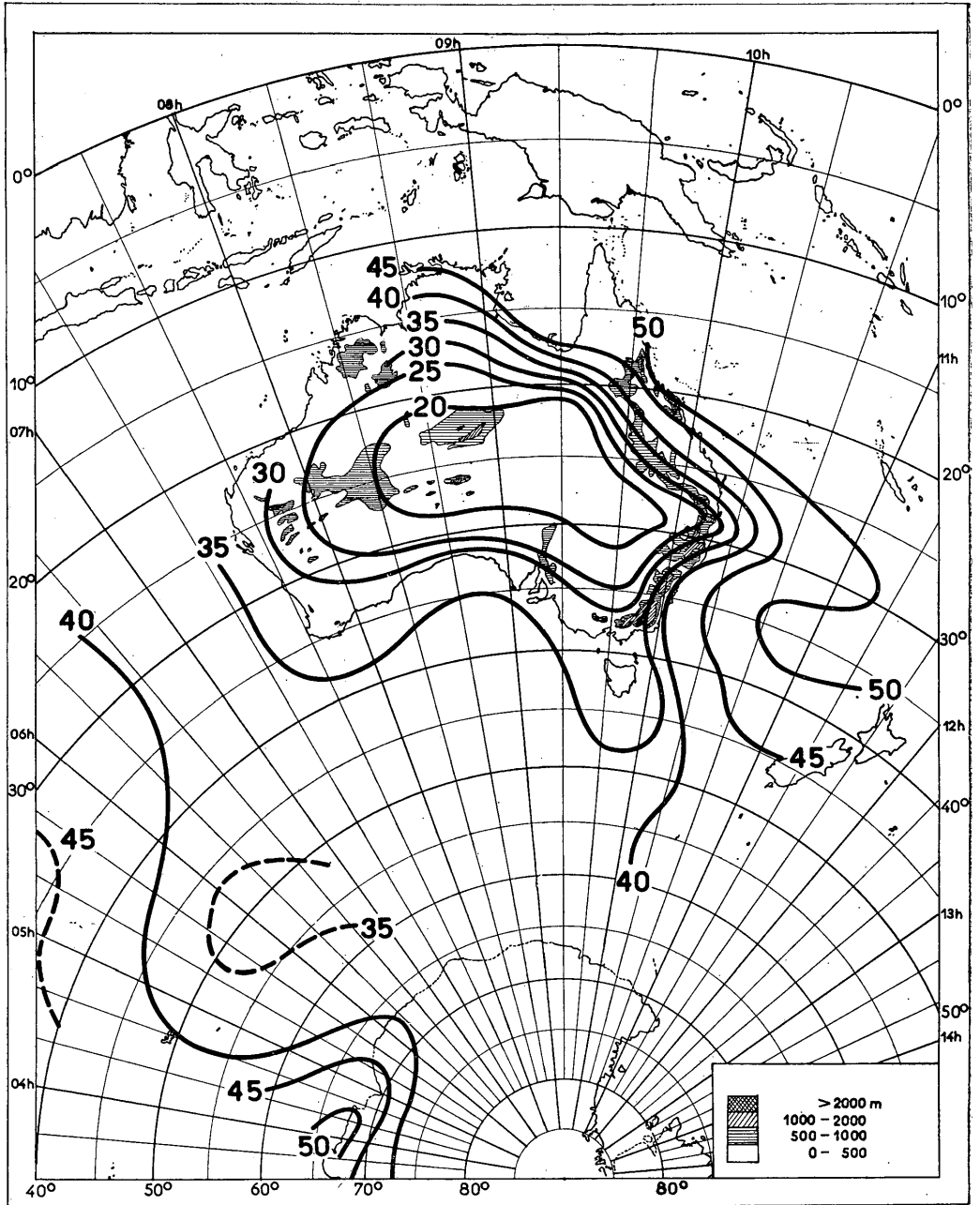


FIGURA 33

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacifico Sur, agosto, 16.00 h. T. U.

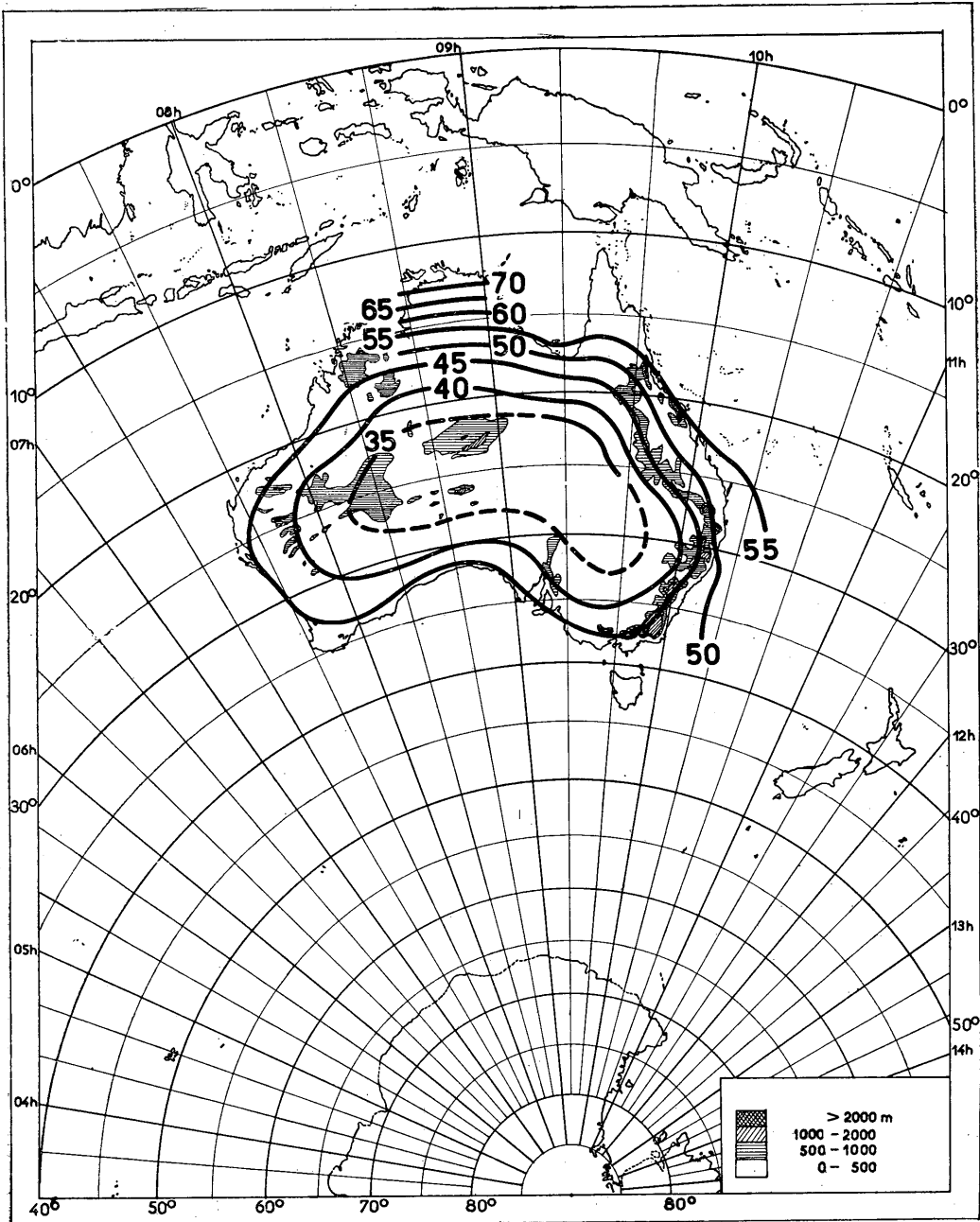


FIGURA 34

Mapa iso.— ΔN ; Sector Pacifico Sur, noviembre, 04.00 h. T. U.

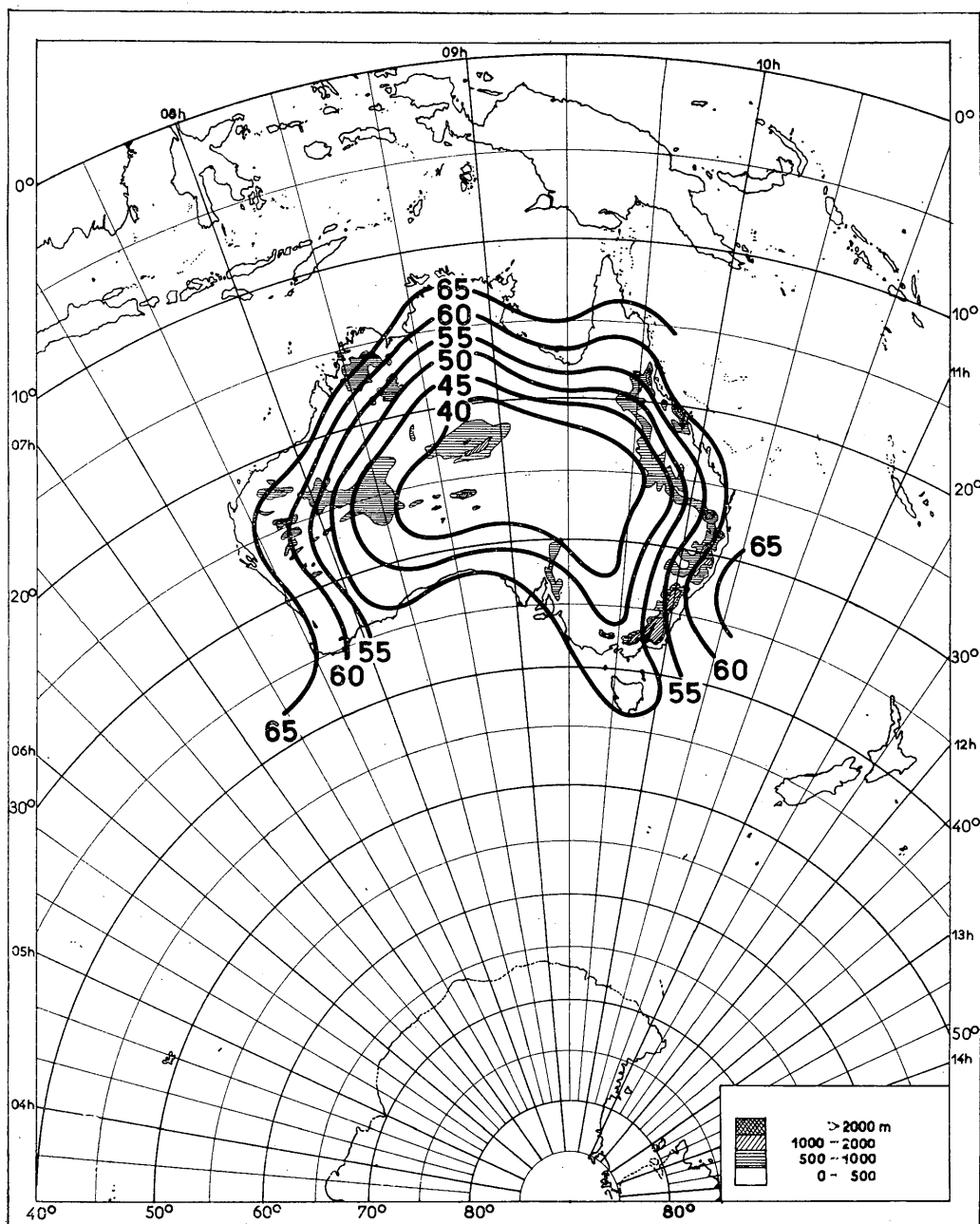


FIGURA 35

Mapa iso.—AN; Sector Pacifico Sur, noviembre, 16.00 h. T. U.

INFORME 234 *

INFLUENCIA DE LAS REGIONES NO IONIZADAS DE LA ATMÓSFERA
EN LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS

(Programa de estudios 191 (V) y 192 (V))

(Ginebra, 1963)

1. Introducción.

Durante la reunión intermedia de la Comisión V celebrada en Ginebra (1962), el Grupo internacional de trabajo constituido como consecuencia del Informe 146 estudió la influencia de las regiones no ionizadas de la atmósfera en la propagación tierra-espacio de las ondas. El Grupo internacional de trabajo, reconstituido por la Resolución núm. 2, continúa sus trabajos.

El presente documento constituye un informe provisional sobre algunos aspectos del problema.

2. Refracción.

Es escasa la información publicada en relación con la curvatura del rayo de las ondas electromagnéticas al atravesar la atmósfera. Se han descrito las medidas realizadas con la ayuda de las técnicas radar [1, 2]. También se han descrito [3] mediciones hechas con un radiómetro para observar la posición aparente del Sol, y se han hecho observaciones sobre la variabilidad de la refracción empleando técnicas de fase [4].

Teniendo en cuenta las medidas realizadas por el «Weather Bureau» de la variación del índice de refracción en función de la altura [5], se han hecho estudios analíticos de la refracción considerándola como una función del índice de refracción en la superficie terrestre: N_s . En [6] y [7] se ha demostrado que N_s es un parámetro adecuado para prever la refracción a través de la atmósfera. No obstante, se han formulado algunas dudas sobre la posibilidad de emplear N_s en las regiones ecuatoriales [8]. También se puede utilizar el gradiente equivalente para determinar la curvatura, si bien es difícil calcular este parámetro porque se precisa conocer la variación del índice de refracción con la altura.

3. Absorción.

3.1 Es sabido que el oxígeno, el vapor de agua, la lluvia y las nubes absorben las ondas radioeléctricas de frecuencias superiores a 100 Mc/s [9 a 22].

La absorción por el vapor de agua representa un punto de resonancia en 22,23 Gc/s, y la absorción por el oxígeno, en 60 y 120 Gc/s. En la fig. 1, obtenida a partir de los trabajos señalados anteriormente, representa la absorción γ_{oo} y γ_{wo} , en decibelios por kilómetro para el oxígeno y el vapor de agua en las condiciones normalizadas de presión y temperatura en la superficie de la Tierra y con una humedad absoluta de 10 gr. por metro cúbico **. En las gamas de humedad absoluta que se presentan comúnmente en la atmósfera, la absorción en db/km. es aproximadamente proporcional a la cantidad de vapor de agua. La absorción total de los gases A_a , para un trayecto con visibilidad puede expresarse por la fórmula:

$$A_a = \gamma_{oo} r_{eo} + \gamma_{wo} r_{ew} \text{ (db)}$$

donde r_{eo} y r_{ew} son las distancias equivalentes del trayecto a través de la atmósfera. La distancia equivalente para la absorción por el oxígeno r_{eo} viene dada aproximadamente por el trayecto de una onda radioeléctrica que atraviesa una atmósfera de densidad constante de 4 km de espesor, en cuya parte superior existe un espacio vacío y cuyas caracte-

* Adoptado por unanimidad.

** 10 gr. por m.³ equivalen aproximadamente a 7,6 gr/kg.

rísticas se representan en la fig. 1. La distancia equivalente para la absorción por el vapor de agua r_{ev} es aproximadamente igual a la distancia correspondiente a través de la atmósfera de referencia, cuyo espesor es de 2 km.

- 3.2 La atenuación de las ondas radioeléctricas por gotas de agua en suspensión o por la lluvia es mayor, en general, que la absorción por el oxígeno y el vapor de agua, llegando a ser especialmente considerable en frecuencias superiores a 3 Gc/s. La atenuación es originada por la absorción de la energía en las gotas de agua y, a la vez, por la dispersión de la energía fuera de los lóbulos de las antenas.

Como norma práctica, se ha considerado útil expresar la atenuación debida a la lluvia en función del índice de precipitación R_r , que depende del contenido en agua líquida y de la velocidad de caída de las gotas, siendo función esta última de las dimensiones de las gotas. Al parecer, la lluvia de un índice de precipitación determinado tiene una única distribución de las dimensiones de las gotas, y el problema de la evaluación de la atenuación de las ondas radioeléctricas para varios tipos de precipitación es bastante difícil.

La absorción total A_r , originada por la lluvia en un trayecto de longitud r_0 se puede calcular integrando la diferencial de la absorción por la lluvia $\gamma_r(r) dr$ a lo largo del trayecto directo entre dos antenas con visibilidad o, en el caso de la propagación transhorizonte, a lo largo de los rayos que unen las zonas de visibilidad común:

$$A_r = \int_0^{r_0} \gamma_r(r) dr \text{ (db)}$$

Admitiendo una función matemática arbitraria y experimental para los resultados teóricos dados en [14, 23], la expresión del índice de absorción para la lluvia γ_r , en función del índice de precipitación R_r (en milímetros por hora) sería:

$$\gamma_r = KR_r^\alpha \left(\text{db/km} \right)$$

para frecuencias de 2 Gc/s, en donde las funciones K y α son las indicadas en las figs. 2 y 3.

A lo largo de un trayecto radioeléctrico dado, el índice de precipitación varía con la altitud y la posición sobre la proyección horizontal. Esto exige una determinación de las propiedades estadísticas de dicho índice de precipitación, incluyendo sus variaciones de un lugar a otro. Esta información permite calcular una distancia equivalente, que debe ser utilizada en las curvas de las figs. 2 y 3.

- 3.3 Para las nubes constituídas únicamente por gotas de agua o de hielo (diámetro inferior a 0,001 cm.) y para las nieblas se puede expresar la atenuación en función de la cantidad total de agua líquida por unidad de volumen. La absorción en el interior de estas nubes o nieblas puede expresarse por la fórmula:

$$A_c = K_1 M \text{ (db)}$$

en donde A_c es la atenuación total debida a la absorción en la nube, K_1 es un coeficiente de atenuación cuyo valor se da en el Cuadro I y M es el contenido de agua líquida de la nube en gramos por metro cúbico. Este cuadro muestra la variación de la atenuación con la frecuencia y la temperatura, así como los efectos de las diferentes propiedades dieléctricas del hielo y del agua.

4. Temperatura de ruido del cielo.

La región no ionizada de la atmósfera es una fuente de emisión de ruidos [15]. La figura 4 representa la temperatura de ruido del cielo producida por el oxígeno y el vapor de agua para diferentes ángulos de elevación y para frecuencias comprendidas entre 1 y 100 Gc/s. Los lóbulos de la antena y la radiación que proviene de la superficie de la Tierra deberán ser considerados al calcular la temperatura de las antenas [24].

BIBLIOGRAFÍA

1. FANNIN, B. M., y JEHN, K. H.: A Study of radar elevation-angle errors due to atmospheric refraction, *I. R. E. Trans.*, AP-5, 71 (1957).
2. ANDERSON, W. L.; BEYERS, N. J., y RAINEY, R. J.: Comparison of experimental and computed refraction, *I. R. E. Trans.* AP-8, 456-461 (1960).
3. ANWAY, A. C.: Empirical determination of total atmospheric refraction at centimeter wavelengths by radiometric means, *Collins Research Report N.º CRR-2425*, Collins Radio Company, Cedar Rapids, Iowa (junio 1961).
4. NORTON, K. A.; HERBSTREIT, J. W.; JONES, H. B.; HORNBERG, K. O.; PETERSON, C. F.; BARGHAUSEN, A. F.; JOHNSON, W. E.; WELLS, P. I.; THOMPSON, M. C. (Jr.); VETER, M. J., y KIRKPATRICK, A. W.: An experimental study of phase variations in line-of-sight microwave transmissions, NBS monograph N.º 33 (noviembre 1961).
5. SCHILKIN, M.: Average radio ray refraction in the lower atmosphere, *Proc. I. R. E.*, 40, 5, 554-561 (mayo 1952).
6. BEAN, B. R.; THAYER, G. D., y CAHOON, B. A.: Methods of Predicting the Atmospheric Bending of Radio Rays, *NBS Jour. of Res.*, 64 D, 5 (1960).
7. BEAN, B. R., y THAYER, G. D.: Comparison of observed Atmospheric radio refraction effects with values predicted through the use of surface weather observations, *NBS Jour. of Res.*, 67 D, 3 (1963).
8. MISME, P.; BEAN, B. R., y THAYER, G. D.: Models of the atmospheric radio refractive index, *Proc. I. R. E.*, 48, 8, 1499-1501 (agosto de 1960).
9. ARTMAN, J. O., y GORDON, J. P.: Absorption of microwaves by oxygen in the millimeter wavelength region, *Phys. Rev.*, 96, 5, 1237-1245 (diciembre de 1954).
10. BEAN, B. R., y ABBOTT, R. L.: Oxygen and water vapor absorption of radio waves in the atmosphere, *Geofisica Pura e Applicata*, Milano, 37, 127-144 (1957).
11. BUSSEY, H. E.: Microwave attenuation statistics estimated from rainfall and water vapor statistics, *Proc. I. R. E.*, 38, 781-785 (julio 1950).
12. CRAWFORD, A. B., y HOGG, D. C.: Measurement of atmospheric attenuation at millimeter wavelengths, *Bell System Tech. J.*, 35, pág. 907 (julio 1956).
13. GUNN, K. L. S., y EAST, T. W. R.: The microwave properties of precipitation particles, *Quar. J. Roy. Meteorological Soc.*, London, 80, 522-545 (1954).
14. HATHAWAY, S. D., y EVANS, H. W.: Radio attenuation at 11 kMc and some implications affecting relay system engineering, *Bell Syst. Tech. J.*, 1, 73-97 (enero 1959).
15. HOGG, D. C., y SEMPLAK, R. A.: The effect of rain and water vapor on sky noise at centimeter wavelengths, *Bell Syst. Tech. J.*, 40, 5, 1331-1348 (septiembre 1961).
16. LANE, J. A., y SAXTON, J. A.: Dielectric dispersion in pure polar liquids at very high radio frequencies, *Proc. Roy. Soc. A* 213, pág. 400 (julio 1952).
17. PERLET, A., y VOGÉ, J.: Attenuation of centimeter and millimeter waves by the atmosphere, *Ann. des Telecom.*, 8, Núm. 12, 396-397 (diciembre 1953).
18. STRAITON, A. W., y TOLBERT, C. W.: Anomalies in the absorption of radio waves by atmospheric gases, *Proc. I. R. E.*, 48, núm. 5, 898-903 (1960).
19. TOLBERT, C. W., y STRAITON, A. W.: Experimental measurement of the absorption of millimeter radio waves over extended ranges, *Trans. I. R. E.*, PGAP, AP-5, núm. 2, 239-241 (abril 1947).
20. VAN VLECK, J. H.: Absorption of microwaves by oxygen, *Phys. Rev.*, 7, núm. 7, 413-424 (abril de 1947 a).
21. VAN VLECK, J. H.: The absorption of microwaves by uncondensed water vapor, *Phys. Rev.*, 7, 7, 421-433 (abril 1947 b).
22. VAN VLECK, J. H.: Theory of absorption by uncondensed gases, *Propagation of Short Radio Waves*, 646-664 (McGraw-Hill Book Co., New York, N. Y., 1951).
23. RYDE, J. W., y RYDE, D.: Attenuation of centimetre waves by rain, hail, fog and clouds (General Electric Co., Wembley, England, 1945).
24. DU CASTEL: *Propagation troposphérique et faisceaux hertziens transhorizon*, édition Chiron (Paris, 1962).

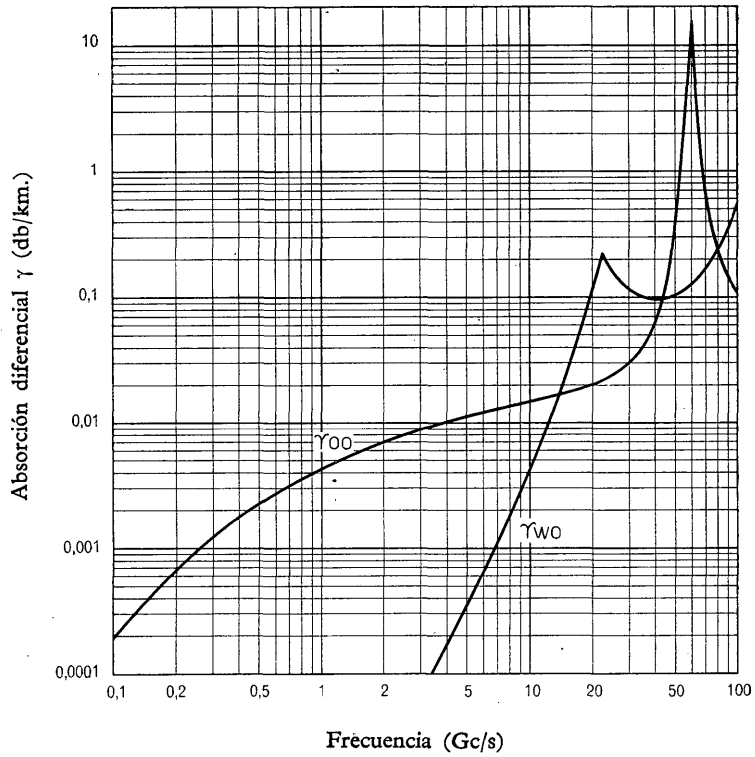


FIGURA 1

Valores γ_{oo} y γ_{w0} de la absorción por el oxígeno y el vapor de agua

Presión: 760 mm. Hg.

Temperatura: 20° C.

Densidad del vapor de agua: $10 \text{ g/m.}^3 \approx 7,6 \text{ gm/kg.}$

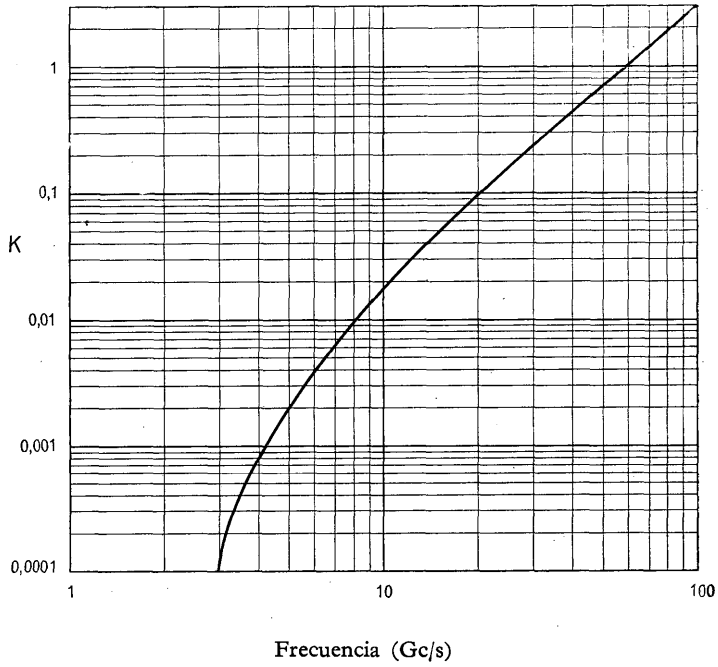
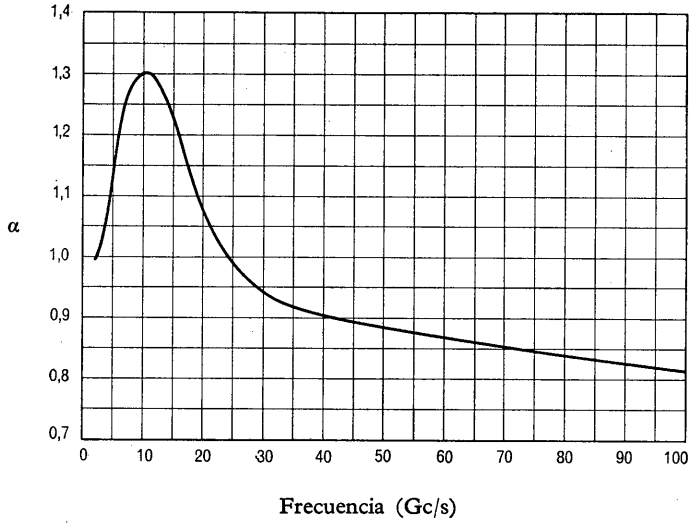


FIGURA 2

Absorción por la lluvia: variación de K en función de la frecuencia

$\gamma_r = KR_r^\alpha$ db/km., siendo R_r el índice de precipitación (en mm/h)

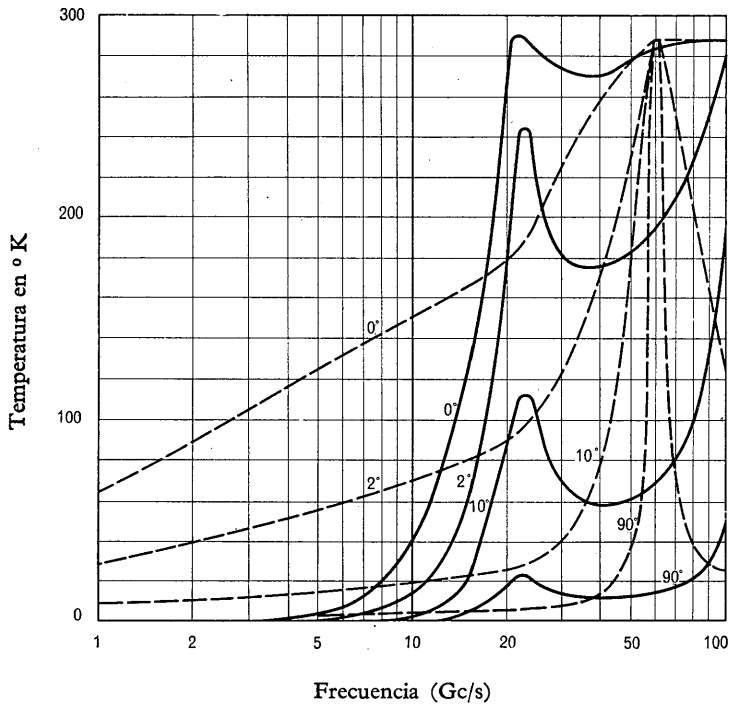


Frecuencia (Gc/s)

FIGURA 3

Absorción por la lluvia: variación de α en función de la frecuencia

$\gamma_r = KR_r^\alpha$ (db/km), siendo R_r el índice de precipitación (en mm/h)



Frecuencia (Gc/s)

FIGURA 4

Temperatura de ruido del cielo debida a la absorción por el oxígeno y el vapor de agua

(El ángulo de elevación está indicado en cada curva)

Presión en la superficie: 760 mm. Hg.

Temperatura en la superficie: 20° C.

Densidad del vapor de agua: 10 g/m.³

———— vapor de agua

- - - - - oxígeno

INFORME 235 *

**EFFECTOS DE LA REFRACCIÓN TROPOSFÉRICA NORMAL
EN LAS FRECUENCIAS INFERIORES A 10 Mc/s**

(Varsovia, 1956 — Ginebra, 1963)

En las curvas de propagación de la onda de superficie representadas en la Recomendación 368 no se tiene en cuenta la refracción troposférica, según se explica en el Anexo a dicha Recomendación; en cambio, en los Atlas de las curvas de propagación de la onda de superficie para las frecuencias superiores a 30 Mc/s [1 y 2], el C. C. I. R. ha considerado los efectos de la disminución lineal del índice de refracción en función de la altura, utilizando un radio terrestre equivalente igual a los $4/3$ del radio real. Incluso para esas frecuencias más elevadas, conviene recordar que el índice de refracción de la troposfera no decrece linealmente con la altura y que tiende finalmente a la unidad en el espacio libre. En lo que concierne al índice de variación de la atenuación en función de la distancia, se puede, pues, admitir un radio terrestre equivalente igual a los $4/3$ del radio real, pero para mayores alturas, las curvas supervaloran la intensidad de campo; el segundo Atlas contiene instrucciones que permiten calcular el factor de corrección para una curva dada del índice de refracción, especialmente en el caso de una ley exponencial como la que se postula en la Recomendación 369 para la atmósfera de referencia.

En las frecuencias inferiores a 10 Mc/s, la influencia de la altura en la ganancia disminuye para valores medios de la altura y, en parte, por este motivo, las curvas de propagación de la onda de superficie sólo se aplican al caso en que los dos terminales están situados al nivel del suelo. Además, por debajo de 3 Mc/s aproximadamente, la gama de alturas que entran en consideración para determinar el índice de variación de la atenuación del campo en función de la distancia sobre la superficie de la tierra, se extiende ahora hasta la región en que el índice de refracción de la troposfera empieza a separarse de modo apreciable del valor que corresponde a una disminución lineal con la altura apropiada para el empleo de un radio igual a los $4/3$ del radio terrestre. De ello se deduce que el índice de variación de la atenuación del campo en función de la distancia sobre la superficie de la tierra no justifica el empleo de una atmósfera en la que el índice de refracción disminuye linealmente hasta alturas ilimitadas.

En el límite superior de 10 Mc/s, para las curvas de propagación de la onda de superficie que figuran en la Recomendación 368, se puede también en la práctica emplear un radio equivalente igual a los $4/3$ del radio real para los dos puntos extremos situados al nivel del suelo; en cambio, la troposfera puede tener un efecto extremadamente pequeño en el límite inferior de 10 kc/s, en el que la gama de alturas que entran en consideración para la determinación del índice de atenuación del campo en función de la distancia se extiende a varios kilómetros por encima de la tierra.

Entre el empleo de un radio equivalente igual a los $4/3$ del radio terrestre para 10 Mc/s y el empleo del radio real en 10 kc/s hay, por tanto, una transición que se acentúa hacia 3 Mc/s y que prácticamente desaparece en 10 kc/s. Desde hace tiempo se ha reconocido la existencia de esta transición, como lo prueba la existencia del Programa de estudios 246 A (V).

No obstante, los progresos realizados en este estudio han sido lentos por dos motivos: primeramente, debido a la dificultad de analizar matemáticamente el problema en el caso en que la ecuación de los valores propios contiene una ley de variación del índice de refracción tal como la ley exponencial propuesta; en segundo lugar porque, al disminuir la frecuencia, la influencia de la ionosfera predomina en la propagación a larga distancia, según se indica en el § 6 del Anexo.

Se ha aventurado la hipótesis de que es posible estudiar experimentalmente las modificaciones introducidas por la refracción troposférica en la propagación de la onda de superficie en las frecuencias inferiores a 10 Mc/s, pero los resultados obtenidos de este modo son poco concluyentes. Es difícil tener la seguridad de que, en un trayecto terrestre, los efectos obser-

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 45.

vados se deben a la troposfera y no a irregularidades de las constantes del suelo, o que el valor de la conductividad es efectivamente superior al admitido al comparar las curvas con los resultados de medida.

Incluso en un trayecto marítimo, en el que está bien definida la conductividad, la ionosfera puede tener una influencia notable a mediodía, a distancias para las que puede admitirse que la troposfera provoca un aumento sensible del nivel de las señales; es cierto, sin embargo, que a veces se ha observado una refracción troposférica sensible en frecuencias que pueden descender hasta 1.500 kc/s y a distancias de 200 km., por lo menos (Doc. 176 (Francia), Varsovia, 1956).

Se ha llegado a la conclusión de que no es casi posible mejorar apreciablemente las curvas a partir de los resultados de estas experiencias. Por otra parte, se ha puesto de manifiesto que toda esta cuestión tiene un carácter algo teórico, puesto que se utilizan muy poco estas curvas de propagación de la onda de superficie cuando hay que tener en cuenta los efectos ionosféricos como se indica en el § 6 del Anexo.

No obstante, en vista de los progresos realizados en las gamas de ondas kilométricas desde el punto de vista del empleo de las técnicas de transmisión por impulsos y de las grandes potencias radiadas, con la consiguiente puesta en servicio de nuevas ayudas a la navegación, se ha considerado pertinente volver a examinar la cuestión. La posibilidad, prevista en el § 6 del Anexo, de aislar la onda de superficie ha adquirido importancia considerable, siendo éste el motivo por el que el empleo de técnicas de transmisión por impulsos ocupe actualmente lugar importante en el Programa de estudios 246 A (V).

Parece ahora que mediante nuevas experiencias de transmisión de impulsos, por lo menos en el caso de trayectos marítimos de gran longitud, podrían elucidarse las propiedades de la refracción troposférica en las frecuencias inferiores a 10 Mc/s. Estas experiencias están actualmente en curso de realización, pero se carece aún de resultados detallados. Conviene advertir que, cuando se comparan los resultados con los valores indicados por las curvas, la característica importante no es el valor absoluto del campo a una distancia dada, que depende de cierto número de factores tales como la potencia radiada estimada, sino la ley de atenuación en función de la distancia.

A distancias suficientemente grandes, para las que el primer término de la serie residual contenida en la fórmula de la difracción es predominante, el campo disminuye en función de la distancia según una ley exponencial, pudiendo entonces expresarse la atenuación en db/km. Es ese índice de variación de la atenuación el que da la solución de la ecuación de valores propios en el estudio matemático del problema y el que da la medida más simple de los efectos de la refracción troposférica en la propagación de la onda de superficie. El problema secundario del cálculo de los valores absolutos del campo puede atacarse una vez resuelta la ecuación fundamental de valores propios.

El análisis matemático se refiere fundamentalmente al estudio de la función altura-ganancia, a partir de la cual se deduce la ecuación de valores propios. En el § 5 del Anexo se ha subrayado la importancia de los efectos de la altura en el valor de la ganancia, en el caso de aeronaves que vuelan a gran altura y utilizan ayudas a la navegación cuyo funcionamiento depende de la propagación de la onda de superficie y que hacen uso de técnicas de transmisión por impulsos.

Incluso si se admite que se ha llevado a feliz término el estudio matemático del problema, la corrección de las curvas, para tener en cuenta la función altura-ganancia, supondría una tarea ardua en extremo. Habría que publicar un Atlas mucho más voluminoso que los actuales [1 y 2], siendo este motivo suficiente para no tener de momento en cuenta la función altura-ganancia.

Sea como fuere, se han realizado progresos satisfactorios en el cálculo teórico de la función altura-ganancia, incluso para leyes de variación del índice de refracción tales como la ley exponencial [3 a 6], y cuando se haya resuelto definitivamente la ecuación fundamental de valores propios en su forma generalizada será posible establecer curvas altura-ganancia para frecuencias inferiores a 10 Mc/s por métodos modernos de cálculo.

Algunos de los trabajos actualmente en curso para hallar la solución de la ecuación de valores propios, han dado ya resultados alentadores, confirmando, por ejemplo, que la troposfera sigue ejerciendo efectos notables en una frecuencia de 1.500 kc/s, como sugerían los escasos datos experimentales disponibles. No obstante, es aún prematuro hacer hipótesis sobre los resultados definitivos de dichos trabajos.

BIBLIOGRAFÍA

1. C. C. I. R.: Atlas de las curvas de propagación de la onda de superficie para frecuencias comprendidas entre 30 y 300 Mc/s (U. I. T., Ginebra, 1955).
2. C. C. I. R.: Atlas de las curvas de propagación de la onda de superficie para frecuencias comprendidas entre 30 y 1.000 Mc/s (U. I. T., Ginebra, 1959).
3. BREMMER, H.: On the theory of wave propagation through the concentrically stratified troposphere with a smooth profile. Part I. Discussion of the extended W. K. B. approximation, *N. B. S. Journal of Research*, **64 D**, 467 (1960). Part II. Expansion of the rigorous solution. *Ibid.*, **66 D**, 31 (1962).
4. NORTON, K. A.: System loss in radiowave propagation. *Ibid.*, **63 D**, 53 (1959).
5. MILLINGTON, G.: Propagation at great heights in the atmosphere, *Marconi Review*, **21**, 143 (1958).
6. WAIT, J. R.: On the propagation of radiowaves in an inhomogeneous atmosphere, *N. B. S. Tech. Note*, 24 (1959).

INFORME 236 *

INFLUENCIA DE LOS ACCIDENTES DEL TERRENO EN LA PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA

(Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

Los aspectos técnicos de la propagación de la onda de superficie por un terreno accidentado deben considerarse desde los dos puntos de vista que se exponen a continuación.

1. **Propagación entre dos puntos separados por una distancia arbitraria, con alturas arbitrarias por encima del suelo, a través de una atmósfera arbitraria y sobre un terreno de perfil arbitrario.**

Como se verá, resuelto satisfactoriamente este problema se encuentra inmediatamente la solución del problema de las comunicaciones entre puntos fijos e, indirectamente, la de la mayoría de los problemas que interesan al C. C. I. R.

En la mayoría de los casos de propagación por un trayecto terrestre, la irregularidad general del terreno, incluidos los efectos de la vegetación y de los obstáculos artificiales, provoca una atenuación de las ondas que puede tenerse en cuenta considerando un «factor de terreno» cuyos efectos han de agregarse a la pérdida de transmisión por encima de un terreno regular, como en los Atlas del C. C. I. R. El empleo de este factor es útil para las frecuencias superiores a 100 Mc/s por ejemplo, y se ha indicado que su valor es del orden de 10 db en 200 Mc/s [1, 23]. Este valor depende de la frecuencia radioeléctrica así como de la irregularidad del terreno, definida, por ejemplo, por la desviación normal de las alturas alrededor de su valor medio.

Este método no es aplicable a trayectos que pasan por terrenos muy accidentados, por ejemplo, colinas y cumbres de montañas, en cuyo caso hay que tener en cuenta la difracción. Puede considerarse que un trayecto de esa clase pasa por cumbres sucesivas que pueden sustituirse por aristas o cilindros, según sean las cimas más o menos agudas. El caso de una cumbre aguda única puede tratarse mediante las integrales de Fresnel. El problema de cumbres múltiples puede expresarse por integrales múltiples del tipo de Fresnel y,

* Adoptado por unanimidad; reemplaza a los Informes 140 y 144.

en el caso de dos cumbres, es posible la integración [1, 2]. La resolución de las integrales es más difícil en casos complejos, y se ha elaborado un método aproximado [3, 4] para el caso de un número cualquiera de cumbres agudas sucesivas.

Se han estudiado teóricamente los efectos del suelo en la difracción por una arista, por una escarpa y por un acantilado [5]. En el caso de un acantilado, la rapidez de variación de la fase relativa, en función de la distancia de la costa, aumenta con la altura del acantilado y es a veces mucho mayor que cuando no existe éste.

En los trayectos de gran longitud, la dispersión troposférica puede producirse muy por encima de la cumbre de una montaña, siendo entonces preciso combinar la onda dispersada y la difractada. Cuando las antenas transmisora y receptora están instaladas a mayor altura que el terreno circundante, puede haber reflexión de algunas ondas, tanto antes como después de la difracción [6]. En ciertos casos en que una onda pasa a proximidad del suelo, se produce una pérdida de transmisión suplementaria a causa de la conductividad finita del suelo [7].

Las cumbres de montañas pueden reducir notablemente la pérdida de transmisión y los desvanecimientos por debajo de los valores previsibles en ausencia del obstáculo. Esto ocurre cuando el trayecto directo no es de alcance óptico, pero son visibles el transmisor y el receptor desde la cumbre de la montaña. Se denomina este fenómeno ganancia de obstáculo [15, 17]. Cuando se utiliza el valor numérico de la ganancia de obstáculo, es importante precisar si se trata de la ganancia con relación al campo calculado para una tierra esférica homogénea en la que sólo intervengan la difracción y la refracción atmosférica normal (curvas de propagación de los Atlas del C. C. I. R.) o si se tiene en cuenta también la dispersión y la superrefracción (curvas de la Recomendación 370). Se presenta este último caso cuando hay que comparar las propagaciones en dos trayectos próximos, de distancia y altura de antenas análogas, en uno de los cuales hay una cumbre de montaña que origina la difracción en arista y en el otro no hay ningún obstáculo. Medidas efectuadas en estas condiciones han confirmado que se producen dichas ganancias [8, 9, 10, 12, 15, 17].

Los valores medidos de la pérdida de transmisión y de la estructura del lóbulo, que pueden observarse aumentado la altura de la antena receptora, concuerdan bien con los valores calculados basándose en la teoría de la difracción, cuando se trata de trayectos que se prestan a un análisis matemático relativamente sencillo [6, 12].

Se ha observado que la intensidad de campo, cuando es elevada, permanece relativamente estable y el desvanecimiento es pequeño, mientras que en una región en la que el campo es normalmente débil, éste fluctúa mucho con las variaciones del índice de refracción [11, 12, 13, 14 y 15]. Dado que los campos elevados se producen por adición de los campos de igual fase recibidos por otros trayectos, se necesitarán efectos relativamente grandes de la troposfera en las componentes individuales para modificar apreciablemente el campo resultante. Por el contrario, los campos más débiles, producidos por eliminación parcial de las componentes individuales, son muy sensibles a las variaciones de estas últimas. Esta conclusión también se apoya en el hecho de que los campos de intensidad elevada pierden estabilidad cuando la frecuencia pasa de la gama de ondas métricas (banda 8) a la de las ondas centimétricas (banda 10) [11]. Al parecer, la gama de ondas métricas es más apropiada que las superiores para las comunicaciones por ondas difractadas sobre la cumbre de las montañas.

Se observará que la dirección en que la radiación recibida es más intensa, no es forzadamente la del gran círculo que enlaza al transmisor con el receptor, sino que puede desviarse apreciablemente, sobre todo cuando el lugar de recepción se halla muy próximo a la cresta de difracción (algunos kilómetros). Esta particularidad permite pensar que para evaluar la calidad de una transmisión que pase por encima de la cumbre de una montaña hay que considerar no solamente el perfil del terreno en el plano del gran círculo, sino estudiar también minuciosamente las propiedades de difracción o de dispersión de la cumbre fuera de ese plano. No obstante, si el obstáculo montañoso está poco alejado del trayecto del gran círculo ya no introduce una ganancia notable [12].

En la propagación por encima de las cumbres de montañas elevadas, la mayor parte del trayecto puede estar por encima de las regiones de la troposfera en las que se producen variaciones bruscas del índice de refracción. Puede ocurrir que a cada lado de una cresta de montañas, las condiciones meteorológicas sean muy diferentes y, por lo tanto, que las que pueden dar lugar al desvanecimiento existan solamente en la mitad del trayecto en un momento dado. Estas dos circunstancias pueden limitar los efectos de la troposfera en

las componentes individuales de la onda difractada, tendiendo a disminuir el desvanecimiento existente en los puntos de recepción de intensidad de campo elevada [12, 13, 14, 16.] Aun cuando todas estas investigaciones están dando resultados muy útiles, es evidente que debe recomendarse se continúen los estudios en los países que tienen las características topográficas deseadas, de modo que en los trayectos radioeléctricos que se investiguen se encuentren también crestas de montañas.

2. Estudio estadístico de las intensidades de campo previsible procedentes de una estación de radiodifusión cuya ubicación se haga variar a lo largo de un arco de círculo, a una distancia dada.

Desde el punto de vista práctico, hay que considerar que las características de la atmósfera, así como las del suelo, varían con el tiempo, por lo que es de prever que la intensidad de campo de la onda de superficie varía también con el tiempo. De lo que se infiere que el problema del anterior § 1 entraña también el estudio estadístico de las intensidades de campo. En la mayoría de las aplicaciones técnicas, conviene considerar simplemente la distribución acumulativa de las intensidades de campo recibida en función del tiempo, es decir, las intensidades de campo rebasadas durante diversos porcentajes de tiempo, en el trayecto de propagación que une los puntos considerados [17, 18, 19, 20].

En el caso del presente apartado, el estudio estadístico de las intensidades de campo debe hacerse tomando como variables el tiempo y el lugar de recepción. En la práctica, la forma de las curvas de distribución acumulativa y el valor mediano de esas distribuciones en el tiempo varían en función del lugar de recepción, aun cuando la distancia permanezca constante [21, 22, 23, 24, 25, 26].

Obtenida una solución satisfactoria del problema expuesto en el § 1, puede considerarse resuelto también el problema del presente apartado, ya que, entonces, pueden aplicarse métodos de muestreo estadístico para determinar las distribuciones acumulativas, en función del tiempo, para gran número de puntos de recepción situados en un arco, a una distancia constante de una estación de radiodifusión. A cada uno de estos puntos de recepción corresponde un perfil de terreno diferente. Ha de hacerse observar que no es necesario determinar las distribuciones acumulativas de las intensidades de campo en puntos de recepción muy próximos entre sí a lo largo del arco, pues resultaría una redundancia de datos, dada la correlación que existe entre las intensidades de campo recibidas en puntos muy próximos (véase el Informe 228).

Es posible prever teóricamente, e incluso medirse, las distribuciones acumulativas de las intensidades de campo en función del tiempo y del punto de recepción. Cuando, en el caso del problema del presente apartado se recurre a las mediciones, se plantea la dificultad de que sólo es posible conseguir un número reducido de distribuciones, según el lugar de recepción, representativas, por ejemplo, de la recepción en terreno ligeramente ondulado, en pequeños pueblos, en grandes ciudades, etc. Por ello es muy conveniente establecer fórmulas de predicción adecuadas que permitan tener en cuenta características de los terrenos que intervienen realmente en situaciones especiales.

Cuando se utilizan los datos relativos a la intensidad de campo (por ejemplo, cuando la I. F. R. B. los utiliza para el examen de las asignaciones de frecuencias) en el caso de circuitos entre puntos fijos (§ 1) hay que tener en cuenta la distribución acumulativa en función del tiempo de la relación entre la intensidad de campo útil y la intensidad de campo no deseada o, si se trabaja con una antena directiva, la relación entre la potencia deseada disponible y la potencia no deseada en la recepción. Esto supone la combinación adecuada de las distribuciones acumulativas en función del tiempo para los dos trayectos de propagación correspondientes, respectivamente, al transmisor útil y al transmisor interferente. Al hacer esta combinación es necesario a veces tener en cuenta la correlación que existe entre las variaciones en función del tiempo de la señal útil y de la señal interferente; por ejemplo, como por lo general las variaciones diurnas y estacionales de las intensidades de campo útil e interferente se producen en la misma dirección, la distribución acumulativa en función del tiempo se extenderá sobre una gama un poco más estrecha que si no existiese esta correlación. Puede, pues, considerarse que un servicio explotado entre puntos fijos está exento de interferencias si la relación entre la potencia deseada disponible y la potencia interferente es superior a un valor determinado de antemano durante un porcentaje de tiempo dado.

Si se quieren calcular las interferencias causadas a una estación de radiodifusión por otro transmisor, puede utilizarse el método de muestreo estadístico para determinar la distribución acumulativa de la relación potencia deseada/potencia interferente en gran número de puntos situados en la zona de servicio prevista para la estación deseada. De esta forma se determina el porcentaje de puntos en que la recepción está exenta de interferencias.

Conviene señalar que el método de análisis expuesto tiene en cuenta automáticamente que los puntos en que la recepción de la señal útil no es satisfactoria están también sujetos a menudo a una señal interferente de poca intensidad.

En una serie de medidas efectuadas en el Reino Unido [27] se ha establecido un número muy elevado de curvas de intensidades de campo en función de la distancia sin tener en cuenta la dirección y se han trazado las curvas que pasan por los valores medianos. Estos resultados más recientes confirman la validez de las curvas de la Recomendación 370.

Medidas hechas en la R. P. de Polonia [28], en una ciudad y en la zona rural circundante, revelan una atenuación de unos 12 db en el centro de la ciudad; en cambio, al pasar los límites de la zona urbana, las señales empiezan a aumentar hasta valores del mismo orden que en los trayectos que pasan por regiones puramente rurales.

En Checoslovaquia se han efectuado mediciones en terreno muy accidentado. En especial, se han obtenido resultados preliminares acerca de los cambios de polarización de las ondas radioeléctricas con relación al grado de irregularidad del terreno, desde pequeñas irregularidades hasta zonas montañosas [29, 30].

Los estudios expuestos en los § 1 y 2 parecen indicar que será posible resolver satisfactoriamente cualquier problema de asignación de frecuencias en cuanto se pueda determinar la distribución acumulativa, en función del tiempo, de la relación potencia disponible útil/potencia interferente, en el receptor, para dos trayectos en terreno irregular, es decir, los trayectos que unen el punto de recepción al transmisor útil y al interferente, respectivamente. A distancias en que el campo dispersado puede ser una componente importante de la señal útil o de la interferente, hay que asociar convenientemente estas intensidades de campo dispersadas con la de la onda de superficie.

BIBLIOGRAFÍA

1. MILLINGTON, G.; HEWITT, R., y IMMIRZI, F. S.: Double knife-edge diffraction in field-strength predictions. Monograph 507 E of I. E. E. (marzo 1962).
2. MILLINGTON, G.; HEWITT, R., y IMMIRZI, F. S.: The Fresnel surface integral. Monograph 508 E of I. E. E. (marzo 1962).
3. EPSTEIN, J., y PETERSON, D. W.: An experimental study of wave propagation at 850 Mc/s. *Proc. I. R. E.* (1953), **41**, 595.
4. BAUERMESTER, E., y KNÖPFEL, W.: Prévission de l'intensité de champ des ondes ultra-courtes en terrain irrégulier (UKW-Feldstärke-Voraussage in gebirgigem Gelände). *Techn. Hausmitt. N. W. D. R.*, Jahrgang, 4 (1952), 67-73.
5. FURUTSU, K.: Effect of ridge, cliff and bluff at a coastline on ground-waves. *Journal of Radio Research Laboratories* (Japan), Vol. 9, **41** (enero 1962).
6. C. C. I. R.: Doc. V/8 (Yugoslavia), Ginebra, 1962.
7. FURUTSU, K.: Wave Propagation over an irregular terrain, I, II and III. *Journal of Radio Research Laboratories* (Japan), Vol. 4, **16** (1957); Vol. 4, **18** (1957), and Vol. 6, **23** (1959).
8. IWAI, F., y otros: Radio transmission beyond the line-of-sight, etc. *Electrical Communications Laboratory Journal, N. T. T.* (Japan), Vol. 8, 1183 (septiembre de 1959).
9. FUKAMI, T., y otros: Propagation measurements on long mountain diffraction paths, etc. *Electrical Communications Laboratory Journal, N. T. T.* (Japan), Vol. 10, 2430 (diciembre 1961).
10. C. C. I. R.: Doc. V/28 (Japón), Ginebra, 1962.
11. C. C. I. R.: Docs. 324 y 325 (Japón), Varsovia, 1956.
12. KIRBY y otros: *Proc. I. R. E.* (octubre 1955).
13. C. C. I. R.: Doc. 30 (República Federal de Alemania), Varsovia, 1956.
14. C. C. I. R.: Doc. 167 (Secret. C. C. I. R.), Varsovia, 1956.

15. DICKSON y otros: *Proc. I. R. E.* (agosto 1953).
16. C. C. I. R.: Doc. V/36 (Secret. C. C. I. R.), Ginebra, 1958.
17. NORTON, K. A., y otros: Use of angular distance in estimating transmission loss and fading range for propagation through a turbulent atmosphere over irregular terrain. *Proc. I. R. E.*, Vol. 43, 1488 (octubre 1955).
18. NORTON, K. A.: System loss in radio-wave propagation. *N. B. S. Journal of Standards*, 63 D, 53-73 (julio 1959).
19. RICE, P. L., y otros: Prediction of the cumulative distribution with time of ground-wave and tropospheric wave transmission loss. *N. B. S. Journal of Standards*, Technical Note N.º 15 (julio 1959).
20. C. C. I. R.: Doc. 182 (Suecia), Los Angeles, 1959.
21. KÜHN, U.: Ausbreitungsuntersuchungen über unerschiedlichem Gelände in den Frequenzbändern I, II und III. Etude de la propagation des ondes sur un terrain irrégulier, dans les bandes de fréquences I, II et III. *Technische Mitteilungen B. R. F.* (R. D. A.) (febrero y mayo 1958).
22. FINE, H.: UHF Propagation within line-of-sight. *F. C. C. Report T. R. R.*, 2.4.12.
23. SAXTON, J. A.: Basic ground-wave propagation characteristics in the frequency band 50-800 Mc/s. *Proc. I. E. E.*, Vol. 101, part III, 211 (1954).
24. SAXTON, J. A., y HARDEN, B. N.: Ground-wave field-strength surveys at 100 and 660 Mc/s. *Proc. I. E. E.*, Vol. 101, part III, 215 (1954).
25. KIRKE, H. L., y otros: A VHF field-strength survey on 90 Mc/s. *Proc. I. E. E.*, Vol. 98, part III, 343 (1951).
26. Report of Television Allocations Study Organization to the Federal Communications Commission, 1959.
27. C. C. I. R.: Doc. V/34 (Reino Unido), Ginebra, 1962.
28. C. C. I. R.: Doc. V/51 (República Popular de Polonia), Ginebra, 1962.
29. C. C. I. R.: Docs. 207 y 208 (O. I. R. T.), Ginebra, 1963.
30. KRÁLÍK, F.; KÜHN, U., y VOCADLO, V.: Ausbreitungsmessungen bei 480 MHz und 780 MHz im Gebirge der Niederen Tatra (C. S. S. R.). (Medidas de propagación en 480 y 780 Mc/s en las montañas del bajo Tatras). *Techn. Mitteilungen des BRF*, 5, 4, 174 (diciembre 1961), y *Techn. Mitteilungen des RFZ*, 6, 1, 18 (marzo 1962).

INFORME 237 *

INVESTIGACIONES SOBRE LA PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA POR TRAYECTOS MÚLTIPLES

(Programa de estudios 57 (V))

(Varsovia, 1956 — Ginebra, 1963)

En Italia se ha realizado una investigación teórica sobre la propagación entre los dos puntos terminales de un trayecto no óptico en condiciones atmosféricas normales, teniendo en cuenta que en ese país se produce a menudo un estado de superrefracción a alturas inferiores a 500 metros sobre el nivel del mar. El Doc. 351, Varsovia, 1956, es un extracto de un artículo ** publicado sobre esta materia en el que se pone de relieve que, en condiciones de superrefracción, la curvatura efectiva de la Tierra se convierte en cóncava, lo que tiene por consecuencia que entre el transmisor y el receptor puede haber tres puntos de reflexión de las ondas transmitidas.

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 51.

** SACCO, L.: Il Collegamento Radio in Regime Superrefrazione Atmosferica. *Alta Frequenza*. Diciembre de 1955, 6 436-469.

En este caso, el coeficiente de divergencia se transforma en uno de convergencia, que puede producir un fenómeno de enfoque de las ondas que llegan al receptor. En el artículo se enumeran los parámetros necesarios para calcular el campo resultante de la interferencia entre el rayo directo y los rayos reflejados, mediante el ábaco anexo al Doc. 352, Varsovia, 1956.

En los Docs. 330 y 366 (Japón), Varsovia, 1956, se describen los experimentos realizados mediante un dispositivo de medición de rayos múltiples con un barrido de frecuencia de 3.850 ± 250 Mc/s, así como un método muy útil para extraer de numerosísimas observaciones el nivel medio de la señal y su variación. Se sugiere que los valores estadísticos de la relación de amplitud ρ y de la diferencia de trayecto φ , obtenidos independientemente, son inadecuados para evaluar la distorsión debida a la propagación por trayectos múltiples y se estima más adecuado emplear el producto $\rho\varphi^*$ para proyectar sistemas multicanales de relevadores radioeléctricos de microondas. Si se conoce el producto $\rho\varphi$, puede deducirse el índice de distorsión debida a la propagación por trayectos múltiples de la amplitud de los desvanecimientos, que se puede medir fácilmente. Esta hipótesis ha sido confirmada por los resultados de las observaciones realizadas en verano, época en que la propagación por trayectos múltiples se presenta con mayor frecuencia.

En el Doc. V/30 (Japón), Ginebra, 1962, la Administración japonesa notifica que ha medido en un trayecto terrestre de 62 kilómetros y en otro marítimo de 79 kilómetros la distribución estadística de la relación de amplitud ρ , la diferencia de trayecto φ y la distribución de la diferencia angular $\delta\theta$. El barrido de frecuencia oscilaba entre 5,65 Gc/s y 6,42 Gc/s. El valor mediano de la relación de amplitud estaba comprendido entre 0,35 y 0,65 y el de la diferencia de trayecto φ llegaba hasta algunos centímetros en condiciones normales de propagación y ascendía a 80 cm. en los casos en que se observaron en el trayecto marítimo diferencias de trayecto anormalmente elevadas. Los valores medianos correspondientes de $\delta\theta$ eran 0,07 grados en el trayecto terrestre y 0,1 grados en el marítimo. Durante el 1 % del tiempo $\delta\theta$ rebasó el valor de 0,6 grados.

De los experimentos realizados en el Reino Unido, en la frecuencia de 4.000 Mc/s con dos trayectos marítimos de 58 y 88 km. de longitud, respectivamente, se han obtenido algunos datos acerca de los puntos 4 y 5 del Programa de estudios. Se hicieron observaciones sobre la recepción por diversidad y el desvanecimiento selectivo y los resultados obtenidos ilustran algunos de los efectos de la propagación por trayectos múltiples en microondas.

En el Doc. V/35, Ginebra, 1962, se presentan los resultados de pruebas hechas recientemente en el Reino Unido. Se trata de medidas efectuadas por diversidad en el espacio con separación vertical de las antenas, en la frecuencia de 4 Gc/s, un trayecto marítimo de 60 km. y en el curso de varios años, que revelan la influencia de las estaciones del año y los efectos producidos por separaciones pequeñas y extremadamente grandes entre las antenas (de 9 a 162 m.). Fue necesario establecer grandes separaciones para reducir sensiblemente los desvanecimientos causados por la formación de conductos en el trayecto marítimo, así como los consiguientes efectos de desenfoque. Se ha observado que incluso en algunos casos no bastaba con establecer una gran separación entre las antenas para producir en trayectos marítimos cortos la recepción por diversidad con antenas separadas verticalmente.

El Doc. V/44 (Francia), Ginebra, 1962, muestra que para enlaces mucho más largos (de cerca de 200 km.), pero todavía con visibilidad directa, puede bastar una separación vertical de 20 m. para la recepción por diversidad.

Es indiscutible que han de hacerse investigaciones más amplias sobre todos los aspectos de este Programa de estudios, así como más experimentos en una gran variedad de trayectos en distintas partes del mundo durante períodos de tiempo más largos.

* ALBERSHEIM, W. J., y SCHAEFER, J. P. Echo distortion in the FM transmission of frequency-division multiples. *Proc. I. R. E.*, marzo de 1952, pág. 316.

INFORME 238 *

PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA APROVECHANDO LAS FALTAS DE HOMOGENEIDAD DE LA TROPOFERA (DENOMINADA COMÚNMENTE «DISPERSIÓN»)

(Programa de estudios 139 (V))

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

Sabido es que en las condiciones habituales de la refracción (utilización de un radio terrestre superior a su valor real), la pérdida de transmisión en frecuencias superiores a 30 Mc/s aumenta bruscamente más allá del horizonte que conforme a la difracción alrededor de una tierra esférica, pero que una vez ha aumentado en algunas decenas de decibelios sobre el valor en el espacio libre, el índice de atenuación en función de la distancia vuelve a adquirir un valor mucho más reducido. Hasta grandes distancias las señales siguen siendo, pues, mensurables. A tales distancias, el nivel de la señal es muy variable; no obstante, el conjunto de los valores medidos puede representarse por una curva exponencial en la que el índice de atenuación es del orden de 0,1 db/km. Se obtienen corrientemente distancias útiles de 300 km. o más. A distancias aún mayores sigue decreciendo, de forma que, utilizando transmisores con una potencia radiada aparente excepcionalmente alta, se han podido obtener distancias máximas de propagación de unos 1.000 km.

Esas señales, aunque de amplitud variable, son persistentes, pero hay que distinguirlas de las señales de mucha mayor intensidad que aparecen a veces a esas distancias, y se deben a condiciones especiales, cuando se forman, por ejemplo, conductos en la troposfera o cuando se utilizan frecuencias más bajas y la onda se refleja en las capas ionosféricas anormales. Como esas señales de gran intensidad son objeto de estudio independiente, no se tratan en el presente informe.

El carácter variable de las señales a gran distancia induce a creer que se deben a irregularidades del índice de refracción de la troposfera. Se ha recurrido a varios procesos físicos para explicar esta propagación más allá del horizonte. Pueden explicarse las características de los desvanecimientos observados por el hecho de que cierto número de componentes de las señales que proceden de las distintas partes de la atmósfera se agregan de forma incoherente para dar una señal comparable a un ruido. La observación directa de la troposfera revela que el índice de refracción es lo bastante irregular para explicar la intensidad de las señales recibidas; los remolinos y las capas de poca extensión tienen tendencia a extenderse horizontalmente. En las teorías meteorológicas, se ha intentado definir el mecanismo que origina tales irregularidades, pero las experiencias radioeléctricas no han permitido probar aún cuál es la teoría más satisfactoria. Todas las teorías concuerdan en afirmar que la propagación es extremadamente unidireccional hacia adelante. Se ha estimado, pues, que conviene efectuar un estudio radioeléctrico estadístico de los enlaces existentes para prever las características de funcionamiento de otros enlaces.

Se observan variaciones lentas y rápidas de la intensidad de campo. Las variaciones lentas son imputables a las variaciones generales de las condiciones de refracción en la atmósfera. El valor mediano presenta una distribución aproximadamente logarítmica normal, con una desviación cuadrática media típica de unos 6 db. Las variaciones más importantes de la pérdida de transmisión se observan a menudo en trayectos en que el receptor está situado inmediatamente después de la región de difracción, en tanto que a distancias muy grandes las variaciones son menos marcadas. Los desvanecimientos lentos no dependen grandemente de la frecuencia radioeléctrica. Los desvanecimientos rápidos tienen una frecuencia de unos ciclos/minuto en las frecuencias bajas y de unos ciclos/segundo en las bandas de ondas decimétricas. La superposición de varias componentes incoherentes variables daría una señal cuya amplitud obedecería a una ley de distribución de Rayleigh; se observa que esta hipótesis se comprueba prácticamente

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 148; pone término a los trabajos efectuados en el marco del Programa de estudios 139.

si se analiza la distribución durante intervalos de tiempo de cinco minutos de duración mínima. Esta distribución se modifica cuando una parte importante de la señal está constituida por otros tipos de señales. Se han observado desvanecimientos rápidos, repentinos y profundos, en el momento en que una perturbación frontal pasa sobre un enlace. La reflexión de las ondas en una aeronave puede provocar desvanecimientos rápidos muy marcados.

En regiones de clima templado, los valores medianos mensuales de las pérdidas de transmisión tienden a ser menores en invierno que en verano; en la bibliografía se encuentran valores comprendidos entre 6 y 26 db. Los trayectos marítimos experimentan más fácilmente los efectos de la superrefracción y de las capas elevadas que los trayectos terrestres; las variaciones son, pues, más importantes en los primeros. Con frecuencia se producen variaciones diurnas. El clima influye en la intensidad de las señales. Esta cuestión se estudia en los Informes 231 y 233.

Se puede reducir el efecto de los desvanecimientos en un sistema de comunicación si se recurre a la recepción por diversidad, empleando dos o varias señales cuyos desvanecimientos son más o menos independientes unos de otros, debido a diferencias entre los trayectos, las frecuencias o a diferencias de tiempo. Se utilizan corrientemente las señales obtenidas en dos antenas receptoras situadas normalmente al trayecto y separadas 25 longitudes de onda o más. Puede tenerse también un efecto de diversidad en frecuencia y de diversidad angular utilizando dispositivos de alimentación múltiples y un reflector común. Es poco probable que pueda emplearse la diversidad de polarización ya que la polarización queda bien preservada; además, parece que la pérdida de transmisión es independiente de la polarización, ya sea ésta horizontal o vertical.

La ganancia global de las antenas transmisora y receptora puede ser inferior a la suma de las ganancias de esas antenas para las ondas planas. A juicio de algunos autores, esto se produce cuando la abertura de los haces de las antenas es menor que la que permitiría obtener la dispersión de las señales utilizando antenas omnidireccionales. Esta disminución aparente de la ganancia se denomina «degradación de la ganancia» o «pérdida por acoplamiento entre la antena y el medio». Comienza a manifestarse cuando la ganancia global es del orden de 30 a 40 db. Las pérdidas aumentan con la ganancia de la antena y la longitud del trayecto.

Las diferencias entre los tiempos de propagación de las componentes de la señal transmitida por dispersión provocan una distorsión de valor equivalente a la que se obtendría reduciendo la anchura de banda disponible para la modulación. A juicio de algunos autores, la anchura de banda es, en teoría, inversamente proporcional al cubo de la distancia y aumenta con la ganancia de la antena. Puede admitirse prácticamente que la banda de frecuencias disponible es adecuada en gran número de aplicaciones. Es mucho más difícil obtener una relación señal/ruido de valor suficiente.

La elección de la ubicación de los puntos extremos de los enlaces que utilizan la transmisión transhorizonte requiere cierto cuidado. Los haces de antena no deben quedar enmascarados por obstáculos próximos y la condición fundamental requerida es que las antenas estén dirigidas hacia el horizonte. Una inclinación de los haces de la antena de 5° hacia arriba basta para provocar una atenuación de unos 10 db, debida probablemente al aumento de valor del ángulo dentro del que debe dispersarse la radiación.

En el período 1959-1962 se han realizado nuevos progresos en el estudio teórico y experimental de la propagación por dispersión. Los Docs. V/7 (Yugoslavia), V/17 (R. F. de Alemania), V/23 (Estados Unidos), V/32 (Japón), V/39, V/40 y V/41 (Francia), Ginebra, 1962, presentan nuevos aspectos de la teoría de la dispersión (Doc. V/7) y contienen resultados experimentales complementarios sobre las siguientes materias: ley de dependencia de la pérdida de transmisión en función de la frecuencia, índice de desvanecimientos, recepción por diversidad en el espacio (Doc. V/17), recepción por diversidad de frecuencia (Doc. V/41) y recepción por diversidad angular (Doc. V/32). Los nuevos resultados experimentales sobre las influencias meteorológicas en la propagación por dispersión más allá del horizonte en distintos climas (templado, ecuatorial, sahariano) han llevado a la definición de un nuevo parámetro que parece ofrecer una excelente correlación con la pérdida de transmisión (Doc. V/39). Los estudios de la diversidad de frecuencia en 3.400 Mc/s, en un enlace de 320 km., han puesto de manifiesto importantes variaciones, en función del tiempo, de la desviación de frecuencia, que van de unos Mc/s a varias decenas de Mc/s (Doc. V/41). El Doc. V/23, relativo a la predicción de la pérdida de propagación troposférica, describe los métodos de predicción a largo plazo de los valores medianos de esta pérdida, basados en la atmósfera radioeléctrica de referencia, según las actuales teorías de la dispersión y con arreglo a un amplio muestreo de datos experimentales. Un método de predicción, que no depende más que de la distancia y de la frecuencia,

permite obtener una confiabilidad suficiente en numerosos casos. En el Doc. V/71 (Francia) se describe otro método de predicción, basado en la pérdida de transmisión que se produce durante el mes más desfavorable en distintos climas.

Métodos más generales, pero también de carácter empírico, dependen de otros parámetros, además de la distancia y de la frecuencia, por ejemplo, del perfil del terreno; estos métodos dan resultados seguros en casos particulares más complejos. Para establecer las curvas, cuadros y ábacos de esos métodos, se ha recurrido constantemente a comparaciones entre los resultados de medida y los métodos de predicción. Se cree que esos datos pueden servir de guía preliminar, pero eficaz, para predecir la distribución acumulativa de los valores medianos horarios de la pérdida de transmisión, en las comunicaciones troposféricas entre puntos fijos en frecuencias superiores a 30 Mc/s.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Proc. I. R. E.*, (octubre de 1955).
2. *Proc. I. R. E.*, 105, parte B (1958).
3. Record of National Symposium on extended range and space communications, *I. R. E.*, Washington (octubre de 1958).
4. DU CASTEL, MISMÉ, SPIZZICHINO, VOGÉ: Réflexions partielles dans l'atmosphère et propagation à grande distance. *Editions de la Revue d'Optique*, París (1960).
5. SHKAROVSKY I. P.: Tropospheric scatter propagation, Research Report N.º 7-200-1, RCA Victor Co., Ltd. Res. Labs. Montreal, Canadá (mayo de 1958).

INFORME 239 *

CURVAS DE PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS MÉTRICAS Y DECIMÉTRICAS EN LA GAMA DE FRECUENCIAS COMPRENDIDA ENTRE 40 Y 1.000 Mc/s

(Radiodifusión y servicio móvil)

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Introducción.

En el presente Informe se dan indicaciones acerca del trazado de las curvas de propagación mencionadas en la Recomendación 370, y se propone y describe un método de cálculo de la intensidad de campo en trayectos mixtos. Se ha dividido en cuatro secciones, la primera de las cuales trata del establecimiento de las curvas de propagación para distancias superiores a la del horizonte; la segunda, del establecimiento de las curvas para distancias inferiores a la del horizonte; la tercera, del efecto de los accidentes del terreno en las curvas, y la última, de la propagación por trayectos mixtos.

Muchas administraciones han comunicado resultados de medida de la intensidad de campo, habiéndose combinado éstos para establecer las curvas de propagación. Las curvas se elaboraron en la Reunión de expertos del C. C. I. R. (Cannes, 1961) encargada de preparar la Conferencia de Radiodifusión en ondas métricas y decimétricas (Estocolmo, 1961) **.

* Reemplaza al Informe 145.

** Hay que subrayar que las curvas están basadas en datos cuya inmensa mayoría se han obtenido en climas templados y han de emplearse con circunspección en otros climas.

Se basa el presente Informe en las siguientes definiciones:

- 1.1 Los valores de intensidad de campo se han ajustado para que correspondan a una potencia de 1 kW radiada por un dipolo de media onda;
- 1.2 La altura de la antena transmisora es su altura sobre el nivel medio del suelo entre las distancias de 3 y 15 km. a partir del transmisor, hacia el receptor;
- 1.3 La altura de la antena receptora es su altura sobre el terreno local.

2. Distancias superiores a la del horizonte.

Los datos obtenidos en un largo período para distancias superiores a la del horizonte están clasificados en dos categorías que corresponden, respectivamente, a las ondas métricas y decimétricas. Las figs. 1, 2 y 3 contienen las curvas medias trazadas a base de tales datos.

La fig. 1 representa las curvas medias de propagación de ondas métricas a gran distancia; se ha establecido con innumerables datos obtenidos en gran número de trayectos terrestres y en una docena aproximadamente de trayectos marítimos alrededor de las Islas Británicas. Los valores medios de las alturas de las antenas transmisora y receptora eran, respectivamente, del orden de 300 m. y 10 m. Al establecer curvas relativas a otros valores de la altura de la antena transmisora, se supone que la intensidad de campo es una función de una sola variable, a saber, la distancia entre los horizontes. En tales circunstancias, la intensidad de campo a una distancia X km. del transmisor, para una altura de la antena de emisión h_1 (m), se deducirá de las curvas correspondientes a 300 m. considerando una distancia equivalente dada por la expresión $(X + 70 - 4,1 \sqrt{h_1})$ km. Este método puede aplicarse a distancias superiores a la del horizonte.

La fig. 2 representa, para las bandas de ondas decimétricas, una familia de curvas análogas de propagación por trayectos terrestres. Estas curvas representan también valores medios deducidos de gran cantidad de datos obtenidos en numerosos trayectos terrestres representativos de gran número de regiones del mundo. Como en el caso anterior, las curvas relativas a valores diferentes de la altura de la antena transmisora pueden obtenerse suponiendo que la intensidad de campo sólo depende de la distancia entre los horizontes.

La fig. 3 contiene curvas de intensidad de campo para trayectos marítimos de mayor distancia. Los únicos datos que se posee sobre propagación por trayectos marítimos se refieren a las regiones del Mar del Norte y del Mediterráneo. Las curvas de la fig. 3 se basan en resultados de medida obtenidos durante 18 meses en la región del Mar del Norte. Algunas medidas efectuadas en la región mediterránea para el valor mediano del campo concuerdan satisfactoriamente con dichas curvas. No obstante, se ha comprobado que las intensidades de campo rebasadas durante pequeños porcentajes de tiempo en la región mediterránea son más elevadas que las observadas en la región del Mar del Norte.

Las intensidades de campo rebasadas durante pequeños porcentajes de tiempo no son probablemente sensibles a importantes variaciones de la altura de la antena transmisora; las rebasadas durante el 50 % del tiempo pueden corregirse para otros valores de la altura de la antena transmisora suponiendo que el campo más allá del horizonte depende únicamente de la distancia entre los horizontes.

3. Distancias inferiores a la del horizonte.

Para distancias inferiores a la del horizonte normal, se han trazado las curvas de propagación comparando los resultados de numerosas pruebas efectuadas con equipos móviles en trayectos cortos y de una serie de mediciones realizadas en puntos fijos durante largos períodos, con las curvas teóricas de propagación por terreno regular, para los valores interesantes de la frecuencia y la altura de las antenas. Se ha comprobado que la variación del campo con la frecuencia es relativamente poco importante, y se han clasificado los datos en dos categorías (ondas métricas y decimétricas) como para las distancias superiores a la del horizonte.

La fig. 1 de la Recomendación 370 representa las intensidades de campo rebasadas durante el 50 % del tiempo en ondas métricas. Las curvas relativas a distancias inferiores a la del horizonte normal se han obtenido por comparación con las curvas teóricas correspondientes a un terreno regular. Se han combinado después convenientemente con las familias de curvas correspondientes a distancias superiores a la del horizonte, descritas en la anterior sección. La fig. 1 de la Recomendación 370 contiene, pues, porciones de curvas referentes a distancias inferiores a la del horizonte, superiores a ella y curvas intermedias resultantes del empalme de las otras dos porciones de curva.

Las curvas de las figs. 2 y 3 de la Recomendación 370, obtenidas por un procedimiento muy semejante al de la fig. 1, representan las intensidades de campo rebasadas, respectivamente, durante el 10 % y el 1 % del tiempo. Se admite que los desvanecimientos son despreciables a distancias pequeñas, de forma que las curvas medianas de la fig. 1 pueden servir de guía para tales distancias y combinarse con las curvas del 10 % y 1 % de la fig. 1.

Se ha trazado del mismo modo una familia de curvas del campo en función de la distancia para ondas decimétricas y distancias comprendidas entre 10 y 200 km. Esas curvas se representan en las figs. 6, 7 y 8 de la Recomendación 370.

4. Influencia de las irregularidades del terreno.

La influencia de las irregularidades del terreno es tanto mayor cuanto más elevada es la frecuencia. Esta influencia es más importante en ondas decimétricas (bandas IV y V) que en ondas métricas (bandas I, II y III). Para definir el grado de irregularidad del terreno se utiliza el parámetro Δh , que representa la diferencia entre las alturas rebasadas en el 10 % y el 90 % del terreno, en los trayectos de propagación entre 10 km. y 50 km. de distancia del transmisor (véase la fig. 5 de la Recomendación 370). Todas las curvas de propagación por trayectos terrestres se refieren a un tipo de terreno medianamente ondulado, como suele encontrarse en Europa y América del Norte, y que se caracteriza por un valor $\Delta h = 50$ m.

En una experiencia imaginaria en que se efectuasen durante un largo período de tiempo registros en gran número de puntos, la distribución en el tiempo de los valores medianos correspondientes a cada uno de esos puntos sería la indicada en la fig. 4 de la Recomendación 370 para la propagación de las ondas métricas por un terreno ondulado típico, caracterizado por $\Delta h = 50$ m.

Se admite también que los cambios de la gama de variaciones de esta distribución en función de las ubicaciones —es decir, la pendiente de la curva de distribución— es, en primera aproximación, independiente del grado de irregularidad del terreno, en lo que a las ondas métricas respecta; en tales circunstancias, se puede considerar que la distribución representada en la fig. 9 de la Recomendación 370 es aplicable para la mayoría de los valores reales de Δh .

La fig. 9 de la Recomendación 370 da cierto número de valores de Δh para distribuciones típicas por ubicación en el caso de las ondas decimétricas. En esas ondas, no es lícito considerar despreciables los cambios de la gama de variaciones.

El aumento del grado de irregularidad del terreno —es decir, el aumento de Δh — no tiene exclusivamente por efecto aumentar la gama de variaciones de la distribución por ubicaciones, sino que lleva también consigo una disminución del valor medio de la intensidad de campo recibida. Este efecto es más marcado cuando la frecuencia es más elevada. Los resultados de medida muestran que procede aplicar las siguientes correcciones, en ondas decimétricas, para distancias de hasta 100 km.:

CUADRO I

Δh (m)	Factor de corrección de atenuación (db)
≤ 50	— 10
50	0
100-200	10
200-400	20

* Véase el Anexo II, § 2, de la Recomendación 370.

El factor de corrección de atenuación dado en el cuadro anterior debe sustraerse de las curvas de campo en ondas decimétricas, para el valor requerido de Δh . Para distancias superiores a 200 km., se admite que el coeficiente de corrección de atenuación es igual a la mitad de los valores indicados en el Cuadro I, para un mismo valor del grado de irregularidad del terreno.

Para distancias comprendidas entre 100 y 200 km., podrán combinarse las dos partes de curvas corregidas correspondientes a las dos distancias.

Respecto de la banda III, el factor de corrección de atenuación que se utiliza en ondas decimétricas debería reducirse a la mitad. De momento no se proponen factores de corrección de atenuación para las frecuencias más bajas.

Las curvas de propagación dadas en la Recomendación 370 se han obtenido por combinación de las curvas apropiadas.

A N E X O

PROPAGACIÓN POR TRAYECTOS MIXTOS

No parece haber diferencias notables entre la propagación por trayectos marítimos y terrestres en las bandas I, II y III, salvo para pequeños porcentajes de tiempo; en cambio, esas diferencias son marcadas en las bandas IV y V.

Cuando se trata de un trayecto mixto marítimo-terrestre, hay que hacer una estimación de la influencia de este trayecto en la intensidad de las señales recibidas. Se ha tratado de determinar la atenuación en un trayecto mixto con relación a la de un trayecto totalmente marítimo y basando su estudio en las medidas efectuadas en el Reino Unido para trayectos mixtos.

A base de esos resultados de medida, se han trazado las curvas que representan la disminución de la intensidad de campo con relación al valor obtenido para un trayecto totalmente marítimo, en función de la distancia:

- Entre el punto de recepción y la costa, como se indica en la fig. 4 (a);
- Entre el punto de emisión y la costa, como se indica en la fig. 4 (b).

Procede señalar que son nulas las correcciones cuando la zona costera se encuentra dentro del horizonte radioeléctrico de la antena de emisión o de recepción (para alturas respectivas de 300 y 10 m.). Las correcciones totales no deben rebasar 45 db, 31 db y 22 db, respectivamente, para el 1 %, 5 % y 10 % del tiempo, ya que reducen los valores de la intensidad de campo a los obtenidos en un trayecto terrestre de igual longitud total.

Cuando un trayecto mixto atraviesa más de dos costas, es decir, tiene uno o varios sectores terrestres intermedios, el cálculo de la intensidad de campo se hará normalmente como sigue:

- Aplicando las curvas de la fig. 4 (b) a la intersección mar-tierra más próxima al transmisor;
- Aplicando las curvas de la fig. 4 (a) a la suma de las longitudes de todas las demás secciones terrestres del trayecto de propagación.

La aplicación del método de determinación de la intensidad de campo sobre un trayecto mixto puede dar resultados erróneos en determinados casos particulares, cuando la longitud de una sección marítima es corta o cuando el porcentaje del total de las partes marítimas no es considerable. En tal caso, conviene utilizar el método con extrema prudencia y sólo previa consulta con las administraciones interesadas.

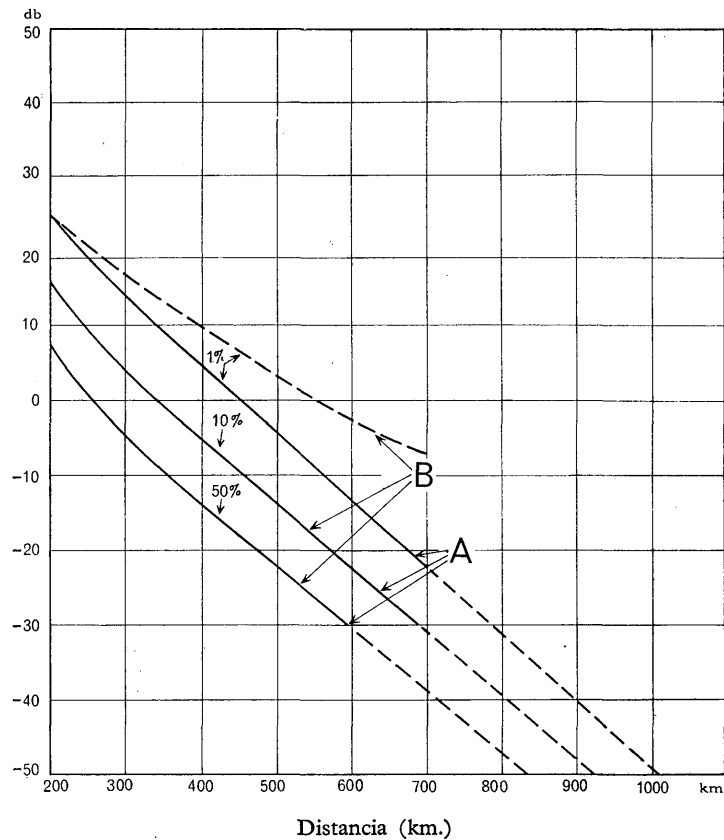


FIGURA 1

Intensidad de campo (db con relación a $1 \mu V/m$) para 1 kW P. R. A.
 Bandas I, II, III: 50 % de las ubicaciones; $h_1 = 300$ m.; $h_2 = 10$ m.
 Curva A: Tierra
 Curva B: Mar del Norte

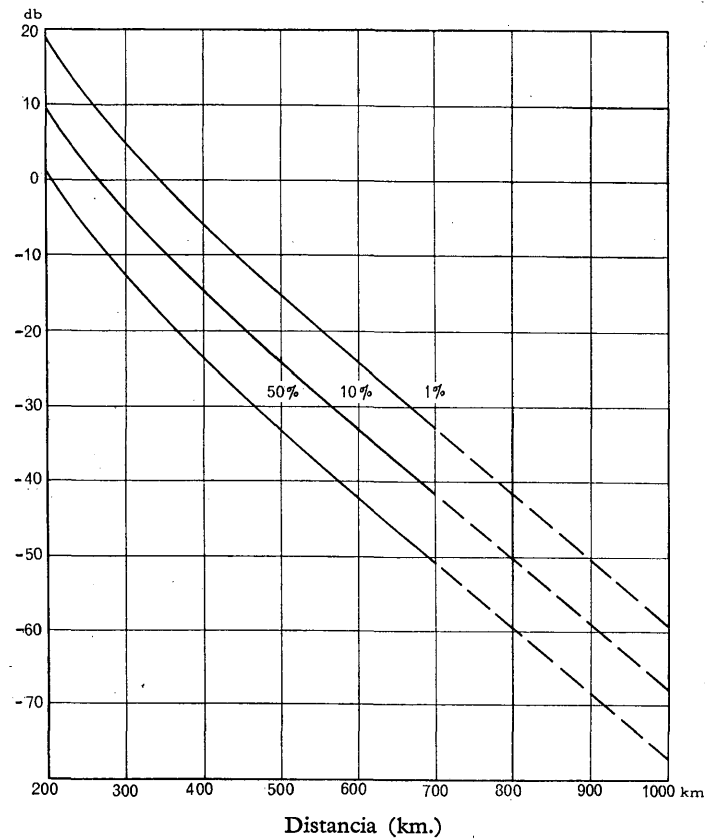


FIGURA 2

Intensidad de campo (db con relación a $1 \mu V/m$) para 1 kW de P. R. A.
 Bandas IV/V: 50 % de las ubicaciones; $h_1 = 300$ m.; $h_2 = 10$ m.
 Tierra: el porcentaje del tiempo está indicado en cada curva

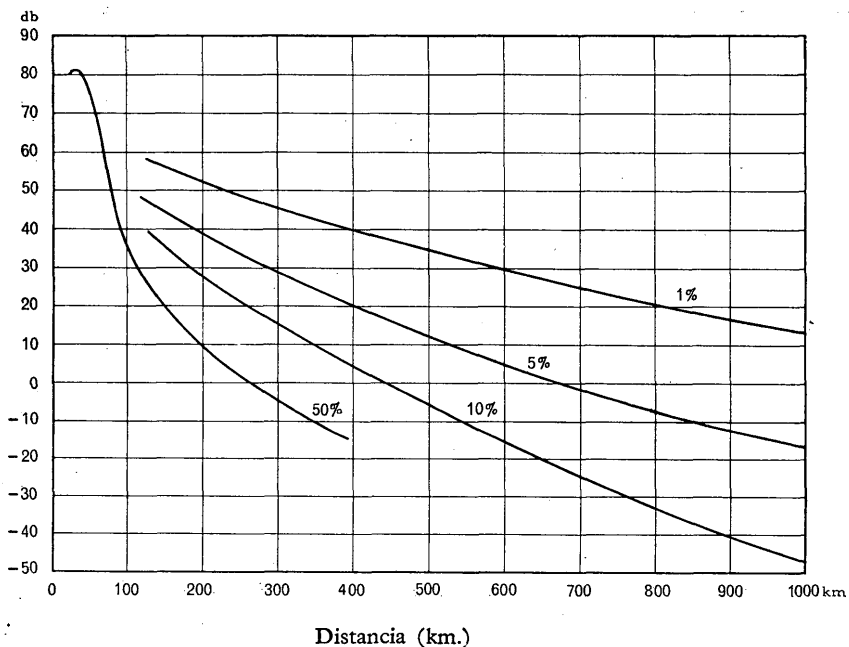
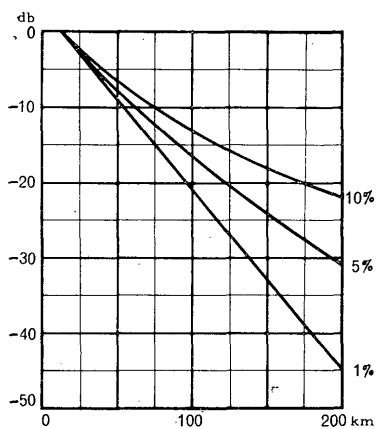


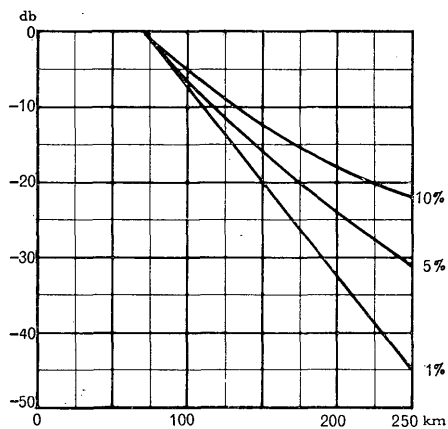
FIGURA 3

*Intensidad de campo (db con relación a 1 $\mu V/m$) para 1 kW de P. R. A.
Bandas IV y V; $h_1 = 300$ m.; $h_2 = 10$ m.; Mar:
el porcentaje del tiempo está indicado en cada curva*



Distancia del punto de *recepción* a la costa

FIGURA 4a



Distancia del punto de *emisión* a la costa

FIGURA 4b

FIGURA 4

Correcciones aplicables a las curvas para trayectos marítimos cuando el trayecto es parcialmente terrestre

INFORME 240 *

CURVAS DE PROPAGACIÓN PARA LA RADIODIFUSIÓN EN ONDAS MÉTRICAS Y DECIMÉTRICAS EN EL CONTINENTE AFRICANO

(Ginebra, 1963)

1. Introducción.

Sabido es que la intensidad del campo radioeléctrico depende de las condiciones climatológicas. Las curvas del C. C. I. R. (Recomendación 370) se han trazado principalmente para climas continentales templados, por lo que sólo se aplican a zonas limitadas del continente africano. Como quiera que el volumen de datos de que se dispone para otros tipos de clima es bastante reducido, es posible evaluar las modificaciones que han de efectuarse en esas curvas para poderlas aplicar, aunque sólo sea aproximadamente, a otras regiones de Africa.

2. Climas del continente africano.

Para mayor sencillez, se ha dividido el continente africano en las zonas indicadas en la fig. 1, cada una de las cuales corresponde a un tipo de clima bastante bien definido. Esta clasificación es la siguiente:

1. Templada (mediterránea).
2. Desértica (Sahara).
3. Subtropical (continental).
4. Subtropical (marítima).
5. Ecuatorial.
6. Templada (continental).

Conviene señalar que esta división es hasta cierto punto arbitraria y que la clasificación de los climas radioeléctricos no coincide necesariamente con la de los climas meteorológicos, aun cuando la terminología sea análoga. Es evidente, además, que las fronteras entre las diferentes zonas no pueden estar bien definidas. En el Informe 233 se da información que puede servir de guía para calcular las condiciones de propagación a lo largo de trayectos que pasan cerca de una frontera o que atraviesan varias regiones climatológicas. La definición exacta de estos climas depende de la media de los datos disponibles. Al trazar curvas de propagación ha habido que atribuir forzosamente ciertas diferencias aleatorias entre los trayectos a diferencia climatológica. Sin embargo, cada juego de curvas es la mejor evaluación actualmente disponible.

3. Presentación de las curvas.

En las figs. 2 a 37 pueden verse las curvas de campo en función de la distancia para las bandas de radiodifusión en ondas métricas y decimétricas, y los valores de intensidad de campo rebasados durante el 50 %, el 10 % y el 1 % del tiempo, por lo menos, en el 50 % de los puntos de recepción. Las curvas se han trazado para una potencia de 1 kW radiada por un dipolo de media onda **. Cuando se utilicen estas curvas para el establecimiento de planes, podrán admitirse como válidas las consideraciones generales expuestas en los Anexos 1 y 2 a la Recomendación 370 y en el Informe 233.

* Adoptado sin reservas por correspondencia.

** Cada figura indica también la intensidad de campo en espacio libre (en db por encima de $1 \mu\text{V/m}$), $E = 106,9 - 20 \log_{10} d$, expresándose d en kilómetros.

Cuando un trayecto atraviesa una de las fronteras climáticas, pueden interpolarse (en db) las curvas correspondientes a las dos regiones, proporcionalmente a la longitud de la sección correspondiente a cada región.

En lo que concierne a las bandas comprendidas entre 450 y 1.000 Mc/s, se han normalizado y extrapolado, por métodos teóricos, los datos experimentales contenidos en el Doc. V/45 (Francia), Ginebra, 1962, y las curvas contenidas en el Doc. 231 (Francia), Ginebra, 1963, teniendo en cuenta la información de que se dispone sobre las condiciones meteorológicas en Africa.

Las curvas correspondientes a la banda de ondas decimétricas (figs. 20 a 37) se han trazado para una frecuencia vecina de 700 Mc/s, que se considera representativa de la totalidad de la banda 450 — 1.000 Mc/s, pues los resultados experimentales de que se dispone no son suficientes para justificar previsiones distintas para las diferentes frecuencias de la banda.

Por lo que se refiere a la banda de ondas métricas (40 a 250 Mc/s), los datos experimentales de que se dispone para Africa son menos aún. La Administración francesa ha efectuado medidas en una frecuencia vecina de 100 Mc/s, pero estas medidas se ha contraído al litoral occidental de Africa, en la región comprendida aproximadamente entre los paralelos 10° y 22°. Las estimaciones para la banda de ondas métricas se han deducido de factores radiometeorológicos y de comparaciones con datos de otras regiones del globo.

En cuanto a las curvas relativas a las bandas de ondas métricas (figs. 2 a 19), hay que subrayar que se aplican única y exclusivamente a las ondas que se propagan por modos troposféricos. Esto se aplica más especialmente a las regiones ecuatoriales, ya que la propagación se efectúa frecuentemente por la ionosfera en las frecuencias inferiores de la banda de ondas métricas. Es, pues, muy probable que a mayores distancias y en frecuencias inferiores a unos 60 Mc/s las intensidades de campo sean superiores a las indicadas en las curvas del presente Informe; será conveniente no olvidar este factor al establecer los planes de radiodifusión en estas frecuencias.

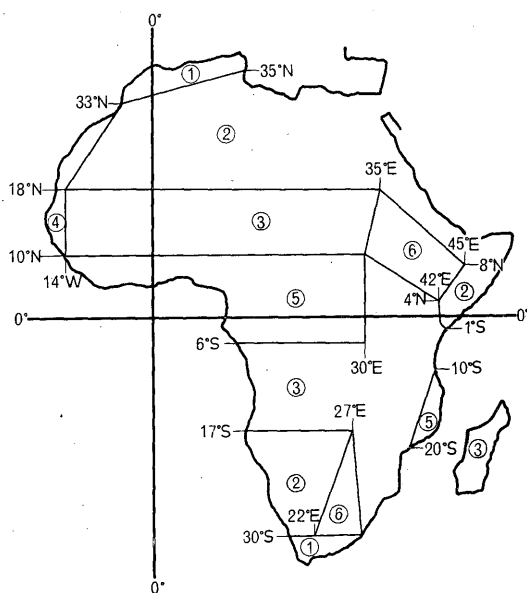


FIGURA 1

Tipos de clima considerados en el Informe

- 1. Templado (Mediterráneo)
- 2. Desértico (Sahara)
- 3. Subtropical (continental)

- 4. Subtropical (marítimo)
- 5. Ecuatorial
- 6. Templado (continental)

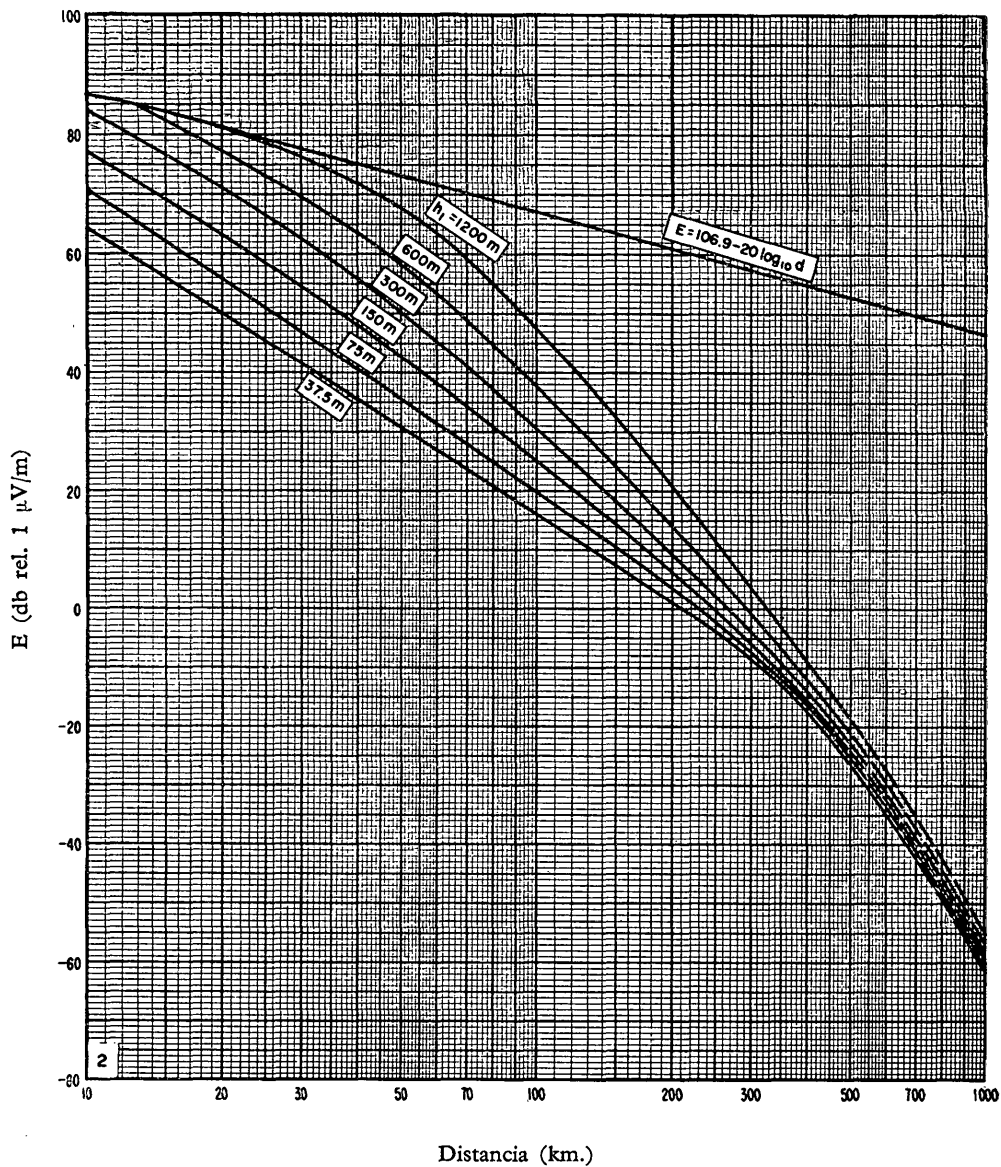


FIGURA 2

Valores de E (50,50) para un clima templado (Mediterráneo)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

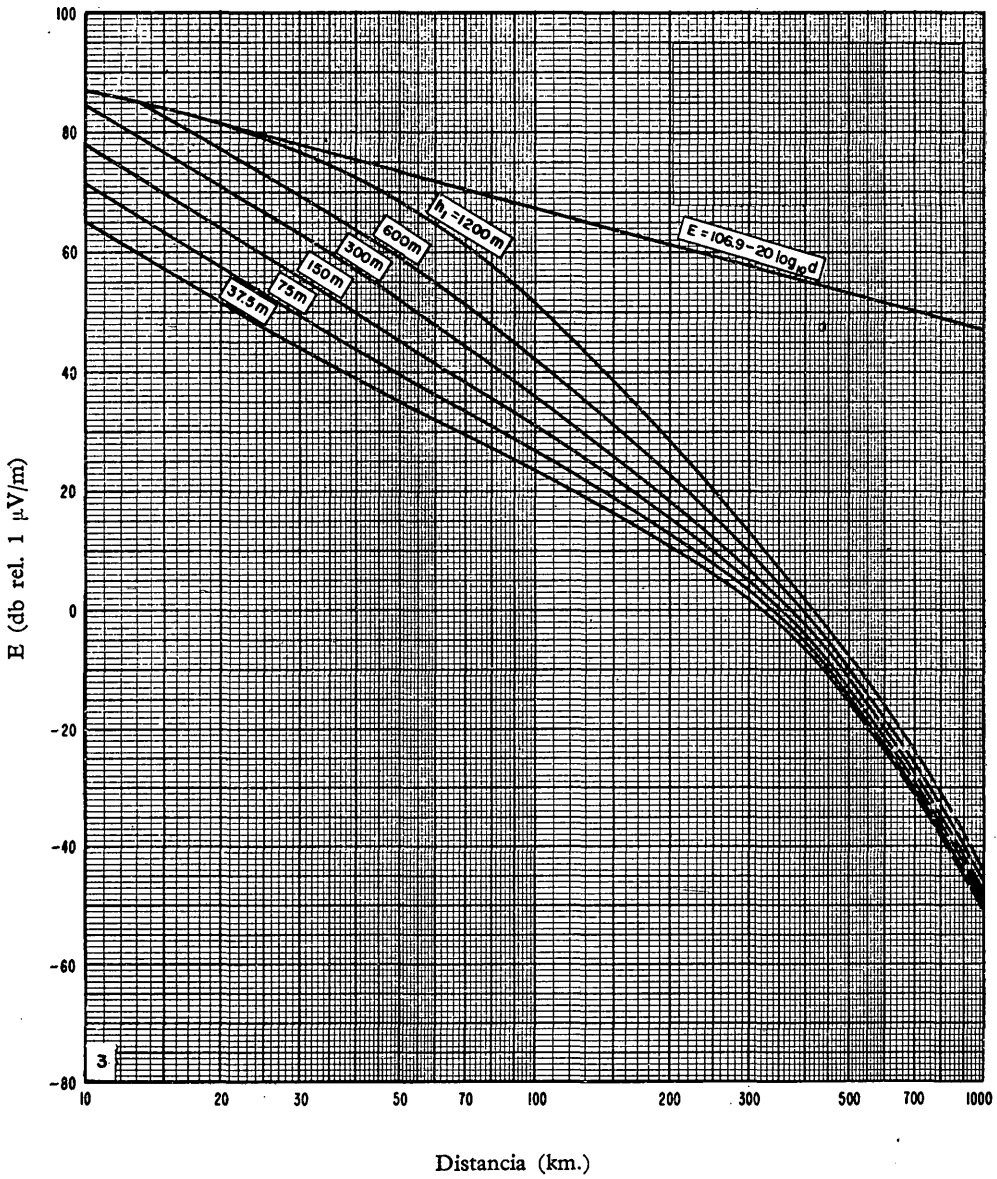


FIGURA 3

Valores de $E(50,10)$ para un clima templado (Mediterráneo)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

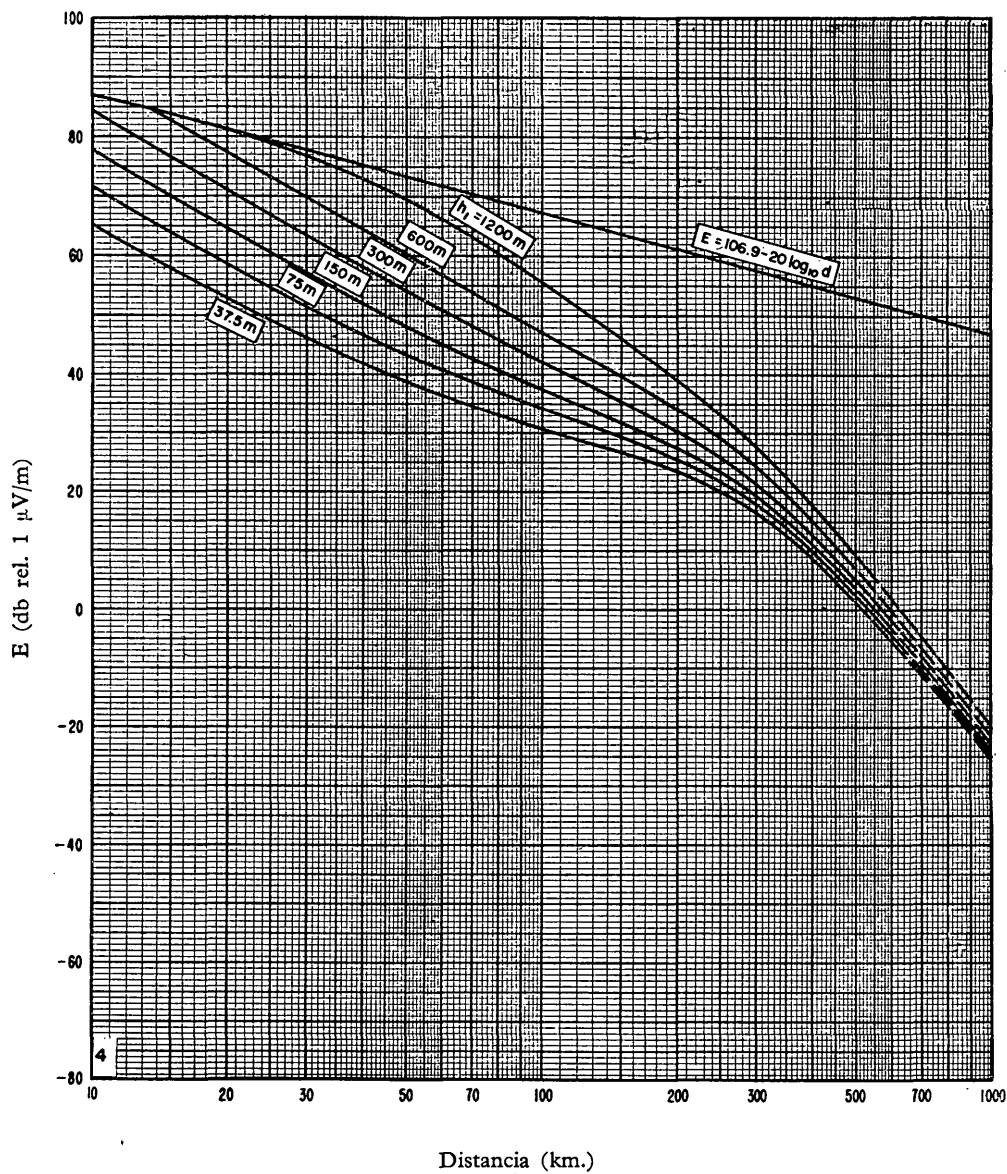


FIGURA 4

Valores de E (50,1) para un clima templado (Mediterráneo)

Frecuencia: 40-250 Mc/s

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

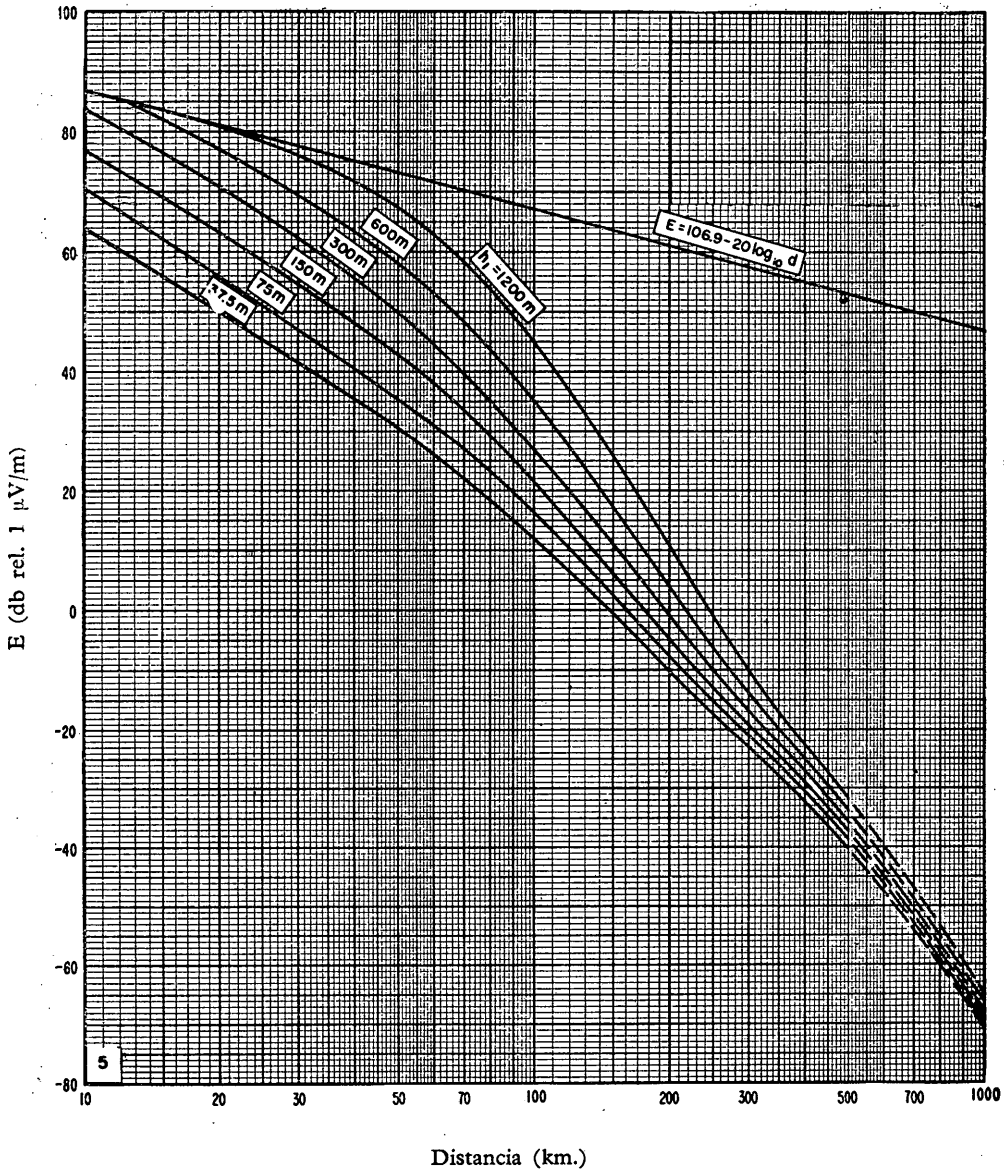


FIGURA 5

Valores de E (50,50) para un climá desértico (Sahara)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

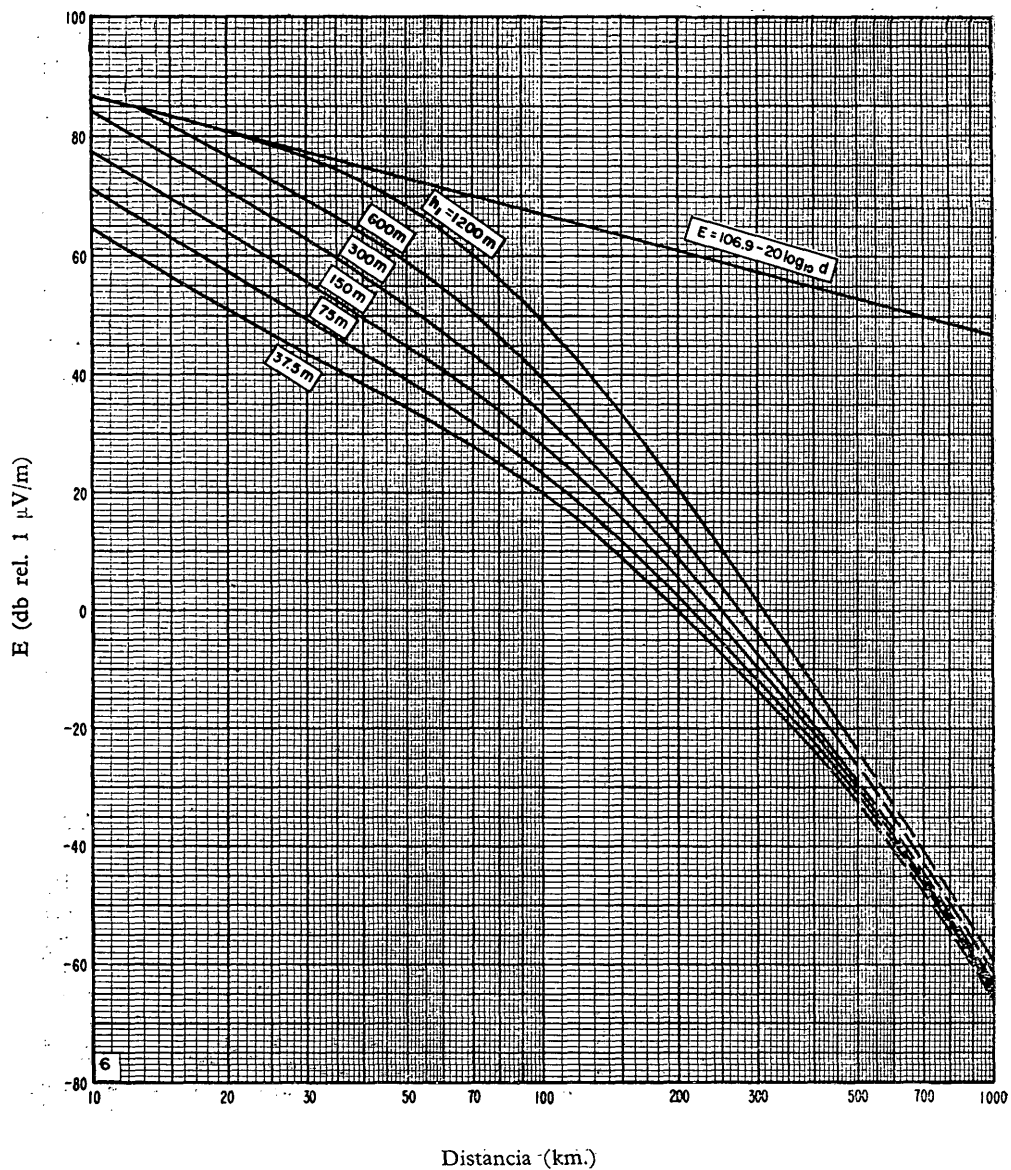


FIGURA 6

Valor de $E(50,10)$ para un clima desértico (Saharà).

Frecuencia: 40-250 Mc/s

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

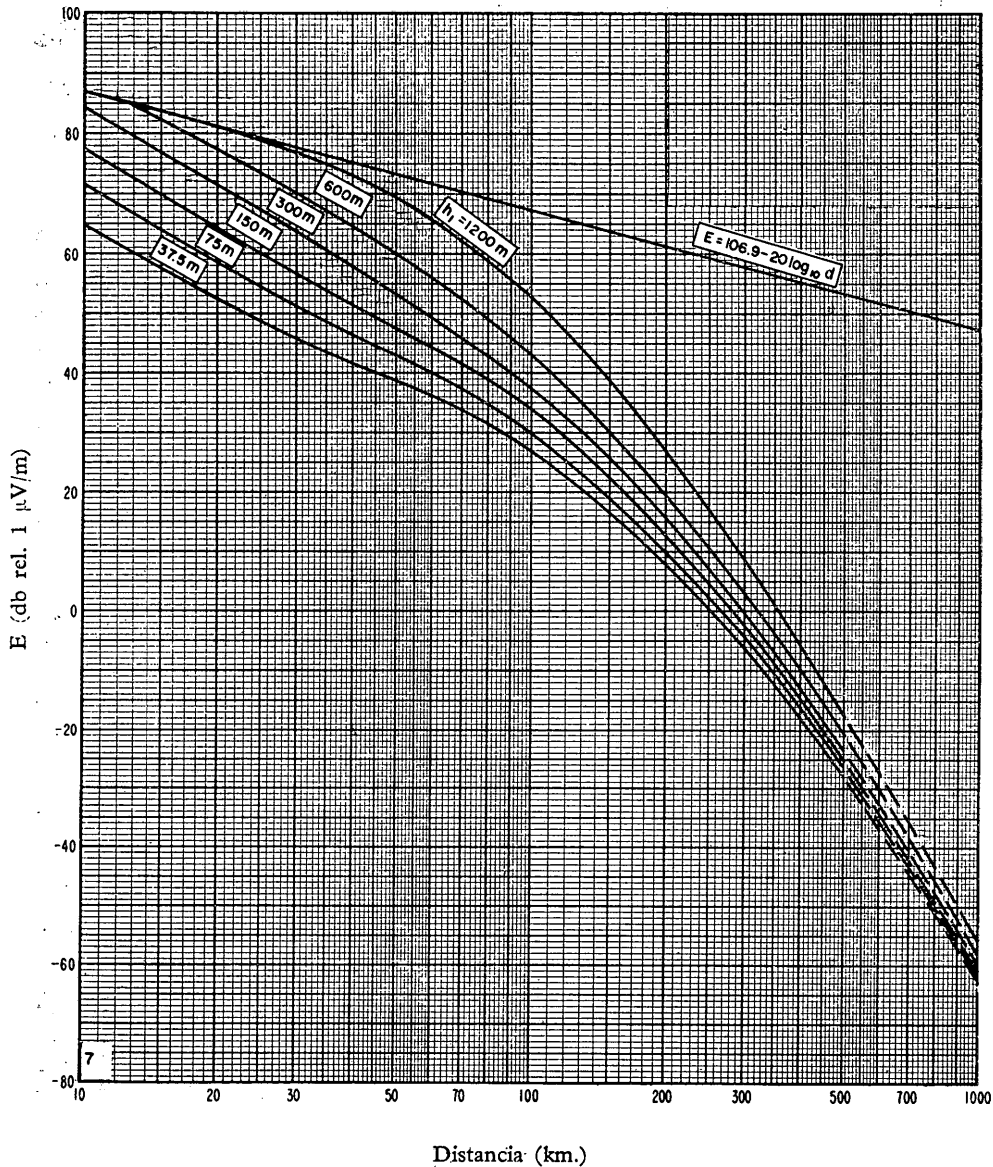


FIGURA 7

Valores de E (50,1) para un clima desértico (Sahara)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

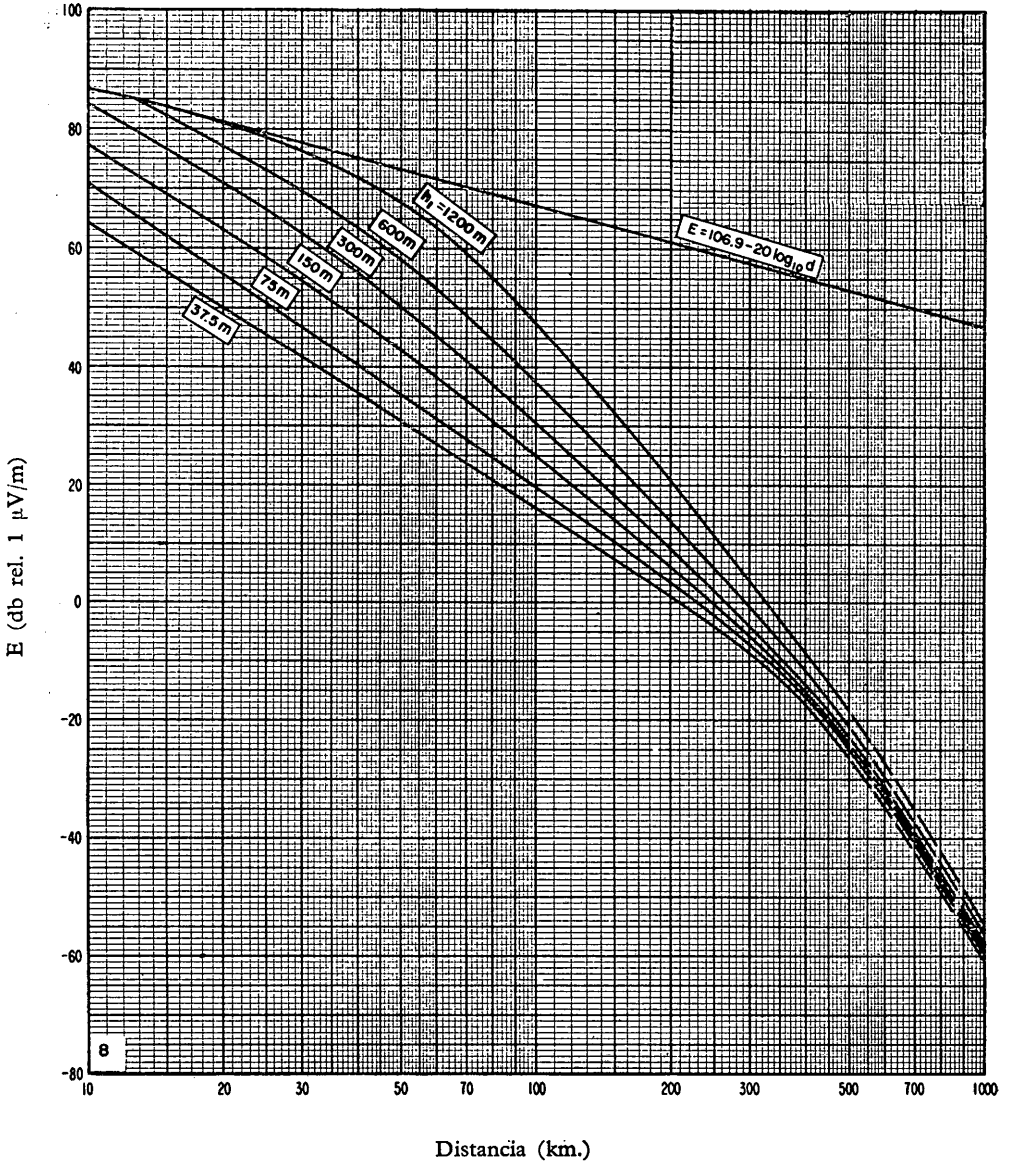


FIGURA 8

Valores de E (50,50) para un clima subtropical (continental)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

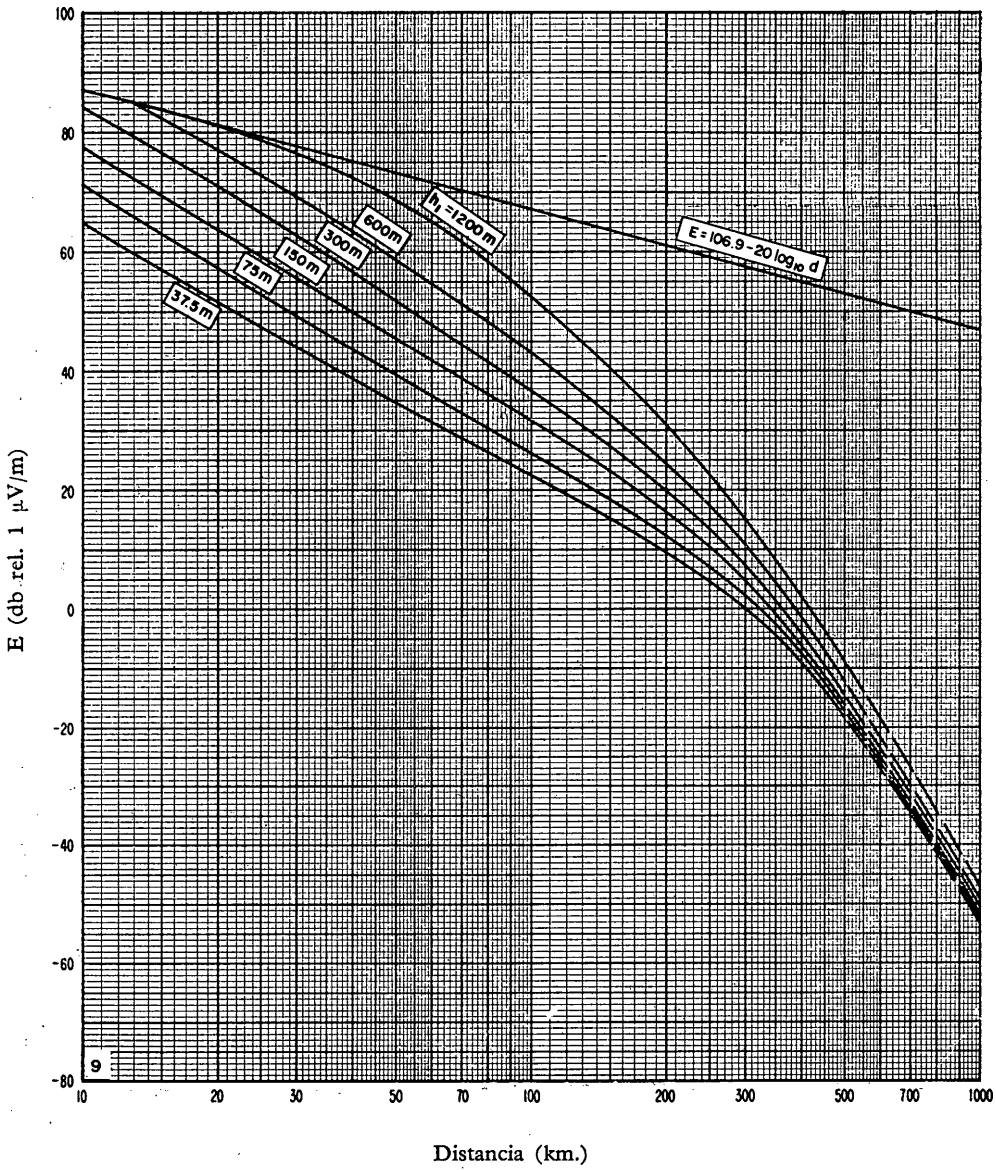


FIGURA 9

Valores de $E(50,10)$ para un clima subtropical (continental)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

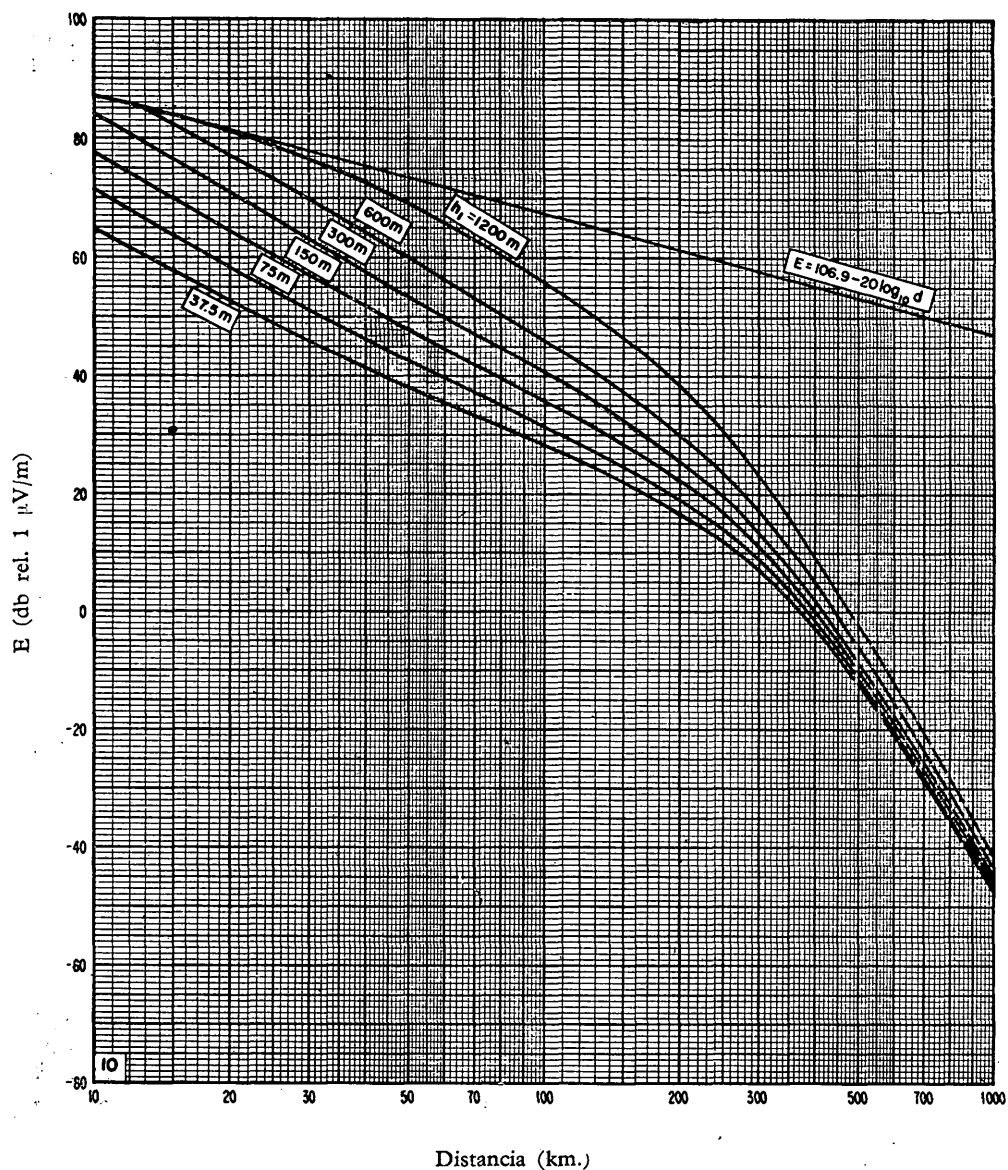


FIGURA 10

Valores de E (50,1) para un clima subtropical (continental)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

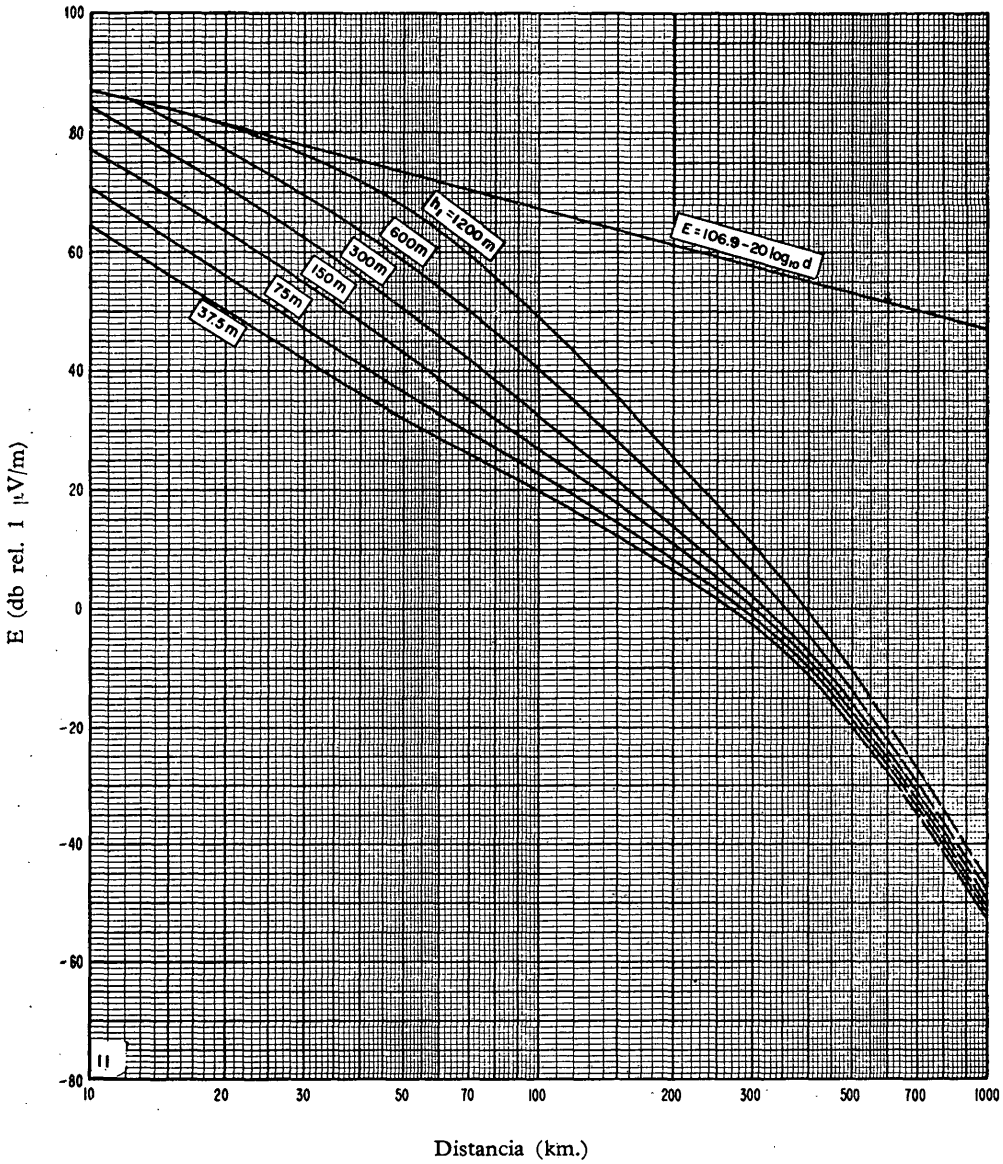


FIGURA 11

Valores de E (50,50) para un clima subtropical (maritimo)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

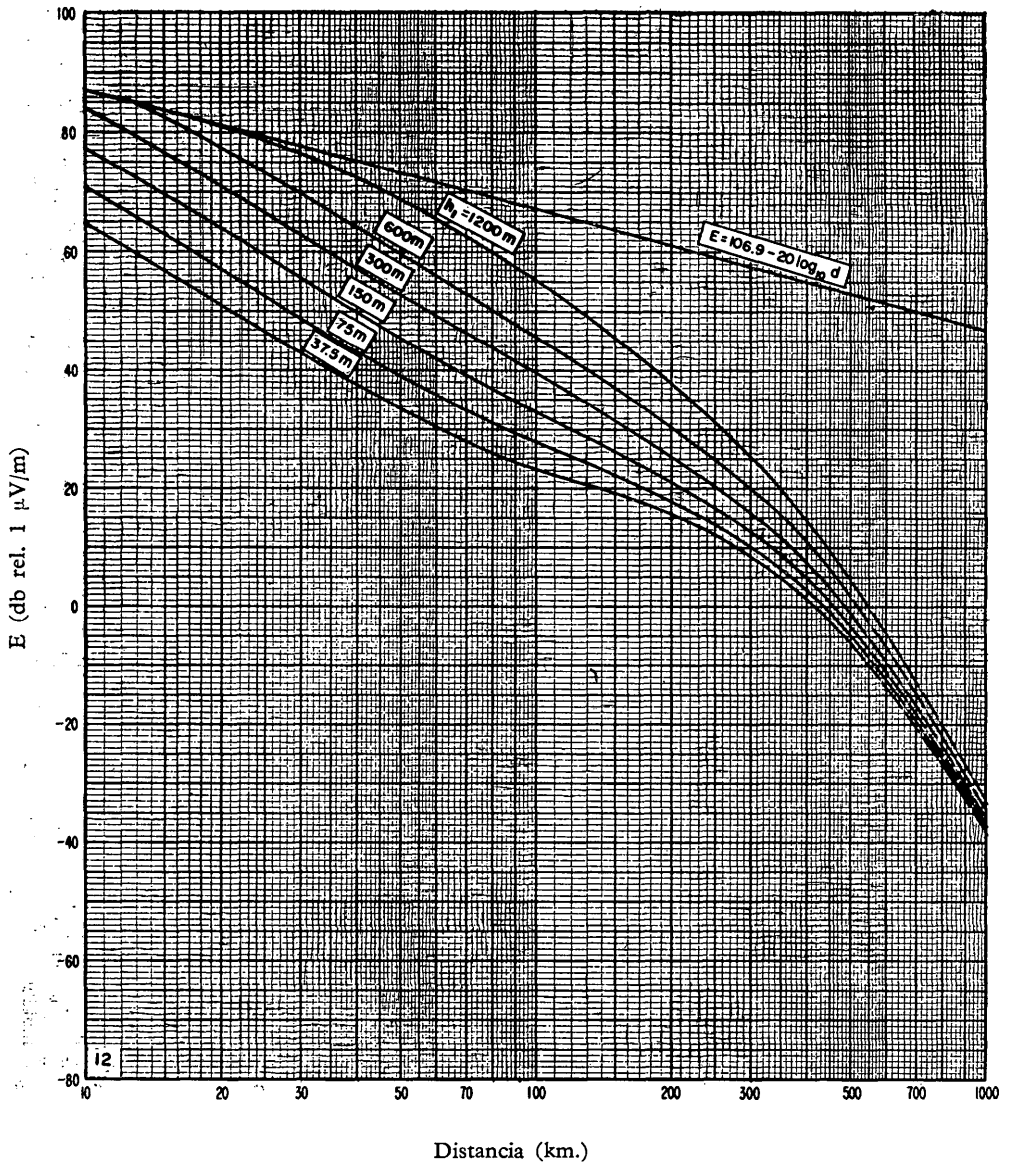


FIGURA 12

Valores de E (50,10) para un clima subtropical (maritimo)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

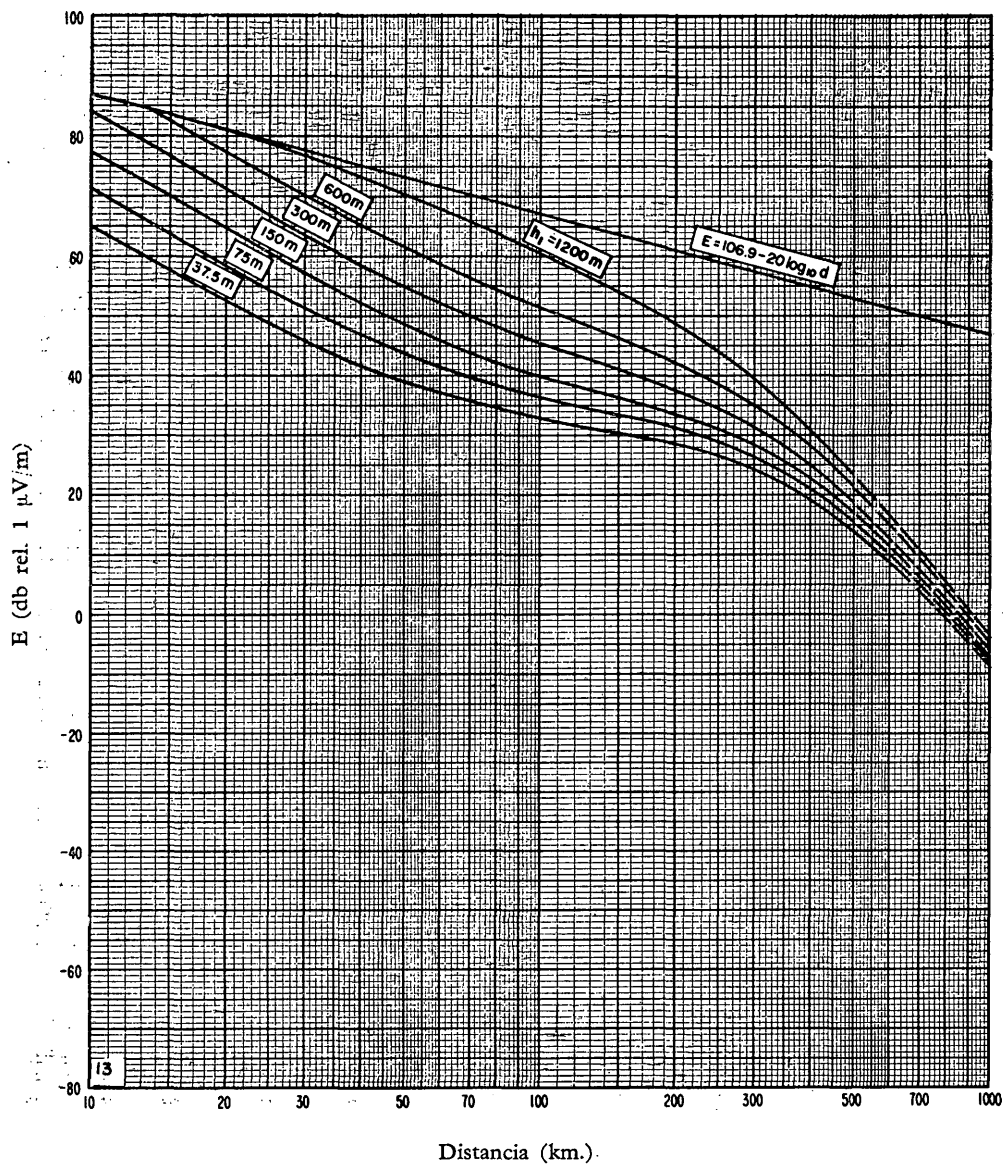


FIGURA 13

Valores de E (50,1) para un clima subtropical (maritimo)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

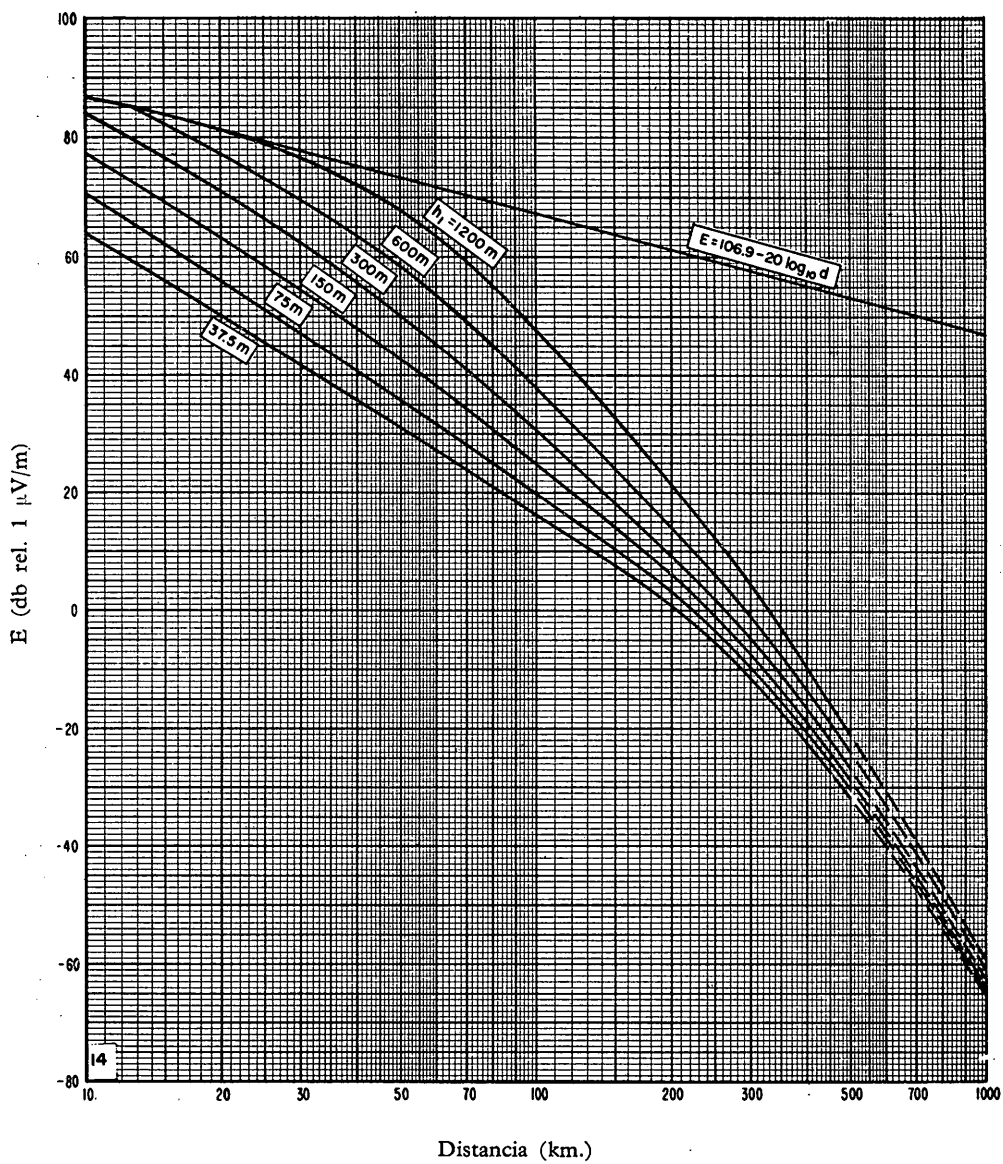


FIGURA 14

Valores de E (50,50) para un clima ecuatorial

Frecuencia: 40-250 Mc/s

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

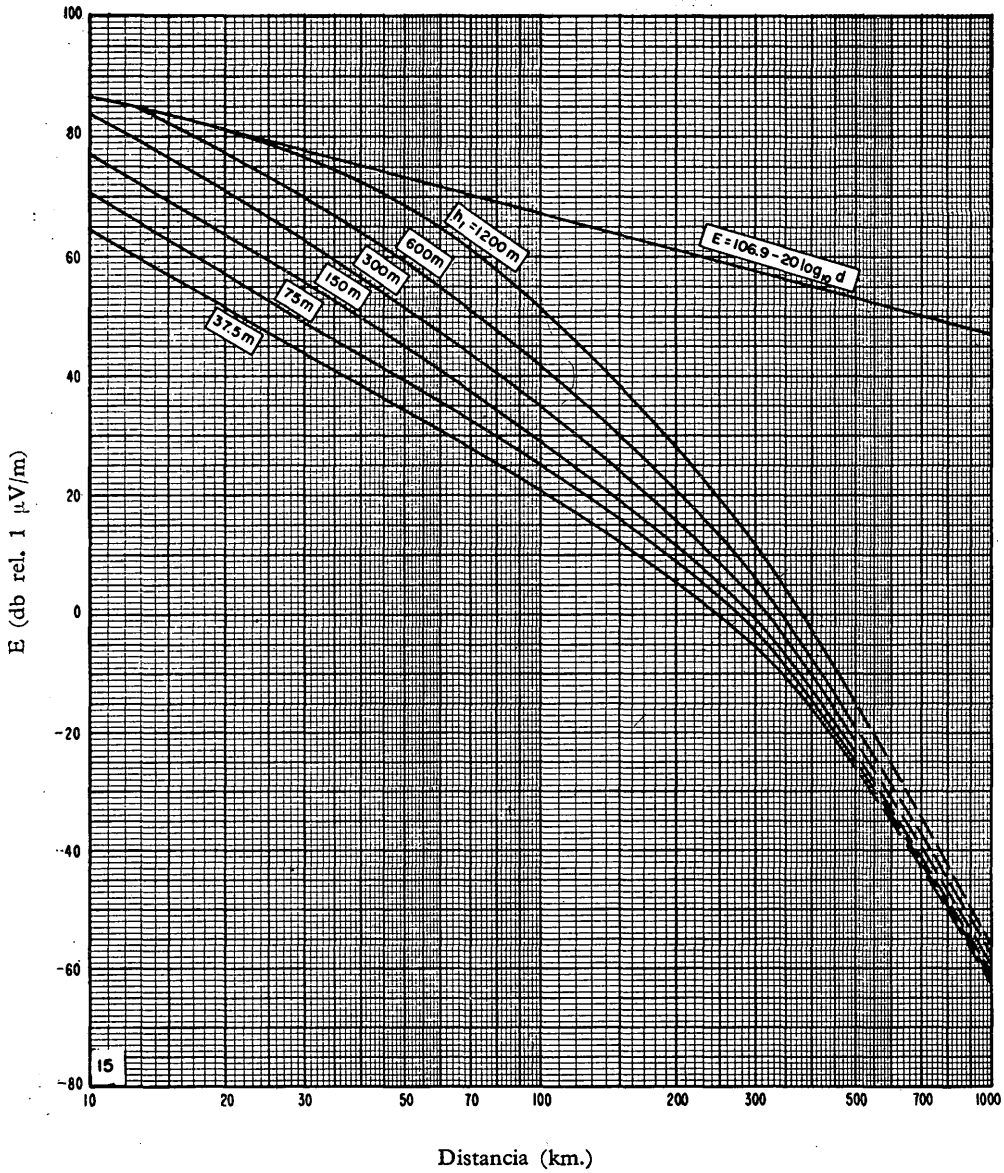


FIGURA 15

Valores de $E(50,10)$ para un clima ecuatorial

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_i : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

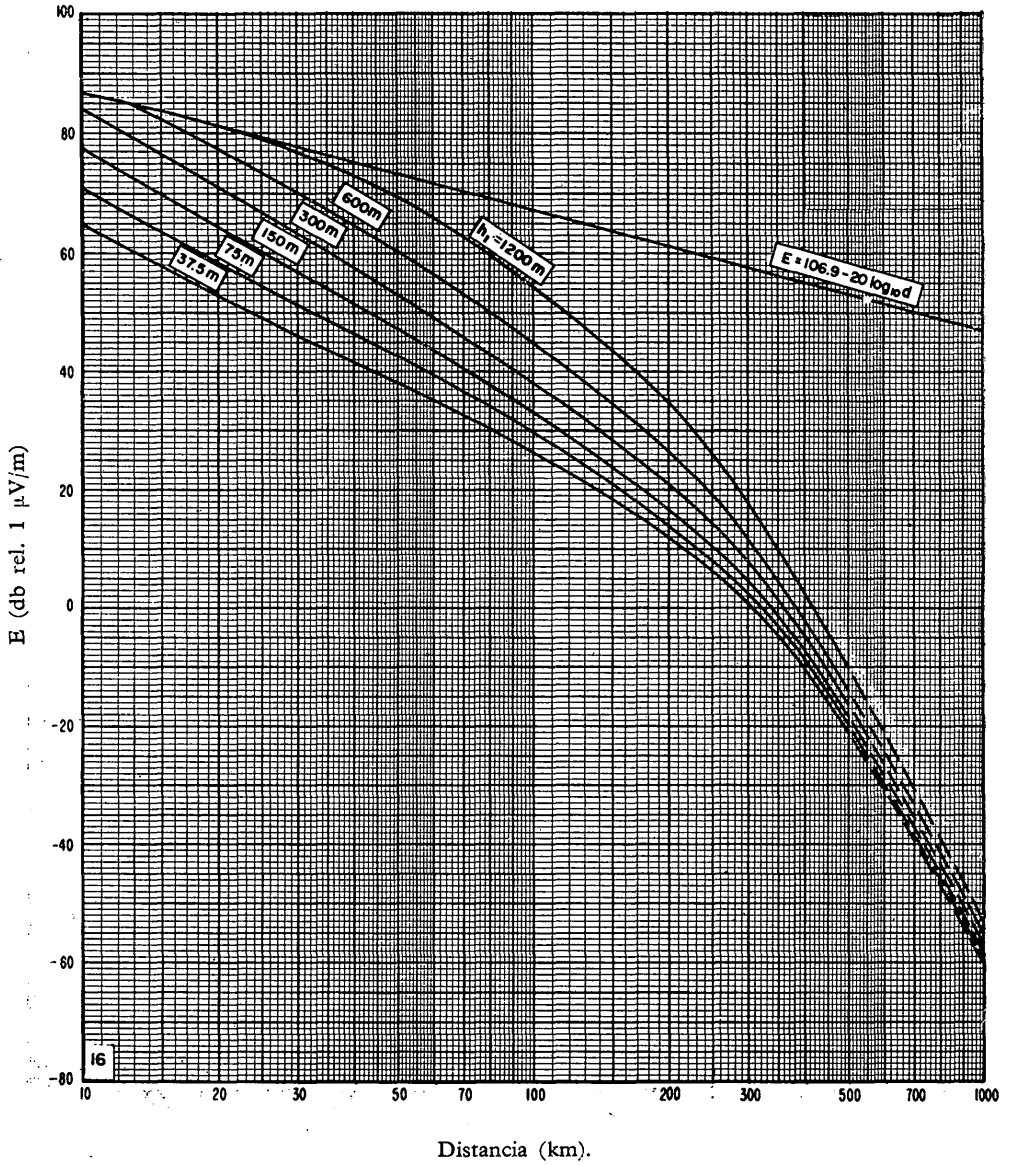


FIGURA 16

Valores de $E(50,1)$ para un clima ecuatorial

Frecuencia: 40-250 Mc/s

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

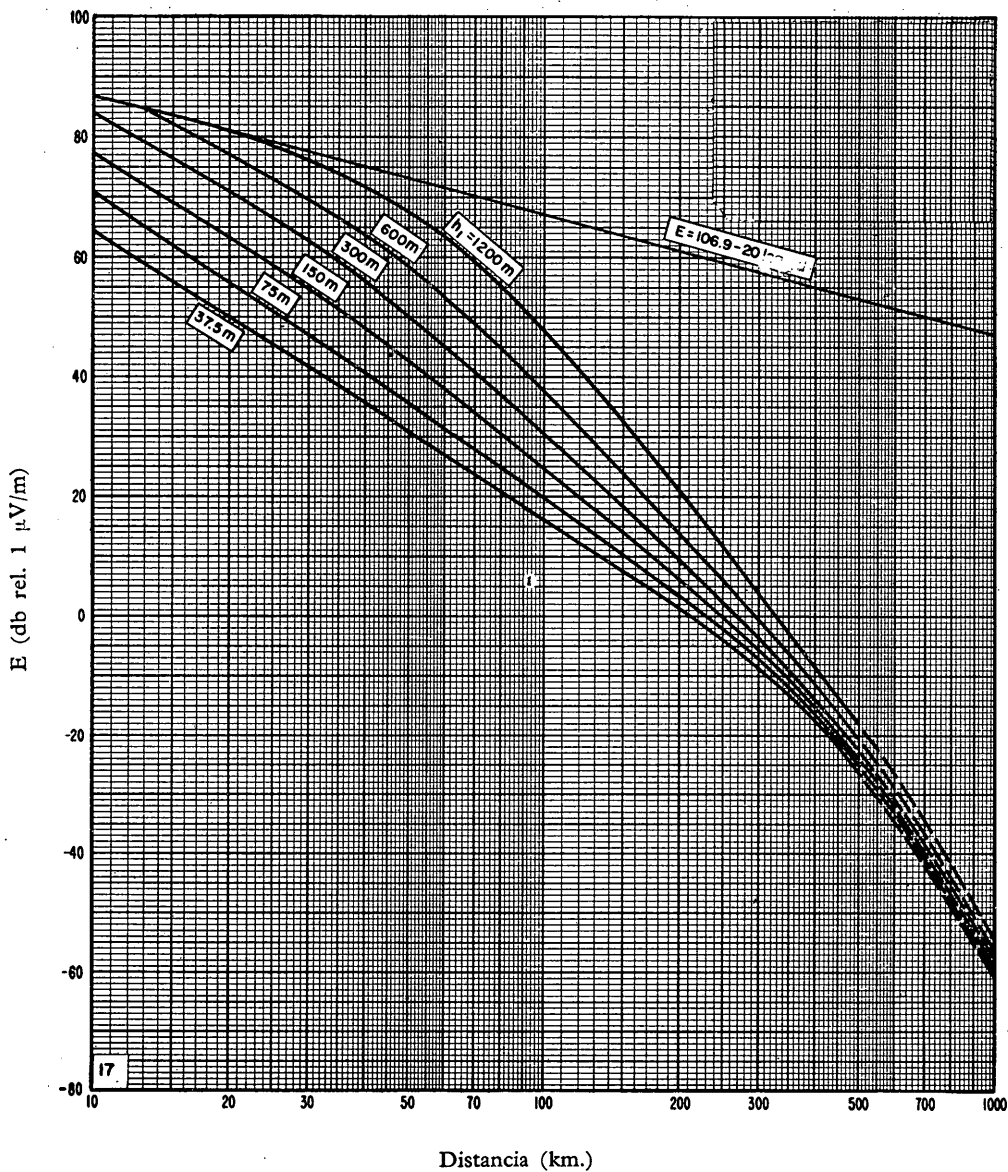


FIGURA 17

Valores de E (50,50) para un clima templado (continental)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

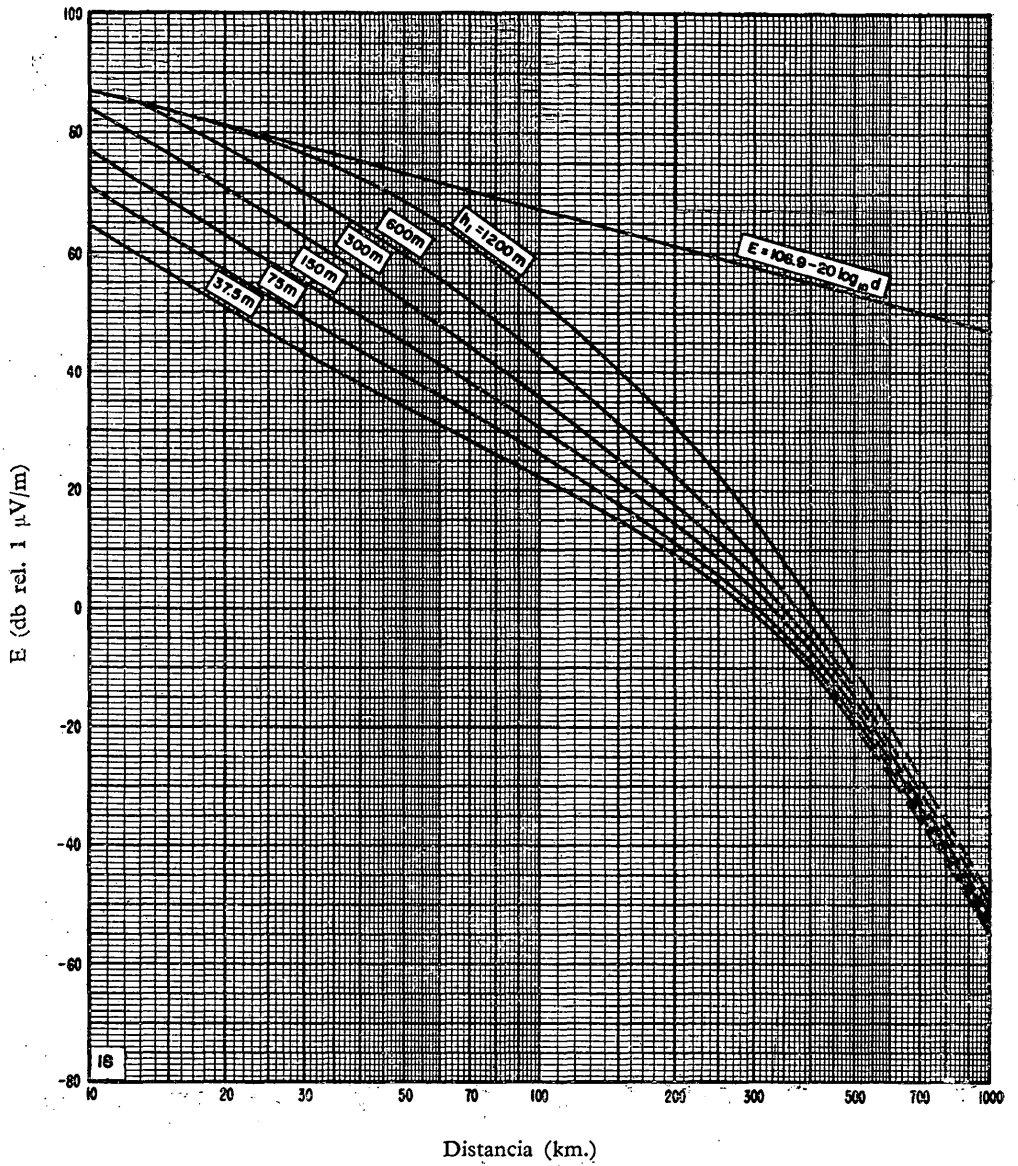


FIGURA 18

Valores de E (50,10) para un clima templado (continental)

Frecuencia: 40-250 Mc/s

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

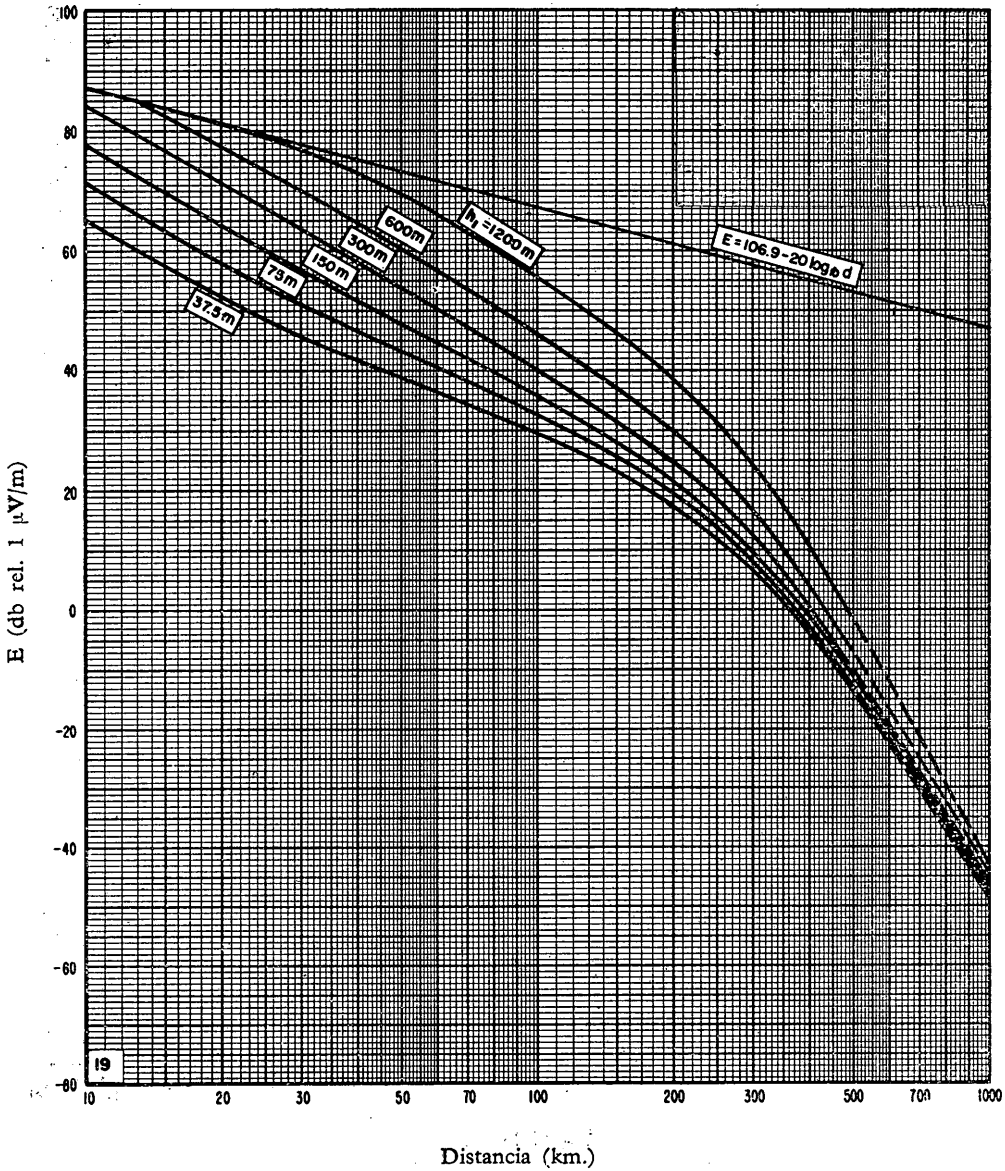


FIGURA 19

Valores de E (50,1) para un clima templado (continental)

Frecuencia: 40-250 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

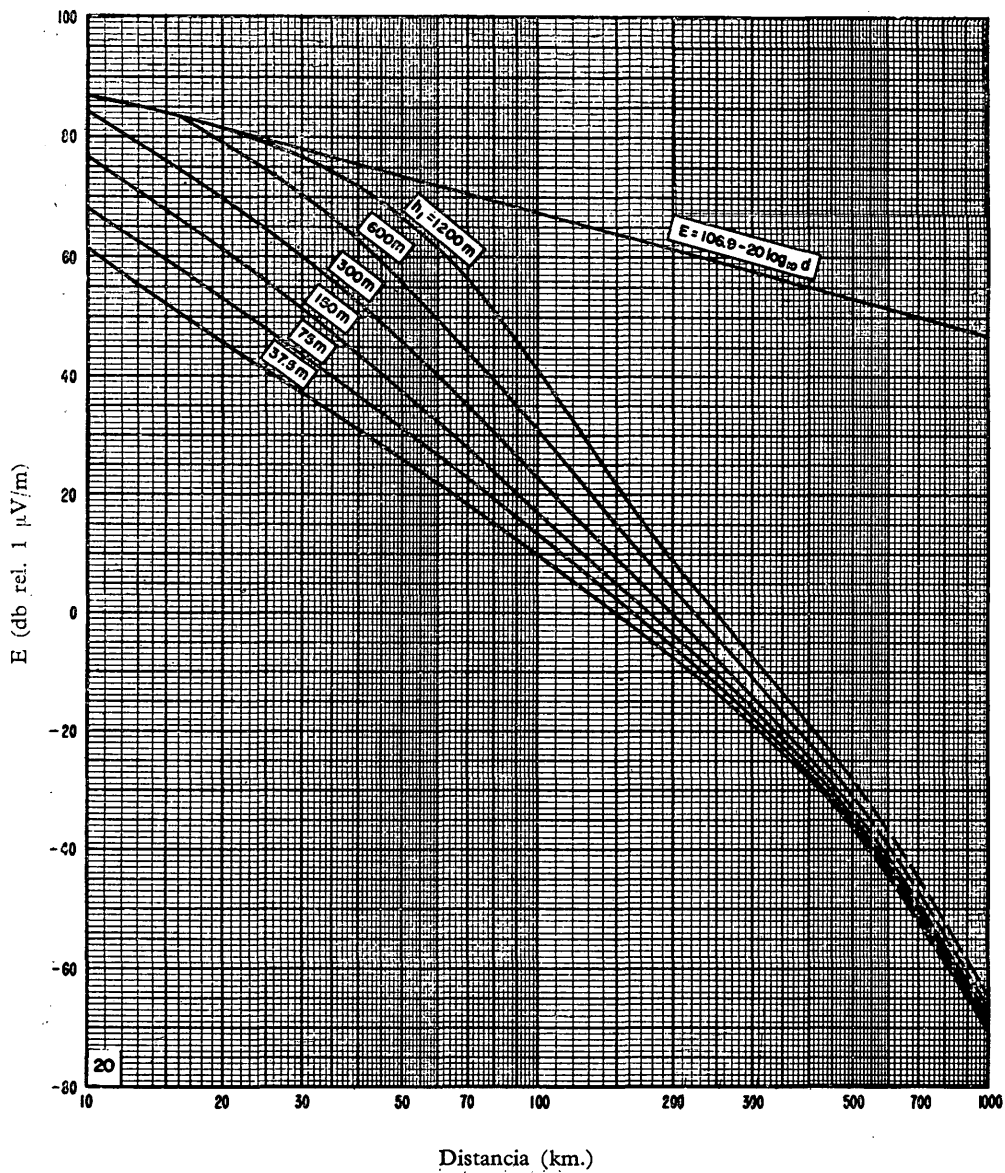


FIGURA 20

Valores de E (50,50) para un clima templado (Mediterráneo)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

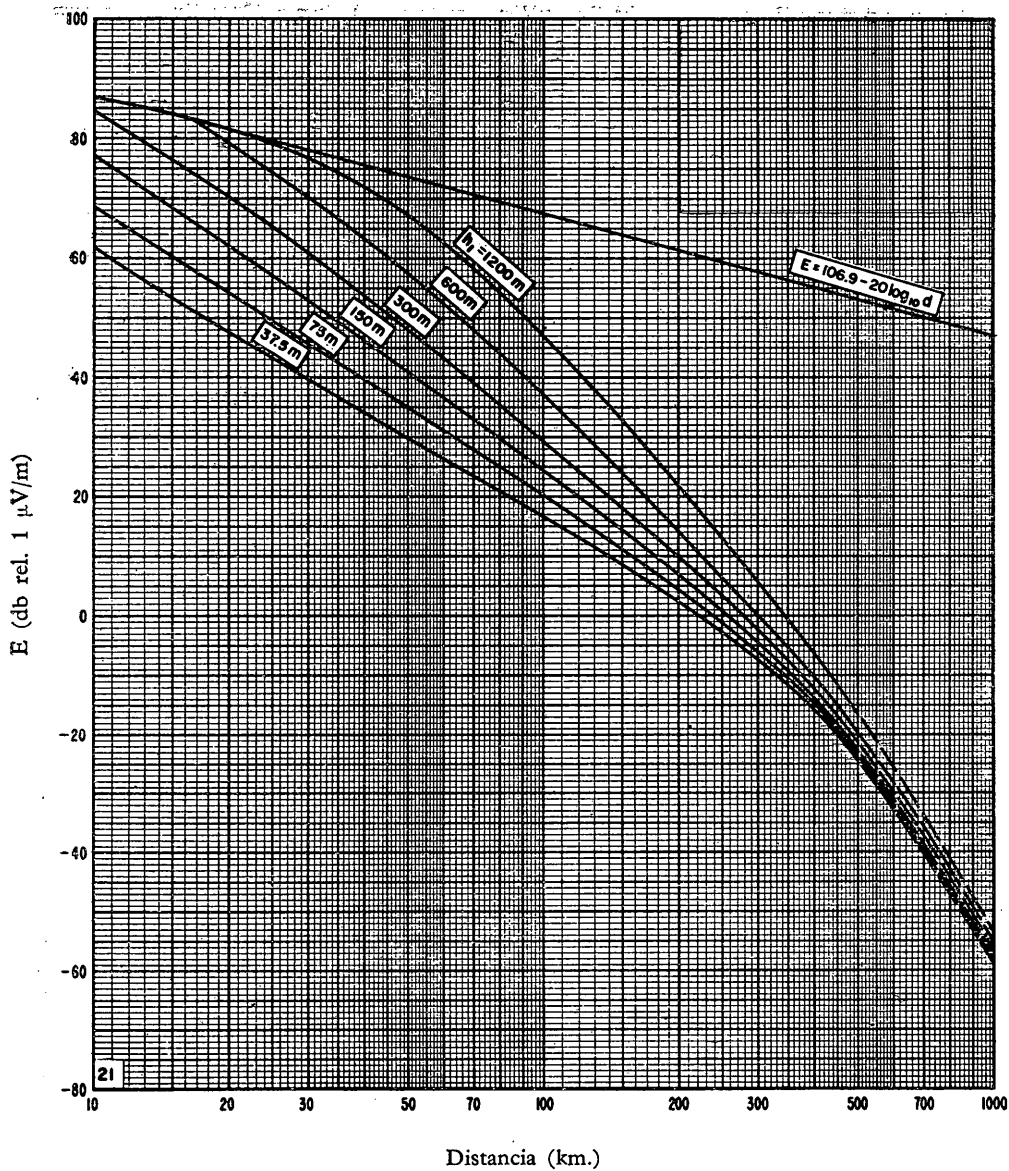


FIGURA 21

Valores de $E(50,10)$ para un clima templado (Mediterráneo)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s.

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

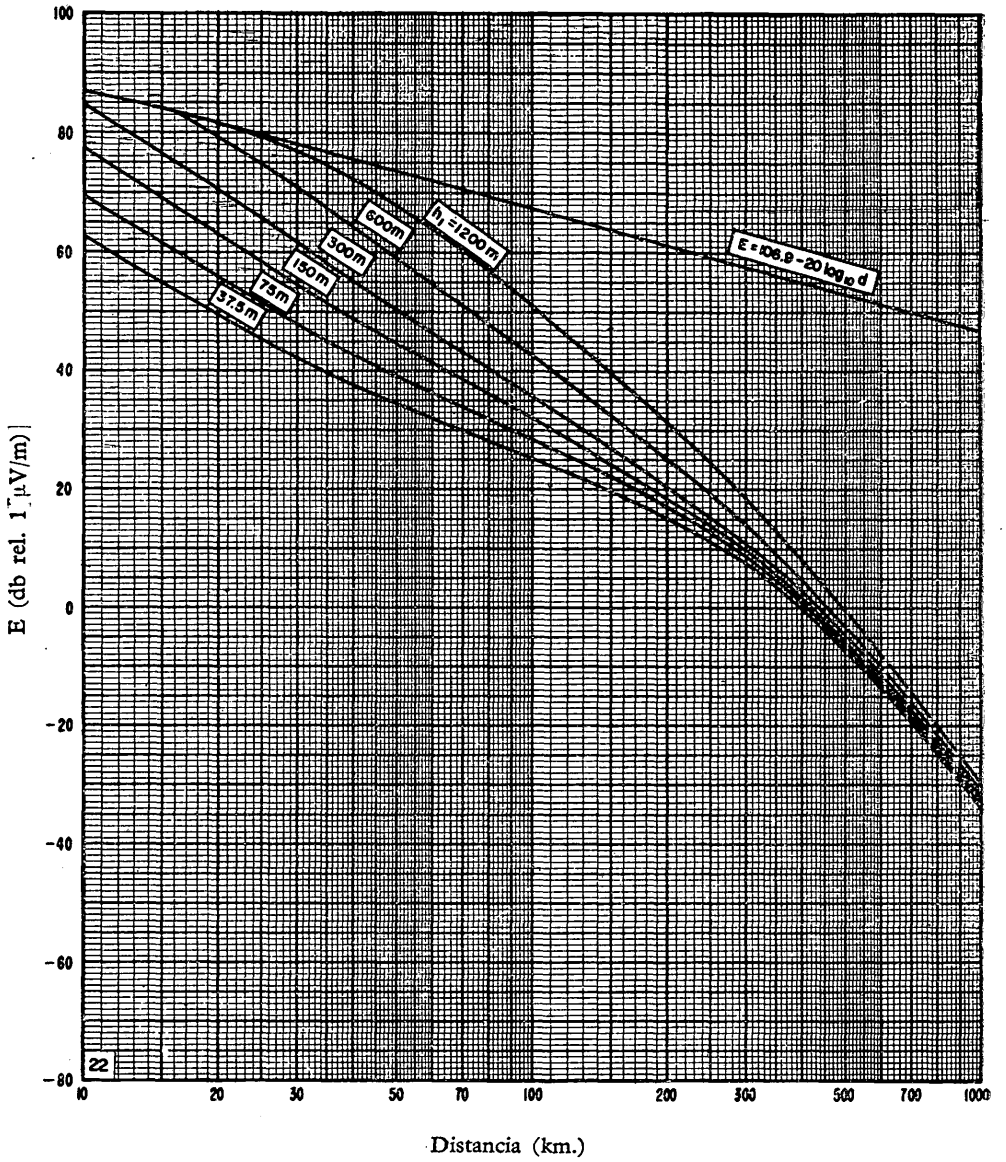


FIGURA 22

Valores de $E(50,1)$ para un clima templado (Mediterráneo)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

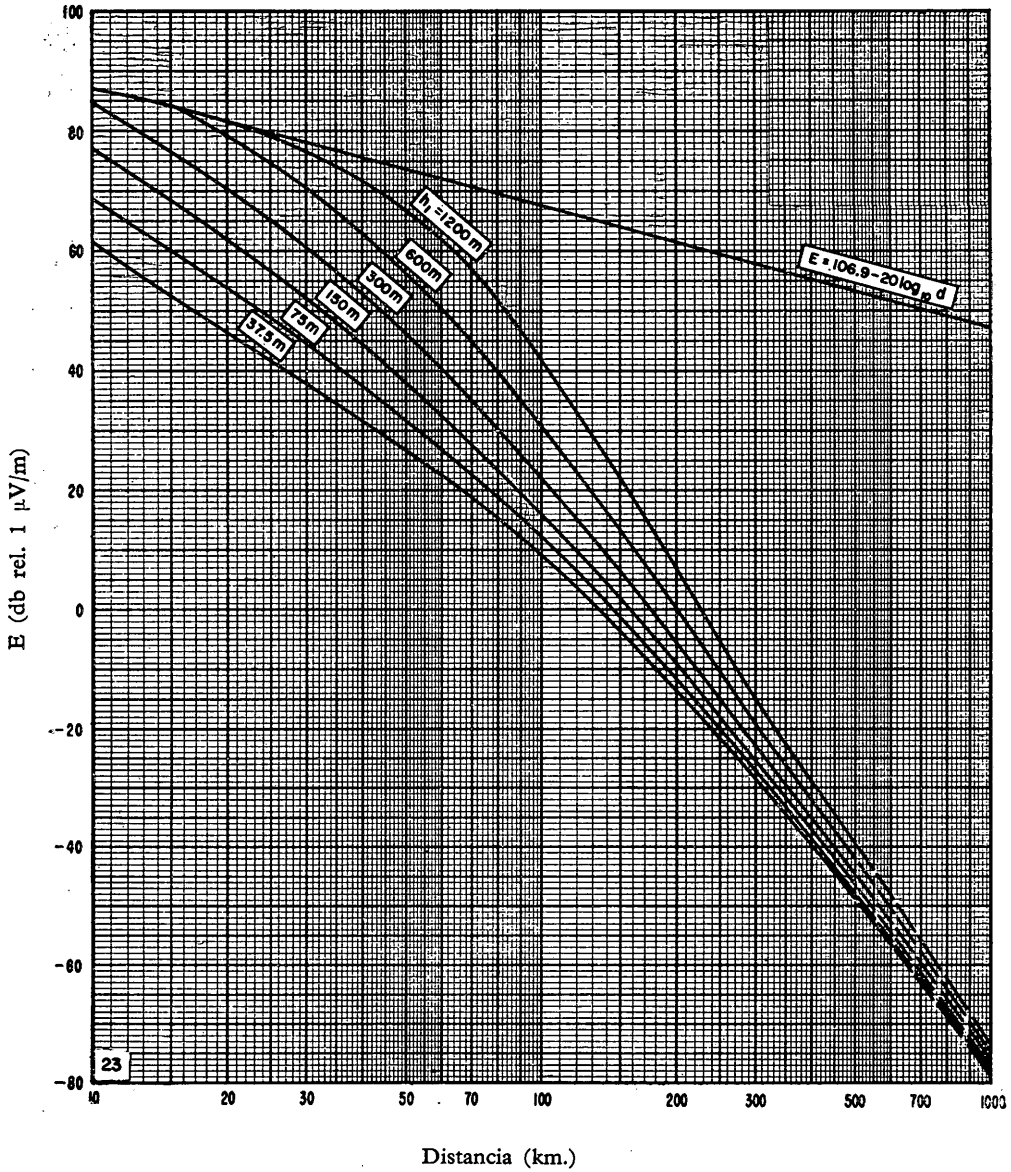


FIGURA 23

Valores de E (50,50) para un clima desértico (Sahara)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

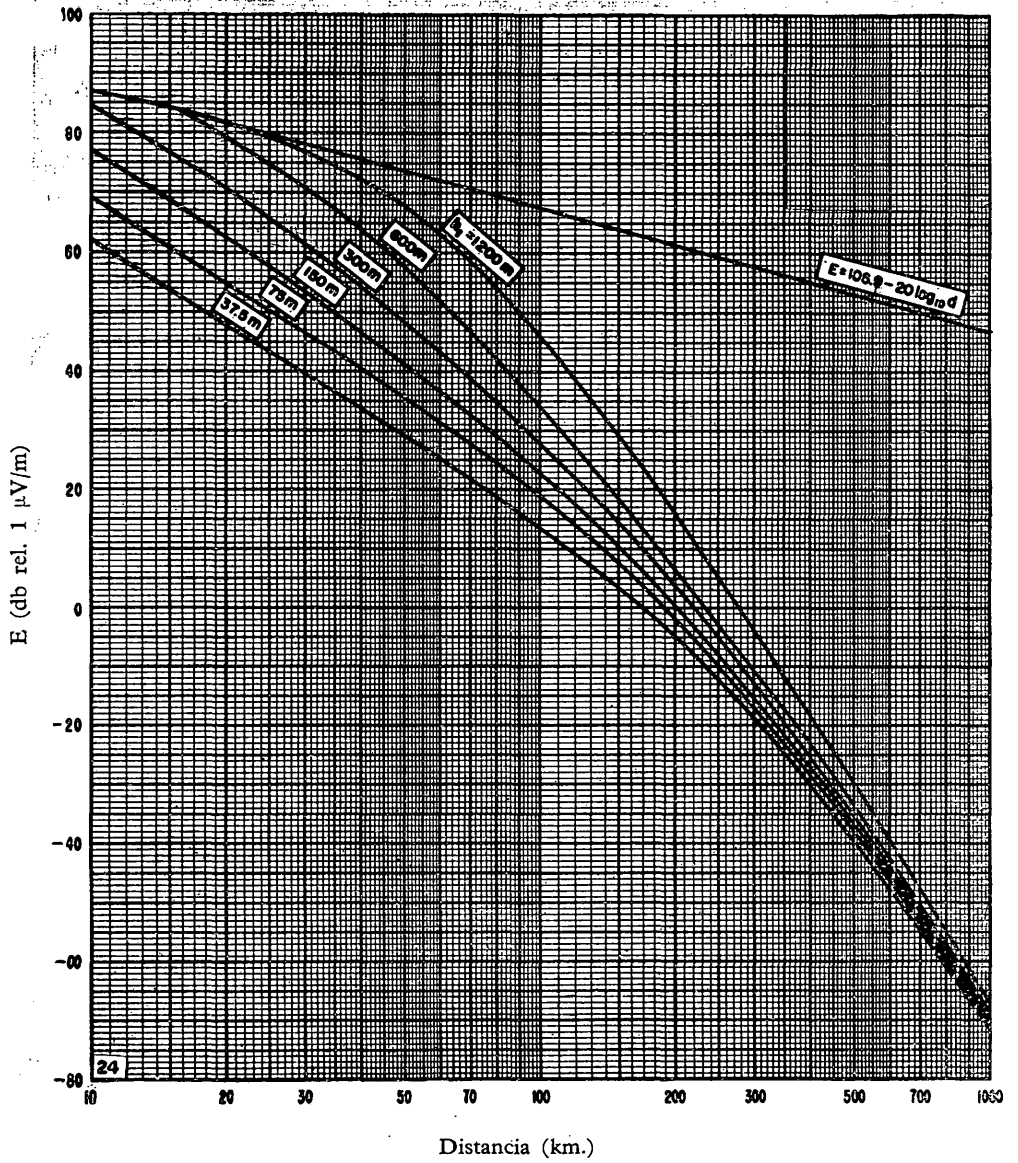


FIGURA 24

Valores de $E(50,10)$ para un clima desértico (Sahara)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

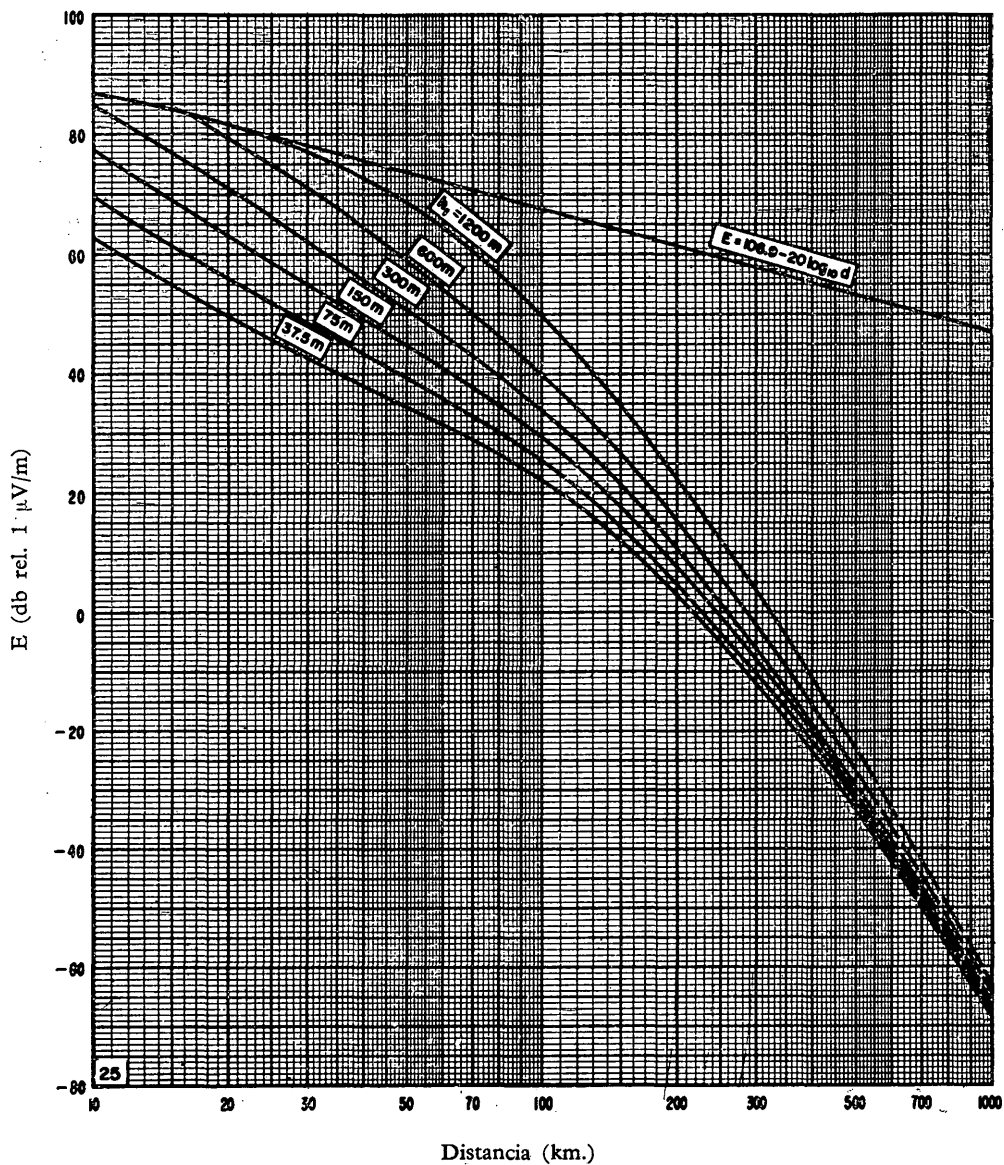


FIGURA 25

Valores de $E(50,1)$ para un clima desértico (Sahara)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

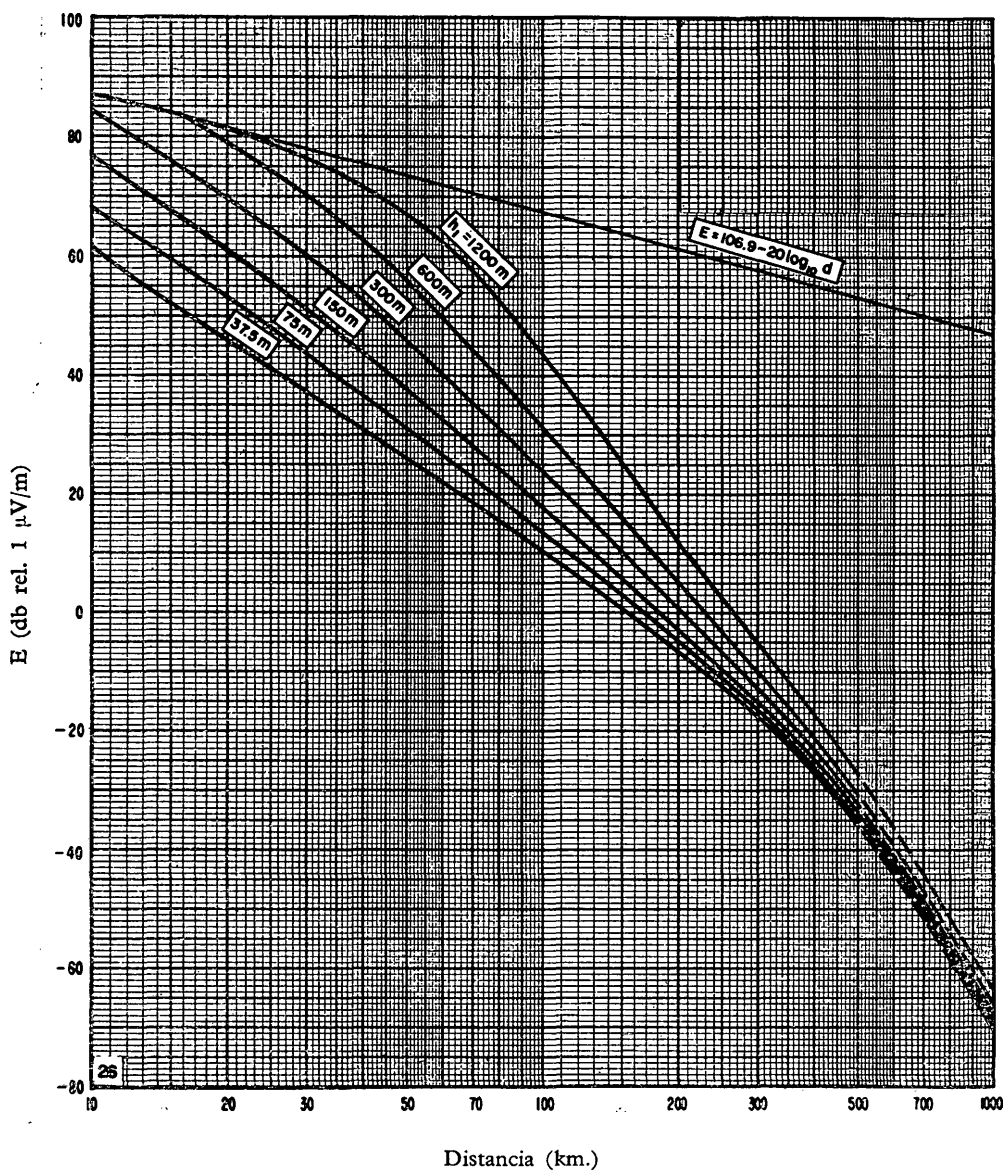


FIGURA 26

Valores de E (50,50) para un clima subtropical (continental)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

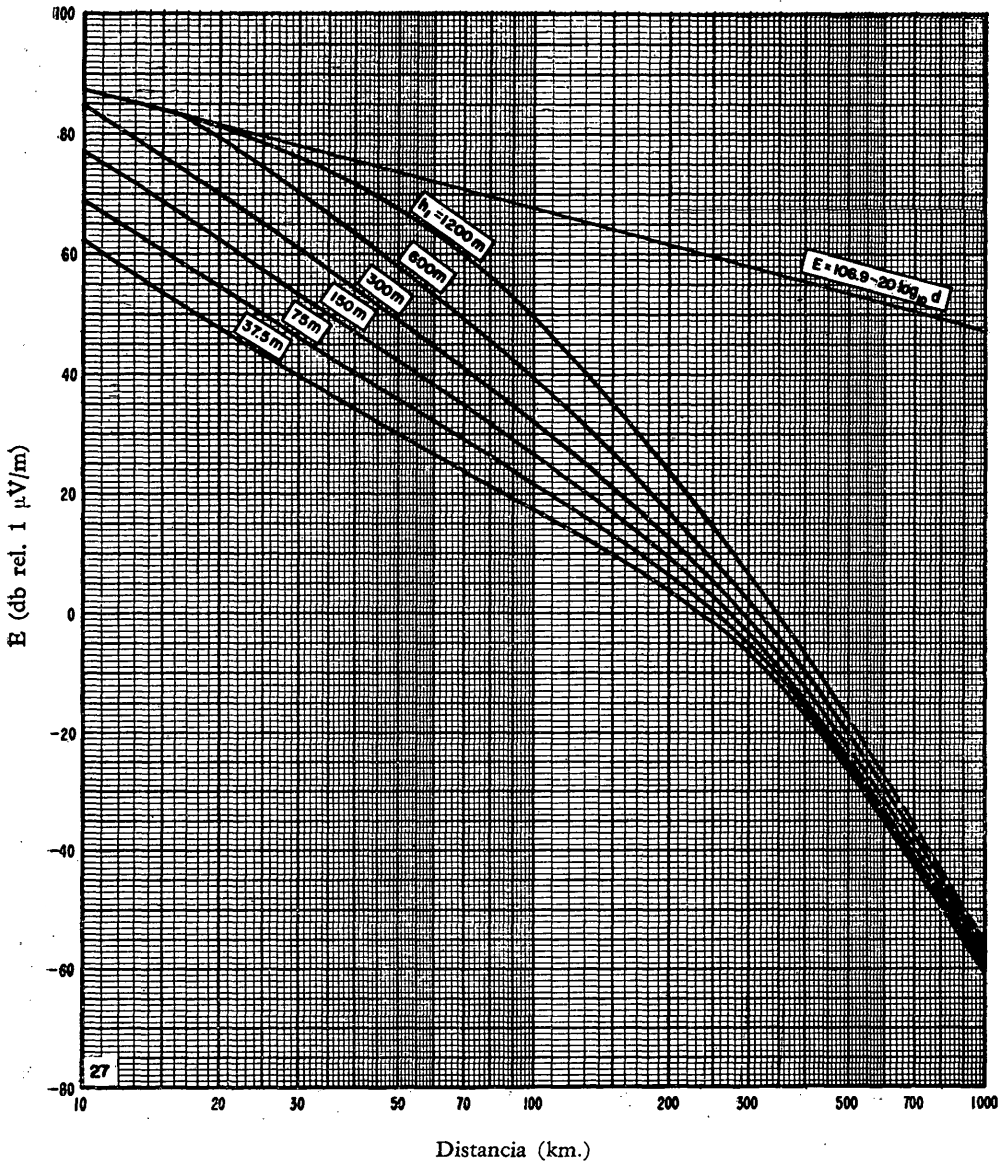


FIGURA 27

Valores de E (50,10) para un clima subtropical (continental)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_2 : indicado en las curvas
 h_1 : 10 m.

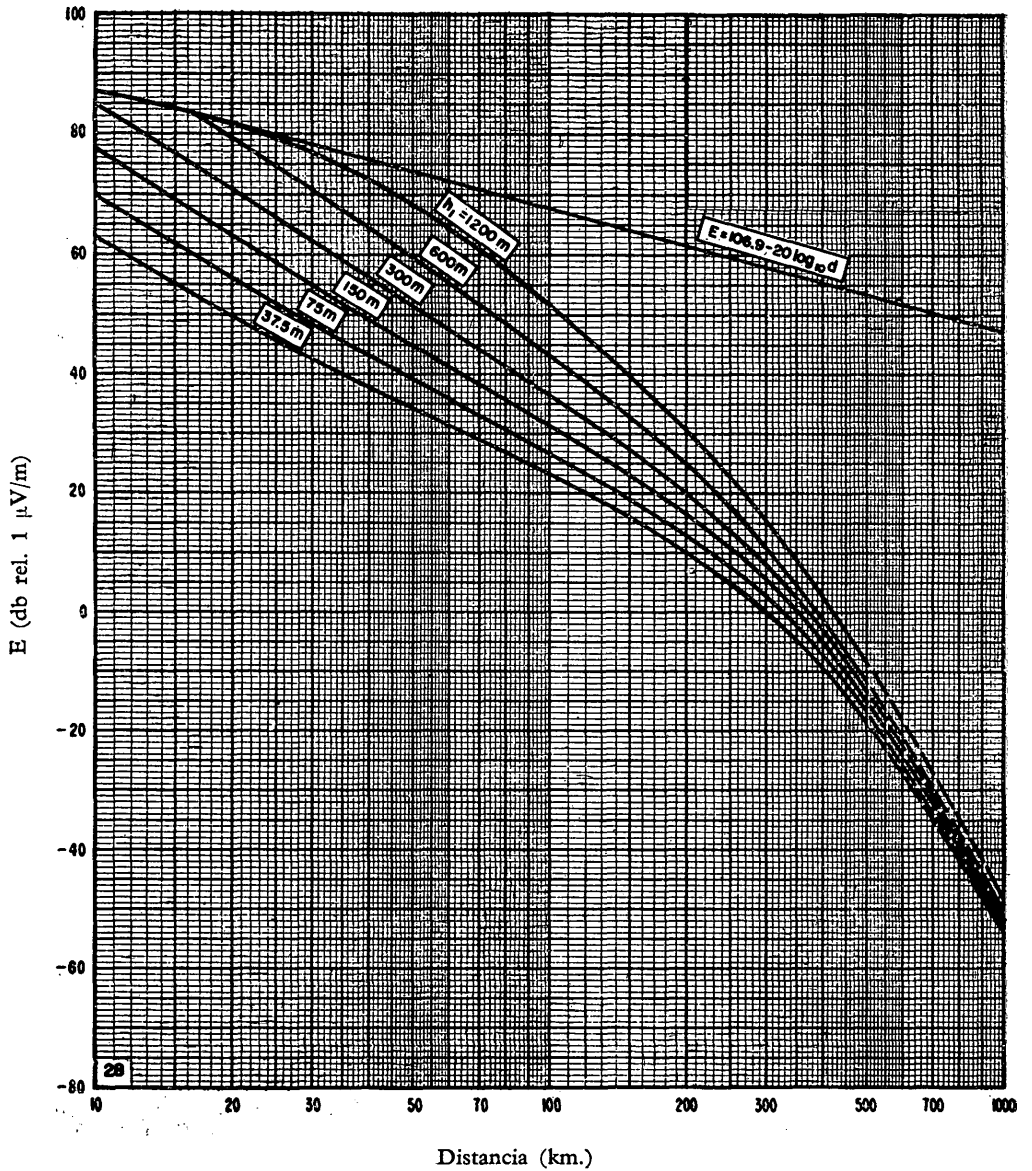


FIGURA 28

Valor de E (50,1) para un clima subtropical (continental)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

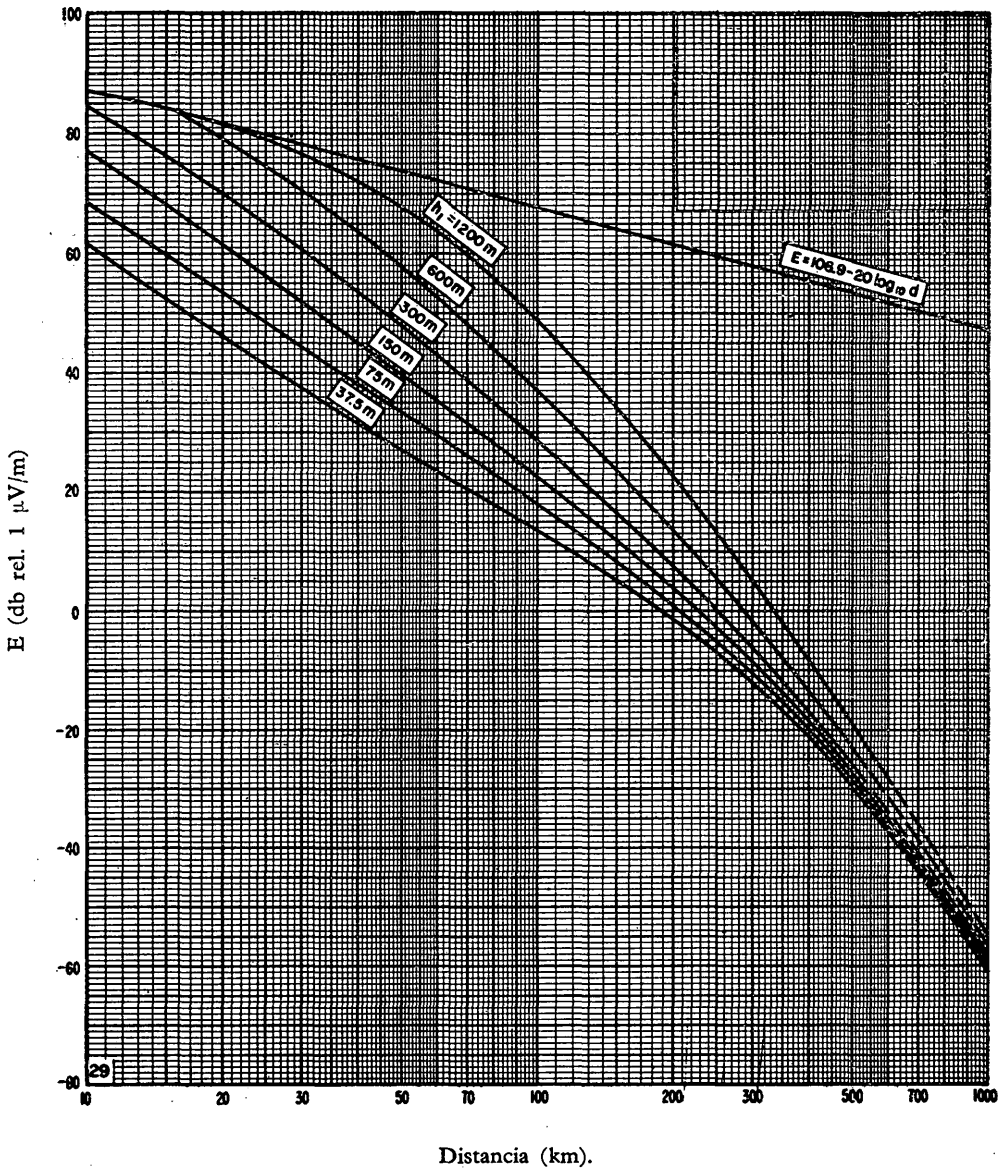


FIGURA 29

Valores de E (50,50) para un clima subtropical (maritimo)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

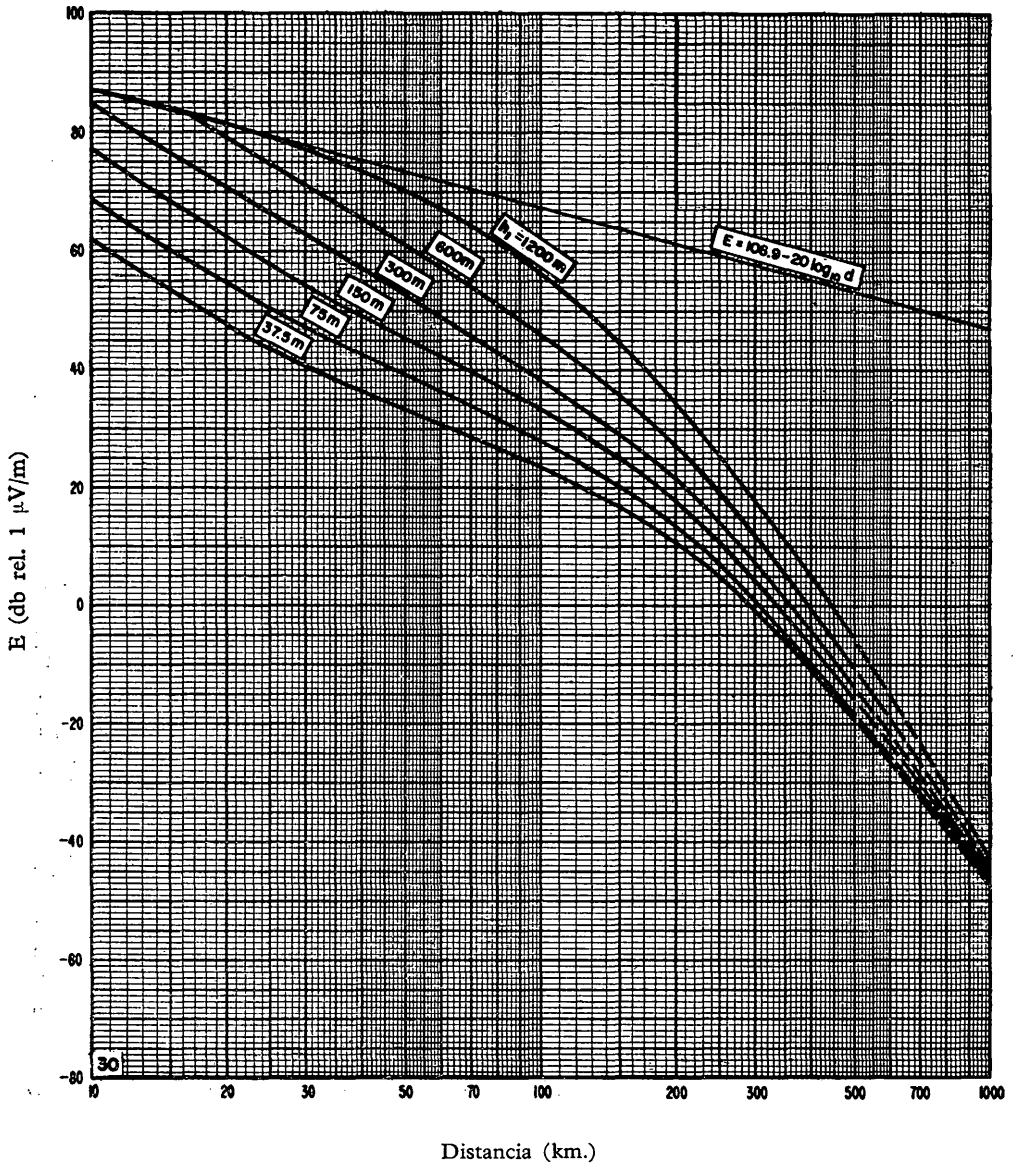


FIGURA 30

Valores de E (50,10) para un clima subtropical (marítimo)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

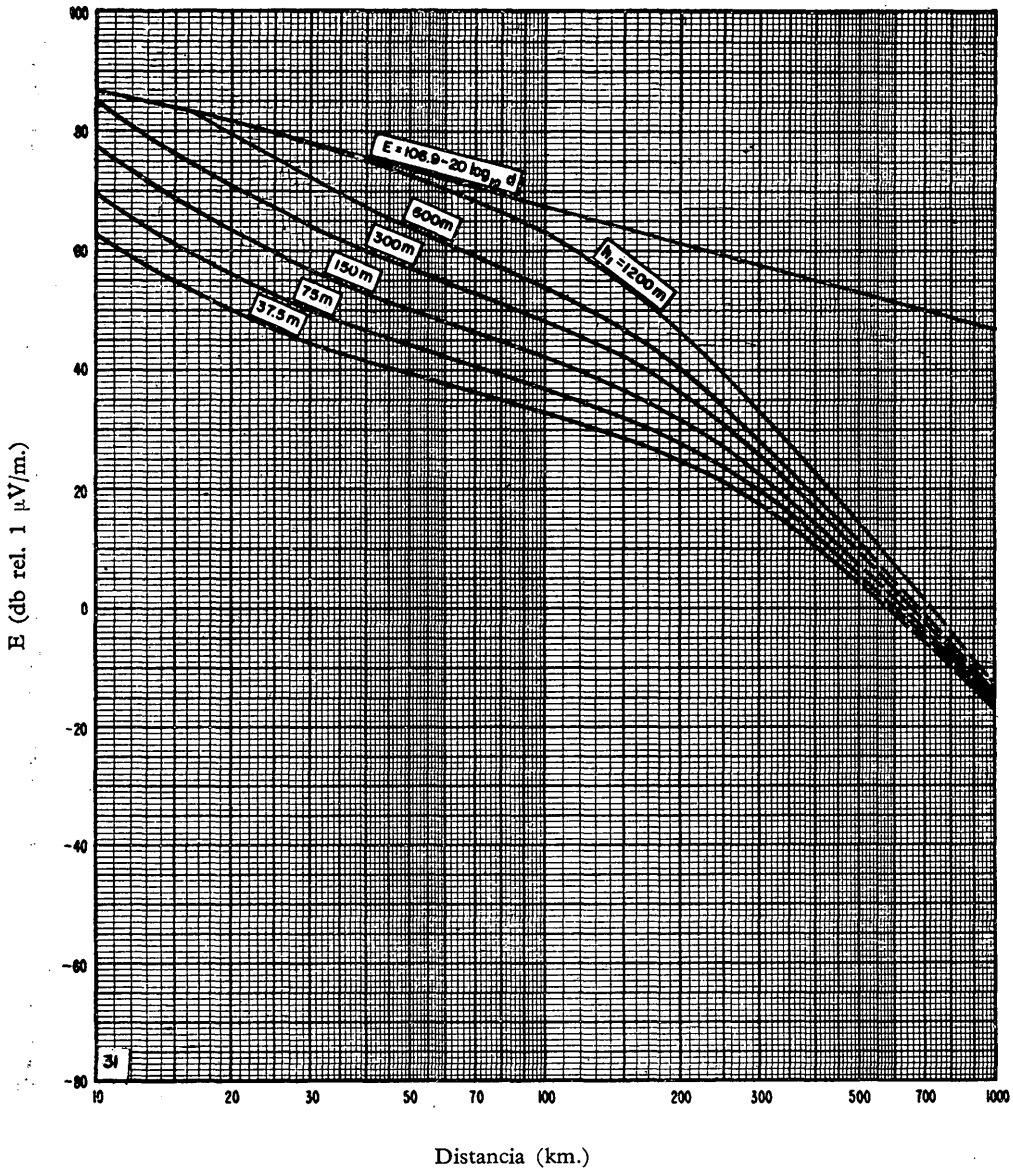


FIGURA 31

Valores de E (50,1) para un clima subtropical (maritimo)

Frecuencia: 450-1,000 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

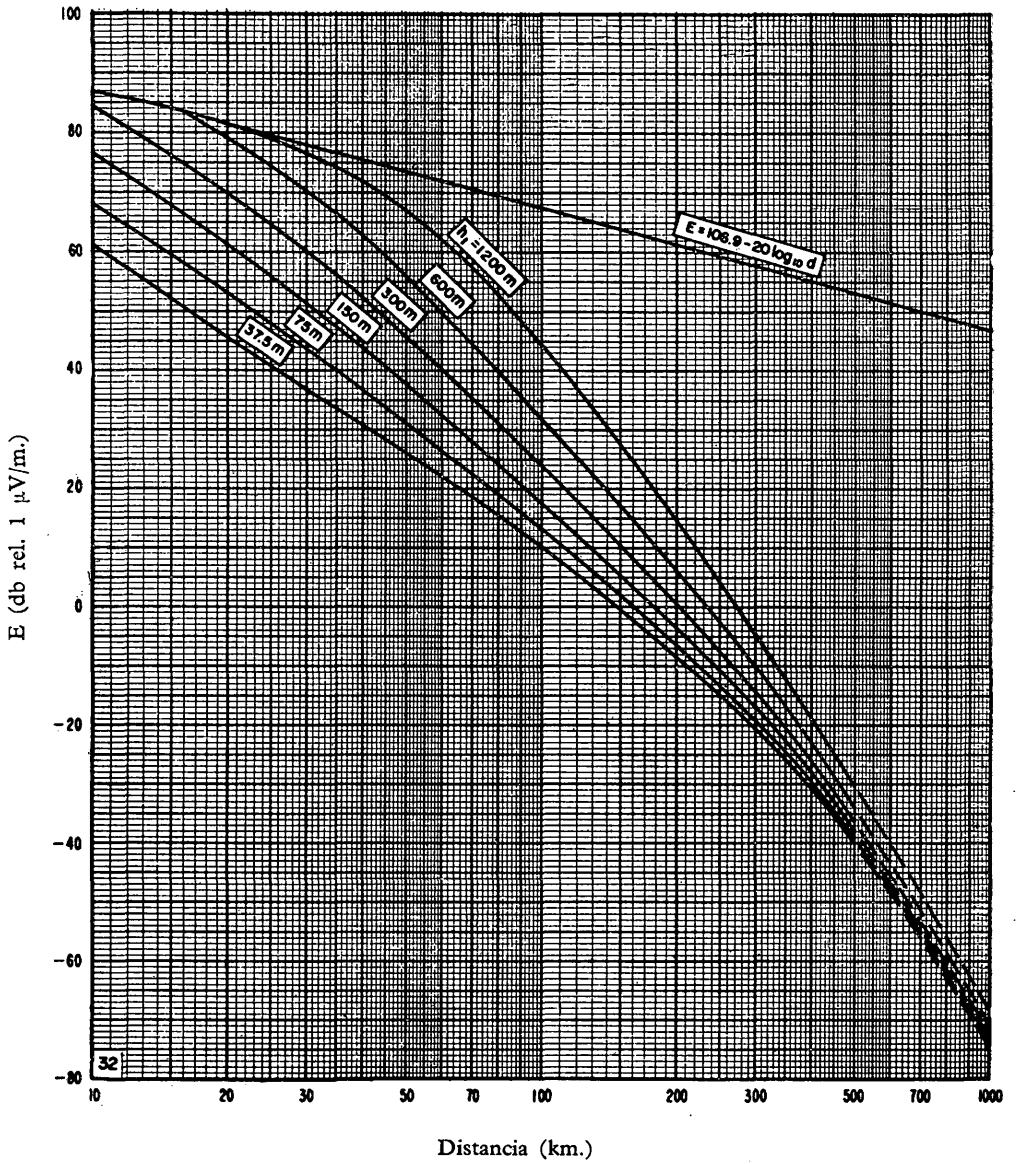


FIGURA 32

Valores de E (50,50) para un clima ecuatorial

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

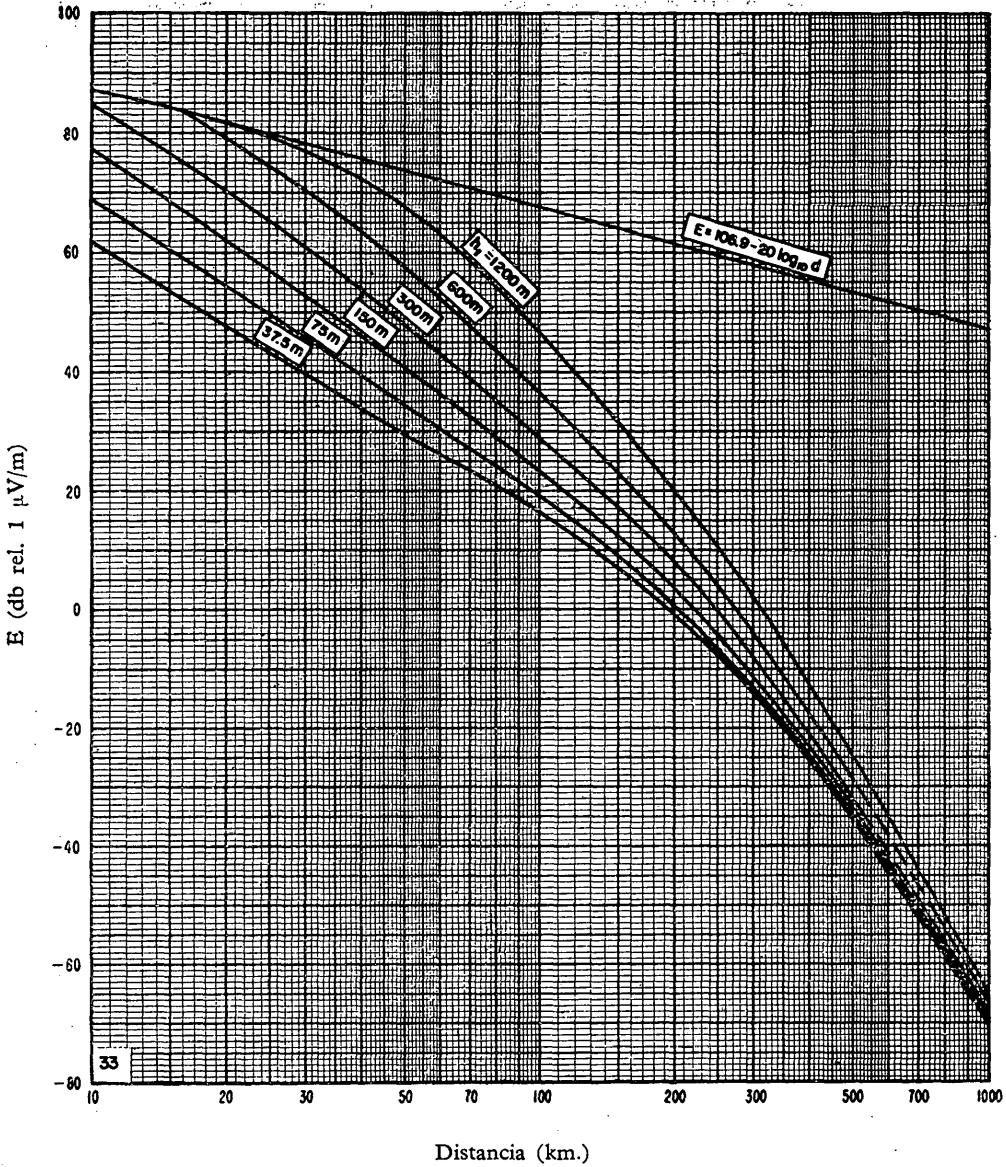


FIGURA 33

Valores de E (50,10) para un clima ecuatorial

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s

h_1 : indicado en las curvas

h_2 : 10 m.

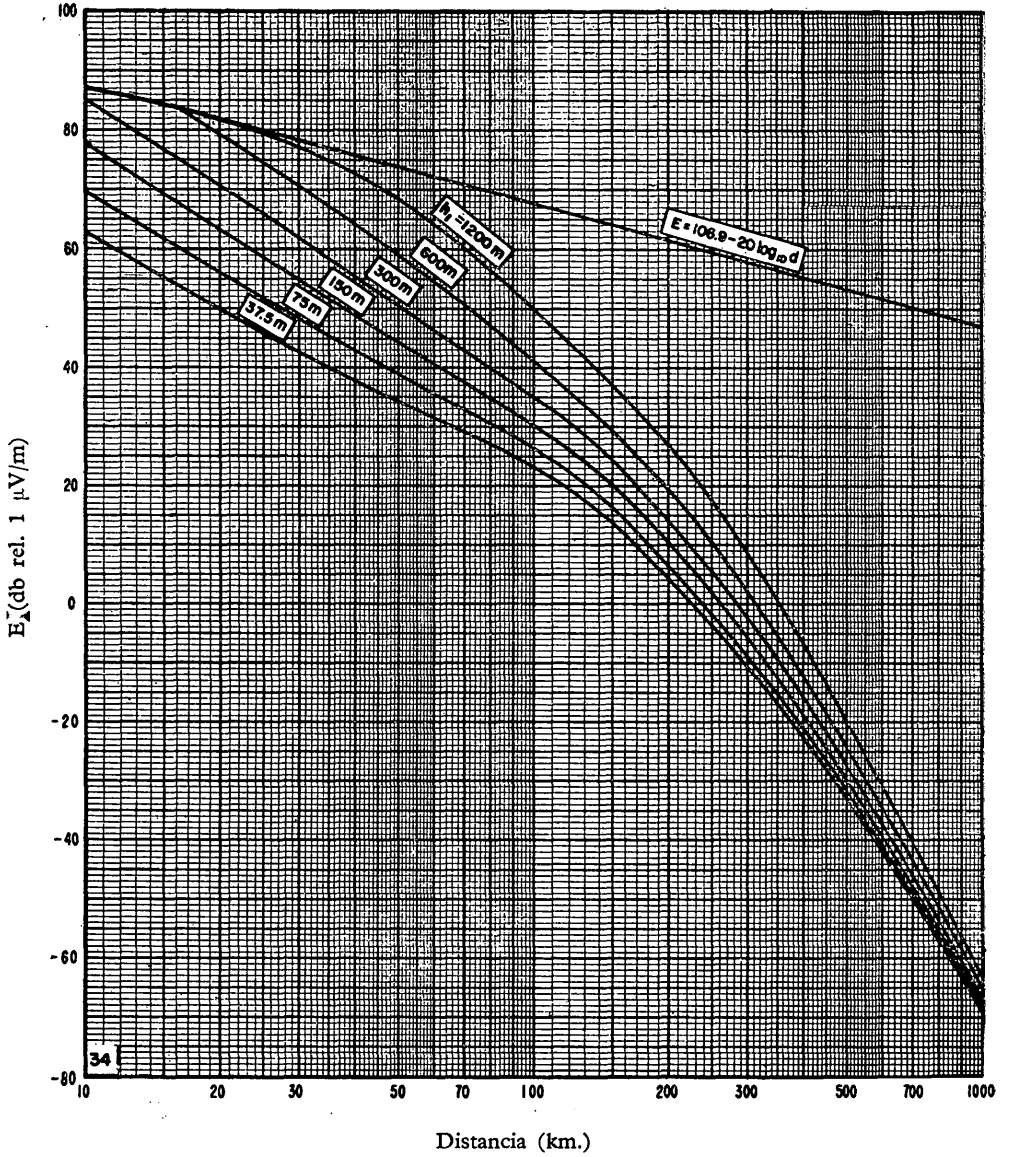


FIGURA 34

Valores de $E(50,1)$ para un clima ecuatorial

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

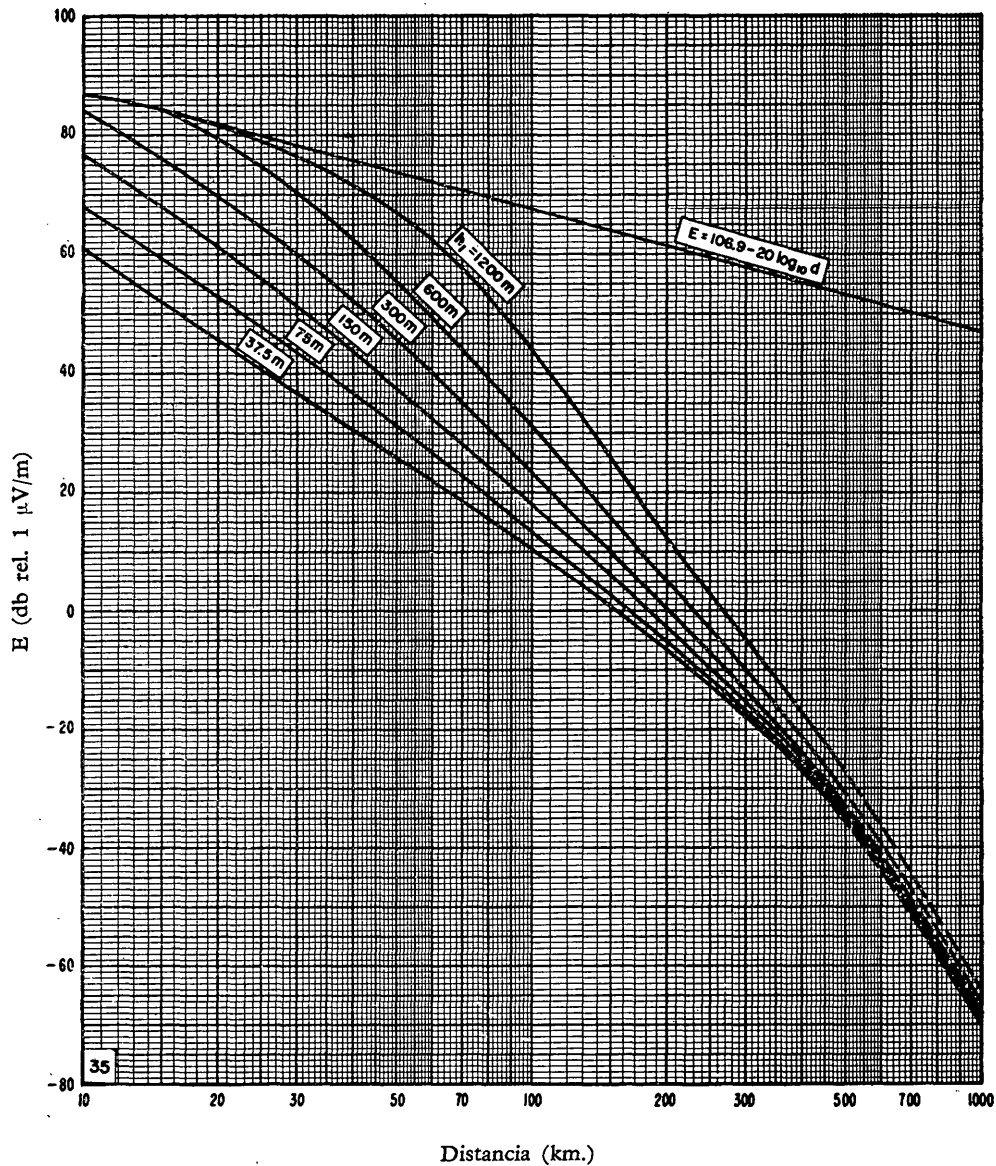


FIGURA 35

Valores de E (50,50) para un clima templado (continental).

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

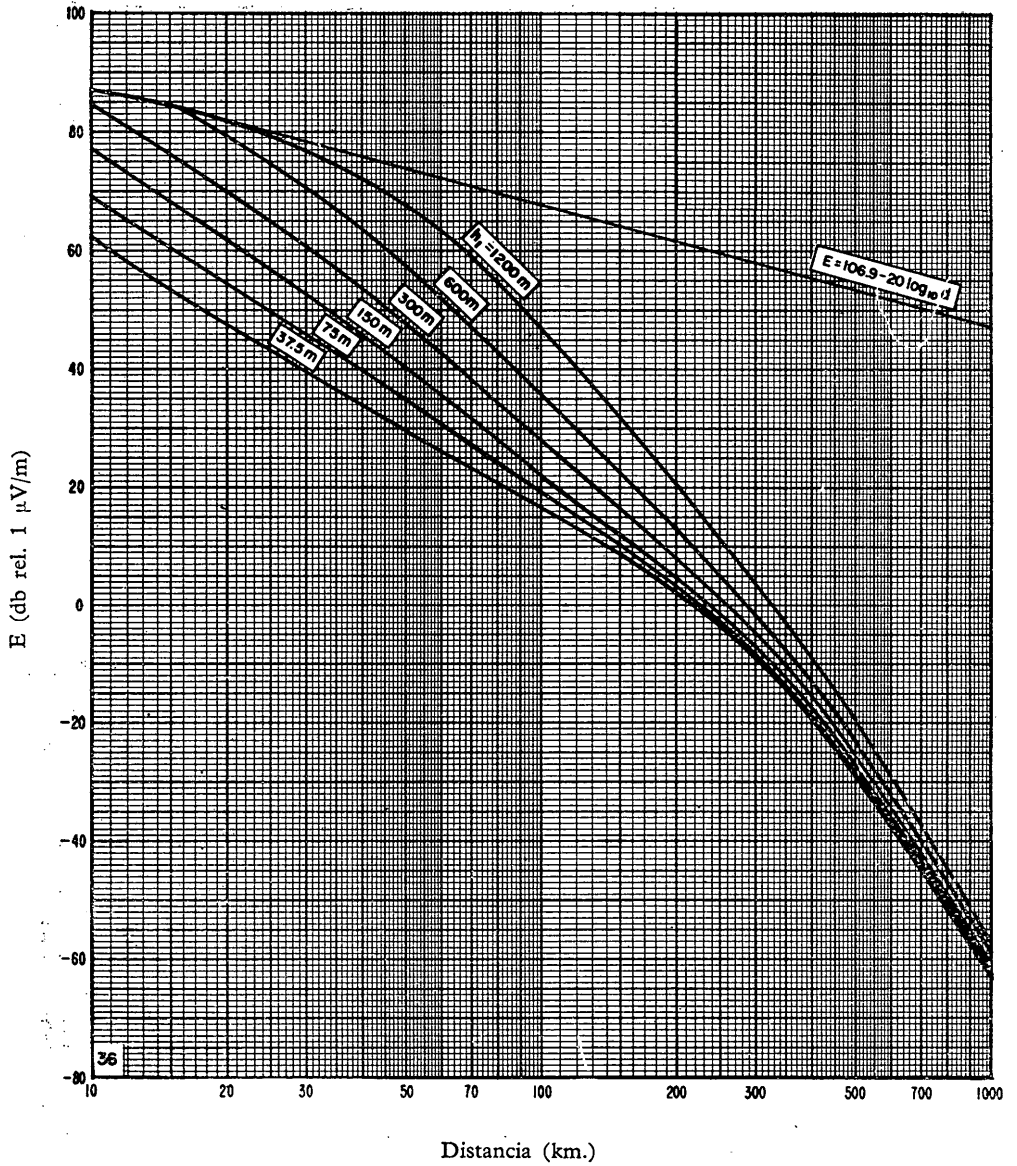


FIGURA 36

Valores de $E(50,10)$ para un clima templado (continental)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_i : indicado en las curvas
 h_o : 10 m.

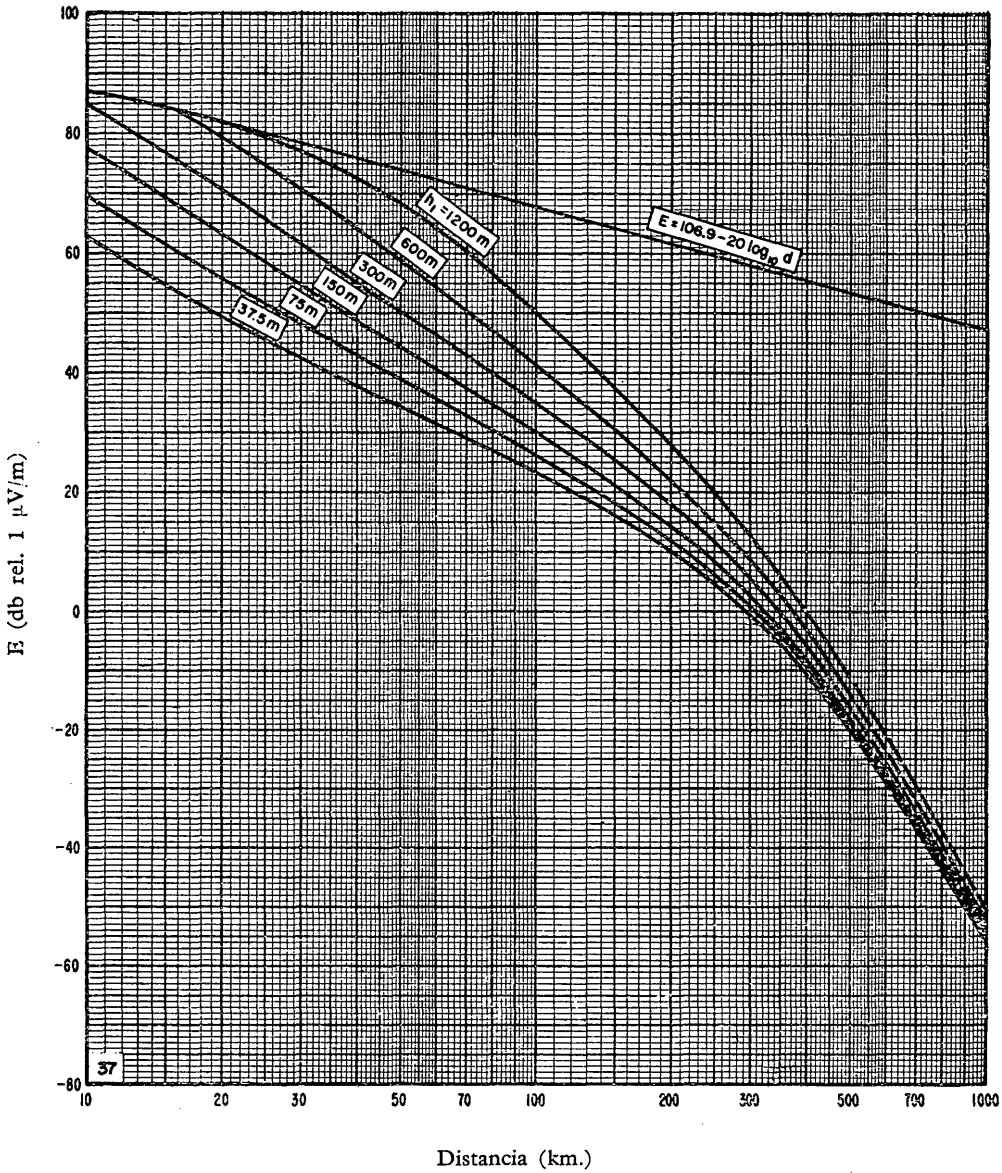


FIGURA 37

Valores de E (50,1) para un clima templado (continental)

Frecuencia: 450-1.000 Mc/s
 h_1 : indicado en las curvas
 h_2 : 10 m.

INFORME 241 *

DATOS DE PROPAGACIÓN REQUERIDOS PARA LOS SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS

(Programa de estudios 185 A (V) y 185 B (V))

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

En respuesta a la Circular administrativa AC/63, se ha obtenido ya gran cantidad de datos sobre los Programas de estudios 185 A (V) y 185 B (V). Estos resultados de las pruebas realizadas por varias administraciones en trayectos de longitudes muy distintas y en regiones de clima completamente diferente, se consideran de gran valor para el establecimiento de sistemas de relevadores radioeléctricos. Puede obtenerse copia de todos estos datos en la Secretaría del C. C. I. R. Los resultados se han dividido en dos secciones, dentro del mismo volumen: una que contiene los datos relativos a trayectos en que la distancia angular es negativa (visibilidad directa) y otra que contiene los datos concernientes a trayectos de distancia angular positiva (trayectos transhorizonte). El volumen se titula: «Datos de propagación requeridos para los sistemas de relevadores radioeléctricos (Programas de estudios 185 A (V) y 185 B (V))».

Es importante seguir obteniendo más datos (particularmente de regiones distintas de la zona templada), por lo que se encarece a las administraciones realicen las medidas pertinentes.

Adviértase que los datos obtenidos sólo pueden utilizarse a condición de que, por lo menos, se suministren los siguientes parámetros: longitud del trayecto, frecuencia, ganancia de las antenas, ángulos de elevación en cada extremo por encima de una tierra de radio efectivo igual a $4/3$ del radio verdadero (para los trayectos transhorizonte) y constante de tiempo del aparato de registro.

INFORME 242 **

DATOS DE PROPAGACIÓN REQUERIDOS PARA LOS SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS

Distribución acumulativa de las duraciones de los distintos intervalos de tiempo durante los cuales la pérdida del trayecto rebasa un valor dado

(Programas de estudios 185 A (V) y 185 B (V))

(Ginebra, 1963)

1. Introducción.

En tanto que en la propagación a distancia óptica la intensidad de campo es relativamente constante, en la propagación por dispersión varía continuamente entre límites bastante amplios. Es conveniente conocer, por razones prácticas, la frecuencia y la duración de los desvanecimientos profundos.

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 143.

** Adoptado por unanimidad.

La frecuencia y la duración de los desvanecimientos dependen esencialmente de dos factores: la rapidez de los desvanecimientos y el nivel por debajo del cual caiga la señal.

Todas las características de los desvanecimientos, en particular su frecuencia y duración, son de tipo estadístico. Por ello, se caracterizarán por sus valores medios, sus valores medianos o, más precisamente, por su distribución, estableciéndose además una distinción entre las estadísticas de largo y de corto plazo, según la duración del intervalo de observación. Las estadísticas de corto plazo se aplican a los intervalos en que el desvanecimiento puede considerarse estacionario, o sea aquellos en que ni la intensidad de campo ni el desvanecimiento siguen una tendencia netamente definida.

Al analizar los datos conviene utilizar el mayor intervalo de tiempo durante el cual pueden considerarse estacionarios los desvanecimientos, pues esto aumenta la precisión de los resultados. La experiencia ha revelado que este intervalo máximo puede llegar a una hora, aunque en algunos casos es mejor utilizar intervalos más cortos en las bandas de ondas decimétricas. No es recomendable emplear períodos de análisis de menos de 30 minutos en las bandas de ondas métricas ni de menos de 10 minutos en las de ondas decimétricas, porque podrían dar resultados muy diferentes para los intervalos de tiempo sucesivos.

Las estadísticas de largo plazo se aplican a los períodos que oscilan entre varios meses y algunos años. Los resultados están sometidos a la influencia de las variaciones a largo plazo de los valores medianos de la intensidad de campo y de la rapidez de los desvanecimientos.

2. Se tratará en primer lugar de las *estadísticas de corto plazo*. La frecuencia de los desvanecimientos de corto plazo pueden calcularse aplicando los métodos de S. O. Rice [1], partiendo del supuesto, corroborado por la experiencia, de que durante cortos períodos (menos de una hora) el campo de dispersión obedece a la ley de Rayleigh:

$$P(r) = e^{-0,693r^2} \quad (1)$$

donde r designa la relación

$$r = E/E_m \quad (2)$$

entre la intensidad de campo y su valor mediano de corto plazo. $P(r)$ representa la probabilidad de que se rebase el nivel r .

Según Rice, el número de pasos por segundo por el nivel r , en sentido descendente, es:

$$N(r) = 2,95 f_s r e^{-0,693r^2} \quad (3)$$

La frecuencia media f_s de los desvanecimientos da la medida de su rapidez. Se define por el espectro de potencia $g(f)$ de ese fenómeno:

$$f_s^2 = \frac{\int_0^\infty f^2 g(f) \cdot df}{\int_0^\infty g(f) \cdot df} \quad (4)$$

expresándose f_s en número de desvanecimientos por segundo.

N_m (número de pasos por el nivel mediano en sentido ascendente) está ligado a f_s en virtud de la relación:

$$N_m = 1,475 f_s \quad (5)$$

Por consiguiente, la medida de N_m permite hallar fácilmente los valores estadísticos de f_s .

La duración media \bar{t} de un período de desvanecimiento se deduce de (1) y de (3):

$$\bar{t}(r) = \frac{1 - P(r)}{N(r)} \quad (6)$$

Para apreciar la seguridad de funcionamiento de un circuito, no basta con conocer el valor de \bar{t} , puesto que en la práctica la dispersión del período de desvanecimiento en torno a este valor medio es muy elevada. Se ha procedido a numerosas medidas de la duración de los desvanecimientos en cierto número de trayectos y con diversas frecuencias. El dispositivo experimental estaba compuesto por un aparato electrónico de medida de cortos períodos, combinado con un registrador. La forma de distribución estadística de corto

plazo $\pi(t)$ dependió muy poco de la frecuencia de trabajo, del alcance y del nivel de medida adoptado. En todos los casos se obtuvo una distribución log-normal casi perfecta, con valores de la desviación tipo del logaritmo de t exactamente similares. La influencia natural de t_m (valor mediano de la duración de los desvanecimientos) en f_s (frecuencia media de los desvanecimientos) puede eliminarse mediante la representación gráfica de la distribución del producto $t \cdot f_s$. La magnitud t_m no es en este caso más que una función del nivel de medida establecido. La fig. 1 muestra la distribución de la magnitud $t \cdot f_s$ medida con diversos valores de R ($R_{db} = 20 \log r$).

Cuando se conoce f_s , se puede deducir la distribución de t de las curvas de distribución procedentes para cualquier valor de nivel inferior al valor mediano de la intensidad de campo. Conviene señalar que el 98 % de todas las duraciones de desvanecimiento observadas durante un breve lapso de tiempo se sitúan entre $0,2 t_m$ y $5 t_m$. La media aritmética \bar{t} deducida de t_m es:

$$\bar{t} = 1,31 t_m \quad (7)$$

3. En lo que respecta a las *estadísticas de largo plazo*, se obtienen por medio de la distribución a largo plazo del valor mediano horario de la intensidad de campo y de f_s . A este respecto se dispone ya de gran cantidad de registros. Con independencia de la distancia y de la frecuencia de trabajo, en los trayectos estudiados en R. F. de Alemania se ha hallado siempre la misma distribución a largo plazo (véase la fig. 2). Las intensidades de campo (en db con relación a $1 \mu\text{V/m}$) se han reducido a su valor mediano de largo plazo. La experiencia demuestra que esta curva puede considerarse representativa, al menos en lo que respecta a Europa central.

Desgraciadamente no se posee aún una cantidad similar de datos estadísticos fidedignos en lo que respecta a f_s y por ello ha habido que basar el análisis en los resultados de las medidas efectuadas durante algunos meses en una sola relación (Wrotham-Krefeld, 100 Mc/s, 430 km.). La fig. 3 muestra la curva de distribución así obtenida con relación al valor mediano de largo plazo correspondiente f_{sm} . Cabe suponer que los resultados que se habrían obtenido de haberse efectuado medidas más detalladas en otras frecuencias de trabajo, no habrían diferido mucho de los precedentes.

El valor mediano f_{sm} depende de la frecuencia de trabajo. Un gran número de medidas ha conducido a la ecuación:

$$f_{sm} = 2,5 \times 10^{-4} f \quad (8)$$

en que f_{sm} se expresa en número de desvanecimientos por segundo, y f en Mc/s.

Al parecer, la longitud del trayecto influye ligeramente en los resultados, pero este efecto no se ha podido comprobar aún a ciencia cierta y, por ello, lo más probable es que no se corra ningún peligro prescindiendo de él.

La fig. 3 lleva a:

$$\bar{f}_s = 1,53 f_{sm} \quad (9)$$

Las curvas de las figs. 2 y 3 y asimismo la fórmula (8) permiten deducir de la ecuación (3) el valor medio de largo plazo \bar{N} :

$$\frac{\bar{N}}{f_s} = \int \frac{N}{f_s} dP \quad (10)$$

En esta fórmula P es la distribución de los valores medianos de la intensidad de campo indicados en la fig. 2. Los valores numéricos de esta integral llevan a la curva de la fig. 4, de la que se puede deducir la magnitud \bar{N}/f_s para cualquier valor del nivel de medida. R_s (db) indica la distancia entre ese nivel y el nivel mediano de largo plazo de la intensidad de campo.

La distribución a largo plazo $\pi(t)$ de la duración de los desvanecimientos se ha obtenido de un modo análogo, tomando como base su distribución a corto plazo. El cálculo ha conducido a las curvas de distribución de la fig. 5. Al igual que en la fig. 1, se a representado en lugar de t el producto $t \cdot f_{sm}$. Se ha visto que el 98 % de todas las duraciones de desvanecimiento se sitúan entre $0,04$ y 25 veces el valor mediano a largo plazo. En consecuencia, la duración de los desvanecimientos presenta una dispersión considerable, considerada durante un período de tiempo prolongado.

Para la aplicación práctica de estos resultados, es imprescindible utilizar las fórmulas (8) y (9) y las curvas de las figuras 4 y 5. Primero, calcular f_{sm} mediante (8), calculándose luego el valor de f_s por medio de (9). A continuación, las figs. 4 y 5 dan el valor de N , así como la función de distribución π .

A pesar de que el análisis descrito en el presente Informe se limita a los resultados previsibles en los sistemas de relevadores radioeléctricos de gran distancia, más allá del horizonte radioeléctrico y exclusivamente con propagación por dispersión, varios de los trabajos publicados en los «Proceedings» del I. R. E. de octubre de 1955 muestran que este método de análisis de los desvanecimientos es también útil para distancias más cortas, cuando la señal llega al transmisor por dos modos de propagación y contiene a la vez una componente de difracción relativamente estable y otra de dispersión de distribución Rayleigh que presenta rápidas variaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. RICE, S. O.: Statistical properties of a sine wave plus random noise. *B. S. T. J.*, Vol. 27, págs. 109-157 (enero de 1948).
2. GROSSKOPF, J., y FEHLHABER, L.: Häufigkeit und Dauer einzelner Schwundeinbrüche bei troposphärischen Scatterstrecken. (Frecuencia y duración de los desvanecimientos profundos en los enlaces que utilizan la dispersión troposférica). *NTZ*, 2, 71 (1962).

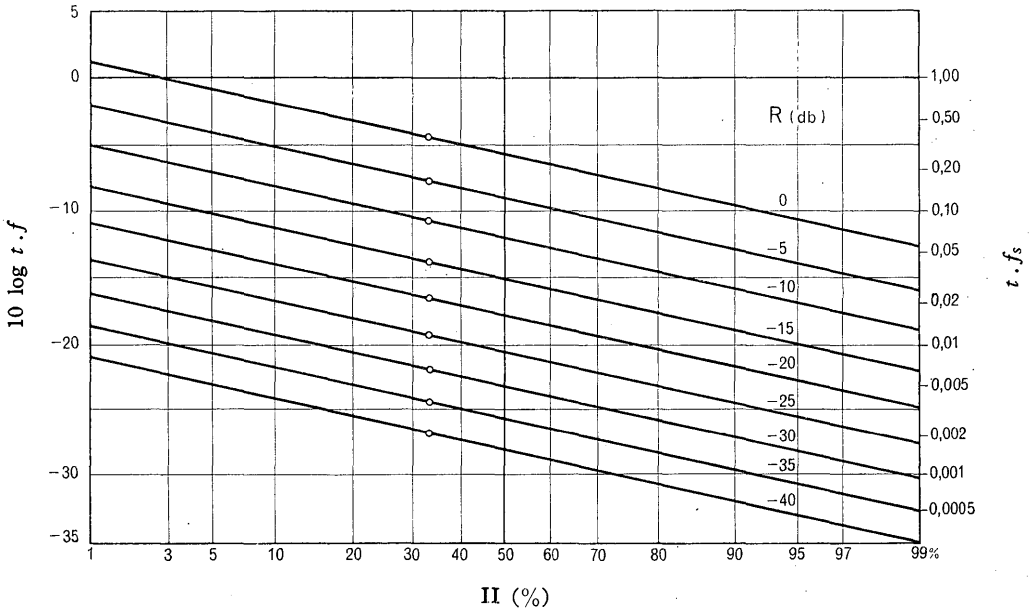


FIGURA 1

Distribuciones a corto plazo de la duración de los desvanecimientos para distintas diferencias R con relación al valor mediano

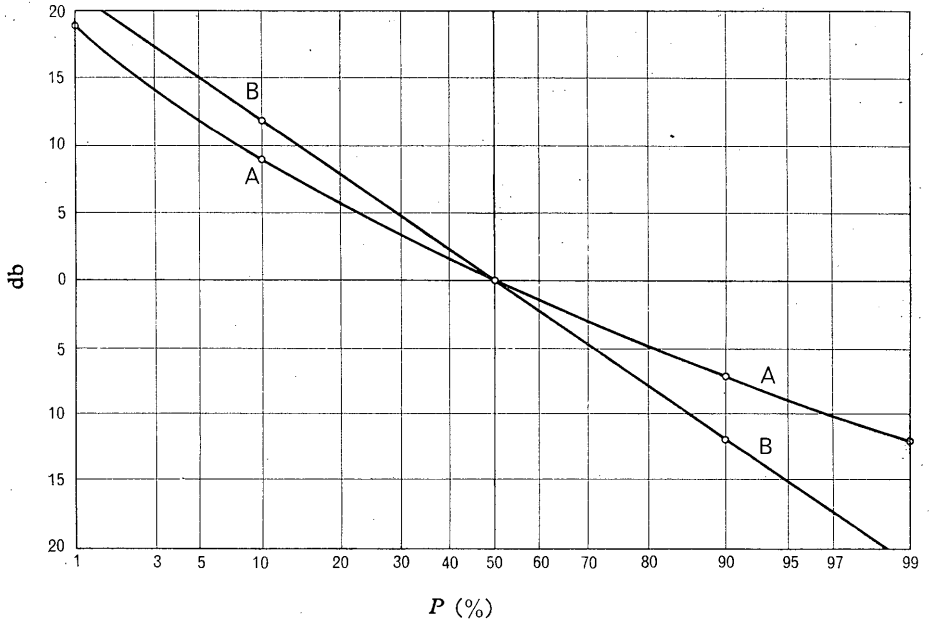


FIGURA 2

Distribuciones a largo plazo de los valores del campo de dispersión (resultante de registros durante largo plazo en diversos trayectos: distancias, 450 km. como máximo; frecuencias comprendidas entre 100 y 2.000 Mc/s.)

A: Valor mediano horario
 B: Valor instantáneo

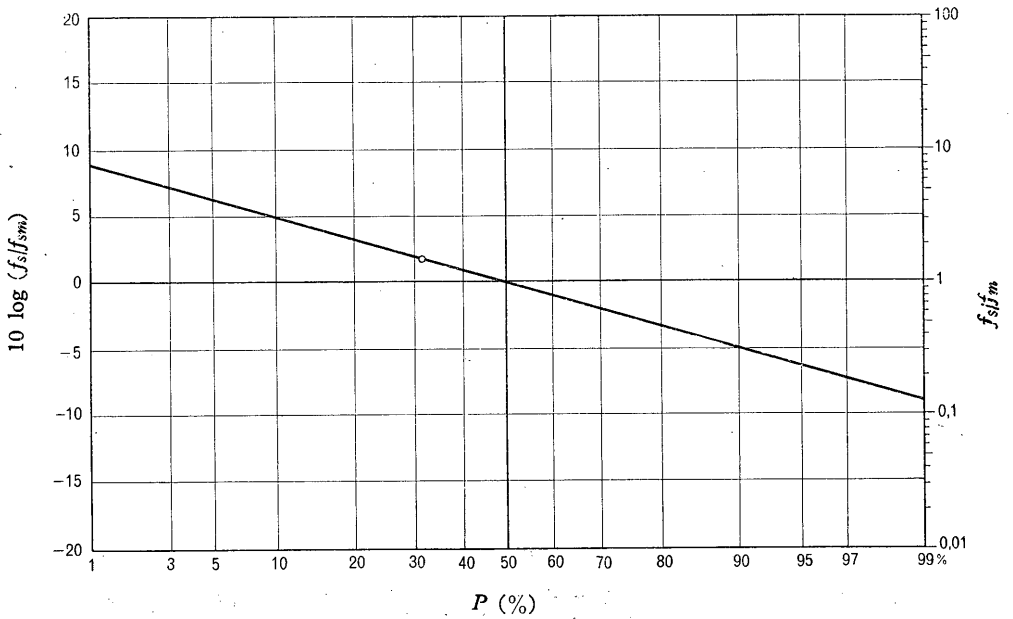


FIGURA 3

Distribución a largo plazo de las frecuencias medias de desvanecimiento (Wrotham-Krefeld, 100 Mc/s, 430 km., registro durante algunos meses en 1956)

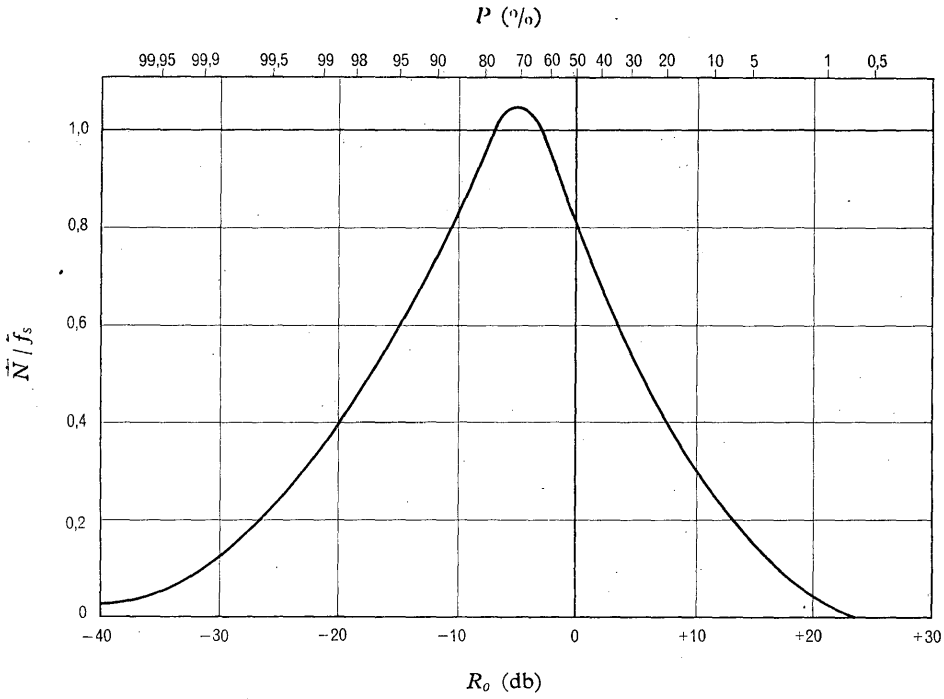


FIGURA 4

Número medio de veces que la señal cae por debajo de ciertos niveles (valores a largo plazo)

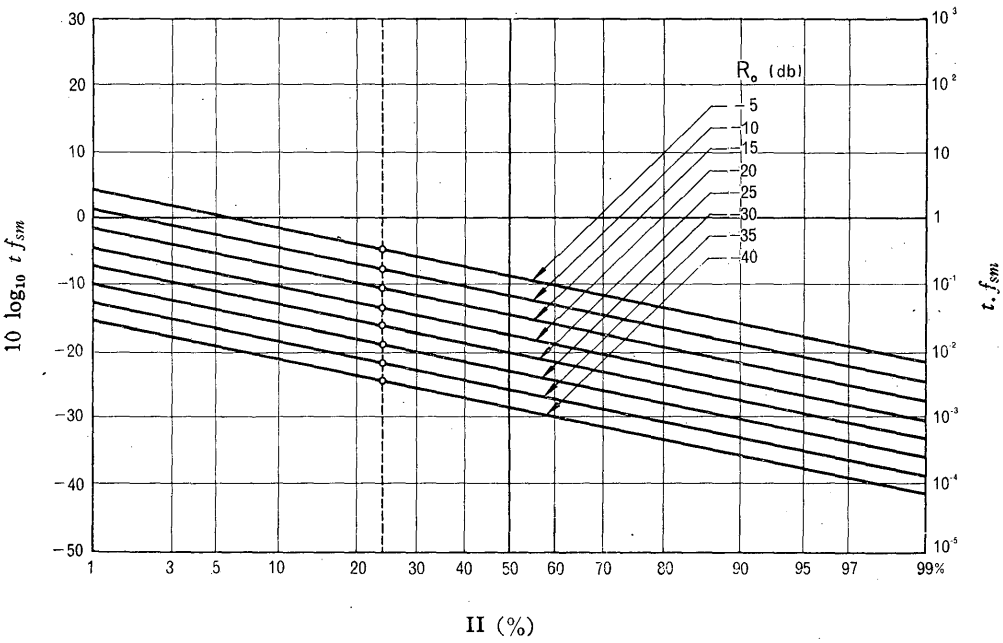


FIGURA 5

Distribución a largo plazo de la duración de los desvanecimientos para distintos valores de R_0 (db): diferencia entre el nivel medido y el valor mediano a largo plazo

INFORME 243 *

**APLICACIÓN DE LAS CURVAS DE PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA A LOS
PROBLEMAS DE INTERFERENCIA EN LA GAMA 1-10 Gc/s**

(Programas de estudios 185 A (V) y 185 B (V))

(Ginebra, 1963)

1. Las curvas de las figs. 1 y 2 se han preparado principalmente para evaluar las interferencias mutuas que puedan causarse, en trayectos terrestres, las estaciones terrenas de los servicios de radiocomunicación por satélites y los servicios de radiocomunicación terrestres que trabajen en el mismo canal o en canales adyacentes. No obstante, también pueden utilizarse esas curvas para estudiar otros problemas de interferencia que se plantean en las bandas de ondas centimétricas (de 1 a 10 Gc/s).

La fig. 1 da los valores de pérdida de transmisión entre antenas isótropas en la frecuencia 4 Gc/s. La fig. 2 indica las correcciones requeridas en las curvas de la fig. 1 a distancias de más de 100 km. para poder determinar la pérdida de transmisión entre antenas isótropas en otras frecuencias de la gama de 1 a 10 Gc/s.

2. Las curvas de las figs. 1 y 2 se han trazado a base de datos de medida obtenidos en regiones templadas y subtropicales; se aplican especialmente a trayectos que pasan sobre un terreno relativamente regular, con alturas de antena de 50 y 15 m., respectivamente, sobre el nivel del suelo. Las porciones de curva que corresponden a distancias superiores a unos 150 km. pueden utilizarse para trayectos que pasan por un terreno relativamente regular y para otros valores de altura de antena, definidos como sigue:

Para obtener la pérdida de transmisión a una distancia de x km. del transmisor, siendo h_1 y h_2 (m.) las alturas de las antenas transmisora y receptora, respectivamente, conviene leer las curvas para una distancia $x + 45 - 4,1 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$ km.

3. Las porciones de curva comprendidas entre 50 y 100 km. se han obtenido a base de un número de datos relativamente pequeño y conviene utilizarlas con suma prudencia; se representan por líneas de trazo interrumpido.
4. Conviene señalar que, a pesar de basarse en datos de medidas hechas en largos períodos y en gran número de trayectos, esas curvas sólo representan las condiciones medias del trayecto y pueden dar origen a errores importantes al estimar la pérdida de transmisión en un trayecto particular. El Grupo de trabajo internacional, creado por la Resolución 2, habrá de estudiar métodos que permitan hacer previsiones más precisas de la pérdida a lo largo del trayecto, y los resultados de sus estudios se darán a conocer en el momento oportuno.

Nota.—Se señala también la existencia del Informe 244 preparado por el Grupo de trabajo internacional (Ruego 4).

* Adoptado por unanimidad.

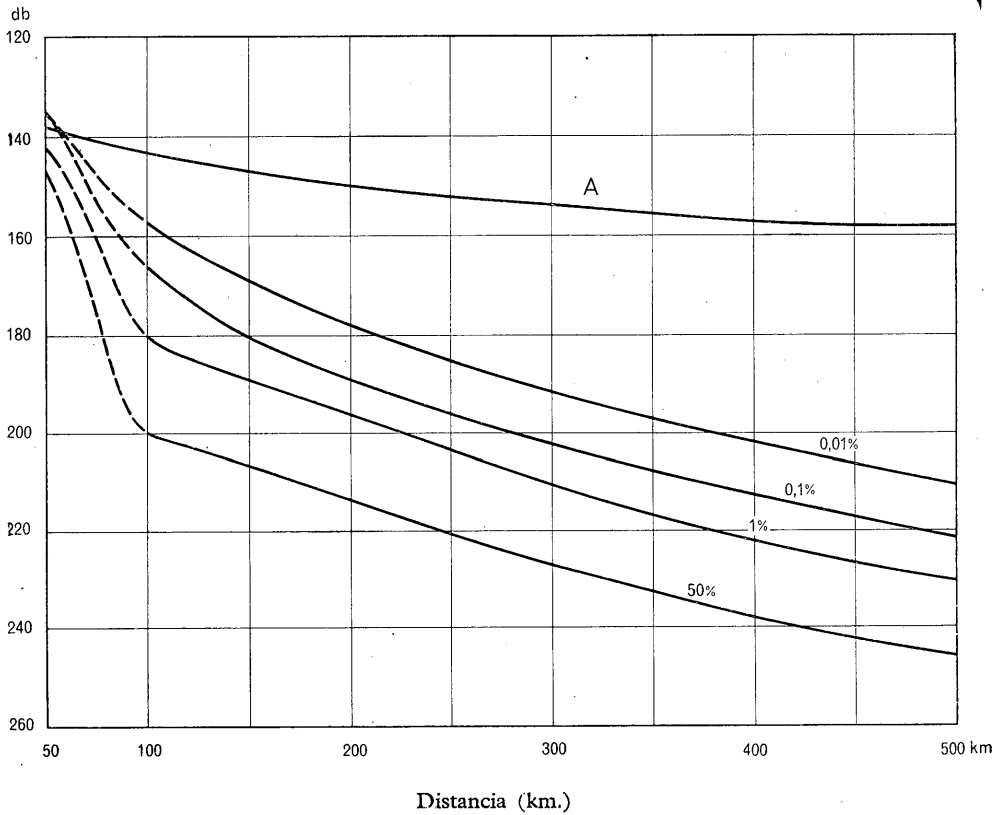


FIGURA 1

Pérdida de transmisión (db) entre antenas isotropas (pérdida de transmisión de referencia), no rebasada durante el porcentaje de tiempo indicado (4 Gc/s, trayectos terrestres).—Curva A: espacio libre

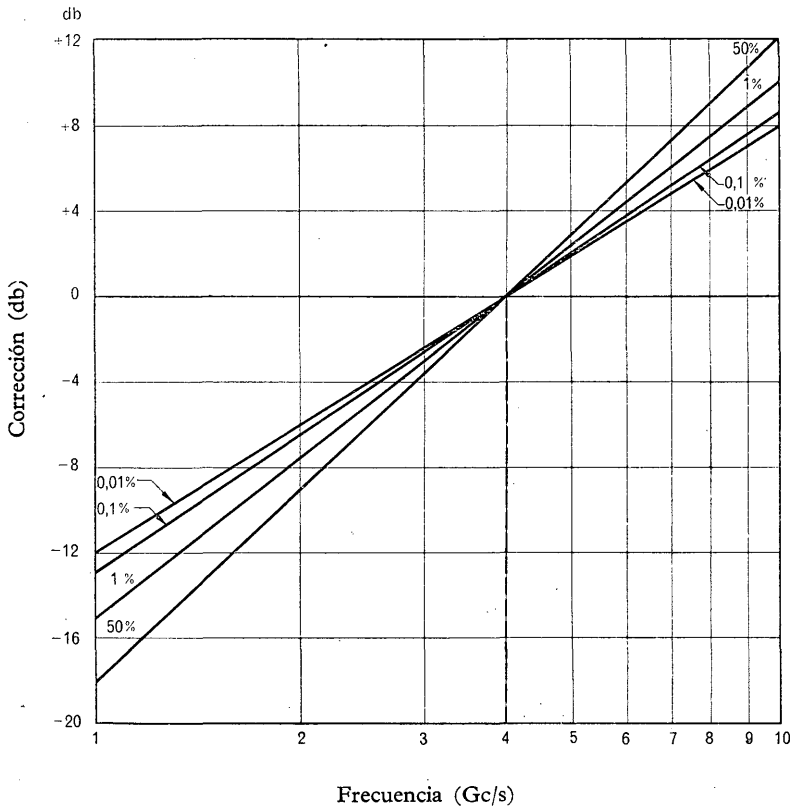


FIGURA 2

Corrección (db) que debe aplicarse a las curvas de la figura 1 para los porcentajes de tiempo indicados
 La curva correspondiente al 0,01 % del tiempo se aplica igualmente a la curva en espacio libre

INFORME 244 *

EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN EN LA PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA

(Ginebra, 1963)

1. Introducción.

En los Programas de estudios 185 A (V), 185 B (V) y 190 (V) se especifican las necesidades de datos en materia de propagación radioeléctrica y se solicita que se haga un análisis para la banda de frecuencias comprendidas entre 40 Mc/s y 20 Gc/s, como mínimo, con miras a la planificación de sistemas de relevadores radioeléctricos y para determinar si es posible efectuar la compartición de frecuencias entre los sistemas, incluidos los sistemas de telecomunicación espaciales y terrestres. Se ha recopilado ya gran cantidad de esta información, y en la actualidad se están obteniendo nuevos datos en respuesta a la petición hecha por el Director del C. C. I. R. en la Circular administrativa AC/63. Varias administraciones han sugerido métodos para calcular la pérdida de transmisión en trayectos de propagación de longitud superior e inferior a la distancia del horizonte, para una amplia gama de frecuencias y para diferentes climas [1], [2], [3], [4], [5].

De conformidad con la Resolución 2 se ha creado un Grupo de trabajo internacional con la misión de continuar recopilando y analizando datos. En el presente Informe preliminar se resume la información facilitada por diversas administraciones, para la gama de frecuencias de 40 Mc/s a 10 Gc/s, y se indican procedimientos provisionales para calcular la pérdida de transmisión de la onda troposférica y para el estudio de las variaciones de esta pérdida en estas zonas climáticas.

Algunas administraciones están de acuerdo en que el procedimiento descrito en el § 2 es útil para las predicciones de la pérdida de transmisión en la propagación troposférica. En la referencia [1] se explica de forma completa y detallada un método de cálculo en el que se basa este procedimiento. En el § 3 se hace la descripción de otro método. Todavía no se ha llegado a un acuerdo unánime en cuanto al mejor método que puede utilizarse en cualquier circunstancia, y es evidente que hay que proseguir los trabajos para que el Grupo de trabajo internacional pueda preparar un informe más completo.

Es conveniente que las administraciones interesadas en este problema comparen sus propios datos experimentales con los obtenidos con los métodos de predicción que se mencionan en el presente Informe, así como con otros métodos posibles, y que envíen sus conclusiones al Grupo de trabajo internacional por conducto del Director del C. C. I. R., antes de la XI Asamblea Plenaria.

Con ninguno de los métodos existentes es posible facilitar predicciones precisas en cualquier circunstancia, y en determinados trayectos entre puntos fijos, se pueden producir errores que llegan excepcionalmente a alcanzar un valor de varias decenas de decibelios cuando se calcula la pérdida de transmisión no rebasada en el 0,1 y en el 0,01 % del tiempo (intensidad de campo muy elevada). Conviene señalar, sin embargo, que para obtener predicciones empíricas mucho mejores, habrá que realizar mediciones durante un período de tiempo muy largo.

2. Propagación en el espacio libre.

En la Recomendación 341 y en el Informe 112 figura la siguiente relación entre la potencia disponible P en la antena de recepción, la potencia total radiada P_r , la pérdida de transmisión L , la pérdida de transmisión de referencia L_b y la ganancia de antena para un trayecto dado G_p .

$$P = P_r - L \quad (1a)$$

$$L_b = L + G_p \quad (1b)$$

* Adoptado por unanimidad.

La atenuación con relación al espacio libre se define por:

$$A = L_b - L_{bf} \text{ db,} \quad (2)$$

$$L_{bf} = 32,446 + 20 \log f_{Mc/s} + 20 \log r_{km} \quad (3) *$$

siendo L_{bf} la pérdida de transmisión de referencia en el espacio libre, y r la distancia en línea recta entre las antenas.

Cuando se trata de enlaces tierra-espacio, es importante conocer el valor de la atenuación con relación al espacio libre $A(p)$ entre la estación terrena y la espacial, en función de la duración de servicio satisfactorio, p , de la distancia r_o , de la frecuencia f y del ángulo de elevación θ_o . En el ejemplo de la fig. 1 se ha considerado $\theta_o = 0,3$ radianes y una atmósfera en la que la temperatura del suelo es de 20°C , la presión atmosférica 760 mm. Hg. , la densidad de vapor de agua $7,6 \text{ g/kg}$, y la pluviosidad media un metro por año.

La pérdida de transmisión en el espacio libre, sin tener en cuenta la absorción, puede expresarse por:

$$L = L_{bf} - G_t(\hat{r}) - G_r(\hat{r}) \text{ db.} \quad (4)$$

en donde $G_t(\hat{r})$ y $G_r(\hat{r})$ son las ganancias de potencia de las antenas transmisora y receptora en el espacio libre, en una dirección dada \hat{r} y para una misma polarización.

2.2 Influencia del terreno.

Para una superficie sin accidentes y perfectamente conductora, la atenuación con relación al espacio libre puede expresarse por:

$$A = -6 - 10 \log \text{sen}^2 (\pi \Delta r / \lambda) \text{ db,} \quad (5)$$

en donde λ es la longitud de onda y $\Delta r = r_1 + r_2 - r_o$ es la diferencia entre el trayecto del rayo directo y el trayecto del rayo reflejado en el suelo (véase la fig. 2). Se utilizó un radio ficticio de la tierra a , en lugar del radio real, para tener en cuenta en la fig. 2 la refracción media de los rayos radioeléctricos. En la fig. 3, «a» está representada en función de $N_s = (n_s - 1) \times 10^6$, en donde n_s es el índice de refracción radioeléctrica de la atmósfera en la superficie terrestre.

Para ángulos rasantes reducidos, ϕ , y con antenas situadas a h_1 y h_2 kilómetros por encima de la tierra, donde los rayos r_1 y r_2 tienen ángulos iguales de incidencia y de reflexión, se obtiene:

$$\Delta r \approx 2 h_1' h_2' / d \quad (6)$$

en donde h_1' y h_2' son las alturas de las antenas por encima de un plano tangente a la tierra en el punto de reflexión.

Para alturas iguales de antena sobre una tierra esférica de radio ficticio a se tiene:

$$\Delta r = d (\sec \phi - 1). \quad (7)$$

La distancia máxima $d = d_o$, para la cual $A = 0$, se puede obtener gráficamente con la relación:

$$2h_1^2/d_o - h_1 d_o / (2a) + d_o^3 / (8a^2) = \lambda / 6 \quad (8)$$

debiendo ser la suma de los campos de la onda directa y de la reflejada en el suelo igual a la intensidad de campo en el espacio libre.

Sea θ_h el ángulo de elevación del rayo directo r_o con relación a la horizontal, en la ubicación de la antena más baja (h_1), y supongamos que $h_1 \ll h_2$, $h_1 \ll 9a \phi^2 / 2$, y que ϕ es pequeño; tendremos entonces:

$$\Delta r \approx 2 h_1 \text{ sen } \phi \approx h_1 \left[\sqrt{\theta_h^2 + 4h_1 / (3a)} + \theta_h \right] \quad (9)$$

en donde θ_h puede ser positivo o negativo. Para $\theta_h = 0$, tendremos $d_1 \approx 2h_1 / (3\phi)$.

* Puede ser práctico representar esta ecuación en forma de monograma (véase la figura 16).

Sea un trayecto de propagación cuyos dos puntos terminales tienen como horizonte una elevación de terreno aislada única; puede considerarse que a menudo tal trayecto comprende entre sus puntos terminales una difracción única en arista aguda (véase la figura 4), y entonces es posible determinar la atenuación de difracción A (v) con relación al espacio libre para trayectos con visibilidad directa ($v < 0$) o para trayectos transhorizonte ($v > 0$).

Para determinar la atenuación de difracción A , con relación al espacio libre, por encima de una tierra uniforme, puede utilizarse, en el caso de la polarización horizontal, la siguiente fórmula aproximada:

$$A = G(x_0) - F(x_1) - F(x_2) - 20,67 \text{ db.} \quad (10)$$

Se han llevado a la fig. 5 las funciones $G(x_0)$ y $F(x_{1,2})$, así como la función auxiliar $\Delta(x_{1,2})$:

$$x_0 = dB_0, \quad x_1 = d_{Lr} B_0, \quad x_2 = d_{Lr} B_0, \quad B_0 = 1.607 f^{1/3} C_0 \quad (11)$$

$$C_0 = (8.497/a)^{1/3},$$

en donde $d_{Lt} \approx \sqrt{2 h_{le}}$ y $d_{Lr} \approx \sqrt{2 h_{re}}$ son las distancias entre cada antena y su horizonte radioeléctrico sobre una tierra uniforme. El error del valor de A será menor que 1 db cuando:

$$x_0 - x_1 \Delta(x_1) - x_2 \Delta(x_2) > 320 \text{ km.} \quad (12)$$

Esto supone que, en la serie de los residuos, se pueden despreciar todos los términos a partir del segundo, y que el segundo término es mucho menor que el primero.

Inmediatamente más allá del horizonte radioeléctrico de un transmisor, el fenómeno de propagación predominante durante más del 50 % del tiempo es, en general, la difracción, mientras que a distancias muy superiores a la del horizonte la dispersión hacia adelante es la que predomina, en particular durante las horas diurnas y las estaciones del año en las que son raros los conductos de nivel de transmisión elevado y las capas a gran altitud.

2.3 Dispersión hacia adelante.

El valor medio de la pérdida de transmisión de referencia en largos períodos (es decir, la pérdida de transmisión entre antenas isotropas), debida a la dispersión hacia adelante, se obtiene mediante la siguiente fórmula aproximada:

$$L_b(50) = 30 \log f - 20 \log d + F(\theta d). \quad (13)$$

Las figs. 6a y 6b representan las variaciones de $F(\theta d)$ en función del producto θd para los siguientes climas:

1. Clima continental templado (datos facilitados por Francia, R. F. de Alemania y Estados Unidos de América);
2. Clima marítimo templado, zonas terrestres (datos del Reino Unido y Japón);
3. Clima marítimo templado, zonas marítimas (datos del Reino Unido y Japón);
4. Clima marítimo subtropical, zonas terrestres (datos de la Costa occidental africana);
5. Clima marítimo subtropical, zonas marítimas (datos de la Costa occidental africana);
6. Clima desértico (Sahara);
7. Clima ecuatorial (datos del Congo y de la Costa de Marfil);
8. Clima continental subtropical (Sudán).

La distancia angular θ es el ángulo formado por los rayos en el horizonte radioeléctrico, en el plano del círculo máximo que contiene las antenas, y d es la distancia en kilómetros entre las antenas [1].

2.4 Variación de la pérdida de transmisión.

La calidad de funcionamiento de un servicio de radiocomunicación y la posibilidad práctica de compartición de frecuencias entre los servicios dependen de las relaciones

señal/ruido y señal/interferencia. Por regla general, si se quiere obtener un servicio satisfactorio en un trayecto de propagación dado se requerirá una protección contra el ruido cuando las condiciones de propagación son mediocres y una protección contra las interferencias de señales transmitidas en el mismo canal o en canales adyacentes cuando las condiciones de propagación son favorables. Puede observarse que los valores *mínimos admisibles* de estas relaciones de protección dependen de los tipos particulares de desvanecimiento que presenten las señales deseada y no deseada y el ruido, así como de los sistemas de desmodulación y de codificación utilizados. Estas relaciones no varían con el tiempo a menos que cambie el tipo de desvanecimiento. Por otra parte, las relaciones *disponibles* dependen de la intensidad de las señales disponibles y del ruido y son invariables con el tiempo. Por consiguiente, se hace una distinción entre «los desvanecimientos con alteración de fase» (desvanecimientos rápidos), relacionados con fenómenos de propagación por trayectos múltiples, y las variaciones diarias y estacionales lentas o «desvanecimientos de potencia de largo período», relacionados con variaciones del valor medio de refracción, turbulencia o estratificación de la atmósfera.

Es conveniente dividir la potencia instantánea de la envolvente (dbW) en dos componente sumables, una de las cuales corresponde a los desvanecimientos con alteración de fase y la otra a los desvanecimientos de potencia de largo período. En el presente Informe sólo se consideran los valores horarios medianos de largo período de las pérdidas de transmisión y las variaciones con el tiempo de estos valores en el transcurso de un año.

Para poder calcular $P(p)$, valor de P rebasado durante un porcentaje de tiempo p , o $L(p)$, valor de L rebasado durante un porcentaje de tiempo de $(100 - p)$, se define una «distancia aparente» d_e en función de la longitud del trayecto de propagación d , de las alturas equivalentes de antena h_{te} y h_{re} sobre el terreno, y de la frecuencia radioeléctrica f (Mc/s):

$$\text{Para } d_{s0} \leq d_{s1} \text{ km, } d_{s1} = 65 (100/f)^{1/3}, \quad (14)$$

$$d_e = 130 / [1 + (d_{s1} - d_{s0})/d] \text{ km}$$

$$\text{Para } d_{s0} > d_{s1},$$

$$d_e = 130 + d_{s0} - d_{s1} \text{ km,}$$

en donde $d_{s0} = d \sqrt{18.000 h_{te}} - \sqrt{18.000 h_{re}}$ es la distancia entre los horizontes radioeléctricos en una tierra uniforme, y d_{s1} representa un valor aproximado de la distancia entre esos horizontes cuando el campo originado por la difracción es igual al debido a la dispersión hacia adelante. En el presente Informe, las alturas y las distancias están expresadas en kilómetros y los ángulos en radianes. La cantidad $P(p)$ y la pérdida de transmisión correspondiente $L(p)$ se calculan en función de los valores medianos $P(50)$ y $L(50)$.

Se tiene, pues:

$$P(p) = P(50) + y(p) \text{ dbW} \quad (15a)$$

$$L(p) = L(50) - y(p) \text{ db} \quad (15b)$$

$$y(p) = y_0(p, d_e) g(p, f) \quad (16)$$

En la fig. 7 se indican las evaluaciones empíricas de la magnitud g , y en las figs. 8 a 15, las de la magnitud y_0 para los diferentes climas.

El valor del error tipo de predicción para cualquier porcentaje de tiempo dado viene expresado por:

$$\sigma(p) = \sqrt{13 + 0,12 y^2(p)} \text{ db} \quad (17)$$

3. Resumen de un segundo método (2, 3).

El método que se resume a continuación se ha establecido en vista de la experiencia profesional adquirida en la construcción de numerosos sistemas de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa y transhorizonte.

Se ha procurado reducir al mínimo los cálculos y utilizar los resultados experimentales, siempre que ha sido posible.

Por conveniencia en la exposición se han utilizado las cuatro zonas siguientes:

Espacio libre,
Zona de interferencia,
Zona de difracción (a: por una arista, y b: por la curvatura terrestre),
Zona de dispersión.

Para las tres primeras zonas, se utiliza una serie de nomogramas [3] (véase la fig. 16), y para la cuarta se utiliza el siguiente procedimiento:

3.1 Método utilizado en la zona de dispersión.

El cálculo tiene por objeto determinar la pérdida no rebasada en el 99 % del tiempo del peor mes del año; otras consideraciones teóricas y experimentales permiten conocer los valores de la pérdida para porcentajes de tiempo del 50 %, 10 %, 1 %, etc. La precisión del cálculo disminuye, en general, en función del porcentaje.

Después de determinar la distancia equivalente * mediante un estudio del perfil del trayecto trazado para un radio terrestre de 8.500 kilómetros, se utilizan las curvas de la figura 17 correspondientes a una frecuencia de 1 Gc/s, para diferentes climas. Se obtiene así, para el clima que interesa, la pérdida entre antenas isótropas.

Para una frecuencia cualquiera comprendida entre 200 y 4.000 Mc/s, a la pérdida antes obtenida se añade la corrección leída en la fig. 18, y se obtiene así, para la frecuencia y el clima que interesan, el valor de la pérdida no rebasada durante el 99 % del tiempo.

Si es necesario conocer esta pérdida para un porcentaje de tiempo dado, por la fig. 19 se determina la desviación «standard» y se utiliza una ley logarítmica normal para representar la distribución mensual de las variaciones lentas.

En lo que concierne a las interferencias, puede ser interesante conocer el mes durante el cual se produce la pérdida mínima (campo elevado). Se puede determinar experimentalmente la desviación entre el peor mes y el mejor para los niveles de 99 % y para climas diferentes. Sin embargo, no se incluyen aquí detalles sobre este método. La pérdida no rebasada durante un porcentaje de tiempo dado en el transcurso del mejor mes se calcula a partir de la desviación «standard» según antes se dice.

Nota 1.—Para el cálculo de un sistema en un clima no enumerado aquí, el peor mes del año se determina por datos radiometeorológicos basados en el estudio de una función M de dos parámetros: gradiente equivalente y estabilidad. Por medio de ábacos se pueden calcular fácilmente estos parámetros y esta función [3]. Para la elaboración de tales sistemas, los ensayos se harán durante el peor mes del año. Para los estudios sobre interferencias se harán los ensayos durante el mejor mes.

De ser imposible realizar ensayos, se toma como referencia un clima conocido y se añade el valor ΔM , que representa la diferencia entre el clima de referencia y el clima para el que se establece el proyecto.

Nota 2.—El método aquí expuesto está concebido especialmente para las necesidades del C. C. I. R., que presta especial atención a las intensidades de campo débiles durante el peor mes del año (cálculo de sistemas) y, por otra parte, a las intensidades de campo elevadas (evaluación de interferencias).

4. Ruido térmico en los sistemas con visibilidad.

Para la estimación global del rendimiento de un sistema de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa, es importante tener en cuenta el efecto del ruido térmico. En el *Doc. 196 (U. R. S. S.)*, Ginebra, 1963, se trata este problema, el cual será examinado por el Grupo de trabajo internacional cuando prepare su informe final.

* La distancia equivalente es aquí el producto de la distancia angular por el radio efectivo de la Tierra.

5. Conclusiones.

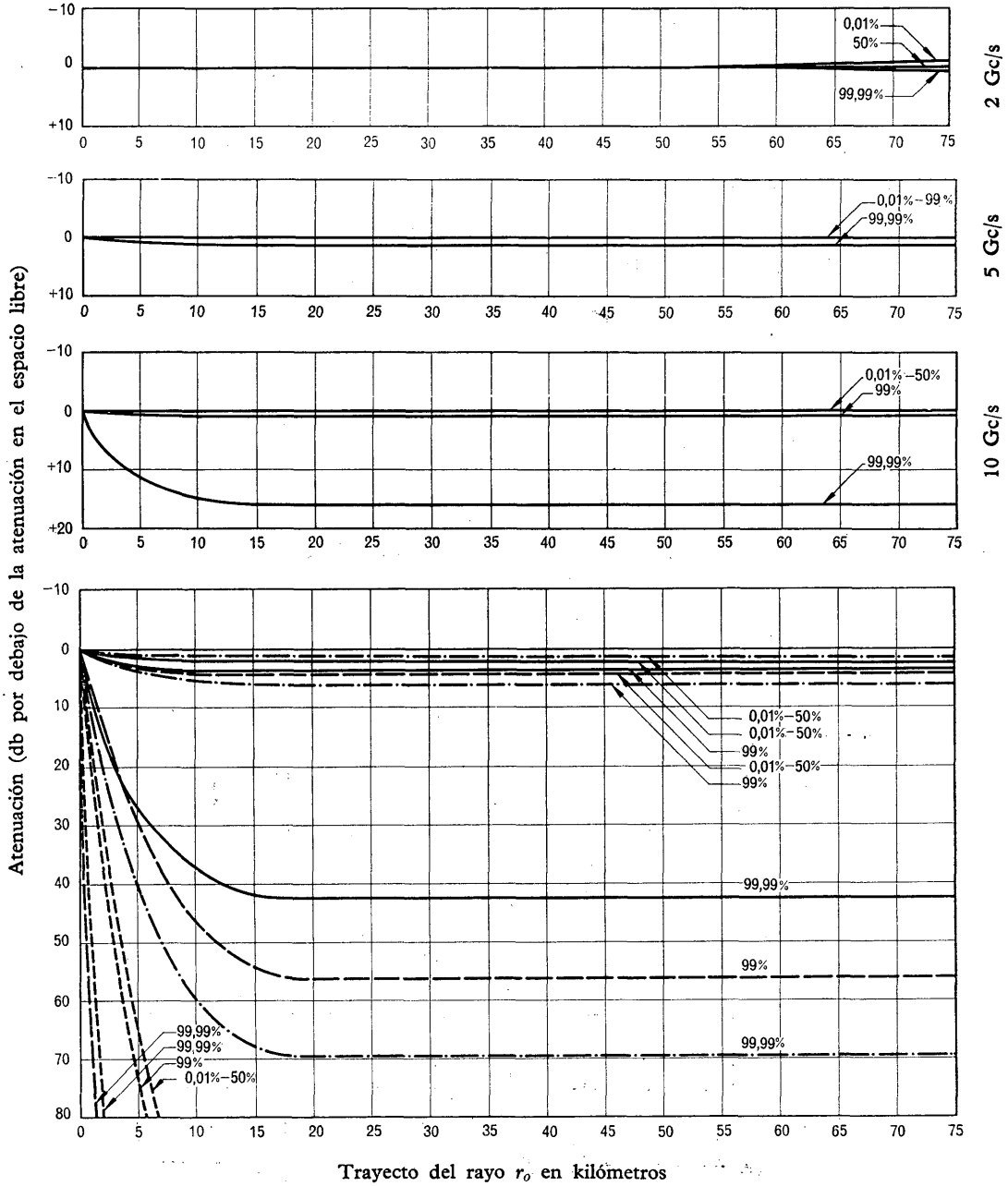
Para poder utilizar provechosamente métodos sencillos de previsión, tales como los descritos en el presente Informe, es preciso definir los límites de estos métodos, así como indicar las ventajas de métodos más perfeccionados. El Grupo de trabajo internacional tendrá como tarea establecer un informe completo en el que se indique:

- Cómo se pueden tener en cuenta las incompatibilidades de polarización de las antenas de transmisión y de recepción en la propagación en el espacio libre;
- Cómo se pueden calcular las variaciones temporales, espaciales y locales de la absorción de las microondas causada por el oxígeno, el vapor de agua, la lluvia y las nubes, en diferentes condiciones, para la gama de frecuencias comprendidas entre 0,1 y 100 Gc/s;
- Cómo se puede calcular un coeficiente efectivo de reflexión en el suelo equivalente que dependa de la conductividad, de la constante dieléctrica, de las irregularidades del terreno y de la curvatura de la superficie reflectora, así como de la relación de los productos de la ganancia extensión de las antenas, en las direcciones de propagación del rayo directo y del rayo reflejado;
- Cómo se pueden calcular las zonas de Fresnel y cómo se puede determinar su utilización;
- Cómo se pueden tener en cuenta los efectos de reflexión en el suelo y las variaciones de fase por difracción sobre una sola arista aguda;
- Cómo pasar de modo continuo de los reducidos valores de atenuación característica de esta clase de difracción, al caso contrario de atenuación elevada que se encuentra inmediatamente más allá del horizonte radioeléctrico, en el supuesto de una tierra uniforme, y, finalmente,
- Cómo estimar la ganancia de antena para un trayecto dado y cómo se pueden tener en cuenta la asimetría de los trayectos, la ganancia en función de la frecuencia y las refracciones anormales cuando se calcula la pérdida de transmisión debida a la dispersión hacia adelante.

También habrá que buscar los procedimientos necesarios para evaluar la confiabilidad de los métodos de predicción detallados aplicables a la transmisión entre puntos fijos, y para calcular la probabilidad de funcionamiento en el caso de servicio de nivel de transmisión limitado por el ruido.

BIBLIOGRAFÍA

1. C. C. I. R., Doc. V/23 (Estados Unidos de América), Ginebra, 1962.
2. C. C. I. R., Doc. V/71 (Francia), Ginebra, 1962.
3. Nota técnica núm. PR 3104 del Centre National d'Etudes des Télécommunications (1962).
4. C. C. I. R., Doc V/73 (Reino Unido), Ginebra, 1962.
5. National Bureau of Standards, Nota técnica Núm. 101 (1963).



Trayecto del rayo r_0 en kilómetros

FIGURA 1

Curvas típicas de propagación para enlaces entre estaciones terrenas y cosmonaves

($\theta_0 = 0,3$ radianes, no se tiene en cuenta la reflexión en el suelo)

- : 22 Gc/s
- - - - - : 32,5 Gc/s
- : 60 Gc/s
- : 100 Gc/s

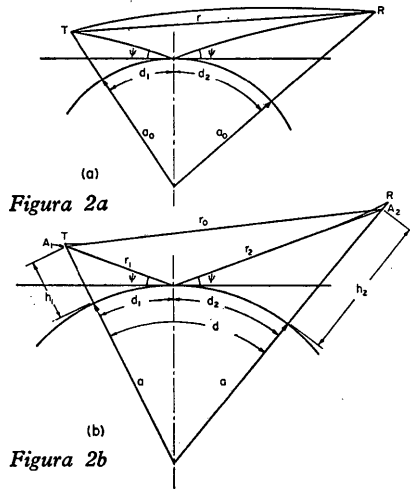


FIGURA 2

Relaciones geométricas para los trayectos a distancias inferiores a la del horizonte

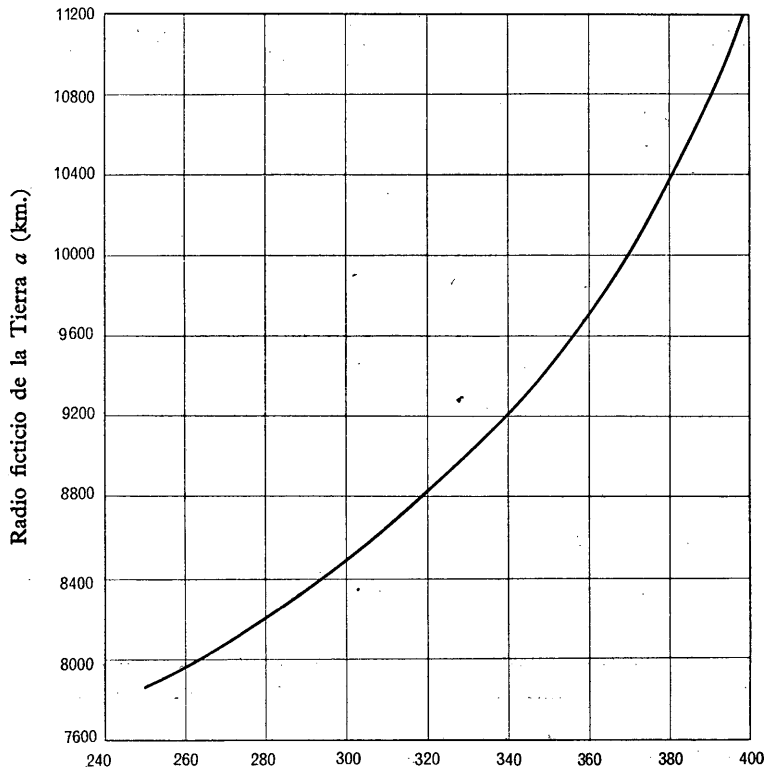


FIGURA 3

Variación del radio ficticio de la tierra, a , en función de la refractividad de la superficie, N_s



$$v = \sqrt{\frac{2d}{\lambda} \tan \alpha_0 \tan \beta_0}$$

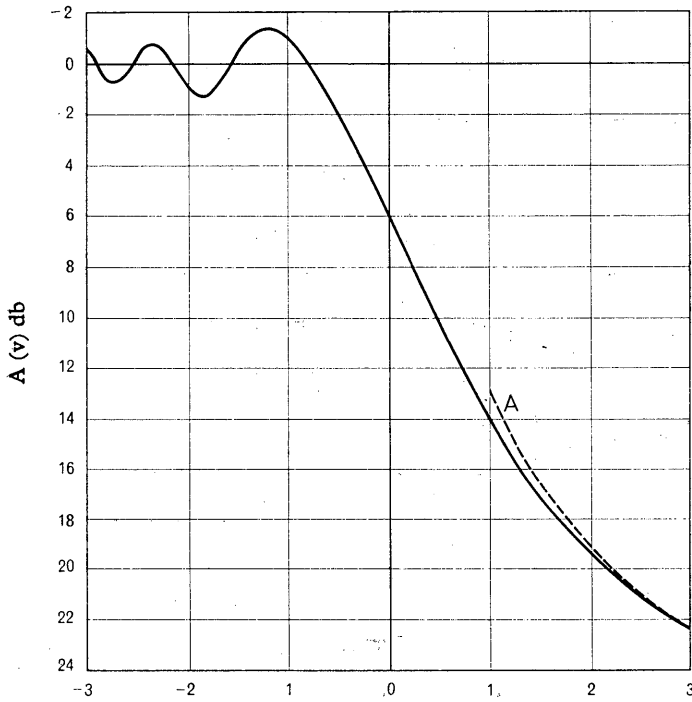


FIGURA 4

Difracción en una arista aguda — pérdida de transmisión con relación al espacio libre

Curva A: Asintota: $A(v) = 12,953 + 20 \log_{10} v$

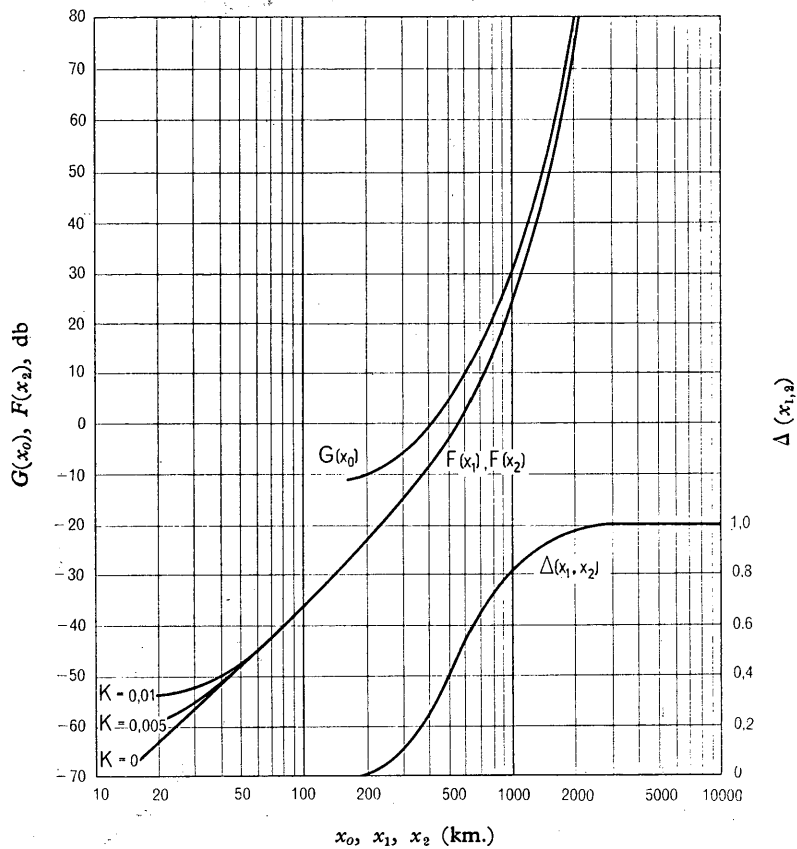


FIGURA 5

Nota: Para valores elevados de x :

$$F(x) \approx G(x) - 1,356$$

$$G(x) \approx 0,0575104x - 10 \log x + 2,066$$

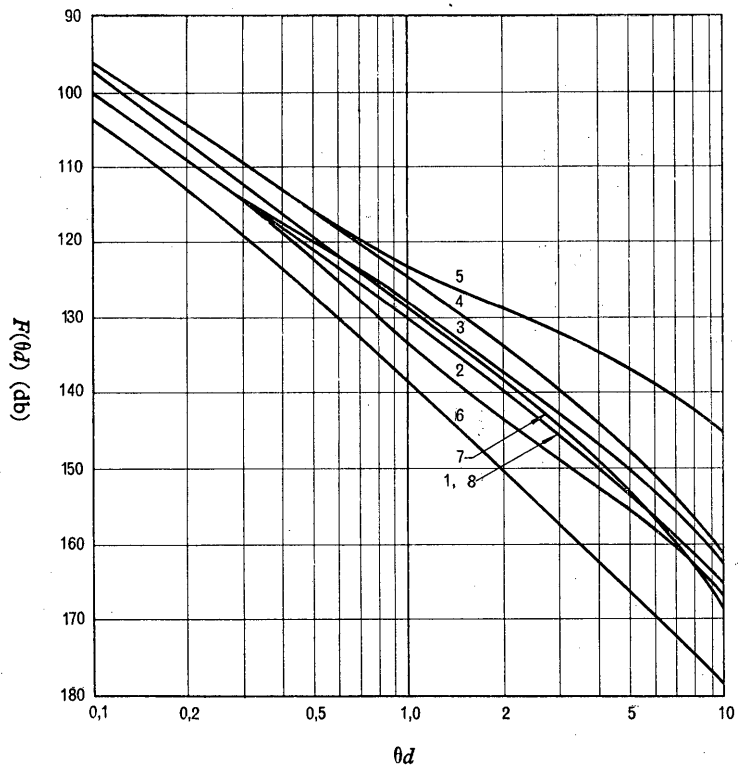


FIGURA 6a

Función $F(\theta d)$ (θ en radianes, d en kilómetros) para los diversos climas indicados con números en las curvas

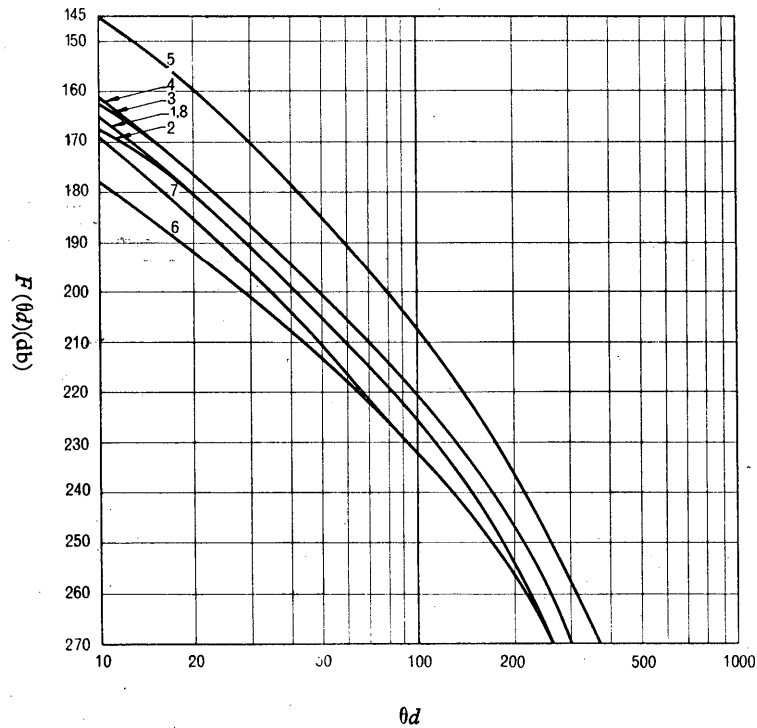


FIGURA 6b

Función $F(\theta d)$ (θ en radianes, d en kilómetros) para los diversos climas indicados con números en las curvas (§ 2, 3)

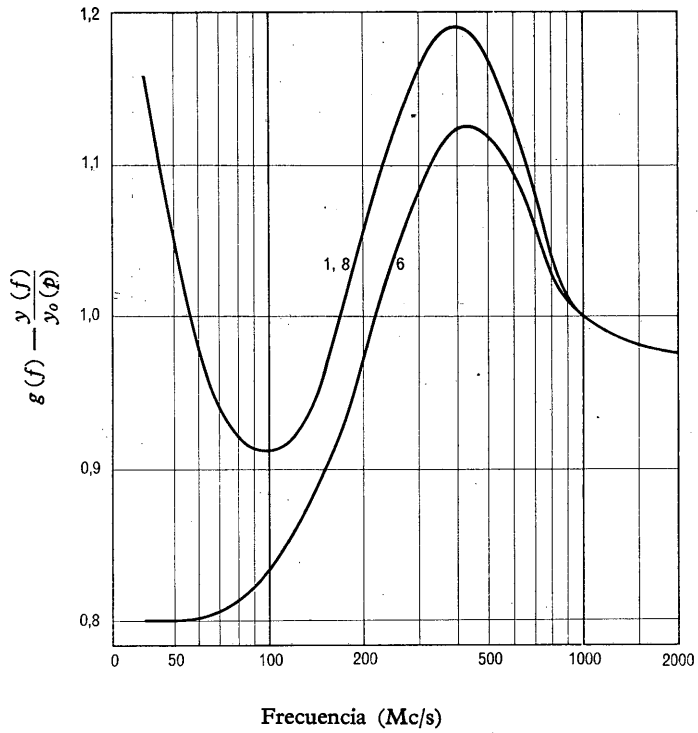


FIGURA 7

Función $g(f)$ para los climas indicados con cifras en las curvas ($g(f) = 1$ para los climas 2, 3, 4, 5 y 7)

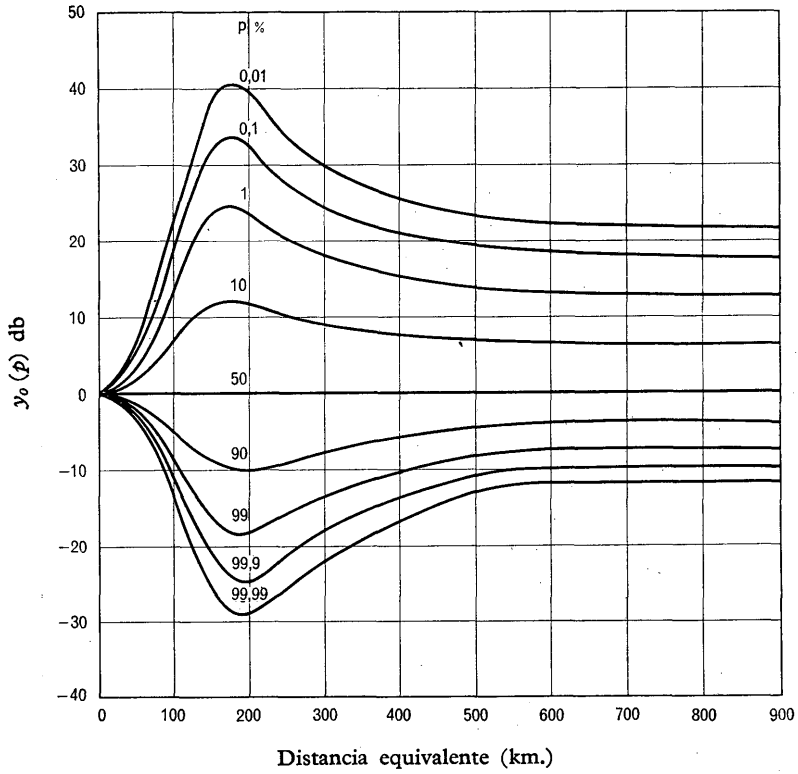


FIGURA 8

Variación de la pérdida de transmisión para el clima 1 (continental templado)

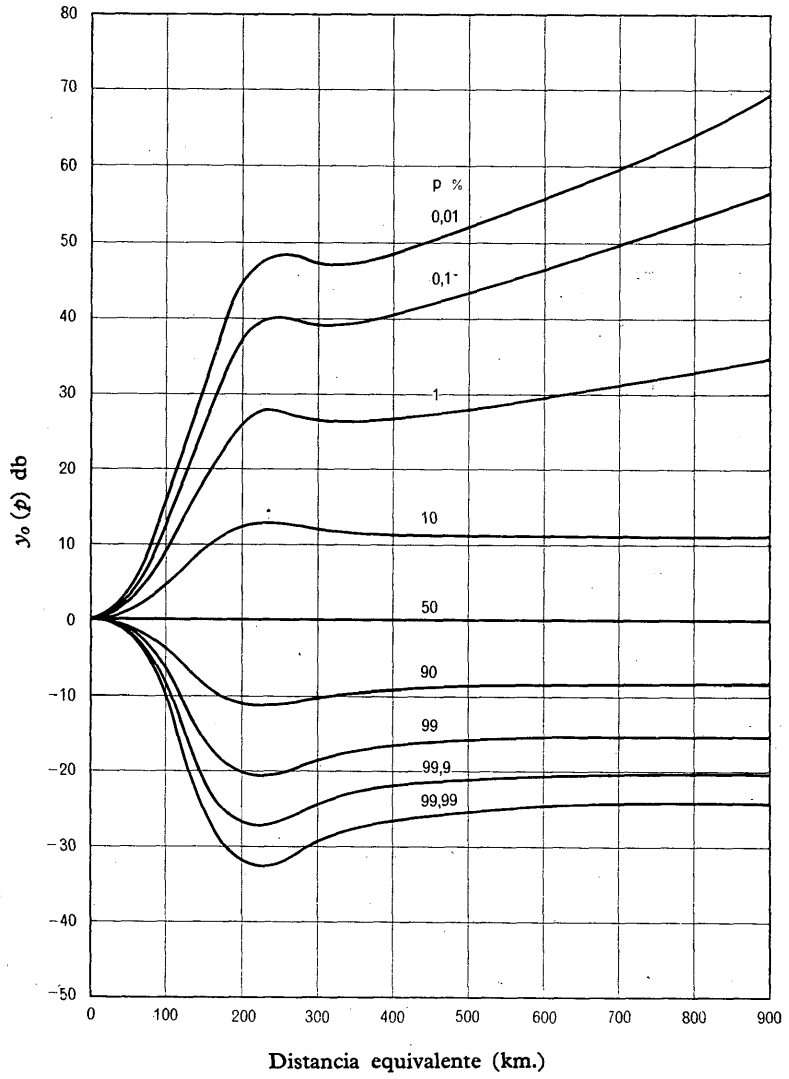


FIGURA 9

Variación de la pérdida de transmisión para el clima 2 (marítimo templado), trayectos terrestres

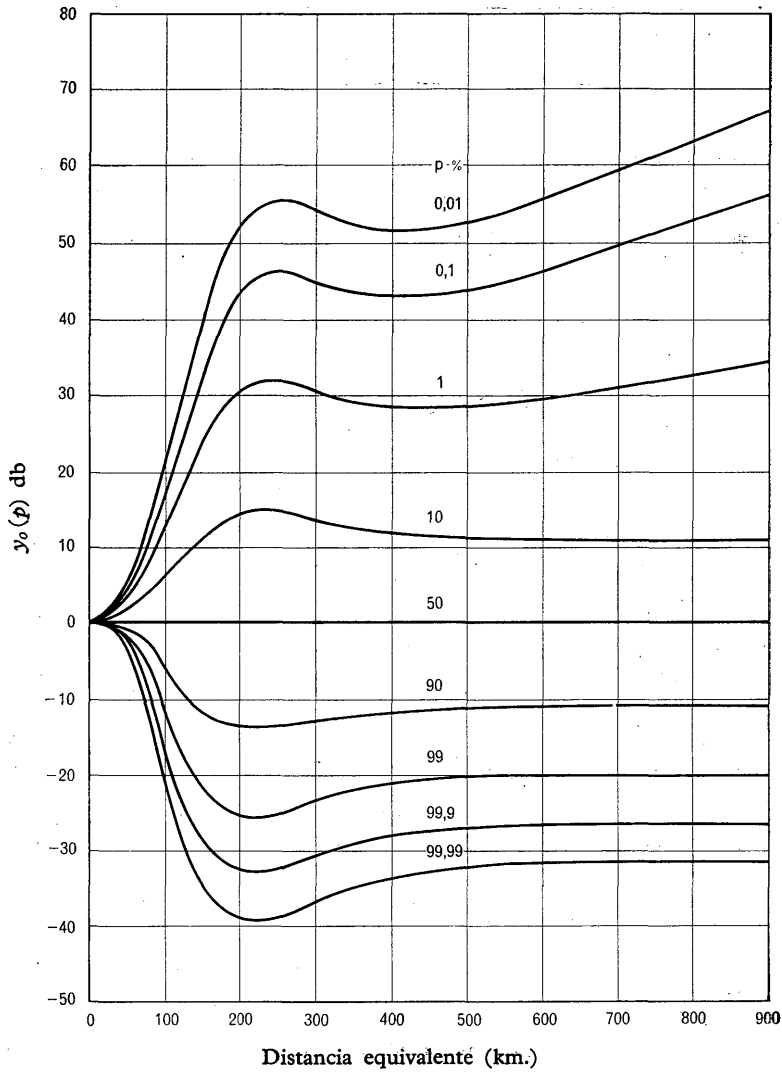


FIGURA 10

Variación de la pérdida de transmisión para el clima 3 (marítimo templado), trayectos marítimos

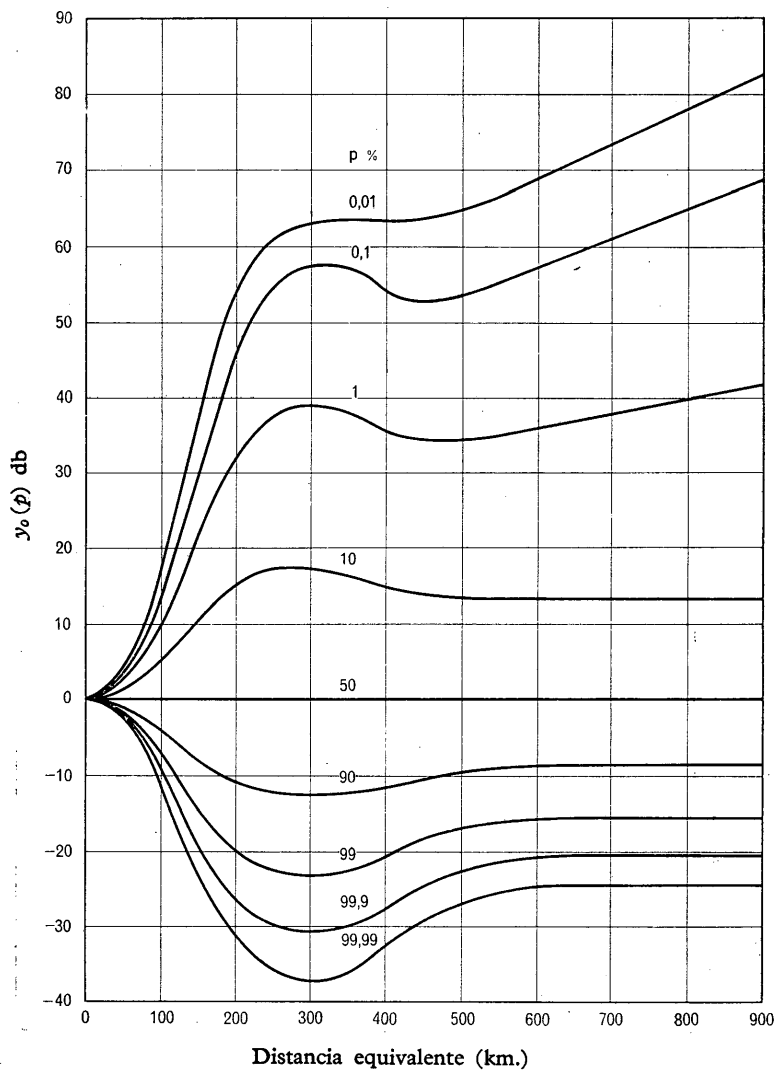


FIGURA 11

Variación de la pérdida de transmisión para el clima 4 (subtropical marítimo), trayectos terrestres

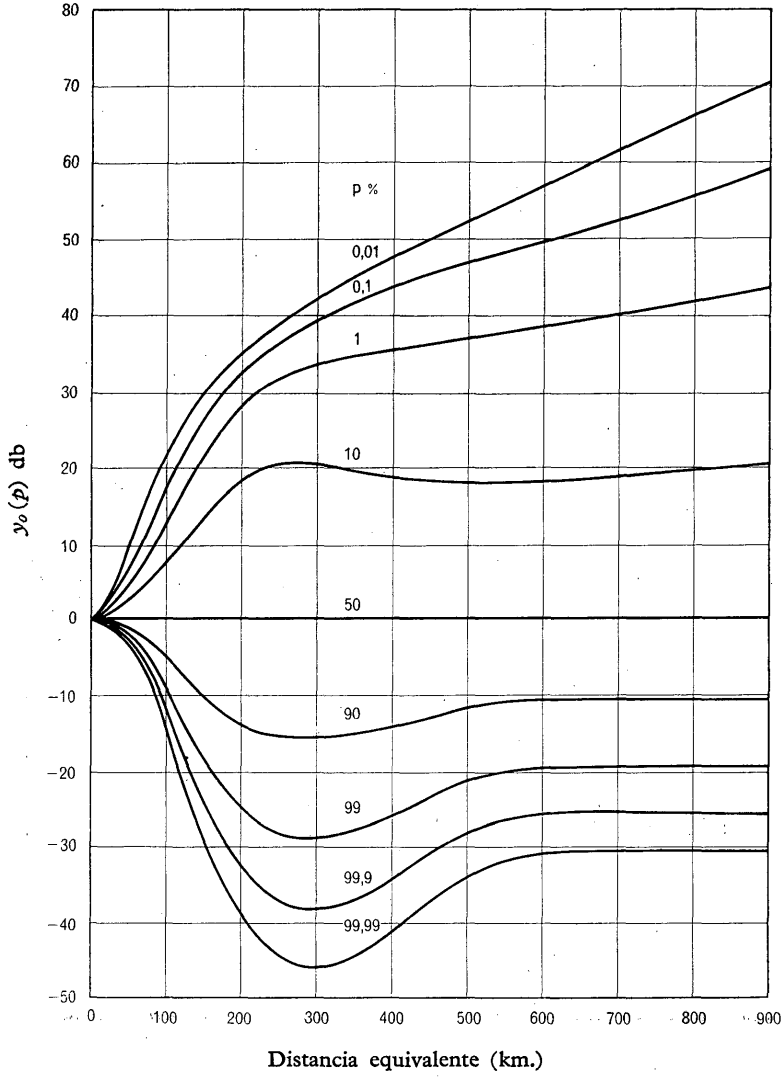


FIGURA 12

Variación de la pérdida de transmisión para el clima 5 (subtropical marítimo), trayectos marítimos

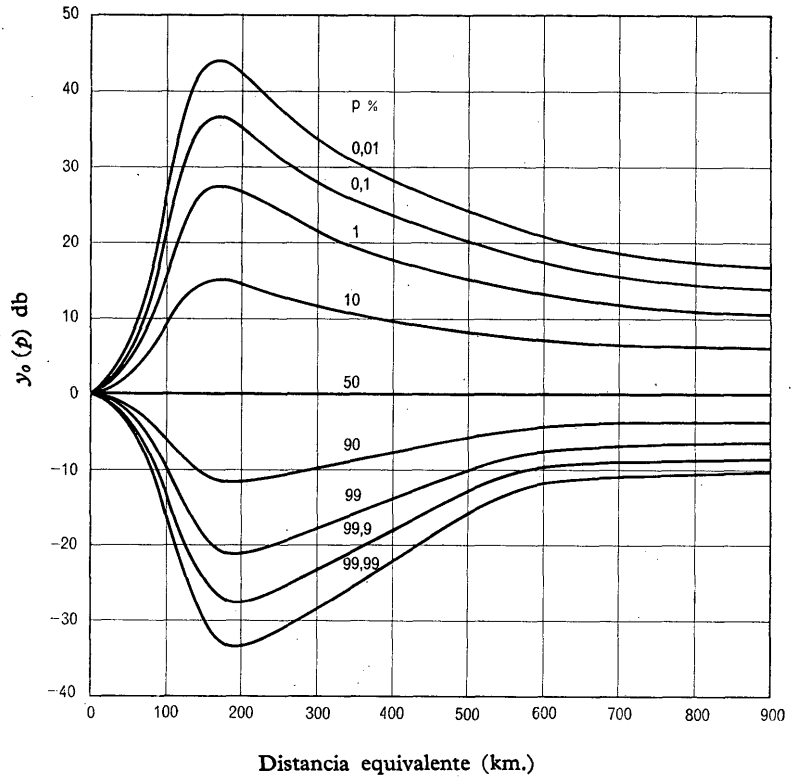


FIGURA 13

Variación de la pérdida de transmisión para el clima 6 (desértico, Sahara)

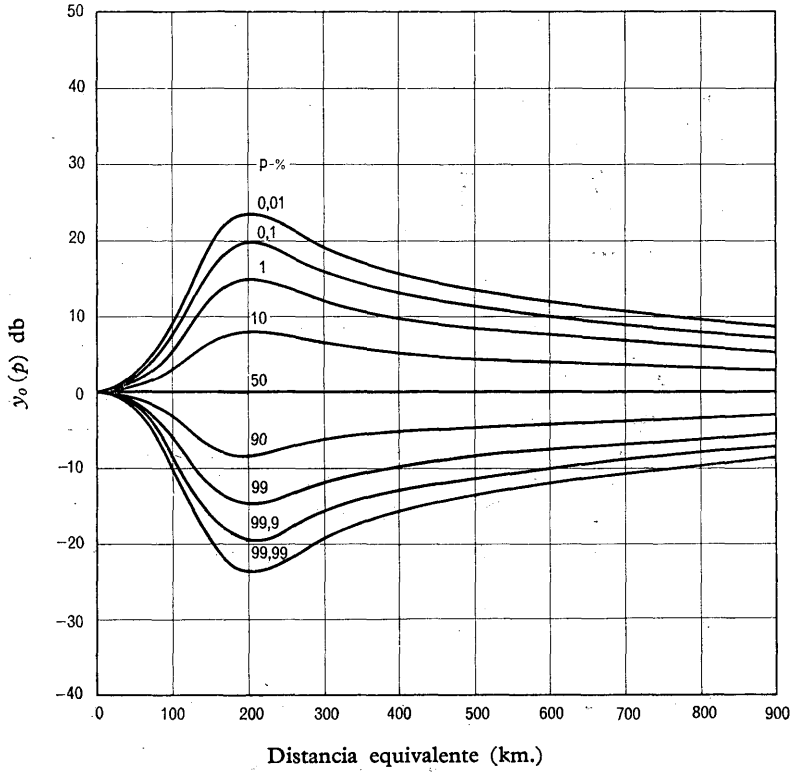


FIGURA 14

Variación de la pérdida de transmisión para el clima 7 (ecuatorial)

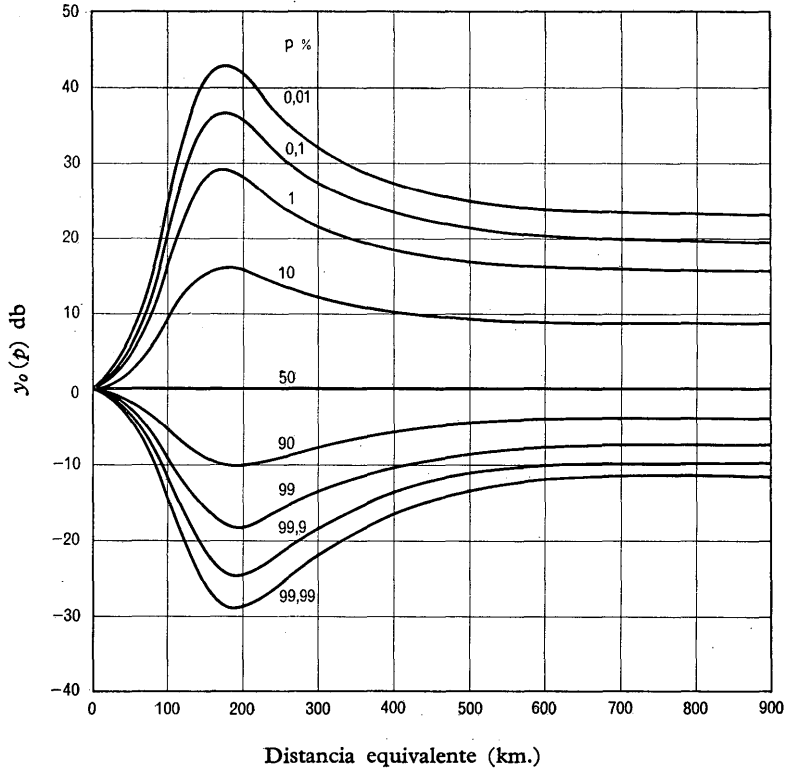


FIGURA 15

Variación de la pérdida de transmisión para el clima 8 (subtropical, Sudán)

Distancia
(km.)

Pérdida entre antenas
isótropas (db)

Frecuencia
Longitud de onda

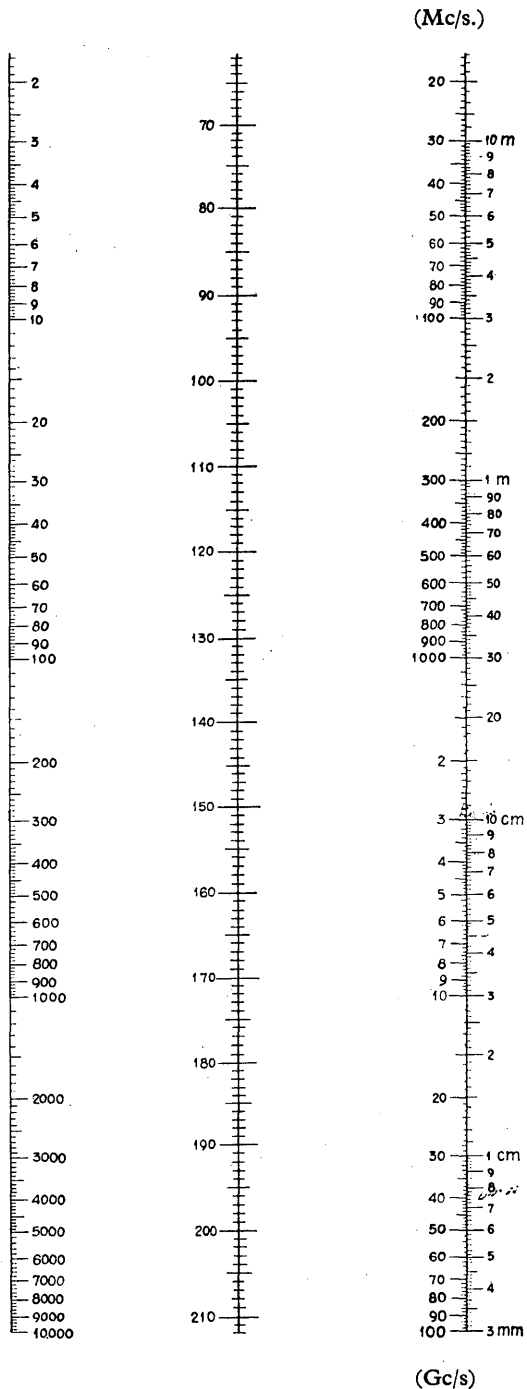


FIGURA 16

Pérdida de transmisión en el espacio libre entre antenas isótropas

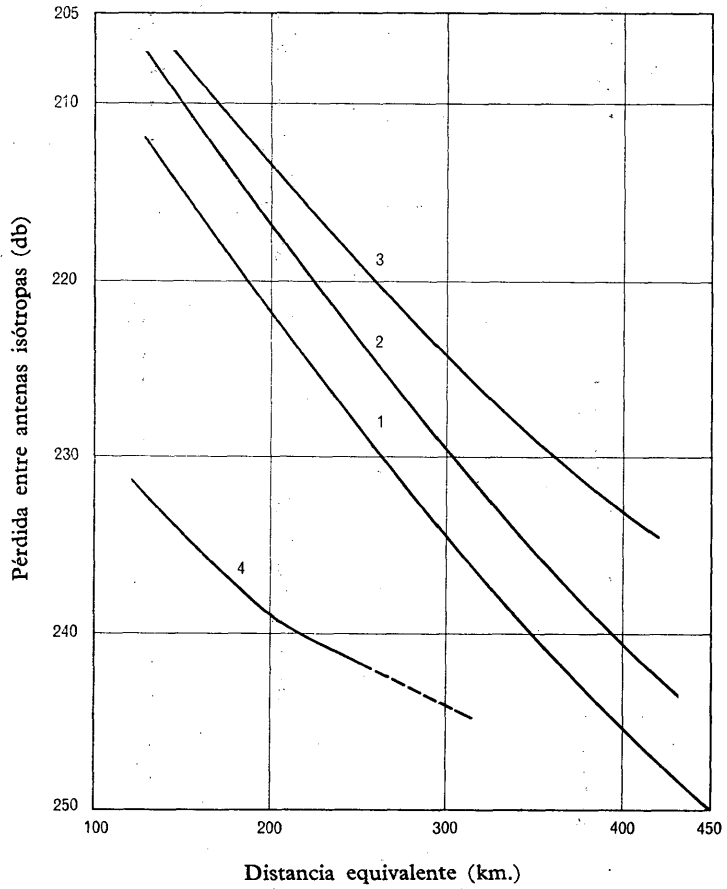


FIGURA 17

Pérdida no excedida durante 99 % del mes más desfavorable para los climas indicados en las curvas (véase § 2.3), frecuencia 1 Gc/s

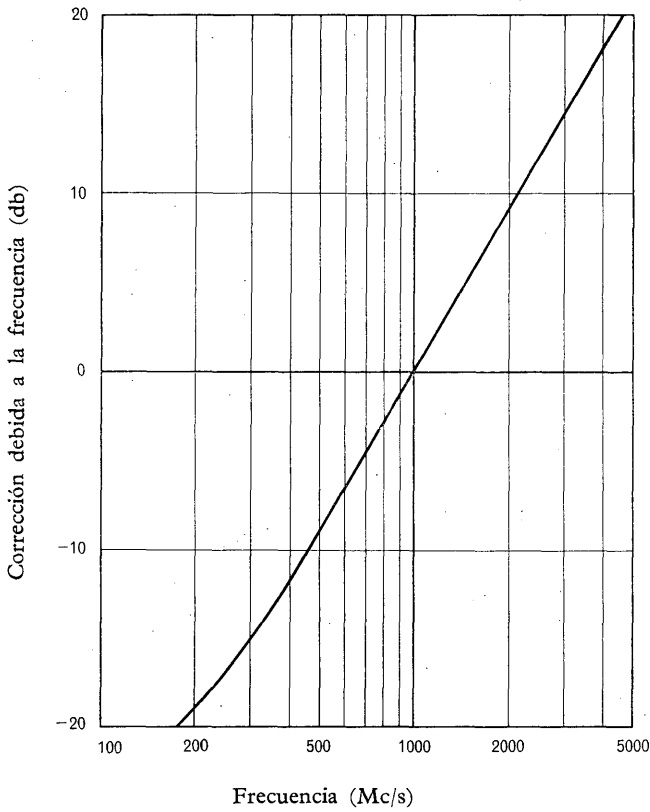


FIGURA 18

Correcciones debidas a la frecuencia

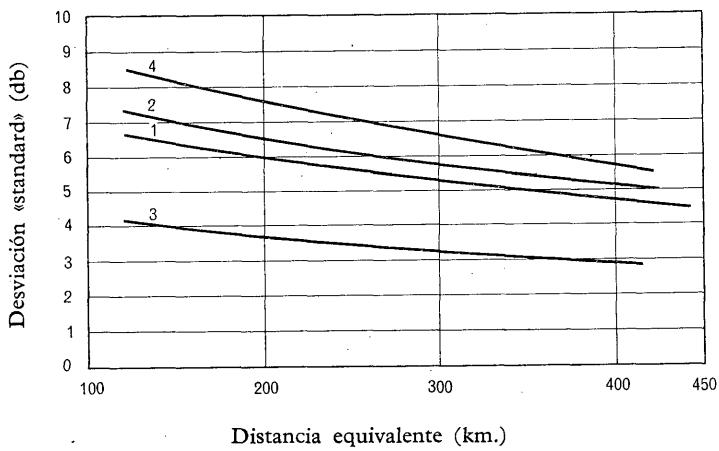


FIGURA 19

Cálculo de la desviación «standard» para los climas indicados en las curvas (véase § 2.3)

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

COMISIÓN DE ESTUDIO V

(Propagación en la superficie de la tierra y en las regiones no ionizadas de la atmósfera)

Mandato:

Estudio de todos los problemas relativos a la propagación de las ondas radioeléctricas en la superficie de la tierra y en las regiones no ionizadas de la atmósfera, en la medida en que estos problemas interesen a las radiocomunicaciones.

Relator principal: Dr. R. L. SMITH-ROSE, C. B. E. (Reino Unido).

Relator principal adjunto: Dr. A. KALININ (U. R. S. S.).

INTRODUCCIÓN POR EL RELATOR PRINCIPAL DE LA COMISIÓN DE ESTUDIO V.

1. Mandato.

La IX Asamblea Plenaria del C. C. I. R. (Los Angeles, 1959), revisó el mandato de la Comisión de estudio V para incluir en él las tareas antiguamente confiadas a la Comisión de estudio IV, que se ocupa ahora de las comunicaciones espaciales. La Comisión de estudio V tiene, pues, a su cargo el estudio de los problemas que se refieren a la propagación de las ondas en la superficie de la tierra y en la troposfera.

- 1.1 Para tener en cuenta progresos recientes en el campo de las radiocomunicaciones espaciales, en la *Asamblea Plenaria de Ginebra* (1963) se revisaron el título y el mandato de la Comisión de estudio V como sigue:

Título:

Propagación en la superficie de la tierra y en las regiones no ionizadas de la atmósfera.

Mandato:

Estudio de todos los problemas relativos a la propagación de las ondas radioeléctricas en la superficie de la tierra y en las regiones no ionizadas de la atmósfera, en la medida en que estos problemas interesen a las radiocomunicaciones.

2. Resumen de los debates.

La Comisión de estudio V celebró durante la X Asamblea Plenaria seis sesiones. Sus trabajos se basaron en el informe de la reunión intermedia de Ginebra (1962) con sus 27 apéndices, presentados en forma de Recomendaciones, Informes, Ruegos, Cuestiones y Programas de estudios revisados. La mayor parte de esos apéndices se adoptaron con ligeras modificaciones, y algunos, tal y como se presentaron. Los demás se revisaron a la luz de nuevas informaciones recogidas entre la reunión intermedia y la Asamblea Plenaria y presentados en nuevos documentos.

3. Medición de la intensidad de campo.

Se estableció un Informe revisado sobre las técnicas de medición de la intensidad de campo, en el que se insiste especialmente en las necesidades de los servicios de radiodifusión en ondas métricas y decimétricas, y se describen los diversos métodos de medición, las precauciones que han de tomarse para obtener resultados confiables y la mejor forma de presentarlos para uso de los ingenieros.

4. Propagación de la onda de superficie.

Para estudiar la propagación de la onda de superficie en diferentes partes de esta superficie, es esencial conocer las características eléctricas de la superficie de la tierra. En un Informe revisado se describen los diversos métodos utilizados para medir esas características; en otro se analiza la aplicación de los resultados a la propagación de la onda de superficie por terreno heterogéneo; en un tercer Informe se indica la medida en que han progresado nuestros conocimientos sobre la influencia del terreno irregular en la propagación de las ondas cortas.

5. Influencia de la troposfera en la propagación.

5.1 *Radiodifusión sonora y televisión.*

Desde hace algunos años, una de las principales actividades de la Comisión de estudio V ha consistido en el establecimiento de curvas confiables que indiquen la relación entre la intensidad de campo y la distancia en las diversas frecuencias y en las condiciones que deben tenerse en cuenta para la planificación de los servicios de radiodifusión en ondas métricas y decimétricas. Estas curvas se revisaron y ampliaron por un Comité de expertos que se reunió en Cannes en 1961, y seguidamente se adoptaron el mismo año por la Conferencia Europea de Radiodifusión de ondas métricas y decimétricas de Estocolmo. Las curvas de que se trata fueron formalmente adoptadas por la Asamblea Plenaria de Ginebra (1963) con algunas ligeras modificaciones solamente; están a la disposición de los servicios móviles y de los servicios de radiodifusión que utilizan frecuencias en la banda de 40 a 1.000 Mc/s.

5.2 *Radiodifusión en Africa.*

En previsión de una próxima Conferencia sobre la planificación de los servicios de radiodifusión del continente africano, se ha establecido una primera serie de curvas que indican las variaciones de la intensidad de campo en función de la distancia, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y de terreno muy variadas existentes en las distintas regiones de Africa. Estas curvas, que se establecieron con urgencia a petición de la I. F. R. B., deberán revisarse a medida que por mediciones cuantitativas se complete la escasa información de que actualmente se dispone sobre las condiciones de propagación en esa parte del mundo.

5.3 *Sistemas de relevadores radioeléctricos entre puntos fijos.*

La Comisión de estudio V ha estudiado ampliamente la evaluación, sobre una base estadística, de las calidades de funcionamiento de los sistemas de relevadores radioeléctricos y su protección contra las interferencias mutuas. En uno de los dos Informes adoptados se describen métodos que permiten evaluar la pérdida de transmisión en la troposfera; el otro contiene curvas provisionales relativas a las variaciones de la intensidad de campo en función de la distancia para una gama de frecuencias entre 1 y 10 Gc/s. En primer término, este Informe tiene por principal finalidad permitir la evaluación de las interferencias mutuas entre los sistemas de telecomunicaciones espaciales y terrestres.

5.4 *Radiometeorología.*

En todos los estudios sobre la cuestión, hay que tener en cuenta la variación importante y a menudo rápida de las condiciones meteorológicas; parece que se progresa hacia una comprensión cada vez mejor de los efectos de esas condiciones en la propagación de las ondas radioeléctricas en la atmósfera terrestre. De acuerdo con el nuevo título que se le ha atribuido, la Comisión de estudio V ha establecido un nuevo Informe en el que se tratan ciertas cuestiones que se refieren específicamente a la propagación entre la tierra y los vehículos espaciales a través de las regiones no ionizadas de la atmósfera. En tal caso, la absorción de las ondas y de los ruidos naturales presenta gran interés para las ondas centimétricas y para las ondas más cortas.

6. Consideraciones generales.

Además de establecer los Informes mencionados, la Comisión V ha revisado las Cuestiones y Programa de estudios existentes teniendo en cuenta los progresos de la ciencia;

sus trabajos futuros podrán ser, pues, de suma utilidad para el desarrollo de los servicios de radiodifusión y de los servicios de comunicación entre puntos fijos, incluida, en su caso, su extensión a las comunicaciones espaciales.

Se han adoptado Ruegos que prevén la creación de dos grupos de trabajo internacionales; el primero, presidido por el Dr. J. A. Saxton (Reino Unido), está encargado de las curvas de propagación; el segundo, presidido por el Sr. Misme (o por otra persona designada por Francia), de la radiometeorología.

RUEGO 4 *

PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA DEBIDA A LA FALTA DE HOMOGENEIDAD DE LA TROPOSFERA (DENOMINADA COMÚNMENTE «DISPERSIÓN»)

El C. C. I. R.,

(Varsovia, 1956)

CONSIDERANDO:

- a) Que la experiencia ha demostrado ya la posibilidad de utilizar frecuencias en las bandas de ondas métricas, decimétricas y centimétricas para la transmisión a distancias muy superiores a la del horizonte mediante la propagación troposférica por dispersión, y
- b) Que el empleo de estas frecuencias a tales distancias puede reducir el aumento de las solicitudes de los diferentes servicios en las otras bandas de frecuencias,

FORMULA, POR UNANIMIDAD, EL SIGUIENTE RUEGO:

Que se señale a las administraciones y a la I. F. R. B. las posibilidades que las ondas métricas, decimétricas y centimétricas ofrecen al servicio fijo para distancias muy superiores a la del horizonte mediante la propagación troposférica por dispersión; las administraciones y la I. F. R. B. deben mantenerse al corriente de los progresos realizados en esta materia (véase el Programa de estudios núm. 139).

RUEGO 5 **

INFLUENCIA DE LA TROPOSFERA EN LAS FRECUENCIAS UTILIZADAS PARA LA TELECOMUNICACIÓN CON LOS VEHÍCULOS ESPACIALES Y ENTRE ELLOS

El C. C. I. R.,

(Los Angeles, 1959)

CONSIDERANDO:

- a) Que la comunicación entre la tierra y los vehículos espaciales es en la actualidad una realidad práctica, y
- b) Que la troposfera ejerce influencia en las características de las señales recibidas y en las posiciones aparentes observadas por métodos radioeléctricos,

FORMULA, POR UNANIMIDAD, EL SIGUIENTE RUEGO:

Que la U. R. C. I. tenga a bien estudiar las siguientes Cuestiones:

1. Efecto de la troposfera en la propagación de las ondas radioeléctricas de cualquier frecuencia que utilizan este medio, dedicando especial atención:
 - A la atenuación de las ondas;
 - A las variaciones en la dirección de propagación;

* Anteriormente llevaba el núm. 24.

** Anteriormente llevaba el núm. 40.

2. Frecuencias de transmisión a partir de los vehículos espaciales que pueden proporcionar información más útil sobre la troposfera para completar la obtenida por otros métodos.

CUESTIÓN 185 (V) *

**DATOS DE PROPAGACIÓN REQUERIDOS PARA LOS SISTEMAS
DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS**

El C. C. I. R.,

(Londres, 1953 — Varsovia, 1956 — Los Angeles, 1959)

CONSIDERANDO:

- a) Que en los proyectos de redes de comunicación es preciso definir el rendimiento global del sistema durante diversos porcentajes de tiempo;
- b) Que para asegurar el funcionamiento continuo y satisfactorio de los sistemas destinados a trabajar en ondas métricas, decimétricas y centimétricas, el proyectista debe conocer las características de la propagación troposférica y calcular para cada banda de frecuencias la atenuación rebasada durante un pequeño porcentaje de tiempo en el límite de la zona de servicio, a distancias que pueden ser muy inferiores al alcance óptico en los sistemas con visibilidad directa o llegar hasta varias veces el alcance óptico en los sistemas de dispersión troposférica;
- c) Que para establecer un proyecto de sistema hay que conocer las curvas de distribución, en función de la estación del año, de las características de propagación consideradas;
- d) Que para evitar las interferencias que se producen más allá del alcance normal, es preciso conocer el valor de la atenuación que puede ser rebasado durante un elevado porcentaje de tiempo a distancias de hasta varias veces el alcance de servicio, y
- e) Que los efectos de la propagación por trayectos múltiples pueden reducir la anchura de banda del sistema,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, poner a estudio la siguiente Cuestión:

1. ¿Cuál es la distribución en el tiempo de los valores de la atenuación de las señales en las bandas de ondas métricas, decimétricas y centimétricas, y cuáles son, sobre todo, los valores que pueden ser rebasados durante 99,9 %, 99 %, 50 %, 1 %, 0,1 %, 0,01 % del tiempo cada mes del año?
2. ¿Cuál es la distribución acumulativa de las duraciones de los distintos intervalos de tiempo en el transcurso de los cuales las atenuaciones a lo largo del trayecto exceden cada una de los niveles descritos en el § 1 para un mes característico de cada estación del año?
3. ¿Hasta qué punto dependen estas distribuciones de la longitud del trayecto, de la región y del tipo de terreno por encima del cual pasa el trayecto y, en el caso de los trayectos ópticos, de que el terreno sea más o menos despejado?
4. ¿Qué restricciones impone en la anchura de banda de la emisión el medio de propagación?

* Reemplaza a la Cuestión 136.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 185 A (V)

DATOS DE PROPAGACIÓN REQUERIDOS PARA LOS SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS DE VISIBILIDAD DIRECTA

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que en los proyectos de redes de comunicación es preciso definir el rendimiento global del sistema durante diversos porcentajes de tiempo;
- b) Que para asegurar el funcionamiento continuo y satisfactorio de los sistemas de relevadores radioeléctricos destinados a trabajar en ondas métricas, decimétricas y centimétricas, el proyectista debe conocer las características de la propagación troposférica y calcular para cada banda de frecuencias la pérdida de transmisión (véase la Recomendación 341) que no se rebasa durante un gran porcentaje de tiempo en el límite de la zona de servicio, que puede estar comprendida entre varias decenas de kilómetros y más de 200 kilómetros para ciertos enlaces establecidos entre puntos situados a gran altura;
- c) Que para establecer un proyecto de sistema hay que conocer las curvas de distribución estacional, en función del tiempo, de la pérdida de transmisión correspondiente a la estación del año o al mes más desfavorable;
- d) Que para los estudios de las interferencias es necesario conocer el valor casi mínimo de la pérdida de transmisión, y
- e) Que los efectos de la propagación por trayectos múltiples pueden reducir la anchura de banda del sistema,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. ¿Cuál es la distribución en el tiempo, con relación al espacio libre, de los valores de nivel de potencia alcanzados en la recepción en las gamas de ondas métricas, decimétricas y centimétricas para cada mes del año? El registro de la intensidad de campo deberá hacerse con un aparato que tenga una constante de tiempo inferior o igual a un segundo;
2. ¿Cuáles son los niveles para un dado porcentaje de tiempo correspondientes al mes más desfavorable, al más favorable y a todo un año?
3. ¿En qué medida estas distribuciones dependen de la longitud del trayecto, del clima, del tipo de terreno por encima del cual pasa el trayecto y de lo despejado de la posición de la antena?
4. ¿En qué medida pueden describirse estas distribuciones mediante leyes estadísticas simples?
5. ¿Qué restricciones de transmisión imponen los efectos de la propagación por trayectos múltiples y cómo pueden eliminarse esas restricciones?
6. ¿Qué restricciones de utilización del sistema imponen el ruido solar y el producido por otras fuentes externas?

Nota.—Para responder a las necesidades de la Comisión de estudio IX, conviene dar prioridad a las mediciones hechas en 6 y 11 Gc/s con antenas y en trayectos correspondientes a los de los sistemas reales, así como en distancias más largas, para poder determinar la intensidad de los campos interferentes.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 185 B (V)

**DATOS DE PROPAGACIÓN REQUERIDOS EN LOS SISTEMAS
DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS PARA
TRANSMISIONES TRANSHORIZONTE**

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que en los proyectos de redes de comunicación es preciso definir el rendimiento global del sistema durante diversos porcentajes dados de tiempo;
- b) Que para asegurar el funcionamiento continuo y satisfactorio de los sistemas de relevadores radioeléctricos destinados a trabajar en ondas métricas, decimétricas y centimétricas, el ingeniero debe conocer las características de la propagación troposférica y calcular para cada banda de frecuencias la pérdida de transmisión que no se rebasa durante un gran porcentaje de tiempo en el límite de la zona de servicio, que puede extenderse desde unos 200 km. hasta más de 500 km.
- c) Que para establecer un proyecto de sistema hay que conocer las curvas de distribución, en función del tiempo, de la pérdida de transmisión correspondiente al mes más desfavorable de la zona climática considerada;
- d) Que para los estudios de las interferencias es necesario conocer el valor casi mínimo de la pérdida de transmisión, y
- e) Que la anchura de banda del sistema puede verse limitada por la naturaleza del modo de propagación utilizado,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. ¿Cuál es la distribución en el tiempo de la pérdida de transmisión de referencia (véase la Recomendación 341) en ondas métricas, decimétricas y centimétricas, correspondiente a cada mes del año? (Se especificará el valor de la ganancia de antena para el trayecto). El registro habrá de hacerse con un aparato de un minuto de constante de tiempo * y se observarán especialmente los valores casi máximo y casi mínimo de la pérdida de transmisión o de la intensidad de campo?
2. ¿Cuáles son los niveles para un dado porcentaje de tiempo correspondientes al mes más desfavorable, al más favorable y a todo un año?
3. ¿A qué horas del día puede preverse por lo general la pérdida de transmisión más elevada?
4. ¿Cuál es la distribución en el tiempo de las fluctuaciones de nivel de la señal recibida alrededor del valor mediano horario ** cuando se efectúa el registro con una constante de tiempo mínima?
5. ¿En qué medida las distribuciones dependen de la zona climática que atraviesa el trayecto considerado y cuáles son las zonas climáticas especiales que conviene tener en cuenta ***?

* Si se estima conveniente, podrán elegirse otras constantes de tiempo, especificando en cada caso el valor de las mismas.

** Para definir el valor mediano podrán utilizarse otros períodos que se especificarán en cada caso.

*** Debido a la escasez de datos sobre propagación en climas distintos del templado, se recomienda encarecidamente a las administraciones que recopilen datos sobre los demás tipos de clima.

6. ¿En qué medida estas distribuciones dependen de la frecuencia, de la distancia entre las estaciones, del ángulo de elevación de las antenas situadas en cada extremo y de la naturaleza del terreno por encima del cual pasa el trayecto?
7. ¿En qué medida pueden describirse estas distribuciones mediante leyes estadísticas simples?
8. ¿Qué restricciones impone a la anchura de banda del sistema el modo de propagación empleado (difracción, reflexión parcial, dispersión, etc.)?
9. ¿Qué restricciones de utilización del sistema imponen el ruido solar y el producido por otras fuentes externas?

Nota.—Los resultados de estos estudios se presentarán en la misma forma que en la Circular administrativa AC/63.

CUESTIÓN 246 (V) *

PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE SUPERFICIE

(Estocolmo, 1948 — Varsovia, 1956
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que en determinadas condiciones de propagación las propiedades del suelo sobre el que se propaga la onda influyen considerablemente en las características de propagación;
- b) Que a este respecto conviene tener en cuenta la influencia de la troposfera siempre que pueda representarse por una curva simple el índice de refracción en función de la altura, y
- c) Que pueden obtenerse datos sobre las características eléctricas del suelo mediante medidas de la propagación de la onda de superficie,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, poner a estudio la siguiente Cuestión:

1. ¿En qué forma se ve afectada la propagación de la onda de superficie por la falta de homogeneidad o las ligeras ondulaciones del suelo?
2. ¿Cómo pueden deducirse las variaciones de las constantes eléctricas del suelo de los cambios correspondientes de las características del campo a lo largo del trayecto?
3. ¿En qué forma los valores medidos de la constante dieléctrica ϵ y de la conductividad σ dependen de la frecuencia y de factores físicos tales como la vegetación y las condiciones meteorológicas?
4. ¿Cómo varía la fase de las ondas radioeléctricas durante la transmisión por encima de la superficie de la tierra?
5. ¿Cuál es, en función de la frecuencia, la influencia de la troposfera (definida por una curva simple del índice de refracción con la altura), en la propagación de la onda de superficie y en la relación entre la altura y la ganancia?
6. ¿Cuáles son los efectos que se obtienen con polarización vertical y con polarización horizontal?, y
7. ¿Cuál es el efecto de los grandes obstáculos, naturales o creados por el hombre, en la difracción de las ondas en el plano horizontal o en el plano vertical?

* Reemplaza a las Cuestiones 135 y 184.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 246 A (V) *

**EFFECTOS DE LA REFRACCIÓN TROPOSFÉRICA EN LAS FRECUENCIAS
INFERIORES A 10 Mc/s**

(Ginebra, 1951 — Londres, 1953
Varsovia, 1956 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que las curvas de propagación de la onda de superficie para las frecuencias inferiores a 10 Mc/s, anexas a la Recomendación 368, no tienen en cuenta la refracción troposférica;
- b) Que el efecto de la troposfera se ha tenido en cuenta en los Atlas del C. C. I. R. relativos a la propagación de la onda de superficie en frecuencias superiores a 30 Mc/s, en la hipótesis de que el radio ficticio de la Tierra es igual a $4/3$ del radio verdadero;
- c) Que el efecto de la refracción troposférica disminuye con la frecuencia;
- d) Que en el Informe 235 se dan datos experimentales y se exponen estudios matemáticos relacionados con esta cuestión;
- e) Que quizás convenga tener en cuenta estos efectos en frecuencias que pueden descender hasta 10 kc/s y para enlaces de muy larga distancia, dada la importancia que adquieren los servicios de ayuda a la navegación que utilizan técnicas de transmisión por impulsos cuyo grado de precisión depende del modo de propagación de la onda de superficie, y
- f) Que en el Informe 231 se indican los modelos matemáticos adecuados para describir el índice de refracción troposférica en función de la altura,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

- 1. Nuevas mediciones de las intensidades de campo de la onda de superficie, incluida la utilización de las técnicas de transmisión por impulsos, en un trayecto suficientemente largo, de conductividad uniforme, tal como un trayecto marítimo, para determinar experimentalmente las modificaciones que han de introducirse en las curvas de la onda de superficie a fin de tener en cuenta los efectos de la refracción troposférica en las frecuencias inferiores a 10 Mc/s;
- 2. Interpretación del análisis matemático relativo a la propagación de la onda de superficie a fin de tener en cuenta los efectos de la refracción troposférica en las frecuencias inferiores a 10 Mc/s, y
- 3. Investigación de la posible influencia de la refracción troposférica en la fase de la onda de superficie.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 246 B (V) **

PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE SUPERFICIE POR TERRENO HETEROGÉNEO

(Varsovia, 1956 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que el problema de las variaciones de amplitud y de fase en la propagación de la onda de superficie, debidas a la falta de uniformidad de las constantes eléctricas en las direcciones horizontal y vertical, es de gran importancia en lo que respecta:

* Reemplaza al Programa de estudios 87.
** Reemplaza al Programa de estudios 135.

- A la determinación de las zonas de servicio de los transmisores radioeléctricos;
 - A la precisión de las ayudas a la navegación que emplean ondas kilométricas y hectométricas;
 - A la influencia de la refracción costera en las medidas de radiogoniometría;
- b) Que el análisis matemático riguroso efectuado se ha basado hasta la fecha en modelos teóricos, a saber:
- Uno o más límites entre regiones de conductividad diferente normales al trayecto, con posibles discontinuidades en altura;
 - Estratificación horizontal;
 - Tierra esférica;

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Perfeccionamiento de los métodos de medida de los valores de la constante dieléctrica (ϵ) y de la conductividad (σ) equivalentes, correspondientes a un trayecto, a partes del mismo o a zonas locales, en frecuencias inferiores a 30 Mc/s;
2. Acopio de nuevos resultados experimentales sobre la amplitud y la fase de la onda de superficie a lo largo del trayecto y de medidas simultáneas de ϵ y de σ ;
3. Ampliación del estudio matemático para tener en cuenta las variaciones arbitrarias de ϵ y de σ , especialmente en el caso de propagación oblicua con relación a la línea de separación de las conductividades y en el de estratificación no horizontal, estudiando con este motivo las irregularidades de superficie y las constantes de un terreno heterogéneo;
4. Reducción de los métodos analíticos a una forma que se adapte a los cálculos técnicos, o bien comparación de los resultados teóricos con los de los métodos semiempíricos para definir con mayor precisión las limitaciones de estos últimos, y
5. Examen más detenido de las ventajas del método que permite deducir de la dispersión de los atmosféricos los parámetros equivalentes del terreno.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 57 (V) *

INVESTIGACIONES SOBRE LA PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA POR TRAYECTOS MÚLTIPLES

El C. C. I. R.,

(Londres, 1953)

CONSIDERANDO:

Que las ondas electromagnéticas pueden seguir varios trayectos entre el transmisor y el receptor en los sistemas que utilizan frecuencias superiores a 30 Mc/s,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Investigación de las diferencias de tiempo y de fase que se presentan en las transmisiones por trayectos múltiples;
2. Determinación de los porcentajes de tiempo durante los cuales se presentan diferencias dadas de tiempo y de fase;

* No se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

3. Análisis estadístico de las intensidades relativas de las señales correspondientes a transmisiones por trayectos múltiples;
4. Determinación de la variación de las magnitudes medidas en función de la frecuencia en las bandas del orden de las que se utilizan en los sistemas radioeléctricos de banda ancha y en televisión, y
5. Determinación de la medida en que influyen en dichos valores los sistemas de diversidad en el espacio.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 139 (V) *

**PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA APROVECHANDO LAS FALTAS
DE HOMOGENEIDAD DE LA TROPOSFERA (DENOMINADA
COMÚNMENTE «DISPERSIÓN»)**

El C. C. I. R.,

(Los Angeles, 1959)

CONSIDERANDO:

- a) Que los recientes experimentos realizados en varios países dirigiendo las antenas transmisora y receptora hacia una misma región de la troposfera, han demostrado que las señales radioeléctricas en las bandas de ondas métricas, decimétricas o centimétricas pueden propagarse regularmente a través de la troposfera a distancias insospechadas, y que las intensidades de campo observadas más allá del horizonte son mucho más elevadas que las previstas por la teoría de la difracción para una atmósfera radioeléctrica normal;
- b) Que de este modo pueden obtenerse señales útiles a distancias muy superiores a lo que se creía;
- c) Que las faltas de homogeneidad de la troposfera desempeñan un papel importante en este fenómeno, y
- d) Que se tienen pocos conocimientos sobre las influencias geográficas y topográficas,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

Investigación de este nuevo fenómeno de propagación troposférica, en su más amplio sentido, con miras a tener mayores conocimientos sobre:

1. Las características de la señal y, en particular: intensidad, distorsión (tiempo de propagación, anchura de banda), porcentajes de desvanecimiento, gamas de desvanecimiento e influencia de la frecuencia, de la distancia y de la situación geográfica en estas características;
2. La influencia que ejercen en la intensidad de campo las condiciones meteorológicas, incluidos el vapor de agua, la lluvia y la nieve;
3. La eficacia de las antenas, en función de sus dimensiones y tipo;
4. El empleo en la transmisión y en la recepción de la diversidad en el espacio, de la diversidad de frecuencia y de la diversidad de polarización;
5. La aplicación de estas técnicas de diversidad a la transmisión y a la recepción en un canal común.

* Reemplaza al Programa de estudios 91; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 176 (V) *

DESVANECIMIENTO DE LAS SEÑALES PROPAGADAS POR LA TROPOSFERA*(Adoptado por correspondencia, 1961)*

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que la explotación de las radiocomunicaciones por propagación troposférica exige no sólo información sobre la intensidad de las señales recibidas, sino también sobre:
 - La distribución de la amplitud de la intensidad de campo;
 - La frecuencia de los desvanecimientos;
 - La distribución en el espacio de la intensidad de campo, y
 - La presencia de desvanecimiento selectivo;
- b) Que las variaciones de la intensidad de campo implican variaciones en la dirección de llegada, así como variaciones originadas por la interferencia entre componentes correspondientes a diferentes modos de propagación (curvatura, refracción, dispersión) y variaciones debidas a cambios de las condiciones meteorológicas;
- c) Que la duración de las variaciones de la intensidad de campo puede oscilar:
 - En la propagación por dispersión, entre fracciones de un segundo y fracciones de un minuto;
 - En la propagación mediante inversiones, entre un minuto y una hora, siendo también posible que se produzcan variaciones en función de la hora del día y de la estación del año, y
- d) Que importa reunir toda la información posible sobre los efectos de la recepción por diversidad en el tiempo, en el espacio y en frecuencia,

DECIDE

que se efectúen los siguientes estudios en las diversas bandas de frecuencias utilizadas en las radiocomunicaciones por la troposfera:

1. Distribución del desvanecimiento en el espacio y en el tiempo (por ejemplo, ley de Rayleigh, normal y logarítmica normal);
2. Efecto de la distancia en los desvanecimientos de corta duración;
3. Determinación de la frecuencia media de los desvanecimientos por la medición de los espectros de energía y de las funciones de autocorrelación;
4. Determinación de la forma en que los coeficientes de correlación entre las tensiones recibidas en antenas espaciadas dependen de la frecuencia, de la hora del día, de la estación del año y de la distancia;
5. Distribución mensual y anual de las variaciones de largo período de la amplitud horaria mediana y forma en que estas distribuciones dependen de la frecuencia y de la distancia;
6. Forma en que la frecuencia del desvanecimiento y su profundidad dependen de la frecuencia portadora, de la hora del día, de la estación del año, de la ubicación geográfica del trayecto y de factores meteorológicos;
7. Efectos de las variaciones de la intensidad de campo en distintos sistemas de recepción, tales como los sistemas por diversidad en el tiempo, en el espacio y en frecuencia;

* No se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

8. Influencia del desvanecimiento selectivo en los sistemas de banda ancha y en los que emplean la diversidad de frecuencia;
9. Efectos del desvanecimiento en la modulación, y
10. Causas del desvanecimiento.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 188 (V) *

EFFECTO DE LOS ACCIDENTES DEL TERRENO EN LA PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA

(Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) La gran conveniencia de que se prosigan los estudios sobre la propagación de las ondas por encima de un terreno accidentado;
- b) La suma importancia que tiene en la práctica la propagación por encima de la cumbre de las altas montañas, y
- c) La gran medida en que la presencia de obstáculos puede modificar el valor medio de la pérdida de transmisión y la amplitud y duración de los desvanecimientos,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Medida de la pérdida de transmisión en trayectos que pasen por encima de cumbres de montañas y comparación con los valores calculados en el caso de la difracción en una sola arista aguda;
2. Influencia de la presencia de varios obstáculos en un mismo trayecto;
3. Influencia del radio de curvatura y de la naturaleza del terreno en la cumbre de una montaña;
4. Atenuación producida por la irregularidad general del terreno, denominada factor de terreno, tanto en la zona de servicio alrededor de un transmisor como en las ondas procedentes de un transmisor situado a gran distancia;
5. Variación local de la intensidad de campo en un área dada de recepción para el caso de un transmisor cercano y otro distante, y su correlación en función de las irregularidades del terreno y de la dirección de llegada de las ondas;
6. Propagación a lo largo de los valles;
7. Propagación a través de los valles;
8. Propagación en zonas urbanas;
9. Problemas relativos a la influencia del terreno sobre el que pasan las ondas en la polarización de las mismas;
10. Variación de la fase en función de la distancia en un terreno irregular;

* Reemplaza a los Programas de estudios 89 y 136; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

11. Influencia de una región montañosa muy extensa situada por debajo del volumen común de los haces de las antenas transmisora y receptora, en la propagación por dispersión troposférica;
12. Condiciones necesarias para que haya ganancia de obstáculo, especialmente cuando el nivel de la señal recibida a lo largo de un trayecto montañoso es más elevado que el que se recibiría si se transmitiese por encima de un terreno regular;
13. Influencia de un terreno accidentado en las variaciones cortas y largas de la pérdida de transmisión, especialmente en condiciones de ganancia de obstáculo.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 189 (V) *

**CURVAS DE PROPAGACIÓN EN ONDAS MÉTRICAS Y DECIMÉTRICAS
EN LA GAMA DE FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 40 Mc/s Y 1 Gc/s**

Servicios de radiodifusión y móvil

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO

que las curvas de propagación provisionales de la Recomendación 370 están basadas en datos obtenidos principalmente en Europa y en América del Norte, con antenas de transmisión y recepción situadas, por regla general, a unos 300 m. y unos 10 m., respectivamente, sobre el nivel del suelo, y que se necesitan datos no sólo de otras regiones o zonas sino también de otras alturas de antena de hasta 30.000 m.,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios **:

1. Registro continuo, durante varios años, de las intensidades de campo o de la pérdida de transmisión en las frecuencias comprendidas entre 40 Mc/s y 1 Gc/s durante períodos de hasta varios años, en el mayor número posible de regiones del mundo de condiciones climáticas lo más diversas posible y para distancias de hasta unos 1.000 km.;
2. Cálculo de las correcciones a efectuar en las curvas de la Recomendación 370 para tener en cuenta las condiciones de otros climas, terrenos y vegetación; asimismo, influencia de los edificios en la recepción a poca altura;
3. Efectos debidos a la variación de altura de las antenas transmisora y receptora en trayectos de hasta unos 2.000 km. de longitud, teniendo en cuenta que los servicios de radiodifusión y móvil terrestre pueden tener que utilizar antenas receptoras cuya altura por encima del suelo varíe entre 2 y 30 m., aproximadamente, y el servicio móvil aeronáutico antenas situadas a alturas de hasta unos 30.000 m. *** sobre el suelo;
4. Problemas planteados por los trayectos marítimos y por los trayectos mixtos terrestres y marítimos;

* Reemplaza a los Programas de estudios 137 (V) y 140 (V); no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

** Muchos de estos estudios están estrechamente relacionados con el Programa de estudios 190 (V).

*** En el marco de este Programa de estudios, debiera concederse especial atención a las necesidades inmediatas del servicio móvil aeronáutico en la banda de frecuencias comprendidas entre 100 y 140 Mc/s.

5. Efecto obtenido, para diversos valores de la distancia de transmisión entre puntos de la superficie terrestre, cuando se utilizan antenas directivas y antenas cuyos haces están inclinados con relación al plano horizontal, considerando, especialmente, la inclinación que puede resultar de la existencia de un horizonte elevado o bajo;
6. Distribución estadística de la intensidad de campo en función de la ubicación del punto de recepción dentro de una zona determinada, y
7. Análisis estadístico de los resultados obtenidos, conforme a la Recomendación 311, con objeto de ampliar el campo de aplicación de las curvas contenidas en la Recomendación 370.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 190 (V) *

FACTORES DE PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA QUE INFLUYEN EN LA COMPARTICIÓN DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS, COMPRENDIDOS LOS SISTEMAS ESPACIALES Y TERRENALES DE TELECOMUNICACIÓN

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que las curvas provisionales de propagación troposférica que figuran en la Recomendación 370 son aplicables principalmente a los problemas de compartición de frecuencias que se plantean en el servicio de radiodifusión y en el servicio móvil, en las frecuencias inferiores o iguales a 1.000 Mc/s;
- b) Que actualmente existe gran necesidad de métodos que permitan prever con precisión las interferencias que pueden producirse entre los sistemas de relevadores radioeléctricos que funcionan en los mismos canales o en canales adyacentes en las frecuencias inferiores o iguales a unos 20 Gc/s;
- c) Que conviene contar con un método completo y seguro de predicción de las pérdidas de transmisión lo mismo para el trayecto deseado que para los trayectos interferentes que eventualmente intervienen en los sistemas de relevadores radioeléctricos, y
- d) Que en el Informe 209 y en su bibliografía se describen métodos técnicos que permiten determinar las posibilidades prácticas de compartición de las frecuencias entre sistemas espaciales y terrenales de telecomunicación, pero se necesitan todavía más datos experimentales para que la aplicación de dichos métodos sea satisfactoria,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Medidas, durante un año como mínimo, en trayectos de longitudes distintas, de la distribución acumulativa de las pérdidas de transmisión medianas horarias para cada mes del año;
2. Medidas, en trayectos de longitudes distintas, de la distribución acumulativa de los niveles de las señales durante una hora **;
3. Medidas, en trayectos de longitudes distintas, de la distribución acumulativa de la duración de los desvanecimientos inferiores a niveles especificados a uno y otro lado del nivel mediano horario **;

* Reemplaza, con los Programas de estudios 185 B (V), 191 (V) y 204 (VI), al Programa de estudios 172. No se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

** A menudo, los periodos de tiempo inferiores a una hora serán muy útiles para el estudio del desvanecimiento de desfasaje (corta duración) y habrá que indicar el periodo de tiempo utilizado junto con la constante de tiempo del equipo.

4. Medidas durante un largo período de tiempo en frecuencias apropiadas superiores a 100 Mc/s y hasta 20 Gc/s, por lo menos, de la distribución acumulativa de las amplitudes y de las duraciones de los desvanecimientos relacionados con la pérdida de transmisión en trayectos típicos de propagación de las señales deseadas y no deseadas, entre antenas muy directivas orientadas según diversos ángulos de elevación y de acimut con relación a las direcciones de los máximos de ganancia de las antenas para el trayecto *;
5. Las medidas de la pérdida de transmisión previstas en el § 4 deberán hacerse en relación con observaciones sobre la ubicación y dimensiones de las aeronaves, partículas de granizo, o cualquier otro cuerpo reflector situado a proximidad del trayecto de propagación;
6. Preparación de métodos perfeccionados de predicción de la pérdida de transmisión rebasada durante los porcentajes de tiempo especificados en el Programa de estudios 185 B (V), y comparación entre los resultados obtenidos con esos métodos y las distribuciones acumulativas medidas, para determinar las desviaciones «standard» de las diferencias entre las pérdidas observadas y las previstas;
7. Medidas de la correlación durante largo tiempo entre las pérdidas de transmisión medianas horarias en trayectos de propagación deseado y no deseado con un extremo común;
8. Determinación de la influencia que ejercen el terreno y el clima de la región del extremo común en la correlación que existe entre los errores de predicción de las pérdidas de transmisión medianas horarias rebasadas durante diversos porcentajes de tiempo en los trayectos de propagación de las señales deseadas y no deseadas;
9. Concepción e instalación de las antenas para reducir al mínimo sus radiaciones parásitas y la recepción por ellas de señales no deseadas, y
10. En lo que respecta a las medidas de la distribución acumulativa de las pérdidas de transmisión medianas horarias, determinación de estas pérdidas para varios porcentajes de tiempo, incluidos los mayores y menores posibles, porque puede haber aplicaciones que requieran conocer los valores correspondientes al 0,01 % y al 99,99 % del tiempo; estas determinaciones se harán mediante observaciones que abarquen un número de horas adecuado con un muestreo aleatorio durante la hora, durante las estaciones, etc.

RESOLUCIÓN 2 **

DATOS RELATIVOS A LA PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA PARA LA RADIODIFUSIÓN, LAS COMUNICACIONES ESPACIALES Y LOS ENLACES ENTRE PUNTOS FIJOS

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que las curvas relativas a la radiodifusión y a los servicios móviles, que figuran en anexo a la Recomendación 370, han de mantenerse al día para tener en cuenta nuevos resultados experimentales;

* Véase la Recomendación 341.

** Reemplaza a los Ruegos 23 y 41.

- b) Que es también necesario conocer los factores de propagación troposférica que influyen en la concepción de los sistemas de relevadores radioeléctricos y en la compartición de las bandas de frecuencias entre estos últimos, incluidos los sistemas de telecomunicaciones espaciales y terrenales (véase el Programa de estudios 190 (V), y
- c) Que se reciben con regularidad nuevos datos sobre las cuestiones mencionadas en los Considerandos a) y b) que preceden, principalmente en respuesta a la petición hecha por el Director del C. C. I. R. en la Circular administrativa AC 63,

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Crear un Grupo de trabajo internacional para proseguir el examen de todos los datos disponibles;
2. Que este Grupo proponga las oportunas enmiendas a la Recomendación 370;
3. Que este Grupo halle métodos para determinar con la mayor exactitud y concisión posibles, la pérdida de transmisión* de un sistema de comunicación entre puntos fijos, fácilmente aplicables por los ingenieros de radiocomunicaciones (véanse los Programas de estudios 185 A (V), 185 B (V) y 190 (V)), y establezca un informe que contenga, en lo posible, métodos recomendables para el cálculo de la propagación;
4. Que el Grupo esté integrado por miembros designados por las administraciones de Estados Unidos de América, Francia, Japón, Reino Unido, R. F. de Alemania y U. R. S. S., y que la coordinación de sus trabajos se confíe al representante del Reino Unido;
5. Que el Grupo trabaje en estrecha colaboración con el Grupo de trabajo internacional creado en cumplimiento de la Resolución 3;
6. Que en lo posible el Grupo efectúe sus trabajos por correspondencia, y
7. Que el Grupo presente un Informe a la XI Asamblea Plenaria del C. C. I. R.,

PROGRAMA DE ESTUDIOS 191 (V) **

ABSORCIÓN Y REFRACCIÓN TROPOSFÉRICAS EN LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES ESPACIALES

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que ciertos elementos de la troposfera, como el vapor de agua, el oxígeno, la lluvia, la nieve, etc., producen una atenuación de las ondas radioeléctricas, sobre todo en las frecuencias superiores a 1 Gc/s, aproximadamente, y dan origen también a ruidos emitidos en esas frecuencias;
- b) Que la estructura del índice de refracción de la troposfera influye en la dirección de la propagación y en la coherencia del frente de la onda, y
- c) Que todos estos factores son de importancia en el estudio técnico de los sistemas de telecomunicaciones espaciales,

* En el Informe 244 se da una respuesta provisional a esta cuestión.

** No se deriva de ninguna Cuestión en estudio. En el Programa de estudios 192 (V) se consideran los aspectos radio-meteorológicos de este Programa de estudios, que se señala a la atención del Grupo de trabajo internacional creado en virtud de la Resolución 2.

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Medidas y establecimiento de métodos de predicción de la atenuación de las ondas radioeléctricas que atraviesan la troposfera, en función de la frecuencia, del ángulo de elevación, de la posición geográfica, del tiempo y de los elementos de la troposfera, especialmente el oxígeno, el vapor de agua y las gotas de agua, sus dimensiones y el índice de precipitaciones, etc.;
2. Medida y establecimiento de métodos de predicción de la refracción, del centelleo y de la coherencia del frente de onda de las ondas radioeléctricas que atraviesan la troposfera, en función de la frecuencia, del ángulo de elevación, de la situación geográfica y del tiempo, y
3. Medida y establecimiento de métodos de predicción del ruido radiado por los gases atmosféricos, las nubes y las precipitaciones *.

RESOLUCIÓN 3

INFLUENCIA DE LAS REGIONES NO IONIZADAS DE LA ATMÓSFERA EN LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que habrá que revisar los datos que figuran en el Informe 233 para tener en cuenta los resultados de nuevas mediciones;
- b) Que es necesario analizar la utilidad de otros parámetros en los estudios radiometeorológicos (véase el Programa de estudios 192 (V)) para diversos climas, y
- c) Que es necesario conocer las características de absorción, refracción y ruido celeste en relación con los sistemas de telecomunicaciones espaciales (véase el Programa de estudios 191 (V)),

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Crear un Grupo internacional de trabajo para proseguir el examen de todos los datos meteorológicos relacionados con la propagación de las ondas radioeléctricas en las regiones no ionizadas de la atmósfera;
2. Que este Grupo de trabajo proponga las oportunas enmiendas al Informe 233;
3. Que los miembros del Grupo de trabajo sean designados por las administraciones de Estados Unidos de América, Francia, Japón, Reino Unido, República Federal de Alemania y U. R. S. S. y que de la coordinación de la labor del Grupo se encargue el miembro que designe la Administración francesa;
4. Que el Grupo de trabajo realice sus tareas en estrecha colaboración con el Grupo internacional de trabajo creado en virtud de la Resolución 2;
5. Que el Grupo desarrolle por correspondencia la mayor parte posible de sus actividades, y
6. Que el Grupo de trabajo prepare un informe con anterioridad a la XI Asamblea Plenaria del C. C. I. R.

* Se señalan a la atención del Grupo de trabajo internacional de radiometeorología (Resolución 3) los aspectos radiometeorológicos del presente Programa de estudios, así como el Doc. 5/75, Ginebra, 1962, rogándole se sirva formular observaciones sobre ambos.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 192 (V) *

INFLUENCIA DE LAS REGIONES NO IONIZADAS DE LA ATMÓSFERA EN LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS

El C. C. I. R., (Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que, como se sabe, la propagación de las ondas radioeléctricas es función de las condiciones termodinámicas reinantes en la atmósfera, y que se han hecho numerosos estudios al respecto;
- b) Que todavía no se conoce suficientemente bien el detalle de la estructura del campo en el espacio y en el tiempo, y que la falta de medidas adecuadas no permite explicar con detalle las características de propagación de las ondas radioeléctricas basándose en las teorías actuales;
- c) Que los estudios de propagación necesarios para establecer un enlace radioeléctrico de cualquier longitud exigen un conocimiento estadístico del medio de propagación, o sea, de la atmósfera, y
- d) Que los progresos realizados en el estudio de esta propagación han llevado ya a la adopción de las Recomendaciones 369 y 370,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Variaciones detalladas del índice de refracción del aire en función del espacio y del tiempo;
2. Elaboración de métodos perfeccionados para el estudio de las irregularidades de las propiedades termodinámicas de la atmósfera, con referencia especialmente a aparatos tales como refractómetros, termómetros, higrómetros y radar (véase el § 1 del Anexo).
3. Distribución estadística y geográfica del vapor de agua, oxígeno, lluvia, nieve, nieblas, nubes y arena en la atmósfera.
4. Presentación, por los servicios de telecomunicación nacionales, de datos complementarios sobre N_s , N_o y ΔN , para completar los trabajos relativos a la climatología mundial, basados en el índice de refracción y descritos en el Informe 233 (véase el Anexo);
5. Aplicación a la propagación de las ondas radioeléctricas de parámetros radiometeorológicos distintos de los enunciados;
6. Correlación entre los distintos parámetros radiometeorológicos aplicables a diversas condiciones climatológicas y las características de la pérdida de transmisión, expresada por su valor mediano (su gama y rapidez de variación), y la distorsión sufrida por las señales;
7. Verificación, por las administraciones y empresas privadas de explotación, mediante numerosas medidas detalladas y precisas, de las distintas teorías expuestas para explicar la propagación.

Nota 1.—Debe invitarse a las administraciones nacionales, a la U. R. C. I. y a las demás organizaciones internacionales, a que prosigan urgentemente el estudio teórico y experimental de la propagación atmosférica.

* Reemplaza al Programa de estudios 138; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

Nota 2.—El Director del C. C. I. R. comunicará a la O. M. M. el presente Programa de estudios, que tiene en cuenta las Recomendaciones 4 y 5 de la Comisión de Aerología de la O. M. M., señalando especialmente a su atención los §§ 1, 2 y 3.

ANEXO

1. Las medidas termodinámicas destinadas a facilitar el cálculo del índice de refracción del aire y de su gradiente deberán efectuarse, siempre que sea posible, en puntos entre los que medie una separación de 10 m. como máximo, y con una precisión igual, por lo menos, a la siguiente:

Temperatura: $\pm 0,2^{\circ}$ C,

Humedad (medida en relación de mezcla): $\pm 0,1$ g/kg.

Convendría utilizar de preferencia aparatos de medida continua.

2. El parámetro $N = (n - 1) \cdot 10^6$ viene dado por la fórmula:

$$N = \frac{77,6}{T} \left(p + 4.810 \frac{e}{T} \right);$$

donde n = índice de refracción del aire;

T = temperatura absoluta ($^{\circ}$ K);

e = presión del vapor de agua (mb);

p = presión atmosférica total (mb);

Los datos que se faciliten se referirán, en lo posible, a un período de cinco años, como mínimo.

Se supondrá que las estaciones del año pueden representarse por los meses de febrero, mayo, agosto y noviembre, y las horas de medida serán, en lo posible, las horas pares (hora del meridiano local). Como la determinación de ΔN depende de los datos obtenidos mediante radiosondas, habrá que utilizar las horas correspondientes, a pesar de que tendrá que hacerse todo género de esfuerzos por realizar el mayor número posible de esta clase de medidas.

3. N_s es el valor de N en la superficie de la tierra. En el Informe 233 se expone la fórmula que permite obtener N_s . ΔN es la diferencia entre el valor de N a 1 km. de altura sobre el suelo y N_s .

**DOCUMENTOS DE LA X ASAMBLEA PLENARIA QUE CONCIERNEN
A LA COMISIÓN DE ESTUDIO V**

Doc.	Presentado por	Título	Asunto	Concierne igualmente a la Comisión de estudio
5	Relator principal de la C. E. V	Informe del Relator principal de la C. E. V (Dr. L. L. Smith-Rose).	—	—
66	Reino Unido	Relevadores radioeléctricos para televisión y telefonía.	C. 185 C. 192 (IX)	IX
128	Suecia	Medidas de las pérdidas de transmisión en los sistemas de relevadores radioeléctricos.	—	—
129	Secretaría del C. C. I. R.	Referencias bibliográficas de los volúmenes del C. C. I. R.	—	I-XIV
135	Suecia	Comprobación entre la atenuación calculada y la atenuación medida en once trayectos de dispersión.	P. E. 137, 138 y 139	—
153	Secretaría del C. C. I. R.	Perfeccionamiento de las normas técnicas de la I. F. R. B.	—	I, II, III, VI X, XII, XIII
192	Reino Unido	Atlas de las curvas de propagación de la onda terrestre de las frecuencias comprendidas entre 30 Mc/s y 10 Gc/s.	Atlas de las curvas de propag. del CCIR	—
193	Reino Unido	Proyecto de programa de estudios en sustitución de los programas de estudios 137 (V) y 140 (V).	Proyecto de P. E.	—
194	Reino Unido	Aplicación de las curvas de propagación troposférica a los problemas de interferencia en las bandas comprendidas entre 1 y 10 Gc/s.	Proyecto de Rec.	—
196	U. R. S. S.	Método para calcular la distribución estadística del nivel de ruido térmico en los canales de un sistema de relevadores radioeléctricos con visibilidad directa.	C. 185 (II)	II
207	O. I. R. T.	Despolarización en distintos tipos de terreno y en las ciudades.	I. 122	—
208	O. I. R. T.	Informe sobre el estudio de la propagación de las ondas en las bandas IV y V efectuadas por los Institutos de Investigaciones VUS (Vyzkumny Ústav Spojú) de Praga y RFZ (Rundfunk-und Fernsehtechnisches Zentralamt) de Kolber.	P. E. 137, 138 y 140	—
231	Francia	Curvas de propagación transhorizonte en Africa.	—	—
270	R. P. de Polonia	Nota de la Administración de la República Popular de Polonia sobre el proyecto de Recomendación «Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas en la banda de frecuencias comprendidas entre 40 y 1.000 Mc/s».	Proyecto de Rec.	—

Doc.	Presentado por	Título	Asunto	Concieme igualmente a la Comisión de estudio
283	Reino Unido	Factores de propagación troposférica que influyen en la compartición del espectro entre sistemas espaciales y terrestres de comunicación.	Proyecto de P. E.	—
286	Comisión de estudio V	Resumen de los debates de la primera sesión.	—	—
330	Comisión de estudio V	Datos de propagación requeridos para los sistemas de relevadores radioeléctricos.	Proyecto de I.	—
332	Comisión de estudio V	Resumen de los debates de la segunda sesión.	—	—
340	Subcomisión V-C	Efectos de los accidentes del terreno en la propagación troposférica.	Proyecto de P. E.	—
356	Subcomisión V-C	Factores de propagación troposférica que influyen en la compartición del espectro entre sistemas espaciales y terrestres de comunicación.	Proyecto de P. E.	—
374	Subcomisión V-B	Propagación de la onda de superficie por terreno heterogéneo.	Proyecto de I.	—
376	Subcomisión V-B	Efectos de la refracción troposférica normal en las frecuencias inferiores a 10 Mc/s.	Proyecto de I.	—
421	Subcomisión V-C	Datos relativos a la propagación troposférica para la radiodifusión, las comunicaciones espaciales y los enlaces entre puntos fijos.	Proyecto de R.	—
437	Comisión de estudio V	Resumen de los debates de la tercera sesión.	—	—
463	Subcomisión V-C	Influencia de las regiones no ionizadas de la atmósfera en la propagación de las ondas.	Proyecto de R.	—
498	Comisión de estudio V	Influencia de las regiones no ionizadas de la atmósfera en la propagación de las ondas.	Proyecto de I.	—
520	Comisión de estudio V	Grupo de trabajo internacional creado en aplicación del Ruego 23-Evaluación de la pérdida de transmisión en la propagación troposférica.	Informe	—
536	Comisión de estudio V	Resumen de los debates de la cuarta sesión.	—	—
560	Comisión de estudio V	Curvas de propagación para la radiodifusión en ondas métricas y decimétricas en el continente africano.	Proyecto de I.	—
585	Comisión de estudio V	Resumen de los debates de la quinta y última sesión.	—	—
629	Francia	Observaciones de la Administración francesa sobre el Doc. 560 (Rev.).	—	—

Doc.	Presentado por	Título	Asunto	Conciérne igualmente a la Comisión de estudio
2.004	Comisión de redacción	Curvas de propagación de la onda de superficie para frecuencias inferiores a 10 Mc/s.	Rec. 368	—
2.005	»	Definición de una atmósfera fundamental de referencia.	Rec. 369	—
2.006	»	Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas en la gama de frecuencias comprendida entre 40 y 1.000 Mc/s.	Rec. 370	—
2.007	»	Propagación de la onda de superficie.	C. 246	—
2.008	»	Datos de propagación requeridos para los sistemas de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa.	P. E. 185 A	—
2.009	»	Datos de propagación requeridos para los sistemas de relevadores radioeléctricos que transmiten más allá del horizonte.	P. E. 185 B	—
2.010	»	Efectos de la refracción troposférica en las frecuencias inferiores a 10 Mc/s.	P. E. 246 A	—
2.011	»	Propagación de la onda de superficie por terreno heterogéneo.	P. E. 246 B	—
2.012	»	Influencia de las regiones no ionizadas de la atmósfera en la propagación de las ondas.	P. E. 192	—
2.013	»	Investigaciones sobre la propagación troposférica por trayectos múltiples.	I. 237	—
2.014	»	Enmienda del Informe 138.	I. 227	—
2.015	»	Determinación de las características eléctricas de la superficie de la Tierra.	I. 229	—
2.016	»	Influencia de los accidentes del terreno en la propagación troposférica.	I. 236	—
2.017	»	Medición de la intensidad de campo para los servicios de radiodifusión, televisión en ondas métricas y decimétricas inclusive.	I. 228	—
2.018	»	Atmósfera de referencia.	I. 231	—
2.019	»	Influencia de la atmósfera en la propagación de las ondas.	I. 233	—
2.020	»	Datos de propagación requeridos para los sistemas de relevadores radioeléctricos.	I. 242	—
2.021	»	Constantes de la ecuación del índice de refracción radioeléctrica.	I. 232	—
2.081	»	Absorción y refracción troposférica en los sistemas de telecomunicaciones espaciales.	P. E. 191	—
2.082	»	Propagación radioeléctrica debida a la falta de homogeneidad de la troposfera (denominada comúnmente «dispersión»).	I. 238	—

Doc.	Presentado por	Título	Asunto	Concierne igualmente a la Comisión de estudio
2.114	Comisión de redacción	Factores de propagación troposférica que influyen en la compartición del espectro entre sistemas espaciales y terrestres de comunicación.	P. E. 190	—
2.115	»	Efecto de los accidentes del terreno en la propagación troposférica.	P. E. 188	—
2.176	»	Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas en la gama de frecuencias comprendida entre 40 y 1.000 Mc/s.	I. 239	—
2.177	»	Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas en la gama de frecuencias comprendida entre 40 Mc/s. y 1 Gc/s.	P. E. 189	—
2.193	»	Efectos de la refracción troposférica normal en las frecuencias inferiores a 10 Mc/s.	I. 235	—
2.194	»	Datos relativos a la propagación troposférica para la radiodifusión, las comunicaciones espaciales y los enlaces entre puntos fijos.	Res. 2	—
2.233	»	Propagación de la onda de superficie por terreno heterogéneo.	I. 230	—
2.239	»	Datos de propagación requeridos para los sistemas de relevadores radioeléctricos.	I. 241	—
2.252	»	Influencia de las regiones no ionizadas de la atmósfera en la propagación de las ondas.	I. 234	—
2.253	»	Aplicación de las curvas de propagación troposférica a los problemas de interferencia en la gama 1-10 Gc/s.	I. 243	—
2.254	»	Influencia de las regiones no ionizadas de la atmósfera en la propagación de las ondas.	Res. 3	—
2.279	»	Evaluación de la pérdida de transmisión en la propagación troposférica.	I. 244	—
2.292	»	Curvas de propagación para la radiodifusión en ondas métricas y decimétricas en el continente africano.	I. 240	—

RECOMENDACIONES DE LA SUBSECCIÓN G 2 - PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

RECOMENDACIÓN 313 *

INTERCAMBIO DE OBSERVACIONES PARA LA PREPARACIÓN DE PREDICCIONES A CORTO PLAZO Y TRANSMISIÓN DE AVISOS DE PERTURBACIONES IONOSFÉRICAS

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1951 — Los Angeles, 1959)

CONSIDERANDO:

- a) Que conviene que las administraciones y servicio de explotación de las radiocomunicaciones (radionavegación y otros) que utilizan ondas propagadas a través de la ionosfera estén advertidos con la máxima antelación posible de los comienzos de perturbaciones en las transmisiones ionosféricas, a fin de que puedan modificar su programa de tráfico en consecuencia;
- b) Que es conveniente hallar un medio que facilite la preparación de un esquema de utilización racional de las frecuencias para sustituir al esquema basado en la consideración de los valores medios a largo plazo, cuando este último no resulte temporalmente satisfactorio a causa de las perturbaciones ionosféricas;
- c) Que, a tal efecto, es de desear que los organismos encargados de publicar predicciones ionosféricas estudien la técnica de predicción de las perturbaciones;
- d) Que es de suma importancia adoptar las medidas necesarias para garantizar la mayor exactitud y la difusión más rápida posible de estas predicciones;
- e) Que en lo que respecta a los intercambios y a la difusión de informaciones sobre la propagación es preciso distinguir tres categorías de usuarios: Los que preparan predicciones, los que utilizan informaciones sobre la propagación para las necesidades prácticas del tráfico y los que necesitan dichas informaciones para la investigación científica o para otros fines, y que para atender estas diferentes necesidades conviene utilizar en cada caso los medios de intercambio más adecuados;
- f) Que se ha logrado una colaboración eficaz, en lo que respecta más especialmente al programa del A. G. I., entre las administraciones, los servicios de explotación y los organismos encargados de estudiar las características de la ionosfera para deducir las predicciones, y
- g) Que se ha demostrado la utilidad en la difusión de informaciones destinadas al establecimiento de predicciones a corto plazo, de los códigos provisionales preparados bajo los auspicios de la Unión Radiocientífica Internacional (U. R. C. I.), tales como el código empleado en los Urcigramas franceses, o debidos a organismos como el Laboratorio Central de Propagación Radioeléctrica (C. R. P. L.), el Arbeitsgemeinschaft Ionosphere, el Laboratorio Central de Propagación japonés y otros más,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que todo país que participe en las investigaciones sobre la propagación designe a un organismo oficial para que reciba, coordine e intercambie estas informaciones, y establezca el enlace con los organismos correspondientes de los demás países;
2. Que las informaciones necesarias para la preparación de predicciones a corto plazo se centralicen en los organismos designados en el punto 1, por medio de dispositivos de telecomunicación que conecten lo más directamente posible el organismo centralizador a los diversos institutos científicos que efectúen observaciones solares, magnéticas y otras;

* Reemplaza a la Recomendación 59.

3. Que de los datos así recopilados se divulguen los susceptibles de ser utilizados para las predicciones dentro de un plazo de cuarenta y ocho horas, de conformidad con las decisiones de la U. R. C. I., por los medios de transmisión adecuados de que se disponga;
4. Que los demás datos que puedan servir para perfeccionar la técnica de las predicciones en general, así como para otros fines, se divulguen por correo postal ordinario o aéreo, pudiendo las administraciones interesadas, si lo estiman útil para la organización de las predicciones regionales o para las investigaciones científicas, organizar por sí mismas, o mejor todavía, colectivamente, la difusión por vía radioeléctrica de informaciones detalladas, una vez efectuada la concentración de dichas informaciones;
5. Que se empleen estaciones radioeléctricas de largo alcance para ciertas transmisiones cortas, pero regulares, de avisos de perturbaciones ionosféricas a corto plazo;
6. Que se señale a la atención de la U. R. C. I. el interés que entraña la unificación más completa posible de los códigos que han de utilizarse, sea para los avisos sucintos mencionados en el punto 5, sea para los intercambios de informaciones limitadas citados en el punto 3, sea para los de informaciones generales indicados en el punto 4;
7. Que se invite a las administraciones a ajustarse a los códigos así establecidos y a ponerlos en conocimiento de sus servicios de explotación;
8. Que las administraciones inviten a sus servicios y a las empresas privadas de explotación a que estudien la exactitud de las predicciones, remitan los documentos y formulen sugerencias para facilitar los estudios encaminados a perfeccionar los métodos utilizados;
9. Que conviene prestar particular atención a la comparación de las predicciones con las condiciones efectivas del tráfico radioeléctrico, y que es de desear especialmente que las administraciones adopten métodos idénticos para apreciar la calidad del tráfico en los circuitos, por medio de una clasificación adecuada;
10. Que es asimismo deseable que se adopte un método común para la descripción de las perturbaciones ionosféricas, teniendo en cuenta elementos como la hora de iniciación, la zona interesada, la duración y la importancia de las perturbaciones, y
11. Que de haber creado las administraciones instalaciones con miras al rápido intercambio de datos para la preparación de predicciones a corto plazo de la propagación radioeléctrica, dentro del programa del A. G. I., mantengan esas instalaciones y, en caso necesario, las amplíen ulteriormente.

RECOMENDACIÓN 371

ELECCIÓN DE ÍNDICES DE ACTIVIDAD SOLAR PARA LA PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que las observaciones continuas de las manchas solares abarcan un período más extenso que las de cualquier otro índice de actividad solar;
- b) Que la media móvil de 12 meses del número de manchas solares R_{12} , constituye el único índice estudiado hasta ahora suficientemente, para poder hacer predicciones por métodos objetivos:

- c) Que el hecho de que se suavice la media móvil de 12 meses del número de manchas solares, impide utilizar esta media para hacer predicciones correctas de las condiciones ionosféricas para menos de 12 meses después de la fecha del último valor de R_{12} conocido;
- d) Que el índice ionosférico I_{F2} puede predecirse con certeza para 6 meses, e incluso, en ocasiones, para 12 meses después de la fecha del último valor conocido de I_{F2} , y que este índice presenta un alto grado de correlación con los valores medianos mensuales $foF2$, y
- e) Que el flujo medio mensual del ruido solar en longitudes de onda próximas a 10 cm. Φ , presenta un alto grado de correlación con foE ,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que para todas las predicciones ionosféricas para más de 12 meses después de la fecha del último valor conocido de R_{12} , se adopte como índice la media móvil de 12 meses del número de manchas solares;
2. Que para la predicción de los valores medianos mensuales de $foF2$ y de $M(3000)F2$ para 6 meses y, en ocasiones, hasta para 12 meses después de la fecha del último valor conocido de I_{F2} , se adopte el índice ionosférico I_{F2} , pero que se emplee este índice con circunspección en las latitudes magnéticas elevadas, en las que la experiencia parece indicar que las predicciones no son suficientemente exactas;
3. Que para la predicción de los valores medianos mensuales de foE y $foF1$ para seis meses y, en ocasiones hasta para 12 meses después de la fecha del último valor observado, Φ , se adopte como índice el valor medio mensual del flujo de ruido radioeléctrico solar en longitudes de onda próximas a 10 cm.

RECOMENDACIÓN 372 *

UTILIZACIÓN DE DATOS SOBRE RUIDOS ATMOSFÉRICOS
RADIOELÉCTRICOS

El C. C. I. R.,
(Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO

que se ha efectuado una revisión del Informe 65,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD,

que para determinar la intensidad y otras características de los ruidos atmosféricos radioeléctricos en las diversas partes del mundo, se utilice la información contenida en el Informe 322 ** hasta que se disponga de nuevos datos en cantidad suficiente para justificar otra revisión.

* Reemplaza, con la Resolución núm. 8, a la Recomendación 315.

** No incluido en los Volúmenes I a VII de la X Asamblea Plenaria; publicado aparte.

RECOMENDACIÓN 373 *

SIGNIFICADO DEL TÉRMINO «MUF»

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que la experiencia ha demostrado que a menudo es posible la transmisión en frecuencias superiores a la MUF, con ondas que se suponen propagadas únicamente por refracción ionosférica (esto es, sin dispersión ionosférica ni dispersión en el suelo);
- b) Que ciertos servicios de predicción emplean factores empíricos de corrección para tener en cuenta este resultado práctico al hacer previsiones;
- c) Que el Comité de Sondeos Mundiales de la U. R. C. I. ha recomendado el empleo de una curva normalizada de transmisión para el análisis rápido de los ionogramas [1];
- d) Que se han observado casos de propagación en que los trayectos presentaban desviaciones laterales considerables en relación con el círculo máximo, especialmente cuando en la propagación interviene la dispersión ionosférica y/o la dispersión terrestre,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que se utilice la expresión «MUF normal» para designar la frecuencia más elevada en que pueden propagarse las ondas a una distancia determinada, únicamente por refracción ionosférica. De no ir acompañada de alguna referencia a un modo determinado de propagación, la expresión «MUF normal» debe corresponder al más elevado de los valores de los diversos modos de propagación;
2. Que se utilice la expresión «MUF normalizada» para designar el valor cercano a la MUF normal obtenido mediante aplicación a los ionogramas de incidencia vertical de una curva de transmisión normalizada [1] con un factor de distancia [2];
3. Que se utilice la expresión «MUF de explotación» para designar la frecuencia más elevada que en un momento dado permita la explotación entre dos puntos determinados en ciertas condiciones de trabajo. La MUF de explotación es generalmente más elevada que la MUF normal a causa de fenómenos como la dispersión ionosférica y/o la dispersión terrestre;
4. Que siempre que se utilice la expresión «MUF de explotación», se indiquen con la mayor exactitud posible las condiciones de trabajo, toda vez que esta magnitud depende de los parámetros del sistema;
5. Que en todas las predicciones de MUF se indique claramente si se trata de la MUF normalizada o de la MUF de explotación **.

BIBLIOGRAFÍA

1. U. R. C. I: *Handbook for Ionogram Interpretation and Reduction*, Amsterdam, 1961, pág. 17.
2. Véase: Circular 462 del U. S. A. National Bureau of Standards, pág. 82.

* Reemplaza a la Recomendación 318.

** Véase el Programa de estudios 200 (VI).

INFORMES DE LA SUBSECCIÓN G 2 - PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

INFORME 151 *

ESTACIONES DE SONDEOS IONOSFÉRICOS AL ACABARSE
EL AÑO GEOFÍSICO INTERNACIONAL

(Ruego 26)

(Los Angeles, 1959)

1. El C. C. I. R., en el Ruego 26, ha señalado a la atención de la U. R. C. I. la conveniencia de que, una vez concluido el Año Geofísico Internacional, continúen funcionando ciertas estaciones de sondeos ionosféricos especialmente instaladas para el programa del A. G. I., o destinadas al mismo exclusivamente. La finalidad de este ruego del C. C. I. R. es la de mejorar las predicciones de propagación.
2. Desde el punto de vista de la U. R. C. I., también es conveniente el funcionamiento después del A. G. I. de ciertas estaciones de sondeos ionosféricos para completar los conocimientos que actualmente se tienen sobre la morfología y las perturbaciones de la ionosfera.
3. Los fines señalados anteriormente pueden considerarse idénticos bajo numerosos aspectos.
4. La U. R. C. I. recomienda, por tanto, que el mayor número posible de las estaciones que a continuación se enumeran siga funcionando de preferencia sobre una base de 15 minutos durante un período no inferior a doce meses a partir del próximo mínimo del ciclo solar:

<i>Zona ártica</i>	<i>Zona antártica</i>	<i>Zona ecuatorial</i>	<i>Estaciones intermedias</i>
Alert	Sourth Pole	Natal	Tamanrasset
Thulé	Little America	Talara	St. Johns
Svalbard	Terre Adélie	Bogotá	México
Tromsó	Halley Bay	La Paz	Concepción
Bukhta Tikhaya	Syowa (Showa)	Djibouti	Tahití
Tiksi Bay	y/o	Kodai kanal	Sao Paulo
Providence Bay	Mawson	Bangui	Tucumán
		Davao **	Islas Kerguelen
			Islas Macquarie
			Islas Marion

5. El C. C. I. R. ha recibido de la U. R. C. I. un informe más completo, publicado como resultado de una reunión de la Comisión mixta U. R. C. I./A. G. I. (julio de 1958), distribuido como anexo al Documento VI/69, Ginebra, 1958.

* Adoptado por unanimidad.

** No está determinada definitivamente la ubicación de esta estación. Al parecer, el Gobierno de Filipinas piensa instalar una estación del A. G. I. en un lugar al Sur de Manila, casi en el Ecuador magnético.

INFORME 245 *

PREVISIÓN DE UN ÍNDICE DE ACTIVIDAD SOLAR

(Ginebra, 1963)

1. A juzgar por los resultados obtenidos en el pasado, no parece que se disponga aún de un método que permita prever con exactitud el próximo ciclo de actividad solar, o de una manera más general, un ciclo que todavía no haya comenzado. Los parámetros cuya predicción sería más útil son la fecha de comienzo, el tiempo de crecimiento, el valor del máximo y el tiempo de decrecimiento de un ciclo. Los valores de los parámetros del ciclo actual, el 19.º, según la numeración de Zurich, difieren netamente de los que habrían podido preverse mediante las leyes empíricas y estadísticas observadas en los ciclos anteriores, incluso en los más recientes. Se aconseja que se estudie el fenómeno de la actividad solar por métodos estadísticos y que se conceda mayor atención a los fenómenos de la física solar.
2. Son varias las predicciones de los parámetros del 20.º ciclo presentadas al C. C. I. R. Desgraciadamente, los resultados difieren bastante, según los métodos utilizados:
 - 2.1 En Bélgica, se ha empleado la observación de Anderson [1] de que la serie de ciclos que comenzó en 1785 es muy comparable a la que comenzó en 1919. En consecuencia, puesto que la curva del ciclo en curso es comparable a la del ciclo que se produjo 170 años antes, su tendencia se ha previsto por medio de una función lineal que la liga a ese ciclo anterior [2, 3]. Este método no hace uso de los conocimientos físicos ni de los métodos estadísticos.
 - 2.2 El método francés está basado en las fechas de los mínimos y de los máximos observados desde 1610, así como en los valores de la media móvil del número relativo de manchas solares que han podido establecerse desde 1700. Este método separa los ciclos pares de los impares, puesto que el fenómeno magnético solar fundamental presenta una periodicidad de dos ciclos de manchas, pero aún no se ha encontrado una diferencia apreciable. Por otra parte, dicho método permite predecir los parámetros del 20.º ciclo por medio de un ciclo secundario igual a 16 ciclos elementales. El estudio debe completarse con un análisis estadístico de las desviaciones observadas que permitirá apreciar el valor del método [4].
3. Huelga decir que una vez que ha comenzado un ciclo es más fácil prever su evolución ulterior. Las predicciones estadounidenses de las medias móviles de 12 meses del número relativo de manchas solares R se hacen por medio de un método objetivo en el que la primera aproximación de la evaluación de un valor futuro durante un ciclo es la media de todos los valores anteriores para esta parte del ciclo [5]. Esta evaluación se mejora agregando a la media un factor de corrección proporcional a la diferencia que existe entre el valor inmediatamente anterior del ciclo en cuestión y el ciclo medio. Los factores de corrección se evalúan de conformidad con el método de los mínimos cuadrados, y están basados en los datos relativos a las manchas solares correspondientes a los años de 1834 a 1954, ambos inclusive. Los datos relativos a las manchas solares para los años anteriores se han descartado por razones estadísticas. Para prever una media móvil de 12 meses del número de manchas solares, se recomienda utilizar el valor medio, corregido por la diferencia del año precedente. Se considera que los métodos estadísticos objetivos no permiten extender las predicciones más allá del ciclo actual. Este método se puede emplear para los once años siguientes tan pronto como se ha identificado un mínimo de manchas solares, siempre que se emplee el nuevo factor de corrección determinado por el método de los mínimos cuadrados, teniendo en cuenta los valores observados para el ciclo precedente.

* Adoptado por unanimidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDERSON, C. N.: *J. Geophys. Res.*, 4 (1954).
2. HERRINCK, P.: *Acad. Royal Science* (Bélgica), Vol. IV, 6, pág. 1273 (1958).
3. HERRINCK, P.: *Nature*, 184, 51 (1959).
4. HALLEY, P., y GERVAISE, A. M.: Será publicado en «Annales des Telecommunications».
5. McNISCH, A. G., y LINCOLN, J. V.: *Trans. American Geophys. Union*, 30, 673 (1949).

INFORME 246 *

ELECCIÓN DE UN ÍNDICE FUNDAMENTAL DE LA PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

(Londres, 1953 — Varsovia, 1956 —
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Introducción.

- 1.1 En el presente Informe se explican los motivos de la elección de los índices de propagación ionosférica de que se trata en la Recomendación 371. Se ha admitido que el término «propagación ionosférica», empleado en el Programa de estudios 150, se refiere a las características de la ionosfera que pueden medirse y cuyo conocimiento es necesario para el cálculo de la MUF en un enlace radioeléctrico entre dos puntos dados. Las más importantes de estas características son: los valores medianos mensuales de las frecuencias críticas a incidencia vertical (foE y $foF2$) de las capas E y $F2$, así como el factor de MUF, $M(3.000)F2$ de la capa $F2$. Se han elegido los índices recomendados teniendo en cuenta las anteriores características. No es posible aún recomendar índices que serían útiles para predicciones que se refieren expresamente a las capas D y Es .
- 1.2 El examen de cualquier índice que represente las variaciones mensuales de la actividad solar muestra claramente que las variaciones de este índice en función del tiempo contienen tres componentes:
 - 1.2.1 Una componente bastante regular cuyo período es de unos 11 años, que corresponde a la duración del ciclo bien conocido de actividad solar;
 - 1.2.2 Una componente con un quasi período de un año aproximadamente o algo menos, que aparece habitualmente a proximidad del máximo del ciclo solar y que se manifiesta sólo durante uno o dos años;
 - 1.2.3 Fluctuaciones que parecen erráticas, pero que representan cambios rápidos de la actividad solar, imposibles de poner de manifiesto cuando se utiliza un índice medio mensual.

2. Número de manchas solares.

- 2.1 Las propiedades estadísticas de la componente principal (1.2.1) del ciclo solar vienen estudiándose desde hace tiempo. El número que se utiliza casi siempre es la media móvil de 12 meses del número de manchas solares (R_{12}); el redondeo resultante del empleo de esta media reduce, en efecto, sensiblemente las componentes de variación complicada y rápida (1.2.2 y 1.2.3) sin enmascarar por ello la componente de variación lenta (1.2.1).

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 162.

En los estudios estadísticos destinados a facilitar las predicciones de un índice, conviene evidentemente poseer el máximo de datos posible sobre el comportamiento del índice en lo pasado; ahora bien, una gran ventaja de la utilización del número de manchas solares como base del índice es que se posee de él una larga serie de resultados de medidas más seguros que de cualquier otra observación solar.

- 2.2 Dado que se cuenta con esta larga serie de resultados de medidas y que los métodos de predicción estadísticos disponibles actualmente se refieren al número R_{12} , no existe al parecer ningún índice mejor que R_{12} para su empleo al establecer predicciones con más de unos 9 meses de antelación. La definición preferida de R_{12} es la siguiente:

$$R_{12} = \frac{1}{12} \left[\sum_{n-5}^{n+5} R_k + \frac{1}{2} (R_{n+6} + R_{n-6}) \right]$$

donde R_k es el valor medio de R para el mes k y R_{12} el índice redondeado para el mes representado por $k = n$.

- 2.3 La utilización de R_{12} como índice tiene los dos inconvenientes siguientes:
- 2.3.1 El valor más reciente de R_{12} disponible se refiere forzosamente a un período cuyo mes central es por lo menos 6 meses anterior al momento actual. Una predicción de R_{12} para un mes n meses después exige, pues, una extrapolación de la serie R_{12} para por lo menos $n + 6$ meses más allá del último valor medido disponible.
- 2.3.2 El empleo de R_{12} como índice no permite tratar de prever las variaciones a más corto plazo de la actividad solar, ya que la amplitud de esas variaciones queda considerablemente reducida, cuando no totalmente enmascarada, por el redondeo propio de R_{12} .
- 2.4 La precisión de una predicción de un parámetro ionosférico aumentará si puede tenerse en cuenta la presencia de todas las variaciones eventuales a corto plazo. Estas predicciones requieren un índice mensual no redondeado, por lo que parece oportuno disponer de tales índices para las capas E y $F2$. En los §§ 3 y 4 se examinan los índices recomendables a estos efectos.

3. Capa E.

- 3.1 Kundu [1] ha mostrado que el valor medio mensual del flujo del ruido solar radioeléctrico a proximidad de 10 cm. de longitud de onda está en correlación más estrecha con el valor medio mensual de foE que el del ruido en cualquier otra longitud de onda. Minnis y Bazzard [2], lo mismo que Eifrig [3], han mostrado que el coeficiente de correlación medio entre el factor característico de la capa E y el flujo de ruido solar en 10,7 cm. es muy elevado: 0,95 en Slough y 0,985 en Lwiro, donde los efectos de la distorsión geomagnética son menores que en Slough.
- 3.2 El flujo de ruido radioeléctrico de origen solar en 10,7 cm. viene midiéndose en Ottawa desde 1947. Medd y Covington [4] han descrito esas medidas y no puede preverse actualmente ningún índice mejor que permita hacer las predicciones relativas a la capa E con hasta unos 9 meses de antelación.

4. La capa F.

- 4.1 Minnis y Bazzard [5] han estudiado la correlación entre las medias mensuales de foF2 y varios índices posibles, llegando a la conclusión de que el índice I_{F2} es aquel cuya correlación con foF2 es más elevada; en una determinada muestra, el valor medio del coeficiente de correlación fue 0,986. El índice I_{F2} se basa en las medidas de foF2 hechas en 10 observatorios ionosféricos establecidos desde hace tiempo y se conocen sus valores mensuales desde 1938. (Véase el Anexo I.)
- 4.2 El índice I_{F2} , debido a su elevada correlación con foF2 y a que ya se posee una larga serie de sus valores en lo pasado, parece constituir el mejor índice de que hoy se dispone para hacer predicciones relativas a la capa $F2$ hasta con 9 meses de antelación. El cálculo de I_{F2}

para un mes dado exige conocer los valores medianos mensuales de $foF2$ a mediodía en los 10 observatorios y tener también datos estadísticos relativos a las medidas antiguas en esos observatorios. Estos datos estadísticos se han comunicado al C. C. I. R. (véanse los Anexos II y III) y se recomienda utilizar el correo aéreo o el telégrafo para que los valores mensuales más recientes de $foF2$ se pongan en conocimiento de este Comité a la mayor brevedad.

5. Varios.

- 5.1 En el § 2.2 se recomienda utilizar el índice R_{12} para hacer predicciones con más de 9 meses aproximadamente de antelación. Para hacer predicciones con menos de 9 meses de antelación, son preferibles los índices de los §§ 3.2 y 4.2; pero este período de 9 meses no debe considerarse como un límite riguroso entre las predicciones a corto y a largo plazo. Se indica porque representa aproximadamente la extrapolación máxima que puede hacerse, con una precisión aceptable, de un índice mensual no redondeado.
- 5.2 Ciertos laboratorios, especialmente en Japón, hacen actualmente medidas regulares del flujo del ruido solar alrededor de 10 cm. de longitud de onda y será posible un día convertir los valores obtenidos en un determinado lugar en valores equivalente en otro, después de haber tenido en cuenta pequeñas diferencias sistemáticas. Por el momento, conviene considerar los datos recogidos en Ottawa como datos de referencia en las condiciones actuales.
- 5.3 En principio, no hay motivo para que no participen nuevas estaciones en los cálculos de I_{F2} , siempre que dispongan de datos seguros sobre $foF2$, por lo menos para un ciclo solar completo. No cabe esperar, sin embargo, que ello aumente la correlación de I_{F2} y de $foF2$, pero sí disminuiría ligeramente las pequeñas fluctuaciones estadísticas que presenta un valor mediano determinado a partir de sólo 10 valores.

BIBLIOGRAFÍA

1. KUNDU, M. R.: *J. Geophys. Res.*, **65**, 3903 (1960).
2. MINNIS, C. M., y BAZZARD, G. H.: *Nature*, **181**, 1796 (1958).
3. EYFRIG, R.: *Nature*, **196**, 758 (1962).
4. MEDD, W. J., y COVINGTON, A. E.: *Proc. IRE*, **46**, 112 (1958).
5. MINNIS, C. M., y BAZZARD, G. H.: *J. Atmos. Terr. Phys.*, **14**, 213 (1959).

ANEXO I

INDICE IONOSFÉRICO I_{F_2}

Mes	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Enero	110	138	71	65	49 ⁽¹⁾	16	7	26	38	135	126	125	122	55	40	16	2	5	76	154	172	159	142	67	24	14
Febrero	122	98	73	51	46 ⁽¹⁾	15	2	22	76	148	114	142	110	49	38	8	-2	10	89	150	162	162	135	61	32	14
Marzo	134	94	84	49	54 ⁽¹⁾	27	18	25	99	142	122	144	112	50	30	2	-2	2	119	151	161	151	111	66	50	18
Abril	130	101	90	37	56 ⁽¹⁾	26	2	35	107	160	154	158	120	68	21	13	2	8	135	154	176	154	121	61	46	16
Mayo	125	130	80	33	55 ⁽²⁾	18 ⁽¹⁾	-6	37 ⁽¹⁾	109	178	158	158	125	84	12	6	-6	19	138	168	184	167	126	58	54	23
Junio	130	128	84	46	28 ⁽¹⁾	18 ⁽¹⁾	2	58	103	150	174	140	124	74	27	2	-14	27	122	166	168	166	124	64	44	10 ⁽³⁾
Julio	146	119	93	56	25 ⁽¹⁾	16	4	48	108	173	157	137	94	72	30	7	-8	41	124	168	151	145	113	60	35	
Agosto	150	113	100	65	21	26	20	48	130	166	154	140	80	66	34	2	0	34	157	166	191	161	117	84	21	
Septiembre	137	150	104	66	29	5	14	49	121	179	156	174	66	72	30	6	-10	48	184	182	208	166	155	60	27	
Octubre	117	133	95	58	23	-4	20	74	126	174	147	162	67	65	10	-1	-10	64	183	195	206	143	118	54	30	
Noviembre	129	113	84	51	21	-2	4	61	137	175	142	157	56	57	14	-4	-7	68	175	184	189	133	109	36	22 ⁽³⁾	
Diciembre	126	86	59	50	22	4	11	46	142	156	144	156	56	56	14	-13	-15	85	182	178	182	151	96	24	10	

Nota 1: Salvo para los años 1938-1941, los valores del índice proceden de las estaciones indicadas por Minnis y Bazzard (*J. Atmos. Terr. Phys.*, **18**, 297 (1960), con exclusión de San Francisco.

Nota 2: A partir de 1942, los valores del índice deducidos de datos procedentes de menos de 9 estaciones se indican como sigue:

- (¹) 8 estaciones;
- (²) 7 estaciones;
- (³) Provisional (6 estaciones).

Nota 3: Los índices posteriores a noviembre de 1962 se han conocido después de clausurada la X Asamblea Plenaria.

ANEXO II

1. El índice I_{F_2} se basa en los valores medianos mensuales de f_oF_2 a mediodía en:

Camberra	Godley Head	Tokio
Churchill	Huancayo	Washington
Delhi	Puerto Rico	
Fairbanks	Slough	

2. La línea de regresión del valor medio mensual de f_oF_2 a mediodía y de la media ponderada en tres meses del número de manchas solares (R_3) se ha calculado para cada mes del año utilizando todos los datos disponibles hasta 1957 ó 1958. Es fácil reproducir esas líneas empleando los valores de f_oF_2 para $R_3 = 0$ y $R_3 = 150$ que se dan en el Anexo III. El valor de R_3 correspondiente al mes n viene dado por:

$$R_3 = \frac{1}{2} \left[R_n + \frac{1}{2} (R_{n+1} + R_{n-1}) \right]$$

3. Para todo valor medido de f_oF_2 , la línea de regresión apropiada puede utilizarse para obtener el valor correspondiente de R_3 , que llamaremos R'_3 . El valor de I_{F_2} para un mes es el valor mediano de todos los valores disponibles de R'_3 .

ANEXO III

VALORES MEDIANOS MENSUALES DE $foF2$ (en $Mc/s \times 100$) PARA $R_s = 0$ y $R_s = 150$

Estación	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	0	150	0	150	0	150	0	150	0	150	0	150	0	150	0	150	0	150	0	150	0	150	0	150
Camberra	590	918	575	1.024	572	1.151	642	1.275	573	1.142	510	1.051	488	1.015	509	1.051	568	1.078	610	1.000	640	894	644	855
Churchill	463	1.167	450	1.068	411	920	397	760	449	673	464	662	439	650	450	673	445	773	488	981	532	1.180	515	1.148
Delhi	704	1.386	758	1.450	900	1.514	991	1.473	848	1.312	754	1.157	729	1.182	784	1.252	918	1.341	930	1.388	764	1.392	723	1.308
Fairbanks	400	1.044	424	1.013	405	826	405	695	442	625	450	614	419	633	425	620	429	656	458	836	480	1.032	445	999
Godley Head	570	885	574	957	583	1.103	570	1.273	496	1.162	443	1.074	430	1.079	445	1.027	494	974	575	968	684	956	650	845
Huancayo	668	1.280	748	1.283	720	1.317	712	1.268	624	1.102	575	1.025	553	958	583	1.046	658	1.136	775	1.178	883	1.307	812	1.292
Puerto Rico	616	1.172	710	1.313	813	1.368	832	1.360	798	1.218	745	1.151	666	1.128	710	1.115	805	1.212	890	1.264	775	1.208	684	1.102
Slough	530	1.217	510	1.242	475	1.167	480	988	510	823	503	770	472	773	475	768	490	881	569	1.126	558	1.293	532	1.253
Tokio	648	1.248	722	1.365	810	1.437	762	1.374	510	1.128	575	930	542	947	546	1.000	618	1.117	800	1.312	750	1.315	675	1.167
Washington	574	1.298	584	1.289	507	1.260	488	1.029	470	801	494	686	455	690	469	747	530	951	660	1.200	678	1.272	664	1.225

INFORME 247 *

DETERMINACIÓN DE LOS SIGNOS PRECURSORES DE VARIACIONES A CORTO PLAZO Y EVALUACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LAS PREDICCIONES A CORTO PLAZO DE LAS CONDICIONES DE PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

(Ruego 6)

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Determinación de los signos precursores de variaciones a corto plazo de las condiciones de propagación ionosférica.

Durante el Año Geofísico Internacional (A. G. I.) y posteriormente, se han hecho diversos progresos en el perfeccionamiento de las predicciones de tormentas geomagnéticas de comienzo brusco y de las perturbaciones resultantes en la propagación ionosférica, frecuentes durante las épocas de actividad solar máxima. Algunos de esos progresos se han realizado, o comprobado, después de preparado el Informe 153 del C. C. I. R. [1].

Por ejemplo, en lugar de fundarse exclusivamente en la aparición de una erupción solar de importancia óptica de 3 ó 3 + para predecir una perturbación para 2 ó 3 días después de la erupción [2], puede aumentarse la probabilidad de una predicción correcta teniendo en cuenta el tipo de emisión radioeléctrica que acompaña a la erupción solar. Dodson [3] ha sido el primero que ha demostrado la existencia de una estrecha relación entre la mayoría de las importantes fulguraciones solares en 200 Mc/s que se producían antes de la erupción y que iban seguidas de una segunda parte, y las perturbaciones geomagnéticas de los 2 ó 3 días siguientes. Esta observación ha sido confirmada por K. Sinno [4], que ha demostrado que cuanto mayor es la segunda parte más importante será la perturbación magnética subsiguiente. C. S. Warwick [5] ha confirmado también este resultado estudiando las fulguraciones solares en 18 Mc/s que precedían al máximo del aumento brusco de la absorción del ruido cósmico (S. N. C. A.).

Se ha demostrado también que el paso al meridiano central de regiones de ruido radioeléctrico en 169 Mc/s puede estar asociado a una perturbación geomagnética ulterior [6]. Estas regiones se identifican mediante métodos interferométricos. Se han efectuado varios estudios para establecer las características espectrales de la emisión radioeléctrica solar asociada a las perturbaciones geomagnéticas. Uno o dos días después de la fulguración de tipo II (de movimiento lento) hay una gran probabilidad de perturbaciones geomagnéticas, sobre todo si la fulguración está asociada a erupciones ópticas [7]. La aparición de un continuum del tipo IV [8, 9] indica una probabilidad aún mayor de perturbación. Se trata en este caso del continuum asociado a veces a las fulguraciones de tipo II; Boisshot lo ha observado por vez primera en los registros que realizó en 169 Mc/s.

Todas estas relaciones entre los fenómenos solares y geomagnéticos mencionados se intensifican si se observa una absorción del casquete polar en las seis horas siguientes a una gran erupción óptica, acompañada de importantes fulguraciones solares del tipo IV. Se trata de los fenómenos de absorción reconocidos por Bailey [10] y por Reid y Collins [11] en circuitos de ondas métricas por dispersión, y por Reid y Leinbach [12] con riómetros en las latitudes boreales. La aparición de fenómenos de absorción en el casquete polar está íntimamente relacionada con la presencia en el Sol de una región de emisión radioeléctrica intensa en ondas métricas (o más largas) [13]. Estos fenómenos preceden a la perturbación unas 18 horas, por lo menos, y constituyen probablemente los signos terrestres precursores de perturbaciones importantes en la propagación ionosférica que ofrecen más seguridad entre los observados hasta ahora. Obayashi y Hakura [14] han publicado un interesante estudio y una interesante bibliografía al respecto.

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 153.

Mitra [15, 16] ha descrito un nuevo método de detección de las erupciones cromosféricas: La amplitud del campo de un transmisor de ondas largas recibida a distancia se registra continuamente. El aumento súbito de la señal (SIL) corresponde a la observación de la erupción óptica. Entre las características de la erupción óptica y las de la SIL hay estrecha correlación estadística. El estudio de la predicción a corto plazo de las tormentas ionosféricas, mediante las SIL, sigue progresando.

Se ha comprobado que existía una correlación entre la intensidad de la radiación cósmica al nivel del suelo y las perturbaciones magnéticas. Legrand [17] ha encontrado que el «descenso previo» de la radiación cósmica total iba generalmente seguido de un considerable aumento de la actividad magnética 3 ó 5 días más tarde.

En la U. R. S. S., las predicciones a corto plazo están basadas en mapas sinópticos de Δf_oF2 , Δf_{\min} y $fEs > 4 \text{ Mc/s}$ [18, 19, 20]. Este sistema requiere el rápido intercambio de datos ionosféricos obtenidos por una red de estaciones, especialmente en las altas latitudes. Conviene asimismo aumentar considerablemente el número de estaciones capaces de llevar a cabo mediciones de la absorción sobre todo en las altas latitudes, a fin de contar así con datos al día que sirvan de base a predicciones seguras de la absorción, a corto plazo. La U. R. S. S. ha estudiado igualmente las variaciones de los campos magnético y eléctrico debidas a grupos de manchas solares, habiéndose tratado de aplicar los resultados así obtenidos a las predicciones a corto plazo.

En materia de infrasonidos, Chrzanowski y otros [21] han registrado en una estación microfónica de Washington D. C., en el curso de periodos de intensa actividad geomagnética, la propagación de ondas de presión atmosférica, con periodos de 20 a 60 segundos y una amplitud de presión de 1 a 8 dinas/cm². Existen motivos para creer que el origen de la perturbación puede localizarse por goniometría infrasonica.

Por último, los resultados preliminares obtenidos con la sonda espacial de Pionner V [22, 23], muestran que la referencia al tiempo «real» de las observaciones espaciales puede indicar la presencia de corrientes de partículas solares y de perturbaciones magnéticas antes de que tales corrientes o perturbaciones lleguen a la tierra. Rothwell y McIlwain [24], así como Arnoldy, Hoffman y Winckler [25] han publicado estudios sobre las observaciones recogidas por medio de satélites durante las tormentas magnéticas.

Tales son los progresos realizados en las predicciones a corto plazo de las tormentas geomagnéticas de comienzo brusco y de las perturbaciones ionosféricas asociadas. No hay duda de que conviene proseguir el rápido intercambio, iniciado durante el A. G. I., de observaciones continuas (24 horas seguidas) de los fenómenos ópticos y del ruido radioeléctrico del Sol. El sistema de difusión de las informaciones establecido durante el A. G. I. sigue en vigor, pero conviene coordinar los esfuerzos para cerciorarse de que se prosiguen o se reanudan las observaciones sistemáticas y de que se intercambian rápidamente sus resultados.

En los próximos años, conviene que las investigaciones tiendan a descubrir los motivos de que el ciclo de actividad geomagnética, que aumenta en intensidad al declinar el ciclo solar, sea de 27 días. Ochs y Beckmann [26, 27] han observado que las perturbaciones tienden a reproducirse incluso durante los periodos de máxima actividad solar, si bien su periodicidad no es siempre rigurosamente de 27 días, sino que varía entre 27 y 31 días. Por el momento, establecido ya el ciclo de periodicidad, las condiciones geomagnéticas e ionosféricas se reproducen a intervalos de 27 días aproximadamente, lo que permite hacer predicciones.

2. Utilidad y confiabilidad de las predicciones a corto plazo.

El mejoramiento de las predicciones a corto plazo de las perturbaciones ionosféricas depende en gran medida de la adopción por parte de las distintas administraciones de métodos uniformes para evaluar la exactitud de esas predicciones. La multiplicidad de factores que influyen en la calidad de la propagación radioeléctrica justifica la variedad de métodos de evaluación actualmente empleados; el objeto del presente informe es señalar este problema a la atención de las distintas administraciones.

- 2.1 En el Reino Unido se han hecho comprobaciones sobre la utilidad de las predicciones efectuadas por el Reino Unido y Estados Unidos de América en 1953 y 1956, de acuerdo con la fórmula:

$$M = (x - ky)/S$$

en donde:

- M es una medida de la utilidad de las predicciones a corto plazo;
- x el número de días con perturbaciones previstos con exactitud;
- y el número de días sin perturbación para los que se habían previsto perturbaciones, es decir, número de falsas alarmas;
- S el número total de días con perturbaciones;
- k una constante arbitraria que depende de la influencia de una perturbación en la capacidad del sistema para dar curso al tráfico, y del grado de interrupción del tráfico resultante de disposiciones tomadas inútilmente como consecuencia de haberse recibido una falsa alarma (la experiencia adquirida en el Reino Unido permite pensar que $k = 0,5$ es un valor razonable).

Los resultados inducen a formular las siguientes conclusiones:

- Cuando en las perturbaciones ionosféricas predomina el ciclo de periodicidad de 27 días, la exactitud de las predicciones a corto, medio y largo plazo es suficientemente buena para justificar su utilización en la explotación de un sistema de radiocomunicaciones;
- Durante los períodos del ciclo solar en que las perturbaciones tienden a ser no periódicas, las predicciones a medio y a largo plazo no son lo suficientemente exactas para utilizarlas en la explotación. La distribución estadística de las predicciones correctas e incorrectas se aproxima a la que se obtendría al azar, lo que parece indicar que los signos precursoros que se utilizan no son seguros;
- Las predicciones a corto plazo (de 1 a 6 horas) son siempre suficientemente exactas para justificar su utilización. Esto se debe en parte a la influencia de las condiciones reales del tráfico observadas en el momento en que se hace la predicción.

El índice M está destinado a medir la utilidad de una serie de predicciones a corto plazo hechas por un organismo de radiocomunicaciones. Por otra parte, el índice R a que se hace referencia en el § 2.2 está basado en consideraciones puramente estadísticas. En los casos en que la precisión de una serie de predicciones es reducida, el índice R proporciona una evaluación demasiado optimista de la utilidad de las predicciones, desde el punto de vista del ingeniero de telecomunicaciones. Minnis [28] da más amplios detalles sobre la comparación entre M y R .

- 2.2 La Administración japonesa ha indicado que ha obtenido resultados alentadores con predicciones basadas en una combinación de tormenta magnética y de erupción cromosférica acompañada simultáneamente de aumentos repentinos del ruido radioeléctrico solar en 200 Mc/s. Para evaluar la exactitud de las predicciones se utilizó la fórmula:

$$R = A^2/S_1S_2$$

en donde:

- A es el número de días con perturbaciones previstos con exactitud;
- S_1 el número de días con perturbaciones previsto;
- S_2 el número real de días con perturbaciones.

Las predicciones están basadas en las relaciones entre la aparición de las tormentas magnéticas y la importancia de las erupciones cromosféricas y de las fulguraciones del ruido solar asociadas en 200 Mc/s. Se han hecho predicciones con un criterio de probabilidad de que se produzca una tormenta del 60 %; para el período comprendido entre el 9 de mayo y el 31 de diciembre de 1956, el resultado fue $R = 0,39$, y para una probabilidad del 70 % se obtiene $R = 0,27$ [29]. La elección de los criterios para los avisos referentes a la propagación radioeléctrica ha sido expuesta por Shibata [30].

- 2.3 En el C. R. P. L. (Estados Unidos) la calidad de la propagación radioeléctrica, tanto prevista como observada, se expresa según una escala de apreciación que va de 1 (inutilizable) a 9 (excelente). Se considera exacta una predicción cuando presenta, con relación a la cifra observada, una diferencia no superior a la unidad. Para los años 1954 y 1958 se ha calculado el porcentaje de las predicciones exactas del total de predicciones para dichos años, y se han analizado por separado los períodos que, según las observaciones, se han revelado serenos y perturbados.

Las predicciones referentes a períodos de seis horas, publicadas con una hora de antelación, y las relativas a un día entero, publicadas con 1 a 4 días de anticipación, han dado los siguientes resultados:

Porcentaje de predicciones exactas con relación al total de predicciones.

	Predicciones relativas a períodos de seis horas		Predicciones relativas a un día entero	
	Sin perturbaciones	Con perturbaciones	Sin perturbaciones	Con perturbaciones
1954	98,5	88,0	90,1	77,4
1958	91,1	87,1	89,7	53,3

Al evaluar cualquier serie de predicciones, conviene tener en cuenta que es más importante prever correctamente un empeoramiento de la calidad de la propagación que la continuación de una situación ya existente.

- 2.4 Se han estudiado las relaciones que existen entre los Intervalos Mundiales Especiales anunciados por el Centro Mundial de Avisos del Año Geofísico Internacional y las subsiguientes observaciones de perturbaciones geomagnéticas o de propagación. Estas relaciones han de interpretarse con cuidado especial, ya que los anuncios de Intervalos Mundiales Especiales tienen finalidades y limitaciones distintas de las predicciones normales de perturbaciones en la propagación. Un estudio efectuado en la U. R. S. S. ha demostrado que, aunque siguen necesitándose mejores métodos de predicción, las observaciones intensificadas hechas durante los Intervalos Mundiales Especiales del A. G. I. han suministrado datos valiosos para ulteriores estudios.
- 2.5 La Administración francesa ha comunicado que, antes de mayo de 1957, sólo cerca del 50 % de las perturbaciones se previó correctamente, mientras que entre mayo de 1957 y marzo de 1958, de 16 perturbaciones se anunciaron 11 con exactitud (68 %), basadas en la comparación de los datos concernientes a la cromosfera solar, intensidad y localización del ruido radioeléctrico solar y a la intensidad de los rayos cósmicos.
3. **Distribución diaria de las horas de comienzo de las perturbaciones ionosféricas, y estabilidad de la foF2 durante las perturbaciones.**

Los estudios estadísticos sobre perturbaciones ionosféricas realizados en la U. R. S. S. demuestran que estas perturbaciones comienzan generalmente por la noche. Así han podido determinarse intervalos «prohibidos» al comienzo de las tormentas, para cada estación ionosférica de la U. R. S. S. Estos resultados han permitido hacer predicciones más exactas a corto plazo [31]. Los estudios de las variaciones rápidas de foF2 durante las tormentas, han demostrado que la capa F2 es suficientemente estable para poder extrapolar útilmente los valores de foF2 con algunas horas de antelación.

BIBLIOGRAFÍA

- Informe 153 del C. C. I. R. *: Determinación de los signos precursores de variaciones a corto plazo de las condiciones de propagación ionosférica. Documentos de la IX Asamblea Plenaria del C. C. I. R., III, 346, Los Angeles (1959).
- WARWICK, C. S., y HANSEN, R. T.: Geomagnetic activity following large solar flares, *JATP*, **14**, 287 (1959).
- DODSON, H. W., y HEDEMAN, R. W.: Geomagnetic disturbances associated with solar flares with major premaximum bursts at radio frequencies 200 Mc/s. *JGR*, **63**, 77 (1958).

* Reemplazado por el presente Informe.

4. SINNO, K.: Method of magnetic storm forecasting from the active flares accompanied by the solar noise outbursts. *J. Radio Research Laboratories*, **4**, 267 (1957).
5. WARWICK, C. S., y WARWICK, J. W.: Flare associated bursts at 18 Mc/s. *IAU/URSI Paris Symposium on Radio Astronomy*, págs. 203-207, R. N. Bracewell, Ed., Stanford (1959).
6. SIMON, P.: Activité géomagnétique et eruptions. *Ann. Géophys.*, **12**, 167 (1956).
7. THOMPSON, A. R.: The correlation of solar radio bursts with magnetic activity and cosmic rays. *IAU/URSI Paris Symposium on Radio Astronomy*, págs. 210-213, R. N. Bracewell, Ed., Stanford (1959).
8. AVIGNON, A., y PICK, M.: Relations entre les émissions de Type IV et d'autres formes d'activité solaire. *C. R. Acad. Sc.*, **248**, 368 (1959).
9. LEPECHINSKY, D., y DAVOUST, C.: A Study of the influence of Type IV solar flares on the worldwide ionospheric absorption. VIth AGARD Ionospheric Research Committee Meeting, Nápoles (1961).
10. BAILEY, D. K.:
 - a) Disturbances in the lower ionosphere observed at VHF following the solar flares of 23 February, 1956. *J. Geophys. Res.*, **62**, 431 (1957).
 - b) Abnormal ionization in the lower ionosphere associated with cosmic-ray flux enhancements. *Proc. I. R. E.*, **47**, 255 (1959).
11. REID, G. C., y COLLINS, C.: Observations of abnormal VHF radio wave absorption at medium and high latitudes. *JATP*, **14**, 63 (1959).
12. REID, G. C., y LEINBACH, H.: Low energy cosmic-ray events associated with solar flares. *J. G. R.*, **64**, 1801 (1959).
13. THOMPSON, A. R., y MAXWELL, A.: Solar radio bursts and low energy cosmic rays. *Nature*, **185**, 89 (1960).
14. OBAYASHI, T., y HAKURA, Y.: Enhanced ionization in the polar ionosphere caused by solar corpuscular emissions. *J. Radio Research Lab.*, **7**, 27 (1960).
15. MITRA, S. N.: *J. Inst. Telecom. Eng. (India)*, **5**, 121 (1959).
16. MITRA, S. N., y MAZUMDAR, S. C.: *J. A. F. P.*, **10**, 32 (1957).
17. LEGRAND, J. P.: Les prébaisses de rayons cosmiques en périodes de maximum de l'activité solaire (abril de 1957-diciembre de 1958). *Annales de Géophysique*, **16**, 140 (1960).
18. LIAKHOVA, L. N.: *Trudy IZMIRAN*, **19** (29), 3-17 (1961).
19. ZEVANINA, R. A.: *Trudy IZMIRAN*, **19** (29), 18-30 (1961).
20. LAVROVA, E. V.: *Trudy IZMIRAN*, **19** (29), 31-43 (1961).
21. CHRZANOWSKY, P.; GREENE, G.; LEMMON, K. T., y YOUNG, J. M.: Travelling pressure waves associated with geomagnetic activity, *J. G. R.*, **66**, 3727 (1961).
22. COLEMAN, P. J.; SONNETT, C. P.; JUDGE, D. L., y SMITH, E. J.: Some preliminary results of the Pioneer V magnetometer experiment. *J. G. R.*, **65**, 1956 (1960).
23. FAN, C. Y.; MEYER, P., y SIMPSON, J. A.: Preliminary results from the space probe Pioneer V. *J. G. R.*, **65**, 1962 (1960).
24. ROTHWELL, P., y McILWAIN, C. E.: Magnetic storms and the Van Allen radiation belts: Observations from satellite 1958 Epsilon (Explorer IV). *J. G. R.*, **65**, 799 (1960).
25. ARNOLDY, R.; HOFFMAN, R., y WINCKLER, J. R.: Observations of Van Allen radiation regions during geomagnetic storms. *IGY Satellite Report N.º 11*, issued by IGY World Data Center A (Rockets and Satellites), 89 (junio de 1960).
26. OCHS, A., y BECKMANN, B.: On the 27 days recurrence tendency of radio propagation disturbances in the period of high solar activity. VIth AGARD Ionospheric Research Committee Meeting, Nápoles (mayo de 1961).
27. BECKMANN, B.: Betrachtungen zur Güte der Funkwetters. *Fernmeldetchn. Zeitschrifts*, **7**, 285 (1954).
28. MINNIS, C. M.: Ionospheric storm forecasts, formulae for the assessment of their usefulness. *Electronic Technology*, **39**, 172 (1962).
29. SINNO, K.: *J. Radio Research Lab.*, **4**, 267 (1957), **5**, 109 (1958).
30. SHIBATA, H.: *J. Radio Research Lab.*, **5**, 143 (1958).
31. Anales de la Conferencia sobre los fenómenos corpusculares, de la Academia de Ciencias de la U. R. S. S., Moscú (1957).

INFORME 248 *

**DISPONIBILIDAD E INTERCAMBIO DE DATOS BÁSICOS
PARA LAS PREVISIONES DE PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA**

(Programa de estudios 200 (VI) y Recomendación 313)

(Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)**1. Introducción.**

Salvo en el caso de las distancias muy cortas, la propagación de las señales radioeléctricas de 3 a 30 Mc/s es posible gracias principalmente a las reflexiones en la ionosfera y en el suelo que originan valores de atenuación reducidos. Por lo general, se pueden obtener comunicaciones satisfactorias en un circuito dado cuando la frecuencia de trabajo está comprendida entre un límite inferior (LUF) y un límite superior (MUF de explotación), determinados por las características de la ionosfera. Se ha comprobado que la gama de frecuencias utilizable en explotación es todavía más estrecha con ciertas clases de sistemas de radiocomunicación de gran capacidad.

En consecuencia, es necesario disponer, con la máxima antelación posible, de datos sobre los valores probables de estos límites inferior y superior, así como de predicciones a corto plazo y de avisos de perturbaciones. En conjunto, estas predicciones (a largo y a corto plazo) y los avisos de perturbaciones ionosféricas facilitan datos al personal encargado de los proyectos y de la explotación que permiten sacar el mayor partido posible de los recursos limitados de equipo y de frecuencias de que disponen. Las predicciones a largo y mediano plazo proporcionan información sobre los estados representativos de la ionosfera. Por lo tanto, es extremadamente útil para el personal de explotación estar informado sobre las próximas perturbaciones ionosféricas con objeto de poder desviar el tráfico, dar de antemano instrucciones sobre modificaciones provisionales de la frecuencia normal de trabajo y determinar la calidad de transmisión en otros sistemas afectados por el estado de la ionosfera.

2. Datos disponibles para las predicciones de la propagación radioeléctrica.**2.1 Predicciones a largo plazo.**

Hay organismos en diversos países que hacen actualmente predicciones ionosféricas con 1 a 12 meses de antelación (véase el Anexo); ciertos organismos hacen también predicciones que abarcan un ciclo solar completo y que están destinadas a los estudios de carácter general requeridos para la preparación de proyectos. Estas predicciones se refieren a estados representativos de la ionosfera. En la mayoría de los casos, las informaciones se publican en forma de gráficos relativos a todas las partes del mundo, y pueden intercambiarlas los diversos organismos que participan en este servicio.

2.2 Predicciones a corto plazo.

Hay organismos en diversos países que hacen actualmente predicciones a corto plazo de las perturbaciones ionosféricas con una antelación que oscila entre algunas horas y 27 días (véase el Anexo). Estas predicciones completan las predicciones a largo plazo, ya que las perturbaciones ionosféricas, que no es posible predecir con gran anticipación, pueden modificar considerablemente la banda de frecuencias dentro de la cual puede explotarse satisfactoriamente un circuito determinado. Ciertos organismos de explotación han manifestado tal interés por estas predicciones a corto plazo que se transmiten por radio regularmente a determinadas horas (véase el Anexo).

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 160.

2.3 Documentos de trabajo para predicciones a largo plazo.

Las fuentes de información concernientes a la MUF, a la FOT y a la intensidad de campo probables son, en particular, los documentos que a continuación se enumeran y que, para hacer las predicciones a largo plazo para todas las partes del mundo, deben utilizarse conjuntamente con los datos sobre el número de manchas solares:

- Cartas establecidas por el I. P. S. de Australia (1947 y 1951);
- Normas técnicas de la I. F. R. B., publicadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (1955-1959);
- Nota técnica 2 de la NBS de Estados Unidos «World Maps of F2 Critical Frecuencias and Maximum Usable Frequency Factors», abril de 1959;
- Nota técnica 2-2 de la NBS de Estados Unidos «Supplementary World Maps of F2 Critical Frecuencias and Maximum Usable Frequency Factors», octubre de 1960;
- «World Maps of F2 Critical Frecuencias and Maximum Usable Frecuencias for 4.000 km», agosto de 1958; Laboratorio japonés de investigaciones radioeléctricas (Tokio).
- «Predictions of Radio Wawe Propagation Conditions for the Sunspot-Minimum Epoch 1954-1955», abril de 1954; Estación de investigaciones radioeléctricas de Slough (Inglaterra);
- «Standard Charts of Radio Wawe Propagation Conditions for the Sunspot-Maximum Epoch», julio de 1959; Estación de investigaciones radioeléctricas de Slough (Inglaterra);

Algunos de los datos contenidos en estos documentos fueron establecidos en una época en que se poseía mucha menos información fundamental que ahora y en la que el conocimiento de las propiedades físicas de la ionosfera era menos profundo. Deben utilizarse, pues, con prudencia.

3. Intercambio de datos básicos utilizados en las predicciones a corto plazo.

3.1 Desde hace muchos años, varios países vienen transmitiendo información científica de utilidad directa para cuantos se interesan por las perturbaciones y previsiones ionosféricas en los mensajes de la Unión Radiocientífica Internacional, conocidos con el nombre de urcigramas. Estos mensajes sirven para el intercambio del resumen de información que se requiere en el término de 48 horas para la preparación de predicciones a corto plazo, o de urgentes trabajos análogos, intercambio que se realiza por medio de redes regionales que conectan los laboratorios, observatorios y organismos de telecomunicación a un centro regional. Los centros regionales hacen a su vez un intercambio, una vez por día, de resúmenes que contienen datos sobre las fulguraciones, las perturbaciones ionosféricas súbitas, la corona solar y las emisiones radioeléctricas solares, las manchas solares y la actividad ionosférica y magnética, así como también predicciones. Precisa señalar que, durante el Año Geofísico Internacional y después de éste, se ha aplicado un plan para la rápida difusión de informaciones análogas en el plano mundial. Los centros regionales de avisos que funcionan en la República Federal de Alemania, Francia, Japón, Países Bajos y U. R. S. S. reúnen los datos en sus respectivas regiones y los transmiten por telégrafo al Centro Mundial de Avisos (cerca de Washington, Estados Unidos), que también reúne los correspondientes a su región. El Centro Mundial de Washington decide, teniendo en cuenta los avisos de los demás centros, si ha lugar o no a lanzar una ALERTA mundial (difundida poco después de que se produzca o se inicie un acontecimiento solar o geofísico de importancia excepcional) o un S. W. I. (intervalo mundial especial), período durante el cual numerosas estaciones geofísicas llevan a cabo programas especiales de observación. Estas decisiones se transmiten a las estaciones científicas de todo el mundo que participan en el programa por diversos medios rápidos de comunicación, especialmente por la red meteorológica de teleimpresores coordinada por la O. M. M.

3.2 Los tipos de datos intercambiados por los diversos centros regionales se refieren a las erupciones y a la corona solar, a las emisiones radioeléctricas de origen solar, a los rayos cósmicos, a las frecuencias críticas de la ionosfera, a las perturbaciones ionosféricas, al magnetismo terrestre y a la calidad de la propagación radioeléctrica. Las informaciones se

recogen y transmiten por medio de códigos sinópticos. Pueden obtenerse series completas de códigos en la Secretaría General de la U. R. C. I., 7, Place Emile Danco, Uccle, Bruselas 18, Bélgica. En Anexo figura la lista de los centros regionales que facilitan informaciones relativas a los datos y a los horarios de las emisiones radiadas.

- 3.3 En Anexo se enumeran, asimismo, los servicios de centralización designados por sus respectivas administraciones para recibir, coordinar, transmitir e intercambiar los datos relativos a la propagación radioeléctrica.

A N E X O

LISTA DE LOS ORGANISMOS ENCARGADOS DEL INTERCAMBIO DE DATOS Y DE LA TRANSMISIÓN DE PREDICCIONES DE LAS CONDICIONES DE PROPAGACIÓN

- A:** Organismo encargado del intercambio de datos generales sobre la propagación;
RC: Centro regional para el rápido intercambio de datos necesarios para las predicciones a corto plazo de las perturbaciones;
L: Organismo que transmite predicciones a largo plazo establecidas con varios meses de antelación. El número de meses se indica frente al mismo.
S: Organismo que transmite predicciones a corto plazo de las perturbaciones;
WDC: Centro mundial de compilación de datos designado por el A. G. I.

País	Organismo	Dirección	A	RC	L	S
Argentina	L. I. A. R. A.	Secretaría de Marina D. E. N. L. I. A. R. A. Av. Lib. Gral. San Martín, núm. 327, Vicente López, República Argentina.	×		1	
Australia		Officer-in-charge, International Section, P. M. G.'s Department, Treasury Gardens, Melbourne, C. 2. Adresse tél.: Gentel. Melbourne.	×			
	I. P. S.	Ionospheric Prediction Service, Sydney, New South Wales. Adresse tél.: IPSO. Sydney.		×	3	×
Bélgica		Chef du Service du Rayonnement, Institut Royal Météorologique, 3, av. Circulaire, Uccle, Bruxelles.	×			
Brasil	C. T. A.	Centro técnico de Aeronáutica, S. José dos Campos, Sao Paulo.	×		1	
	I. P. M.	Instituto de Pesquisas de Marinha, Ministerio de Marinha, Rio de Janeiro.			1	

Pais	Organismo	Dirección	A	RC	L	S
China	R. W. R. L.	Radio Wave Research Laboratories, Directorate General of Telecommunication, P. O. Box N.º 84, Taipei, Taiwan.	×		×	
España		Departamento de Servicios Técnicos de Tele- comunicación, Dirección General de Correos y Teleco- municación, Madrid.	×			
Estados Unidos de América	C. R. P. L.	Central Radio Propagation Laboratory, National Bureau of Standards, Boulder, Colorado (WDC).	×		6	×
		North Atlantic Radio Warning Service, Box 178, Fort Belvoir, Virginia.		×		× ⁽¹⁾
		North Pacific Radio Warning Service, Box 1119, Anchorage, Alaska.		×		× ⁽¹⁾
	R.C.A.Inc.	R. C. A. Incorporated, 66, Broad Street, New-York City.				×
Francia	C. N. E. T.	Centre National d'Etudes des Télécommu- nications, 196, rue de Paris, Bagneux (Seine). Adresse tél.: Gentelabo, Paris.	×	×		× ⁽²⁾
	D. P. I.	Centre National d'Etudes des Télécommu- nications, Château de la Martinière, Saclay (Seine-et-Oise).	×	×	6	
India		The Secretary, Radio Research Committee, National Physical Laboratories, Hillside Road, New Delhi.	×		3	
		Kodaikanal Observatory				×
Italia		Instituto Nazionale di Geofisica, Cittá Universitaria, Roma. Adresse tél.: Geofisica, Roma. Todos los mensajes deben ir precedidos de la palabra «Ionosfera».	×			

(1) Avisos radiados también por WWV y WWVH.

(2) Avisos radiados por la estación de Pontoise.

País	Organismo	Dirección	A	RC	L	S
Japón	R. R. L.	Radio Research Laboratories, Ministry of Posts & Telecommunications, Kokubundji. Tokyo. (WDC).	×	×	3	× ⁽¹⁾
México ⁽²⁾	S. C. T.	Dirección General de Telecomunicaciones, Estación de Radiosondas Ionosféricas, Xole y Universidad. México, (12) D. F.	×			
Nueva Zelandia		Carter Observatory, Wellington.				×
Países Bajos		Afdeling «Ionosfeer en Radioastronomie», Kortenaerkade, 12, La Haye.	×			
		Station de réception des P. T. T., Nederhorst-den-Berg.		×		
República Federal de Alemania	F. T. Z.	Fernmeldetechnisches Zentralamt (Arbeits- gemeinschaft Ionosphäre), Rheinstrasse, 110, Darmstadt. Adr. tél.: Ionosphäre, Darmstadt.	×	×	3	×
Reino Unido	R. R. S.	Director, Radio Research Station, Slough, Buckinghamshire. Adr. tél.: Radsearch, Slough. (WDC).	×		6	
Suiza		Laboratoire de Recherches et d'Essais. Direction Générale des P. T. T., Speichergasse, 6, Berne.	×			
República Sudafricana	C. S. I. R.	Telecommunications Research Laboratory, Department of Electrical Engineering, University of Witwatersrand, Johannesburg.	×		1	
U. R. S. S.	IZMIRAN	Institut scientifique de recherches sur le mag- nétisme terrestre et la propagation ionosphé- rique et radioélectrique, Moskovskaya Obl., P/O Vatutenki, Nizmir. (WDC).	×	×	12 y 1	× ⁽³⁾

(1) Avisos radiados por JIY.

(2) Avisos radiados por RDZ y RND.

(3) Estas informaciones han llegado a la Secretaría del C. C. I. R. después de clausurarse la X Asamblea Plenaria.

INFORME 249 *

EMISIONES DE IMPULSOS CON INCIDENCIA OBLICUA

(Programa de estudios 197 (VI))

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

En los últimos diez años se han desarrollado notablemente [1-15] los métodos de sondeo de la ionosfera con incidencia oblicua y los progresos continúan, tanto en materia de equipos como en lo que se refiere al conocimiento de los fenómenos propios de la ionosfera. Durante la Asamblea Plenaria de Los Angeles (1959), varias administraciones presentaron informes sobre diversos extensos estudios (Informe 163, los Angeles, 1959). Los documentos que se enumeran a continuación contienen indicaciones sobre la prosecución de esos estudios: Doc. VI/16 (República Federal de Alemania), VI/37 (Estados Unidos), VI/56 (Canadá) y VI/59 (Reino Unido), Ginebra, 1962.

No se tratarán aquí los problemas, expuestos en otro documento, que se refieren a los métodos que utilizan la dispersión en la superficie terrestre (véase la 1.^a parte del Informe 261). El presente Informe trata principalmente de los experimentos efectuados con equipos electrónicos de impulsos, instalados en los dos terminales de los trayectos de propagación. Varios constructores ofrecen equipos que pueden utilizarse con este fin.

Aunque las transmisiones en una frecuencia única y en una dirección fija proporcionen más datos sobre los modos de propagación ionosférica que las transmisiones de ondas entretenidas, la información es aún más completa y más fácil de interpretar si se efectúan barridos de frecuencia sincronizados en el transmisor y en el receptor. Se facilita mucho el problema de la sincronización si el barrido se efectúa por frecuencias escalonadas, en lugar de ser continuo.

1. Resultados obtenidos con barrido de frecuencias continuo y escalonado en ondas métricas y decamétricas.

- 1.1 Las teorías actuales de propagación pueden aplicarse a los cálculos de la MUF para distancias de hasta varios centenares de kilómetros. Las emisiones de impulsos con incidencia oblicua efectuadas en Canadá [16], Francia [17], República Federal de Alemania [18] y Estados Unidos [19, 20] han demostrado que la MUF normal es de un 3 a un 10% superior a la MUF normalizada en trayectos de longitud igual o inferior a unos 4.000 km.
- 1.2 Tratándose de trayectos situados en latitudes elevadas, se observa que el valor diurno de la MUF durante el verano puede estar a menudo determinado por el modo de propagación con una sola reflexión en $F1$ (rayo de Pedersen). En el caso de trayectos de gran longitud, la propagación con una sola reflexión en $F2$ (rayo de Pedersen) constituye el modo principal de propagación, en determinadas condiciones, en una amplia gama de latitudes. El valor de la MUF depende, para ciertas distancias, de las capas E y $F1$, en particular durante los días de verano, en las épocas de débil actividad solar.
- 1.3 En los trayectos norte-sur, se ha observado que la diferencia de frecuencia entre las dos componentes magnetoiónicas no difiere notablemente de la observada con incidencia vertical. No obstante, observaciones efectuadas en trayectos este-oeste, en Estados Unidos, indican que la diferencia entre la MUF normal ordinaria y la extraordinaria disminuye al aumentar la longitud del trayecto, siendo de 0,2 Mc/s aproximadamente para un trayecto de 2.400 km. [21].
- 1.4 Un estudio de las amplitudes de impulsos de frecuencias cercanas a la MUF en un trayecto este-oeste de 2.370 km. indica que «el enfoque de la MUF» es débil; por término medio, no excede de 6 db [21].

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 163.

2. Observaciones efectuadas en ondas decamétricas fuera del círculo máximo.

En la mayoría de los casos, puede considerarse que la propagación se produce únicamente a lo largo del círculo máximo que une las dos estaciones. Ahora bien, los experimentos con antenas exploradoras han demostrado que a menudo no ocurre así; por ejemplo:

- 2.1 Frecuentemente se puede detectar una dispersión en el suelo a un lado del trayecto de círculo máximo, en ausencia de señal por el círculo máximo [22-31].
- 2.2 Una distribución irregular de la ionización, asociada a un fenómeno de aurora, tiene por efecto desviar del círculo máximo los trayectos de propagación [32-33].

3. Aplicación a los enlaces reales de ondas decamétricas.

Este método de sondeo ionosférico se aplica fácil y directamente al problema que se plantea a dos estaciones fijas que se esfuerzan por elegir, de común acuerdo, la mejor frecuencia utilizable [16, 33, 34, 35, 36, 37]. En tal caso, es conveniente emplear el tipo de antena (o uno similar) que sirve corrientemente para los circuitos de radiocomunicación. La MUF normal puede distinguirse para cada modo de propagación y compararse con la MUF de explotación. El tiempo de retardo relativo entre los modos activos en cualquier frecuencia puede determinarse por observación [38, 39].

4. Mediciones de impulsos con incidencia oblicua en ondas kilométricas.

El sistema de radionavegación «Loran-C» utiliza la propagación de impulsos en 100 kc/s. Se basa en el principio de discriminación y de muestreo para identificar un ciclo de la parte de la señal transmitida por onda de superficie y medir de forma coherente la fase en 100 kc/s. Se han empleado técnicas análogas en grandes distancias para medir la fase, la amplitud y la dispersión de los tiempos de llegada de los impulsos transmitidos por onda ionosférica. Este sistema puede permitir realizar una excelente sincronización a gran distancia, y se podrían medir con precisión los tiempos de propagación de las ondas decamétricas empleando esta sincronización en los dos terminales de los trayectos de propagación [40].

BIBLIOGRAFÍA

1. FARMER, F. T., y RATCLIFFE, J. A.: Wireless waves reflected from the ionosphere at oblique incidence, *Proc. Phys. Soc. (London)*, **48**, 839 (1936).
2. FARMER, F. T.; CHILDS, C. B., y COWIE, A.: Critical-frequency measurements of wireless waves reflected obliquely from the ionosphere, *Proc. Phys. Soc. (London)*, **50**, 767 (1938).
3. ECKERSLEY, T. L.; FALLOON, S.; FARMER, F. T., y AGAR, W. O.: Wireless propagation and the reciprocity law, *Nature*, **145**, 222 (1940).
4. BEYNON, W. J. G.: Propagation of radio waves, *Wireless Eng.*, **25**, 322 (1948).
5. DIEMINGER, W.; GIESWEID, K. H., y MÖLLER, H. G.: Echolötungen der Ionosphäre mit veränderlicher Frequenz bei schrägem Einfall. (Investigación ionosférica con frecuencia variable e incidencia oblicua). *NTZ-Nachr. tech. Z.*, **8**, 578 (1955).
6. DIEMINGER, W., y MÖLLER, H. G.: Echo sounding experiments with variable frequency at oblique incidence, *Nuovo Cimento*, **10**, 4; Suppl. 4 (1956).
7. MÖLLER, H. G.: Sweep-frequency oblique-incidence experiments over a distance of 1320 km, *J. Atmos. Terr. Phys.*, **9**, 155 (1956).
8. MOLLER, H. G.: Further results of sweep-frequency oblique incidence experiments, *J. Atmos. Terr. Phys.*, **13**, 173 (1958).
9. DIEMINGER, W.; MÖLLER, H. G., y ROSE, G.: Long-distance single F-hop transmissions, *J. Atmos. Terr. Phys.*, **13**, 191 (1958).
10. COX, J. W., y DAVIES, K.: Oblique-incidence pulse transmission, *Wireless Eng.*, **32**, 35 (1955).

11. CHAPMAN, J. H.; DAVIES, K., y LITTLEWOOD, C. A.: Radio observations of the ionosphere at oblique incidence, *Can. J. Phys.*, **33**, 713 (1955).
12. WARREN, E., y HAGG, E. L.: Single-hop propagation of radio waves to a distance of 5300 km, *Nature*, **181**, 34 (1958).
13. SULZER, P. G., y FERGUSON, E. E.: Sweep-frequency oblique-incidence ionospheric measurements over a 1150 km path, *Proc. IRE*, **40**, 1124 (1952).
14. WIEDER, B.: Some results of a sweep-frequency propagation experiment over a 1150 km east-west path, *J. Geophys. Res.*, **60**, 395 (1955).
15. SULZER, P. G.: Sweep-frequency pulse-transmission measurements over a 2400 km path, *J. Geophys. Res.*, **60**, 411 (1955).
16. HATTON, W. L.: Oblique-sounding and HF radio communication, *IRE Trans. PGCS*, **3** (septiembre de 1961).
17. DELOBEAU, F.; EYFRIG, R., y RAWER, K.: Resultats expérimentaux de transmission ionosphérique d'impulsions en incidence oblique, *2eme Ann. Télécomm.*, **10**, 55-64 (1955).
18. MÖLLER, H. G.: Ergebnisse der Impulsübertragung mit veränderlicher Frequenz auf der Strecke Sodankylä-Lindau (Resultados de emisiones por impulsos con frecuencia variable en el trayecto Sodankylä-Lindau). Del informe de la reunión sobre física ionosférica y radio propagación. Kleinheubach, 1960, 115-123, publicado por Fernmeldetechnisches Zentralamt, Darmstadt.
19. AGY, V., y DAVIES, K.: Ionospheric investigations using the sweep-frequency pulse technique at oblique incidence, *Jour. of Res. NBS*, **63-D**, **2**, 151-174 (septiembre-octubre de 1959).
20. TVETEN, L. H.: Long-distance one-hop F1 propagation through the auroral zone, *J. Geophys. Res.*, **66**, 1683-1684 (junio de 1961).
21. SALAMAN, R. K.: En curso de publicación.
22. TAYLOR, A.; HOYT, y YOUNG, L. C.: Studies of high-frequency radio wave propagation, *Proc. IRE*, **16**, 561 (mayo de 1928).
23. EDWARDS, C. F., y JANSKY, K. G.: Measurement of the delay and direction of arrival of echoes from near-by short-wave transmitters, *Proc. IRE*, **29**, 322 (1941).
24. FELDMAN, C. B.: Deviations of short radio waves from the London-New York great-circle path, *Proc. IRE*, **27**, 635 (1939).
25. DIEMINGER, W.: The scattering of radio waves, *Proc. Phys. Soc.*, **B**, **64**, 374 B, 142-159 (febrero de 1951).
26. HEDLUND, D. A.; EDWARDS, L. C., y WHITCRAFT, W. A. (Jr.): Some ionosphere scatter techniques, *IRE Trans. PGCS-4*, **1**, 112 (marzo de 1956).
27. MIYA, K., y KANAYA, S.: Radio propagation prediction considering scattering from the earth's surface, *Report of Ionospheric Research in Japan*, **IX**, **1** (1955).
28. MIYA, K.; ISHIKAWA, M., y KANAYA, S.: On the bearing of ionospheric radio waves, *Report of Ionospheric Research in Japan*, **XI**, **3**, 130 (septiembre de 1957).
29. MIYA, K., y KAWAI, M.: Propagation of long-distance HF signals, *Electronic and Radio Engineer*, **36**, new series, **7**, 263 (julio de 1959).
30. MIYA, K., y UENO, K.: Influence of directivity of the transmitting antenna on the bearings of HF signals, *Report of Ionospheric and Space Research in Japan*, **XIV**, **2**, 187-191 (1960).
31. HAGG, E. L., y ROLF, E. W.: Study of trans-atlantic radiopropagation modes at 41,5 Mc/s, *Canadian Jour. of Physics* (febrero de 1963).
32. KANAYA, S., y YOKOI, H.: The lateral deviation of radio waves propagated along the longer great-circle path from Europe, *Report of Ionosphere and Space Research in Japan*, **XIV**, **2**, 192-195 (1960).
33. WOLFRAM, R. T.: Improved communications using ground-scatter propagation, *Electronics* (octubre de 1960).
34. GETHING, P. J. D.: Influence of ionospheric conditions on the accuracy of high-frequency direction-finding, *J. of Res. NBS*, **65-D**, **3**, 225-228 (1961).
35. HAYDEN, E. C.: Propagation studies using direction-finding techniques, *J. of Res. NBS*, **65-D**, **3**, 197-212 (1961).
36. SANDOZ, O. A.; STEVENS, E. E., y WARREN, E. S.: The development of radio traffic frequency prediction techniques for use at high latitudes, *Proc. IRE*, **47**, **5**, 681-688 (1959).
37. JALL, G. W.; DOYLE, D. J.; IRVINE, G. W., y MURRAY, J. P.: Frequency Sounding Techniques for HF Communications over auroral zone paths, *Proc. IRE*, **50** (junio de 1962).

38. FULTON, B. J.; PETRIE, L. E., y WARD, W. S. P.: Transient modes of high-frequency radio wave propagation across the auroral zone, *J. Atmos. Terr. Phys.*, **16**, 185-186 (1959).
39. KIFT, F.: The propagation of high-frequency radio waves to long distances, *Proc. I. E. E.*, **B**, **107**, 127-140 (marzo de 1960).
40. DOHERTY, R. H.; HEFLEY, G., y LINFIELD, R. F.: Timing potentials of Loran-C, *Proc. IRE*, **49**, 1659-1673 (noviembre de 1961).

INFORME 250 *

**PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA A LARGA DISTANCIA SIN REFLEXIONES
INTERMEDIAS EN EL SUELO**

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Es ahora bien sabido que existen modos de propagación por las regiones ionosféricas normales, en los que las ondas decamétricas y métricas pueden recorrer largas distancias en la ionosfera o por debajo de ésta siguiendo trayectos de poca absorción sin ninguna reflexión intermedia en el suelo. Estas distancias varían entre el límite geométrico clásico de un solo salto y 10.000 km.
Entre los modos de propagación hasta ahora reconocidos conviene citar:
 - la propagación en un solo salto siguiendo el rayo de Pedersen de ángulo elevado;
 - la propagación ionosférica conducida, entre las Regiones *E* y *F*, y
 - la propagación en la depresión de ionización de la Región *F*, por encima del ecuador.
2. El rayo de Pedersen de ángulo elevado se ha observado durante algunos años en trayectos de América del Norte [1] y en trayectos transatlánticos [2, 3]; este modo de propagación da una explicación de las frecuentes comunicaciones que se efectúan en frecuencias muy superiores a la MUF normalizada.
3. Se han hecho estudios teóricos sobre los diferentes modos posibles de propagación conducida entre las Regiones *E* y *F*, incluidos algunos casos eventuales en los que no existe reciprocidad [4].
4. Se ha observado la propagación transecuatorial a gran distancia y se han propuesto explicaciones después de efectuar estudios del gradiente de ionización en la depresión de ionización de la Región *F* por encima del ecuador [5, 6]. Se cree que este modo de propagación a larga distancia puede verse afectado tanto por la inclinación de las capas como por la dispersión. En teoría, es posible que un rayo desviado por un gradiente de ionización salga de la ionosfera, recorra un trayecto en línea recta por encima de la Tierra y penetre de nuevo en la ionosfera, donde sufre una nueva refracción.
5. Este mecanismo de una serie de reflexiones o de refracciones en el interior de la ionosfera, podría explicar los ecos que se propagan en torno al globo, que, en determinadas condiciones, muestran una dispersión y atenuación muy débiles entre ecos sucesivos [7 y 8].
6. El sondeo ionosférico por medio de satélites ha mostrado [9, 10] la existencia de importantes nubes de ionización por encima de la altura en que la densidad de la capa *F* es 1 máxima. Estas nubes pueden originar una propagación a gran distancia, sin ninguna reflexión intermedia en el suelo, de las frecuencias superiores a la MUF normalizada.
7. Es de esperar que los futuros satélites de sondeos ionosféricos que permanecerán algún tiempo en las regiones ionizadas, harán progresar el estudio de la propagación por conductos [11].

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 164.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGY, V., y DAVIES, K.: Ionospheric investigations using the sweep-frequency pulse technique at oblique incidence. *Jour. of Res. NBS*, **63-D**, 151-174 (1959).
2. WARREN, E. S., y MULDREW, D.: *IRE Trans. PGAP-9*, 4 (1961).
3. MULDREW, D. B., y MALIPHANT, R. G.: Long distance one hop ionospheric radio propagation, *Jour. Geoph. Res.*, **67**, 1805-1815 (1962).
4. ARGIROVIC, M.: Influencia de las constantes eléctricas de la ionosfera en ciertos modos de propagación, *Elektrotehnika*, **4**, 121 (1962).
5. STEIN, S.: The role of ionospheric layer-tilts in long range high frequency radio propagation. *J. Geophys. Res.*, **63**, 217-241 (marzo de 1958).
6. SOUTHWORTH, M. P.: Night-time equatorial propagation at 50 Mc/s. *J. Geophys. Res.*, **65**, 601-607 (febrero de 1960).
7. HESS, H. A.; DE VOOGT, A. H., y VON SCHMIDT, O.: *Proc. IRE*, **36**, 981 (1948); *Onde Elect.*, **30**, 433 (1950); *Zeitschr. f. Tech. Phys.*, **17**, 443 (1936).
8. C. C. I. R.: Doc. 301 de Varsovia, 1956, y Docs. 210 y 211 de Los Angeles, 1959.
9. Notas de investigación (varios autores). Se publicarán en *Can. Journ. Phys.* (enero de 1963).
10. Artículo que se publicará en *Nature* (enero de 1963) (Canadá, Estados Unidos y Reino Unido).
11. WOYK, E., y CHVOJKOVA: The refraction of radio waves by a spherical ionised layer, *J. A. T. P.*, **16**, 124-135 (1959).

INFORME 251 *

COMUNICACIONES INTERMITENTES MEDIANTE LA PROPAGACIÓN POR IONIZACIÓN METEÓRICA ERUPTIVA

(Programa de estudios 196 (VI))

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Introducción.

La cuestión de la transmisión de ondas métricas por reflexión en columnas de ionización producidas por meteoros (estelas meteóricas) se menciona en el Informe 259, donde se consideran, sobre todo, las señales involuntariamente transmitidas de esta manera desde el punto de vista de eventuales interferencias. Actualmente se sabe que este modo de propagación es útil para las comunicaciones, pues se han explotado circuitos telegráficos experimentales bilateralmente en un solo canal, en la gama de frecuencias de 30 a 40 Mc/s, y a distancias comprendidas entre 600 y 1.300 km., con potencias de emisión de 1 a 3 kW. También se han hecho transmisiones radiotelefónicas y de facsímil unilaterales, con potencias de 1 y de 20 kW, respectivamente.

2. Resumen de los datos disponibles.

- 2.1 Existe relativamente poca información sobre la distribución geográfica de los meteoros que desempeñan un papel importante en este modo de propagación, así como sobre sus direcciones preferidas. Existen algunos datos sobre la distribución de la ionización meteórica eruptiva en ciertas regiones del Canadá, de la República Federal de Alemania, del Reino Unido y de Estados Unidos. Se necesita información de otras regiones.

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 157.

- 2.2 Los cálculos teóricos demuestran que, con una potencia determinada de transmisión, el porcentaje medio de transmisión de información de un sistema intermitente puede aumentar con la anchura de banda.
- 2.3 Según los datos experimentales, se puede efectuar una transmisión útil con anchuras de banda de hasta 100 kc/s, para intervalos de tiempo de 1 segundo aproximadamente y para coeficientes de utilización de alrededor del 5 %.
- 2.4 Las reflexiones en las estelas meteóricas ionizadas dependen mucho de la geometría del trayecto. Como consecuencia de esta característica, la propagación depende de la posición geográfica, de la orientación del trayecto, de la frecuencia de funcionamiento y del tiempo. Generalmente, las condiciones óptimas se encuentran a algunos grados (de 5 a 10) del trayecto círculo máximo.
- 2.5 La energía de las señales es superior en unos 10 db a la obtenida en la dispersión ionosférica. Esta circunstancia sugiere el empleo de la propagación por ionización meteórica eruptiva en las instalaciones móviles y en los equipos instalados a bordo de las aeronaves (que exigen una potencia y una ganancia de antena menos elevadas). Este modo de propagación puede ser asimismo útil en las regiones en que las pérdidas de la dispersión ionosférica son anormalmente elevadas, como ocurre, por ejemplo, en ciertas regiones ecuatoriales.
- 2.6 La propagación por ionización meteórica eruptiva sufre desvanecimientos (black-outs) durante los períodos en que la absorción de las señales en la región *D* es anormalmente elevada, como es el caso de la absorción en la zona polar. Los ensayos simultáneamente efectuados en 104,1 y en 41,3 Mc/s han demostrado que este efecto es considerablemente reducido en la frecuencia más elevada. Sin embargo, en dicha frecuencia el factor de utilización es igualmente reducido.
- 2.7 Se poseen muy pocas informaciones en lo que se refiere a las frecuencias superiores a 50 Mc/s.

BIBLIOGRAFÍA

Obras científicas de carácter general con informaciones sobre las características de los meteoros:

1. LOVELL, A. C. B.: *Meteor Astronomy*, Oxford (1954).
2. MCKINLEY, D. W. R.: *Meteor Science and Engineering*, McGraw-Hill Book Co., Inc. (1961).

Las características de interés especial para la propagación radioeléctrica se exponen en:

3. WILLARD, O. G., y otros: The Role of Meteors in Extended Range VHF Propagation. *Proc. IRE*, **43**, 1473 (octubre de 1955).
4. MANNING, L. A., y ESHELMAN, V. R.: Meteors in the Ionosphere. *Proc. IRE*, **47**, núm. 2, 186 (febrero de 1959).

Estas obras contienen numerosas referencias a trabajos anteriores. Un número de «Proceedings of the I. R. E.» se ha consagrado a esta cuestión (*Proc. IRE*, **45**, núm. 12) (diciembre de 1957).

Trabajos más recientes:

5. MAYNARD, L. A.: Propagation of meteor burst signals during the polar disturbance of November 12-16, 1960. *Canadian Jour. Phys.*, **39**, 628 (1961).
6. HORNBACK, C. E., y otros: The NBS meteor-burst propagation project. A progress report. *National Bureau of Standards*, Technical Note 86 (31 de marzo de 1960).
7. EYFRIG, R. W.; HESS, H. A., y RAWER, K.: Über die Häufigkeit von Meteorechos (Concerniente a la frecuencia de aparición de ecos meteóricos). *Archiv der Elektrischen Übertragung*, **16**, 609 (1962).

INFORME 252 *

EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO Y DE LA PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN DE LA ONDA IONOSFÉRICA EN LAS FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE LOS LÍMITES APROXIMADOS DE 1,5 Y 40 Mc/s

(Programas de estudios 145 y 198 (VI))

(Varsovia, 1956 — Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Introducción.

Como la mejora de los métodos de evaluación de la intensidad de campo y de la pérdida de transmisión de la onda ionosférica es de gran interés práctico para las administraciones y para la I. F. R. B., la Comisión de estudio VI creó en la Asamblea Plenaria de Varsovia (1956) un Grupo de trabajo internacional encargado de estudiar este problema. La misión inmediata de este Grupo de trabajo internacional, presidido por el Dr. Lépechinsky (Francia), consistía en presentar una apreciación de los métodos descritos en el Informe R. P. U. 9 [1], generalmente utilizados en lugar de los de la Circular 462 de la NBS [2], en los que la I. F. R. B. basa sus exámenes técnicos. En el curso de los estudios del Grupo de trabajo internacional, realizados entre 1956 y 1962, varias administraciones presentaron métodos de predicción. Entre ellas se cuentan: la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas [3], el Reino Unido [4], la República Federal de Alemania [5] y [6] y el Japón [7]. La India ha elaborado un método aplicable en las regiones tropicales [8] y el Canadá utiliza un método aplicable a las latitudes septentrionales [9 y 10].

Los métodos del R. P. U. 9 se han modificado recientemente para tener en cuenta la pérdida de transmisión (Recomendación 241 del C. C. I. R.) extendidos a los enlaces que pasan por regiones aurales y polares y adaptados a la técnica de las calculadoras electrónicas [11].

A pesar de que el Grupo de trabajo internacional ha llegado ya a la conclusión de que, en general, los métodos del Informe R. P. U. 9 son más eficaces que los de la Circular NBS 462, el hecho de que se hayan descrito últimamente varios otros métodos, obliga a modificar la misión inicial encomendada al Grupo de trabajo. En la Resolución 7 se modifica el mandato del Grupo, encomendándole que elabore un método complejo y un programa de medidas destinado a facilitar el establecimiento de dicho método.

2. Factores principales.

Como los distintos métodos parecen concordar satisfactoriamente respecto a la mayoría de los factores relativos a la propagación en frecuencias inferiores a la MUF, no puede ser difícil hallar una solución para conciliar los distintos factores. No hay que olvidar que el método que se adopte definitivamente habrá de ser sencillo y aplicable con calculadoras electrónicas. El problema general del cálculo de las pérdidas de transmisión en la propagación ionosférica puede resumirse como sigue:

- 2.1 En las frecuencias inferiores a la MUF normal y en distancias inferiores a unos 4.000 kilómetros, los modos de propagación son relativamente simples y de no difícil comprensión. El cálculo de las pérdidas de transmisión puede basarse en los modos clásicos en el plano del círculo máximo, teniendo en cuenta la absorción con y sin desviación, los ángulos verticales en la salida y en la llegada y las ganancias correspondientes de las antenas transmisoras y receptoras en el plano del círculo máximo.

* Adoptado por unanimidad; reemplaza a los Informes 152, 155 y 156.

2.2 En las frecuencias inferiores a la MUF normal y en distancias superiores a unos 4.000 kilómetros la experiencia demuestra que el modo de propagación suele ser muy complejo y que el trayecto puede apartarse del plano del círculo máximo, sobre todo en las distancias más grandes; cabe, pues, preguntarse si están justificados y si son necesarios los cálculos fundados en la hipótesis de la propagación clásica en el plano del círculo máximo. Sin embargo y mientras no se posean datos suficientes, debería poderse seguir efectuando los cálculos relativos a esas grandes distancias aplicando hipótesis clásicas, con la esperanza de que en la mayor parte de los casos los resultados sean de razonable precisión. Sería, por otra parte, más simple y acaso suficientemente preciso limitarse a considerar que la pérdida es proporcional a la distancia, como se hace, en el caso de grandes distancias, en el método de la Circular 462 de la NBS, utilizándose los resultados de la observación para determinar los valores de los ángulos de propagación. Deben, pues, proseguirse los estudios sobre la naturaleza de la propagación a muy larga distancia antes de poder decir cuál es el método más satisfactorio.

Una consideración importante cuando se hacen cálculos prácticos de pérdida de transmisión o de intensidad de campo, es la continuidad de los valores calculados en función de la distancia. Si el empleo de métodos distintos para distancias intermedias y largas resulta en una discontinuidad a la distancia de transición, acaso sea preferible adoptar un solo procedimiento de cálculo para ambas distancias.

2.3 En las frecuencias superiores a la MUF normal y en cortas distancias, los dos modos de propagación más importantes con una pérdida de transmisión relativamente pequeña son la propagación de un solo salto en la capa *E* esporádica y la propagación de dos saltos en la capa *F2* con desviación lateral y dispersión en el suelo. De estos dos métodos, el primero parece ser el más importante. El método japonés da una primera aproximación del cálculo de las pérdidas de transmisión asociadas a estos dos modos [7, 12]. Los meteoros dan lugar ocasionalmente a bruscos sobresaltos de una señal intensa, pudiendo obtenerse, en las frecuencias ligeramente superiores a la MUF normal, una propagación continua con una pérdida de transmisión relativamente pequeña por una combinación de la dispersión hacia adelante en las irregularidades de la región *D/E* y de la reflexión ordinaria en la capa *F2*. Se estima, sin embargo, que estos modos no son lo bastante importantes en las cortas distancias para tomarlos actualmente en consideración. La dispersión hacia adelante en las irregularidades de la región *D* permite una propagación continua en frecuencias bastante superiores a la MUF normal, pero la pérdida de transmisión es relativamente elevada.

2.4 En distancias netamente superiores a 4.000 km. puede observarse, de ordinario, una propagación con pérdida de transmisión relativamente pequeña en frecuencias mayores que la MUF normal en la propagación en el plano del círculo máximo (es decir, calculada la MUF normal sin tener en cuenta saltos extraordinarios debidos al rayo de Pedersen). En las frecuencias no demasiado superiores a esta MUF, la propagación puede efectuarse según los modos siguientes:

- modos clásicos de saltos múltiples con desviación lateral por dispersión lateral en el suelo, y penetración en las regiones de MUF normal superior;
- propagación de varios saltos en la capa *E* esporádica, directa o por dispersión lateral;
- combinación de una dispersión *D/E* y de la reflexión clásica;
- salto extraordinario debido al rayo de Pedersen.

Parece que este último modo es poco importante en las distancias superiores a 6.000 km.

3. Trabajos recientes sobre el estudio de la absorción de la onda ionosférica por métodos de transmisión de impulsos.

3.1 En el Doc. VI/69, Ginebra, 1962, la Administración francesa presenta un informe sobre una serie de observaciones efectuadas periódicamente en Domont (Francia) y en Bangui (Africa Central), así como cuadros de valores medianos mensuales que indican que los valores de la absorción a mediodía en el ecuador, en las frecuencias de unos 3 Mc/s, son superiores en un 25 % aproximadamente a los valores registrados en verano en una latitud vecina de 49° N.

- 3.2 El Doc. VI/106 (U. R. S. S.), Ginebra, 1962, contiene el resumen de un análisis de conjunto de las mediciones hechas en 2 Mc/s, a mediodía, por 22 estaciones del mundo entero. El resultado se representa por medio de una fórmula compuesta por tres términos que expresan la influencia solar, la absorción acrecentada en el cinturón ecuatorial y en las regiones polares. Los coeficientes de estos tres términos se han determinado separadamente para los días de calma y para los días perturbados desde el punto de vista magnético. Más tarde se publicarán valores numéricos y detalles complementarios.
- 3.3 En el Doc. VI/18, Ginebra, 1962, la Administración de la República Federal de Alemania da los resultados de las observaciones efectuadas por espacio de más de tres años en varias frecuencias, en una latitud próxima a los 48° N. Las contribuciones de la región *D* (sin desviación) y de la región *E* (con desviación) se indican por separado teniendo en cuenta las condiciones especiales observadas en las reflexiones en las capas *Es*. El documento contiene cuadros de los valores medianos mensuales en ambos casos. Si la variación diurna se debe a la combinación de dos tipos de absorción (con desviación y sin desviación), las variaciones estacionales son más bien diferentes. La absorción por la capa *D* sólo sufre ligeras modificaciones estacionales, debido a que la anomalía invernal compensa en gran parte el mínimo invernal previsto. Sin embargo, la absorción por la capa *E* produce un efecto estacional notable, ya que los más altos valores observados en verano se deben al descenso de la capa. Las mediciones de impulsos llevadas a cabo en dos puntos de Alemania y en un lugar cercano a París, indican además un elevado grado de correlación entre las medianas mensuales correspondientes. En otra serie de medidas en dos frecuencias efectuadas en Tsumeb (África del Sudoeste) se ha observado una intensa variación estacional de la absorción en ese lugar (19° S.).
- 3.4 En el Doc. VI/22, Ginebra, 1962, la República Federal de Alemania presenta un informe sobre mediciones de impulsos de incidencia oblicua realizadas entre Estados Unidos y Alemania. El análisis estadístico de las amplitudes de las diferentes señales con saltos múltiples ha dado valores más elevados para los trayectos $3 \times F$ y $4 \times F$ que para los trayectos $2 \times F$ y $5 \times F$. El resultado obtenido en el trayecto $2 \times F$ se explica por el hecho de la absorción con desviación y por el enmascaramiento.
- 3.5 India ha propuesto una fórmula de cálculo de la absorción en las regiones tropicales, en función de la frecuencia y de la hora, basándose en observaciones de absorción, hechas desde 1954, con transmisiones de impulsos de incidencia vertical [13].

4. Trabajos recientes sobre propagación de la onda ionosférica.

- 4.1 Cuatro contribuciones exponen nuevas investigaciones teóricas.

El Doc. VI/93 (R. F. P. de Yugoslavia), Ginebra, 1962, de naturaleza esencialmente teórica, estudia un modelo de capa dividida en subcapas en el que las pérdidas se deben no sólo a fenómenos de absorción por colisión, sino también a reflexiones parciales.

El Doc. VI/18, Ginebra, 1962 (República Federal de Alemania), divide el término de la absorción en absorción sin desviación y en absorción con desviación, habida cuenta, especialmente, de las reflexiones en la capa *Es*; estas últimas están menos sujetas a la influencia de la absorción con desviación que las reflexiones que se producen en niveles más elevados.

El Doc. VI/53 (Japón), Ginebra, 1962, describe en detalle un método de cálculo de la intensidad de campo que se aplica a la propagación por dispersión (lateral) en tierra, fuera del círculo máximo. Se utilizan dos términos de atenuación. El primero representa la absorción ionosférica en las dos secciones del trayecto indirecto; se expresa por una ley empírica en función de f/MUF_e , siendo MUF_e el valor de la MUF (4.000) obtenida en un punto de control situado a 2.000 km. de distancia del terminal del circuito, y f la frecuencia. El segundo término representa la atenuación debida a la dispersión en tierra, que se cree es proporcional al ángulo acimutal de dispersión. En el caso de la propagación normal en el plano del círculo máximo, se aplica un método análogo que contiene únicamente la primera expresión.

El Doc. VI/22 (República Federal de Alemania), Ginebra, 1962, hace referencia a una contribución alemana anterior (Doc. VI/30, Ginebra, 1958), en la que se establece una fórmula semiempírica de la intensidad de campo en función de la MUF. Se indica

que de este modo se pueden tomar en consideración los diferentes efectos de la dispersión, con inclusión de las atenuaciones debidas a la dispersión en las frecuencias inferiores a la MUF normal.

- 4.2 El Doc. VI/106 (U. R. S. S.), Ginebra, 1962, puede presentar también algún interés a este respecto, ya que en él se propone que se represente la absorción en el mundo entero por una fórmula que contiene dos términos suplementarios que representan, respectivamente, el aumento de la absorción en el interior del cinturón ecuatorial y en la región polar.
- 4.3 Se han presentado tres contribuciones relativas a comparaciones estadísticas entre los valores de intensidad de campo calculados y medidos.

El Doc. VI/64 (Reino Unido), Ginebra, 1962, describe un método de medida de la intensidad de campo en el que se utilizan transmisores de circuitos a gran distancia. El Grupo de trabajo instituido en virtud del Ruego 48 ha recibido documentación suplementaria en la que se comparan estas mediciones con los cálculos basados en el R. P. U. 9. Por lo general, los valores de intensidad de campo medidos son bastante más reducidos que los valores calculados, especialmente durante la noche; las diferencias son de hasta 20 db. Conviene señalar que en los cálculos se ha tomado en cuenta la ganancia máxima de la antena, dado que no se conocía el verdadero ángulo de elevación; no cabe duda de que una corrección para compensar este efecto reduciría ligeramente esta diferencia.

El Doc. VI/53 (Japón), Ginebra, 1962, indica algunos resultados obtenidos en el curso de una larga serie de observaciones; estos resultados concuerdan con los valores calculados según el método japonés. Sin embargo, hay que señalar que este método utiliza un factor de absorción con desviación obtenido empíricamente. El Grupo de trabajo instituido en aplicación del Ruego 48 ha recibido informaciones complementarias sobre el particular.

El Doc. VI/22 (República Federal de Alemania), Ginebra, 1962, compara los valores trasatlánticos de la intensidad de campo en 15 y 20 Mc/s con los cálculos efectuados por medio del método semiempírico [14]. La relación de las intensidades de campo en 20 y 15 Mc/s está sujeta a una variación diurna; sus valores son superiores a la unidad durante la jornada o inferiores a ésta a la salida del Sol. Según la teoría mencionada anteriormente, el valor de la intensidad de campo durante la noche debiera ser más reducida en invierno que en verano, toda vez que la MUF es más baja en invierno. Se ha sometido la teoría en cuestión a otra prueba deduciendo una curva de intensidad de campo en 15 Mc/s a partir de la curva observada en 20 Mc/s. La curva así obtenida y los valores observados independientemente en 15 Mc/s concordaban con una aproximación en algunos decibelios (desviación «standard»).

- 4.4 La India ha propuesto un método de cálculo de la amplitud del campo de la onda ionosférica para las regiones tropicales. Informa que este método presenta, para las emisiones de radiodifusión tropical, una concordancia con las medidas de intensidad de campo, mejor que las obtenidas con los otros métodos de previsión [15].
- 4.5 La estación suiza de C. T. T. de Chatonnaye registra regularmente desde 1950 [16] la tensión a la entrada de un receptor en las frecuencias 2,5, 5, 10, 15, 20 y 25 Mc/s, utilizadas por la estación de frecuencias patrón WWV de Beltsville, Maryland (Estados Unidos).

5. Conclusiones.

- 5.1 En el cálculo de la intensidad de campo o de la pérdida de transmisión en las frecuencias inferiores a la MUF normal y en distancias inferiores a unos 4.000 km. deben tenerse en cuenta los diversos modos posibles de propagación y los ángulos verticales de emisión y de recepción, en el plano del círculo máximo. En distancias más cortas puede revestir importancia la absorción con desviación, de igual modo que la absorción sin desviación. Teóricamente, en las proximidades de los límites de la propagación de un solo salto, el enfoque en el horizonte debe disminuir la atenuación de espacio; en la práctica, no parece que este efecto tenga importancia.
- 5.2 Para mayores distancias y en las frecuencias inferiores a la MUF normal son menos conocidos los modos de propagación que realmente se presentan. En consecuencia y por razones prácticas, parece en cierto modo justificado el empleo de un método simplificado

para el cálculo de la pérdida de transmisión en esas distancias. La Administración japonesa ha propuesto un método que permite estimar la pérdida de transmisión en ondas decamétricas de noche [17].

- 5.3 Para las frecuencias superiores a la MUF, la Administración japonesa ha facilitado métodos de estimación de la pérdida de transmisión en la propagación por la capa *E* esporádica y en la propagación con desviación lateral de varios saltos en la capa *F2*, con dispersión lateral en el suelo. La República Federal de Alemania ha establecido un método semiempírico para la propagación a gran distancia en frecuencias próximas a la MUF normal o superiores a ella [14]. Las administraciones interesadas deberían ensayar estos dos métodos e informar sobre su precisión y sus posibilidades de aplicación.
- 5.4 Importa en grado sumo contar con un método seguro, que se adapte fácilmente al cálculo mecánico, para cada una de las condiciones que se pueden presentar (frecuencias inferiores o superiores a la MUF normal, cortas distancias y grandes distancias).
- 5.5 Se ruega a las administraciones que reflexionen sobre la posibilidad práctica de establecer un «método del C. C. I. R.», aplicable a algunas, si no a todas, de las condiciones enunciadas en el párrafo precedente. Las administraciones deberían proporcionar al presidente del Grupo de trabajo internacional una descripción detallada de los métodos de predicción que utilizan, insistiendo en aquellos que estime especialmente aplicables para su uso.

BIBLIOGRAFÍA

1. LAITINEN, P. O., y HAYDON, G. W.: Analysis and prediction of sky-wave field intensities in the high frequency band. *Technical Report 9*, United States Army Signal Radio Propagation Agency, Fort Monmouth, New Jersey, EE. UU. (1950). Puede solicitarse este estudio al Office of Technical Services, Department of Commerce, Washington 25, D. C., EE. UU., mencionando la referencia N.º PB 103045.
2. N. B. S.: Circular núm. 462 Ionospheric Radio Propagation (25 de junio de 1948), National Bureau of Standards, Boulder, Colorado. EE. UU.
3. C. C. I. R.: Doc. 744 (U. R. S. S.), Varsovia (1956).
4. PIGGOTT, W. R.: The calculation of the median sky-wave fields strength in tropical regions. *Special Report 27*, Department of Scientific and Industrial Research, Slough, England (1959).
5. RAWER, K.: Intercomparison of different calculation methods of sky-wave field strengths. 647-659, *Electromagnetic Wave Propagation Academic Press* (1958).
6. C. C. I. R.: Doc. 28 (República Federal de Alemania), Los Angeles, 1959.
7. C. C. I. R.: Doc. VI/53 (Japón), Ginebra, 1962.
8. C. C. I. R.: Doc. XII/9 (India), Bad Kreuznach, 1962.
9. WARREN, E. S., y MULDREW, D. B.: A method for computing ionospheric focusing of radio waves using vertical incidence ionograms, *IRE Trans. AP-9*, No. 4 (julio de 1961).
10. MULDREW, D. B., y MALIPLANT, R. G.: Long distance one-hop ionospheric radio wave propagation, *Jour. Geophys. Res.*, **67**, 5 (mayo de 1962).
11. HAYDON, G. W.: Lecture No. 47, National Bureau of Standards Radio Propagation Course 1962 (en publicación). National Bureau of Standards, Boulder, Colorado.
12. MIYA, K.; SASAKI, T., y ISHIKAWA, M.: Estimation of field strength of sporadic E signals. *P. G. R. P. Inst. Elect. Comms. Eng.*, Japón (abril de 1960).
13. C. C. I. R.: Doc. 95 (India), Ginebra, 1963.
14. BECKMANN, B.: Relationship of field strength to the useful frequency limits. (MUF, LUF). *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, **11**, 523-528 (1958).
15. C. C. I. R.: Doc. 98 (India), Ginebra, 1963.
16. C. C. I. R.: Doc. 158 (Radio-Suisse, S. A.), Ginebra, 1963.
17. WAKAI, N.: Non-deviative absorption at night. *Jour. Radio Res. Labs.*, **8**, No. 37, 213-218 (mayo de 1961).

INFORME 253 *

**MEDICIONES SISTEMÁTICAS DE INTENSIDAD DE CAMPO Y DE PÉRDIDA
DE TRANSMISIÓN EN LAS FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE
LOS LÍMITES APROXIMADOS DE 1,5 Y 40 Mc/s**

(Programa de estudios 198 (VI))

(Ginebra, 1963)

1. Introducción.

Las mediciones de intensidad de campo ** en las bandas de frecuencias comprendidas entre 1,5 y 40 Mc/s, permitirían al Grupo de trabajo internacional creado en virtud de la Resolución 7 disponer de datos experimentales que pudieran compararse con los valores de intensidad de campo obtenidos por medio de los diversos métodos de predicción examinados por el Grupo. El presente Informe está destinado a servir de guía a las administraciones y a las organizaciones en la elección de los métodos que pueden emplearse para la obtención y presentación de los datos experimentales necesarios. Se recuerda que el Grupo de trabajo necesita con urgencia estos datos experimentales.

Se invita a las administraciones que poseen ya datos experimentales que pueden ser utilizados por el Grupo de trabajo a comunicarlos a dicho Grupo, por conducto del Director del C. C. I. R., a la mayor brevedad posible. Sería muy conveniente para el Grupo de trabajo que los datos en cuestión se presentasen en la forma indicada en el § 4 del presente Informe.

2. Consideraciones generales.

La organización de la labor necesaria para la obtención de esos datos experimentales se divide en dos partes, a saber:

- Elección de las transmisiones apropiadas, y de la ubicación de las estaciones transmisoras,
- registro y clasificación de los datos de modo que puedan compararse con los valores calculados de la intensidad de campo.

Lo ideal sería que los métodos de transmisión y de recepción estuviesen normalizados, por lo cual se propuso en un principio que se emplearan los transmisores de frecuencias patrón, ya que dan servicio durante las 24 horas del día, radian una onda continua, de frecuencia y potencia cuidadosamente controladas, y utilizan una antena omnidireccional. Se han propuesto también ciertas estaciones receptoras clave teniendo especialmente en cuenta la posibilidad de disponer de estaciones en los países miembros del Grupo de trabajo internacional.

Se ha comprobado, sin embargo, que las emisiones de frecuencias patrón no tienen la potencia suficiente para producir intensidades de campo adecuadas para las mediciones a larga distancia y que, además, en estas condiciones se produce una fuerte interferencia mutua debida a la compartición de frecuencias entre esas emisiones. Es preciso, pues, considerar la utilización de emisiones más potentes y la posibilidad de aprovechar las emisiones de los actuales servicios de radiodifusión o entre puntos fijos.

No obstante, muchas organizaciones poseen gran experiencia en materia de mediciones de intensidad de campo, lo que les permitiría obtener valiosos datos que podrían compararse con menos incertidumbre que la implicada en las predicciones de las variaciones diarias u horarias de la intensidad de campo. En consecuencia, los datos en los que el valor absoluto de la intensidad de campo puede ser dudoso comparado con el que se obtendría por medio de un aparato normalizado, pueden proporcionar, sin embargo, valiosas informaciones sobre las variaciones diurnas de la intensidad de campo, cuya predicción

* Adoptado por unanimidad.

** La expresión «mediciones de intensidad de campo», empleada en el texto, debe entenderse que incluye, en los casos apropiados, las mediciones de «la pérdida de transmisión».

sería diferente según el método utilizado. Algunas de estas dificultades podrían seguramente evitarse merced a la conversión de los valores de intensidad de campo en «pérdida de transmisión», como se indica en el Informe 112.

3. Elección de las transmisiones apropiadas.

La Resolución 7 prevé la colaboración de las administraciones y organizaciones en la tarea de designar las emisiones en las que habrán de efectuarse las mediciones. Evidentemente, esta colaboración estaría sujeta a los límites impuestos por los horarios normales de explotación de los transmisores, si bien podría estudiarse la posibilidad de utilizar éstos a horas determinadas empleando antenas normalizadas omnidireccionales.

Recientemente se ha invitado a las administraciones, en la Circular AC/57 del C. C. I. R., a dar detalles sobre los transmisores que consideran más adecuados para estos experimentos, teniendo en cuenta en particular los conocimientos que poseen acerca de sus diagramas polares de radiación, tanto en el plano vertical como en el horizontal. Se señala que sería conveniente que en la propagación a larga distancia, el diagrama vertical se aproximara al de una antena vertical normalizada de corta longitud, para ángulos de elevación menores de 20°.

También sería preciso elegir transmisores cuyas características de antenas se conocieran con la suficiente precisión, por medio de mediciones o por los datos de construcción, y saber además si su ubicación es apropiada.

Se invita, asimismo, a las administraciones y organizaciones a estudiar la posibilidad de efectuar mediciones de intensidad de campo de transmisores alejados, utilizados por sus servicios telefónicos o telegráficos entre puntos fijos. Entre las ventajas que presenta este método cabe citar las siguientes:

- no se requieren emisiones especiales;
- la recepción está prácticamente exenta de interferencias, siempre que la anchura de banda del receptor de medida no sea mayor que la del receptor de tráfico normalmente utilizado para el servicio,
- los detalles completos de las emisiones se inscriben en los registros ordinarios de la estación comercial de recepción.

4. Estaciones receptoras y técnicas de registro.

Hay que subrayar la necesidad de que se establezca un programa coordinado de mediciones y de presentar los resultados según un método uniforme a fin de que sean comparables. Quizás sea conveniente que ciertas estaciones clave que se hallen en condiciones de efectuar mediciones especiales, por ejemplo, de los ángulos de llegada, velen por la uniformidad de las velocidades de registro, de las escalas, etc.

No obstante, muchas organizaciones están ya equipadas para efectuar mediciones de intensidad de campo utilizando constantes de tiempo, registradores y métodos de calibrado de su propia elección y no estarían dispuestas necesariamente a sustituir su equipo actual por un equipo normalizado. Como serán ellas las responsables de analizar sus registros, no es fundamental el empleo de equipo normalizado.

Se sugiere, sin embargo, que la antena receptora normal esté constituida por un pequeño cuadro o una varilla vertical, cuyo diagrama vertical no difiera sensiblemente del de un dipolo hertziano ideal en la gama de ángulos que intervienen en la propagación a larga distancia.

En todo equipo de medida, la magnitud medida es una tensión en un punto dado, por lo general en los terminales de entrada del receptor. El problema que se plantea entonces es el de relacionar esta tensión con el valor de la intensidad de campo existente en la antena. Incluso con la antena normalizada, la conversión en valor de intensidad de campo se refiere únicamente a la componente vertical del campo eléctrico, y debe formularse alguna hipótesis en lo que respecta al carácter aleatorio de la polarización del sistema de onda incidente.

Algunas organizaciones están equipadas para efectuar mediciones con antenas de tipo especial, por ejemplo, rómbicas, empleadas en determinados circuitos a fin de mejorar la relación señal/ruido y de realizar mediciones en circunstancias en que no podría utilizarse una antena simple. Es difícil interpretar los resultados obtenidos con un sistema de antenas extenso en presencia de una intensidad de campo compleja, compuesta de va-

rias ondas con ángulos de incidencia diferentes; sin embargo, tales mediciones pueden servir para las observaciones que nos interesan si se puede demostrar la existencia de una relación entre sus resultados y los que se obtendrían en el mismo momento con una antena normal. Esta relación debiera ser analizada por las organizaciones interesadas, que deberían servirse de ella para transformar sus resultados en la forma normalizada de los valores medianos horarios de la intensidad de campo.

En general, en la Circular administrativa AC/57 se pide que cada estación de medida establezca, a partir del análisis de sus propios registros, los valores medianos horarios, y que haga cuadros con los valores medianos mensuales para cada hora. Para ello, podría tomarse como ejemplo el Cuadro del Anexo. Se indicará, en cada caso, el método de medida.

El Grupo no ignora que a veces es imposible proceder a observaciones continuas, y que quizás no se puedan realizar las mediciones más que a ciertas horas del día y en determinados días de la semana, pero confía en que, incluso en estas condiciones, puedan obtenerse datos útiles sobre los valores medianos mensuales, al menos para algunas horas del día.

Aun cuando las predicciones de intensidad de campo deben referirse en principio a condiciones de propagación medias, se incluirán en el cuadro de los valores medianos mensuales las lecturas correspondientes a condiciones manifiestamente anormales, como, por ejemplo, las obtenidas durante una aurora boreal, durante perturbaciones ionosféricas repentinas o con ocasión de intensas tormentas magnéticas. En el cuadro de los valores medianos horarios, estas lecturas debieran indicarse por notaciones apropiadas. En el Anexo I se dan detalles de un método típico para obtener la información requerida con transmisiones telegráficas y telefónicas entre puntos fijos.

A N E X O I

MÉTODO PARA MEDIR LA INTENSIDAD DE CAMPO DE LOS TRANSMISORES UTILIZADOS EN LOS SERVICIOS TELEGRÁFICOS Y TELEFÓNICOS ENTRE PUNTOS FIJOS

1. Figura a continuación, con carácter de ejemplo, una breve descripción del método empleado por una organización para las mediciones en los servicios telegráficos y telefónicos entre puntos fijos.
2. **Medición de la intensidad de campo.**

Las estaciones de medida utilizan para medir la intensidad de campo receptores de tráfico adaptados a estos efectos. Dichos receptores están conectados por medio de un cable coaxial subterráneo de 75 ohmios a un amplificador de banda ancha alimentado por una antena vertical autoestable de 4 metros de longitud. El receptor se calibra con relación a un medidor de intensidad de campo cuando los dos aparatos reciben la señal de un transmisor portátil situado a varios centenares de metros. Las constantes de tiempo de carga y descarga del receptor son de 20 segundos.

Se emplea un aparato registrador de estilete que avanza a la velocidad de una pulgada (2,54 cm.) por hora. En el diagrama aparecen a intervalos regulares marcas de calibrado que permiten leer directamente en db la intensidad de campo con relación a $1 \mu\text{V/m}$.

Las mediciones se hacen con transmisiones multicanales de bandas laterales independientes y portadora suprimida; los grupos de canales pueden no ser simétricos con relación a la frecuencia portadora. La anchura de banda del receptor se ajusta de modo que comprenda todas las bandas laterales transmitidas; la anchura de banda efectivamente empleada depende del tipo de señal multicanal emitida. Puede utilizarse, por ejemplo, una anchura de banda de 1,2 kc/s para la transmisión de dos canales telegráficos, y una anchura de banda de 8 kc/s para la transmisión de dos canales telefónicos de 3 kc/s junto con dos canales telegráficos.

3. **Análisis de los registros de intensidad de campo.**

Para analizar los registros de intensidad de campo, se toma nota en primer lugar de los valores horarios indicados en los diagramas y se procede a su tabulación. De los valores

inscritos en estos cuadros pueden deducirse los valores medianos y los valores de los decilos superiores e inferiores correspondientes a cada hora. Se ha observado que en esta fase del análisis es indispensable comparar el diagrama de registro con las anotaciones de servicio de la estación receptora, a fin de asegurarse de que las intensidades de campo registradas corresponden efectivamente a la emisión deseada y no al ruido o a una interferencia. Puede ocurrir que el nivel de interferencia no sea lo suficientemente elevado para afectar a la recepción en la estación receptora; en este caso lo más probable es que no figure ninguna mención de interferencia en las anotaciones de la estación. La señal de interferencia se detectará únicamente por la presencia de una señal residual una vez que ha cesado la transmisión deseada. Los resultados hasta ahora obtenidos demuestran que esta condición no se produce con mucha frecuencia. Cuando se da esta condición, conviene prescindir de los datos registrados durante el día para la frecuencia de que se trate.

Para comparar las intensidades de campo registradas con los valores calculados obtenidos utilizando cualquiera de los métodos existentes, se reducirán los valores registrados al valor F_s correspondiente a la intensidad de campo de la onda ionosférica incidente para una potencia de 1 kW radiada por una corta antena vertical. La intensidad de campo F_s se obtiene mediante la fórmula:

$$F_s = F_m - (P_t - L) - G_t - H \quad (1)$$

en donde:

- | | | |
|--|---|-----------------------------------|
| F_s = intensidad de campo de la onda ionosférica | } | db con relación a
1 μ V/m. |
| F_m = intensidad de campo medida, que resulta del efecto combinado de la onda ionosférica y de la onda reflejada por el suelo | | |
| P_t = potencia del transmisor (db con relación a 1 kW). | | |
| G_t = ganancia de la antena transmisora con relación a la ganancia de una antena vertical corta*, erigida sobre una superficie perfectamente conductora. | | |
| L = defecto de adaptación del transmisor, más pérdidas en la línea de alimentación y defecto de adaptación de la antena. Valor característico: 3 db. | | |
| H = factor de ganancia de altura. | | |

Un factor típico de ganancia de altura de — 1 db, tiene en cuenta el hecho de que el valor medido es la resultante del rayo directo y del rayo reflejado en el suelo, en tanto que el valor calculado es el correspondiente a la onda ionosférica incidente. Este factor presupone que el ángulo de llegada de la onda es de 10° a 15° con relación al suelo, y una reflexión sobre un terreno que sea buen conductor ($\Sigma = 10$, $\sigma = 3 \times 10^{-2}$ mhos/m) de una onda con polarización vertical. El factor de ganancia en altura varía con la frecuencia y el ángulo de llegada de la onda, pero sus variaciones son despreciables dentro del conjunto de la gama de frecuencias y de los ángulos que pueden encontrarse cuando se efectúan las mediciones. El factor de ganancia de altura diferirá un poco del valor de — 1 db antes indicado si la conductividad del suelo fuera distinta.

4. Presentación de los resultados

En el Cuadro I se indica una de las formas de presentación sugeridas que contiene el mínimo de datos necesarios. Constituyen otra información útil, el número de mediciones y las notaciones que sirven para describir las condiciones correspondientes a cada lectura.

* Si se utiliza una antena isotrópica, G_t sería 4,8 db superior.

CUADRO I

MEDICIONES DE INTENSIDAD DE CAMPO * EN ONDAS DECAMETRICAS - ESTACION DE MEDIDA

CIRCUITO: *Transmisor* *Receptor* *Distancia* (km.)

Potencia (kW) *Pérdidas en las líneas de alimentación* *Ganancia de antena* (db)

CARACTERISTICAS
DEL TRANSMISOR:

y por defecto de adaptación (db) con relación a una antena vertical corta

Frecuencia (Mc/s) *Año* *T. U.* *Mes*

HORA DEL DIA

Día	09.00	01.00	02.00	03.00	04.00		20.00	21.00	22.00	23.00
1										
2										
3										
4										
.										
.										
.										
28										
29										
30										
31										
Mediano										
Decilo superior										
Decilo inferior										

* Las cifras contenidas en este cuadro representan los valores medianos horarios de la intensidad de campo medida. La intensidad de campo producida por la onda ionosférica incidente para una potencia radiada de 1 kW se obtiene por medio de la ecuación (1) del § 3 del Anexo I.

ANEXO II

En la fecha de presentación del presente Informe, habían contestado a la Circular administrativa A. C./57 las administraciones que a continuación se enumeran:

Japón ha designado estación de medida a Hiraíso Radio Wave Observatory y estación de emisión a Koganei (estación de frecuencias patrón; distintivo de llamada JJY); ha facilitado también algunos detalles del equipo receptor y de los resultados de medidas obtenidos hasta la fecha.

India ha designado estación de medida a Delhi.

Australia ha designado estación de medida al Centro de control de Melbourne y ha facilitado algunos detalles sobre los enlaces radiotelegráficos de ondas decamétricas explotados por la Overseas Telecommunications Commission.

Francia ha designado estación de medida al Centro de comprobación internacional de las emisiones de Noiseau y estación emisora de frecuencias patrón a París-Bagneaux (FFH).

La *República Federal de Alemania* ha designado estación de medida al Fernmeldetechnisches Zentralamt de Darmstadt y ha suministrado algunos detalles sobre su programa de medidas.

Etiopía ha indicado que no posee ningún equipo de control para hacer estas medidas, pero que se interesa en particular, eventualmente, en este programa.

Mónaco ha indicado que por el momento no puede participar en esta campaña de medidas.

Además, la Delegación del *Reino Unido* en la X Asamblea Plenaria, ha comunicado al Grupo de trabajo que la BBC está dispuesta a hacer medidas en su estación de control de Tatsfield y ha suministrado detalles sobre los trabajos que podría llevar a cabo. La General Post Office ha hecho ya registros en la estación receptora de Banbury, según el método descrito en el Anexo I. Se dispone también de medidas de la intensidad de campo hechas en Singapur por la D. S. I. R.

 INFORME 254 *

MEDICIÓN DEL RUIDO ATMOSFÉRICO RADIOELÉCTRICO

(Programa de estudios 154)

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Redes de estaciones de medición del ruido.

La red de estaciones para la medición de la potencia del ruido, que utilizan el registrador ARN-2, es aproximadamente idéntica a la descrita en el Informe 165 (Los Angeles, 1959); Estados Unidos proporcionó los equipos para 15 estaciones y la India para una [1]. Se equiparon algunas estaciones para medir otros parámetros del ruido. También se efectuaron en muchas otras estaciones mediciones más detalladas de parámetros estadísticos de la estructura del ruido, a partir de los cuales también puede deducirse la potencia del ruido. La U. R. C. I. ha publicado un resumen completo del programa de mediciones [2]. Se han observado algunas diferencias sistemáticas de hasta 4 db en algunas frecuencias en los valores de la potencia del ruido obtenidos mediante diferentes técnicas en una misma estación. Estas diferencias se hallan aún en estudio [3]. Sólo en pocas mediciones se han empleado las antiguas técnicas de observación a oído [4].

Con los datos obtenidos en los últimos años se ha preparado la revisión del Informe 322.

 * Adoptado por unanimidad; Reemplaza al Informe 165.

2. Medición de las características estadísticas.

Se han medido en numerosos puntos [2] la distribución de la probabilidad de amplitud del ruido atmosférico, y los resultados han servido para completar el Informe 322. Se ha comprobado que en la evaluación de las relaciones señal/ruido requeridas es posible tener en cuenta la estructura del ruido.

3. Mediciones efectuadas con antenas directivas.

Se han llevado a cabo programas de mediciones con antenas directivas del tipo utilizado para las comunicaciones a larga distancia en ondas decamétricas. Los resultados hasta ahora logrados no se han estudiado aún lo suficiente para que pueda elaborarse un informe completo, pero en la revisión del Informe 322 se da alguna información preliminar.

4. Contadores de relámpagos y redes de radiogoniometría.

El objeto de las observaciones efectuadas mediante contadores de relámpagos, en lo que se refiere a los estudios sobre el ruido, consiste en determinar el número de descargas eléctricas por unidad de superficie terrestre, en diferentes lugares y a diferentes horas. Aunque las redes de estaciones de contadores de relámpagos se ha extendido con cierta lentitud, se han hecho progresos en cuanto a su empleo y en la comparación entre el tipo C. C. I. R. y otros tipos. Los datos obtenidos con el contador tipo E. R. A., muy frecuentemente empleado, pueden correlacionarse con los correspondientes al del C. C. I. R., siempre que se haya utilizado una sensibilidad adecuada. Se han efectuado experimentos con un contador que funciona con la energía de alta frecuencia de los atmosféricos, aunque todavía no se ha llegado a ningún resultado práctico sobre la relación entre estos resultados y los obtenidos por los contadores tipo C. C. I. R. [5].

Las pruebas efectuadas en Inglaterra [6] y otras, presentadas en un documento de Suecia [7], han dado como resultado diferentes estimaciones del alcance efectivo del contador del C. C. I. R.; conviene, por tanto, proseguir las investigaciones. De todos modos, no se debe esperar una evaluación más precisa para recoger otros datos que permitan obtener los valores relativos de diferentes puntos geográficos.

Un informe al C. C. I. R. del Grupo de trabajo sobre contadores de relámpagos [8], indica las correlaciones existentes entre los datos obtenidos con los contadores y los niveles de ruido de baja frecuencia. Por ejemplo, el factor de ruido de la antena F_a resultante del ruido atmosférico en una vasta zona tormentosa ecuatorial, se expresa aproximadamente en 13 kc/s por:

$$F_a = 150 + 10 \log_{10} n \text{ (db).}$$

en donde n es el número de descargas por hora contadas con el contador del C. C. I. R. Hay razones para creer que pueden hallarse relaciones correspondientes para frecuencias elevadas si se tienen en cuenta las diferentes condiciones de propagación.

Aunque se dispone de gran número de datos procedentes de las redes radiogoniométricas para la detección de los parásitos atmosféricos, no se cuenta con ningún informe que indique el modo en que pueden utilizarse estos datos para el estudio del ruido. Los problemas que se plantean son de envergadura. En vista de que estas redes se hallan en condiciones de proporcionar informaciones precisas sobre el ruido que se produce en las regiones oceánicas, donde es imposible establecer una densa red de contadores de relámpagos, conviene averiguar en un próximo futuro si pueden aprovecharse en la práctica las posibilidades ofrecidas por estas redes.

5. Intensidad y naturaleza de los ruidos producidos por descargas individuales.

El ruido atmosférico debido a las tormentas próximas se ha registrado de un modo que hace posible tener en cuenta los efectos de la propagación y determinar el espectro de energía [9, 10, 11], que, de hecho, constituye una característica propia de la fuente considerada. El espectro, conjuntamente con el contador de relámpagos y con los datos de propagación, ha servido para obtener evaluaciones del ruido integrado en ciertos puntos [8]. La concordancia observada al comparar estas evaluaciones con las intensidades de ruido medidas, justifica la prosecución de los estudios sobre este método.

6. Métodos de presentación de los datos estadísticos sobre el ruido.

Se han estudiado las variaciones estadísticas del ruido a corto y a largo plazo, y en el Informe 322 se han propuesto métodos para tener en cuenta estas variaciones en la evaluación de las interferencias causadas a los servicios radioeléctricos.

7. El ruido atmosférico y su relación con los demás tipos de interferencias.

En el Informe 258 figuran algunos resultados de los estudios relativos a las interferencias industriales.

BIBLIOGRAFÍA

1. CRICHLAW, W. Q.; DESNEY, R. T., y JENKINS, M. A.: Quarterly radio noise data, *N. B. S. Tech. Notes*, n.º 18 y n.º 18-2 a 18-11 (1959-1962), N. B. S. Boulder, Colorado, U. S. A.
2. U. R. C. I.: The measurement of characteristics of terrestrial radio noise, *Special Report* n.º 7, Elsevier (1962).
3. C. C. I. R.: Doc. VI/60 (Reino Unido), Ginebra (1962): Medición del ruido atmosférico radioeléctrico.
4. C. C. I. R.: Doc. 236 (India), Ginebra (1963). Medición del ruido atmosférico radioeléctrico.
5. C. C. I. R.: Doc. 162 (India), Ginebra (1963). Ruido atmosférico radioeléctrico en las regiones continentales de la zona tropical.
6. HORNER, F.: The design and use of instruments for counting local lightning flashes. *Proc. IEE*, 107, B, 321 (1960).
7. C. C. I. R.: Doc. 183 (Suecia), Ginebra (1963): Experimentos prácticos con el contador de relámpagos del C. C. I. R.
8. C. C. I. R.: Doc. VI/96, Ginebra (1962): Construcción y empleo de contadores de relámpagos.
9. TAYLOR, W. L., y JEAN, A. G.: Very-low-frequency radiation spectrum of lightning discharges. *Jour. Res. Nat. Bureau of Standards*, 63-D, 119 (1959).
10. WATT, A. D., y MAXWELL, E. L.: Characteristics of atmospheric noise from 1 to 100 kc/s. *Proc. IRE*, 45, 787 (1957).
11. HORNER, F.: Narrow-band atmospheric noise from two local thunderstorms, *Jour. Atmos. Terr. Phys.*, 21, 13 (1961).

INFORME 255 *

INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE PREDICCIONES DE PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

(Programa de estudios 200 (VI))

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Predicción de la MUF normal para incidencia oblicua a base de los datos relativos a la incidencia vertical.

La «MUF normal» se define en la Recomendación 373 como «la frecuencia más elevada en la cual las ondas pueden propagarse a una distancia dada únicamente por refracción ionosférica», en tanto que la «MUF normalizada» se define como «el valor aproximado de la MUF normal obtenido mediante aplicación de una curva de transmisión normalizada

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 161.

a los ionogramas de incidencia vertical y un factor de distancia». Son muchas las administraciones que utilizan métodos de predicción en los que se emplean mapas representativos de, por ejemplo, la MUF F_2 —cero—normalizada y la MUF F_2 —4.000—normalizada a base de datos de incidencia vertical. Al determinar la MUF normal para una distancia dada con ayuda de estos métodos, se pueden cometer dos tipos de errores. Los del primer tipo son los que se deslizan en el cálculo de las curvas de referencia, como consecuencia de factores tales como la insuficiencia de los datos utilizados para la elaboración de las cartas, los métodos de interpolación empleados para evaluar la posición en el ciclo de actividad solar (es decir, el índice que haya que utilizar), etc. Los errores del segundo tipo son los debidos a las diferencias de valor entre la MUF normalizada y la MUF normal. A título de ejemplo de este segundo tipo de error, cabe citar el caso de la predicción de la MUF normalizada a base de datos de incidencia vertical obtenidos en el punto medio de un trayecto de propagación con un solo salto en la capa F_2 ; este valor no concuerda con el de la MUF normal derivado de observaciones efectuadas mediante sondeos oblicuos en los terminales del trayecto.

La Secretaría del C. C. I. R. ha procedido a un estudio de los errores del primer tipo [1]. Salvo en un caso [1 H] en el que se consideran los puntos de reflexión, los diez métodos de predicción comparados en este estudio están basados en el procedimiento de los dos puntos de control. Las figs. 1 y 2 del presente documento dan los valores de la media aritmética y de la desviación «standard» obtenidos con los diversos métodos para el trayecto París-Tananarive en los meses de junio (número de manchas solares = 125) y diciembre (número de manchas solares = 5). Estas figuras muestran que los diversos métodos de predicción pueden dar valores muy diferentes para la MUF normalizada. El análisis ha demostrado que la media de los valores absolutos de las diferencias con relación a la media de los resultados de los diversos métodos de previsiones es aproximadamente de 9,7 %.

En la mayor parte de los trayectos de propagación con un solo salto, las diferencias entre la MUF normalizada y la MUF normal (errores del segundo tipo) son mínimas. En los casos en que existen elevados gradientes de ionización en el sentido horizontal, así como faltas de homogeneidad de ionización en el trayecto de transmisión, las diferencias pueden ser considerables. En las referencias bibliográficas [2, 3] se dan ejemplos en los que valores excepcionalmente elevados de la relación MUF normal/MUF normalizada se atribuyen a una asimetría de los trayectos.

2. Relación entre la MUF de explotación y la MUF normalizada.

La República Federal de Alemania, el Reino Unido, Bélgica, la República Popular de Polonia, la U. R. S. S., la Secretaría del C. C. I. R. y Radio Suisse, S. A. [1 y 4 a 8] han recogido durante los últimos años diversos datos relativos a la relación existente entre la MUF de explotación y la MUF normalizada. Estas informaciones, que se resumen en los Cuadros I y II, no permiten aún formular conclusiones generales acerca de los valores exactos de esa relación en cada caso. Se puede, sin embargo, señalar ciertas tendencias.

La relación entre la MUF de explotación y la MUF normalizada tiende a ser más elevada durante la noche que durante los períodos diurnos. En las latitudes medias, esta relación parece ser más reducida en verano (tanto de día como de noche) que en invierno, durante la noche. Los valores máximos de esta relación para las latitudes medias y elevadas se obtienen por lo general en invierno, en las épocas en que es mínimo el valor de la MUF normalizada. La relación tiende a aumentar en el caso de circuitos cuyos trayectos pasen por las inmediaciones de las zonas aurales.

La diferencia entre la MUF de explotación y la MUF normalizada se explica por el efecto de un cierto número de fenómenos tales como la dispersión en las regiones E y F , la propagación fuera del trayecto de círculo máximo, la propagación sin reflexiones intermedias en el suelo, etc. [9 a 16]. Puesto que, al parecer, no se ha adoptado hasta ahora ningún método cuantitativo de evaluación de estos factores, se propone que se calculen los valores de la MUF normalizada y aplicarles coeficientes de corrección determinados por la experiencia. Otro factor que se podría considerar es el error de que adolecen las curvas de la MUF normalizada.

3. Representación de los datos ionosféricos.

El principal problema que se plantea, en el caso de datos ionosféricos de base, es la interpolación entre los datos obtenidos en estaciones de sondeo repartidas de un modo no uniforme para deducir una función continua de la latitud, de la longitud y del tiempo, con independencia de las fronteras artificiales entre zonas. Este problema se simplifica utilizando al principio la hora local, tal como esté determinada. Se pueden transformar fácilmente en T. U. los resultados obtenidos.

Para los organismos que dispongan de una calculadora electrónica, la representación más conveniente es la que permite calcular rápidamente el parámetro ionosférico considerado para un punto y una hora cualesquiera. Por medio de una calculadora se pueden resolver los problemas de propagación, sin recurrir a ningún gráfico.

Sin embargo, en muchos casos puede ser más cómodo utilizar gráficos. La forma de gráfico más útil para las comunicaciones entre puntos situados en latitudes bajas o medias es la representación en coordenadas rectangulares, con la longitud en abscisas y la latitud en ordenadas, y el parámetro considerado se representa por medio de curvas. Serán necesarios varios gráficos para cada serie de valores de T. U.

Cuando uno o los dos extremos del circuito se encuentran en una latitud elevada, será más práctico utilizar coordenadas polares. La proyección gnomónica ofrece la ventaja de que los círculos máximos se convierten en líneas rectas.

4. Efectos de la ionización en la región E.

Es bastante fácil introducir en los métodos de predicción los efectos de la capa *E* normal. En cambio, la capa *E* esporádica plantea un problema más difícil. Salvo en la zona ecuatorial de la región *E* esporádica, la aparición de esta capa sólo puede preverse por procedimientos estadísticos. La reflexión parcial o total en la capa *E* esporádica puede producirse en un trayecto de varios saltos, en diversos puntos del trayecto de cada rayo. La referencia bibliográfica [6] contiene algunos ejemplos que ponen de manifiesto la importancia que tiene la introducción en las predicciones de los efectos de la capa *E* esporádica. Kift [17] ha descrito un método en el que se tienen en cuenta los efectos de la capa E_s en la zona tropical.

5. Introducción de los modos de propagación y de la inclinación de las capas.

Algunos métodos de predicción de la MUF, por ejemplo, el método francés [1 *H*], el alemán [15] y el canadiense [18] tienen en cuenta explícitamente los modos de propagación. Es de esperar que estos métodos den generalmente resultados inferiores a los obtenidos por los métodos de los dos puntos de control para los trayectos comparados por la Secretaría del C. C. I. R., pero no es seguro que se refieran a las mismas condiciones. Los recientes trabajos efectuados en el Reino Unido [17] inducen a creer que convendría calcular una gama de frecuencias utilizable para cada modo activo, más bien que una gama única comprendida entre una MUF limitada por la densidad electrónica y una LUF limitada por la absorción.

Los métodos de predicción no permiten aún tratar los casos en los que el ángulo de llegada es distinto del ángulo de salida debido a la influencia de la ionización y a la inclinación de las capas. Para estos casos se han calculado las trayectorias de los rayos.

6. Influencia de las condiciones de funcionamiento.

La relación entre la MUF de explotación y la MUF normalizada depende en gran medida del tipo de servicio y de la potencia radiada aparente. Al parecer, la intensidad mínima de campo necesaria es el factor más importante en la determinación de esta relación [9 a 16]. Por lo general, el tipo de servicio en el que las condiciones son más rígidas está asociado a los valores más bajos de esta relación. El cálculo de la MUF normalizada a base del método de los dos puntos de control da, para algunos circuitos, valores más próximos de la MUF de explotación que el método en el que se utilizan todos los puntos de reflexión.

La Fig. 3 constituye un ejemplo de curvas representativas de la LUF y de la MUF de explotación calculadas a base de mediciones de frecuencias de WWV [8]. Hay cuatro niveles de entrada de receptor correspondientes a una gama de intensidad de 60 db, y cada nivel se ha referido a una potencia radiada aparente de 1 kW. Se propone que la curva de 0 db corresponda a clases de emisión como A1, y que la curva de +20 db (+40 db durante la noche en invierno) corresponda a clases de emisión como A7A y F6 con multiplaje por distribución en el tiempo.

7. Transmisión mediante la propagación fuera del trayecto del círculo máximo.

El Informe 249 contiene algunas informaciones sobre este punto, así como diversas referencias bibliográficas.

8. Predicción de la variación diaria de la MUF.

De los distintos análisis independientemente realizados, se deduce que el valor del centilo diez de la dispersión de la MUF es casi igual al 85 % de la MUF media normalizada (es decir, al valor actual de la FOT). Este valor depende, al parecer, de varios factores y, en particular, de los efectos estacionales y de la influencia de la actividad solar, variando entre los límites aproximados de 0,72 y 0,90

Se han efectuado mediciones de las variaciones típicas diarias de la MUF de explotación [8] en diferentes condiciones (actividad solar, estación del año y hora del día); como ejemplo, puede verse la Fig. 4. El decilo inferior de la MUF de explotación (es decir, el que corresponde a una seguridad de un 90 %), es la FOT, según su definición clásica; pero, sin embargo, se ha observado que no proporciona la señal más elevada a la entrada del receptor. Parece ser que la definición clásica de la FOT, en el caso de la MUF de explotación, no proporciona la frecuencia de trabajo óptima; esta frecuencia está situada, en realidad, a una distancia media entre la MUF y la LUF medianas de explotación.

BIBLIOGRAFÍA

1. C. C. I. R.: Doc. VI/92 (Secretaría del C. C. I. R.), Ginebra (1962).
1. A. — Long term predictions of maximum usable frequencies and of optimum working frequencies for high-frequency radiocommunication, *Public. A. R. P. C.*, C 5 (diciembre de 1947); Radio Research Board, University of Sydney, N. S. W. (*Actualmente agotado.*)
1. B. — World maps of F2 critical frequencies and maximum usable frequencies for 4.000 km (agosto de 1958); Radio Research Laboratories, Ministry of Posts and Telecommunications, Tokyo, Japón.
1. C. KELLY, L. C.: Long term predictions of maximum usable frequencies for sky-wave communications, *Technical Report* núm. 8, Signal Corps Radio Propagation Agency, Fort Monmouth, New Jersey, Revised (marzo de 1955).
1. D. — Prediction of optimum traffic frequencies for northern latitudes, Report N.º 1-1-3, Defense Research Board, Canadá (noviembre de 1954).
1. E. ZACHARISEN, D. H.: World maps of F2 critical frequencies and maximum usable frequency factors, *Technical Note* 2 (PB 151361), U. S. Department of Commerce, National Bureau of Standards (abril de 1959).
1. F. ZACHARISEN, D. H.: Supplementary world maps of F2 critical frequencies and maximum usable frequency factors, *Technical Note* N.º 2-2 (PV 151361-2), U. S. Department of Commerce National Bureau of Standards (octubre de 1960).
1. G. — Normas técnicas de la I. F. R. B., Series B y C.
1. H. — Bulletin des prévisions ionosphériques, Division des prévisions ionosphériques, C. N. E. T., Château de la Martinière, Saclay (Seine & Oise), Francia.
1. I. — Basic radio predictions, *C. R. P. L.*, Series D, National Bureau of Standards, Estados Unidos de América.
1. J. — Predictions of radio wave propagation conditions. Radio Research Station, Slough, Inglaterra

2. MÖLLER, H. G.: Ergebnisse der Impulsübertragung mit veränderlicher Frequenz auf der Strecke Sodankylä-Lindau (Resultados de emisiones de impulsos, en una frecuencia variable, en el trayecto Sodankylä-Lindau). Informe de la reunión del Comité Nacional alemán de la U. R. C. I. Committee, etc. *FTZ* Darmstadt, Kleinheubach (1960).
3. WILLIAMS, H. P.: Increase in MUF due to horizontal gradients; *Nature*, **196**, 256 (1962).
4. C. C. I. R.: Doc. VI/23 (República Federal de Alemania), Ginebra (1962).
5. C. C. I. R.: Doc. VI/63 (Reino Unido), Ginebra (1962).
6. C. C. I. R.: Doc. VI/65 (Bélgica), Ginebra (1962).
7. C. C. I. R.: Doc. VI/71 (R. P. de Polonia), Ginebra (1962).
8. C. C. I. R.: Doc. 198 (Radio-Suisse, S. A.), Ginebra (1963).
9. BAILEY, D. K.: The role of ionospheric forward scatter in oblique incidence MUF. Abstracts for U. R. S. I. *I. R. E.* Spring Meeting, Washington, D. C. (mayo 2, 3, 4, 5, 1955).
10. KOVALEVSKY:
 - a) The propagation at the frequencies above the MUF-F2 in the presence of scattering in the E-layer. *Trudy IZMIRAN*, **19** (29), 85-95 (1961).
 - b) *Trudy IZMIRAN*, **19** (29), 71-84 (1961).
11. C. C. I. R.: Doc. 629 (R. F. de Alemania), Varsovia (1956).
12. BECKMANN, B.; MENZEL, W., y VILBIG, F.: Einige Bemerkungen zur Frage der Grenzwellen (Algunas observaciones acerca de la MUF). *Telegraphen-Fernsprech-, Funk- und Fernseh-Technik*, **28**, págs. 223-225 (1939).
13. C. C. I. R.: Doc. 301 (R. P. de Polonia), Varsovia (1956).
14. JASINSKI, S., y MANCZARSKY, S.: Research of the probability of reception of long-range short-wave transmissions at frequencies below the median MUF and above this median frequency. *Prace Instytutu Łączności*, núm. 21/4 (1956).
15. C. C. I. R.: Doc. VI/46 (R. F. de Alemania), Ginebra (1958).
16. C. C. I. R.: Doc. VI/70 (Bélgica), Ginebra (1958).
17. KIFT, F.: The propagation of high frequency radio waves to long distances. *Proc. I. E. E.*, **107** B, núm. 32, 127.
18. C. C. I. R.: Doc. 136 (Canadá), Ginebra (1963).
19. RAWER, K.: Note on the longitude effect in the F-Region. *Journ. Atm. Terr. Phys.*, **3**, 123-124 (1953). Information about the F2-layer taken from Ionization Maps in the Physics of the Ionosphere, 270-275, Londres (1955).

CUADRO I
Relación MUF de explotación/MUF normalizada *

N.º	Invierno					Verano			Observaciones
	06-09	09-15	15-18	18-06	03-06	06-18	18-21	21-03	
1		1,10 1,15 1,30 1,20 1,18		1,13 1,14 1,45 1,30 1,40					Comparación con la MUF normalizada a partir de datos reales obtenidos por sondeos conosféricos.
2	1,00-1,42	1,10	1,00	1,24-1,76	1,19-1,21	1,19-1,28	1,05	1,05-1,24	
3	1,15 1,07 1,00	1,07 1,07 1,25	1,15 1,15 1,07	1,00 1,20 1,09 0,94 1,20 1,09 0,92 1,10 0,99 1,00 0,94	1,00 1,15 1,07	1,15 1,07 1,07	1,00 1,00 1,00	1,04 1,04 1,00 0,98 1,01 0,97 0,98 0,98 0,92 0,81 0,92	Predicción corregida para el número medido de manchas solares.
4			1,28 1,14	1,56-1,81 1,14-1,66	1,11 1,00-1,22	0,96-1,17 0,86-1,10	1,00-1,15 1,00-1,08	1,14-1,22 0,96-1,24	Comparación con los valores calculados de la MUF normalizada.
5	1,00-1,55 1,36-2,23 1,37	1,00 1,06	0,88-1,20 1,00-1,30	0,90-1,30 1,30-1,55 1,00-1,28 1,35-1,38					(Véase el Cuadro II.)
6	1,58 1,39	1,11 0,95	1,31 1,08	1,48 1,40	1,45 1,06	1,16 1,03	1,12 1,04	1,23 1,07	

* Las horas indicadas son horas locales en el punto medio del trayecto.

CUADRO II

Origen detallado de los datos del cuadro I

N.º	Doc. Ginebra, 1962	País u organismo	Círculo	Número de manchas solares	Tipo de servicio	Gama de potencias kW (P. R. A.)	Método de cálculo de la MUF normalizada y cartas empleadas
1	VI/23	R. F. de Alemania	Nueva York-Frankfurt Nueva York-Frankfurt Nueva York-Frankfurt Lima-Hamburgo Osaka-Hamburgo	125 125 100 125 125	MUX Teleimpresor Morse Teleimpresor MUX	100-150 100-150 100-150 100-150 100-150	Puntos de reflexión, excluidos los efectos de E_s , método de interpolación de Rawer [19].
2	VI/63	Reino Unido	Atlántico Norte	150	Radiodifusión	No indicada	Puntos de control: en las mediciones no se considera E_s .
3	VI/65	Bélgica	Washington-Bruselas Washington-Bruselas	{ 10 75 150	Frecuencia patrón (WWV)	{ 100-150 100-150 100-150 100-150	Puntos de control: cartas del C. R. P. L. [1.I], se considera E_s .
			Nueva York-Bruselas		Teleimpresor por deslizamiento de frecuencia		
					Telegrafía TOM-MUX 4 canales		
					Telegrafía multi-canal por deslizamiento de frecuencia 4 canales TOR		
4	VI/71	R. P. de Polonia	Washington-Varsovia	125 100	Frecuencia patrón (WWV)	No indicada	Puntos de control: cartas del C. R. P. L. [1.I], no se considera E_s .
5	VI/92	C. C. I. R.	Berna-Buenos Aires Berna-Washington Frankfurt-Melburne Ginebra-Tokio	40 40 40 40	No indicada	100 100 No indicada	Puntos de control: cartas del C. R. P. L. [1.I], no se considera E_s .
6	198 (Ginebra, 1963)	Radio-Suisse, S. A.	Washington-Ginebra	5 104-127	Frecuencia patrón (WWV)		Puntos de control: cartas del C. R. P. L. [1.I], para el verano $R^3 = 104-127$; en los otros casos, cartas T. U. [1.E, 1.F].

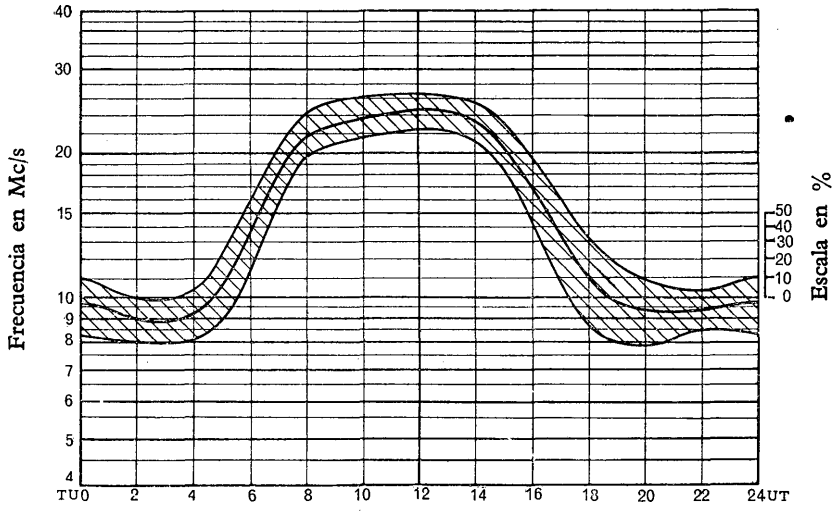


FIGURA 1

Trayecto: París-Tananarive. Mes: Diciembre. Número de manchas solares: 5.

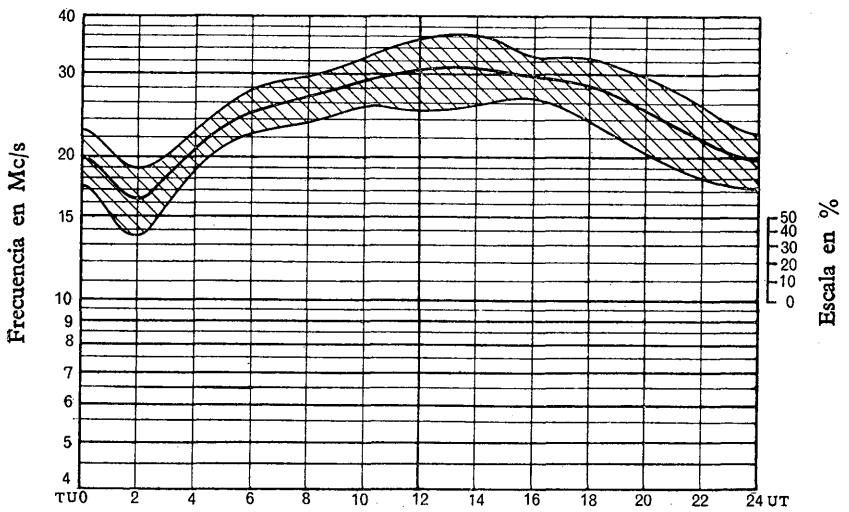


FIGURA 2

Trayecto: París-Tananarive. Mes: Junio. Número de manchas solares: 125.

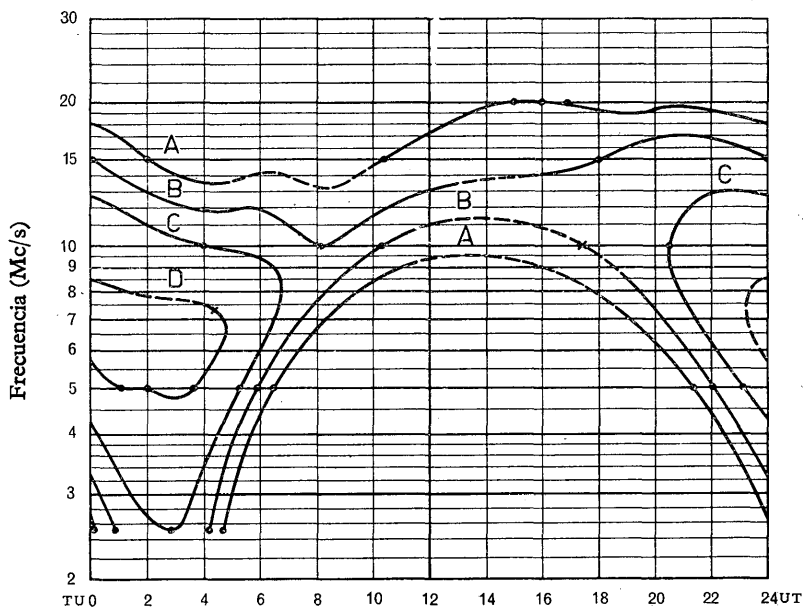


FIGURA 3

Valores medianos (50 %) de la MUF y de la LUF de explotación y curvas del valor mediano (50 %) de la intensidad de campo

Trayecto: Beltsville/Washington a Chatonnaye/Berna (distancia 6.650 km.)

Mes: Julio 1954; $R_{12} = 5$

Deducidos de registros de WWV en 2.5, 5, 10, 15, 20 y 25 Mc/s

Nivel en μV a la entrada del receptor con la potencia del transmisor reducida a 1 kW. Antena transmisora no direccional. Curva A: $0,1 \mu\text{V}$ (0 db); Curva B: $1 \mu\text{V}$ (+ 20 db); Curva C: $10 \mu\text{V}$ (+ 40 db)
Curva D: $100 \mu\text{V}$ (+ 60 db)

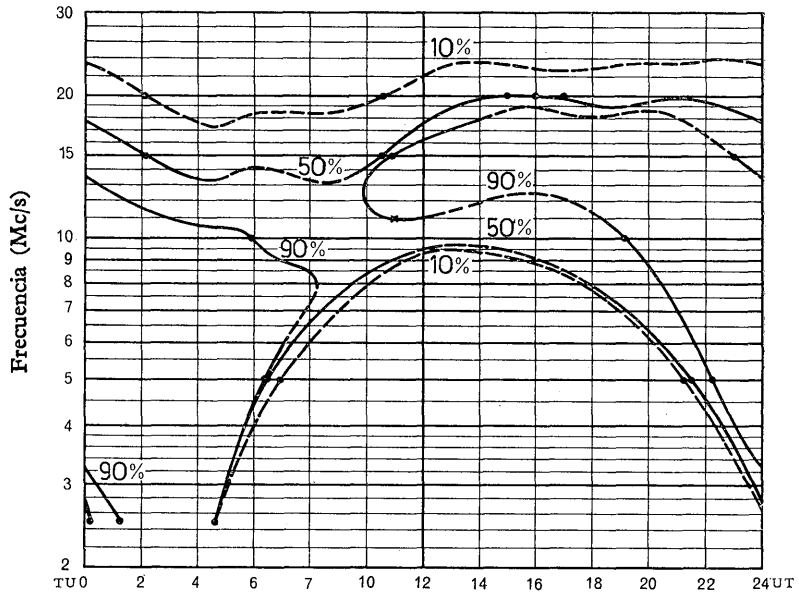


FIGURA 4

Valores medianos de la MUF y de la LUF de explotación y curvas de intensidad mediana

Trayecto: Beltsville/Washington a Chatonnaye/Berna (distancia 6.650 km.)

Mes: Julio 1954; $R_{12} = 5$

Deducidos de registros de WWV en 2,5, 5, 10, 15, 20 y 25 Mc/s;
para un nivel mínimo de $0,1 \mu\text{V}$ a la entrada del receptor y para una potencia del transmisor reducida
a 1 kW; antena transmisora no directiva, antena receptora directiva.

Porcentaje de la hora indicada en las curvas

INFORME 256 *

SIGNIFICADO DEL TÉRMINO «MUF»

(Recomendación 373)

(Ginebra, 1963)

Las definiciones de los tres términos que figuran en la Recomendación 373 están destinadas a establecer una clara distinción entre los empleos más corrientes del término general «MUF». El presente Informe tiene por objeto responder a la mayor parte de las preguntas que puedan hacerse los usuarios.

1. La *MUF de explotación* está determinada por el funcionamiento del circuito propiamente dicho en condiciones que por ello están especificadas con precisión sin que sea necesario proceder a experimentos auxiliares. Conviene que al hablar de la MUF de explotación se indiquen con la mayor precisión posible las condiciones de funcionamiento. Habría que precisar todas las características necesarias del sistema utilizado, con inclusión de la potencia radiada, de la clase de emisión y de la cantidad de información.

En muchos sistemas, el límite efectivo de explotación depende del nivel de ruido local y se confunde a menudo con la intensidad mínima de campo requerida (o el máximo de pérdida de transmisión). En estos casos, la MUF de explotación es igual a la frecuencia más elevada en la que la intensidad de campo de la onda incidente alcance este valor límite.

La MUF de explotación se refiere a la propagación en la ionosfera real, en la que frecuentemente se producen irregularidades de ionización, fenómenos de dispersión y reflexiones parciales en zonas con un elevado gradiente de densidad de ionización. Se refiere, en general, a la propagación por cualquier mecanismo, capa o modo que dé la frecuencia admisible más elevada.

Ciertas limitaciones especiales de los sistemas (por ejemplo, en los casos en que no se pueden tolerar porcentajes elevados de desvanecimiento) pueden dar lugar a la reducción de la MUF de explotación por debajo de la MUF normal, pero en la mayor parte de las aplicaciones se observa que el valor de la primera es igual o superior al de la segunda.

2. La teoría clásica de la *MUF* estaba inicialmente encaminada a la determinación en función de la distancia o, más sencillamente, del ángulo vertical de salida, de una frecuencia límite de tal valor que las frecuencias más elevadas penetraran en la ionosfera y prosiguieran su propagación en el espacio, en tanto que las frecuencias más bajas fueran reflejadas y devueltas a la tierra.

La *MUF normal* es independiente de la potencia, pudiendo ser calculada, en principio, con arreglo a los métodos de la óptica geométrica en presencia del campo magnético terrestre. Puede medirse mediante transmisiones de impulsos de incidencia oblicua, en los casos en que los cálculos son demasiado complicados. La MUF normal designa la frecuencia en que las trazas de refracción superiores e inferiores se confunden en el ionograma. Sin embargo, no tiene en cuenta ninguna de las extensiones en forma de saliente que se observan en los ionogramas cuando existen, toda vez que se desconocen aún las causas y los efectos de este fenómeno. El rayo inferior da una reflexión aparente en una pequeña zona. El rayo superior (rayo de Pedersen) sigue de cerca el nivel de densidad máxima y, en determinadas condiciones, puede recorrer distancias muy grandes, de hasta 7.000 km, con un solo salto. En los casos en que el rayo inferior está cortado por la curvatura terrestre se podría hablar de «MUF normal para el rayo de Pedersen».

Los efectos debidos a las ligeras irregularidades de ionización (como las que se observan en los ionogramas en forma de «F desplegada» o de «E desplegada»), a la dispersión y a las reflexiones parciales no se incluyen en la determinación de la MUF normal. En cam-

bio, se tienen en cuenta irregularidades más importantes (denominadas generalmente «inclinación de las capas»), así como la anisotropía debida a la doble refracción magnetoiónica. En consecuencia, el rayo que determina la MUF normal no sigue necesariamente el trayecto del círculo máximo.

3. La *MUF normalizada* representa una aproximación analítica normalizada de la MUF normal. Para determinar esta MUF, se utilizan datos numéricos obtenidos por sondeo, en combinación con una solución analítica simple del problema de la refracción en incidencia oblicua. Los parámetros ionosféricos fundamentales que suelen emplearse para la capa F_2 son foF_2 y $M(3.000)F_2$. Para hallar este último factor, se aplica al ionograma una curva de transmisión para 3.000 km., convencionalmente definida. Esta curva toma parcialmente en consideración la curvatura de la ionosfera, pero no la doble refracción magnetoiónica. Luego se pasa a distancias distintas de 3.000 km., mediante la aplicación de factores normalizados de distancia. Los dos procedimientos están basados en hipótesis particulares sobre la distribución vertical de la densidad electrónica. De ese modo se puede reducir notablemente el número de los parámetros que intervienen en la determinación experimental de la MUF normal.

El resultado más valioso es el siguiente: haciendo abstracción del campo magnético terrestre, se puede establecer una relación elemento por elemento entre el trayecto de un rayo en un medio ionizado de estratificación horizontal por encima de una tierra plana en cualquier frecuencia y la trayectoria de un rayo de incidencia vertical y de frecuencia igual al producto de la frecuencia del rayo oblicuo por el coseno del ángulo de salida de dicho rayo (ángulo medido con relación a la vertical). Este resultado, modificado por una corrección aproximada para tener en cuenta el campo magnético terrestre y la curvatura de la tierra, sirve de base a la curva de transmisión normalizada.

Las principales aproximaciones efectuadas son las siguientes:

- Se supone muy pequeña la variación en porcentaje del índice de refracción (en función de la densidad electrónica) en una distancia igual a una longitud de onda;
- no se tiene totalmente en cuenta la influencia del campo magnético terrestre. En particular, la separación lateral de los rayos ordinario y extraordinario, combinada con la influencia de la curvatura de la Tierra, *impide* que la propagación se efectúe rigurosamente por el trayecto del círculo máximo, salvo a lo largo de un meridiano magnético. Además, las propiedades de doble refracción del medio tienen como consecuencia la propagación acoplada de dos rayos cada vez que dos de las cuatro constantes de los vectores de propagación son aproximadamente iguales; la explicación teórica de este fenómeno es todavía incompleta;
- se desprecia a menudo la desviación neta de un rayo motivada por las capas subyacentes de la ionosfera;
- la curvatura de la ionosfera entraña ciertas dificultades que aún no se han resuelto por entero;
- en general, se desprecian los efectos de las colisiones de electrones con iones y partículas neutras a lo largo del trayecto de propagación. Sin embargo, estos efectos adquieren importancia primordial en los casos de propagación acoplada mencionados más arriba;
- la naturaleza y los efectos de la inclinación de las capas no se conocen aún perfectamente, despreciándose a menudo la influencia de estos fenómenos.

Una consecuencia de la primera de estas aproximaciones es que se desprecian los efectos de la dispersión ionosférica. Lo mismo ocurre con respecto a la dispersión en tierra. También se desprecian algunos modos de propagación particulares como el rayo de Pedersen (véase el § 2).

Algunas de estas aproximaciones pueden conducir a valores calculados de la MUF inferiores a los de la MUF normal y, en la mayor parte de los casos, inferiores a la MUF de explotación observada.

La MUF calculada a base de foF_2 y $M(3.000)F_2$ es siempre la MUF normalizada.

4. El *método de los puntos de control* está destinado a simplificar los cálculos y a permitir que se tome en cuenta empíricamente una parte de la diferencia entre la MUF de explotación y el valor calculado anteriormente para los trayectos de propagación de gran longitud. Las experiencias de transmisión de impulsos de incidencia oblicua han demostrado que este

método no tiene ninguna base física y que es más acertado considerar los diversos modos de propagación posibles. Algunas administraciones estiman, sin embargo, que en el caso concreto de los circuitos de gran potencia, el método de los puntos de control da una idea aproximada de la MUF de explotación.

INFORME 257 *

CUESTIONES SOMETIDAS POR LA I. F. R. B.

(Londres, 1953 — Varsovia, 1956 —
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Aun cuando el C. C. I. R. no pueda dar aún respuesta completa a las tres cuestiones enumeradas en el Anexo que figura seguidamente, desde la IX Asamblea Plenaria se han realizado progresos y se han tomado varias medidas positivas con objeto de obtener informaciones que puedan servir de base para las respuestas.

2. En el Programa de estudios 200 (VI) y en el Informe 255 se exponen claramente las razones que impiden formular una respuesta concreta a la Cuestión *a*) del Anexo. Las cuestiones relativas a los métodos de presentación y de interpolación, por ejemplo, muestran que el establecimiento de predicciones de la MUF plantea numerosos problemas.

Sin embargo, en la Resolución 10 se prevé la creación de un Grupo de trabajo internacional encargado de preparar un atlas provisional representativo de ciertas características ionosféricas mundiales, entre ellas la MUF. El mandato de dicho Grupo de trabajo hace referencia a la MUF normalizada **, pero conviene reconocer que la MUF necesaria para la revisión de las curvas básicas de la FOT citadas en la Cuestión *a*) es la MUF de explotación del servicio interesado. El Informe 255 contiene cierto número de sugerencias, e indica en Anexo algunos valores preliminares de la MUF de explotación, que podrían ser de utilidad en la evaluación de eventuales interferencias.

Conviene señalar que, en la medida en que la MUF de explotación depende de una intensidad de campo mínima requerida (o de una pérdida de transmisión máxima admisible), la respuesta a la Cuestión *a*) está subordinada a la respuesta a la Cuestión *b*). En la Resolución 11 se pide que las administraciones interesadas faciliten datos de explotación sobre las horas de principio y fin de la recepción. Esta información será de utilidad para determinar los factores que ligán la MUF de explotación a la MUF normal o a la MUF normalizada.

3. En lo que respecta a la Cuestión *b*), el Grupo de trabajo mencionado en el Ruego 48 ha proseguido sus actividades, habiendo presentado informes periódicos al Relator principal de la Comisión de estudio VI. El Informe 252 es el texto más reciente que pone al día la cuestión. Los datos teóricos y experimentales sobre latitudes templadas estudiados hasta ahora por el Grupo han puesto de relieve que el método de predicción del Informe RPU 9 y el presentado por la Administración de la U. R. S. S. (Doc. 744 de Varsovia, 1956) suministran, por lo general, valores de intensidad de campo menos elevados y más próximos a los valores medidos que la Circular 462. La Resolución 7 y el Informe 253 estipulan que el Grupo habrá de proseguir sus labores, y que se le faciliten a este fin la documentación pertinente. Desde este punto de vista, el Programa de estudios 198 (VI) reviste igualmente cierta importancia. Con fecha 9 de marzo de 1962, el Director del C. C. I. R. envió a las administraciones la carta Circular AC/57, invitándoles a participar en la campaña de mediciones de intensidad de campo decidida por el Grupo de trabajo. El Informe 253 contiene detalles complementarios de los métodos de medición apropiados.

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 150.

** En lo que se refiere a las definiciones y a la terminología relativa a la MUF, véanse la Recomendación 373 y el Informe 256.

4. En lo que respecta a la Cuestión *c*), tratada en el Programa de estudios 206 (VI), se estima que las informaciones contenidas en el Informe 264 anulan y reemplazan a las que sirvieron de base para el establecimiento de las curvas de El Cairo.

A N E X O

CUESTIONES SOMETIDAS POR LA I. F. R. B.

Propagación ionosférica

Cuestión a)

¿Qué modificaciones habría que introducir en las curvas básicas de frecuencia óptima de trabajo (FOT) utilizadas en la Conferencia de Radiodifusión por Altas Frecuencias de México, para aprovechar la experiencia adquirida con posterioridad a la misma?

Cuestión b)

¿Cuál es el mejor método de cálculo de la intensidad de campo producida mediante propagación ionosférica (distancia hasta 25.000 km.) por un transmisor que trabaje en una frecuencia superior a 1.500 kc/s?

Cuestión c)

¿Qué modificaciones deberían eventualmente introducirse en las curvas de propagación de las ondas kilométricas y hectométricas adoptadas por el C. C. I. R. en El Cairo en 1938? Parece que convendría completarlas en particular:

- i) En función de la latitud magnética;
- ii) En función de la estación del año, y
- iii) En función de la actividad solar.

Nota.—Durante la revisión y extensión de estas curvas habría que examinar el caso de las distancias inferiores a 500 km. (para poder apreciar, por ejemplo, el efecto de las antenas transmisoras verticales especialmente destinadas a reducir los desvanecimientos en la periferia de la región a que se da servicio) y el de las distancias superiores a 2.000 km. (para poder evaluar las interferencias entre regiones).

INFORME 258 *

MEDICIÓN DEL RUIDO RADIOELÉCTRICO INDUSTRIAL

(Programa de estudios 153)

(Ginebra, 1963)

Los ruidos radioeléctricos de origen industrial constituyen a menudo el principal factor limitador de la recepción radioeléctrica, especialmente en las zonas urbanas. Estos ruidos pueden alcanzar un nivel considerable, incluso en puntos de recepción aislados, en determinadas horas del día y en ciertas frecuencias. Se han hecho muchos estudios sobre las interferencias radioeléctricas causadas por diversas fuentes próximas, pero el número de mediciones del ruido industrial complejo proveniente de numerosas fuentes situadas a grandes distancias es

* Adoptado por unanimidad.

aún muy limitado. Además, las mediciones de fuentes individuales se han hecho con aparatos que indican valores de quasi cresta, por lo que resulta difícil comparar los resultados así obtenidos con los valores de potencia del ruido atmosférico indicados en el Informe 322.

Para reducir la gravedad de este problema, se ha procedido al análisis de las mediciones de potencia de ruido hechas por la red mundial patrocinada por la National Bureau of Standards de Estados Unidos, a fin de aislar los valores del ruido industrial. Para ello, se eligieron períodos de tiempo en que el nivel de ruido atmosférico es reducido. Las horas elegidas estaban comprendidas en el período 08.00-12.00 hora local, durante el invierno, habiéndose podido comprobar, tanto mediante control auditivo como por la variación conocida de los dos tipos de ruido en función de la frecuencia, que el ruido industrial predominaba claramente en la mayor parte de las estaciones.

Se ha observado en primer lugar —y esta observación se ha visto confirmada ulteriormente en la mayor parte de las estaciones— que el ruido industrial disminuye a medida que aumenta la frecuencia, a razón de unos 28 db por década de frecuencia.

La previsión absolutamente mundial de los niveles de ruido industrial requeriría un estudio detallado de la ley de dependencia de estos niveles en función de numerosos parámetros, muchos de los cuales son desconocidos. Sin embargo, se han podido establecer algunos hechos con ayuda de los datos obtenidos por la red de la National Bureau of Standards.

Para facilitar la comparación con el Informe 322, los valores medidos se han normalizado con relación a 1 Mc/s. Se ha visto que el valor normalizado de F_{am}^* , atribuido a fuentes de ruido industrial, varía de una estación a otra entre 43 y 55 db, con un valor mediano de 49 db. Este valor mediano es inferior en 5 db al indicado en el Informe 65, pero es probable que las estaciones dedicadas a la medición del ruido estén, en su conjunto, menos sujetas a interferencias industriales que una estación receptora comercial de tipo corriente. Un examen más detallado ha confirmado la hipótesis de que se miden los niveles de ruido más elevados en las estaciones situadas en los alrededores de las regiones densamente pobladas.

INFORME 259 *

PROPAGACIÓN A LARGA DISTANCIA DE LAS ONDAS DE FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 30 Y 300 Mc/s POR LAS REGIONES IONIZADAS E Y F

(Programa de estudios 195 (V))

(Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Propagación por la ionización normal.

1.1 Capa E.

El estudio de las mediciones de incidencia vertical efectuadas regularmente indica que es muy poco probable la transmisión por la capa E normal de las ondas de frecuencias comprendidas entre 30 y 300 Mc/s.

1.2 Capa F1.

El estudio de las mediciones de incidencia vertical indica que es muy poco probable la transmisión por la capa F1 normal de las ondas de frecuencias comprendidas entre 30 y 300 Mc/s, salvo cerca de mediodía en período de actividad solar máxima y únicamente en las regiones tropicales. Teniendo en cuenta que en estas condiciones las MUF de la capa F2 rebasan las de las de capa F1, este modo de transmisión tiene escasa importancia.

* Expresado en db por encima del ruido térmico a 288° K (véase el Informe 322).

** Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 149.

Es probable que la capa F1 influya en la distancia de salto de las ondas radioeléctricas que la atraviesan antes de ser reflejadas por la capa F2.

1.3 Capa F2.

Se ha hecho un estudio de las mediciones de incidencia vertical en estaciones ionosféricas diseminadas por el globo; además, se ha compilado un número considerable de resultados de observaciones efectuadas en circuitos en explotación. Estos datos indican que durante ciertas estaciones del año, coincidiendo con máximos del ciclo de actividad solar, puede efectuarse la transmisión a larga distancia por la capa F2, normalmente ionizada en latitudes medias y en frecuencias que llegan aproximadamente a 50 Mc/s, durante un porcentaje de tiempo apreciable. Sin embargo, en latitudes bajas (entre las latitudes geomagnéticas 20° N. y 20° S.), esta transmisión puede realizarse en frecuencias que llegan a 60 Mc/s, y se puede producir una transmisión casi regular en frecuencias situadas entre 30 y 40 Mc/s.

Es evidente que durante los pocos años que preceden y que siguen a la actividad solar máxima, se pueden producir interferencias intolerables en latitudes templadas a larga distancia, en frecuencias de hasta unos 50 Mc/s, hacia el equinoccio y en la estación invernal, durante las horas diurnas. Igualmente pueden producirse interferencias intolerables a larga distancia en estaciones situadas en latitudes bajas (especialmente en el Lejano Oriente), en frecuencias de hasta unos 60 Mc/s. La frecuencia más baja en que tal interferencia es tan rara que puede considerarse insignificante, es de unos 60 Mc/s para las estaciones situadas en latitudes medias, y de unos 70 Mc/s para las estaciones situadas en latitudes bajas. Durante el ciclo de actividad solar con máximo en 1957-1958, se han registrado interferencias en frecuencias todavía más elevadas que en el máximo precedente. Pero la actividad solar durante el máximo de 1957-1958 ha sido la más importante registrada desde que se poseen datos dignos de crédito (1749). En las predicciones de la futura actividad solar, convendría tener en cuenta esta particularidad. En el Informe 109 se incluyen gráficos de predicción de interferencias por la capa F2 para el 1 % y el 10 % del tiempo.

Las predicciones mundiales relativas a la MUF de la capa F2 figuran en los gráficos mensuales publicados por el C. R. P. L. en los Estados Unidos de América, por el D. S. I. R. en el Reino Unido, por el C. N. E. T. en Francia y por otros organismos oficiales.

2. Propagación por la ionización anormal.

2.1 Ionización E esporádica.

A causa de la naturaleza misma de la capa E esporádica, la transmisión por esta capa se limita a un salto y solo alcanza, por lo tanto, a una distancia máxima de unos 2.300 km. Como cuando la ionización esporádica de la capa E es más intensa, la distancia de salto es generalmente de unos 650 km., en una frecuencia de 50 Mc/s, por ejemplo, el alcance de la transmisión se reduce, prácticamente, a las distancias comprendidas entre 650 y 2.300 km.

La ionización esporádica se presenta en formas distintas en las diversas latitudes; por ello conviene estudiar su distribución por zonas de latitud. Las principales zonas que han de estudiarse son las de las auroras boreal y austral, las templadas del Norte y del Sur y la zona ecuatorial. Las zonas aurorales pueden separarse de las templadas por la isocásmica auroral 15 % (esta línea coincide aproximadamente con los paralelos geomagnéticos 60° N. y 60° S.), en tanto que puede considerarse que la demarcación entre las zonas templadas y la zona ecuatorial coincide con la isoclina $\pm 7^\circ$ de inclinación magnética. En las zonas aurorales, la ionización esporádica de la capa E es más que nada un fenómeno nocturno, sin variaciones estacionales pronunciadas. En las zonas templadas, esta ionización se concentra netamente durante los meses de verano y aparece sobre todo entre las 06.00 y medianoche, hora local, con un máximo diurno de gran duración y un máximo secundario entre las 17.00 y las 22.00, hora local. Este tipo de ionización es muy a menudo opaco durante el día y más transparente durante la noche. La ionización esporádica de tipo ecuatorial, casi transparente, es un fenómeno muy regular y esencialmente diurno, con una frecuencia máxima elevada.

La ionización esporádica varía también considerablemente en una zona determinada. En la zona templada del hemisferio Norte, por ejemplo, parece que la periodicidad de la ionización esporádica alrededor del Japón es varias veces más frecuente que en los Es-

tados Unidos de América para la misma latitud magnética (en incidencia oblicua en la frecuencia 50 Mc/s). Además, en las latitudes bajas de la zona templada existe una mayor ionización esporádica que en las latitudes altas de la misma zona. Actualmente, Japón, entre otros países, está estudiando los métodos de predicción con incidencia oblicua de la intensidad de campo debida a reflexiones en la capa E esporádica, en lo que concierne a la distribución en el tiempo y a las variaciones en función de la frecuencia en esas zonas.

Se pueden distinguir, en primer aproximación, tres mecanismos en función del valor de Γ , excedente de atenuación con relación al espacio libre:

- $\Gamma \ll 45$ db: reflexión especular en la capa E esporádica (se presenta como una reflexión en una capa);
- $45 \text{ db} < \Gamma < 70$ db: reflexiones dispersas en la capa E esporádica;
- $\Gamma > 70$ db: dispersión en la capa E esporádica, velada por una dispersión normal en la capa D.

Para los trayectos de incidencia oblicua y, en particular, con antenas de haz ancho, la incidencia prevista de las capas E_s para el punto medio del trayecto puede aumentar algo debido a las reflexiones fuera del trayecto ortodrómico.

La distribución mundial de la ionización esporádica, tal como puede preverse, figura en las cartas mundiales publicadas por el C. R. P. L. de los Estados Unidos de América y por otros organismos oficiales.

2.2 Ionización meteórica.

Las reflexiones producidas por las estelas de meteoros han sido objeto de estudios en Canadá, República Federal de Alemania, Reino Unido, Estados Unidos y otros países. En el Informe 251 se inserta una bibliografía relativa a esta cuestión. El Programa de estudios 196 (VI) está consagrado a las comunicaciones por reflexión en las estelas meteóricas.

2.3 Ionización de otra naturaleza.

Los estudios realizados demuestran que se pueden hallar, a veces, islotes de ionización situados a alturas virtuales distintas de las de todas las capas ionosféricas conocidas. Estos islotes de ionización pueden reflejar en ocasiones ondas de frecuencias situadas en la gama de 30 a 300 Mc/s, siendo el caso más típico aquel en que la reflexión se produce en los bordes de islotes alineados en el campo magnético, lo que sucede en la zona de las auroras polares o en sus proximidades. Esta clase de reflexiones puede constituir una causa de interferencias para estaciones que funcionan en frecuencias comprendidas entre 30 y 300 Mc/s.

Se han observado reflexiones en la región F en frecuencias sensiblemente superiores a la F2-MUF, pero con niveles bastante inferiores a los del espacio libre. La observación de estas reflexiones se ha efectuado en el Lejano Oriente, en América del Sur y en África. Al parecer, se trata de un fenómeno característico de los años de actividad solar intensa, que se produce sobre todo durante los meses del equinoccio.

2.4 Propagación transecuatorial.

Los estudios realizados recientemente demuestran que se pueden efectuar transmisiones de nivel elevado —sobre todo durante los años de intensa actividad solar— por trayectos Norte-Sur que atraviesen el ecuador magnético. La mayoría de las observaciones han sido hechas por aficionados, en una frecuencia de 50 Mc/s y en trayectos de 4.000 a 9.000 km.; se han obtenido resultados para trayectos América del Norte-América del Sur, África-Europa y Japón-Australia.

3. Cuadro de las principales causas de interferencia para las estaciones que funcionan en frecuencias de 30 a 300 Mc/s.

Origen de la interferencia	Zona de latitud	Período de intensa interferencia	Frecuencia máxima aproximada con intensa interferencia (Mc/s)	Frecuencia aproximada por encima de la cual la interferencia es despreciable (Mc/s)	Distancias aproximadas entre las que se manifiesta la interferencia (km.)
Reflexión por la capa F normal	Medias	Día; equinoccio, invierno; actividad solar máxima	50	60	Trayectos E.-O. 3.000-6.000
	Bajas	Atardecer y primeras horas de la noche; actividad solar máxima	60	70	Trayectos N.-S. 3.000-10.000
Reflexión por la capa E esporádica	Aurorales	Noche	70	90	500-2.000
	Medias	Día y primeras horas de la noche; verano	60	90	
	Ecuatorial	Día	60	90	
Dispersión en la capa E esporádica	Bajas	Desde el anoche- cer hasta medianoche	60	90	Hasta 2.000
Reflexión por ionización meteórica	Todas	Particularmente durante chaparrones	Puede ser importante en cualquier frecuencia de la gama		Hasta 2.000
Reflexiones en columnas de ionización auroral alineadas con el campo magnético	Auroral	Ultima hora de la tarde y noche			
Dispersión en la región F	Bajas	Desde el anoche- cer hasta la me- dianoche; equi- noccio	60	80	1.000-4.000
Efectos especiales de propa- gación trans- ecuatorial	Bajas	Desde el anoche- cer hasta me- dia noche	60	80	4.000-9.000

BIBLIOGRAFÍA

En documentos anteriores del C. C. I. R. se han publicado extensas bibliografías al respecto. En los artículos generales que seguidamente se enumeran se dan también datos sobre este problema:

1. MORGAN, M. G.: A review of VHF Ionospheric Propagation. *Proc. I. R. E.*, **41**, 582-587 (mayo de 1953).
2. LITTLE, C. G.; RAYTON, W. M., y ROOF, R. B.: Review of ionospheric effects at VHF and UHF. *Proc. I. R. E.*, **44**, 992-1018 (agosto de 1956).
3. BRAY, W. J., y otros: Review of long-distance radio-wave propagation above 30 Mc/s. *Proc. I. E. E. Parte B*, **102**, 87-95 (enero de 1955).
4. SMITH, E. K., y MATSUSHITA, S.: *Ionospheric Sporadic E*, Pergamon Press, 1962.
5. KERBLAI, T. S.: The characteristics of the sporadic-E layer and their use in radio prediction, Academia de Ciencias de la U. R. S. S. (*IZMIRAN*), núm. **19** (1961).
6. KAISER, T. R.: Radio investigations of aurorae and related phenomena. *The Airglow and Aurorae*, Pergamon Press (1959).
7. HALLEY, P.; DUBOC, J., y THUILLIER, J.: Etude des limites supérieures des fréquences susceptibles d'être réfléchies par l'ionosphere en Europe. *Ann. des Télécom.*, **16**, 5-6 (mayo-junio de 1961).

En las siguientes publicaciones se encuentran datos sobre reflexiones aurorales y dispersión en la región F y sobre la influencia de estos fenómenos en los valores indicados en el § 3:

8. COLLINS, C., y FORSYTHE, P. A.: A bistatic radio investigation of auroral ionization. *J. Atmos. and Terres. Phys.*, **13**, 315-345 (1959).
9. LANGE-HESSE, G.: Some new results of aurora research based on observations in the IGY. Results of aurora observations by means of VHF scatter. *Die Umschau*, **61** (1961).
10. MIYA, K.; SASAKI, T., y ISHIKAWA, M.: Observations of F-Layer and sporadic-E scatter at VHF in the Far East. *Jour. Res. NBS*, **65 D**, 93-99 (enero-febrero de 1961).
11. BATEMAN, R., y otros: I. G. Y. observations of F-layer scatter in the Far East, *J. Geophys. Res.*, **64**, 403 (1959).
12. BAILEY, D. K.: Ionospheric forward-scattering (redactado por la Asamblea general de la U. R. C. I., Londres, 1960).
13. SOUTHWORTH, M. P.: Night-time equatorial propagation at 50 Mc/s. First results from I. G. Y. amateur observing programme, *J. Geophys. Res.*, **65**, 601 (1960).
14. STEIN, S.: The role of ionospheric layer-tilts in long-range high-frequency radio propagation, *J. Geophys. Res.*, **63**, 217 (1958).
15. VILLARD, O. G.; STEIN, S., y YEH, K. C.: Studies of transequatorial ionospheric propagation by the scatter-sounding method, *J. Geophys. Res.*, **62**, 399 (1957).

INFORME 260 *

PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA POR DISPERSIÓN

(Varsovia, 1956 — Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Introducción.

Desde que en 1953 se pusieron en servicio regular los primeros circuitos de gran velocidad que utilizan la propagación por dispersión ionosférica, se ha adquirido considerable experiencia. A los circuitos que ya estaban en explotación en Estados Unidos, por encima de los 40° de latitud N., durante el reducido mínimo de actividad solar de 1954, han venido a sumarse otros, tanto de explotación como experimentales, que han permitido

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 158.

extender el campo de observación desde los trópicos a las regiones árticas, durante un máximo sin precedentes de actividad solar (1957/1958).

Se han creado nuevos equipos terminales en los que se han incorporado, por ejemplo, los progresos realizados en técnicas de modulación y en antenas, y se ha consagrado considerable atención al problema de la confiabilidad. En la actualidad, se comprende mejor numerosas características importantes de la propagación por dispersión ionosférica, entre otras la dispersión de la energía en dirección distinta de la de la antena receptora, como consecuencia de la ionización meteórica direccional. En las secciones que siguen se examina una serie de cuestiones a la luz de la experiencia recientemente adquirida.

2. Distribución geográfica de la intensidad de las señales.

Los resultados obtenidos demuestran que, independientemente de la orientación de los trayectos y de los mecanismos de dispersión, las intensidades de las señales son elevadas, en un casquete de unos 20° alrededor del polo magnético y en la región del ecuador magnético, pero que existe un mínimo bastante bajo entre 20° y 30° aproximadamente del ecuador magnético. Al parecer, las señales recibidas en este «hueco» son durante gran parte del tiempo las dispersadas por ionización meteórica. La situación de este mínimo se ha situado con gran precisión en la región central del Océano Pacífico, al norte del Ecuador, pero es de suponer que su latitud geográfica varía en función de la longitud. Existen razones para creer que en todas las latitudes ciertos tipos de irregularidades ionosféricas están alineadas paralelamente al campo magnético terrestre.

3. Influencia del ciclo solar.

Es de prever una variación a largo plazo de las intensidades de campo relacionada con el ciclo solar, habiéndose hallado algunos indicios de ella durante el día. En las latitudes elevadas, esta variación parece tener cierto retardo con relación al ciclo solar, lo que se considera como una indicación de que depende de la actividad de la perturbación magnética. En las épocas de actividad solar y actividad magnética elevadas, el valor mediano de las intensidades de campo diurnas es varios decibelios superior al registrado en el mínimo de actividad solar. Las diferencias no son constantes, sino que varían en función del trayecto de propagación, de la hora del día y de la estación. Las intensidades de campo débiles parecen depender menos de la actividad solar, lo que confirma la hipótesis de que corresponden a condiciones en que la ionización meteórica desempeña un papel relativamente importante en el mecanismo de la dispersión.

Los resultados son análogos en las latitudes medias, a pesar de que los efectos de las perturbaciones magnéticas no sean tan perceptibles. No es nada fácil evaluar cuantitativamente la influencia del ciclo solar, ya que, por ejemplo en latitudes elevadas, esta influencia está complicada por los efectos de la absorción que tiende a reducir selectivamente la intensidad de campo en períodos de gran actividad solar y geomagnética. Además, es muy posible que variaciones a largo plazo de la ionización meteórica, sin relación alguna con el ciclo solar, oculten la naturaleza exacta de esta influencia.

4. Influencia de la actividad magnética.

Aunque el índice principalmente utilizado para los análisis más importantes de la influencia de las actividades magnéticas ha sido el índice magnético planetario K , también se han usado otros, tales como los índices magnéticos locales, y los relativos a la aparición de «desvanecimientos» (Black-outs) en los ionogramas recogidos en latitudes elevadas. Es importante reconocer que el índice K da una medida bastante adecuada de la radiación corpuscular del Sol. Es bien sabido que, en latitudes elevadas y para frecuencias comprendidas en la gama de 40 a 50 Mc/s, los valores elevados de los índices K van acompañados de intensidades de campo superiores a la normal. Esta relación es menos evidente en frecuencias algo inferiores, dada la mayor importancia de la absorción ionosférica en períodos de gran actividad magnética. En las latitudes medias, como era de prever, la relación es

mucho menos notable, puesto que la radiación corpuscular del Sol rara vez penetra hasta esas latitudes.

5. Dispersión ionosférica ecuatorial.

Se ha formulado la hipótesis de que el fenómeno ecuatorial de aparición de la capa *E* esporádica (*E* esporádica de tipo *q*) puede estar ligada al «chorro electrónico» ecuatorial. Las mediciones simultáneas del tiempo de propagación de impulsos de incidencia vertical y de incidencia oblicua, efectuadas en Huancayo (Perú), en las inmediaciones del ecuador magnético, han permitido observar la existencia durante el período diurno, de una estrecha correlación entre las variaciones locales de la componente horizontal del campo magnético terrestre y la intensidad de las señales dispersadas en la parte baja de la ionosfera, en la vertical del observatorio. Las fuentes de dispersión están situadas a una altura de 100 a 110 km., región en la que se produce el chorro electrónico. Parece, pues, que la estructura del chorro electrónico puede estudiarse utilizando técnicas radioeléctricas, sobre todo en lo que respecta a la gama de latitudes a que se extiende, así como a las variaciones en el tiempo y en el espacio de sus irregularidades.

6. Dispersión en la capa *F*.

Los resultados recientemente obtenidos en la parte ecuatorial de las zonas centrales y occidentales del Océano Pacífico han demostrado que a veces se produce una dispersión en la capa *F* de la ionosfera. Se había creído que este fenómeno podría originar perturbaciones, pero en realidad no ha causado graves dificultades en la explotación de los sistemas clásicos de radiocomunicaciones por propagación ionosférica mediante la dispersión en la zona *E*. Los límites geográficos de la dispersión en la capa *F* no se han determinado con precisión, pero se ha observado el fenómeno a varios centenares de kilómetros del Ecuador.

7. Gama utilizable de frecuencias.

En la actualidad está generalmente admitido que la gama utilizable de frecuencias para las comunicaciones mediante la propagación por dispersión ionosférica se extiende entre los límites aproximados de 30 y 60 Mc/s, en la parte inferior de la banda de ondas métricas (banda 8). El límite inferior está definido por el aumento de la absorción ionosférica que acompaña a la disminución de la frecuencia con ocasión de perturbaciones ionosféricas repentinas y de fenómenos de absorción en el casquete polar, y asimismo por la necesidad de evitar interferencias de señales propagadas por reflexión entre la Tierra y la capa *F*₂.

Cuando el circuito se explota por dispersión, pueden existir interferencias debidas a transmisores situados en otras direcciones en las que es posible el modo de propagación de la capa *F*. Aunque las interferencias mutuas entre el circuito que utiliza la dispersión y los demás circuitos puedan atenuarse en ciertos casos mediante el empleo de antenas muy directivas, el único medio de suprimir eficazmente este tipo de interferencias es una buena planificación y atribución de frecuencias.

Existe, no obstante, una posibilidad de autointerferencia debida a la energía dispersada hacia atrás en el suelo y propagada por reflexión en la capa *F*₂, sobre todo si no es posible este modo de propagación en el trayecto directo que va del transmisor al receptor. En realidad, este caso se presentó en el momento en que la actividad solar era elevada y causó en un principio ciertas dificultades. Desde entonces, se han elaborado diversos métodos especiales de modulación que han permitido reducir de tal modo los efectos de la dispersión hacia atrás que ya no causan dificultades en las comunicaciones telegráficas.

En consecuencia, la principal limitación impuesta al empleo de las frecuencias más bajas de la gama considerada es el aumento de la absorción. En latitudes elevadas, los fenómenos de absorción en las inmediaciones del casquete polar pueden muy bien inutilizar el circuito durante una fracción de tiempo, que aumenta rápidamente a medida que se reduce la frecuencia de trabajo por debajo de unos 30 Mc/s. Durante un período de actividad solar intensa, la absorción puede muy bien revestir gran importancia durante una fracción de tiempo apreciable, incluso en la gama comprendida entre 30 y 40 Mc/s, si se trata de lograr la mayor confiabilidad posible en la explotación.

El límite superior de la gama de frecuencias considerada depende principalmente de ciertos factores de orden económico. Se puede considerar, a título indicativo, que las intensidades de campo varían en razón inversa de la séptima potencia de la frecuencia para antenas de dimensiones proporcionales a la longitud de onda y para una misma potencia de entrada, en tanto que la intensidad del ruido cósmico varía en razón inversa de la potencia 2,5 de esta frecuencia. Puede, pues, admitirse que la relación señal/ruido varía sensiblemente en razón inversa de la potencia 4,5 de esta misma frecuencia. Por tanto, la relación señal/ruido en 60 Mc/s sería unos $10 \log_{10} (60/30) \times 4,5$, o sea 13,5 db menos que en 30 Mc/s. Prácticamente, una antena receptora para 60 Mc/s con la misma abertura que una para 30 Mc/s sería, según los principios actuales, demasiado directiva y no permitiría lograr el aumento suplementario de ganancia en onda plana con relación a una antena dimensionada. Aun admitiendo que el valor de 13,5 db corresponde a una sobreestimación de varios decibelios de la reducción de la relación señal/ruido, lo que no parece probable, se ve que con un nuevo aumento de la frecuencia de trabajo, los gastos de explotación, ya muy considerables, incluso sin ser prohibitivos, reducirían las posibilidades del sistema de competir con los demás medios de comunicaciones de que se dispone en estas frecuencias más elevadas.

8. Selección de las frecuencias de trabajo.

El estudio que acaba de hacerse de los factores que determinan la gama útil de frecuencias aconseja que para la selección de las frecuencias destinadas a circuitos en los que se utilice la propagación por dispersión, los servicios se clasifiquen en tres categorías:

8.1 *Circuitos en los que se utiliza una sola frecuencia de la parte inferior de la banda (por ejemplo, entre 30 y 45 Mc/s).*

Estos circuitos serían adecuados para facilitar en las latitudes templadas seguros servicios de telegrafía y de facsímil, cuando se utilicen técnicas de modulación y antenas especiales para suprimir la autointerferencia causada por ecos de dispersión hacia atrás transmitidos por trayectos múltiples. Estas precauciones no son necesarias en el caso de la palabra modulada en amplitud, ya que la inteligibilidad no está gravemente afectada por este tipo de interferencia.

La explotación continua en una sola frecuencia puede, naturalmente, dar lugar a interferencias a larga distancia causadas por propagación por la capa F_2 , como en el caso de los circuitos de ondas decamétricas, así como por reflexiones en la capa E esporádica. Para evitar este último tipo de interferencia, convendría que los terminales de transmisión y recepción de los circuitos de dispersión ionosférica estuvieran geográficamente separados de los demás circuitos capaces de causar estas interferencias por una distancia de 2.300 kilómetros por lo menos.

Como indicación de la probabilidad de interferencia causada por la propagación por la capa F_2 , las figuras 1, 2 y 3 representan curvas de las frecuencias máximas reflejadas por la capa F_2 , rebasadas el 1 % del tiempo durante el solsticio de diciembre, el solsticio de junio y los períodos equinocciales, respectivamente, para una actividad solar máxima. Un círculo de un radio igual a 2.000 km., centrado en la antena de recepción de un circuito de dispersión ionosférica, indica las frecuencias en las que la señal interferente puede llegar de varias direcciones en un trayecto de 4.000 km. durante el 1 % del tiempo. El porcentaje de tiempo es más pequeño en trayectos de longitud superior o inferior a 4.000 kilómetros.

8.2 *Circuitos en los que se utiliza una sola frecuencia superior a 45 Mc/s.*

Estos circuitos serán empleados por servicios que requieren una confiabilidad máxima, cuya capacidad de canales sea limitada o que estén concebidos para la elevada potencia requerida en una mayor capacidad de canales. Presentan la ventaja de que las antenas y las técnicas de modulación utilizadas pueden ser más sencillas que las exigidas por los circuitos que trabajan en una sola frecuencia inferior a 45 Mc/s.

8.3 *Circuitos de dos frecuencias.*

La posibilidad de trabajar en dos frecuencias, una de la gama comprendida entre 30 y 45 Mc/s y la otra entre 45 y 60 Mc/s, presenta particular interés. Se encuentran en esta categoría los servicios que exigen el máximo de confiabilidad y que están concebidos para

un mínimo de potencia en explotación normal en la frecuencia más baja, pero que pueden funcionar con una potencia mayor en la frecuencia más elevada o con una capacidad de transmisión reducida, cuando ello es necesario para asegurar la continuidad del servicio durante períodos de intensa absorción que se producen de vez en cuando, o durante períodos de interferencia causadas por la propagación F_2 a gran distancia en la frecuencia inferior.

La frecuencia más elevada será más útil durante los períodos de gran actividad solar, si bien esta frecuencia estará disponible en todo momento y en condiciones de ser utilizada en lugar de la frecuencia más baja en cuanto aparezcan las primeras dificultades. La elección entre las frecuencias situadas en cada una de la dos gamas dependerá de la posición geográfica.

9. Técnicas de modulación y de corrección automática de errores.

Aparte de las técnicas de modulación destinadas a eliminar los efectos de autointerferencia causados por la dispersión hacia atrás, se han adoptado técnicas especiales de modulación de frecuencia en telegrafía para luchar contra los efectos Doppler que acompañan a las reflexiones en zonas de ionización meteórica. Estas técnicas utilizan el multiplaje por distribución en el tiempo con preferencia al multiplaje con distribución en frecuencia, y empiezan ya a emplearse sistemas de 16 canales con velocidad de 60 a 100 palabras/minuto. Los circuitos de dispersión ionosférica no permiten, económicamente hablando, obtener suficiente anchura de banda para asegurar circuitos telefónicos en gran escala, y no es probable que se empleen para más de uno o dos canales telefónicos.

Las técnicas de corrección automática de errores, que resultan muy eficaces cuando la proporción natural de errores en los caracteres es moderadamente elevada, pueden ser muy útiles cuando el tráfico telegráfico se encamine por un circuito de dispersión ionosférica.

10. Diseño de las antenas.

El problema de elección de las antenas gira en torno a la necesidad de obtener, para una determinada potencia de entrada en la antena transmisora, la máxima protección en la antena receptora contra las interferencias perjudiciales causadas por las componentes de la señal que se propagan por trayectos múltiples y, en grado más limitado, contra las interferencias causadas por otros transmisores, y a la necesidad de obtener la mejor relación señal/ruido posible, habida cuenta de la elevada pérdida de transmisión que va unida a la propagación por dispersión ionosférica.

Las antenas rómbicas de grandes dimensiones, tan utilizadas en las primeras instalaciones, van desapareciendo poco a poco y son sustituidas por sistemas de antenas más reducidos, de menor ganancia y de mayor amplitud de haz, pero con relaciones (radiación hacia atrás/radiación hacia adelante) más elevadas. Cuando la intensidad de la señal es reducida, conviene utilizar la recepción por diversidad en el espacio. Los trabajos que se están llevando a cabo en el Japón demuestran que con una separación de 26 longitudes de onda, la correlación entre las señales recibidas en las dos antenas es débil y que es posible obtener una mejora de 5 db en la relación señal/ruido en el caso de niveles reducidos, seleccionando por medio de un conmutador la más intensa de las dos señales.

11. Efectos de los meteoros.

Aunque en la práctica corriente se siguen empleando generalmente para circuitos de dispersión ionosférica, antenas orientadas según el círculo máximo para favorecer la recepción de las señales resultantes de la dispersión cerca del punto central del trayecto, no es cierto en modo alguno que este sistema se considerará durante mucho tiempo una buena técnica. La importancia de la dispersión debida a la ionización meteórica de propiedades directivas, eficaz sobre todo en la zonas de la ionosfera desplazadas transversalmente con relación al plano del círculo máximo, es ya un hecho reconocido. El efecto de esta zona de ionización como fuente de dispersión, varía en gran medida según la hora del día, la estación, la actividad meteórica, la ubicación del trayecto, su longitud y su orientación. Utilizando antenas que permitan aprovechar la dispersión causada por la ionización

meteórica que se produce en regiones ionosféricas distintas de la que se halla encima del punto central del trayecto, se podrá obtener en determinados momentos una relación señal/ruido más elevada. Este aumento reviste particular importancia para mejorar la eficacia de un circuito durante ciertas estaciones del año y en determinadas horas del día, cuando se producen las relaciones señal/ruido más bajas para la dispersión en la zona situada en el punto central del trayecto.

12. Confiabilidad de los circuitos de dispersión ionosférica.

En conclusión, se puede afirmar que si bien queda aún mucho por descubrir en lo que se refiere al mecanismo de la dispersión ionosférica, las técnicas de comunicación por dispersión han progresado hasta un punto tal que los problemas de confiabilidad de los servicios consisten, no ya en una modificación de las condiciones de propagación, si no más bien en el estudio de los factores eléctricos, mecánicos, electrónicos y humanos que intervienen en la explotación y en la mantenimiento de los circuitos.

BIBLIOGRAFÍA

1. BAILEY, D. K., y otros: A new kind of radio propagation at very-high-frequencies observable over long distances. *Phys. Rev.*, **83**, 141-145 (1952).
2. BAILEY, D. K.; BATEMAN, R., y KIRBY, R. C.: Radio transmission at VHF by scattering and other processes in the lower ionosphere. *Proc. IRE*, **43**, 1181-1230 (1955).
3. ABEL, W. G., y otros: Investigations of scattering and multipath properties of ionospheric propagation at radio frequencies exceeding the MUF. *Proc. IRE*, **43**, 1255-1268 (1955).
4. BRAY, W. J., y otros: VHF propagation by ionospheric scattering and its application to long-distance communications. *Proc. IEE*, **103**, Parte B, 236-260 (1956).
5. BAILEY, D. K.: Ionospheric forward scattering (memoria presentada a la Asamblea general de la U. R. C. I., Londres, 1960).
6. ROSE, J., y otros: The Pacific scatter communication system, Convention Record, 5th National Symposium on Global Communication, 110-113 (mayo de 1961).
7. HALLEY, P.; DUBOC, J., y THUILLIER, J.: Etude des limites supérieures des fréquences susceptibles d'être réfléchies par l'ionosphere en Europe. *Ann. des Télécom.*, tomo **16**, 5-6 (mayo-junio de 1961).

También se podrán consultar largos pasajes de las revistas y documentos siguientes:

8. *Proc. IRE*, **43**, 10 (octubre de 1955).
9. IRE Transactions on communications systems, CS-4, 1 (marzo de 1956).
10. *Proc. IEE*, **105**, parte B (mayo de 1958); véase en «Reunión I» las memorias presentadas a un coloquio y las discusiones correspondientes sobre el tema «La propagación por dispersión ionosférica hacia adelante».
11. *Proc. IRE*, **48**, págs. 4-44 (enero de 1960). Informe de la JTAC: «Radio transmission by ionospheric or tropospheric scatter».

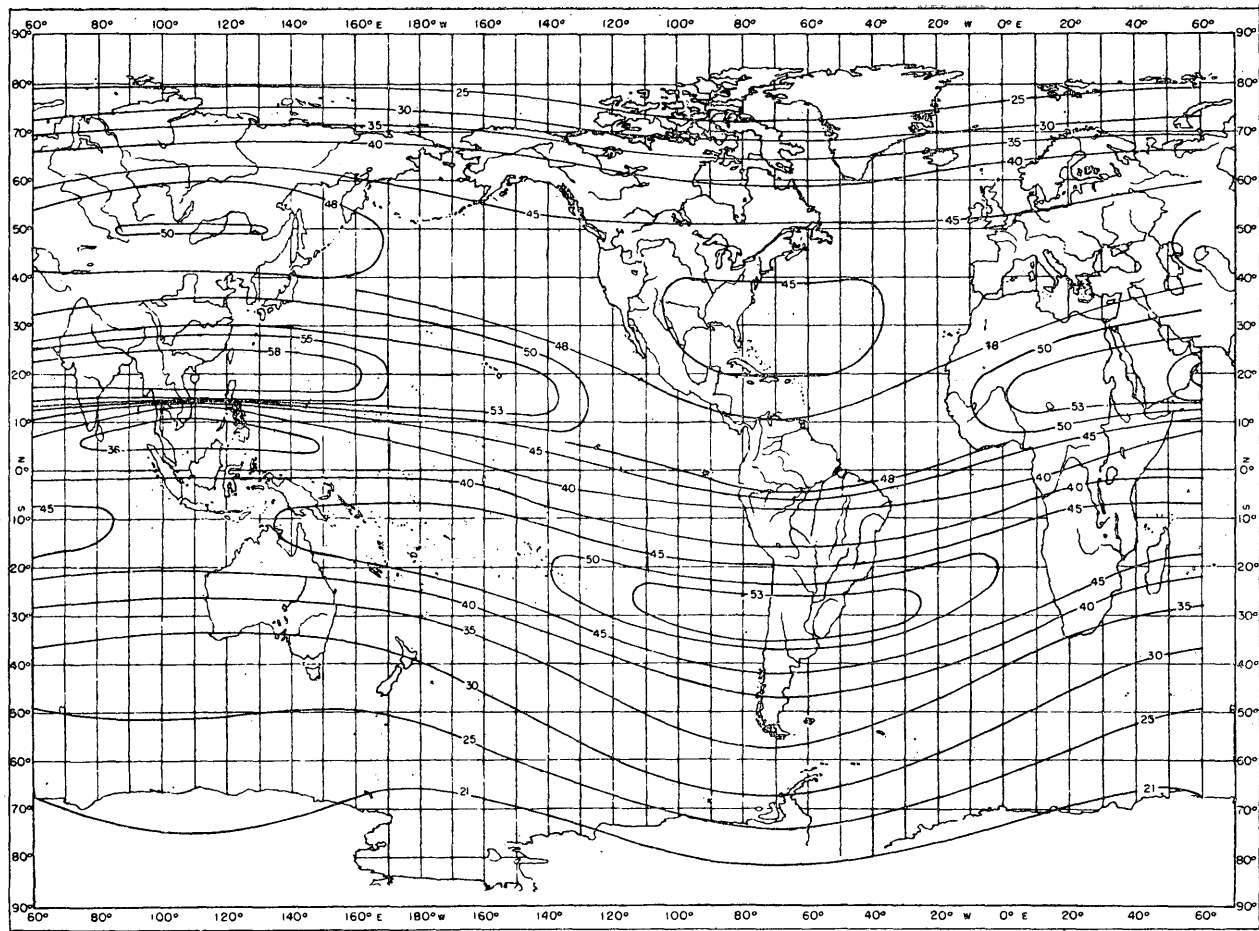


FIGURA 1

MUF F2 4.000 rebasada durante el 1 % de las horas.—Solsticio de diciembre; máximo de actividad solar

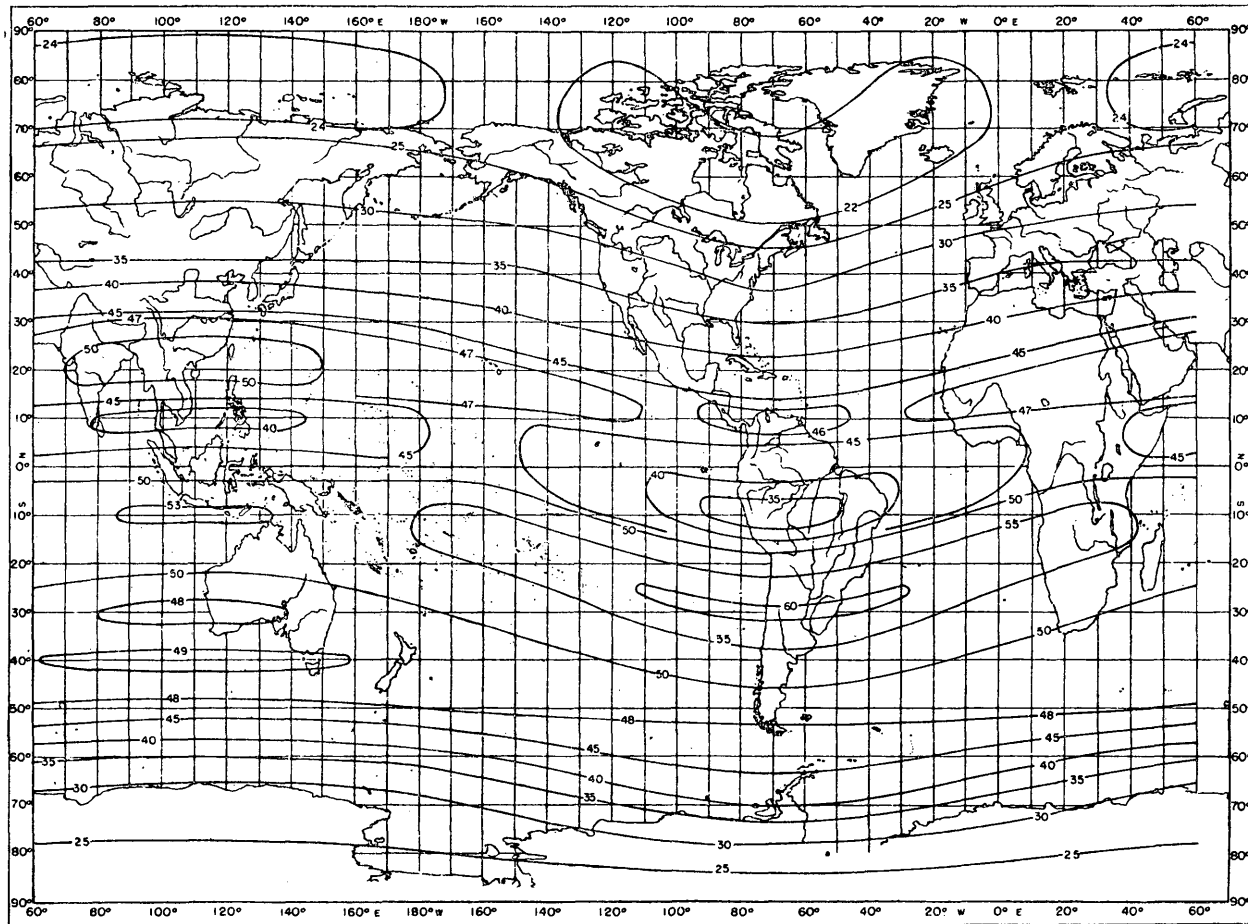


FIGURA 2

MUF F2 4.000 rebasada durante el 1 % de las horas.—Solsticio de junio; máximo de actividad solar

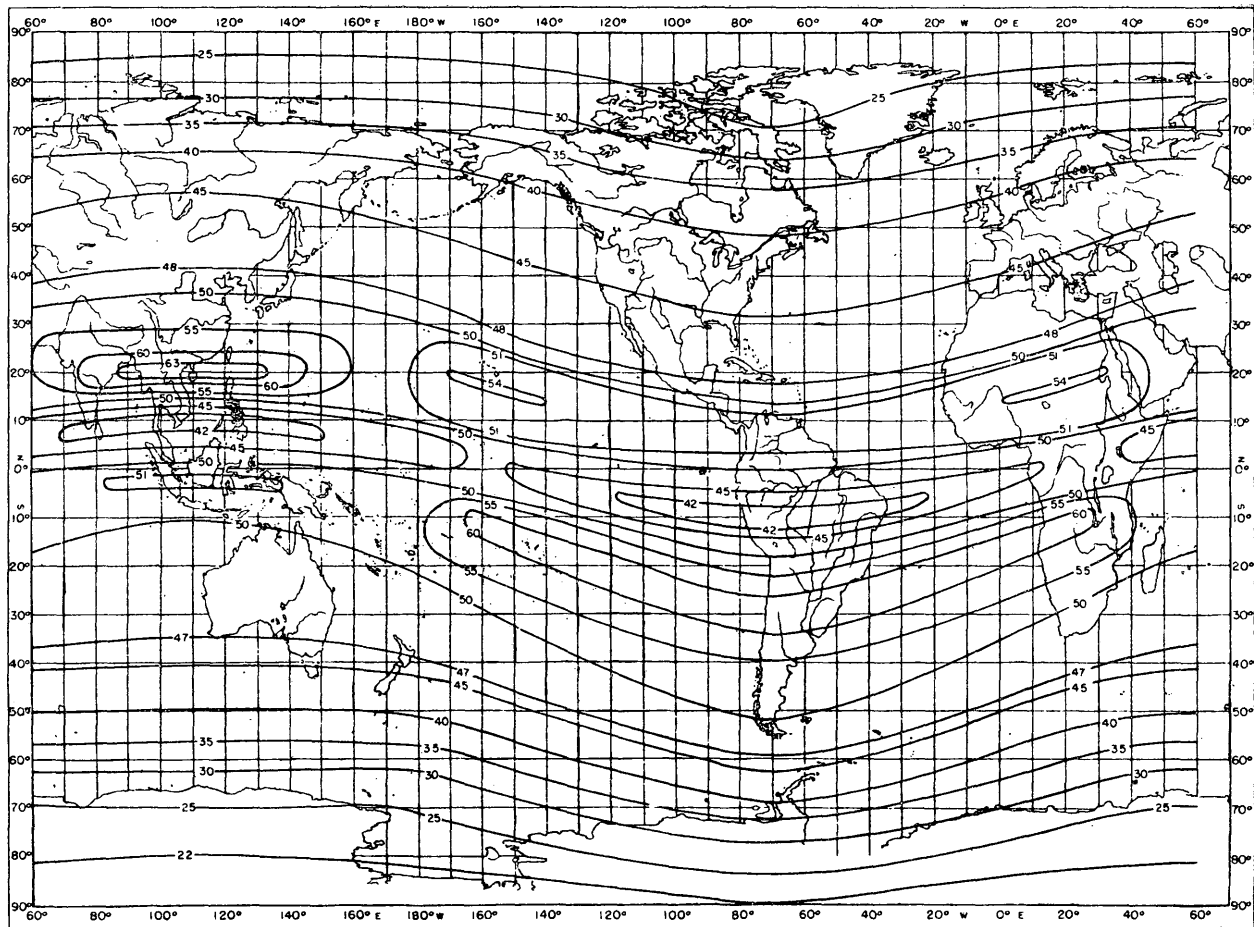


FIGURA 3

MUF F2 4.000 rebasada durante el 1 % de las horas.—Equinoccio; máximo de actividad solar

INFORME 261 *

DISPERSIÓN HACIA ATRÁS

(Programa de estudios 203 (VI))

(Ginebra, 1963)

1. Introducción.

Una onda radioeléctrica propagada por la ionosfera se dispersa parcialmente por las irregularidades de la superficie de la tierra o del mar e incluso, hasta cierto punto, por las de la propia ionosfera. Una parte de la energía dispersada vuelve hacia el transmisor por el mismo trayecto de propagación [1 a 6] y, midiendo el tiempo de propagación del eco, puede deducirse la distancia oblicua de la fuente de dispersión. Una antena directiva que gire lentamente en un eje vertical permite, además, determinar el acimut de la región del eco.

Si se dispone de datos sobre la altura de la ionosfera, puede calcularse la distancia al suelo mediante la distancia oblicua medida del eco de dispersión hacia atrás [7, 8]. De este modo, a partir de una estación única, es posible analizar las condiciones de propagación ionosférica existentes en todas las direcciones y para distancias generalmente del orden de varios miles de kilómetros [9]. Se utilizan normalmente impulsos bastante largos (1 ms) para poder aprovechar el efecto de «enfoque en el tiempo» que se produce inmediatamente después de la distancia de salto [10, 11]. A este método se le denomina simplemente «sondeo por dispersión hacia atrás».

Hay otro método de medición que consiste en hacer variar la frecuencia con un acimut dado, en lugar de hacer variar el acimut. Este método, llamado de «sondeo por dispersión hacia atrás con barrido de frecuencia» permite obtener datos más precisos sobre los modos de propagación existentes en un acimut dado.

2. Identificación de las fuentes de dispersión hacia atrás.

Para determinar la dirección de un eco debido a la dispersión hacia atrás, la directividad *acimutal* combinada de las antenas transmisora y receptora debe ser suficiente para permitir discriminar los ecos procedentes de otras direcciones.

Para poder estimar la distancia de las fuentes de dispersión hacia atrás a partir de registros osciloscópicos, es necesario admitir la existencia de modos activos. La identificación de esas fuentes es más fácil si se conoce la directividad *vertical* combinada de las antenas, pero si se carece de datos de incidencia vertical, hay que formular con prudencia las conclusiones. No obstante, en ausencia de datos sobre la altura ionosférica, se ha podido en una cierta experiencia determinar la distancia al suelo utilizando una antena con un diagrama de radiación vertical dividido en dos lóbulos distintos: la superposición de los ecos en esos dos lóbulos ha permitido poner de manifiesto el fenómeno de enfoque [12].

El efecto de enfoque es característico de los ecos debidos a la capa *F* en las proximidades de la distancia de salto, y parece que la probabilidad de que se produzca este efecto es máxima en las tardes de invierno y en las noches de verano. La ausencia de enfoque permite poner de manifiesto los modos de propagación *E_s* [13]. Otro método para identificar los modos *E_s* consiste en emplear sondas de dispersión hacia atrás con barrido en acimut: es posible seguir con facilidad sorprendente el desplazamiento de ciertos fragmentos de la capa *E_s*, y se ha podido apreciar la existencia de un movimiento general hacia el Oeste en las proximidades de la latitud 40° Norte [14 a 19].

* Adoptado por unanimidad.

Las sondas mencionadas registran a veces ligeras variaciones de la distancia del eco, que son función del acimut. Estas variaciones están ligadas a la existencia de una onda única de gran magnitud debida a una modificación de ionización de la región F y que se propaga lentamente por encima de la estación de observación, con velocidades de unos 1.000 km/h [20].

3. Aplicaciones prácticas.

Se han hecho pruebas de dispersión hacia atrás en frecuencias fijas para determinar las condiciones de aplicación de este método en el servicio de radiodifusión de ondas decamétricas. Se ha comprobado que los límites de las zonas de servicio determinados por este método concordaban mejor con las indicaciones de los oyentes que las predicciones basadas en sondeos de incidencia vertical. Los diagramas de eco ponían claramente de relieve las diferencias de cobertura en la zona de servicio al cambiar la antena de transmisión. Mediante pruebas análogas se han podido prever con unos minutos de precisión, desvanecimientos de señales en un circuito telegráfico de longitud media [11, 21, 22].

En el caso de una transmisión de radiodifusión en la India, observaciones de dispersión hacia atrás revelaron que la distancia de salto tenía un valor menor que el deducido de la sola consideración de la capa F ; se demostró que este hecho se debía a la propagación por la capa E_s [23].

4. Fenómenos anormales.

Experiencias de dispersión hacia atrás han probado la existencia de ecos a gran distancia, hasta 10.000 km. aproximadamente, más intensos que los de reflexiones múltiples que se observan a distancias más reducidas. Algunas veces, los primeros persisten después de la desaparición de los últimos. Pueden observarse estos ecos a gran distancia sin ir acompañados de reflexiones intermedias en el suelo, principalmente al amanecer, al atardecer y al atravesar el Ecuador (véase el Informe 250). Se atribuyen generalmente a las inclinaciones de las capas y han sido objeto de estudios muy completos [24, 25].

Se han descrito observaciones de fenómenos de dispersión hacia atrás que indican la existencia de un modo interesante de propagación en el que la señal alta frecuencia, que es siempre algo superior a la de penetración de la ionosfera en la dirección del campo magnético, se orienta aparentemente a lo largo de las líneas de fuerza del campo [26].

Otros estudios en 40,3 Mc/s han puesto de manifiesto la existencia de ecos cuya duración de propagación rebasaba en 50 ms a la de los ecos por reflexiones en la capa E [27]; se trata de ecos aurales transmitidos fuera del trayecto y de reflexiones por dispersión en el suelo, con una o dos reflexiones en F_2 , a distancias que pueden llegar hasta 6.000 kilómetros. Durante los días de invierno se trataba casi siempre de reflexiones en F_2 .

5. Dispersión hacia atrás procedente directamente de las irregularidades ionosféricas.

5.1 Ionización según las líneas de fuerza del campo magnético.

Se han observado experimentalmente en la ionosfera irregularidades y gradientes que pueden producir ecos de dispersión directa hacia atrás en frecuencias bastante superiores a las reflejadas normalmente por la ionosfera en condiciones de ionización superior a la normal. El rendimiento de este fenómeno es extremadamente reducido. La mayor parte de la energía atraviesa la región de dispersión; no obstante, se puede captar un eco de intensidad bastante elevada a causa del gran número de elementos de dispersión que observa simultáneamente el radar. Estos ecos tienen la notable propiedad de llegar a su máximo cuando se los observa perpendicularmente al campo magnético terrestre. Booker ha descrito empíricamente este fenómeno [28]. Las posibilidades de transmisión que ofrecen estos modos de propagación sólo se han estudiado parcialmente.

5.2 Ionización auroral.

En las proximidades de la zona auroral, la aurora tiene propiedades de dispersión suficientemente intensas para dispersar las ondas decamétricas, métricas o incluso decimétricas de radar*. Estos ecos están íntimamente ligados a la aurora visible, y ofrecen una

* En los artículos [29, 30, 31 y 32] figuran estudios sobre las investigaciones emprendidas al respecto antes de 1955.

variación diurna que llega al máximo hacia media noche, y una variación estacional máxima en los equinoccios. Con independencia de que están subordinados a la orientación del campo magnético, los ecos causados por la ionización auroral parecen limitarse a altitudes de unos 100 a 125 km., en tanto que la luz de la radiación auroral puede provenir de una altitud de varios centenares de kilómetros. Cuando el sol ilumina la región *E* se produce otro tipo de eco auroral [30], que procede de una estratificación horizontal de unos 10 kilómetros de espesor [33] y la gran extensión lateral.

Incluso en latitudes alejadas de la zona auroral, los equipos de ondas decamétricas que utilizan la dispersión hacia atrás en el suelo han permitido la observación de ecos lejanos debidos a la ionización auroral y que son posibles gracias a la curvatura de la ionosfera y quizá también a una reflexión suplementaria en la superficie del suelo [34].

5.3 Ionización según las líneas de fuerza del campo magnético en latitudes medias.

Con radares de ondas decamétricas como los empleados para los sondeos en que se utiliza la dispersión hacia atrás en el suelo, se han podido observar regularmente ecos originados por campos colineales, que se parecen mucho a los ecos aurorales, pero que no son tan intensos ni están en correlación con la actividad geomagnética. Un eco del tipo región *E*, asociado a una ionización *E*-esporádica, se distingue claramente de otro del tipo región *F* con extensión de la ionización *F* [35]. En un trayecto oblicuo en una latitud media, se ha observado en la frecuencia 200 Mc/s una ionización de la región *E* de campos colineales, pero puede tratarse posiblemente de un fenómeno de ionización meteórica [36].

5.4 Ionización ecuatorial según las líneas de fuerza del campo magnético.

En el caso especial del ecuador magnético con su mínimo de ionización, donde el campo magnético es paralelo a la superficie de la tierra y a las capas ionosféricas estratificadas, la ionización con extensión de la región *F*, según la registra una sonda de incidencia vertical, está constituida en realidad por irregularidades horizontales con campos colineales que provocan sobre todo ecos en el plano este-oeste que pasa por la vertical de la estación [37].

BIBLIOGRAFÍA

- VILLARD, O. G., y PETERSON, A. M.: Scatter-sounding: a technique for study of the ionosphere at a distance, *Trans. IRE*, PGAP 3, 186-201 (1952).
- SHEARMAN, E. D. R.: A study of ionospheric propagation by means of ground back scatter, *Proc. IEE*, Paper 1914 R (1955).
- SILBERSTEIN, R.: Sweep-frequency back scatter.—Some observation and deductions, *Trans. IRE*, AP-2, 56 (1954).
- PETERSON, A. M.: Ionospheric back scatter, *Annals of the IGY III*. Part IV, 361-381, Pergamon Press (1957).
- KONO, T.: Experimental study en scattered echoes (II), Report of Ionospheric Research in Japan, 4, 189-199 (1950).
- DIEMINGER, W.: The scattering of radio waves, *Proc. Phys. Soc.*, 64-B, 142-158 (1951).
- KOSIKOV, K. M.: Oblique return sounding and problems of radio communication and broadcasting over long distances, *Telecommunications*. (U. S. S. R. *Electrosvyaz*), 7, 699 (1959).
- BIBL, K.: Aktive Hochfrequenzspektrometer für die ionosphärische Echolotung I: Direktregistrierung ionosphärischer Charakteristiken. (Espectómetro activo de alta frecuencia para sondeos ionosféricos. I. Registro directo de las características de la ionosfera). *Arch. Elektr. Uebertr.* 14, 341-347 (1960).
- PETERSON, A. M.; EGAN, R. D., y PRATT, D. S.: The IGY three-frequency back scatter sounder; *Proc. IRE*, 47, 300-314 (1959).
- PETERSON, A. M.: The mechanism of F-layer propagated back scatter echoes, *J. Geophys. Res.*, 56, 221 (1951).
- BECKMANN, B. J., y VOGT, K.: Backscatter Beobachtungen an Telegraphie-Signalen (Observaciones de dispersión hacia atrás en señales telegráficas), 157-166, *Electromagnetic Wave Propagation*, editado por M. Desirant et J. L. Michiels (Academic Press, 1960).

12. RANZI, I.: An echo diagram of back-scattering and vertical radiation diagram, Centro radioelettrico sperimentale G. Marconi, Roma, Note 8 (1961).
13. BIBL, K.: Experimental proof of focusing at the skip distance by back-scatter records. *Proc. IRE*, **48**, 956-957 (1960).
14. VILLARD, O. G., y PETERSON, A. M.: A method for studying sporadic-E clouds at a distance, *Proc. IRE*, **40**, 992-994 (1952).
15. CLARK, C.: Motion of sporadic-E patches determined from high-frequency back scatter records, *Nature*, **178**, 486-487 (1956).
16. HARWOOD, J.: Some observations of the occurrence and movement of sporadic-E ionization, *J. Atmos. Terr. Phys.*, **20**, 4, 243-262 (1961).
17. EGAN, R. D., y PETERSON, A. M.: Backscatter observations of sporadic E, pp. 89-109, *Ionospheric Sporadic E*, edited by Smith E. K. and Matsushita, S. Pergamon Press (1962).
18. BIBL, K.: Neuartige Backscatter-Registrierungen und Ergebnisse (Nuevo Método de registro de la disposición hacia atrás y resultados obtenidos), según el informe de reunión sobre física de la ionosfera y propagación de ondas. Kleinheubach (1961) (FTZ Darmstadt).
19. SHEARMAN, E. D. R., y HARWOOD, J. R.: Sporadic-E as observed by back-scatter techniques in the United Kingdom, *JATP*, **18**, 29 (1960).
20. TVETEN, L. H.: Ionospheric motions observed with high-frequency back scatter sounders, *J. Res. NBS*, **65-D**, 115-127 (1961).
21. SHEARMAN, E. D. R.: An investigation of the usefulness of back scatter sounding in the operation of high-frequency broadcasting services, *Proc. IEE*, **108 B**, 361 (1961).
22. BECKMANN, B., y VOGT, K.: Über Beobachtungen der Rückstreuung (Back scatter) in Kurzwellengebiet an Kommerziellen Telegraphie Signalen (Observaciones de disposición hacia atrás en señales de telegrafía comercial en ondas decamétricas). *Fernmeldetechnische Zeitschrift*, **8**, 473-481 (1955).
23. MITRA, S. N., e IYENGAR, V. C.: *Ind. Jour. Phys.*, **28**, 147 (1954).
24. STEIN, S.: The role of ionospheric layer-tilts in long range high-frequency radio propagation, *J. Geophys. Res.*, **63**, 217-241 (1958).
25. SOUTHWORTH, M. P.: Night-time equatorial propagation at 50 Mc/s: First results from an IGY amateur observing programme, *J. Geophys. Res.*, **65**, 601-607 (1960).
26. GALLET, R. M., y UTLAUT, W. F.: Evidence on the laminar nature of the exosphere obtained by means of guided high-frequency wave propagation. *Phys. Rev. Letters*, **6**, 591-594 (1961).
27. MAYNARD, L. A.: Propagation of meteor-burst signals during the polar disturbance of November 12-16, *Can. J. Phys.*, **39**, 628 (1961).
28. BOOKER, H. G.: Turbulence in the ionosphere with applications to meteor-trails, radio-star scintillation, auroral radar echoes and other phenomena, *J. Geophys. Res.*, **61**, 673-705 (1956).
29. LITTLE, C. G.; RAYTON, W. M., y ROOF, H. B.: Review of ionospheric effects at VHF and UHF, *Proc. IRE*, **44**, 992-1018 (1956).
30. PRESNELL, R. I., y otros: VHF and UHF radar observations of the aurora at College, Alaska, *J. Geophys. Res.*, **64**, 1179-1190 (1959).
31. FRICKER, S. J.; INGALLS, R. P.; STONE, M. L., y WANG, S. C.: UHF auroral observations, *J. Geophys. Res.*, **62**, 527-546 (1957).
32. BATES, H. F.: The Slant-Es echo.—A high frequency auroral-echo, *J. Geophys. Res.*, **66**, 447-454 (1961).
33. UNWIN, R. S.: The geometry of auroral ionization, *J. Geophys. Res.*, **63**, 501-506 (1958).
34. PETERSON, A. M., y LEADABRAND, R. L.: Long-range radio-echoes from auroral ionization, *J. Geophys. Res.*, **59**, 306-309 (1954).
35. PETERSON, A. M., y otros: Regularly-observable aspect-sensitive radio reflection from ionization aligned with the earth's magnetic field and located within the ionospheric layers at middle latitude, *J. Geophys. Res.*, **64**, 497-512 (1955).
36. HERITAGE, J. L.; WAISBROD, S., y FAY, W. J.: Evidence for 200 Mc/s ionospheric forward-scatter mode associated with the earth's magnetic field, *J. Geophys. Res.*, **64**, 1235-1241 (1959).
37. COHEN, R., y BOWLES, K. L.: On the nature of equatorial spread-F, *J. Geophys. Res.*, **66**, 1081-1106 (1961).

INFORME 262 *

PROPAGACIÓN POR EL MODO DE SILBIDOS

(Ginebra, 1963)

1. La existencia de los silbidos era ya conocida antes del advenimiento de la radio, puesto que, aunque sea preciso que en el lugar de observación el ruido industrial sea sumamente bajo, el equipo más sencillo basta para detectarlos. Los primeros estudios consagrados a la propagación de las ondas miriamétricas en la ionosfera por el modo extraordinario han permitido explicar la ley de dispersión de frecuencias de los silbidos y fueron la base de la teoría de la propagación, generalmente admitida, entre puntos conjugados definidos como los dos extremos de una línea de fuerza del campo magnético terrestre.

Esta teoría se ha comprobado por medio de observaciones realizadas en cooperación en ubicaciones aproximadamente conjugadas en el sentido anteriormente indicado. Los primeros experimentos versaron sobre silbidos producidos naturalmente por las descargas atmosféricas, siendo completados más tarde por observaciones hechas sobre señales producidas por transmisiones de ondas miriamétricas de estaciones radioeléctricas de gran potencia y propagadas por el modo de silbidos.

Paralelamente a estos trabajos experimentales, se elaboró la teoría de la propagación por el modo de silbidos; sin embargo, pese a los grandes progresos realizados, aún no es posible predecir exactamente las intensidades de las señales, dada la imprecisión de los conocimientos que se poseen sobre los factores de los que dependen la ubicación y la eficacia de los trayectos de propagación de los silbidos. El hecho de que estos trayectos puedan prolongarse hasta una distancia de varias veces el radio terrestre indica la existencia hasta esas distancias de cierta ionización, e inversamente, que es necesario conocer la distribución de esta ionización antes de que puedan enunciarse con precisión las propiedades de la propagación por el modo de silbidos.

2. En el Programa de estudios 201 (VI) se ha considerado este modo de propagación en vista de su posible utilización como medio de comunicación, y también por el hecho de que puede facilitar un trayecto a las señales interferentes haciéndolas llegar a un receptor. El estudio menciona igualmente la posibilidad de comunicación en el caso de que los terminales del circuito no estén necesariamente en la superficie de la tierra sino, por ejemplo, en cualquier punto del conducto que siguen las líneas de fuerza del campo magnético terrestre que definen el trayecto de propagación por el modo de silbidos. En consecuencia, el interés que presenta este modo de propagación no es sólo teórico, aunque en la fase actual de los estudios se haga probablemente mayor hincapié en la mejor comprensión de los factores físicos de que depende este modo de propagación.
3. Los trabajos teóricos y prácticos sobre el modo de propagación por silbidos se llevan a cabo, en gran parte, en la Universidad de Stanford, en el Darmouth College, en el Naval Research Laboratory y en el Central Radio Propagation Laboratory, de Estados Unidos; estos estudios versan en particular sobre la identificación de los silbidos en cada uno de los dos puntos conjugados, y sobre la utilización de estaciones radioeléctricas de gran potencia en ondas miriamétricas. Una transmisión proveniente de la estación NSS (15,5 kc/s), situada en Annapolis (Maryland), se ha recibido por el modo de silbidos en las proximidades del Cabo de Hornos, América del Sur, a unos 1.700 km. del punto magnético conjugado, lo que muestra incidentemente que la zona de recepción en torno a este punto puede ser muy extensa. Se han llevado a cabo ensayos similares en Nueva Zelandia con NPM (19,8³ kc/s), en Australia con NDT (17,4 kc/s), y en Gran Bretaña con GBR (16 kc/s). Se han obtenido importantes resultados en lo que se refiere a la propagación por trayectos múltiples, a los ecos desdoblados y a los desvanecimientos, pero sólo se ha hallado una

* Adoptado por unanimidad.

mediocre correlación entre los períodos de existencia de los silbidos y aquellos otros en que se recibían por el modo de silbidos señales de intensidad relativamente elevada, provenientes de NSS.

4. Los resultados de estos estudios han sido examinados por la U. R. C. I., habiéndose comunicado, en respuesta al Ruego 42 (Los Angeles, 1959), la información que a continuación se expone. En los casos en que los dos puntos terminales se hallan en la superficie de la tierra, se observa que el modo de silbidos es eficaz con frecuencias comprendidas entre 400 c/s y 35 kc/s. Esto se ha observado en la mayor parte de las estaciones situadas entre los 20° y los 80° de latitud geomagnética. Existe una frecuencia de corte bien definida igual a unas 0,6 veces la girofrecuencia mínima a lo largo del recorrido. Las observaciones en latitudes medias de señales de NSS han demostrado que la propagación con un solo salto por el modo de silbidos existe por las noches durante más del cincuenta por ciento del tiempo. En algunos casos, la intensidad de la señal transmitida según este modo de propagación difiere menos de 10 db de la intensidad de la señal de guía de ondas normal entre la tierra y la ionosfera. En diversos puntos de la costa este de Estados Unidos y del Canadá, y en la costa oeste se han recibido señales por el modo de silbidos, procedentes de NPG (18,6 kc/s). En Gran Bretaña se han podido observar algunos casos de propagación con dos saltos por el modo de silbidos de señales GBR. En general, este modo de propagación no suele ser muy frecuente por encima de 16 kc/s, y las intensidades de campo son considerablemente inferiores a las del modo con un solo salto. Se sabe muy poco acerca de la intensidad de las señales del modo de silbidos durante el día, pero parece ser que sufren una fuerte atenuación en la región *D* de la ionosfera.

En el cálculo de la intensidad de campo intervienen al parecer diversos factores a saber:

- la polarización y la directividad de la antena de transmisión,
- las propiedades del trayecto entre los puntos extremos del conducto en la ionosfera y los terminales del enlace situados en tierra,
- el coeficiente de transmisión a través de las zonas inferiores de la ionosfera,
- la divergencia espacial en el conducto,
- los efectos de trayectos múltiples resultantes de la presencia de más de un conducto, y
- la amplificación posible, o la absorción, de la energía de la señal por interacción con partículas cargadas en el plasma.

En caso de que un punto extremo esté situado en la ionosfera, habrá que tener en cuenta la influencia que en la pérdida de transmisión ejerce la antena situada en un medio dieléctrico muy anisótropo. Se dispone de poca información a este respecto y para resolver el problema quizás sea necesario realizar otros experimentos con cohetes o satélites. Puede que convenga señalar asimismo que los progresos futuros de los estudios de propagación por el modo de silbidos dependerán de la magnitud de la ayuda que puedan aportar los transmisores de ondas miramétricas de gran potencia destinados a la transmisión de señales de prueba.

Para terminar, cabe señalar la probable existencia de una estrecha relación entre la propagación por el modo de silbidos y el fenómeno recientemente descubierto de la propagación de las ondas decamétricas por las irregularidades ionosféricas alineadas de acuerdo con las líneas de fuerza del campo magnético terrestre. Puede muy bien ocurrir que el estudio de uno de estos modos de propagación permita aclarar la naturaleza del otro.

BIBLIOGRAFÍA

1. HELLIWELL, R. A., y MORGAN, A. H.: Atmospheric whistlers. *Proc. IRE*, **47**, págs. 200-208 (1959).
2. ECKERSLEY, T. L.: A note on musical atmospheric disturbances. *Phil. Mag.*, **49**, págs. 1250-1260 (1925).
3. BARKHAUSEN, H.: *Phys. Z.*, **20**, pág. 401 (1919).
4. MORGAN, M. G.; DINGER, H. E., y ALLCOCK, G. MCK.: Observations of Whistling atmospherics at geomagnetically conjugate points. *Nature*, **177**, págs. 29-31 (1956).
5. STOREY, L. R. O.: Method for interpreting the dispersion curves of Whistlers. *Canad. J. Physics*, **35**, págs. 1107-1122 (1957).

6. ALLCOCK, G. MCK.: I. G. Y. Whistler results, págs. 16 y 116, *Radio Noise of Terrestrial Origin*, ed. por F. Horner, pub. Elsevier, Amsterdam, 1962 (Proc. XIIIth General Assembly U. R. S. I., Londres, 1960).
7. STOREY, L. R. O.: Whistler theory, págs. 23 y 134, *Radio Noise of Terrestrial Origin*, ed. por F. Horner, pub. Elsevier, Amsterdam, 1962 (Proc. XIIIth General Assembly U. R. S. I., Londres, 1960).
8. GALLET, R. M., y UTLAUT, W. F.: Evidence on the laminar nature of the enosphere obtained by means of guided high-frequency wave propagation. *Phys. Rev. Letters*, **6**, págs. 591-594 (1961).

INFORME 263 *

**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PROPAGACIÓN EN LAS
COMUNICACIONES CON VEHÍCULOS ESPACIALES**

(Programa de estudios 204 (VI) y 205 (VI))

(Ginebra, 1963)

Las administraciones nacionales han presentado dos contribuciones al Programa de estudios 172 **, adoptado por correspondencia. Estas dos contribuciones se refieren a las influencias ionosféricas en las comunicaciones con vehículos espaciales.

El Doc. VI/104 (IV/II), (Canadá), Ginebra, 1962, describe los efectos de las perturbaciones aurorales en las señales de 440 Mc/s reflejadas por la Luna. El nivel de las señales recibidas mantuvo constante en ± 2 db durante estas perturbaciones, pero la gama de desvanecimiento se duplicó o triplicó, con la consecuencia de que se extendiese el espectro de potencia de las señales en ondas entretenidas. Sin embargo, el efecto más importante se refería al plano de polarización, que sufrió fluctuaciones rápidas de un radian o más durante periodos de varios minutos.

El Doc. VI/86 (IV/6) (República Federal de Alemania), Ginebra, 1962, describe observaciones relativas a los efectos Doppler y Faraday en 48° N., en frecuencias de 20 y 40 Mc/s, respectivamente. En ambos casos, se han podido observar importantes efectos ionosféricos. En el 40 % de los casos, aproximadamente, se han comprobado importantes deformaciones debidas a la refracción de la curva que da la frecuencia Doppler en función del tiempo; estas deformaciones tenían por efecto aumentar considerablemente la imprecisión en la determinación del instante de proximidad máxima. El centelleo de origen ionosférico perturbó la sucesión normal de los desvanecimientos de tipo Faraday en aproximadamente el 50 % de todos los casos, y estos desvanecimientos fueron totalmente inexistentes en un 20 % de los casos.

El documento de la República Federal de Alemania da cuenta igualmente de los estudios teóricos hechos sobre el particular y señala la conveniencia de profundizar el estudio de los siguientes fenómenos:

- variaciones de la intensidad de campo en las inmediaciones del horizonte radioeléctrico,
 - propagación por reflexión ionosférica,
 - propagación «guiada» en el caso de un satélite situado en los antípodas,
 - centelleo y «desapariciones de señal» («drop-outs») en función de la latitud geomagnética,
 - «ruido de propagación» producido en condiciones ionosféricas especiales.
- Se recomienda a este respecto el empleo de dos nuevos conceptos:
1. Descripción de los efectos globales de propagación en la intensidad de campo y en la pérdida de transmisión por medio del *diagrama extraterrestre normalizado*, que corresponde a una antena isótropa instalada en la superficie de la tierra, efectuándose las medidas fuera de la ionosfera terrestre.

* Adoptado por unanimidad.

** Reemplazado por los Programas de estudios 190 (V), 204 (VI) y 205 (VI).

2. Introducción de un nuevo parámetro ionosférico f_a , definido como la *MUF correspondiente al ángulo de elevación rasante*; el valor de f_a debe poder deducirse de los parámetros normalmente suministrados por los sondeos. Las condiciones de propagación son particularmente complejas en las frecuencias inferiores a f_a .

INFORME 264 *

**PREDICCIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO DE LA ONDA IONOSFÉRICA
O DE LA PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN PARA LAS FRECUENCIAS
COMPRENDIDAS ENTRE 150 Y 1.500 Kc/s**

(Programa de estudios 206 (VI))

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Preámbulo.

En el Programa de estudios 206 (VI) se propugna la continuación de las mediciones de la intensidad de campo en las frecuencias inferiores a 1.500 kc/s, con miras a la revisión y ampliación de las curvas de propagación necesarias para la predicción de las intensidades de campo en esta gama de frecuencias. El presente Informe se limita a estudiar las frecuencias de la gama de 150 kc/s a 1.500 kc/s; se ha considerado conveniente, en efecto, estudiar separadamente el caso de las frecuencias inferiores a 150 kc/s, que es objeto del Informe 265.

En el presente Informe se indican los progresos realizados en esta materia, y se sugieren cuáles deben ser los futuros trabajos para que las curvas de propagación puedan aplicarse a todas las zonas del mundo; sin embargo, su objeto primordial e inmediato es presentar una serie de curvas de la intensidad de campo nocturna para la Zona europea, de radiodifusión, basadas en los resultados de una vasta campaña de mediciones llevada a cabo por la U. E. R. durante muchos años, en contestación a la Cuestión *c*) propuesta por la I. F. R. B. (Véase el Informe 257). Este Informe comienza, por consiguiente, con una descripción detallada de las curvas y de los métodos utilizados, que sólo de modo limitado se han corroborado por una campaña de mediciones análoga, efectuada años más tarde por la O. I. R. T.

Se exponen luego los resultados ya obtenidos en otras zonas del mundo, y por algunas comparaciones preliminares, se señalan ciertas divergencias con relación a la Zona europea de radiodifusión, que podrán confirmarse cuando un estudio posterior permita extender el empleo de las curvas de propagación a otras zonas, principalmente a las situadas en latitudes bajas o en el hemisferio Sur.

2. Zona europea.

2.1 Introducción.

La intensidad de campo nocturna en ondas kilométricas (banda 5) y hectométricas (banda 6) ha sido objeto desde 1952 de campañas de mediciones organizadas por la Unión Europea de Radiodifusión. En 1956 y 1958 se transmitieron ya al C. C. I. R. diversos informes sobre el estado de esos trabajos, comunicándosele al mismo tiempo ciertos resultados parciales.

El presente estudio se basa en los registros de intensidad de campo efectuados hasta fines de 1960 en la Zona europea de radiodifusión, que representan un total de más de 45.000 horas de observación, y está destinado a la predicción de la intensidad de campo nocturna en la mencionada zona, predicción indispensable para resolver los problemas de asignación de frecuencias **. En consecuencia, este estudio, concebido deliberadamente

* Adoptado por unanimidad; con el Informe 265, reemplaza al Informe 154.

** Estas predicciones se han establecido en vista de los resultados obtenidos en la Zona europea de radiodifusión y no son necesariamente válidas para otras zonas.

como un instrumento de trabajo, no pretende explicar científicamente los fenómenos físicos que originan las variaciones de la intensidad de campo nocturno ni justificar los métodos utilizados*.

La organización y el análisis de estas mediciones se describen con gran detalle en el documento de referencia [1].

2.2 Valor mediano anual de la intensidad de campo o de la pérdida de propagación.

El valor mediano anual de la intensidad de campo se puede representar mediante la fórmula general siguiente, derivada de los registros efectuados utilizando una antena receptora constituida por un pequeño cuadro:

$$F_1 = F_0 + \Delta_A \quad (1)$$

donde

$$F_0 = 80,2 - 10 \log D - 0,00176 f^{0,26} D \quad (1a)$$

siendo D la distancia (en km.), y

F la frecuencia (en kc/s).

En la ecuación (1), Δ_A es un factor de corrección aplicable a la antena transmisora definido como la relación (en db) entre la intensidad de campo en $\mu V/m$ a un kilómetro de distancia, en la dirección de salida correspondiente a la recepción en un punto situado a la distancia D , y la intensidad de campo de $3 \times 10^5 \mu V/m$.

F_1 es entonces la intensidad de campo (db con relación a $1 \mu V/m$) en el punto de recepción, para una potencia de 1 kW radiada por la antena transmisora.

Δ_A tiene en cuenta las características de los diagramas de radiación horizontal y vertical de la antena transmisora, y la fig. 2, calculada en la hipótesis:

— de un suelo plano perfectamente conductor,

— de una reflexión a una altura virtual de 100 km. **;

— de una antena vertical, sin pérdidas, no cargada, de altura h ,

da el valor de Δ_A en función de D . (La discontinuidad de las curvas a 2.200 km. corresponde a la distancia a partir de la cual se producen como mínimo dos saltos.)

La fórmula (1a) permite determinar el valor mediano anual de las medianas horarias de la intensidad de campo nocturno:

— a distancias del transmisor comprendidas entre 300 y 3.600 km.;

— para frecuencias comprendidas entre 150 y 1.500 kc/s.

La fig. 1 muestra una familia de curvas de propagación calculadas, mediante la fórmula (1a), para las frecuencias 150, 200, 300, 500, 700, 1.000 y 1.500 kc/s, es decir, para las mismas frecuencias utilizadas en la Recomendación 368. (Propagación de la onda de superficie.)

Entre una antena de transmisión y una antena receptora constituida por un pequeño cuadro, la pérdida de propagación *** correspondiente a la ecuación (1a) viene dada por la expresión:

$$L_{p0} = 10 \log D + 20 \log f + 0,00176 f^{0,26} D - \Delta_A - 7,75 \quad (1b)$$

Los valores de F_1 y de L_{p0} son válidos en las siguientes condiciones:

— la antena transmisora se caracteriza por Δ_A y la antena receptora es un cuadro de dimensiones reducidas ****;

— la inclinación magnética en el punto medio del trayecto es igual a 61° ;

— el número de manchas solares (número de Wolf) ***** es $S = 0$;

— la hora local en el punto medio del trayecto es medianoche;

— las distancias D son superiores a 300 km.

* Se invita a las administraciones a examinar estos métodos, habida cuenta de las informaciones de que disponen, a fin de tratar de extenderlos a otras regiones.

** La altura de 100 km. corresponde a una propagación por la región E de la ionosfera, como ocurre generalmente, salvo a veces, con las frecuencias próximas a 1.500 kc/s, en horas avanzadas de la noche y para distancias cortas.

*** Véanse la Recomendación 341 y el Informe 112.

**** Si se utilizan otros tipos de antenas receptoras, la fórmula (1b) sigue siendo aplicable a condición de sustraer un término suplementario del tipo Δ_A para tener en cuenta el diagrama de directividad de la antena receptora en acimut y en elevación. La fórmula (1) no puede generalizarse del mismo modo, ya que la intensidad de campo es independiente del tipo de antena utilizado para la recepción.

***** En el presente Informe se emplea la letra S (y no la letra R) para representar la media anual del número de manchas solares (número de Wolf), con objeto de evitar toda confusión con la relación de intensidad de campo R definida en el § 2.5 de este Informe.

Para obtener los valores medianos anuales en condiciones más generales, hay que emplear las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned} F_H(50) &= F_1 + P + \Delta_I + \Delta_H(50) - 0,02 S \\ L_{pH}(50) &= L_{p0} - \Delta_I - \Delta_H(50) + 0,02 S \end{aligned} \quad (2a) \quad (2b)$$

El significado de los símbolos que figuran en estas fórmulas es el siguiente:

$F_H(50)$ es el valor mediano anual de la componente eléctrica vertical de la intensidad de campo, expresada en decibelios con relación a $1 \mu\text{V/m}$:

- para una antena transmisora caracterizada por Δ_A que radia una potencia P en db con relación a 1 kW;
- una inclinación magnética en el punto medio del trayecto de propagación igual a I ;
- una hora local H en dicho punto del trayecto, y
- un número S de manchas solares.

$L_{pH}(50)$ es la mediana anual de la pérdida de propagación, expresada en decibelios:

- entre una antena transmisora caracterizada por Δ_A y una antena receptora constituida por un pequeño cuadro;
- para una inclinación magnética I en el punto medio del trayecto de propagación;
- a una hora local H en dicho punto, y
- para un número S de manchas solares.

F_1 y L_{p0} son los valores derivados de las expresiones (1) y (1b), respectivamente;

P representa, expresada en decibelios con relación a 1 kW, la potencia radiada por la antena transmisora;

Δ_I es la corrección que debe introducirse a fin de tener en cuenta la inclinación magnética I en el punto medio del trayecto de propagación. Las curvas de la fig. 3 dan, en decibelios, el valor de esta corrección. La inclinación magnética considerada viene dada por las líneas isoclinas obtenidas por extrapolación de los valores medidos entre 1954 y 1956 en las estaciones ionosféricas de sondeo vertical. Estos valores se reproducen en la Sección III del «Manual de las Estaciones Ionosféricas», publicado por la Secretaría General de la U. R. C. I., Bruselas, 1958.

$\Delta_H(50)$ es la corrección que debe aplicarse cuando la hora local H , en el punto medio del trayecto, difiere de la medianoche. La curva de la fig. 4 da el valor de esta corrección en decibelios.

S es la media anual del número de manchas solares (número de Wolf).

2.3 Variaciones estadísticas de la intensidad de campo o de la pérdida de propagación.

2.3.1 Distribución de las medianas horarias.

Los valores observados pueden diferir considerablemente de los valores indicados en este Informe para largos períodos de tiempo, sobre todo cuando el registro de dichos valores se hace durante cortos períodos.

Las curvas de la fig. 5 dan el orden de magnitud de las variaciones estadísticas de las medianas horarias* de la intensidad de campo, teniendo en cuenta la hora en el punto medio del trayecto y el porcentaje de noches considerado. Estas curvas permiten determinar aproximadamente la corrección que debe introducirse en la mediana anual para hallar la intensidad de campo durante un determinado porcentaje de noches de un año. Las expresiones (2a) y (2b) se transforman entonces en las siguientes:

$$F_H(T) = F_H(50) + \delta_H(T) \quad (3a) \quad **$$

$$L_{pH}(T) = L_{pH}(50) - \delta_H(T) \quad (3b) \quad **$$

* En la publicación de referencia [1] se demuestra que la distribución en largos períodos de tiempo de las medianas semihorarias es muy similar a la de las medianas horarias.

** La figura 5 da los valores $\delta_H(T) = \Delta_H(T) - \Delta_H(50)$, donde $\Delta_H(T)$ corresponde a los valores indicados en la publicación mencionada en la referencia [1].

2.3.2 *Distribución en el curso de una hora.*

En el Informe 266 se sugiere que las variaciones durante cortos períodos de tiempo (de media hora o de una hora) siguen la ley de distribución de Rayleigh.

Las variaciones estadísticas precedentemente estudiadas se refieren a las medianas horarias. Ahora bien, para poder apreciar completamente las posibilidades de interferencia es posible que haya que considerar el quasi-máximo de la intensidad de campo en el curso de una hora.

En un punto de recepción dado, la mediana anual de la relación entre el quasi-máximo horario (10 %) y la mediana horaria varía poco de un año a otro; en cambio, esta relación es función de la distancia y de la frecuencia. El estudio de la mediana de esta relación, basada en gran número de medidas realizadas en el curso de varios años, demuestra que aumenta con la frecuencia y que disminuye cuando la distancia aumenta. Según sea la distancia y la frecuencia, este valor varía entre 6 y 3 db aproximadamente para las ondas hectométricas (banda 6) y entre 4,5 y 2 db para las ondas kilométricas (banda 5).

Sin embargo, cuando se trata de distancias que no pueden ser franqueadas con un solo salto (a partir de 2.000 km. aproximadamente), esta relación no se ajusta ya a una ley evidente, si bien su valor mediano es por lo general inferior a 6 db en ondas hectométricas, y se mantiene en las inmediaciones de 2 db en ondas kilométricas.

2.4 *Ejemplo de un cálculo completo de la intensidad de campo.*

Cálculo de la intensidad de campo probable rebasada durante el 50 % y el 10 % de las noches de un año, en las siguientes condiciones:

Longitud del trayecto:	$D = 1.500 \text{ km.}$
Inclinación magnética del punto medio:	$I = 66^\circ$
Hora local en el punto medio del trayecto:	$H = 21 \text{ h. } 30$
Número de Wolf:	$S = 100$
Frecuencia:	$f = 800 \text{ kc/s}$
Altura de antena:	$h = 150 \text{ m.,}$ antena sin carga
Potencia radiada:	$p = 100 \text{ kW}$

Las etapas sucesivas del cálculo son las siguientes:

Etapas	Parámetros	Figura	Término calculado	db	Valor
					($\mu\text{V/m}$)
1	$f = 800 \text{ kc/s}$ $D = 1.500 \text{ km.}$	1	$F_o =$	33	
2	$p = 100 \text{ kW}$	—	$P = 10 \log 100 =$	20	
3	$S = 100$	—	$-0,02 S =$	-2	
4	$h = 150 \text{ m.}$ $f = 800 \text{ kc/s}$ $h/\lambda = 0,4$	2	$\Delta_A =$	1	
5	$I = 66^\circ$	3	$\Delta_I =$	-1	
6	$H = 21 \text{ h. } 30$	4	$\Delta_H (50) =$	-2	
7	—	—	$F_H (50) =$	49	280
8	$T = 10 \%$	5	$\delta_H (T) =$	6	
9	—	—	$F_H (T) =$	55	560

Evidentemente, aquí se da por sentado que los factores I , D y H se han determinado de antemano. En particular, la determinación de la hora local H en el punto medio del trayecto se efectúa por lo general tomando como base la hora de tiempo local (TU, TEC u otro análogo) en el punto de recepción.

Un procedimiento sencillo para determinar H consiste en transformar la hora de tiempo local en el punto de recepción en tiempo universal (TU), en determinar luego la longitud L en grados del punto medio del trayecto (positiva hacia el Este) y en aplicar, por último, la fórmula:

$$H = TU + \frac{L}{15} \quad (4)$$

2.5 Evaluación de la relación R entre la señal deseada y la no deseada.

En un punto determinado de recepción situado a una distancia D_u del transmisor deseado y a una distancia D_n del transmisor no deseado, la relación $R(T)$ en decibelios entre la mediana horaria de la señal deseada y la mediana horaria de la señal no deseada rebasada durante un porcentaje T superior al 50 % de las horas de un año a las horas locales correspondientes H_u y H_n en los puntos medios de los trayectos puede calcularse para una antena receptora no directiva por medio de la fórmula siguiente:

$$R(T) = P_u - P_n + 10 \log (D_n/D_u) + 0,00176f_n^{0,26}D_n - 0,00176f_u^{0,26}D_u + \Delta_{Au} - \Delta_{An} + \Delta_{Iu} - \Delta_{In} + \Delta_{Hu}(50) - \Delta_{Hn}(50) - \sqrt{\delta_{Hu}^2(T) + \delta_{Hn}^2(100 - T) + 2\rho\delta_{Hu}(T)\delta_{Hn}(100 - T)} \quad (5)$$

en donde ρ representa la correlación entre las medianas horarias correspondientes a los trayectos de propagación de las señales deseada y no deseada.

Si no se hubieren efectuado mediciones de este factor ρ , se sugiere que se le considere igual a 0,5 en la relación (5).

Obsérvese que δ_{Hu} y δ_{Hn} son siempre de signo contrario, y que el signo menos que precede al radical en (5) corresponde al caso normal en la práctica de que el porcentaje de tiempo T , aceptable para un servicio satisfactorio, sea superior al 50 %.

Rigurosamente hablando, la relación (5) sólo puede aplicarse en la medida en que una distribución logarítmica normal describe los datos. Sin embargo, la fórmula da una aproximación adecuada, incluso para las distribuciones que se encuentran en la práctica.

2.6 Influencias combinadas de la hora y de la estación en la distribución de las medianas horarias.

La fig. 4 indica una corrección de la mediana horaria en función de la hora en el punto medio del trayecto. Sin embargo, este término de corrección no es sino una mediana anual extraída de resultados obtenidos con distintas frecuencias y durante todo el año. Por lo tanto, la dispersión de esta corrección, indicada en la fig. 5, es muy grande. De todos modos, puede hacerse más preciso el valor de esta corrección y reducir su dispersión tomando en consideración el factor estacional mediante estudios estadísticos efectuados por separado para las distintas frecuencias.

Se ha efectuado un primer estudio a base de registros efectuados en la frecuencia 845 kc/s durante toda la noche, en tres años consecutivos (1959, 1960, 1961), en los trayectos Roma-Wittsmoor, Roma-Darmstadt, Roma-Belgrado y Roma-Tel Aviv, cuyas longitudes oscilan entre 700 y 2.200 km. Esto ha permitido establecer la familia de curvas de la fig. 6, que dan el valor mediano de la corrección $\Delta_H(50)$ que debe hacerse, en función del mes y de la hora, en la intensidad de campo calculada por el método indicado ut supra. Estas curvas muestran claramente dos máximos estacionales, en marzo y septiembre, siendo este último el más importante. Este efecto estacional aparece claramente en cada uno de los trayectos que se han utilizado para establecer esta curvas.

El presente estudio sobre los datos obtenidos con otras frecuencias permite suponer que, al menos en el caso de la Zona europea, se da un efecto análogo en toda la banda de las ondas hectométricas de radiodifusión. De todos modos, conviene esperar a que finalice este estudio para saber si la amplitud del efecto estacional depende de la frecuencia y de la posición geográfica del trayecto.

El ligero máximo de la intensidad de campo en la segunda mitad de la noche, visible en la fig. 4, relativa a todo un año, se encuentra en cada una de las curvas establecidas mensualmente para los cuatro trayectos indicados anteriormente (845 kc/s), y su posición durante la noche parece sensiblemente independiente de la hora de la puesta del Sol.

El objeto final del estudio en curso es la obtención de varias familias de curvas similares a aquélla, que proporcionen los valores $\Delta H(50)$, $\Delta H(90)$, $\Delta H(10)$, etc., y que sean válidos para toda la gama de las ondas hectométricas en la Zona europea. Estas familias de curvas podrían reemplazar, para ciertas aplicaciones, a las de las figs. 4 y 5.

2.7 Otros trabajos realizados en la Zona europea.

Después de comunicadas las contribuciones de la U. E. R., en que se basa este Informe, la O. I. R. T. ha remitido un estudio sobre el mismo tema [2].

Es digno de mención que este estudio, llevado a cabo a partir de datos obtenidos independientemente de los de la U. E. R. *, pero tratados por métodos similares, haya conducido a resultados próximos; el valor mediano anual de la intensidad de campo se expresa por la fórmula:

$$F_0 = 81,2 - 10,56 \log D - 0,0018 f^{0,262} D \quad (6)$$

en la que los símbolos y las unidades son los mismos que para la ecuación (1a)

$$F_0 = 80,2 - 10 \log D - 0,00176 f^{0,26} D \quad (1a)$$

Debe señalarse, sin embargo, que la fórmula (6) puede conducir, para frecuencias elevadas y grandes distancias, a valores de campo inferiores en 2 db a los obtenidos con la fórmula (1a). Es conveniente que se efectúe un estudio para esclarecer el origen de esta ligera divergencia y establecer una fórmula única en que se tengan en cuenta todos los resultados en que se fundan las relaciones (1a) y (6), y cuantos puedan obtenerse con nuevas mediciones, a medida que se disponga de ellos.

3. Australia.

Desde marzo de 1953, la Australian Broadcasting Control Board ha efectuado un estudio sobre las características de la propagación ionosférica de las ondas hectométricas. Estas mediciones se han publicado en [3] [4] y son la materia de una contribución a los trabajos del C. C. I. R. [5]. Basándose en este último documento, que indica con todo detalle los resultados de las investigaciones efectuadas, se han establecido las curvas de intensidad de campo de la fig. 7. Las curvas de trazo continuo de esta figura corresponden a los registros de la intensidad de campo efectuados durante un período de una hora, entre una hora y media y dos horas y media después de la puesta del Sol. Representan los valores horarios rebasados el 50 % de las noches, durante un año. Las variaciones estacionales suprimidas por este método pueden encontrarse en el estudio [5].

Los valores de intensidad de campo F_0 expresados en db por encima de $1 \mu\text{V/m}$ se han normalizado a una intensidad de campo no atenuada de $3 \times 10^5 \mu\text{V/m}$ a 1 km. bajo el ángulo adecuado de radiación. Las curvas de la fig. 7 se han realizado aplicando a los resultados medidos, obtenidos con cierto número de antenas de transmisión verticales de diferentes tipos, los factores de corrección dados en la fig. 2. Los valores medianos originales se distribuyen en todas las curvas de trazo continuo en menos de $\pm 1,5$ db para el 90 % de las estaciones observadas.

La característica más sobresaliente de estos registros efectuados en Australia es el nivel relativamente elevado de la intensidad de campo de la onda ionosférica para todo el período de la actividad solar, siendo este nivel superior en 9 db para 1.500 km., pero inferior en las distancias más cortas al previsto por las curvas de la fig. 1. No se observa ninguna variación de importancia del nivel en función de la frecuencia, salvo en el extremo inferior de la banda considerada. En los resultados más recientes se aprecia una tendencia general hacia niveles más elevados en el extremo inferior de la banda, debido a la débil actividad solar.

No se ha procedido a la corrección de los datos originales a fin de ver la influencia de las dos explosiones nucleares a gran altitud efectuadas en agosto de 1958, en el Pacífico [2].

Parece ser que existen dos tipos diferentes de repartición de los valores del cuasimáximo (10 %). La relación entre los valores del 10 % rebasados durante el 10 % de las noches, y los valores rebasados durante el 50 % de las noches es igual a 3 db o a 5,5 db.

* El número de horas de registro de la O. I. R. T. es inferior al de la U. E. R., pero abarca más frecuencias.

Por una razón, que todavía no ha sido aclarada, aparecen dos tipos de distribución. En lo que se refiere a la distribución durante un período de una hora, la relación entre la intensidad de campo rebasada durante el 10 % del tiempo y la intensidad de campo rebasada durante el 50 % del mismo, parece ser, por término medio, igual a 5 db.

La curva punteada de la fig. 7 se basa en los resultados suministrados por sólo tres estaciones de radiodifusión durante un período de actividad solar débil, por lo que es menos precisa que las curvas relativas a los períodos de intensa actividad solar. Es probable que estas curvas de F_o deberán modificarse ligeramente cuando se disponga de mayor número de datos.

4. India.

Desde 1959, la India ha efectuado registros de la intensidad de campo de cierto número de transmisores en frecuencias comprendidas entre 550 y 760 kc/s sobre trayectos de 350 a 1.320 km.

Algunos resultados de estos registros se han comunicado al C. C. I. R. [6]. Para un trayecto determinado (670 kc/s, 1.320 km.), el valor medio anual de la intensidad de campo rebasa aproximadamente en 6 db el valor correspondiente previsto para la Zona europea de radiodifusión, pero es inferior en 3 db aproximadamente al valor previsto en Australia. Sin embargo, conviene señalar que una comparación de este tipo no es apenas significativa desde el punto de vista estadístico.

5. Estados Unidos.

Las curvas trazadas por la FCC para el valor mediano anual de la intensidad de campo en radiodifusión [7], establecida a partir de medidas efectuadas en Estados Unidos, se publican desde hace muchos años y son muy utilizadas en otros países. Las mediciones corresponden a un período de actividad solar débil, y las curvas presentadas se refieren a la segunda hora después de la puesta del Sol; estas curvas muestran las variaciones de intensidad en función de la latitud.

Comparaciones limitadas entre estas curvas y las de la fig. 1 indican que se pueden obtener valores comparables cuando se convierte en ley de dependencia geomagnética la ley de dependencia geográfica adoptada para las curvas de la FCC.

6. Futuros trabajos.

Se ha hablado ya anteriormente de una coordinación entre los resultados de la U. E. R. y los de la O. I. R. T. a medida que vayan ampliándose las investigaciones. Es particularmente necesario referir las curvas de propagación a las condiciones reinantes en las bajas latitudes y en el hemisferio sur, especialmente en los casos en que las comparaciones efectuadas hasta la fecha muestran valores de la intensidad de campo sensiblemente superiores a los de la Zona europea. Sería de gran valor, por ejemplo, disponer de resultados para Africa y para América del Sur, y saber hasta qué punto las curvas de la fig. 1 pueden aplicarse a las latitudes templadas situadas fuera de la Zona europea, por ejemplo, en una región que incluyese el Japón.

Es cierto que la elaboración de planes de asignación y de compartición de frecuencias es de carácter continental, de forma que zonas muy extensas, como Australia, Europa y Estados Unidos, pueden tratar independientemente los problemas que conciernen a la utilización de las ondas hectométricas, aunque es evidente que podrían extraerse informaciones de gran valor sobre los factores geográficos que influyen en las curvas de intensidad de campo comparando las mediciones efectuadas en estas diferentes zonas. Así, por ejemplo, un nuevo examen de los registros en los que se basan las curvas de la FCC permitiría definir la situación existente en las regiones vecinas de la Zona europea que están actualmente en estudio por la I. F. R. B.

En la Resolución 12 se propone crear un pequeño Grupo de trabajo compuesto de expertos, a los que se encargaría efectuar un estudio analítico de estas comparaciones con el fin de establecer el grado de precisión que se puede alcanzar para curvas de propagación cuya utilización podría hacerse extensiva a otras zonas del mundo, por analogía con la Zona europea a que se refieren las curvas de la fig. 1.

En el curso de sus trabajos, los expertos deberán tener en cuenta que las mediciones del coeficiente de reflexión en incidencia vertical, como se prevé en el Programa de estudios 206 (VI) y su relación con los fenómenos de incidencia oblicua, pueden contribuir a un conocimiento mejor del mecanismo físico que rige la propagación de las ondas hectométricas. A este respecto, cabe mencionar los trabajos efectuados por la República Federal de Alemania [8]. Las mediciones hechas en Africa del Sudoeste indican que la atenuación media nocturna varía aproximadamente entre 6 db en 1.070 kc/s y 17 db en 365 kc/s. De día, los valores son mucho más elevados, y una hora antes de la salida del sol o una hora después de su puesta pueden llegar a ser varias veces mayores que por la noche.

Cabe esperar que los trabajos que se realicen en los tres años próximos den como resultado la elaboración de un proyecto de Recomendación que pueda presentarse en la XI Asamblea Plenaria y que verse sobre la utilización de curvas análogas a las de la fig. 1, pero que puedan aplicarse a todas aquellas otras partes del mundo que utilicen las ondas hectométricas para las radiocomunicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. EBERT, W.: Propagación ionosférica en ondas largas y medias. *Revue de l'U. E. R.* Parte A, Técnica, **71, 72, 73**, igualmente publicados como documento técnico de la U. E. R., núm. 3081. Centro Técnico de la U. E. R., 32, Avenue Albert Lancaster, Bruselas, Bélgica.
2. C. C. I. R.: Doc. 209, O. I. R. T., Ginebra, 1963.
3. DIXON, J. M.: Some medium sky-wave measurements. *Proc. I. R. E.*, Australia, **21**, 6 (junio de 1960).
4. DIXON, J. M.: Attenuation of medium frequency sky-wave signals in Australia following the Mid-Pacific high altitude nuclear explosions in August, 1958. *J. Geophys. Research* (enero de 1962).
5. C. C. I. R.: Doc. VI/88 (Australia), Ginebra, 1962.
6. C. C. I. R.: Doc. X/14 (India), Bad Kreuznach, 1962.
7. Federal Communication Commission. Rules of Practice and Procedure, Part III. U. S. Superintendent of Documents. Washington, 25 D. C.
8. ELLING, W.: Scheinbare Reflexionshöhen und Reflexionsvermögen der Ionosphäre über Tsumeh, Südwest-Afrika, ermittelt mit Impulsen im Frequenzband von 350 bis 5.600 kmz. *A. E. U.* **15**, 115-124 (1961).

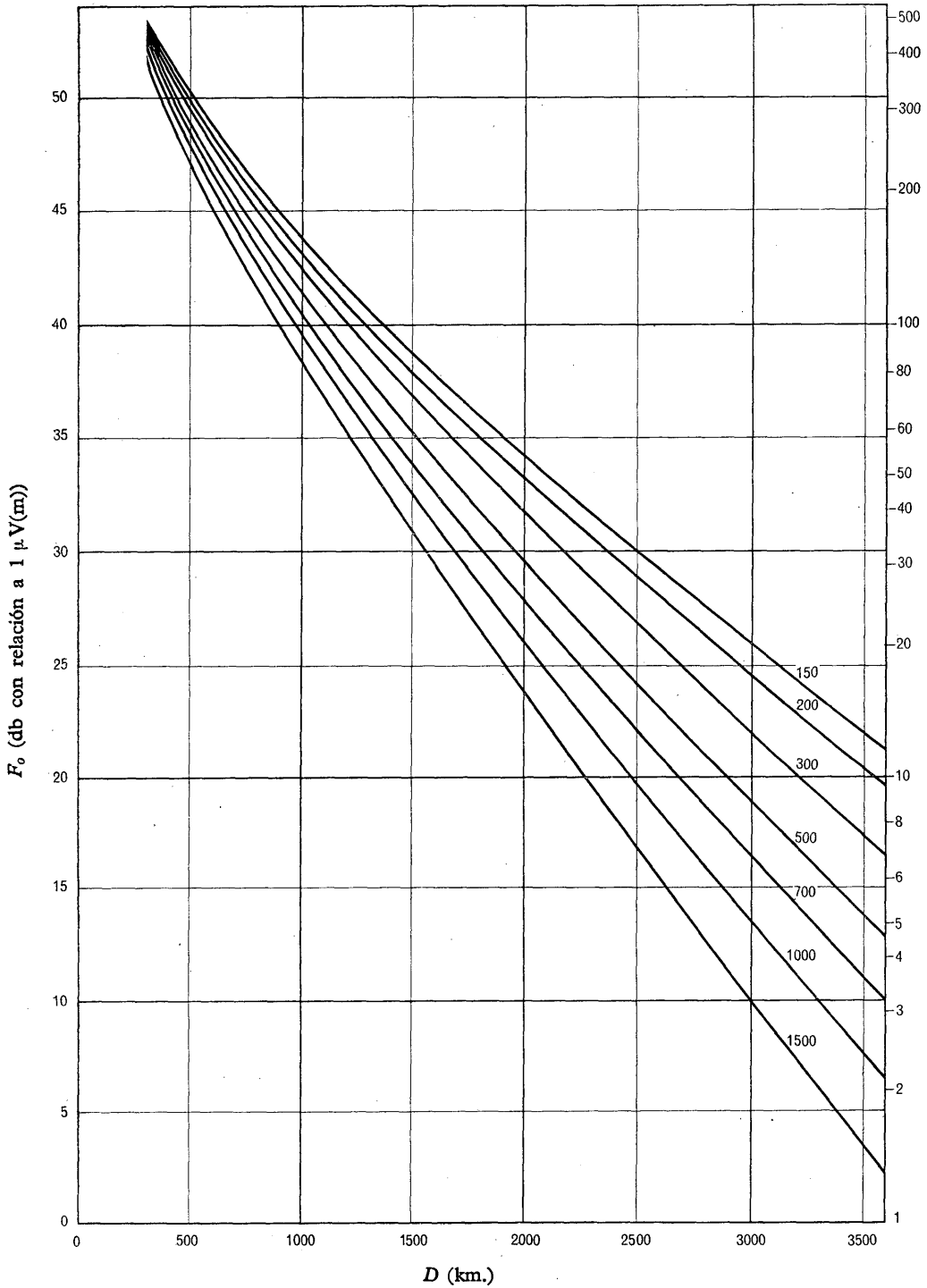


FIGURA I

Familia de curvas fundamentales F_0 utilizada para determinar la mediana anual de la intensidad de campo (Las frecuencias en kc/s están indicadas en las curvas)

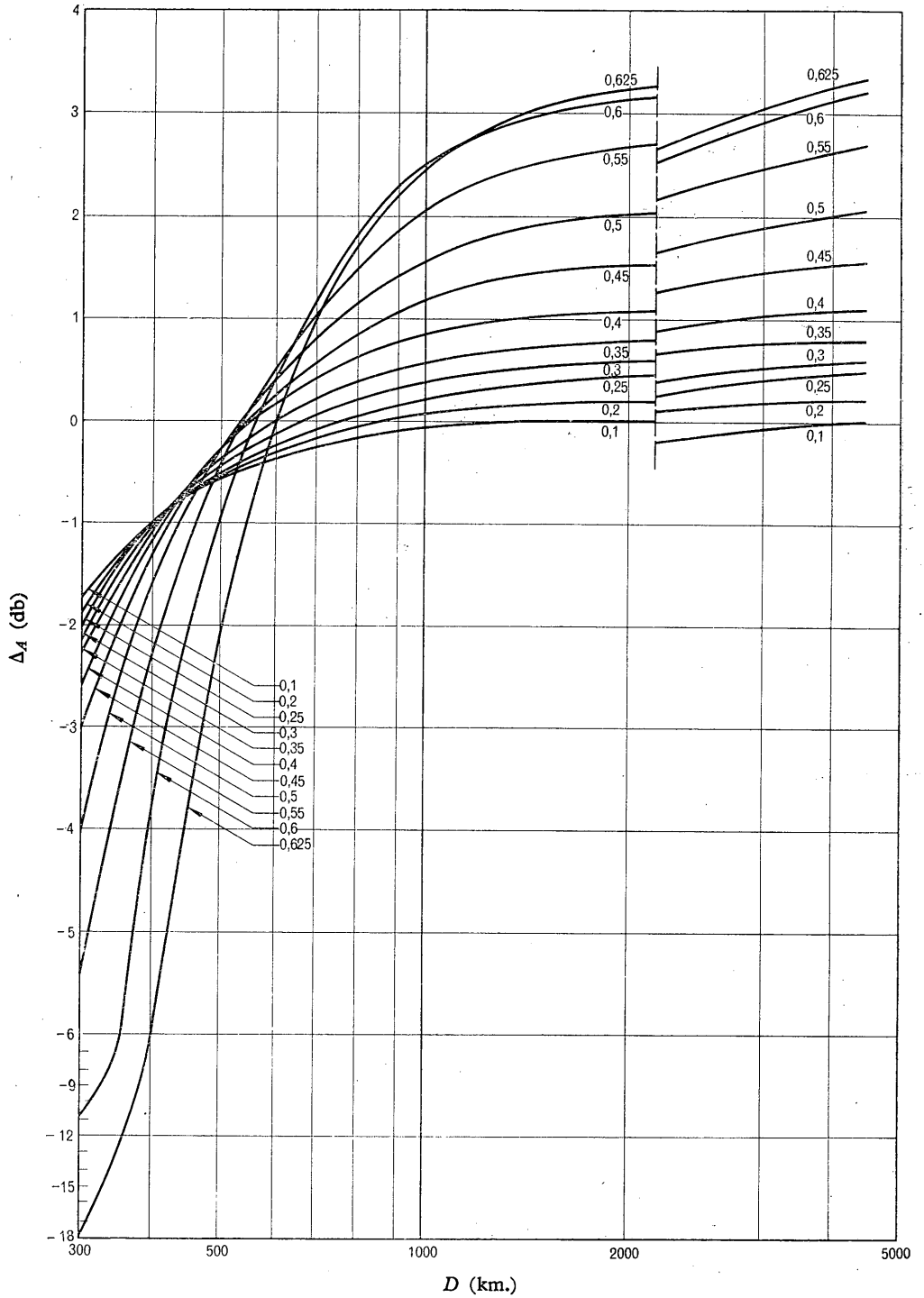


FIGURA 2

Ganancia Δ_A de antenas transmisoras verticales de distintas longitudes en función de la distancia al punto de recepción

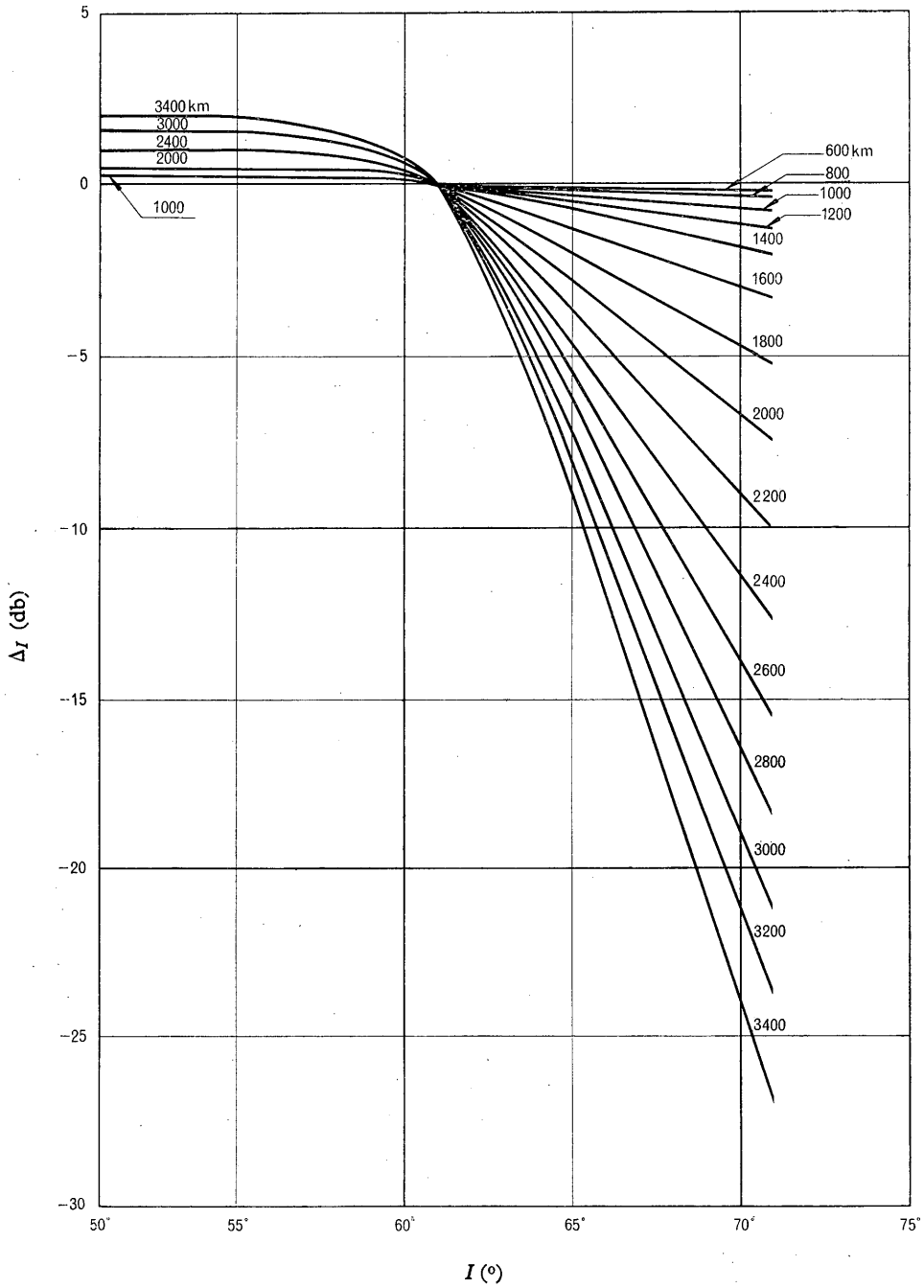
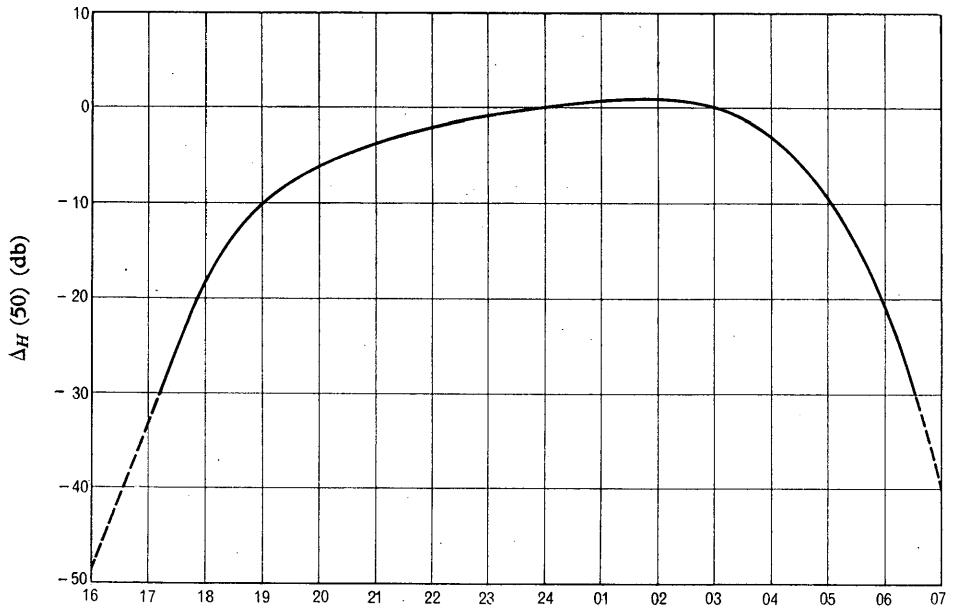


FIGURA 3

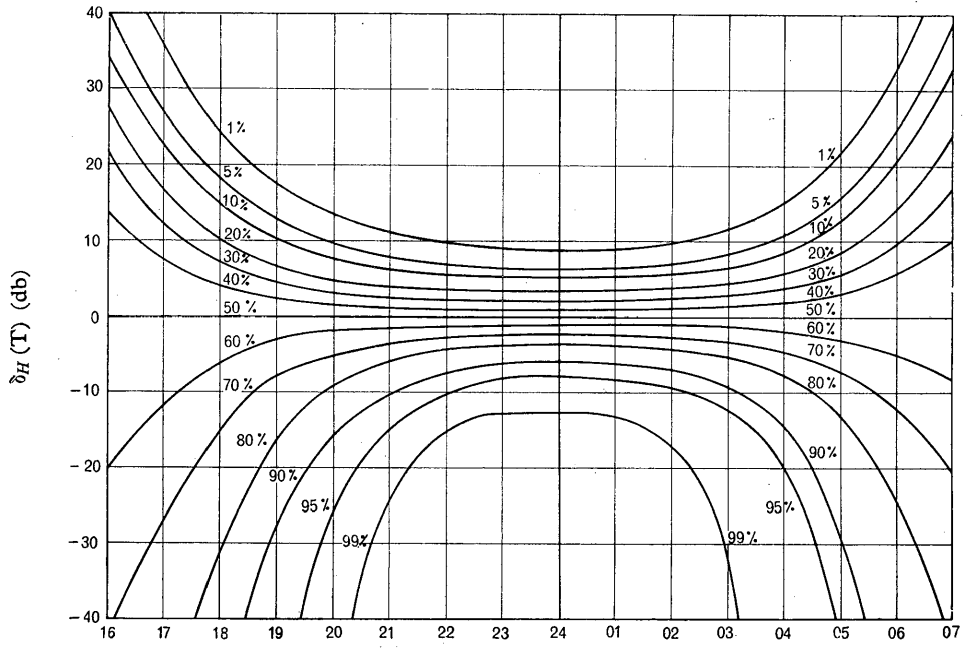
Corrección Δ_I que debe aplicarse para tener en cuenta la inclinación magnética



H

FIGURA 4

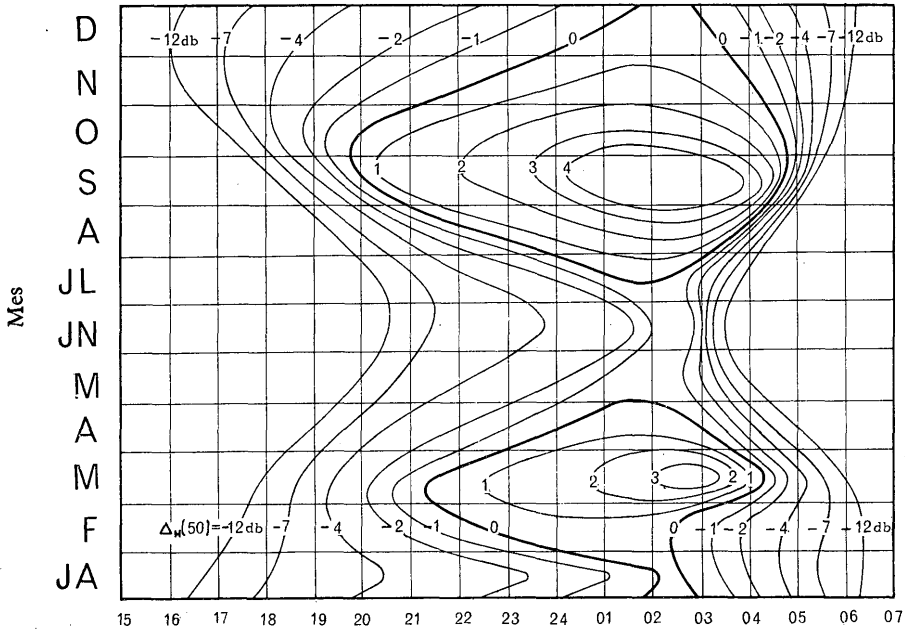
Corrección $\Delta_H(50)$ que debe aplicarse para tener en cuenta la hora en el punto medio del trayecto



H

FIGURA 5

Corrección $\delta_H(T)$ que debe aplicarse para tener en cuenta el porcentaje de las noches de un año



H
FIGURA 6

Ejemplo de corrección que debe aplicarse para tener en cuenta la hora en el punto medio del trayecto, así como la estación (845 kc/s)

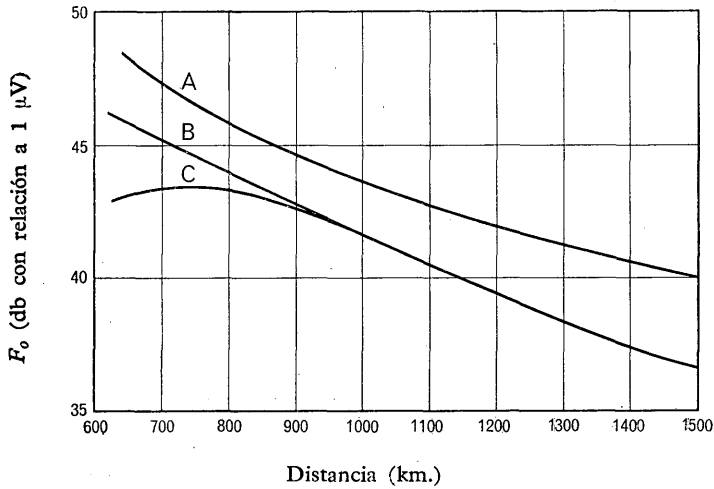


FIGURA 7

Valor mediano horario de la intensidad de campo rebasado el 50 % de las noches, durante un año, en el curso de la segunda hora después de la puesta del Sol

- Curva A: $10 < S < 40$ (550-1.300 kc/s)
- Curva B: $S > 80$ (1.300 kc/s)
- Curva C: $S > 80$ (550 kc/s)

INFORME 265 *

**PROPAGACIÓN A LARGA DISTANCIA DE LA ONDA IONOSFÉRICA
EN LAS FRECUENCIAS INFERIORES A 150 kc/s**

(Programa de estudios 206 (VI))

(Ginebra, 1963)

Los primeros enlaces radioeléctricos utilizaban las ondas largas y, si la anchura de banda disponible no fuera tan estrecha, hoy día se utilizarían más las frecuencias inferiores a 150 kc/s. En esta gama de frecuencias, a distancias en que la onda de superficie es demasiado débil para poder emplearse (véanse las figs. 1 a 5 de la Recomendación 368) la propagación continúa entre la tierra y el límite inferior de la ionosfera hasta grandes distancias y se caracteriza por una buena regularidad y una buena estabilidad. Para una determinada potencia radiada, la intensidad de campo aumenta cuando disminuye la frecuencia hasta 10 kc/s, y las variaciones diurnas, estacionales y undecenales (ciclo de actividad solar) no son tan marcadas.

Debido a la estabilidad de la propagación, las frecuencias de esta gama son muy adecuadas para los sistemas de radionavegación. En particular en las frecuencias superiores a unos 100 kc/s, en las que es posible aislar la onda de superficie mediante emisiones de impulsos, es posible concebir sistemas basados en medidas de tiempo de gran precisión. Las comunicaciones marítimas emplean mucho las ondas largas, que son también útiles para los enlaces entre puntos fijos durante los períodos en que importantes perturbaciones ionosféricas dificultan la explotación de los circuitos en ondas decamétricas.

La propagación se hace esencialmente con polarización vertical, que se mantiene perfectamente; una restricción importante, en parte de tipo económico, proviene de la necesidad de emplear antenas de grandes dimensiones y potencias de transmisión elevadas. Otro factor restrictivo es el de que los ruidos ionosféricos aumentan cuando disminuye la frecuencia; de todos modos, dejando aparte el hecho de que la anchura de banda total de que se dispone es reducida, los servicios tienen que contentarse, por lo general, con una anchura de banda reducida, lo que supone menor curso de comunicaciones.

Durante estos últimos años, los trabajos de investigación se han referido sobre todo a las ondas miriamétricas y, en menor grado, a las ondas kilométricas. Existe una documentación importante [1] sobre estas cuestiones, lo mismo desde el punto de vista teórico que experimental. Se ha publicado un estudio interesante [2] sobre las condiciones de la baja ionosfera que rigen la propagación de las ondas miriamétricas y kilométricas. Las curvas de propagación de las ondas miriamétricas trazadas por Wait [3] pueden ser de utilidad para ciertos problemas prácticos; en la obra de Belrose y de sus colaboradores [4], se dan datos sobre la propagación de las ondas de baja frecuencia.

Numerosos son todavía los aspectos de la propagación de las ondas kilométricas y miriamétricas que hay que estudiar para poder establecer curvas que prolonguen las actuales del C. C. I. R., con objeto de poder aplicarlas a la propagación a larga distancia de las frecuencias inferiores a 150 kc/s; entre otras cosas, mencionaremos los efectos no recíprocos debidos al campo magnético terrestre y los problemas que plantean las variaciones de la conductividad del suelo a lo largo del trayecto de las ondas. Gran parte de los trabajos teóricos se basan en modelos idealizados de ionosfera y es necesario todavía realizar algunos trabajos experimentales para establecer la relación que existe entre este modelo teórico y las condiciones reales.

Es probable que sea prematuro organizar un programa mundial de medidas de intensidad de campo; como primera etapa, se ha propuesto que dos o tres especialistas constituyan un grupo oficioso que examine la voluminosa documentación publicada, con objeto de asesorar al C. C. I. R. sobre la forma que podría darse a dicho programa (Resolución 13).

* Adoptado por unanimidad; con el Informe 264, reemplaza al Informe 154.

BIBLIOGRAFÍA

1. WAIT, J. R.: A Survey and bibliography of recent research in the propagation of VLF radio waves. *Radio noise of terrestrial origin*, editado por F. Horner, publicado por Elsevier, Amsterdam (1962). [Informe de la XIII Asamblea General de la U. R. C. I., Londres, 1960.]
2. WAYNICK, A. H.: The present state of knowledge concerning at-lower ionosphere. *Proc. I. R. E.*, **45**, 741 (1958).
3. WAIT, J. R.: Transmission loss curves for propagation at very low radio frequencies. Transactions of the Professional group on Communications Systems. *IRE*, CS-6, 58 (1958).
4. BELROSE, J. S.; HATTON, W. L.; MCKERROW, C. A., y THAIN, R. S.: The engineering of communication Systems for low radiofrequencies. *Proc. IRE*, **47**, 661 (1959).

INFORME 266 *

ESTUDIO DEL DESVANECIMIENTO DE LAS SEÑALES PROPAGADAS POR LA IONOSFERA

(Programa de estudios 148)

(Londres, 1953 — Varsovia, 1956 — Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

1. Introducción.

La experiencia ha demostrado que las informaciones relativas al valor medio de la señal recibida no bastan para establecer los planes de los sistemas de radiocomunicación. Hay que considerar igualmente las variaciones en el tiempo que se producen en forma de variaciones aleatorias a corto plazo, de variaciones irregulares a largo plazo y de variaciones más o menos periódicas, agrupadas bajo el término general de desvanecimientos. Los desvanecimientos ejercen una influencia decisiva en el funcionamiento de los sistemas de radiocomunicación. Por consiguiente, es esencial conocer su intensidad y rapidez, para poder especificar la potencia de las instalaciones transmisoras, determinar los sistemas de diversidad más eficaces y económicos para la recepción y definir las relaciones de protección necesarias frente a las interferencias.

2. Causas de los desvanecimientos.

Se considera que los desvanecimientos están originados por los siguientes fenómenos:

- cambios en la absorción,
- enfoque y desenfoque,
- cambios en la polarización,
- propagación por trayectos múltiples.

Por consiguiente, conviene distinguir entre los siguientes tipos de desvanecimientos:

- desvanecimiento por absorción,
- desvanecimiento por enfoque,
- desvanecimiento por polarización,
- desvanecimiento por trayectos múltiples.

* Adoptado por unanimidad; reemplaza al Informe 159.

La separación experimental de estos diversos componentes es muy difícil; no obstante, se puede llegar a algunas conclusiones útiles por medio de hipótesis plausibles. Por lo general, se considera que el desvanecimiento a largo plazo obedece a fenómenos de absorción, en tanto que el desvanecimiento a corto plazo obedece a efectos de polarización y de propagación por trayectos múltiples. El desvanecimiento por enfoque se sitúa probablemente entre estas dos categorías.

Se considera, sin embargo, que corresponde a la U. R. C. I. proceder a estudios detallados sobre las causas de los desvanecimientos y sobre los diversos fenómenos que contribuyen a ellos (véase el Ruego 10).

3. Períodos de muestreo característicos para los diversos tipos de desvanecimientos.

Sería muy conveniente reducir el número de los diversos tipos de desvanecimiento que hay que considerar, pero no siempre es posible. De hecho, el número de categorías en las que conviene clasificar los fenómenos de desvanecimiento depende de la finalidad que se persiga al estudiar un determinado problema. Por ejemplo, si lo que se pretende es describir el desvanecimiento selectivo en caso de propagación por trayectos múltiples, el funcionamiento de los combinadores de diversidad y los dispositivos de codificación para la corrección de errores, las estadísticas más útiles serán las establecidas a corto plazo. Estas estadísticas pueden obtenerse merced al muestreo de fenómenos estacionarios, de una duración comprendida entre algunos minutos y una hora o más. Por otro lado, para determinar las potencias de transmisión necesarias, el conocimiento de los valores medianos horarios y su desviación «standard» a lo largo de un período de un mes o incluso de un año, es más interesante que la distribución a corto plazo, puesto que estas cantidades representan mejor el conjunto de la gama de variaciones que se producen en un circuito. Es bien sabido desde hace tiempo que existen variaciones casi periódicas debidas a las modificaciones diurnas de la ionosfera, al período de rotación del Sol y a ciertos cambios característicos de los parámetros geomagnéticos. Por lo general, es cómodo prescindir en los análisis de los sistemas de telecomunicaciones hechos por el C. C. I. R. de los efectos de estos parámetros en la variación a largo plazo; en efecto, su influencia sobre las señales deseadas y no deseadas que se reciben es aproximadamente la misma, de modo que no influyen notablemente en el valor de la relación señal deseada/señal no deseada.

Es, pues, evidente, que los períodos de muestreo de los enlaces en ondas decamétricas no debieran establecerse arbitrariamente ni fijarse en un valor único determinado. Antes bien, conviene elegir cierto número de intervalos de distinta duración, lo bastante numerosos para que puedan ponerse de manifiesto todas las características de los desvanecimientos que sean de interés para los proyectistas de los sistemas de transmisión. Pese a la complejidad de los fenómenos de desvanecimiento en ondas decamétricas que acabamos de exponer, es indispensable que se llegue a un acuerdo, aunque sea provisional, a propósito de los períodos de muestreo más apropiados, durante los cuales puedan estudiarse los fenómenos de desvanecimiento.

4. Intensidad y rapidez de los desvanecimientos a corto plazo.

4.1 *Intensidad de los desvanecimientos* [1 a 13] y [21 a 23].

El único método que permite describir debidamente la intensidad de los desvanecimientos a corto plazo es el estadístico. Los desvanecimientos se pueden caracterizar por una función de distribución obtenida empíricamente, que indique el porcentaje de tiempo durante el cual se ha rebasado un determinado nivel de señal. Como hemos indicado, es imposible servirse de un intervalo uniforme para establecer una diferencia bien neta entre las estadísticas a corto o a largo plazo. Sin embargo, las diversas investigaciones realizadas en esta materia (véanse los Docs. 13 y 76 (Japón) y 475 (U. R. S. S.), Varsovia, 1956) parecen indicar la conveniencia de elegir un período relativamente corto, por ejemplo de 3 minutos a una hora o más, según la frecuencia radioeléctrica y las características del trayecto de propagación, para describir los desvanecimientos a corto plazo. Sería conveniente proseguir los estudios sobre el particular.

La función de distribución relativa a los desvanecimientos a corto plazo ha sido objeto de numerosos análisis teóricos. Varios autores han sugerido la siguiente función de

densidad de probabilidad para el caso muy general de la superposición de un campo intenso constante y de un gran número de campos secundarios, de amplitud y fase aleatorias

$$dP = \frac{2v}{v^2} I_0(2vv_c/v_{ef}^2) \exp \left[- (v^2 + v_c^2)/v_{ef}^2 \right] dv \quad (1)$$

siendo v la tensión de envolvente de la señal recibida,

v_c la tensión de envolvente de la componente constante de la señal, y

$I_0(x)$ la función de Bessel modificada de orden cero.

Cuando v_c tiende a cero, esta función tiende hacia la distribución de Rayleigh dada por:

$$dP = (2v/v_{ef}^2) \exp(-v^2/v_{ef}^2) dv \quad (2)$$

cuya distribución acumulativa es la siguiente:

$$P(v > v_0) = \int_{v_0}^{\infty} (2x/v_{ef}^2) \exp(-x^2/v_{ef}^2) dx = \exp(-v_0^2/v_{ef}^2) \quad (3)$$

La distribución de Rayleigh, expresada en función de la potencia instantánea p disponible en la antena receptora la da:

$$P(p > x) = \exp(-x/\bar{p}) \quad (4)$$

donde \bar{p} designa el valor medio de la potencia disponible.

Las distribuciones precedentemente descritas están basadas en la hipótesis de la presencia simultánea de un gran número de vectores componentes entre los que existen relaciones de fase erráticas. También se han realizado análisis teóricos en el caso de un número finito de vectores con relaciones de fase erráticas [13]. Si se suman, por ejemplo, dos vectores de amplitudes iguales y cuya fase relativa es errática, la distribución de probabilidad del vector resultante viene dada por:

$$P(v > v_0) = 1/\pi \arccos \left[(v_0^2 - v_{ef}^2)/v_{ef}^2 \right] \quad (5)$$

Esta distribución particular, que se produce rara vez en la práctica, puede dar lugar a desvanecimientos más importantes que los indicados por una distribución de Rayleigh pura.

Además de la distribución estadística mencionada, ligada a ciertas hipótesis teóricas (fenómenos estacionarios, movimiento aleatorio de los radiadores secundarios), existen otras que merecen ser tomadas en consideración, toda vez que contienen parámetros arbitrarios, a los que se pueden asignar valores que representen exactamente los resultados experimentales.

A este respecto, cabe señalar la distribución en m [1, 2 y 24], que tiene la siguiente densidad de probabilidad:

$$dP = [(2m^m v^{2m-1}) / \Gamma(m) \Omega^m] \exp(-mv^2/\Omega) \quad (6)$$

siendo v la tensión de envolvente de la señal recibida y

m y Ω unos parámetros,

$$\Omega = v_{ef}^2$$

y $m \geq \frac{1}{2}$

Esta distribución es idéntica a la distribución χ^2 a menudo empleada en los cálculos de probabilidad y en las estadísticas. Para $m = 1$, se reduce a la distribución de Rayleigh. Las mediciones efectuadas han demostrado que m se halla comprendida, por lo general, entre 0,9 y 1,8. Conviene señalar que la intensidad de los desvanecimientos es más reducida para los valores más grandes de m .

Por último, conviene también mencionar las siguientes distribuciones posibles:

La distribución normal, que caracteriza las variaciones de la tensión instantánea de la frecuencia radioeléctrica $v_i = V \text{ sen } \omega t$, con una tensión de envolvente v ajustada a la distribución de Rayleigh:

$$dP = (1/v_{ef}\sqrt{\pi}) \exp(-v_i^2/v_{ef}^2) dv_i \quad (7)$$

— la distribución logarítmica normal, que representa aproximadamente la distribución a largo plazo de la pérdida de transmisión o de la intensidad de campo, expresada en db:

$$dP = (1/\sqrt{2\pi}\sigma_V) \exp(-V^2/2\sigma_V^2) dV \quad (8)$$

en donde $V = 20 \log v$.

El modo más sencillo de caracterizar las distribuciones empíricas por un número más o menos grande de parámetros consiste en indicar niveles; por ejemplo, los rebasados durante el 50, 90 y 10 % del tiempo. Las distribuciones dadas por una ley de varios parámetros presentan siempre el peligro de que las extrapolaciones no estén justificadas.

Los resultados experimentales hasta ahora obtenidos en la gama de ondas decamétricas pueden resumirse como sigue:

Con intervalos de análisis reducidos (de 3 a 7 minutos), las funciones de distribución que al parecer predominan son análogas a la distribución de Rayleigh. Para niveles de señal elevados, la variancia de la distribución parece disminuir por debajo del valor correspondiente a la ley de Rayleigh. Si se considera la fórmula teórica (1), esta circunstancia puede explicarse por la preponderancia de una reflexión especular constante. Por otra parte, otros autores estiman que, cuando predominan niveles de señal elevados, puede ser necesario utilizar intervalos de análisis más prolongados para obtener una aproximación de la distribución de Rayleigh. Sin embargo, en el curso de estos intervalos de análisis más prolongados (de 30 a 60 minutos), las curvas de distribución siguen la ley logarítmica normal más bien que la ley de Rayleigh. La gama de desvanecimiento, definida con frecuencia como la diferencia entre los valores de los niveles (en db por encima de $1 \mu\text{V/m}$) rebasados durante el 10 y el 90 % del tiempo, es por término medio igual a:

$$(V_{10} - V_{90}) = 13 \pm 3,2 \text{ db}$$

Es notable que incluso en el caso de que la forma de las distribuciones sea diferente de la de la distribución de Rayleigh, esta gama de desvanecimiento observada tenga un valor muy próximo a 13,4 db, que es el previsto para la distribución de Rayleigh.

En un número relativamente reducido de casos, las distribuciones medidas tienen forma de S , en vez de ser logarítmico-normales; esto parece indicar la presencia durante el intervalo considerado de diversos modos de propagación.

4.2 Rapidez de los desvanecimientos [16, 17, 19].

La rapidez de los desvanecimientos se puede caracterizar de diversas maneras. La descripción casi completa de los desvanecimientos la da una función de autocorrelación en el tiempo o el espectro de potencia correspondiente. La función de autocorrelación de un proceso estacionario $U = U(t)$ que varía irregularmente en el tiempo está definida por:

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T U(t) \cdot U(t + \tau) dt \quad (9)$$

donde $U(t)$ puede designar un nivel de señal en cualquier unidad apropiada, tal como tensión, potencia o decibelios. Naturalmente, es necesario precisar cuáles son las unidades que se emplean.

Esta fórmula permite calcular el espectro de potencia del proceso:

$$G(f) = 4 \int_0^\infty R(\tau) \cdot \cos(2\pi f\tau) d\tau \quad (10)$$

La relación entre $G(f)$ y el espectro de Fourier $F_T(f)$ viene dada por:

$$G(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} F_T(f) F_T^*(f) \quad (11)$$

en donde

$$F_T(f) = \int_{-T}^T U(t) \exp(i2\pi ft) dt \quad (12)$$

El espectro de frecuencia del proceso de desvanecimiento puede, pues, obtenerse por medio de la función de autocorrelación, que es relativamente fácil de determinar. Con ayuda de ciertas hipótesis teóricas (distribución de Maxwell de las velocidades de los radiadores secundarios), la curva de la función de autocorrelación debiera ser una curva de Gauss:

$$R(\tau) = R(0) \exp(-\tau^2/\tau_0^2) \quad (13)$$

Cabe preguntarse, sin embargo, si esta hipótesis está siempre justificada. Por ello, conviene tomar en consideración la posibilidad de otras funciones de autocorrelación.

La falta de aparatos de medición apropiados ha impedido hasta ahora determinar con la debida frecuencia las funciones de autocorrelación del desvanecimiento. Por ello, para caracterizar la rapidez de los desvanecimientos, se emplean otros parámetros más fáciles de obtener. Aunque no representen una descripción tan completa del desvanecimiento como la que se obtiene con una función de autocorrelación, dichos parámetros proporcionan útiles informaciones acerca de la rapidez de los desvanecimientos. Cabe señalar, en primer lugar, la rapidez de los desvanecimientos, definida por el número de veces que la intensidad de campo atraviesa en sentido ascendente un cierto valor específico durante una unidad de tiempo.

Cuando los desvanecimientos de la señal se ajustan a (1), la rapidez de los desvanecimientos del nivel v viene dada por:

$$N(v) = (\sqrt{4\pi} f_s v/v_{ef}) \exp[-(v_c^2 + v^2)/v_{ef}^2] I_0(2v_c v/v_{ef}^2) \quad (14)$$

donde I_0 es la función de Bessel modificada de orden cero y

f_s la frecuencia media de desvanecimiento (definida más adelante).

En el caso particular de la distribución de Rayleigh, se puede introducir el valor mediano v_m , obteniéndose:

$$N(v) = 2,95 f_s (v/v_m) \exp(-0,693 v^2/v_m^2) \quad (15)$$

Si $v = v_m$, resultará que $N(v_m) = 1,47 f_s$.

Esta proporcionalidad es también válida, al menos aproximadamente, para otras distribuciones de amplitud.

El valor cuadrático medio de la frecuencia de desvanecimiento f_s que aparece en (14) y (15) puede determinarse también a base de la función de autocorrelación. El cuadrado del valor cuadrático medio de la frecuencia de desvanecimiento viene dado por la siguiente expresión:

$$f_s^2 = \overline{f^2} = \frac{\int_0^\infty f^2 G(f) df}{\int_0^\infty G(f) df} = \frac{1}{4\pi^2 R(0)} \left. \frac{d^2 R(\tau)}{d\tau^2} \right|_{\tau=0} \quad (16)$$

La rapidez de los desvanecimientos está estrechamente ligada a la derivada de la amplitud de la señal recibida. Por consiguiente, puede medirse también por diferenciación electrónica de la señal recibida. La rapidez de los desvanecimientos se define en este caso por la siguiente expresión:

$$S = \frac{1}{v} \left| \frac{d\bar{v}}{dT} \right|$$

El número de máximos de la amplitud de la envolvente de la señal recibida durante la unidad de tiempo puede servir también de medida de la rapidez de los desvanecimientos. La relación entre este número Z y f_s es simplemente $Z = 2,52 f_s$ para la distribución de Rayleigh. En consecuencia, f_s se obtiene contando los máximos.

Hasta ahora, Estados Unidos y el Reino Unido son los únicos países que han realizado un número suficiente de investigaciones con ayuda de la función de autocorrelación; Estados Unidos ha trabajado en la frecuencia de 50 Mc/s (dispersión ionosférica), y el Reino Unido entre 6 y 18 Mc/s. Los valores de τ_0 medidos en el Reino Unido, en la hipótesis de que la función de autocorrelación satisfaga (13) estaban comprendidos entre los límites 0,7 s y 3,5 s. Algunos diagramas de autocorrelación indios ponen claramente de manifiesto la existencia de componentes quasi periódicas.

Principalmente en la República Federal de Alemania se ha medido la rapidez de desvanecimiento definida por el paso por el nivel de intensidad de campo rebasado durante el 90 % del tiempo (registro de la intensidad de campo de WWV en 15 Mc/s). Esta rapidez estaba comprendida entre 6 y 16 (por minuto), siendo su valor medio de 11,25 (por minuto). En el mismo trayecto de propagación se han hecho estudios por diferenciación electrónica de la amplitud de las señales recibidas; la derivada fue superior a 3,5 db/s durante el 50 % del tiempo, y a 8,5 db/s durante el 10 % del tiempo.

La carencia de datos en cantidad suficiente ha impedido hasta ahora determinar la influencia neta de la frecuencia portadora o de la distancia. Aparentemente, la hora, la estación o la actividad solar no ejercen una influencia apreciable. Parece conveniente llevar a cabo investigaciones más detalladas en este campo.

5. Variaciones a largo plazo [14, 15].

En lo que respecta a las variaciones a largo plazo que no son ni periódicas ni quasi periódicas, se estima, una vez más, que sólo los métodos estadísticos permiten analizar debidamente los datos. Se admite a menudo, para simplificar, que las variaciones aleatorias a largo plazo tienen una distribución logarítmica normal, pero esta hipótesis dista mucho de ser válida en todos los casos. Son muy numerosas las distribuciones que resultan mucho más complicadas, tanto si se miden a lo largo de un mes, como de una rotación solar o de un año. En un voluminoso conjunto de estadísticas relativas a 28 rotaciones solares, la República Federal de Alemania comprobó que el 50 % de las curvas de distribución de una rotación solar eran logarítmicas normales. El 25 % aproximadamente podía dividirse en dos grupos de distribución logarítmica normal, cada uno de los cuales correspondía a una gama dada de valores de intensidad de campo; el resto, sólo se podía reducir a la distribución logarítmica normal dividiéndolo en un número aún más elevado de grupos parciales. Queda por saber si todas esas divisiones tan complejas podían explicarse por medio de algún proceso físico. La gama de desvanecimiento $V_{10} - V_{90}$ era por término medio de unos 20 db. Esto corresponde a una desviación «standard» de 8 db, valor que concuerda con los resultados experimentales obtenidos en la U. R. S. S. Si se subdividen los resultados globales obtenidos en épocas diferentes, se ve que la gama de desvanecimiento es mucho más grande de noche que de día. Por consiguiente, parece existir una correlación positiva entre valores elevados de la intensidad de campo y una gran variabilidad; inversamente, existe una correlación positiva entre intensidades de campo reducidas y pequeñas variaciones de un día a otro. Si la frecuencia desempeña algún papel, ello se debe, aparentemente, a las variaciones de la MUF. Los valores medianos horarios acusan grandes variaciones en los trayectos radioeléctricos que atraviesan las zonas polares; la desviación «standard» es de 10 db.

Como era de esperar, la posición geográfica del trayecto de transmisión y la fase del ciclo solar ejercen al parecer una gran influencia en las distribuciones a largo plazo. Aún no se posee la debida experiencia en esta materia.

6. Problemas de diversidad [2, 18, 20]

Entre todas las técnicas de diversidad que pueden emplearse para reducir la influencia de los desvanecimientos sobre la calidad de la recepción, a saber: diversidad de espacio, de frecuencia, de polarización y de tiempo, sólo la diversidad de espacio ha sido objeto de estudios detallados.

Partiendo de una teoría simplista, pero probablemente errónea, de la dispersión, se admite a menudo que la función de correlación en el espacio es una función de Gauss:

$$\rho(d) = \exp(-d^2/2\lambda^2) \quad (17)$$

siendo d la distancia medida perpendicularmente al plano de propagación y χ lo que se denomina «dimensión estructural». A la distancia $d = \chi$, la correlación es todavía de 0,61. En la práctica, convendría más el valor $\chi \sqrt{2}$. Para esta distancia, tenemos $P(d) = 0,37$. La experiencia y la teoría demuestran que el efecto de diversidad se obtiene ya a todos los fines prácticos a esta distancia, y que la expresión «distancia de separación» o «distancia de correlación» parece estar justificada en lo que concierne a este parámetro.

La representación por una función gaussiana de la correlación en el espacio está ligada a ciertas hipótesis teóricas que explican que dicha representación no concuerde siempre con los resultados experimentales.

Se han hecho estudios teóricos basados en la distribución en m , que han dado distribuciones en el tiempo para diversos sistemas de diversidad, con o sin correlación de señales.

Los ensayos realizados en el Reino Unido en la gama de 6 a 18 Mc/s, en distancias de 2.000 a 17.000 km., han permitido obtener valores de la dimensión estructural χ comprendidos entre 150 y 400 m., o sea distancias de separación de 210 a 560 m., lo que corresponde a un número de longitudes de onda comprendido entre 10 y 25.

En Estados Unidos, la distancia media de separación para 540 kc/s fue de $29,4 \lambda \pm 17,1 \lambda$. Por otra parte, en este mismo país se ha logrado, en la frecuencia de 85 kc/s, escindir los desvanecimientos en dos tipos con períodos de 7 y de 1,5 minutos, y determinar las distancias de separación correspondientes, a saber, 5 km. para el primer tipo y 1 km. para el segundo.

Estas conclusiones se han visto confirmadas por los registros de WWV en 15 Mc/s, hechos en la República Federal de Alemania. Además, se ha demostrado que las distancias de separación requeridas cuando predomina en la ionosfera la reflexión especular son mucho más importantes que en el caso de la dispersión. Se han observado con mucha frecuencia casos en que los registros hacían pensar en la presencia de una dispersión pura, en tanto que el estudio de la correlación espacial sugería la existencia de una mezcla de reflexión especular débil y de dispersión.

Las mismas investigaciones han mostrado que las distancias de separación transversales con relación a la dirección de propagación (15λ para $\rho(d) = 0,5$) representan únicamente la mitad de las distancias de separación longitudinales (30λ para $\rho(d) = 0,5$). Por ello, para el funcionamiento en diversidad de espacio, las antenas se sitúan casi siempre una al lado de la otra, y no una detrás de otra. En el caso de la dispersión pura, la distancia de separación para una frecuencia de trabajo superior a la MUF se redujo a 1 ó 2λ para $\rho = 0,5$. En el caso de la radiación normal reflejada, la distancia de separación ha resultado ser de unos 100λ y prácticamente independiente de la frecuencia. La distancia de separación disminuyó cada vez que se aumentó la distancia entre el transmisor y el receptor.

La mejora en la recepción obtenida gracias a la diversidad de espacio se ha estudiado en el Reino Unido y en Estados Unidos. Cuando la correlación entre las señales recibidas por las dos antenas tendía a cero, el nivel de 99,9 % se elevó de 14 a 15 db. Para $\rho = 0,61$, la mejora fue aún de 13 db, resultado casi tan satisfactorio.

La diversidad de polarización en la gama de 6 a 18 Mc/s ha sido estudiada en el Reino Unido. Las antenas se instalaron en un mismo lugar, pero dispuestas de modo que pudieran recibir ondas perpendiculares entre sí. El resultado fue idéntico al logrado con una separación de antenas de 240 a 480 m. La diversidad de polarización constituye, pues, un medio eficaz para mejorar la recepción de las ondas decamétricas en caso de desvanecimiento. Es particularmente útil en los casos en que se carece de espacio para que las antenas estén suficientemente separadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. NAKAGAMI, M.: *Journ. Inst. Elec. Comm. Eng.*, Japan, **239**, p. 145 (febrero de 1934).
2. NAKAGAMI, M.: Statistical studies on fading diversity effects and characteristics of diversity receiving systems (1947).
3. NAKAGAMI, M., y SASAKI, T.: Res. and Devel. Data No. 1. Wireless System Section, *Elec. Comm. Lab.*, Japan (mayo de 1950).
4. NAKAGAMI, M., y FUJIMURA, S.: *Journ. Inst. E. C. Eng.*, Japan, **36**, p. 234 (mayo de 1953).
5. NAKAGAMI, M.; WADA, S., y FUJIMURA, S.: *Jour. Inst. Elec. Comm. Eng.*, Japan, **36**, p. 535 (noviembre de 1953).

6. RICE, S. O.: *Bell Syst. Techn. Journ.*, **33**, p. 109 (1944).
7. RICE, S. O.: *Bell Syst. Techn. Journ.*, **23**, p. 282 (1944).
8. RICE, S. O.: *Bell Syst. Techn. Journ.*, **24**, p. 46 (1945).
9. RICE, S. O.: *Proc. IRE*, **41** (febrero de 1953).
10. BECKMANN, P.: *Acta Technica CSAV, II 4*, p. 331-355 (1957).
11. DU CASTEL, F., y SPIZZICHINO, A.: *Annales des Télécomm.*, XIV 1-2, p. 33-40 (enero-febrero de 1959).
12. DU CASTEL, F.: *Annales des Télécomm.*, XV 5-6, p. 137-143 (mayo-junio de 1960).
13. NORTON, K. A.; VOGLER, L. E.; MANSFIELD, W. V., y SHORT, P. J.: The probability distribution of the amplitude of a constant vector plus a Rayleigh distributed vector, *Proc. IRE*, **43**, p. 1354-1361 (octubre de 1955).
14. GROSSKOPF, J.: *Fernmeldetechnische Zeitschrift*, 373 (1953).
15. GROSSKOPF, J.: *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, p. 114-118 y p. 146-152 (1955).
16. RICE, S. O.: *Bell Syst. Techn. Journ.*, **37** (1958).
17. RICE, S. O.: *Bell Syst. Techn. Journ.*, **37** (1943).
18. PIERCE, J. N.: Diversity improvement in frequency-shift keying for Rayleigh fading conditions, Electronics Research Directorate, U. S. A. F. Cambridge Research Center (septiembre de 1956).
19. RATCLIFFE, J. A.: Reports on Progress in Physics, **19**, p. 188, Physical Society (Londres, 1956).
20. GRIDDALE, G.; MORRIS, G. E., y PALMER, E. S.: *Proc. I. E. E.*, **104**, 13, p. 39 (1957).
21. MITRA, S. N., y SRIVASTAVA, R. B. L.: *Ind. Journ. Phys.*, **31**, 20 (1957).
22. MITRA, S. N.: *J. Sci. Ind. Res.*, **11 B**, 453 (1952).
23. ASSARWAL, K. K.: *Journ. Inst. Telecom. Engr.* (India), **5**, 232 (1959).
24. DASGUPTA, P., y VIG, K. K.: *Journ. Atm. Terr. Phys.*, **18**, 265 (1960).
25. CHAMAL: *Journ. Inst. Telecom. Engr.* (India), **6**, 223 (1960).

INFORME 322

REVISIÓN DE LOS DATOS SOBRE LOS RUIDOS ATMOSFÉRICOS RADIOELÉCTRICOS

Este Informe, que reemplaza al Informe 65, se ha adoptado por correspondencia. Debido a su longitud, ha sido objeto de una publicación por separado.

COMISIÓN DE ESTUDIO VI

(Propagación ionosférica)

Mandato:

Estudio de todas las cuestiones relativas a la propagación de las ondas en la ionosfera, en cuanto concierne a las radiocomunicaciones.

Relator principal: Dr. D. K. BAILEY (Estados Unidos de América)
Relator principal adjunto: Dr. E. K. SMITH (Estados Unidos de América)

INTRODUCCIÓN POR EL RELATOR PRINCIPAL DE LA COMISIÓN DE ESTUDIO VI

1. Situación desde el punto de vista de las cuestiones o problemas especiales que interesan a los nuevos países.

En el examen de los problemas técnicos planteados por las radiocomunicaciones ionosféricas, la Comisión de estudio VI ha comprendido cada vez más la necesidad de presentar, en el plano mundial, una gran parte de los datos ionosféricos en forma que se preste a su aplicación práctica a las telecomunicaciones (incluida la radiodifusión). En particular, la Comisión se encuentra actualmente con cierto número de problemas especiales que se plantean en las regiones tropicales donde están situados la mayoría de los nuevos países. A continuación se describe la situación, tal y como se presenta actualmente:

2. Predicciones de la MUF. (Frecuencia máxima utilizable.)

Desde hace cerca de un cuarto de siglo, se ha estudiado en numerosos países la cuestión de la predicción de la MUF para las comunicaciones entre dos puntos determinados de la superficie de la tierra. Durante ese período, y más especialmente desde al Año Geofísico Internacional, se ha acumulado y analizado gran número de datos facilitados por los sondeos ionosféricos, y otros datos de carácter más práctico; ahora existen en varios países servicios encargados de las predicciones. La Comisión de estudio VI se ocupa en la actualidad en la publicación de un atlas C. C. I. R. de las características ionosféricas, que permitirá a los usuarios de todas las regiones del mundo hacer cálculos de la MUF, en tal o cual caso determinado, en función de la hora, de la estación y del nivel de actividad solar. Esta labor se ha confiado a un Grupo de trabajo internacional, creado de acuerdo con la Resolución 10. A este respecto, conviene señalar asimismo el Informe 256. Se concede una atención especial al estudio de esta cuestión en el caso de bajas latitudes.

Este trabajo se verá grandemente facilitado ahora que se ha redactado el Informe 246 sobre los índices de la propagación ionosférica y en vista de la situación favorable que se refleja en textos tales como la Recomendación 232, la Resolución 4 y el Programa de estudios 193 (VI).

3. Predicción de la intensidad de campo de la onda ionosférica y de la pérdida de transmisión en las frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.

Este problema se estudia desde hace mucho tiempo por un Grupo de trabajo internacional (véanse la Recomendación 177 (Varsovia, 1956) y la Resolución 7). Se ha tropiezao con dificultades en el establecimiento de un método C. C. I. R. utilizable en el mundo entero, pero se ha realizado un trabajo preliminar extremadamente útil. Se prevé que la reciente reorganización del Grupo de trabajo internacional, indicada en la Resolución 7, permitirá elaborar en breve plazo un método de cálculo que pueda adoptarse con carácter provisional por el C. C. I. R. Como para las predicciones de la MUF, se concederá una atención especial al estudio de los problemas que se plantean en las bajas latitudes.

4. Predicción de la intensidad de campo de la onda ionosférica en las frecuencias inferiores a 1,5 Mc/s.

La Comisión de estudio VI acaba de emprender un programa de trabajo sistemático con el fin de reemplazar las antiguas curvas, establecidas en El Cairo, en 1938, dando para las horas de noche la intensidad de campo de la onda ionosférica en función de la distancia, de la posición geográfica y de la hora local. Las curvas primitivas se aplicaban a las latitudes medias y elevadas, principalmente en la zona europea. Ahora se sabe que no son de ninguna manera aplicables a las latitudes tropicales, y que probablemente no se aplican tampoco a las latitudes medias, no sólo en el hemisferio Sur, sino también en las regiones del hemisferio Norte, cuyas longitudes son muy distintas de las de Europa. En lo que respecta a la región europea, las curvas de El Cairo están ahora reemplazadas por las curvas de propagación contenidas en el Informe 264. En virtud de la Resolución 12 se ha creado un Grupo de trabajo internacional, cuya misión es reunir esos mismos datos para otras partes del mundo, especialmente para las zonas tropicales y para las zonas templadas y subtropicales del hemisferio Sur.

Un Grupo de trabajo oficioso, creado en aplicación de la Resolución 13, va a estudiar la cuestión del establecimiento de curvas de propagación a gran distancia en frecuencias inferiores a 150 kc/s. Cuando ese Grupo haya publicado su Informe, la Comisión estudiará detalladamente las cuestiones de organización que plantea el establecimiento de esas curvas. De todas formas, la propagación de las ondas hectométricas y kilométricas no interesa, en lo inmediato, a los nuevos países situados en las bajas latitudes, debido al nivel elevado de los ruidos atmosféricos radioeléctricos, especialmente en Africa.

5. Ruidos atmosféricos radioeléctricos.

Este ruido de fondo impone limitaciones extremadamente severas en numerosas regiones tropicales; por consiguiente, es una fuente de preocupaciones para cierto número de países nuevos. Una versión profundamente modificada del Informe 65 (Informe 322) se halla actualmente en curso de preparación con miras a su publicación. La Recomendación 372 recomienda que el Informe se utilice hasta que pueda ser objeto de una nueva redacción útil. En su versión revisada, el Informe tiene en cuenta un gran número de nuevos resultados de observación obtenidos en diversas partes del mundo, incluidas las zonas tropicales.

6. Contadores de relámpagos próximos.

El C. C. I. R. (por medio de la Comisión de estudio VI) ha estudiado y puesto a prueba varios dispositivos electrónicos simples que permiten contar los relámpagos próximos, habiendo decidido recomendar el empleo de uno de esos modelos. Ruega encarecidamente a las administraciones, en especial por conducto de la O. M. M., que pongan en servicio esos dispositivos y den a conocer los resultados obtenidos, con el fin de introducir mejoras en los mapas actuales de nivel de ruido.

7. Nueva Cuestión.

La Cuestión 248 (VI) tiene presente la existencia de los problemas especiales de radio-comunicaciones ionosféricas en ondas decamétricas que se plantean en regiones ecuatoriales. Esta Cuestión trata de efectos tales como el desvanecimiento ecuatorial, que puede causar serias dificultades en ciertos nuevos países.

8. Relaciones con otras Comisiones de estudio.

La Comisión de estudio VI tiene en su programa cierto número de problemas que interesan a las Comisiones de estudio IV (Sistemas espaciales) y XII (Radiodifusión tropical). También estos problemas presentan interés para los nuevos países.

RUEGO 6 *

DETERMINACIÓN DE LOS SIGNOS PRECURSORES DE VARIACIONES A CORTO PLAZO DE LAS CONDICIONES DE PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

(Programa de estudios 93 (VI))

El C. C. I. R.,

(Los Angeles, 1959)

CONSIDERANDO:

- a) Que la determinación segura de los signos precursores de variaciones de las condiciones de propagación ionosférica aumentaría la eficacia de numerosas aplicaciones prácticas de esa propagación;
- b) Que esta determinación es de la máxima importancia en lo que concierne a las tormentas ionosféricas, y
- c) Que, al parecer, los fenómenos solares son una fuente importante de estos signos precursores,

FORMULA, POR UNANIMIDAD, EL SIGUIENTE RUEGO:

Que la U. R. C. I. tenga a bien estudiar la siguiente Cuestión:

¿Qué fenómenos solares, o de otra índole, podrían utilizarse para prever con seguridad las variaciones a corto plazo de las condiciones de propagación ionosférica y, en particular, las tormentas ionosféricas?

RESOLUCIÓN 4

DIVULGACIÓN DE INFORMACIONES RELATIVAS A LOS ÍNDICES FUNDAMENTALES DE LA PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que se ha recomendado la utilización de R_{12} , I_{F2} y Φ como índices para uso en la propagación ionosférica (Recomendación 371);
- b) Que conviene poner a disposición de las administraciones los valores más recientemente observados y previstos de estos índices,

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Que se pida al Director del C. C. I. R. que tome las medidas oportunas:
 - 1.1 Para obtener los datos más recientes del número de manchas solares y del flujo solar en 10 cm. de longitud de onda que son necesarios en el cálculo de R_{12} y de la media mensual de Φ ;
 - 1.2 Para obtener los valores medios mensuales de los parámetros ionosféricos que se requieren para el cálculo de I_{F2} ;
 - 1.3 Para calcular los valores mensuales de R_{12} , Φ e I_{F2} ;

* Antiguo núm. 45.

2. Que se publiquen en el Boletín de Telecomunicaciones estos índices, junto con cualquier predicción de los índices y la estimación de los errores de predicción, hechas por las administraciones que poseen ya cierta experiencia en la previsión de los parámetros ionosféricos o de la actividad solar;
3. Que el Director del C. C. I. R. tome las medidas pertinentes para que dichas informaciones se comuniquen lo más rápidamente posible a las administraciones que las soliciten;
4. Que se invite a las organizaciones actualmente encargadas de compilar los datos solares e ionosféricos básicos utilizados en la elaboración de los índices, a que sigan realizando las observaciones pertinentes y a que transmitan los resultados de las mismas al Director del C. C. I. R.

RUEGO 7

PREDICCIÓN DE ÍNDICES DE ACTIVIDAD SOLAR

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que la actividad solar, definida por diversos índices numéricos fundados en la observación de los fenómenos solares, ejerce gran influencia en la ionosfera y, por ende, en las radio-comunicaciones afectadas por la ionosfera, y
- b) Que los métodos que se emplean para predecir la tendencia futura de la actividad solar se basan en la actualidad, sobre todo, en el estudio estadístico de las series de números de manchas solares,

FORMULA, POR UNANIMIDAD, EL SIGUIENTE RUEGO:

Que se someta la siguiente cuestión a la Unión Astronómica Internacional:

¿Es posible mejorar la exactitud de las predicciones de actividad solar, especialmente en lo que se refiere a los números de manchas solares, aprovechando los recientes progresos de la física solar?

CUESTIÓN 247 (VI)

ELECCIÓN DE ÍNDICES FUNDAMENTALES DE LA PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO

Que se ha recomendado la utilización de los índices de actividad solar especificados en la Recomendación 371,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, poner a estudio la siguiente cuestión:

1. ¿Qué índices de actividad solar pueden proponerse como preferibles a los recomendados?
2. ¿Cuáles son los mejores índices para la predicción:
 - 2.1 de la absorción de las ondas decamétricas por la capa *D*,
 - 2.2 de las características de reflexión de la capa *D* para las ondas hectométricas y las frecuencias más bajas?

PROGRAMA DE ESTUDIOS 193 (VI) *

PREDICCIÓN DE UN ÍNDICE DE ACTIVIDAD SOLAR

El C. C. I. R.,

(Varsovia, 1956 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que el Sol es causa de numerosos fenómenos geofísicos, en particular, de la formación de la ionosfera y de la mayoría de las variaciones de ésta;
- b) Que el acrecentamiento y la disminución graduales de la actividad solar con máximos separados aproximadamente por once años, corresponden estrechamente con muchos índices de actividad geofísica de variación lenta;
- c) Que la componente de variación lenta de la actividad geofísica y solar puede evaluarse partiendo de muchos índices solares basados en mediciones ópticas y radioeléctricas, y por medio de mediciones geomagnéticas de sondeos ionosféricos;
- d) Que la predicción segura de esos parámetros tiene vital importancia para los estudios de la propagación radioeléctrica, y
- e) Que se han estudiado los métodos de autocorrelación en diversos países;

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

- 1. Comparación periódica de las predicciones obtenidas con los diversos métodos de autocorrelación o de quasi-correlación publicados, incluso las efectuadas durante los últimos años, entre sí y con los resultados de las mediciones;
- 2. Examen más a fondo de la combinación de métodos de autocorrelación, empíricos y otros, que permitan obtener predicciones más exactas.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 194 (VI) **

DETERMINACIÓN DE LOS SIGNOS PRECURSORES DE VARIACIONES A CORTO PLAZO DE LAS CONDICIONES DE PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA Y MÉTODOS PARA DESCRIBIR LAS PERTURBACIONES IONOSFÉRICAS Y LA CALIDAD DE LOS CIRCUITOS RADIOELÉCTRICOS

El C. C. I. R.,

(Londres, 1953 — Varsovia, 1956 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que conviene disponer de uno o varios índices adecuados para las predicciones a corto plazo de las perturbaciones ionosféricas;
- b) Que los índices de predicción a largo plazo para la propagación ionosférica no dan resultado satisfactorio en la predicción a corto plazo de las variaciones de la ionosfera;
- c) Que la causa de las perturbaciones que influyen en la propagación ionosférica puede deberse a la radiación corpuscular o a la radiación fotónica del Sol;

* No se deriva de ninguna Cuestión en estudio; reemplaza al Programa de estudios 100.

** No se deriva de ninguna Cuestión en estudio; reemplaza al Programa de estudios 93.

- d) Que se ha encontrado una correlación entre las variaciones a corto plazo de las condiciones de propagación ionosférica y ciertos índices de los fenómenos magnéticos y de las erupciones solares;
- e) Que es conveniente disponer de predicciones de las perturbaciones ionosféricas en forma que sea interesante para los operadores de los enlaces radioeléctricos de propagación ionosférica y utilizables para apreciar subsiguientemente la exactitud de dichas predicciones;
- f) Que la aplicación de las predicciones de perturbaciones ionosféricas varía sensiblemente según el tipo de circuito radioeléctrico considerado;
- g) Que es conveniente que las predicciones publicadas por los distintos organismos se presenten en una forma que permita la comparación,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Posibilidad de elegir observaciones solares especiales u observaciones de otros fenómenos —como la actividad geomagnética, la radiación cósmica, los silbidos, etc.— que puedan efectuarse objetivamente y utilizarse en las predicciones a corto plazo de las condiciones de propagación ionosférica;
2. Posibilidad de describir las perturbaciones ionosféricas en forma comparable con la de las predicciones;
3. Posibilidad de establecer un método unificado para describir las perturbaciones ionosféricas, que pueda servir para predicciones y comprobaciones, teniendo en cuenta ciertos factores como la hora del comienzo, las zonas interesadas, los desplazamientos, las variaciones de extensión y la duración e importancia de las perturbaciones;
4. Posibilidad de definir índices que permitan caracterizar la intensidad de una perturbación ionosférica durante una serie de breves períodos iguales, que puedan combinarse para hacer una estimación de la importancia de la perturbación en conjunto;
5. Relación entre las características de las perturbaciones descritas por el método unificado a que se hace referencia en el § 3, y la calidad prevista de enlaces radioeléctricos de distintos tipos;
6. Posibilidad de definir una escala más objetiva para evaluar la importancia de las perturbaciones ionosféricas de brusca iniciación, estudiando, por ejemplo, las variaciones de la intensidad de campo media de los parásitos atmosféricos en la banda de frecuencias comprendida entre 20 y 40 kc/s.

RESOLUCIÓN 5

MEJORA DE LA RED DE ESTACIONES DE SONDEO IONOSFÉRICO

(Informe 151)

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que es necesario disponer de una red de estaciones de sondeo ionosférico para obtener datos fundamentales para las predicciones de propagación ionosférica y para su comparación ulterior con la calidad de las radiocomunicaciones;
- b) Que, dada la importancia creciente de las comunicaciones tierra-espacio, será preciso continuar recogiendo con regularidad datos sobre la ionosfera y eventualmente modificar los parámetros y aumentar su número;

- c) Que la red de estaciones de sondeo ionosférico ya existente facilita información sinóptica de importancia para estudios científicos tales como los que interesan a la U. R. C. I., y
- d) Que, desde el punto de vista de las radiocomunicaciones, conviene evitar grandes lagunas geográficas en la red, tanto en latitud como en longitud,

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Que las administraciones tomen todas las medidas posibles para mantener la red de estaciones de sondeo ionosférico, esforzándose especialmente en llenar las grandes lagunas geográficas de dicha red;
2. Que las administraciones prosigan el intercambio de datos fundamentales a través de los Centros mundiales de datos y por los demás conductos establecidos;
3. Que se tomen las medidas para el intercambio internacional de la nueva información hoy disponible, por medio de sondeos desde arriba,

RESOLUCIÓN 6

ESTUDIO DE LA PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA POR MEDIO DE IONOSONDAS TRANSPORTADAS EN SATÉLITES DE ÓRBITAS SUPERIORES A LA ALTURA MÁXIMA DE LA CAPA F2 (IONOSONDEOS DESDE ARRIBA)

(Informe 151)

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que las ionosondas transportadas en satélites terrestres constituyen un medio para el trazado de mapas de la $foF2$ de gran resolución geográfica;
- b) Que dichas ionosondas ofrecen un medio relativamente cómodo para el trazado de los mapas de la $foF2$ por encima de partes inaccesibles del globo, como las regiones oceánicas y polares;
- c) Que probablemente se podrán mejorar notablemente las representaciones de las condiciones ionosféricas, una vez que se disponga de estos nuevos datos fundamentales, y
- d) Que, como consecuencia, aumentaría la confiabilidad de las predicciones a largo plazo de las características ionosféricas para su aplicación en telecomunicaciones,

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Que las administraciones que tienen en proyecto programas de investigaciones espaciales dediquen la máxima atención posible a este nuevo método de sondeo ionosférico;
2. Que las administraciones participen en estos trabajos por medio de otras estaciones de teledifusión en tierra;
3. Que se intercambien los datos fundamentales que sobre la $foF2$ se obtengan por este procedimiento, según los mismos principios que se siguen en el intercambio de los datos de los sondeos ionosféricos hechos desde tierra.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 195 (VI) *

PROPAGACIÓN POR REFLEXIÓN EN LA CAPA E ESPORÁDICA O POR OTRAS IONIZACIONES ANORMALES DE LAS CAPAS E Y F DE LA IONOSFERA

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que la propagación por reflexión en la capa *E* esporádica puede desempeñar un papel importante en las comunicaciones de ondas decamétricas a larga distancia y también, frecuentemente, en la parte superior de la banda de ondas métricas (hasta distancias de 2.300 kilómetros);
- b) Que los datos relativos a los ecos de la capa *E* esporádica obtenidos con ionosondas no suministran estadísticas adecuadas para predecir los valores de la intensidad de campo recibida o de la pérdida de transmisión para trayectos oblicuos;
- c) Que los registros de ondas entretenidas y las mediciones de impulsos de incidencia oblicua efectuados en frecuencias fijas suministran los datos estadísticos que necesitan los especialistas sobre la propagación por la capa *E* esporádica y otros fenómenos anormales;
- d) Que las observaciones sobre ondas entretenidas hacen a menudo muy difícil distinguir los efectos de la capa *E* esporádica de los de otros fenómenos de ionización anormal de las capas *E* y *F*, y de los debidos a la propagación troposférica;
- e) Que la configuración del trayecto ejerce una considerable influencia en los fenómenos que, como los de tipo auroral, parecen producir reflexiones en zonas ionizadas paralelas al campo magnético;
- f) Que es posible explotar estos modos anormales de propagación, pero que constituyen igualmente una fuente posible de interferencia,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Intensidad de campo o pérdida de transmisión de las señales propagadas por modos anormales en las regiones *E* y *F*, en las frecuencias de la parte más baja de la gama de ondas métricas y en las frecuencias más altas de la gama de ondas decamétricas. En el análisis de las mediciones conviene tener en cuenta:
 - La distinción entre los efectos de los diferentes modos de propagación;
 - La influencia de la frecuencia, de la distancia, de la hora, de la estación y del ciclo de actividad solar;
 - Los efectos de la ionización distribuida paralelamente al campo magnético;
 - Los ángulos vertical y acimutal de llegada de las señales propagadas por los diferentes modos anormales;
 - Las características de los puntos terminales, como ganancia y directividad de las antenas, configuración del terreno, características y procedimientos de calibración de los receptores, potencia de los transmisores y pérdidas en las líneas de transmisión.
2. Comparación de los resultados así obtenidos con los datos suministrados por las ondas ionosféricas (por ejemplo f_oE_s), en todos los casos en que ello sea posible.
3. Preparación de mapas sencillos, regionales y mundiales, del nivel de la señal recibida con relación al nivel en el espacio libre, o de la pérdida de transmisión, en frecuencias apropiadas, para los modos anormales de propagación más importantes.

* No se deriva de ninguna Cuestión en estudio; reemplaza al Programa de estudios 143.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 196 (VI) *

COMUNICACIONES INTERMITENTES MEDIANTE LA PROPAGACIÓN
POR ESTELAS METEÓRICAS IONIZADAS

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que se ha demostrado que la propagación por estelas meteóricas ionizadas puede servir para realizar las comunicaciones intermitentes en las frecuencias de la parte inferior de la gama de ondas métricas y a distancias comprendidas entre algunos centenares de kilómetros y algo más de 2.000 km.;
- b) Que todavía son insuficientes los numerosos datos de que se dispone actualmente sobre la propagación para poder realizar sistemas de comunicaciones que utilicen este modo de propagación en condiciones satisfactorias, y
- c) Que si bien los sistemas experimentales que emplean este modo de propagación proporcionan datos sobre esta propagación, no siempre es posible aplicarlos de manera general,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Determinación de los parámetros estadísticos de las señales recibidas, cuyo conocimiento es necesario para realizar y explotar en buenas condiciones los sistemas de comunicaciones intermitentes;
2. Variaciones diurnas y estacionales de estos parámetros, para un sistema dado, en función:
 - De la posición geográfica,
 - De la orientación del trayecto, y
 - De la actividad solar y geomagnética;
3. Influencia de los parámetros del sistema, como la frecuencia, la ganancia, la directividad y la orientación de las antenas, en los parámetros de las señales recibidas;
4. Problemas planteados por las interferencias mutuas, originadas por el modo de propagación por ionización meteórica, y por las reflexiones en la capa *E*s y en la capa *F* durante los períodos de actividad solar elevada.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 197 (VI) **

TRANSMISIONES DE IMPULSOS DE INCIDENCIA OBLICUA

(Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956

El C. C. I. R.,

Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que se han realizado ensayos de transmisiones de impulsos de frecuencia fija y de frecuencia variable, tanto con equipos experimentales como con equipos comerciales,

* No se deriva de ninguna Cuestión en estudio; reemplaza al Programa de estudios 146.

** No se deriva de ninguna Cuestión en estudio; reemplaza al Programa de estudios 151.

- b) Que el empleo de transmisiones de impulsos de incidencia oblicua puede facilitar enormemente el estudio de muchos problemas de propagación ionosférica que interesan directamente al C. C. I. R.;
- c) Que estas transmisiones experimentales permiten, sobre todo, descomponer la propagación en varios modos individuales, lo que hace posible delimitar la gama de frecuencias utilizable para cada modo de propagación y medir las intensidades de campo, las direcciones de llegada y los retrasos de transmisión correspondientes,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Modos de propagación y sus frecuencias límite, en relación con:
 - 1.1 Los cálculos de la MUF normalizada para cada uno de esos modos;
 - 1.2 La MUF de explotación en circuitos que funcionen simultáneamente entre los mismos puntos.
2. Comparación de las pérdidas en el espacio libre con las que se producen en los diversos modos de propagación, a fin de hallar una explicación a las pérdidas observadas en los circuitos en explotación;
3. Modos de propagación fuera del círculo máximo, mediante mediciones de la dirección de llegada en los diversos modos;
4. Aparición de la propagación de un solo salto por el rayo de Pedersen para diversas distancias de más de 4.000 km., en distintas partes del mundo, particularmente en el caso de la propagación de las ondas a muy grandes distancias sin reflexión intermedia en el suelo;
5. Efectos de las reflexiones en E_s , de los ecos debidos a la dispersión en la región F y de la absorción anormal en las transmisiones de impulsos de incidencia oblicua;
6. Relación entre las transmisiones de impulsos de incidencia oblicua y los sondeos de incidencia vertical en puntos apropiados, a lo largo del trayecto de transmisión;
7. Otros factores relacionados con las mediciones en las que se utilizan transmisiones de impulsos de incidencia oblicua, a saber:
 - Naturaleza de los desvanecimientos;
 - Enfoque;
 - Reciprocidad;
 - Doble refracción magnetoiónica, y
 - Angulo vertical de llegada.

RESOLUCIÓN 7*

INTENSIDAD DE CAMPO Y PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN DE LA ONDA IONOSFÉRICA EN LAS FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE LOS LÍMITES APROXIMADOS DE 1,5 Y 40 Mc/s

(Programa de estudios 198 (VI))

(Varsovia, 1956 — Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que la evaluación de la intensidad de campo y de la pérdida de transmisión de la onda ionosférica por encima de 1,5 Mc/s, reviste gran importancia práctica;

* Reemplaza al Ruego 48.

- b) Que para tramitar las notificaciones de asignación de frecuencias, la I. F. R. B. tiene que contar con un solo método de evaluación basado en los mejores datos técnicos disponibles;
- c) Que cada uno de los métodos aplicados por las distintas administraciones ofrece, evidentemente, determinadas ventajas, y
- d) Que para establecer un método único basado en los mejores datos técnicos disponibles es muy posible que hayan de compararse minuciosamente los resultados experimentales,

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Que se mantenga el Grupo de trabajo creado, en un principio, en virtud de la Recomendación 177, con la participación de expertos designados por las administraciones y organismos interesados en este problema, como, por ejemplo:

Estados Unidos de América.
Francia.
Reino Unido.
Japón.
República Federal de Alemania.
India.
Checoslovaca (R. S.).
U. R. S. S., e
I. F. R. B.

2. Que por conducto del Director del C. C. I. R. las administraciones y organismos comuniquen al Relator principal de la Comisión VI del C. C. I. R. el nombre del experto que designan;
3. Que el Relator principal de la Comisión de estudio VI nombre Presidente del Grupo a uno de los expertos designados para formar parte del mismo;
4. Que se faculte al Grupo de trabajo para que pueda solicitar el concurso de expertos de otras administraciones y organismos internacionales;
5. Que el Grupo de trabajo establezca:
 - 5.1 A la mayor brevedad, un método simple provisional, adaptado a calculadoras de capacidad limitada, y
 - 5.2 Un método detallado provisional, aplicable cuando se conozcan mejor los parámetros de los circuitos;
6. Que por conducto del Director del C. C. I. R. las administraciones y los organismos internacionales comuniquen al Grupo de trabajo todas las medidas de intensidad de campo disponibles en la actualidad, efectuadas de conformidad con el Informe 253;
7. Que las administraciones miembros del C. C. I. R. prosigan las medidas de intensidad de campo y de la potencia radiada por los transmisores, con objeto de poder comparar los resultados experimentales;
8. Que dado el enorme trabajo que supone la comparación de los resultados obtenidos mediante los diversos métodos de cálculo con los datos experimentales, las administraciones miembros del C. C. I. R. presten toda la ayuda posible al Grupo de trabajo, efectuando, por ejemplo, cálculos para los circuitos actualmente estudiados;
9. Que, habida cuenta de que la medición de las intensidades de campo exigirá muchísimo tiempo, durante el cual los trabajos deberán coordinarse constantemente, el Grupo de trabajo prosiga su labor por correspondencia y por medio de reuniones, y
10. Que la Secretaría del C. C. I. R. colabore con el Grupo de trabajo, recopilando, por ejemplo, las informaciones sometidas por las administraciones y organismos, y preparando resúmenes para uso del Grupo de trabajo.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 198 (VI) *

EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO Y DE LA PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN DE LA ONDA IONOSFÉRICA PARA LAS FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE LOS LÍMITES APROXIMADOS DE 1,5 Y 40 Mc/s

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

Que los métodos actuales de evaluación de la intensidad de campo no son suficientemente exactos en todos los casos,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Investigaciones teóricas minuciosas sobre la propagación ionosférica a larga distancia;
2. Perfeccionamiento de los métodos de evaluación, teniendo en cuenta, por ejemplo, la propagación fuera del círculo máximo, la dispersión en el suelo y la influencia, no solamente de la intensidad del campo magnético terrestre, sino también de su dirección con relación a la de propagación;
3. Perfeccionamiento de las técnicas de evaluación para trayectos que atraviesan las zonas ecuatorial o auroral y para distancias cortas, inferiores a 800 km., de especial interés para la radiodifusión tropical;
4. Perfeccionamiento de la evaluación de la atenuación durante la noche;
5. Comparaciones estadísticas de los valores calculados y medidos de la intensidad de campo o de la pérdida de transmisión, teniendo en cuenta los valores de los parámetros de propagación para el período de comparación, así como la influencia de los diagramas de directividad real de las antenas;
6. Medidas de absorción, con transmisiones de impulsos de incidencia vertical y oblicua, en cierto número de frecuencias, principalmente en las regiones de mucha absorción;
7. Aplicación de las variaciones con el tiempo de la absorción de los ruidos extraterrestres, y de las intensidades de campo de las señales procedentes de vehículos espaciales.

Nota.—Al efectuar estos estudios, conviene tener en cuenta los Programas de estudios 148 (VI) 195 (VI), 197 (VI) y 203 (VI).

RESOLUCIÓN 8 **

REVISIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN SOBRE LOS RUIDOS ATMOSFÉRICOS RADIOELÉCTRICOS

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1951 — Varsovia, 1956 — Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que es necesario actualizar constantemente los datos contenidos en el Informe 322 ***;

* Reemplaza a los Programas de estudios 144 y 145. No se deriva de ninguna cuestión en estudio.
 ** Esta Resolución, con la Recomendación 372, reemplaza en parte a la Recomendación 315.
 *** El Informe 322 se editará por separado.

- b) Que el equipo perfeccionado actualmente en servicio permitirá disponer para esta revisión de un número creciente de datos;
- c) Que es preciso coordinar estos datos antes de poder revisar el Informe 322, y
- d) Que los nuevos datos permitirán ampliar el campo de aplicación y la precisión del Informe 322,

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Que el Grupo de trabajo encargado de la cuestión de los ruidos atmosféricos radioeléctricos, designado por el Relator principal de la Comisión de estudio VI, siga compilando datos de toda procedencia relacionados con el Informe 322;
2. Que los datos que se sometan al Grupo de trabajo se presenten en la forma adecuada para que puedan compararse fácilmente con el Informe 322, debiendo incluirse en ellos los valores de las potencias medias de ruido y los valores de características a corto plazo más detalladas, e indicarse:
 - 2.1 Si las intensidades relativas del ruido en diversos puntos hacen creer que deben modificarse las cartas del ruido;
 - 2.2 Si las intensidades relativas del ruido en diversas frecuencias hacen creer que deben modificarse las curvas en función de la frecuencia;
 - 2.3 Si las relaciones decilo superior/valor mediano y decilo inferior/valor mediano deben modificarse;
 - 2.4 Si las curvas de distribución de probabilidad de los valores medidos de las amplitudes pueden representarse con precisión satisfactoria por una de las familias de curvas idealizadas apropiadas contenidas en el Informe 322;
3. Que el Grupo de trabajo mantenga los datos constantemente al día y formule las proposiciones que estime oportunas con miras a una nueva revisión eventual del Informe 322.

RESOLUCIÓN 9

**DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO ATMOSFÉRICO
RADIOELÉCTRICO EN LAS DIVERSAS PARTES DEL MUNDO**

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que el Informe 65 ha servido de fuente de información sobre la distribución geográfica y las variaciones con el tiempo de la potencia media del ruido atmosférico radioeléctrico;
- b) Que un programa de mediciones llevado a cabo desde la publicación del Informe 65 ha proporcionado mejor información, no sólo sobre la potencia del ruido, sino también sobre otras características que deben conocerse para poder evaluar el grado en que estos ruidos interfieren a los servicios radioeléctricos;
- c) Que esta información ha sido estudiada por el Grupo de trabajo establecido en virtud de la Recomendación 315 * y ha sido recogida en un nuevo informe, destinado a reemplazar al Informe 65,

* Reemplazada por la Resolución 8.

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Que el Director del C. C. I. R., de acuerdo con el Relator principal de la Comisión de estudio VI y el Grupo de trabajo que se ocupa del ruido radioeléctrico atmosférico (Recomendación 315 *) organice la adopción por correspondencia de la revisión del Informe 65 preparado por dicho Grupo, y
2. Que el Director del C. C. I. R. disponga la publicación, a la mayor brevedad posible, de este Informe **, con los comentarios eventuales de las administraciones.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 199 (VI) ***

MEDICIÓN DEL RUIDO ATMOSFÉRICO RADIOELÉCTRICO

El C. C. I. R., (Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que provisionalmente pueden utilizarse los datos sobre el ruido atmosférico a que se refiere el Informe 322;
- b) Que dicho informe contiene ya informaciones acerca de la distribución estadística a corto plazo de las amplitudes del ruido y de los factores de incertidumbre de predicción, así como datos muy detallados sobre la distribución mundial de la potencia de ruido recibida en una corta antena vertical puesta a tierra;
- c) Que se ha reconocido la importancia que revisten estos factores y otras características del ruido para determinar la interferencia en los servicios radioeléctricos;
- d) Que se requieren mediciones complementarias para poder revisar una vez más ese Informe y ampliar su campo de aplicación, y
- e) Que para evaluar las propiedades e intensidad de los ruidos radioeléctricos hay que conocer la distribución de los relámpagos y la potencia por ellos radiada, así como la influencia de la propagación,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Distribución mundial de la potencia de ruido, efectuándose las medidas bien directamente, bien por deducción a partir de otras características, con ayuda de la red actual o ampliada de las estaciones de medida.
2. Otras características de ruido ya descritas en el Informe 322;
3. Medida, en las estaciones provistas de instalaciones adecuadas, de los ruidos atmosféricos captados por las antenas directivas de uso corriente en las radiocomunicaciones, y determinación de la correlación entre los resultados obtenidos y los datos relativos a la distribución de las tormentas;
4. Periodicidad de las descargas eléctricas en el mundo entero, mediante:
 - Redes de contadores concebidas para el registro de los relámpagos próximos;
 - Redes de radiogoniometría concebidas para localizar las tormentas a cierta distancia;

* Reemplazada por la Resolución 8.

** Queda entendido que este largo Informe (Informe 322) no se publicará en los documentos impresos de la X Asamblea Plenaria.

*** Reemplaza al Programa de estudios 154; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

5. Intensidad y naturaleza del ruido producido por las descargas eléctricas, e influencia de la propagación;
6. Distribución, durante cortos períodos de tiempo en que las estadísticas son estacionarias; de la duración de los impulsos de ruido y de los intervalos de tiempo que los separan, para diversos valores del nivel del umbral;
7. Espectro de potencia o función de autocorrelación correspondiente de la envolvente del ruido;
8. Perfeccionamiento de métodos de utilización de los datos estadísticos relativos a las características del ruido, además de su potencia media, con objeto de evaluar el grado de interferencia de los servicios radioeléctricos, y
9. Importancia relativa de los ruidos atmosféricos con relación a los demás tipos de interferencia, como factor limitativo de la calidad de las radiocomunicaciones.

RESOLUCIÓN 10

PREDICCIONES BÁSICAS A LARGO PLAZO DE PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

(Programa de estudios 200 (VI))

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que numerosas administraciones están persuadidas de la necesidad de una representación continua en el plano mundial de los parámetros ionosféricos;
- b) Que el Programa de estudios 200 (VI) prevé el estudio del grado en que se pueden mejorar los elementos de predicciones básicas mediante distintos métodos de presentación y de interpolación (por ejemplo, utilizando cartas mundiales en T. U. o métodos automáticos de interpolación);
- c) Que el Programa de estudios 200 (VI) prevé asimismo el examen estadístico de la variación diaria de la MUF en función de la estación del año, del ciclo solar, de la posición geográfica, etc., con el fin de obtener métodos prácticos para tener en cuenta este factor en las predicciones mensuales;
- d) Que existen métodos * para comprender automáticamente, gracias a propiedades funcionales, la representación de los parámetros de la propagación ionosférica, tanto en tiempo universal como en hora local;
- e) Que estos métodos proporcionan una interpolación continua entre los datos de observación, habida cuenta de las variaciones observadas en función de la actividad solar, de la hora y de la ubicación geográfica, así como de las leyes físicas de que depende la ionización, y
- f) Que existe en la actualidad, basado principalmente en métodos de análisis numérico, un procedimiento objetivo de análisis y de presentación de los parámetros ionosféricos tales como f_oF2 y $M(3.000)F2$, determinados por la red mundial de sondeos ionosféricos *.

* En la bibliografía figura una selección de trabajos sobre este punto.

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Que se cree un reducido Grupo de trabajo integrado por expertos, al que se confiará la misión de elaborar las especificaciones y de preparar la producción y presentación de un atlas provisional del C. C. I. R., ilustrativo de las características ionosféricas mundiales y destinado a facilitar las radiocomunicaciones;
2. Que el Grupo de trabajo estudie a fondo la posibilidad de utilizar en el análisis de los datos los medios más objetivos posibles, sin olvidar las consideraciones de orden físico, en particular en las regiones en que se sospecha la existencia de anomalías;
3. Que el Grupo de trabajo esté compuesto por unos seis expertos, pertenecientes a las administraciones que desplieguen actividades notorias en este terreno;
4. Que las administraciones participantes indiquen al Director del C. C. I. R., a más tardar el 1.º de junio de 1963, el nombre y la dirección del experto por ellas designado, para ponerse directamente en contacto con él, por correspondencia;
5. Que el Relator principal de la Comisión de estudio VI designe un Presidente entre los expertos integrantes de este Grupo de trabajo, y
6. Que se invite a la I. F. R. B. y a la Secretaría del C. C. I. R. a participar en este Grupo de trabajo.

A N E X O

1. Como guía para el Grupo de trabajo que habrá de crearse en virtud del presente Ruego, se propone que el primer informe contenga, a título de ejemplo, 32 mapas ilustrativos de la distribución mundial de f_oF2 y MUF (4.000) F2 para las siguientes combinaciones de parámetros:
 - Cuatro valores de T. U., a saber, 00.00 h., 06.00 h., 12.00 h. y 18.00 h.;
 - Dos meses, a saber, junio y diciembre;
 - Dos valores de índice, uno débil y otro elevado, por ejemplo 5 y 125.
2. Todo miembro del Grupo de trabajo que desee formular, por su propia iniciativa o en nombre de un tercero, una proposición encaminada a que se tome en consideración una característica ionosférica especial de una región geográfica dada, deberá comunicarlo al Presidente, definiendo los límites de la región de que se trate e indicando la razón física que justifique el trato especial propuesto. Fórmulas matemáticas apropiadas, representativas de las variaciones en dicha región, podrán facilitar la inclusión de las características ionosféricas especiales en un programa de calculadora electrónica.
3. Una vez hayan progresado lo suficiente los trabajos por correspondencia, se deberá organizar una reunión del Grupo de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. RAWER, K.: Note on the longitude effect in the F-region, of *Atmos. and Terr. Phys.*, **3**, 123-124 (1953).
2. JONES, W. B., y GALLET, R. M.: Representación por métodos numéricos de las variaciones diurnas y geográficas de los datos ionosféricos. *Boletín de Telecomunicaciones*, **29**, 5, 129-149 (mayo de 1962).
3. C. C. I. R.: Doc. 136 (Canadá), Ginebra, 1963. Información básica sobre predicciones de propagación ionosférica.
4. SANDOZ, O. A.; STEVENS, E. E., y WARREN, E. S.: The development of radio traffic frequency prediction techniques for use at high latitudes, *Proc. I. R. E.*, **47**, 681-688 (mayo de 1959).
5. EYFRIG, R. W.: Efectos de la declinación magnética sobre la capa F2 (será publicado en *Annalen der Geophysik*, 1963).

RESOLUCIÓN 11 *

PREDICCIONES BÁSICAS DE PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

(Programa de estudios 200 (VI))

(Varsovia, 1956 — Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que aún no se han alcanzado los fines perseguidos con el Programa de estudios 200 (VI), y
- b) Que la I. F. R. B. ha indicado que necesita conocer con urgencia:
 - los datos más seguros de que se disponga actualmente sobre los valores medianos de la MUF para la capa *F2*, para su aplicación en un plano mundial,
 - la información que pueda facilitar la identificación de circuitos en los que los resultados de explotación difieran apreciablemente de las predicciones de la MUF,

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

- 1. Que las administraciones interesadas pongan a disposición de la I. F. R. B., para su conocimiento o consulta, los datos de explotación relativos a los circuitos radioeléctricos, en particular respecto de aquellos en los que la experiencia práctica o las observaciones de comprobación técnica muestran la existencia de divergencias importantes entre las predicciones básicas y los resultados de explotación;
- 2. Que estos datos deberán comprender datos estadísticos sobre las horas de comienzo y fin de la recepción, y precisar el efecto de factores distintos de las condiciones de propagación (por ejemplo, cambios de frecuencias necesarios por razones de explotación);
- 3. Que se indiquen, en principio, todos los detalles apropiados concernientes a las condiciones de explotación, y
- 4. Que estos datos se transmitan a la I. F. R. B. por conducto del Relator principal de la Comisión de estudio VI y del Director del C. C. I. R.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 200 (VI) **

INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE PREDICCIONES DE PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

(Londres, 1953 — Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que la preparación de predicciones básicas de la propagación ionosférica plantea problemas aún no resueltos por completo,
- b) Que las administraciones y servicios de explotación de radiocomunicaciones vienen, sin embargo, utilizando ampliamente en la práctica las predicciones ionosféricas ***;

* Reemplaza a la Recomendación 316.

** Reemplaza al Programa de estudios 149; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

*** Véase el Informe 255.

- c) Que la aplicación a la solución de ciertos problemas de explotación de las predicciones ionosféricas básicas facilitadas por administraciones y centros diversos ha revelado que en ocasiones existen grandes discrepancias entre esta información y los datos de explotación, incluso cuando se haya previsto con exactitud el índice de actividad solar, y que tales discrepancias pueden atribuirse a causas como las siguientes:
- Interpretaciones distintas de las observaciones ionosféricas fundamentales;
 - Empleo de métodos distintos para establecer predicciones a base de datos fundamentales de observación ionosférica;
 - Desconocimiento o estudio insuficiente del papel de las capas E , E_s y F_1 , en lo que respecta a los modos reales de propagación y a los efectos de la dispersión terrestre e ionosférica;
 - Necesidad, al preparar las predicciones básicas mundiales, de aplicar métodos adecuados de interpolación, sobre todo en las regiones respecto de las cuales se carece de información de sondeos ionosféricos;
 - Diferencias en la significación estadística de los datos ionosféricos y de explotación elegidos, y en los métodos de evaluación de la calidad de los circuitos en las diversas clases de servicio; y
- d) Que muchos usuarios no establecen aún una neta distinción entre la MUF de explotación, la MUF normalizada y la MUF normal *,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Validez de los métodos actuales de predicción de la MUF de incidencia oblicua a base de los datos de incidencia vertical, para trayectos cortos y para trayectos largos;
2. Relación entre la MUF de explotación y la MUF normalizada, a fin de poder introducir en las predicciones, en caso necesario, un factor de corrección dependiente de la potencia, del tipo de servicio y del porcentaje de información;
3. Grado en que se pueden mejorar los datos básicos de predicción mediante el empleo de distintos métodos de interpolación;
4. Influencia de la ionización de las capas de la región E en los trayectos cortos y largos;
5. Métodos prácticos para introducir en las predicciones fenómenos tales como los modos de propagación, el problema conexo de los ángulos de llegada y de salida, y los efectos de la inclinación de las capas ionosféricas;
6. Propagación fuera del trayecto del círculo máximo, y
7. Determinación estadística de la variación diaria de la MUF normalizada y de la MUF de explotación en función de la estación del año, del ciclo solar, de la posición geográfica, etcétera, con el fin de obtener métodos prácticos para tener en cuenta este factor en las predicciones mensuales.

RUEGO 8

PROPAGACIÓN CONDUCTIDA DE LAS ONDAS DECAMÉTRICAS POR ENCIMA DE LA CAPA F2

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que es posible la propagación de las ondas decamétricas por conductos de ionización que siguen las líneas de fuerza del campo magnético terrestre;

* Véase la Recomendación 373.

- b) Que este tipo de propagación puede ser útil en las radiocomunicaciones, pero que es susceptible de originar interferencias,

FORMULA, POR UNANIMIDAD, EL SIGUIENTE RUEGO:

1. Que se señalen a la atención de las administraciones:
 - Las posibilidades de la propagación en ondas decamétricas de las señales deseadas y de las señales no deseadas a lo largo de conductos de ionización paralelos al campo magnético terrestre, especialmente en período de gran actividad solar;
 - La conveniencia de determinar por medio, por ejemplo, de nuevas experiencias que comprendan observaciones en puntos magnéticos conjugados, si este fenómeno puede tener importancia para las radiocomunicaciones;
2. Que se invite a la U. R. C. I.:
 - a presentar comentarios sobre el interés práctico que puede presentar la propagación guiada de las ondas decamétricas a lo largo de conductos que siguen las líneas de fuerza del campo magnético terrestre,
 - a exponer su parecer sobre el tipo de experimentos que podrían realizar las administraciones que dispongan de los medios apropiados.

CUESTIÓN 248 (VI)

PROBLEMAS ESPECIALES DE LAS RADIOCOMUNICACIONES POR ONDAS DECAMÉTRICAS RELACIONADOS CON LA IONOSFERA ECUATORIAL

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

Que, como se sabe, las radiocomunicaciones por ondas decamétricas y en trayectos que atraviesan el ecuador magnético o le siguen de cerca, están sujetas a ciertas dificultades relacionadas con la ionosfera ecuatorial;

DECIDE, POR UNANIMIDAD, poner a estudio la siguiente Cuestión:

1. Fenómenos especiales de la propagación ionosférica en el ecuador magnético o cerca del mismo;
2. Efectos de estos fenómenos en las radiocomunicaciones, en función:
 - de la clase de emisión,
 - de las características de las antenas,
 - de la frecuencia,
 - de la ubicación geográfica, de la orientación y de la longitud del trayecto de propagación,
 - de la hora del día, del mes y de la actividad solar;
3. Procesos físicos que intervienen *.

* Se ruega al Director del C. C. I. R. se sirva poner esta Cuestión en conocimiento de la U. R. C. I., para dictamen, señalándole especialmente a su atención el § 3.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 153 (VI) *

MEDICIÓN DEL RUIDO RADIOELÉCTRICO INDUSTRIAL

(Los Angeles, 1959)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que a menudo el ruido radioeléctrico industrial es el factor que limita la recepción de las señales radioeléctricas en una amplia gama de frecuencias, sobre todo durante las horas del día en que el ruido atmosférico es reducido;
- b) Que lo mismo las características dinámicas que la dependencia geográfica de tiempo y de frecuencia del ruido radioeléctrico industrial son completamente distintas de las del ruido atmosférico;
- c) Que para las revisiones futuras del Informe 322 se necesita información sobre la importancia relativa del ruido atmosférico y del ruido radioeléctrico industrial, y
- d) Que las mediciones anteriores del ruido industrial se han concentrado en gran medida en cada una de las fuentes, siendo el principal objetivo la reducción del ruido más bien que la determinación del efecto de conjunto en zonas determinadas,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Nivel del ruido radioeléctrico industrial complejo en función de la posición geográfica, de la frecuencia y de la hora del día;
2. Características estadísticas del ruido radioeléctrico industrial complejo en función de las variantes antes indicadas, durante cortos intervalos de tiempo y de un día a otro;
3. Determinación de la correlación de los niveles del ruido radioeléctrico industrial con la densidad de población, actividad industrial, consumo de energía eléctrica y otros factores, y
4. Determinación de los tipos de medición más adecuados para la evaluación de las posibilidades de interferencia del ruido industrial para diferentes tipos de servicio, por ejemplo, cresta, quasi-cresta, tensión eficaz, tensión media de la envolvente, valor medio de los logaritmos y distribución probable de las amplitudes.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 201 (VI) **

MODO DE PROPAGACIÓN POR SILBIDOS

(Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que el modo de propagación ionosférica denominado modo de propagación por silbidos permite frecuentemente una propagación relativamente eficaz de las frecuencias inferiores a unos 30 kc/s, en trayectos aproximadamente paralelos al campo magnético terrestre, que pueden prolongarse muy lejos en el espacio, más allá de la zona de máxima ionización de la ionosfera;

* No se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

** Reemplaza al Programa de estudios 141; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

- b) Que esta clase de propagación puede permitir, en determinadas condiciones, el establecimiento de comunicaciones, pero puede también producir interferencias perjudiciales;
- c) Que los conocimientos que poseemos acerca del mecanismo del modo de propagación por silbidos son aún muy incompletos,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los estudios siguientes:

1. Posible utilización para las radiocomunicaciones del modo de propagación por silbidos;
2. Posibilidades de interferencia por las señales transmitidas según el modo de propagación por silbidos;
3. Cálculo de la intensidad de campo o de la pérdida de transmisión en el modo de propagación por silbidos, para diferentes posiciones de los puntos terminales del trayecto en tierra, en la ionosfera o más allá de la ionosfera;
4. Prosecución del análisis matemático apropiado.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 202 (VI) *

PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA POR DISPERSIÓN

El C. C. I. R., (Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956
Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que son muchos los aspectos de la propagación por dispersión de la ionosfera que requieren aún estudio, no obstante hallarse ya en servicio regular sistemas completos de telecomunicación, merced a la experiencia adquirida con enlaces experimentales en los que se utiliza la dispersión en la ionosfera;
- b) Que se cuenta con varios enlaces para la prosecución de los trabajos experimentales,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Leyes que rigen las fluctuaciones a corto plazo y las variaciones diurnas y estacionales de la intensidad mediana horaria de la señal recibida, en función:
 - De la posición geográfica,
 - De la orientación del trayecto,
 - De la actividad solar y geomagnética,
 - De la periodicidad de ionización de la capa *E*_s,
 - De la ionización meteórica,
 - De factores meteorológicos;
2. Características de la señal recibida, por ejemplo componentes que se propagan por trayectos múltiples y componentes de efecto Doppler, que necesitan técnicas especiales de modulación a fin de obtener el máximo utilizable de las anchuras de banda y de los porcentajes de información;

* Reemplaza al Programa de estudios 147; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

3. Influencia en las características de propagación por trayectos múltiples y en la intensidad de la señal recibida de los siguientes factores:
 - Directividad de las antenas,
 - Ganancia de las antenas para ondas planas,
 - Orientación de las antenas,
 - Longitud del trayecto,
 - Frecuencia,
 - Características del suelo y de la ionosfera;
4. Empleo de métodos de diversidad para reducir las variaciones a corto plazo de la intensidad de las señales recibidas;
5. Métodos para reducir al mínimo, por medio de la elección apropiada de las frecuencias, las interrupciones de funcionamiento de los enlaces en los que se utiliza la dispersión ionosférica, causadas, por ejemplo, por la absorción en la zona de los casquetes polares;
6. Problemas que plantean los fenómenos de reflexión E_s y las reflexiones en la capa F durante los períodos de actividad solar muy elevada, teniendo en cuenta especialmente las interferencias mutuas con otras transmisiones.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 203 (VI) *

DISPERSIÓN HACIA ATRÁS

(Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Varsovia, 1956

El C. C. I. R.,

Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que los fenómenos de dispersión hacia atrás proporcionan directamente en la estación transmisora información sobre el comportamiento de la frecuencia utilizada, sobre los modos de propagación y sobre la eficacia de las diversas antenas para un servicio dado;
- b) Que, sin embargo, debido a pérdidas de energía (originadas en particular por el proceso de dispersión, así como por la atenuación variable a lo largo del trayecto), la ausencia de ecos procedentes de una distancia determinada no indica necesariamente, dadas las técnicas y sensibilidad actuales, que las comunicaciones con una estación situada a esa distancia sean imposibles;
- c) Que los fenómenos de dispersión hacia atrás confirman que la MUF de explotación puede ser superior a la MUF normal;
- d) Que, no obstante, si la distancia de salto varía con el acimut y la anchura del lóbulo es superior a unos grados, al medir la distancia de salto se pueden cometer errores apreciables;
- e) Que, según ciertos indicios, aunque la dispersión hacia atrás a larga distancia se produzca principalmente en el suelo, puede producirse en la ionosfera y, por tanto, se pueden cometer errores importantes de medición;
- f) Que el indicador panorámico de la dispersión hacia atrás es particularmente adecuado para estudiar el movimiento de las nubes de la capa E_s ;
- g) Que los fenómenos de dispersión hacia atrás pueden contribuir a identificar modos de propagación de los impulsos de incidencia oblicua, y

* Reemplaza al Programa de estudios 152; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

- h)* Que los estudios de dispersión hacia atrás se han revelado útiles en las investigaciones relacionadas con ciertos tipos de propagación a larga distancia, observados precedentemente en enlaces de radiocomunicaciones, y según los cuales las ondas se propagan a larga distancia sin reflexión intermedia en el suelo,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Discriminación entre las distintas fuentes de dispersión hacia atrás, suelo, capas *E* y *F*, región auroral, etc.
2. Utilización de la dispersión hacia atrás, en frecuencia fija o con barrido de frecuencia, a fin de completar las informaciones obtenidas mediante las transmisiones de impulsos de incidencia oblicua;
3. Mediciones de intensidad de campo para determinar el coeficiente de dispersión hacia atrás en función de la frecuencia, de la naturaleza de la fuente de dispersión y del ángulo de incidencia con respecto a la misma;
4. Determinación del campo incidente en la zona de dispersión, basándose en el coeficiente de dispersión hacia atrás obtenido mediante las mediciones de intensidad de campo realizadas en las cercanías del transmisor;
5. Estudio de la formación y de los movimientos de zonas localizadas de la capa *Es*, mediante la dispersión hacia atrás;
6. Determinación, a base de mediciones de la dispersión hacia atrás, de las condiciones reales de propagación a distancias limitadas por considerables pérdidas de energía debidas a la propia dispersión y a la atenuación variable a lo largo del trayecto;
7. Determinación de la eficacia relativa de las antenas para las distancias limitadas que acaban de citarse;
8. Estudio, a base de mediciones de la dispersión hacia atrás, de tipos de propagación poco corrientes como, por ejemplo, los siguientes:
 - Ausencia de ecos entre las zonas de enfoque del primer salto y del segundo salto;
 - Persistencia de ecos procedentes de grandes distancias (a menudo, después de desaparecer los ecos del primer salto y de los saltos múltiples), y
9. Estudio de los efectos de enfoque y de las características de las irregularidades que se producen en la ionosfera, a base de mediciones de la dispersión hacia atrás.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 204 (VI) *

CARACTERÍSTICAS IONOSFÉRICAS QUE INFLUYEN EN LOS SISTEMAS ESPACIALES DE TELECOMUNICACIÓN

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a)* Que la ionosfera influye en la propagación por ella de todas las frecuencias de las ondas radioeléctricas;
- b)* Que puede ser posible compartir algunas partes del espectro entre los servicios espacio-espacio, tierra-espacio y terrestre;

* Reemplaza, con los Programas de estudios 190 (V) y 205 (VI) a los Programas de estudios 172 y 173, y a la Cuestión 217; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

- c) Que dada la carencia de datos necesarios sobre la protección mínima dispensada por los fenómenos ionosféricos, no se puede aceptar en la actualidad la compartición no coordinada de frecuencias entre atribuciones de frecuencias completamente independientes a servicios de comunicación sub-ionosféricos y entre cosmonaves,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Medición y elaboración de métodos de predicción de la atenuación, refracción y centelleo de las ondas radioeléctricas que atraviesan la ionosfera, en función de la frecuencia, y de la dirección de propagación, ángulo de elevación y parámetros ionosféricos, y
2. Medición y elaboración de métodos de predicción de las influencias relativas de los efectos Doppler y Faraday.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 205 (VI)*

INFLUENCIA DEL RUIDO RADIOELÉCTRICO DEL ESPACIO EN LAS COMUNICACIONES CON VEHÍCULOS ESPACIALES

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que el ruido radioeléctrico constituye un elemento importante para los enlaces radioeléctricos con vehículos espaciales, y
- b) Que dicho ruido no se conoce como es debido en la ionosfera y en el espacio,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

1. Medición en la ionosfera y en el espacio del ruido proveniente:
 - de fuentes cósmicas;
 - de descargas eléctricas y de otras fuentes terrestres;
2. Elaboración de métodos de predicción del ruido en la ionosfera y en el espacio proveniente:
 - de fuentes cósmicas;
 - de descargas eléctricas y de otras fuentes terrestres.

RUEGO 9 **

EFFECTOS DE LA IONOSFERA EN LAS ONDAS RADIOELÉCTRICAS UTILIZADAS PARA LA TELECOMUNICACIÓN CON LOS VEHÍCULOS ESPACIALES, O ENTRE ELLOS, MÁS ALLÁ DE LA CAPA INFERIOR DE LA ATMOSFERA

El C. C. I. R.,

(Los Angeles, 1959)

CONSIDERANDO:

- a) Que las comunicaciones entre la tierra y los satélites artificiales son ya una realidad práctica;
- b) Que si bien es muy probable que para gran número de comunicaciones de este tipo se utilizarán emisiones de ondas métricas y decimétricas, la ionosfera no dejará de ejercer

* Reemplaza, con los Programas de estudios 190 (V) y 204 (VI), a los Programas de estudios 172 y 173 y a la Cuestión 217; no se deriva de ninguna cuestión en estudio.

** Este Ruego figuraba anteriormente con el núm. 47.

cierta influencia en el carácter de las señales recibidas y en las posiciones aparentes de los móviles deducidas de la observación por métodos radioeléctricos;

- c) Que la comparación de las señales de ondas decamétricas con las señales de ondas métricas o decimétricas puede facilitar el estudio de la influencia de la ionosfera en tales comunicaciones, por ser esta influencia más marcada en las frecuencias más bajas;
- d) Que, en especial, la parte de la ionosfera situada por encima del máximo de la capa *F2* que normalmente no se puede estudiar por medio de ondas radioeléctricas de origen terrestre, ejercerá alguna influencia en esas comunicaciones, y
- e) Que la doble refracción magneto-iónica, en particular, puede dar lugar a cambios de polarización,

FORMULA, POR UNANIMIDAD, EL SIGUIENTE RUEGO:

Que la U. R. C. I. tenga a bien estudiar la siguiente Cuestión:

1. ¿Qué influencia ejerce la ionosfera en la propagación de las ondas radioeléctricas de cualquier frecuencia que la atraviesan? Se dedicará especial atención:
 - A la atenuación de las ondas,
 - A toda variación en la dirección de propagación,
 - A los cambios de polarización;
2. ¿Qué frecuencias de transmisión a partir de los satélites terrestres artificiales pueden suministrar mejor información sobre la ionosfera, como complemento de la que pueden obtener los observatorios terrestres mediante sondeos ionosféricos?

RESOLUCIÓN 12

PROPAGACIÓN A LARGA DISTANCIA DE LA ONDA IONOSFÉRICA EN LAS FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 150 kc/s Y 1.500 kc/s

(Programa de estudios 206 (VI))

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a) Que sería de sumo interés el empleo de curvas de intensidad de campo relativas a las ondas kilométricas y hectométricas para las diferentes zonas del mundo (véase, por ejemplo, el Informe 257);
- b) Que como el trabajo realizado hasta la fecha en respuesta al Programa de estudios 206 (VI) corresponde principalmente a la zona europea (véase el Informe 264), sus resultados no se aplican necesariamente a las regiones situadas en latitudes bajas * y medias del hemisferio Sur ni a otras partes del hemisferio Norte,

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Que se constituya un Grupo de trabajo formado por expertos que representen a las administraciones y organizaciones enumeradas en el Informe 264 (Australia, Estados Unidos, India, U. E. R., O. I. R. T. e I. F. R. B.), que se han interesado ya por las mediciones de intensidad de campo en ondas hectométricas;

* Las mediciones en estas regiones revisten carácter de urgencia, debido a la celebración en 1964 de la Conferencia Africana de Radiodifusión de ondas kilométricas y hectométricas.

2. Que esas administraciones y organizaciones, así como las demás administraciones y organizaciones interesadas, comuniquen a la mayor brevedad, por conducto del Director del C. C. I. R., el nombre de sus expertos al Relator principal de la Comisión de estudio VI;
3. Que el Relator principal de la Comisión de estudio VI designe, entre los expertos elegidos al Presidente del Grupo de trabajo, e informe de este nombramiento al Director del C. C. I. R.;
4. Que el Grupo de trabajo invite a las administraciones de los países situados a proximidad de las regiones mencionadas en el párrafo *b)* a que le presten su concurso;
5. Que se invite al Grupo de trabajo a informar en la próxima reunión de la Comisión de estudio VI, sobre:
 - La precisión con que puedan calcularse las intensidades de campo en ondas kilométricas y hécrométricas en distintas zonas del mundo y, en particular, por prioridad de urgencia, en las situadas en bajas latitudes;
 - La información que se necesita para obtener dicha precisión en el establecimiento de curvas de propagación de la onda ionosférica para frecuencias comprendidas entre 150 kc/s y 1.500 kc/s en esas regiones.

RESOLUCIÓN 13

PROPAGACIÓN DE LA ONDA IONOSFÉRICA A LARGA DISTANCIA EN LAS FRECUENCIAS INFERIORES A 150 kc/s

(Programa de estudios 206 (VI))

El C. C. I. R.,

(Ginebra, 1963)

CONSIDERANDO:

- a)* Que la propagación de las ondas kilométricas y miriamétricas ofrece continuo interés no sólo para las radiocomunicaciones, sino también, y de modo más especial, para los servicios de frecuencias patrón y de señales horarias, así como para los sistemas de navegación que utilizan los métodos de transmisión por impulsos, por comparación de fase o por radiogoniometría, y
- b)* Que aunque se han tomado disposiciones para trazar curvas de propagación a larga distancia de la onda ionosférica en las frecuencias comprendidas entre 150 kc/s y 1.500 kc/s (véanse la Resolución 12 y los Informes 257 y 264), es necesario disponer de tales curvas para las frecuencias inferiores a 150 kc/s y a distancias en que predomina la onda ionosférica; pero que los datos de que se dispone hasta la fecha en los documentos del C. C. I. R. no bastan para trazar tales curvas,

RESUELVE, POR UNANIMIDAD:

1. Que el Relator principal de la Comisión de estudio VI, por conducto de las administraciones interesadas, invite a dos o tres expertos a que constituyan un Grupo de trabajo encargado, con carácter oficioso:
 - De estudiar las informaciones relativas a este punto, provenientes de toda fuente útil, y
 - De preparar un informe que se someterá a examen de la próxima reunión de la Comisión de estudio VI, indicando, en la medida de lo posible, si los datos existentes permiten establecer curvas de propagación a larga distancia de la onda ionosférica en las frecuencias inferiores a 150 kc/s, si hay que iniciar nuevos estudios, o si conviene establecer un programa apropiado de medidas de la intensidad de campo;

2. Que el Relator principal de la Comisión de estudio VI adopte las medidas oportunas para que uno de los miembros del Grupo de trabajo dirija la organización de los trabajos por correspondencia, y
3. Que el Relator principal de la Comisión de estudio VI comunique al Director del C. C. I. R. este nombramiento.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 206 (VI) *

PROPAGACIÓN A LARGA DISTANCIA DE LA ONDA IONOSFÉRICA EN LAS FRECUENCIAS INFERIORES A 1.500 kc/s

(Ginebra, 1951 — Londres, 1953 — Los Angeles, 1959 — Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que el Informe 264 contiene nuevas curvas y fórmulas de propagación nocturna valederas para la zona europea;
- b) Que, sin embargo, no se puede dar todavía a las administraciones y a la I. F. R. B. respuestas completas acerca de la propagación nocturna en las frecuencias inferiores a 1.500 kc/s, aplicables a todas las regiones y en particular a las situadas en bajas latitudes;
- c) Que se requieren igualmente informaciones acerca de la propagación diurna a distancias en que predomina la onda ionosférica;
- d) Que se mantiene el interés por la propagación de las ondas kilométricas y miriamétricas, en lo que respecta no sólo a las comunicaciones, sino también y sobre todo a los servicios de frecuencias patrón y de señales horarias, así como a los sistemas de radionavegación que emplean procedimientos de impulsos, de comparación de fase, o radiogoniométricos, y
- e) Que si se ha llegado a comprender mejor las características de la ionosfera que intervienen en la propagación de la onda ionosférica en las frecuencias inferiores a 1.500 kc/s, el análisis matemático se ha limitado sobre todo a casos teóricos que no concuerdan suficientemente con las condiciones prácticas,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los estudios siguientes:

1. Continuación de las mediciones de incidencia vertical y oblicua en las frecuencias inferiores a 1.500 kc/s, por las administraciones y laboratorios que dispongan de medios adecuados;
2. Determinación de las condiciones físicas existentes en la región inferior de la ionosfera que intervienen en la reflexión de las ondas kilométricas y miriamétricas, teniendo especialmente en cuenta que se pueden manifestar simultáneamente varias alturas de reflexión;
3. Determinación de las variaciones diarias y estacionales de la intensidad de campo de la onda ionosférica, en función:
 - De la posición geográfica, dedicando atención especial a los trayectos transpolares y a las regiones situadas en los antípodas;
 - De la orientación del trayecto y de la influencia del campo magnético terrestre;
 - De la influencia de los índices solar y geomagnético, habida cuenta, en particular, de la que ejercen en la amplitud y en la fase las perturbaciones ionosféricas súbitas y los desvanecimientos polares;
 - De la orientación del trayecto con relación a la línea de transición entre el día y la noche;

* Reemplaza al Programa de estudios 142; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

4. Perfeccionamiento de los estudios matemáticos para su mayor aplicación al problema general de la propagación a larga distancia, en el que la ionización, la dirección del campo magnético terrestre y las características del suelo (desigualdades e irregularidades del terreno, inclusive), varían a lo largo del trayecto;
5. Efecto de la variación de las condiciones de propagación a lo largo del trayecto sobre la fase y la amplitud de la onda, en especial en lo que respecta a los servicios de frecuencias patrón y de señales horarias, y a los sistemas de radionavegación de ondas kilométricas y miriamétricas;
6. Revisión y ampliación de las curvas de propagación nocturna y de las fórmulas contenidas en el Informe 264 a medida que se obtengan nuevos resultados de medición, sobre todo de otras regiones y de bajas latitudes;
7. Posibilidad de establecer curvas y fórmulas de propagación diurna para las distancias en las que predomine la onda ionosférica.

RUEGO 10

DESVANECIMIENTO DE LAS SEÑALES PROPAGADAS POR LA IONOSFERA

(Ginebra, 1963)

El C. C. I. R.,

CONSIDERANDO:

- a) Que en cumplimiento del Ruego 49 * se ha constituido un Grupo de trabajo internacional para estudiar los aspectos de los fenómenos de desvanecimiento que interesan al C. C. I. R., y
- b) Que el conocimiento de los fenómenos básicos que intervienen en el desvanecimiento facilitará considerablemente la especificación de las medidas que deben adoptarse para contrarrestar sus efectos,

FORMULA, POR UNANIMIDAD, EL RUEGO de que se plantee a la U. R. C. I. la siguiente Cuestión:

1. ¿Cuáles son los fenómenos fundamentales que originan el desvanecimiento de las señales radioeléctricas propagadas por la ionosfera, incluidos:
 - las variaciones de la absorción,
 - los fenómenos de enfoque y desenfoque,
 - los cambios de polarización,
 - la propagación por trayectos múltiples?
2. ¿Cuál es la importancia relativa de cada uno de estos factores en el mecanismo de los desvanecimientos, y cuáles son las características distintivas de los desvanecimientos asociados a cada uno de estos factores?
3. ¿Qué métodos experimentales pueden emplearse para distinguir los diversos tipos de desvanecimiento, a saber:
 - desvanecimiento debido a la absorción,
 - desvanecimiento debido al enfoque,
 - desvanecimiento debido a la polarización,
 - desvanecimiento debido a la propagación por trayectos múltiples?

* Este Ruego se ha suprimido.

PROGRAMA DE ESTUDIOS 148 (VI) *

ESTUDIO DEL DESVANECIMIENTO

El C. C. I. R.,

(Londres, 1953 — Los Angeles, 1959)

CONSIDERANDO:

- a) Que la explotación de las radiocomunicaciones exige no sólo información sobre la intensidad mediana de las señales recibidas, sino también sobre:
- La distribución de la amplitud y la rapidez de las variaciones de la intensidad de campo en relación con la velocidad de transmisión,
 - Los efectos de las constantes de tiempo de los equipos, y
 - Los desvanecimientos selectivos,
- y que estos datos son esenciales para las Comisiones de estudios III, X y XII, para fijar los márgenes de desvanecimiento;
- b) Que las variaciones de la intensidad de campo implican fenómenos de enfoque, de variación en la dirección de llegada y de interferencia entre componentes correspondientes a uno o diferentes modos de propagación y entre las distintas componentes magnetoiónicas, así como variaciones de la absorción ionosférica y de los fenómenos de dispersión;
- c) Que las variaciones de la intensidad de campo se pueden dividir, en primera aproximación, en tres categorías:
- Variaciones irregulares de corta duración, que se supone debidas generalmente a fenómenos de interferencia y de enfoque, y cuyo período aparente llega a veces a ser de varios minutos y depende hasta cierto grado de la frecuencia; estas variaciones deben tomarse en cuenta al determinar el *coeficiente de seguridad contra los desvanecimientos*;
 - Variaciones irregulares de largo período en comparación con el del caso anterior, es decir, horarias, diarias o de un día a otro, que pueden ser causadas por fluctuaciones de la absorción o por enfoques prolongados en gran escala, o que quizás se deban a variaciones del ángulo de llegada o de la polarización; estas variaciones irregulares han de tenerse también en cuenta al determinar el *coeficiente de fluctuación*;
 - Variaciones regulares en función de la hora, de la estación del año y de la actividad solar, que se suman a las variaciones de los dos tipos antes descritos, y
- d) Que es importante reunir toda la información posible acerca de los efectos de los desvanecimientos en la recepción por diversidad en el tiempo, en el espacio, en frecuencia y en polarización,

DECIDE, POR UNANIMIDAD, que se efectúen los siguientes estudios:

Para las diversas bandas de frecuencias utilizadas en las radiocomunicaciones por la ionosfera:

1. Distribución en el espacio y en el tiempo (por ejemplo, ley de Rayleigh, normal o logarítmica normal) de las variaciones cortas de la intensidad de campo, de duración comprendida entre menos de 10^{-4} segundos y varios minutos; estos resultados pueden medirse también en forma de correlación en el tiempo y en el espacio y de espectros de potencia;
2. Distribución en el tiempo de la duración de los desvanecimientos para distintos niveles de la intensidad de campo con relación a la mediana;
3. Importancia de las variaciones de un día a otro del valor horario mediano de la intensidad de campo, por ejemplo, durante intervalos de una hora;

* Reemplaza al Programa de estudios núm. 66; no se deriva de ninguna Cuestión en estudio.

4. Influencia de las condiciones estacionales, de la actividad solar y de la posición geográfica en las variaciones citadas;
5. Efecto producido por las variaciones de la intensidad de campo en los distintos sistemas de recepción, tales como los sistemas por diversidad en el tiempo, en el espacio, en frecuencia y en polarización;
6. Mecanismos que originan las variaciones de la intensidad de campo;
7. Medida en que la modulación influye en los resultados de los estudios anteriormente citados;
8. Influencia del desvanecimiento selectivo en las frecuencias muy próximas (por ejemplo, a unos 20 kc/s, o menos).

Nota.—Estos estudios deberán efectuarse en los planos teórico y experimental, teniendo en cuenta, si ha lugar, las constantes de tiempo y demás características del equipo de medida.

DOCUMENTOS DE LA X ASAMBLEA PLENARIA QUE CONCIERNEN
A LA COMISION DE ESTUDIO VI

Doc.	Presentado por	Título	Asunto	Conciérne igualmente a la Comisión de estudio
6	Relator principal de la C. E. VI	Informe del Relator principal de la C. E. VI (Dr. D. K. Bailey).	—	—
89	Subcomisión VI-A	Elección de un índice fundamental de la propagación ionosférica. Proyecto de Informe.	I. 162	—
95	India	La absorción ionosférica en Delhi.	P. E. 145	—
96	India	Observación de ecos por dispersión en emisiones de impulsos de gran potencia.	P. E. 152	—
98	India	Método más adecuado para el cálculo de la intensidad de campo producida por un transmisor de radiodifusión tropical.	C. 154 (XII) (P. E. 144 (VI))	XII
99	India	Estudio del desvanecimiento.	P. E. 148	—
101	India	Determinación de los signos precursores de variaciones a corto plazo de las condiciones de propagación ionosférica.	P. E. 93	—
129	Secretaría del C. C. I. R.	Referencias bibliográficas de los volúmenes del C. C. I. R.	—	I-XIV
136	Canadá	Información básica sobre predicciones de propagación ionosférica.	P. E. 149 I. 161	—
142	República Federal de Alemania	Información básica sobre predicciones de propagación ionosférica.—Problemas de interpolación en las predicciones ionosféricas.	P. E. 149, § 3	—
153	Secretaría del C. C. I. R.	Perfeccionamiento de las normas técnicas de la I. F. R. B.	—	I, II, III, V, X, XII, XIII
162	India	Ruido atmosférico radioeléctrico sobre las regiones continentales de la zona tropical.	P. E. 154 (VI) R. 51 C. 155 (XII)	XII
182	Suecia	Contadores de relámpagos próximos.	R. 51	—
183	Suecia	Experimentos prácticos con el contador de relámpagos del C. C. I. R.	R. 51	—
198	Radio Suiza, S. A.	Estudio de la propagación de la onda ionosférica en frecuencias comprendidas entre 1,5 y 40 Mc/s, aproximadamente, para la evaluación de la intensidad de campo.—Predicciones básicas de la propagación ionosférica.—Significación de la MUF.—Índice de calidad para los circuitos radioeléctricos.	P. E. 144 P. E. 149	—
204	U. E. R.	Propagación radioeléctrica en las frecuencias inferiores a 1.500 kc/s.	P. E. 142	—

Doc.	Presentado por	Título	Asunto	Conciérne igualmente a la Comisión de estudio
209	O. I. R. T.	Estudio de la propagación ionosférica de las ondas largas y medias durante la noche.	P. E. 142	—
236	India	Medida de los ruidos atmosféricos radioeléctricos.	Rec. 315 P. E. 154 C. 155 (XII)	XII
271	U. R. C. I.	Directividad a gran distancia de las antenas en ondas decamétricas.	Circ. AC/55	III, X
272	República Federal de Alemania	Corrigendum al Doc. VI/22. (No concierne al texto español.)	P. E. 144, § 5	—
303	Subcomisión VI-E	Predicciones básicas a largo plazo de propagación atmosférica.	Proyecto de R.	—
304	Comisión de estudio VI	Resumen de los debates de la primera sesión.	—	—
348	Comisión de estudio VI	Determinación de los signos precursores de variaciones a corto plazo y evaluación de la confiabilidad de las condiciones de propagación ionosférica.	Proyecto de I.	—
387	Comisión de estudio VI	Resumen de los debates de la segunda sesión.	—	—
434	Subcomisión VI-B	Propagación ionosférica a larga distancia sin reflexiones intermedias en el suelo.	Proyecto de I.	—
435	Subcomisión VI-B	Dispersión hacia atrás.	Proyecto de I.	—
436	Subcomisión VI-B	Información básica sobre predicciones de propagación ionosférica.	Proyecto de I.	—
476	Comisión de estudio VI	Distribución y características del ruido atmosférico radioeléctrico en las diversas partes del mundo.	Proyecto de R.	—
501	Subcomisión VI-C	Evaluación de la intensidad de campo y de la pérdida de transmisión de la onda ionosférica en frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	Proyecto de I.	—
506	Subcomisión VI-C	Mediciones sistemáticas de intensidad de campo y de pérdida de transmisión en las frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	Proyecto de I.	—
512	Comisión de estudio VI	Resumen de los debates de la tercera sesión.	—	—

Doc.	Presentado por	Título	Asunto	Conciérne igualmente a la Comisión de estudio
513	Subcomisión VI-C	Medidas sistemáticas de la intensidad de campo de la onda ionosférica en frecuencias situadas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	Rec. 317	—
514	Subcomisión VI-G	Propagación radioeléctrica en las frecuencias inferiores a 150 kc/s.	Proyecto de I.	—
519	Comisión de estudio VI	Medición del ruido atmosférico radioeléctrico.	Proyecto de I.	—
552	Subcomisión VI-C	Evaluación de la intensidad de campo y de la pérdida de transmisión de la onda ionosférica en las frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	Proyecto de P. E.	—
553	Subcomisión VI-C	Estudio de la intensidad de campo y de la pérdida de transmisión de la onda ionosférica en las frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	Proyecto de P. E.	—
559	Subcomisión VI-G	Propagación de la onda ionosférica a larga distancia en las frecuencias inferiores a 150 kc/s.	Proyecto de R.	—
562	Subcomisión VI-G	Propagación a larga distancia de la onda ionosférica en las frecuencias comprendidas entre 150 kc/s y 1.500 kc/s.	Proyecto de R.	—
565	Comisión de estudio VI	Resumen de los debates de la cuarta sesión.	—	—
572	Subcomisión VI-G	Predicción de la intensidad de campo de la onda ionosférica o de la pérdida de transmisión para las frecuencias comprendidas entre 150 y 1.500 kc/s.	Proyecto de R.	—
582	Comisión de estudio VI	Resumen de los debates de la quinta sesión.	—	—
589	Comisión de estudio VI	Efectos especiales de la propagación ionosférica en las regiones ecuatoriales.	Proyecto de C.	—
609	Comisión de estudio VI	Resumen de los debates de la sexta sesión.	—	—
630	Comisión de estudio VI	Resumen de los debates de la séptima y última sesión.	—	—
2.022	Comisión de redacción	Predicciones básicas de propagación ionosférica.	Res. 11	—
2.023	»	Significado del término «MUF».	Rec. 373	—
2.024	»	Elección de índices de actividad solar para la propagación ionosférica.	Rec. 371	—

Doc.	Presentado por	Título	Asunto	Concierne igualmente a la Comisión de estudio
2.025	Comisión de redacción	Estudio de la propagación ionosférica por medio de ionosondas transportadas en satélites de órbitas superiores a la altura máxima de la capa F2 (ionosondeo por encima).	Res. 6	—
2.026	»	Desvanecimiento de las señales propagadas por la ionosfera.	R. 10	—
2.027	»	Mejora de la red de estaciones de sondeo ionosférico.	Res. 5	—
2.028	»	Previsión de índices de actividad solar.	R. 7	—
2.029	»	Revisión de la documentación sobre los ruidos atmosféricos.	Res. 8	—
2.030	»	Divulgación de informaciones relativas a los índices fundamentales de la propagación ionosférica.	Res. 4	—
2.031	»	Propagación conducida de las ondas decamétricas por encima de la capa F2.	R. 8	—
2.032	»	Elección de índices fundamentales de la propagación ionosférica.	C. 247	—
2.033	»	Determinación de los signos precursores de variaciones a corto plazo de las condiciones de propagación ionosférica y métodos para describir las perturbaciones ionosféricas y la calidad de los circuitos radioeléctricos.	P. E. 194	—
2.034	»	Previsión de un índice de actividad solar.	P. E. 193	—
2.035	»	Modo de propagación por silbidos.	P. E. 201	—
2.036	»	Propagación radioeléctrica en las frecuencias inferiores a 1.500 kc/s.	P. E. 206	—
2.037	»	Propagación por reflexión en la capa E esporádica o por otras ionizaciones anormales de las capas E y F de la ionosfera.	P. E. 195	—
2.038	»	Comunicaciones intermitentes mediante la propagación por estelas meteóricas ionizadas.	P. E. 196	—
2.039	»	Propagación ionosférica por dispersión.	P. E. 202	—
2.040	»	Información básica sobre predicciones de propagación ionosférica.	P. E. 200	—
2.041	»	Emisiones de impulsos a incidencia oblicua.	P. E. 197	—
2.042	»	Dispersión hacia atrás.	P. E. 203	—

Doc.	Presentado por	Título	Asunto	Conciérne igualmente a la Comisión de estudio
2.043	Comisión de redacción	Medición del ruido atmosférico radioeléctrico.	P. E. 199	—
2.044	»	Propagación a larga distancia de las ondas de frecuencias comprendidas entre 30 y 300 Mc/s por las regiones ionizadas E y F.	I. 259	—
2.045	»	Disponibilidad e intercambio de datos básicos para las previsiones de propagación radioeléctrica.	I. 248	—
2.046	»	Previsión de un índice de actividad solar.	I. 245	—
2.047	»	Medición del ruido radioeléctrico industrial.	I. 258	—
2.048	»	Factores que influyen en la propagación de las comunicaciones con vehículos espaciales.	I. 263	—
2.049	»	Significado del término «MUF».	I. 256	—
2.083	»	Propagación ionosférica por dispersión.	I. 260	—
2.099	»	Influencia del ruido radioeléctrico del espacio en las comunicaciones con vehículos espaciales.	P. E. 205	—
2.101	»	Características ionosféricas que influyen en los sistemas de comunicaciones vía satélite.	P. E. 204	—
2.102	»	Comunicaciones intermitentes mediante la propagación por ionización meteórica eruptiva.	I. 251	—
2.103	»	Emisiones de impulsos con incidencia oblicua.	I. 249	—
2.104	»	Estudio del desvanecimiento de las señales propagadas por la ionosfera.	I. 266	—
2.105	»	Propagación por el modo de silbidos.	I. 262	—
2.106	»	Elección de un índice fundamental de la propagación ionosférica.	I. 246	—
2.108	»	Predicciones básicas a largo plazo de emisión ionosférica.	Res. 10	—
2.192	»	Determinación de los signos precursores de variaciones a corto plazo y evaluación de la confiabilidad de las condiciones de propagación ionosférica.	I. 247	—
2.255	»	Utilización de datos sobre ruidos atmosféricos radioeléctricos.	Rec. 372	—
2.282	»	Propagación ionosférica a larga distancia sin reflexiones intermedias en el suelo.	I. 250	—

Dec.	Presentado por	Título	Asunto	Conciérne igualmente a la Comisión de estudio
2.283	Comisión de redacción	Cuestiones sometidas por la I. F. R. B.	I. 257	—
2.293	»	Dispersión hacia atrás.	I. 261	—
2.294	»	Información básica sobre predicciones de propagación ionosférica.	I. 255	—
2.319	»	Evaluación de la intensidad de campo y de la pérdida de transmisión de la onda ionosférica en frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	I. 252	—
2.320	»	Mediciones sistemáticas de intensidad de campo y de pérdida de transmisión en las frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	I. 253	—
2.338	»	Distribución y características del ruido atmosférico radioeléctrico en las diversas partes del mundo.	Res. 9	—
2.339	»	Propagación a larga distancia de la onda ionosférica en las frecuencias inferiores a 150 kc/s.	I. 265	—
2.340	»	Intensidad de campo y pérdida de transmisión de la onda ionosférica en las frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	Res. 7	—
2.364	»	Propagación a larga distancia de la onda ionosférica en las frecuencias comprendidas entre 150 y 1.500 kc/s.	Res. 12	—
2.365	»	Medición del ruido atmosférico radioeléctrico.	I. 254	—
2.366	»	Evaluación de la intensidad de campo y de la pérdida de transmisión de la onda ionosférica para las frecuencias comprendidas entre los límites aproximados de 1,5 y 40 Mc/s.	P. E. 198	—
2.367	»	Propagación de la onda ionosférica a larga distancia en las frecuencias inferiores a 150 kc/s.	Res. 13	—
2.368	»	Predicción de la intensidad de campo de la onda ionosférica o de la pérdida de transmisión para las frecuencias comprendidas entre 150 y 1.500 kc/s.	I. 264	—
2.386	»	Problemas especiales de las radiocomunicaciones por ondas decamétricas relacionados con la ionosfera ecuatorial.	C. 248	—