



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

INFORME 322

**DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DEL RUIDO ATMOSFÉRICO
RADIOELÉCTRICO**



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

GINEBRA, 1964

COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES

C.C.I.R.

DOCUMENTOS DE LA
X ASAMBLEA PLENARIA

GINEBRA, 1963

INFORME 322

**DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DEL RUIDO ATMOSFÉRICO
RADIOELÉCTRICO**



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

GINEBRA, 1964

ÍNDICE

	<i>Páginas</i>
Preámbulo	2
Notación	3
1. Introducción	4
2. Predicciones previas del ruido radioeléctrico	4
3. Predicciones revisadas	5
4. Parámetros utilizados	6
5. Métodos utilizados para obtener predicciones	8
6. Los datos de ruido o predicciones	8
7. Aplicación de los datos de ruido a la evaluación de un sistema	10
Ejemplo I	12
Ejemplo II	14
8. Influencia de la directividad y de la polarización de las antenas	15
Bibliografía	16

PREÁMBULO

El presente Informe constituye una revisión completa del Informe 65 en el que se recogen gran cantidad de datos de observación y otras informaciones obtenidas recientemente. Ha sido preparado y presentado por el Grupo de trabajo internacional constituido en virtud de la Recomendación 315.

**DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DEL RUIDO ATMOSFÉRICO
RADIOELÉCTRICO**

(Ginebra, 1963)

NOTACIÓN

Cuando se utilizan símbolos en mayúsculas y en minúsculas, las primeras indican las relaciones en decibelios de las magnitudes representadas en minúsculas.

- A* Amplitud instantánea de la envolvente de ruido (db)
A_{ef} Valor eficaz de la tensión de envolvente de ruido (db)
DPA Función de distribución de la probabilidad-amplitud acumulativa de la envolvente de ruido
b, B Anchura de banda efectiva del ruido en el receptor en ciclos por segundo, ($B = 10 \log_{10} b$)
C Factor de protección necesario para obtener la relación portadora/ruido requerida en un porcentaje de tiempo dado del bloque de tiempo (db)
C_u Factor de protección necesario para obtener la relación portadora/ruido en el 90% del bloque de tiempo (db)
D Desviación de un valor horario de F_a con respecto a la mediana en el bloque de tiempo F_{am} (db)
D_l Valor de la potencia media de ruido rebasado durante el 90% de las horas dentro de un bloque de tiempo, expresado en db por debajo del valor mediano en el bloque de tiempo
D_s Valor de la potencia de la señal recibida rebasado durante el 90% del tiempo, expresado en db por debajo del valor mediano de las variaciones de un día a otro de la mediana horaria
D_u Valor de la potencia media de ruido rebasado durante el 10% de las horas de un bloque de tiempo, expresado en db por encima de la mediana en el bloque de tiempo
E_e Valor probable de la intensidad de campo de la señal requerida para un grado dado de servicio, expresado en db por encima de $1\mu V/m$
E_n Intensidad de campo eficaz del ruido para una anchura de banda de 1000 c/s, en db por encima de $1\mu V/m$
f, F Factor de ruido de funcionamiento de un sistema receptor ($F = 10 \log_{10} f$)
f_a, F_a Factor de ruido efectivo de antena que resulta de la potencia de ruido externo disponible en una antena sin pérdida ($F_a = 10 \log_{10} f_a$)
F_{am} Mediana de los valores horarios de F_a en un bloque de tiempo
f_c Factor de ruido del circuito de antena (su pérdida en potencia disponible)
f_{Mc/s} Frecuencia en Mc/s
f_r Factor de ruido del receptor
f_t Factor de ruido de la línea de transmisión (su pérdida en potencia disponible)
k Constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ julios por grado Kelvin
P Potencia de la señal recibida disponible en una antena equivalente sin pérdidas (db)
P_e Valor probable de P
P_{me} Valor mediano de P_e
p_n, P_n Potencia de ruido disponible en una antena equivalente sin pérdidas ($P_n = 10 \log_{10} p_n$)
p_s, P_s Potencia de la señal recibida requerida para una relación señal/ruido dada, en una antena sin pérdida ($P_s = 10 \log_{10} p_s$)
r, R Relación de potencia señal/ruido requerida ($R = 10 \log_{10} r$)

* Reemplaza al Informe 65 y ha sido adoptado por correspondencia.

R_h	Relación portadora/ruido requerida para un grado de servicio dado en algún porcentaje de la hora
t	Desviante standard normal
T_a	Temperatura efectiva de la antena en presencia de ruido externo
T_o	Temperatura de referencia, tomada como 288° Kelvin
V_d	Desviación de tensión; la relación de la tensión efectiva a la tensión media de la envolvente de ruido, expresada en db
V_{dm}	Valor mediano de V_d
Δ	$A - A_{ef}$
σ_C	Desviación standard del factor de protección requerido, C
σ_D	Desviación standard de D
σ_{Dl}	Desviación standard de D_l
σ_{Du}	Desviación standard de D_u
σ_{Fam}	Desviación standard de F_{am}
σ_P	Desviación standard de las evaluaciones de la potencia probable de la señal recibida
σ_R	Desviación standard de R
σ_T	Desviación standard total; imprecisión total de P_e
σ_A	Desviación standard de Δ

1. Introducción

Para determinar el nivel mínimo de señal requerido para una recepción satisfactoria, en ausencia de señales no deseadas, es necesario conocer el valor del ruido en el lugar de recepción. En el conjunto del problema hay que tener en cuenta el tipo de modulación y la influencia de las características detalladas del ruido en la recuperación de la información contenida en la señal transmitida.

Aunque la recepción puede estar afectada por diversos tipos de ruido, en un circuito dado, generalmente predominará un solo tipo de ruido. En general, se puede dividir el ruido en dos categorías según que se origine en el sistema de recepción o en el exterior de la antena. El ruido interno se debe a las pérdidas en la antena y en la línea de transmisión y también puede generarse en el propio receptor. Sus características son iguales a las del ruido térmico, y en muchos casos pueden determinarse matemáticamente sus efectos en la recepción de la señal con un elevado grado de precisión.

Se puede dividir el ruido externo en varios tipos, cada uno de los cuales tiene sus propias características. Los tipos de ruido más corrientes son los de origen atmosférico, galáctico e industrial. Todos estos tipos de ruido se estudian en el presente Informe, pero puesto que el ruido atmosférico es el que generalmente predomina en las frecuencias inferiores a unos 30 Mc/s, el Informe trata fundamentalmente de este tipo de ruido y de su influencia en la recepción de señales.

Este Informe tiene por objeto presentar valores de la potencia de ruido y de otros parámetros del ruido, y exponer mediante ejemplos el procedimiento para utilizar estos datos en la evaluación de la calidad de funcionamiento probable de un circuito radioeléctrico. En esta aplicación, deben tenerse en cuenta las variaciones de los parámetros.

2. Predicciones previas del ruido radioeléctrico

El término « predicción » se utiliza por conveniencia. Todas las llamadas predicciones, incluidas las del presente Informe, no han sido hasta ahora otra cosa que una forma de presentación resumida de datos sobre condiciones anteriores y, salvo la indicación de las tendencias diurnas y estacionales, no se ha intentado determinar por extrapolación las condiciones futuras. Por el momento, no parece posible formular verdaderas predicciones basadas en previsiones meteorológicas e ionosféricas.

La primera compilación de datos sobre ruido radioeléctrico en un plano mundial fue realizada en 1942 por D. K. Beiley y J. S. Kojan, quienes por entonces trabajaban en el Interservice Ionosphere Bureau, en el Reino Unido (Tremellen and Cox, 1947), y el Interservice Radio Propagation Laboratory publicó después los resultados en Estados Unidos (I.R.P.L., 1943). Posteriormente se han publicado predicciones de ruidos radioeléctricos en todo el mundo en el Informe Técnico N.º 5 de la Radio Propagation Unit, US Signal Corps (R.P.U., 1945), y en la Circular 462 de la National Bureau of Standards, Estados Unidos (N.B.S. 1948). En estas publicaciones se incluyeron mapas de distribución del ruido y curvas de predicción. En las curvas de predicción, el nivel de ruido se indicaba en función de la intensidad de señal mínima necesaria para asegurar la comunicación radiotelefónica durante el 90% del tiempo, en presencia de ruido atmosférico.

En una publicación más reciente, la Circular N.B.S. 557 (Crichlow y otros, 1955), los mapas de distribución de ruido son los mismos que los de la Circular N.B.S. 462. Sin embargo, los valores de ruido estaban expresados de forma diferente e indicaban los niveles medianos probables de la potencia de ruido radioeléctrico durante periodos de tiempo determinados en lugar de la intensidad de campo necesaria de la señal. Por no hallarse perfectamente claro el método de interpretación de las predicciones anteriores, se ha utilizado este método de presentación con objeto de evitar las ambigüedades, y poder así comparar más fácilmente estos datos con los datos complementarios.

Las predicciones previas más recientes son las contenidas en el Informe 65 (revisado) (C.C.I.R., 1959), que adoptó por unanimidad la IX Asamblea Plenaria en Los Angeles, 1959. En la información presentada se indicaban los valores probables de la potencia media del ruido en todo el mundo, en la gama de frecuencias comprendidas entre 10 kc/s y 100 Mc/s, para todas las horas del día y de la noche y para todas las estaciones del año. Se simplificó la presentación de datos agrupándoles para cada una de las cuatro estaciones del año y para cada uno de seis periodos de cuatro horas del día. Se definió el bloque de tiempo como la suma de periodos correspondientes de cuatro horas del día durante toda una estación del año. Así, pues, en el año hay 24 bloques cada uno de los cuales comprende unas 360 horas (cuatro horas diarias para unos noventa días).

La división del año en cuatro estaciones de tres meses cada una se hizo en la forma que a continuación se indica, si bien se tuvo en cuenta que las características estacionales existentes en las regiones templadas no correspondían necesariamente a las de latitudes más bajas en lo que respecta a las variaciones del ruido.

<i>Meses</i>	<i>Estaciones</i>	
	<i>Hemisferio septentrional</i>	<i>Hemisferio meridional</i>
Diciembre, enero, febrero	Invierno	Verano
Marzo, abril, mayo	Primavera	Otoño
Junio, julio, agosto	Verano	Invierno
Septiembre, octubre, noviembre	Otoño	Primavera

El parámetro utilizado fue el valor horario mediano de la potencia media de ruido para cada bloque, y las variaciones de este parámetro indicaban las fluctuaciones sistemáticas diurnas y estacionales del ruido. Se analizaron estadísticamente las variaciones de los valores horarios en un bloque, indicando su amplitud por las relaciones entre los valores de los decilos superior e inferior y los valores medianos.

3. Predicciones revisadas

El presente Informe constituye una revisión general del Informe 65. Si bien se ha mantenido la forma original de presentación, el Informe ha sido mejorado en los siguientes aspectos:

— Se han modificado las predicciones originales para tener en cuenta datos más amplios y seguros;

- se incluye información estadística sobre la precisión de las predicciones modificadas;
- la estructura fina del ruido está expresada en términos estadísticos, y
- se presentan métodos para utilizar las predicciones en la solución de problemas de explotación.

Los datos utilizados para revisar las estimaciones de la distribución de la potencia de ruido se obtuvieron principalmente en las 16 estaciones indicadas en la Fig. 1. Todas estas estaciones, excepto una, utilizan equipos de registro normalizados (registrar de ruido radioeléctrico ARN-2) y su explotación está a cargo de distintos organismos que cooperan en un programa internacional (URCI 1962 y Recomendación 174 del C.C.I.R., Varsovia, 1956). Para los nuevos estudios, se han utilizado los datos registrados en estas estaciones durante el periodo comprendido entre 1957 y 1961 (Crichlow y otros, 1959-1962). Las revisiones que posteriormente puedan hacerse de las predicciones facilitarán nuevos datos.

Los cálculos se efectuaron con una calculadora digital mediante un sistema que requiere que los datos facilitados por las estaciones se refieran a diversas frecuencias extendidas prácticamente en toda la gama cubierta por las predicciones. No era, pues, posible incluir datos procedentes de otras fuentes de información, en donde la gama de frecuencias era limitada, o bien cuando no se indicaban los valores de la potencia del ruido. Dada, sin embargo, la necesidad de que en las predicciones se tuviese en cuenta la mayor cantidad posible de la información recibida, se realizaron comparaciones entre las nuevas predicciones y los datos procedentes de otras fuentes no incluidos en el análisis: Doc. 236 del C.C.I.R. (India), Ginebra, 1963; Clarke, 1962; Lichter y Terina, 1960; Science Council of Japan, 1960; Doc. VI/68 del C.C.I.R. (Francia), Ginebra, 1962. Se hicieron algunas modificaciones y se proseguirán los trabajos de comparación a medida que haya nuevos datos disponibles.

4. Parámetros utilizados

Se acepta, en general, que ningún parámetro aislado constituye un índice de interferencia satisfactorio para todas las clases de servicio radioeléctrico. Sin embargo, es conveniente adoptar un parámetro que pueda utilizarse universalmente para comparar los datos de intensidad de ruido obtenido en puntos diferentes, y al cual puedan relacionarse los demás parámetros. La potencia media de ruido parece ser, en general, el más útil y conveniente para este fin, y constituye la base de las predicciones.

La potencia de ruido procedente de una fuente exterior a la antena puede expresarse adecuadamente como un factor de ruido efectivo de antena f_a , definido por la fórmula:

$$f_a = p_n/k T_o b = T_a/T_o \quad (1)$$

en donde:

- p_n = potencia disponible de ruido en una antena equivalente sin pérdidas (W)
- k = constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ julios por grado Kelvin
- T_o = temperatura de referencia que se toma igual a 288°K
- b = anchura de banda efectiva del ruido en el receptor, en c/s
- T_a = temperatura efectiva de la antena en presencia de ruido externo.

La ecuación (1) indica dos métodos para especificar la potencia de ruido: por el factor de ruido efectivo, o bien por la temperatura efectiva de la antena. Se ha dado el valor de $T = 288^\circ\text{K}$ a fin de que con el valor de k indicado, $10 \log_{10} k T_o$ sea igual a 204 db por debajo de 1 julio. f_a y T_a son independientes de la anchura de banda, ya que puede suponerse que la potencia de ruido disponible de todas las fuentes es, al igual que el nivel de referencia de ruido, proporcional a la anchura de banda.

En este Informe, los factores de ruido de antena, F_a , corresponden a una antena vertical corta sobre una tierra plana perfectamente conductora y se expresan en decibelios (las letras mayúsculas se utilizan para las relaciones en decibelios de las magnitudes designadas por las

minúsculas correspondientes). Este parámetro está relacionado con la intensidad de campo eficaz del ruido en la antena (una tercera forma de especificar el nivel de ruido) mediante la sencilla expresión:

$$E_n = F_a - 65,5 + 20 \log_{10} f_{Mc/s} \quad (2)$$

en donde:

E_n = intensidad de campo efectiva del ruido en db por encima de $1 \mu V/m$ para una anchura de banda de 1 kc/s,

F_a = factor de ruido para la frecuencia f considerada

$f_{Mc/s}$ = frecuencia en Mc/s.

Puede obtenerse el valor de la intensidad de campo para una anchura de banda, b c/s, que no sea 1 kc/s, sumando $(10 \log_{10} b - 30)$ a E_n . La Fig. 29 es un monograma para resolver la ecuación (2) que se puede utilizar para deducir E_n de F_a . Debe señalarse que este valor representa la componente vertical de la intensidad de campo en la antena. La estructura de las ondas incidentes puede ser compleja y no podría deducirse de mediciones efectuadas con una sola antena vertical.

El ruido eléctrico atmosférico se caracteriza por fluctuaciones de gran intensidad y rapidez, pero si se promedia la potencia de ruido en un periodo de varios minutos, los valores medios resultan ser casi constantes durante una hora dada, y las variaciones muy raramente sobrepasan ± 2 db, excepto en los periodos del orto y del ocaso, o cuando existen tormentas locales. El registrador de ruido radioeléctrico ARN-2 proporciona valores de la potencia media en ocho frecuencias durante quince minutos de cada hora, y se supone que los valores resultantes de F_a utilizados en el análisis representan los valores horarios.

Quando se hacen las predicciones del nivel de ruido probable se tienen en cuenta directamente las tendencias sistemáticas, es decir, las tendencias durante las horas del día, la estación del año, la frecuencia y la ubicación geográfica. Existen otras variaciones de ruido que deben tenerse en cuenta estadísticamente. El valor de F_a para una hora dada varía de un día a otro a causa de los cambios aleatorios de la actividad tormentosa y de las condiciones de propagación. La mediana de los valores horarios en un bloque de tiempo (mediana de bloque) se designa por F_{am} . Las variaciones de los valores sobrepasados el 10% y el 90% de las horas, expresados como desviaciones D_u y D_l con respecto a la mediana de bloque. En un gráfico de probabilidad normal (nivel en db), la distribución de amplitud de las desviaciones, D , por encima de la mediana puede representarse con bastante precisión por una línea recta que pase por los valores de los decilos superior y mediano, y con otra línea correspondiente se pueden representar los valores inferiores a la mediana.

Es lógico suponer que existe alguna correlación entre el ruido radioeléctrico atmosférico y la actividad solar, ya que la fase del ciclo de actividad solar parece influir en las condiciones de propagación y en la formación de tormentas. Algunas mediciones a frecuencias muy bajas, efectuadas hace muchos años, mostraron esta correlación (Austin, 1932). Aunque los datos utilizados en esta revisión sólo corresponden a registros efectuados en un periodo de elevada actividad solar, el examen de algunos datos obtenidos durante un periodo más prolongado no ha puesto de relieve ninguna variación sistemática importante del ruido con la actividad solar. Hasta ahora, sin embargo, no se ha hecho ningún análisis completo de los datos para descubrir este efecto. Es más probable que la actividad solar influya en las frecuencias elevadas, pero la incidencia del ruido galáctico en los momentos en que la ionosfera deja de propagar el ruido atmosférico hace difícil la observación de las variaciones.

Hasta ahora hemos considerado la potencia media representada por F_a . Si bien este parámetro es útil para determinar la relación señal/ruido necesaria para muchas clases de circuitos de comunicaciones, en algunos sistemas, otros parámetros proporcionan una mejor correlación con la proporción de error de caracteres o con los errores de mensaje. Para determinar, por ejemplo, la confiabilidad de un sistema radioeléctrico de comunicación por teletipo, es útil conocer la función de distribución probabilidad-amplitud de la envolvente del ruido (DPA), que indica el porcentaje de tiempo (tiempo de ocupación) para el cual se sobrepasa cualquier nivel; generalmente es así como se describe la envolvente del ruido. Ahora bien, dado que la DPA depende de las características de corta duración del ruido, no se puede deducir únicamente de los valores horarios de F_a .

Se ha medido un gran número de valores de la *DPA* en varios países, obteniéndose resultados bastante consistentes. (U.R.C.I., 1962, Clarke, 1962, Science Council of Japan, 1960). Para presentar los datos de forma que puedan ser utilizados en la explotación, conviene construir una familia de curvas ideales, una de las cuales se puede elegir para representar una *DPA* adecuada a la precisión requerida. Esto se ha hecho utilizando un sistema de coordenadas en el que la distribución Rayleigh (que representa la envolvente del ruido de tipo térmico) es una línea recta con una pendiente de $-1/2$. Las partes de amplitud reducida de una curva de ruido atmosférico tienen esta misma pendiente, las de amplitud elevada se representan por una segunda línea recta de pendiente más pronunciada, y las dos líneas están unidas por un arco de círculo. Para trazar estas curvas es necesario utilizar magnitudes que estén en relación con valores logarítmicos medios, eficaces y promedios de la distribución, ya que son los parámetros registrados en las mediciones periódicas de ruido. (Crichlow y otros, 1960a, 1960b). Puesto que en la práctica existe una correlación estrecha entre la tensión media y la tensión logarítmica media, la relación entre el valor eficaz y la tensión media (V_d en db) será suficiente para determinar la curva que puede utilizarse para representar la distribución (Spaulding y otros, 1962). En la Fig. 27 se representan algunas de estas curvas en las que se indican las diferencias (Δ) entre la amplitud instantánea (A), para cualquier probabilidad, y el valor eficaz de A (A_{ef}) para ciertos valores de V_d . Los valores intermedios de V_d se pueden deducir por interpolación. Conviene señalar que si se desea al valor eficaz de la propia tensión de ruido, será 3 db inferior a la tensión eficaz de la envolvente. Se pueden utilizar las curvas para una amplia gama de anchuras de banda teniendo en cuenta que un cambio de la anchura de banda representa un cambio correspondiente del valor de V_d y una modificación de la *DPA*.

Se han calculado también las incertidumbres en las curvas derivadas de la *DPA*. Se expresan como una desviación standard σ_Δ de la diferencia Δ , como una función de probabilidad y de V_d . (Véanse la sección 6 y la Fig. 28).

5. Métodos utilizados para obtener predicciones

Se corrigieron los valores de F_{am} registrados en la red de estaciones anteriormente mencionada con el fin de eliminar, en lo posible, los efectos del ruido radioeléctrico industrial y de las señales no deseadas. Se consideró que los valores así obtenidos representaban las verdaderas condiciones del ruido radioeléctrico atmosférico. Se compararon los valores de bloque de tiempo en cada frecuencia con los valores probables del Informe 65 del C.C.I.R., obteniendo las correcciones correspondientes que se introdujeron en un programa de calculadora electrónica con el fin de modificar los mapas mundiales y las curvas de frecuencia del Informe 65.

También se utilizaron calculadoras electrónicas para obtener la mejor estimación de las desviaciones D_u y D_l , de los decilos de F_a , a partir del valor mediano F_{am} , para cada bloque. De forma similar, y también para cada bloque, se obtuvo el valor mediano V_{dm} de la desviación de tensión V_d .

Se hizo la comparación de todos los valores medidos con los nuevos valores previstos a fin de obtener una medida de la variabilidad del ruido con respecto a los valores de las predicciones en cada bloque. Mediante un programa de calculadora se obtuvieron los valores de la desviación standard de F_{am} , D_u y D_l en función de la frecuencia. Se expresaron en función de σ_Δ las incertidumbres en las distribuciones probabilidad-amplitud de las predicciones, considerando la variabilidad de V_d . Se determinaron los resultados para diversos valores de V_d en función del porcentaje del tiempo de ocupación.

6. Los datos de ruido o predicciones

Igual que en el Informe 65, las Figs. 2 a 25 son mapas mundiales con los valores medianos probables del ruido radioeléctrico atmosférico F_{am} (en db por encima de kT_{ob}) en 1 Mc/s para cada bloque de tiempo. A diferencia del anterior Informe, que contiene sólo dos conjuntos de curvas de frecuencia, uno para las condiciones de propagación durante el día y el otro para las de la noche, se da ahora un conjunto de curvas de frecuencia para cada bloque. Este

procedimiento es más flexible y además permite una disposición más conveniente en la que están juntos los mapas mundiales de valores del ruido para un bloque de tiempo estacional dado y las correspondientes curvas de frecuencia.

En las curvas de frecuencia se indican niveles de ruido galáctico extrapolados a 1 Mc/s de los datos de Cottony y Johler (1952) y comprobados mediante una antena vertical. Dentro de una variación con el tiempo de ± 2 db (despreciando el apantallado ionosférico) los valores indicados serán el límite superior del ruido galáctico, pero en cualquier situación dada el ruido recibido debe calcularse considerando las frecuencias críticas y las propiedades directivas de la antena.

En muchos lugares, el ruido industrial limita las posibilidades de comunicación por lo menos durante parte del tiempo. Si bien este tipo de ruido depende de las condiciones locales, se incluye una curva de valores probables para un punto de recepción tranquilo. La curva es característica de los valores más bajos en lugares especialmente elegidos para asegurar un mínimo de ruido industrial, y es muy poco probable que se presenten valores muy inferiores a éstos en lugares que no se hallen a varios kilómetros de distancia de líneas de energía y de maquinaria eléctrica. El ruido industrial puede tener orígenes muy diversos: líneas de distribución de energía, maquinaria industrial, sistemas de encendido, etc., de características muy distintas. La propagación del ruido industrial se efectúa principalmente por conducción a lo largo de líneas de distribución de energía, o por onda de superficie, y por tanto es relativamente independiente de las variaciones diurnas y estacionales de la ionosfera. No obstante está probado que el ruido industrial también puede provenir de fuentes lejanas de propagación ionosférica. Por ejemplo, se han registrado valores de ruido industrial de algunos decibelios por encima de kT_{ob} en 2 Mc/s en un punto de recepción situado en una localidad particularmente libre de fuentes locales de ruido industrial, y en ocasión en que se estaba recibiendo muy poco ruido atmosférico y muy pocas señales atmosféricas y radioeléctricas; se ha atribuido este ruido industrial a una gran ciudad, a 65 km de distancia (Pawsey y Bracewell, 1951). La única característica que se considera en este Informe es la variación con la frecuencia; el nivel disminuye al aumentar la frecuencia, siendo esto debido en parte al espectro radiado y en parte a factores de propagación.

Se observará que se indican valores de ruido en 1 Mc/s inferiores a los niveles probables de ruido industrial y galáctico. Estas cifras deberán emplearse con precaución, puesto que no representan más que cálculos muy aproximados del ruido atmosférico que se registraría si los otros tipos de ruido no se presentasen. Estos valores son útiles principalmente como niveles de referencia para lugares de poco ruido, asignándose el grado de ruido en 1 Mc/s llevando datos de otras frecuencias a la curva de ruido.

En la misma serie de figuras se incluyen también los valores calculados de D_u , V_d , D_l , σ_{Du} , σ_D , y σ_{Fam} . De este modo se encuentran juntos todos los valores relativos a un bloque de tiempo. D_u se utilizará normalmente para evaluar las mínimas intensidades de señal requeridas, pero D_l puede ser necesario para determinar si es despreciable el ruido interno de un sistema de recepción cuando las condiciones de ruido externo son más favorables.

Los valores de σ_{Fam} se han obtenido comparando las observaciones reales con las predicciones para las mismas ubicaciones, y están afectados de incertidumbres como las debidas a las variaciones imprevisibles de un año a otro y a los errores que origina la necesidad de presentar una gran cantidad de datos en forma resumida y homogénea. En los puntos donde no se han hecho mediciones, es de esperar que los valores sean más elevados, ya que la interpolación geográfica añade una nueva incertidumbre, pero su evaluación no es posible.

Se advertirá que las curvas de σ_{Fam} se extienden solamente hasta 10 Mc/s. En frecuencias más elevadas, el ruido predominante en muchas estaciones era, a menudo, de origen galáctico y se consideró que no era práctico intentar obtener evaluaciones de la variabilidad del ruido atmosférico exclusivamente.

Se han obtenido curvas independientes para D_u y σ_{Du} empleando datos procedentes de estaciones situadas en las zonas tropical y templada definidas en el Reglamento de Radiocomunicaciones, 1959 (N.º 135, pág. 25 y Apéndice 24, pág. 450). Sin embargo, la variabilidad del ruido no presentaba una estructura consecuente con las zonas definidas y, por consiguiente, se combinaron los datos de las dos zonas para obtener las curvas utilizadas en este Informe. Los resultados de algunos trabajos efectuados en la India indican la posibilidad de simplificar

la presentación (Doc. N.º VI/113 del C.C.I.R. (India) Ginebra, 1962). Es posible que en estudios futuros se llegue a la conclusión de que la variabilidad esté ligada a alguna función de la intensidad del ruido más bien que a las zonas geográficas, aunque las variaciones más pequeñas corresponderían a los océanos y no a los puntos próximos a los centros principales de tormentas. Las curvas presentadas deben utilizarse con cierta precaución, especialmente para las horas del día entre las 0800 y las 1600, pues se sabe que en la mayoría de las estaciones el ruido industrial influyó en los reducidos valores de la gama de ondas medias. En el estudio de la variabilidad no se aplicaron correcciones para reducir al mínimo los efectos del ruido industrial, como se hizo con los valores de F_{am} .

Las figuras se utilizan de la siguiente forma: el valor de F_{am} para 1 Mc/s se halla directamente en los mapas de ruido para el bloque de tiempo (estación del año y hora) que interesa. Utilizando este valor como grado de ruido, se determina el valor de F_{am} para la frecuencia que interesa mediante las curvas de frecuencia. $\sigma_{F_{am}}$, D_u , y σ_{D_u} se obtienen de las curvas de variabilidad para la frecuencia requerida. Cuando sean necesarios los valores de D ($= F_a - F_{am}$), o el de σ_D , para cualquier porcentaje de tiempo que no sea el de 10% se pueden hallar llevando D_u y σ_{D_u} a un gráfico de probabilidad normal (con los valores en db) y trazando líneas rectas que pasen por 0 db en los puntos de valores 50% y 10%, como se indica en la Fig. 30. Utilizando D_l y σ_{D_l} pueden obtenerse valores para porcentajes superiores al 50%.

Las medidas de precaución mencionadas al tratar de D_u y σ_{D_l} también se aplican al empleo de las curvas de V_{dm} . Los valores indicados de V_d son para una anchura de banda de 200 c/s. Puesto que a diferencia de F_a , D_u y D_l , V_d no es independiente de la anchura de banda, se ha estudiado un método para convertir un valor de V_d medido en una anchura de banda al valor que se habría obtenido en otra (Spaulding y otros, 1962). Se puede hacer esta conversión con las curvas de la Fig. 26 en las cuales V_{dn} y V_{dw} son los valores de V_d que corresponden respectivamente a la banda más estrecha, b_n , y a la más ancha, b_w . Los valores correspondientes de V_{dn} y V_{dw} se leen en la intersección de las líneas definidas por la relación de anchuras de banda b_w/b_n , y el valor conocido de V_d .

En la Fig. 27 pueden verse las curvas de la DPA correspondientes a diversos valores de V_d , en las cuales se toma como referencia la tensión eficaz de envolvente A_{ef} . Los valores medidos de V_d varían alrededor de los valores probables. Estas variaciones se reflejan como incertidumbres en la forma bien definida de la curva de la DPA , y se representan en la Fig. 28 en función de la desviación standard σ_A , de las desviaciones de amplitud A , correspondientes a cada porcentaje de tiempo. Dado que las curvas de la DPA están determinadas con relación a A_{ef} , en las proximidades de este valor las incertidumbres en A son muy reducidas. Los valores de σ_A son mucho mayores en porcentajes más altos y más bajos, con σ_A constante en la parte de la curva que sigue la distribución Rayleigh. Hay también variaciones en la forma de las curvas reales de la DPA para el mismo valor de V_d . Se estima, sin embargo, que, aunque no se tengan en cuenta estas incertidumbres, no se obtendrán errores apreciables. Hasta ahora la validez de las curvas de la DPA ideales para representar las distribuciones reales y el modo en que varían con V_d y con la anchura de banda sólo se ha comprobado con un número limitado de datos y necesita una verificación más completa. De ahí que, por el momento, las curvas y los factores de conversión de anchura de banda tengan que utilizarse con prudencia.

7. Aplicación de los datos de ruido a la evaluación de un sistema

Dado que en la cuestión, en sus aspectos más amplios, lógicamente intervienen otros muchos factores además de las intensidades del ruido radioeléctrico atmosférico, no se pretende que este análisis sea completo. Se considera conveniente, sin embargo, facilitar algunas indicaciones en cuanto a la forma en que pueden utilizarse los datos para el estudio de la calidad de funcionamiento de un sistema.

La evaluación de la calidad de funcionamiento de un sistema completo de recepción se puede expresar por su factor de ruido de funcionamiento f con el cual se tienen en cuenta tanto el ruido de origen externo como el generado en el propio sistema de recepción. La técnica seguida para la evaluación y los factores que en ella intervienen se dan en un artículo de Barsis y otros, 1961. Si se supone que el receptor está libre de respuestas parásitas y que todos los elementos anteriores al receptor están a la temperatura de referencia T_o , f viene dado por:

$$f = f_a - 1 + f_c f_t f_r \quad (3)$$

en donde

- f_c = factor de ruido del circuito de antena (su pérdida en potencia disponible),
- f_t = factor de ruido de la línea de transmisión (su pérdida en potencia disponible),
- f_r = factor de ruido del receptor.

El factor de ruido, f , es útil para determinar la relación entre la potencia de la señal, p_s , disponible en una antena libre de pérdidas y la correspondiente relación señal/ruido, r , a la salida de frecuencia intermedia del receptor, puesto que:

$$p_s = f r k T_o b \quad (4)$$

Utilizando letras mayúsculas para indicar las relaciones en db y con $B = 10 \log_{10} b$, entonces P_s , en db por encima de 1 vatio, será:

$$P_s = R + F + B - 204 \text{ dbW} \quad (5)$$

Al calcular el factor de ruido, F , para utilizarle en la fórmula (5), es necesario considerar todos los parámetros de la ecuación (3). En muchos casos, sin embargo, predominará una fuente de ruido y, por tanto, sólo importará uno de los factores componentes del ruido. En frecuencias bajas a menudo puede utilizarse un sistema de recepción con malas características de ruido interno, dado que los valores de f_a serán elevados y determinarán el valor de f . En general, f_a disminuirá con frecuencias crecientes, y la antena será más eficaz y f_c se acercará a la unidad en las frecuencias más elevadas. En estas condiciones, f_t y/o f_r pueden llegar a ser tan importantes como f_a para determinar el valor de f . Los valores de f_t y f_r se pueden hallar entonces mediante cálculo, en el que intervienen las características del diseño de la línea de transmisión y del receptor, o por mediciones directas. En los casos en que son importantes las pérdidas en la antena, como ocurre cuando en frecuencias bajas se utiliza una antena vertical corta cerca del suelo, hay que obtener f_c por métodos indirectos. Frecuentemente, se puede hacer una adecuada evaluación del valor de estas pérdidas mediante mediciones de impedancia y con el valor calculado de la resistencia de radiación (Crichlow y otros, 1955).

Una vez determinadas las características del ruido, se pueden deducir los efectos interferentes para un sistema dado. Anteriormente se expresaba la calidad de funcionamiento de un determinado tipo de servicio por la relación entre el nivel necesario de la señal y un determinado parámetro del ruido, normalmente la potencia media de ruido. La utilización de la *DPA*, en la que intervienen más de un parámetro, y que contiene información sobre el tipo de ruido así como de su nivel, puede proporcionar evaluaciones más reales de la calidad de funcionamiento probable del sistema una vez establecidas las relaciones adecuadas para muchos tipos de servicios. La disponibilidad de datos sobre las probables variaciones del nivel de ruido permite también especificar en términos estadísticos más precisos la probabilidad de obtener una calidad de funcionamiento requerida.

Conviene definir estadísticamente la calidad de funcionamiento de un sistema utilizando las tres componentes independientes: grado de servicio, disponibilidad de tiempo y probabilidad de servicio (Barsis y otros, 1961).

- 7.1 *El grado de servicio*, corresponde a la confiabilidad en un corto periodo de tiempo (generalmente una hora, pero que puede variar entre unos pocos minutos y más de una hora) durante el cual puede considerarse estacionaria la estadística de relaciones señal/ruido. Puede expresarse, por ejemplo, como el porcentaje de mensajes sin error, la inteligibilidad conseguida, o el porcentaje de observadores satisfechos.
- 7.2 *La disponibilidad de tiempo*, se refiere al porcentaje de las horas, o de otro periodo corto de tiempo utilizado para definir el grado de servicio, durante el cual se consigue, como mínimo, el grado de servicio especificado. El tiempo considerado debe incluir todas las variaciones posibles y puede ser un ciclo completo de actividad solar, un año, una estación del año o mes cualesquiera, o ciertas horas del día durante un periodo más largo de tiempo especificado.

7.3 La probabilidad de servicio se define como la probabilidad de que se consiga, como mínimo, el grado de servicio especificado en la disponibilidad de tiempo especificada. En esta probabilidad se combinan estadísticamente las imprecisiones de los muchos parámetros que intervienen en la predicción de la calidad de funcionamiento del sistema.

Cuando se ha definido la calidad de funcionamiento deseada de un sistema, es preciso evaluar los diversos factores que en ella influyen. Para mayor claridad y sencillez, se evaluará la calidad en los dos siguientes ejemplos en función de las características de la señal disponible y del ruido en los terminales de una antena receptora equivalente sin pérdidas. Se ha supuesto en ambos ejemplos que la antena empleada es una varilla vertical corta y que el ruido predominante es externo a la antena y de origen atmosférico. Se han elegido las estaciones del año y la hora del día, de forma tal que sean máximos los niveles de ruido. En el primer ejemplo se ha supuesto una propagación por ondas de superficie de manera que sea constante el nivel de la señal y sólo varíe el ruido. Los cálculos están basados en el empleo de la *DPA* ya que en el tipo de servicio de que se trata, los errores están sujetos a una evaluación matemática razonablemente precisa cuando se conocen las características de corto periodo del ruido. En el segundo ejemplo, la propagación es ionosférica y, por consiguiente, la señal y el ruido son variables con el tiempo. En este ejemplo se utilizan los valores de las relaciones de potencia señal/ruido recomendados por el C.C.I.R. (Recomendación 339). Este es el procedimiento que debe seguirse para un gran número de servicios, y particularmente en los que intervienen factores subjetivos.

La determinación de la probabilidad de servicio entraña además de las imprecisiones asociadas a los parámetros de ruido, las de todos los valores que intervienen en el proceso de predicción. Probablemente, las más importantes son las relacionadas con la predicción de la señal recibida y de la relación señal/ruido requerida. Puesto que el objeto de los siguientes ejemplos es exponer métodos para utilizar la información de ruido, los valores de σ para estos otros parámetros son valores supuestos. Aunque probablemente son representativos de la magnitud de los σ que pueden encontrarse, no deben utilizarse a menos que sea imposible obtener una estimación mejor. Los valores reales que han de utilizarse para cualquier circuito dado pueden normalmente determinarse empleando la información que da el C.C.I.R. en otras publicaciones.

7.4 Ejemplo I

Determinar las características del sistema de manipulación por desplazamiento de frecuencia, hallándose en Ginebra, Suiza, el punto de recepción, en las condiciones siguientes:

Frecuencia	: 50 kc/s
Horas del día	: 2000-2400
Estación del año	: verano
Anchura de banda	: 100 c/s
Propagación	: onda de superficie (que proporciona una señal de recepción constante)
Grado del servicio	: 0,05 % de errores binarios admisibles durante una hora dada, que corresponde aproximadamente a un 1 % de errores de teletipo en un sistema arrítmico de 5 unidades (Watt y otros, 1958).

El problema consiste en evaluar la probabilidad de que una dada potencia de señal recibida proporcione el especificado grado de servicio para cualquier porcentaje de horas dado.

Según la ecuación (5) el valor probable de la potencia recibida, P_e , necesaria para un determinado grado de servicio durante una hora, cuando el factor de ruido de la antena es F_a , viene dado por:

$$P_e = F_a + R + B - 204 \quad (\text{dbW}) \quad (6)$$

en donde R es la relación de potencia señal/ruido requerida antes de la detección, en db, para la anchura de banda dada.

Cuando la antena receptora es una varilla vertical corta, el correspondiente campo E_e , viene dado por:

$$E_e = P_e + 20 \log f_{Mc/s} + 108,5 \text{ db con respecto a } 1 \mu\text{V/m} \quad (7)$$

Montgomery (1954) ha demostrado que la probabilidad de un error binario en un sistema de modulación de frecuencia de banda estrecha es igual a la mitad de la probabilidad de que la envolvente de ruido sobrepase en cualquier instante a la envolvente de portadora. Es, por tanto, necesario determinar la DPA de ruido para poder obtener la relación señal/ruido requerida. Según la Fig. 19, el valor de V_{dm} en 50 kc/s desde las 2000 a 2400 horas, en verano, es 8,5 db, para una anchura de banda de 200 c/s. Se hace la conversión a la anchura de banda de 100 c/s, utilizando la Fig. 26 y se obtiene para V_{dm} el valor de 6,4 db. La DPA correspondiente puede obtenerse en la Fig. 27 uniendo los extremos de las curvas $V_{dm} = 6$ y $V_{dm} = 8$ a los correspondientes puntos de intersección en las ordenadas e interpolando entre las dos líneas el porcentaje adecuado.

Utilizando el criterio de Montgomery, el requerido grado de servicio, con 0,05% de errores binarios, exige que la envolvente de ruido sobrepase a la envolvente de portadora sólo durante el 0,1% del tiempo, y, con la DPA correspondiente a $V_{dm} = 6,4$ db, la envolvente de portadora debe ser 21 db superior a A_{ef} (Fig. 27). La relación potencia de portadora/potencia media de ruido debe ser, por lo tanto, también de 21 db, y este es el valor que se toma para R en (6). La imprecisión introducida en este valor por las posibles variaciones de la forma de la distribución de probabilidad de amplitud es de 1,4 db (Fig. 28).

Se obtiene ahora F_a añadiendo al valor mediano F_{am} una desviación D correspondiente al porcentaje de horas durante el cual debe obtenerse un servicio satisfactorio. Según la Fig. 19, el valor a 1 Mc/s (grado de ruido) es 78 db y el valor de F_{am} a 50 kc/s es 135 db con una desviación standard $\sigma_{F_{am}}$ de 3,4 db. Para tener en cuenta las imprecisiones en el valor del nivel de ruido F_a durante una hora dada, se requiere una probabilidad para la que se tenga una desviación dada $D = F_a - F_{am}$. El valor de D_u (6,4 db) se deduce de la Fig. 19C y los valores de D_u , obtenidos a partir del anterior, se llevan a un gráfico de probabilidad normal como en la Fig. 30, suponiendo que la distribución de los valores en decibelios por encima de la mediana es normal. De un modo análogo se deduce σ_{D_u} (1,9 db) de la Fig. 19C y se traza la curva de σ_D en la Fig. 30.

A continuación se calcula la ecuación (6) tomando el porcentaje de tiempo disponible como 100 menos el porcentaje del tiempo en que se excede el valor D , y se lleva a la Fig. 31 el valor P_e . Si es necesario, puede deducirse de (7) el valor correspondiente de E_e . Con (6) se obtiene $P_e = D - 30$ que es la predicción común de la potencia requerida para obtener el grado de servicio especificado en función del tiempo disponible. Pero puesto que no se han tenido en cuenta las imprecisiones de la predicción, sólo puede esperarse que la mitad de tales circuitos satisfagan las especificaciones del proyecto.

Las imprecisiones que hay que considerar vienen representadas por las desviaciones standard siguientes:

- σ_P — error standard en la evaluación de la potencia receptora probable. Tiene que deducirse de los datos de propagación y de otros datos, y para los fines de este ejemplo se supone que es de 2 db.
- σ_R — imprecisión en la relación señal/ruido requerida, supuesta una desviación standard de 2 db.
- $\sigma_A = 1,4$ db (Fig. 28)
- $\sigma_{F_{am}} = 3,4$ db (Fig. 19)
- σ_D — desviación standard de D , que es una función del porcentaje del tiempo requerido de funcionamiento (Fig. 30).

Suponiendo que no hay correlación entre los errores se deduce la imprecisión total σ_T mediante la fórmula:

$$\sigma_T^2 = \sigma_P^2 + \sigma_R^2 + \sigma_A^2 + \sigma_{F_{am}}^2 + \sigma_D^2 \quad (8)$$

σ_T , que se ha llevado también a la Fig. 31, permite hacer una evaluación de la probabilidad de servicio de que se obtendrá la disponibilidad de tiempo indicada, como se expone a continuación.

Para un valor dado de la potencia recibida, P , puede obtenerse la disponibilidad de tiempo como una función de la probabilidad de servicio, mediante la fórmula:

$$t = \frac{P - P_e}{\sigma_T} \quad (9)$$

en donde t es una función (conocida como desviante standard normal) de la probabilidad de servicio.

La Fig. 32 muestra cómo t varía en función de la probabilidad de servicio.

Si solamente se requiere una probabilidad del 0,5 de que se consiga una disponibilidad de tiempo especificada, $t = 0$, $P = P_e$ y las potencias requeridas vienen dadas por la Fig. 31; por ejemplo, una potencia de -20 dbW daría una disponibilidad de tiempo de 94,6%. Esta situación también se representa por el punto correspondiente a una probabilidad de servicio de 0,50 en la curva $P = -20$ dbW de la Fig. 33. Una disponibilidad de tiempo más elevada, por ejemplo 99%, requiere un mayor valor de P_e ($-16,5$ dbW con una desviación standard de 5,7 db). Con la misma potencia real de -20 dbW, el valor de t es entonces $-0,61$ que lleva a la probabilidad de servicio más baja de 0,27. De este modo, la relación entre la disponibilidad de tiempo y la probabilidad de servicio puede representarse para $P = -20$ dbW, y para otros niveles de potencia, como en la Fig. 33.

En esta figura puede verse que si se toma $P = -30$ dbW y si se desea una disponibilidad de tiempo de 99%, hay una probabilidad menor que 0,009 de que se consiga el fin perseguido de menos de 1% de errores de teletipo, durante el 99% de las horas de funcionamiento. Sin embargo, si $P = -10$ dbW, la probabilidad alcanzará un valor superior a 0,87. Con $P = 0$ dbW, la posibilidad de no conseguir el grado de servicio preciso durante el 99% de las horas, sería menor que 0,0002.

Ejemplo II

Determinar la calidad de funcionamiento de un sistema telefónico con doble banda lateral, clase A3, con recepción en Ginebra, Suiza, en las siguientes condiciones:

Frecuencia	: 5 Mc/s
Horas del día	: 2000-2400
Estación del año	: verano
Anchura de banda	: 6 kc/s
Propagación	: Ionosférica (que produce desvanecimiento de la señal)
Grado de servicio	: Difícilmente comercial durante el 95% del tiempo.

Una vez más, el problema consiste en fijar la probabilidad de que una señal recibida dada permita un grado de servicio dado, o mejor, para un porcentaje también dado de las horas. No puede aplicarse directamente la ecuación (6), pues debe tenerse en cuenta que en este caso tanto la señal como el ruido varían con el tiempo. El valor de R que se emplea en (6) se establece para un grado de servicio dado, en condiciones de señal constante. Ya que la señal variará con el desvanecimiento de interferencia en el intervalo de una hora, lo que puede representarse por una distribución Rayleigh (Informe 266), puede admitirse que R_h es la relación portadora/ruido, necesaria para el grado de servicio dado, para algún porcentaje de la hora.

Se ha visto que las variaciones del valor horario mediano de un día a otro de la señal recibida expresadas en db, están distribuidas normalmente (Informe 159) y por lo tanto pueden quedar completamente determinadas por el valor mediano y la desviación D_s , del valor excedido el 90% del tiempo con respecto al mediano. Puesto que puede considerarse que los valores de F_a se aproximan a una distribución normal, se podrá determinar un factor de protección C_u ,

en db, necesario para dar la requerida relación portadora/ruido en un 90% del bloque, suponiendo que no hay correlación, mediante:

$$C_u^2 = D_u^2 + D_s^2 \quad (10)$$

Llevando C_u al punto del diez por ciento con relación a 0 db en el valor mediano, utilizando coordenados de probabilidad aritmética, puede encontrarse un valor de C para cualquier otro punto de porcentaje, ya que también tendrá una distribución normal. Con los valores de R_h y C definidos anteriormente, el equivalente de (6) puede escribirse ahora:

$$P_{me} = F_{am} + C + R_h + B - 204 \text{ dbW} \quad (11)$$

en donde P_{me} es el valor mediano de la potencia de la señal requerida probable.

Según la Fig. 19, el valor de 1 Mc/s (grado de ruido) resulta ser 78 para Ginebra y el valor de F_{am} a 5 Mc/s es 57 db con una desviación standard F_{am} , de 4,1 db. También según la Fig. 19, D_u resulta ser igual a 4,9 db a 5 Mc/s, y la desviación standard correspondiente, σ_{Du} , 1,3 db. Suponiendo que los valores de D_s y de σ_{Ds} son respectivamente 7 y 1,5 db, que concuerdan satisfactoriamente con los valores dados en el Informe 266, se obtiene mediante (10) el valor de 8,54 db para C_u . Puede encontrarse de modo análogo un valor correspondiente de la desviación standard σ_{Cu} , de C_u igual a 1,98 db. Los valores de C y σ_c se indican en la Fig. 34.

En la Recomendación 339 se dan valores recomendados en las relaciones señal/ruido con señales constantes para diversos servicios. En un sistema telefónico de doble banda lateral y 6 kc/s de anchura de banda, clase A3, difícilmente comercial, la relación entre el necesario valor de cresta de la señal de RF y el ruido, es de 27 db para una señal constante, o 21 db para la relación entre portadora y ruido. Puesto que lo que nos interesa es el nivel de señal superado el 95% del tiempo con desvanecimiento Rayleigh, R_h debe ser 11,3 db mayor que en el caso de señal constante o 32,3 db.

La ecuación (11) se ha calculado tomando el porcentaje de disponibilidad de tiempo como 100 menos el porcentaje del tiempo en que es excedido C , y se ha llevado P_{me} a la Fig. 35. E_c puede obtenerse con la ecuación (7). Como en el ejemplo I, P_e es la potencia probable necesaria para obtener el grado de servicio especificado en función de la disponibilidad de tiempo. También, como en el ejemplo I, es necesario considerar varias imprecisiones de predicción. La imprecisión total, σ_T , se deduce como anteriormente, suponiendo que no existe correlación entre los errores, mediante la fórmula:

$$\sigma_T^2 = \sigma_P^2 + \sigma_R^2 + \sigma_{Fam}^2 + \sigma_C^2 \quad (13)$$

en donde

- σ_P = desviación standard al evaluar la potencia probable de señal recibida que se supone es de 5 db,
- σ_R = imprecisión en la relación señal/ruido requerida, supuesta una desviación standard de 2 db,
- σ_{Fam} = desviación standard de F_{am} con respecto a su valor de predicción, 3,9 db (Fig. 19)
- σ_C = desviación standard de C , que es una función del porcentaje del tiempo requerido de funcionamiento (Fig. 34).

Se han trazado los valores de σ_T en la Fig. 35.

La Fig. 36 puede obtenerse mediante el empleo de (9), Fig. 32 y los valores de σ_T dados por la Fig. 35.

8. Influencia de la directividad y de la polarización de las antenas

Toda la información que acerca del ruido figura en este Informe, incluyendo los ejemplos dados en la última sección, se refieren a una antena receptora vertical corta. Aunque tales antenas pueden utilizarse en la práctica para bajas frecuencias, la comunicación a larga distancia

en altas frecuencias se consigue, por lo general, mediante el empleo de antenas muy directivas. Por consiguiente, debe tenerse en cuenta la influencia de la directividad y de la polarización de las antenas en la relación señal/ruido.

Se supone que se conoce suficientemente bien la ganancia de la señal, aunque dependa de la importancia relativa de los diversos modos de propagación, variable con el tiempo. El factor de ruido efectivo de la antena, que viene determinado por el ruido atmosférico, puede ser influido de distintas formas. Si las fuentes de ruido estuvieran distribuidas isotrópicamente, el factor de ruido sería independiente de las propiedades directivas de la antena. Sin embargo, en la práctica, la dirección acimutal del haz puede coincidir con la dirección de una zona en que predominan las tormentas, y el factor de ruido aumentará en comparación con la antena omnidireccional. Por otra parte, también puede ocurrir lo contrario. La directividad en el plano vertical puede ser tal que discrimine en favor o en contra de la recepción del ruido procedente de una fuente intensa. Puede esperarse un aumento de la variabilidad del ruido por el movimiento de las tormentas al entrar o salir del haz de la antena, aun cuando el valor medio de la intensidad permanezca invariable.

La información experimental que se tiene sobre la influencia de la directividad, es escasa y en algunos aspectos contradictoria. En una región ecuatorial (Singapur) se ha encontrado que el valor mediano de F_a para ciertas antenas directivas es un poco más elevado (unos 4 db como término medio) que el correspondiente a una antena vertical de varilla en el mismo periodo de tiempo. Esta cifra es muy inferior a la ganancia de antena máxima posible que podría preverse dada la distribución extendida de las tormentas, pero el hecho es que, como término medio, la ganancia de ruido encontrada con una gama amplia de condiciones tormentosas, sugiere que existía una tendencia a recibirse más ruido con menores ángulos de elevación. También en Alemania se hallaron factores de ruido más elevados con antenas directivas (Doc. VI/17 (Alemania), Ginebra 1962; Kronjäger y Vogt, 1959). Por otra parte, en unos experimentos efectuados en Australia los factores medios de ruido de varias antenas orientadas en diferentes direcciones eran inferiores en unos decibelios al de la antena vertical de varilla, lo que se explica por la importancia del ruido que incidía en ángulos elevados (Yabsley, 1961). Parece, pues, que en términos generales la ganancia en la relación señal/ruido será probablemente, en primera aproximación, la que corresponde sólo a la señal (que puede, sin embargo, ser inferior a la ganancia óptima) y que si se requiere una mayor precisión es necesario tener en cuenta las situaciones de las tormentas y las frecuencias críticas de la ionosfera, además del diagrama polar de la antena. Para poder determinar valores razonablemente precisos, es necesario emprender nuevos trabajos de investigación, pero por el momento parece que las diferencias serán normalmente inferiores a 6 db.

Se tienen todavía menos datos de la influencia de la polarización de las antenas, pero cabe suponer, en primera aproximación, que los ruidos en la recepción son comparables en el caso de las dos polarizaciones cuando la altura de la antena es grande con relación a la longitud de onda.

BIBLIOGRAFÍA

1. AUSTIN, L. W. Solar activity and radio telegraphy. Proc. IRE, 20, 280, (1932).
2. BARSIS, A. P., NORTON, K. A., RICE, P. L. y ELDER, P. H. Performance predictions for single tropospheric communication links and for several links in tandem, NBS, Tech. Note 102, (1961).
3. C.C.I.R. Recomendación 174: Medida del ruido atmosférico radioeléctrico en el plano mundial, Documentos de la VIII Asamblea plenaria. Volumen I, p. 179, U.I.T., 1956.
4. C.C.I.R. Informe 65 (Revisado): Revisión de los datos sobre el ruido atmosférico radioeléctrico. Documentos de la IX Asamblea plenaria. Volumen III, p. 223, U.I.T., 1959.
5. C.C.I.R. Informe 159: Desvanecimiento de la señal en la propagación ionosférica. Documentos de la IX Asamblea plenaria. Volumen III, p. 360, U.I.T., 1959.
6. C.C.I.R. Recomendación 161: Anchuras de banda y relaciones señal/ruido en sistemas completos. Documentos de la IX Asamblea plenaria. Volumen I, p. 119, U.I.T., 1959.
7. C.C.I.R. Doc. VI/68 (Francia) de Ginebra, 1962. Medida del ruido atmosférico radioeléctrico.
8. C.C.I.R. Doc. VI/17 (R.F. de Alemania) de Ginebra, 1962. Medida del ruido atmosférico radioeléctrico.
9. C.C.I.R. Doc. VI/113 (India) de Ginebra, 1962. Medida del ruido atmosférico radioeléctrico.

10. C.C.I.R. Doc. 236 (India) de Ginebra, 1963. Medida del ruido atmosférico radioeléctrico
11. CLARKE C. Atmospheric radio noise studies based on amplitude probability measurements at Slough, England, during the International Geophysical Year, Proc. I.E.E., 109B, 393 (1962).
12. COTTONY, H. V. y JOHLER, J. R. Cosmic radio noise intensities in the VHF band. Proc. IRE, 40, 1053, (1952).
13. CRICHLow, W. Q., SMITH, D. F., MORTON, R. N. y CORLISS, W. R. World-wide radio noise levels expected in the frequency band 10 kc/s to 100 Mc/s, NBS Circular 557, (1955).
14. CRICHLow, W. Q. Noise investigation at VLF by the National Bureau of Standards. Proc. IRE, 45, N.º 6, 778, (1957).
15. CRICHLow, W. Q., DISNEY, R. T., y JENKINS, M. A. Quarterly radio noise data, NBS Tech. Note N.ºs 18 al 18-13, (1959-1962).
16. CRICHLow, W. Q., ROUBIQUE, C. J., SPAULDING, A. D. y BEERY, W. M. Determination of the amplitude-probability distribution of atmospheric radio noise from statistical moments, J. Research NBS, Radio Propagation, 64D, 49, (1960a).
17. CRICHLow, W. Q., SPAULDING, A. D., ROUBIQUE, C. J. y DISNEY, R. T. Amplitude-probability distributions for atmospheric radio noise, NBS Monograph 23, (1960b).
18. I.R.P.L. Radio propagation handbook U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, (1943).
19. KRONJÄGER, W. y VOGT, K. Über das Aussengeräusch kommerzieller Antennenanlagen (Ruidos atmosféricos en sistemas de antenas de servicio fijo). NTZ, 12, 371, (1959).
20. LICHTER, YA. I., y TERINA, G. J. Some results of the investigations of atmospheric radio noise at Moscow. In Some Ionospheric Results Obtained During the IGY, Ed. Beynon. Elsevier (1960).
21. MONTGOMERY, G. F. A comparison of amplitude and angle modulation for narrow-band communication of binary-coded messages in fluctuation noise. Proc. IRE, 42, 447, (1954).
22. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS Ionosphere radio propagation, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Circular 462, (1948).
23. PAWSEY, J. L., MCCREADY, L. L., y GARDNER, F. F. Ionospheric thermal radiation at radio frequencies. Journ. Atmos. & Terr. Phys. 1, 216, (1951).
24. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Reglamento de radiocomunicaciones (Ginebra, 1959).
25. R.P.U. Minimum required field intensities for intelligible reception of radio telephony in the presence of atmospherics or receiving set noise, R.P.U. Tech. Report N.º 5 (First Edition). U.S. Signal Corps, (1945).
26. SCIENCE COUNCIL OF JAPAN Compilation of data in Japan for atmospheric radio noise during the IGY, 1957/58. Japanese National Committee for IGY (1960).
27. SPAULDING, A. D., ROUBIQUE, C. J., y CRICHLow, W. Q. Conversion of the amplitude probability distribution function for atmospheric radio noise from one bandwidth to another. J. Research NBS, Radio Propagation, 66D, 713, (1962).
28. TREMELLEN, K. W. y COX, J. W. The influence of wave propagation on the planning of short-wave communications. Journ. I.E.E., 94, IIIa, 200, (1947).
29. U.R.C.I. The measurement of characteristics of terrestrial radio noise, Special Report N.º 7. Elsevier (1962).
30. WATT, A. D., COON, R. M., MAXWELL, E. L. y PLUSH, R. W. Performance of some radio systems in the presence of thermal and atmospheric noise. Proc. IRE, 46, 1914, (1958).

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

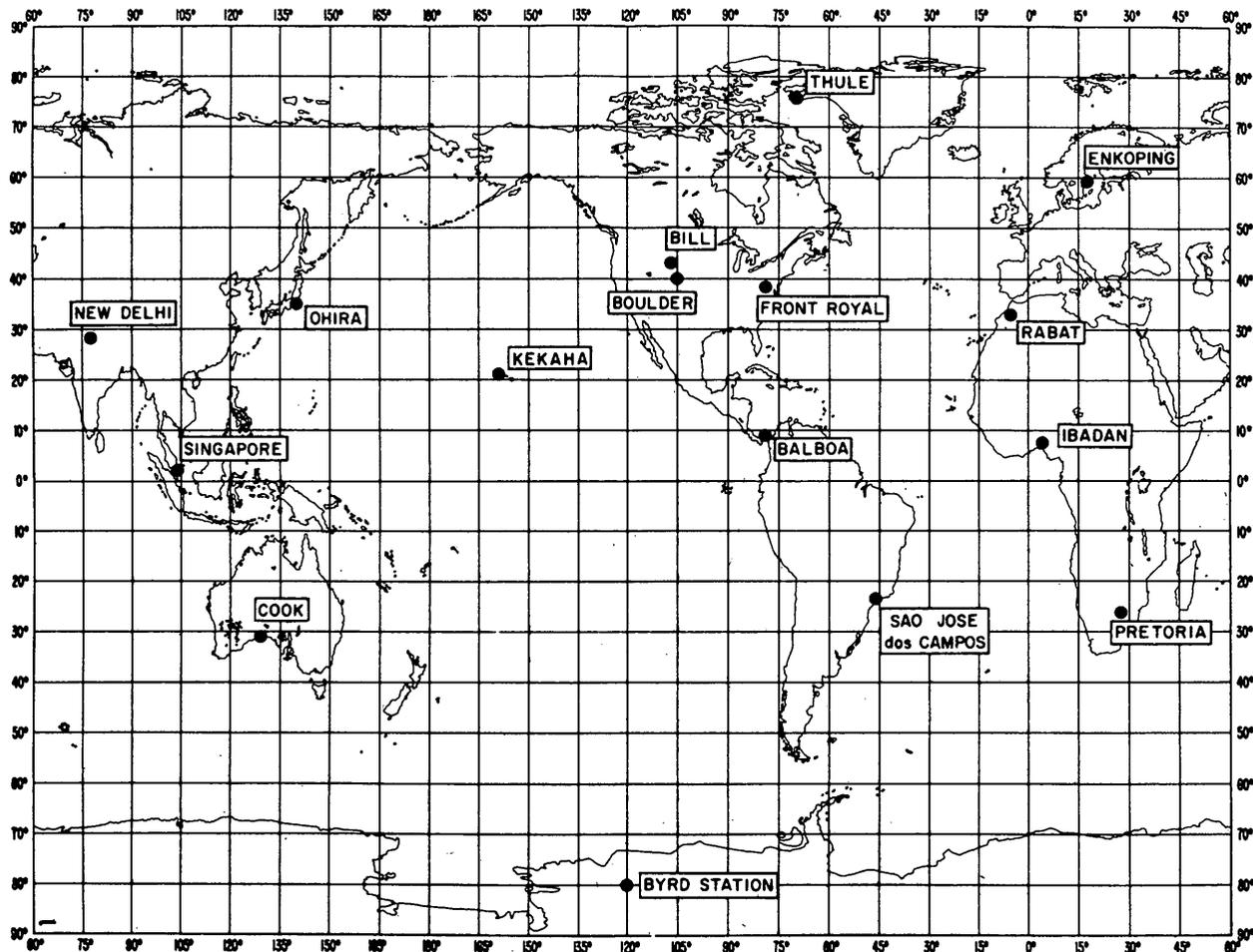


FIGURA 1

Estaciones de medida del ruido radioeléctrico que utilizan registradores ARN-2

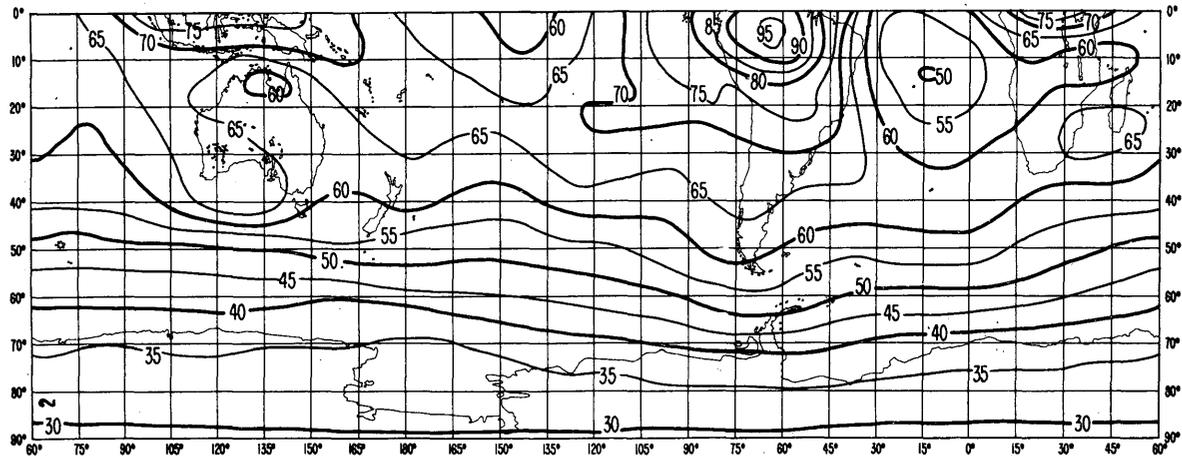
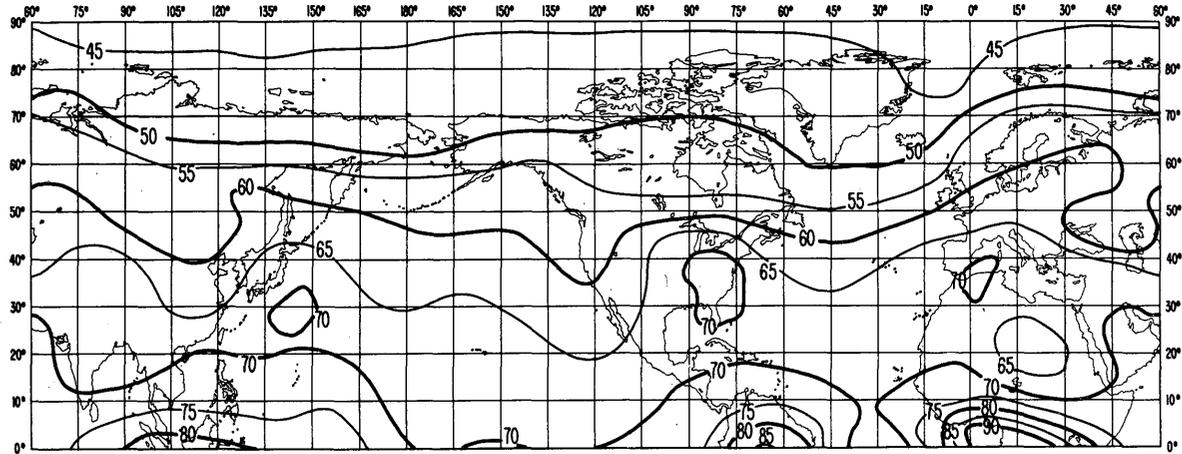


FIGURA 2A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_{ob} en 1 Mc/s
(Invierno; 0000-0400 h.)

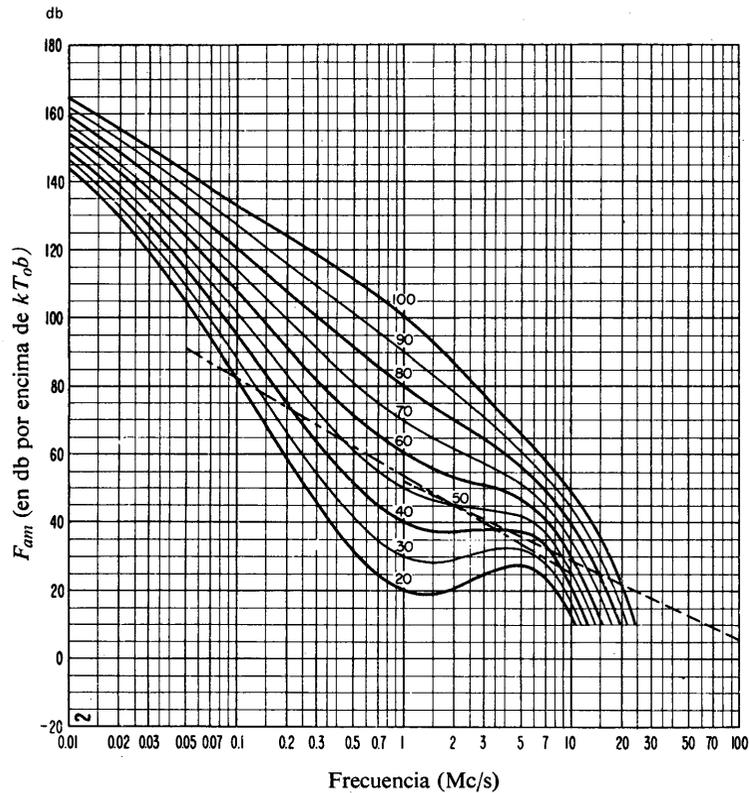


FIGURA 2B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Invierno; 0000-0400 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

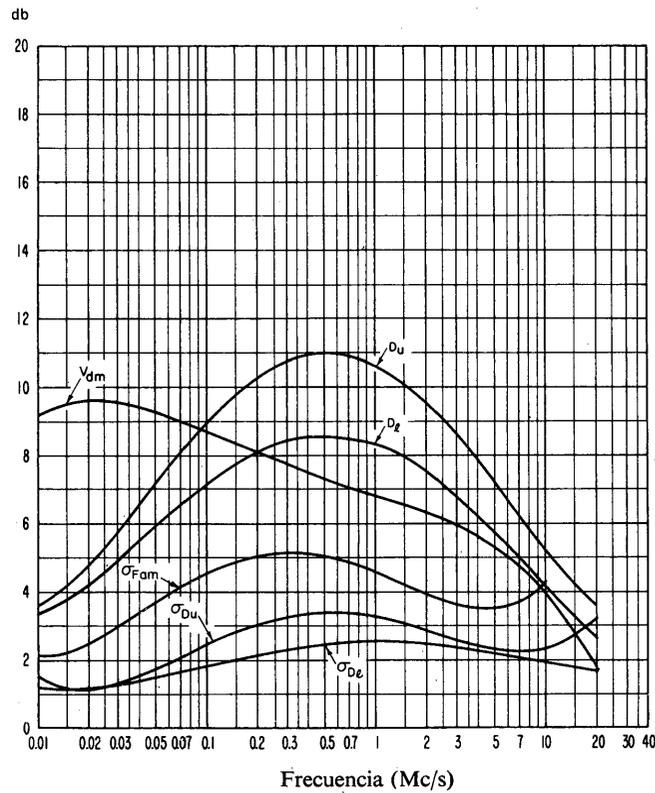


FIGURA 2C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Invierno; 0000-0400 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

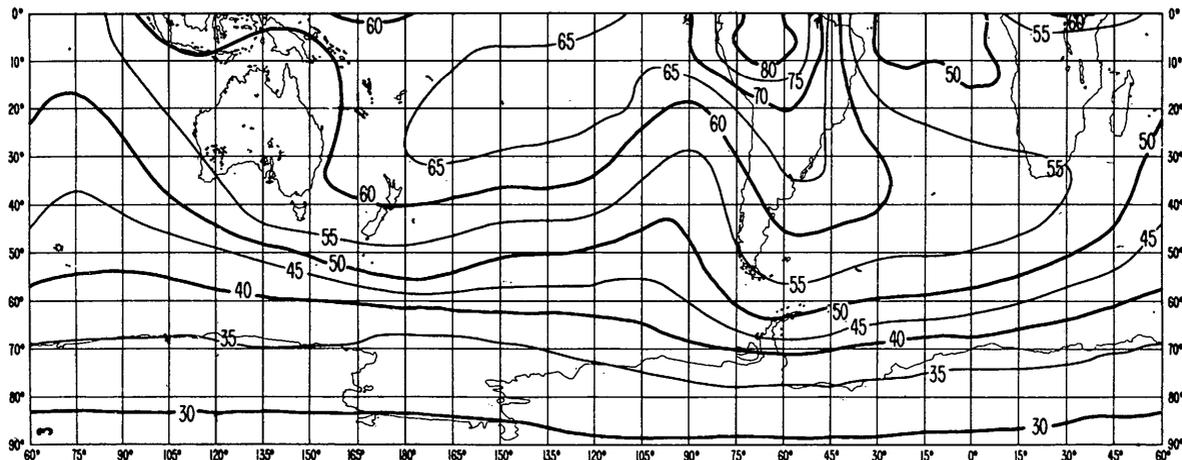
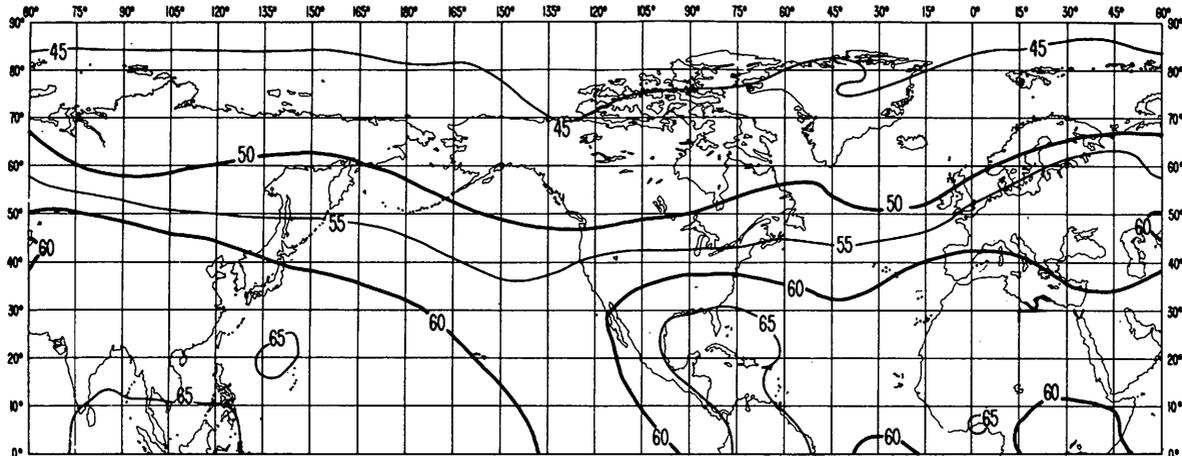


FIGURA 3A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Invierno; 0400-0800 h.)

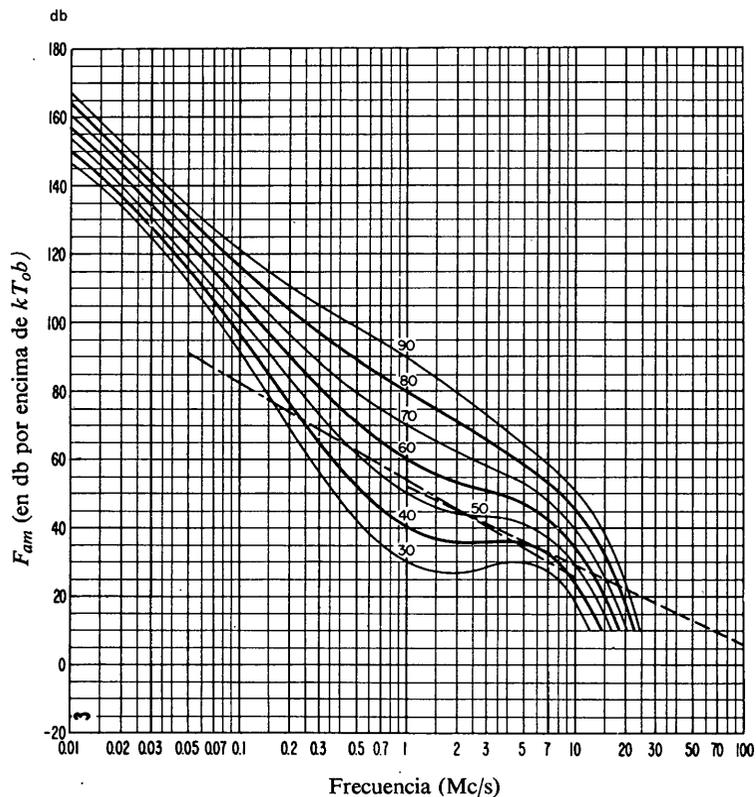


FIGURA 3B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Invierno; 0400-0800 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- Valores probables del ruido galáctico

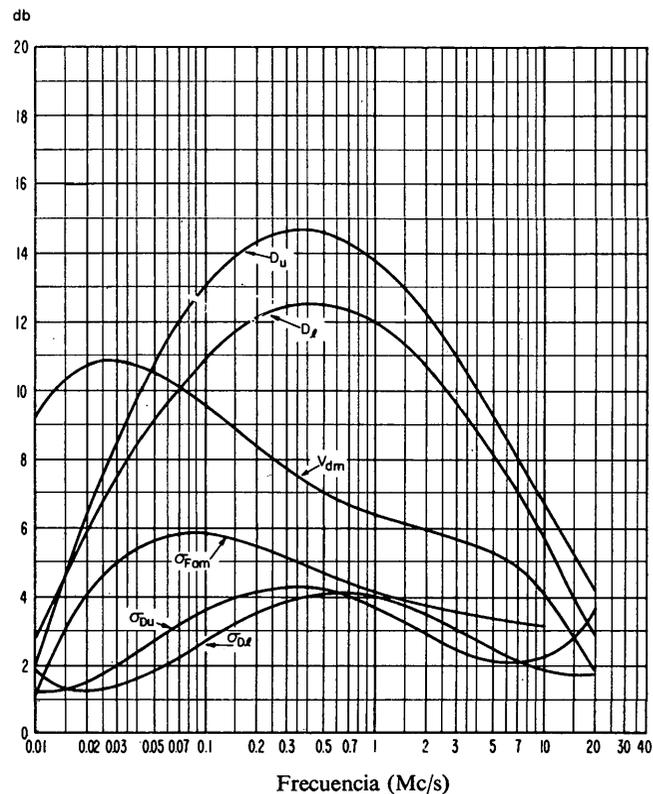


FIGURA 3C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Invierno; 0400-0800 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

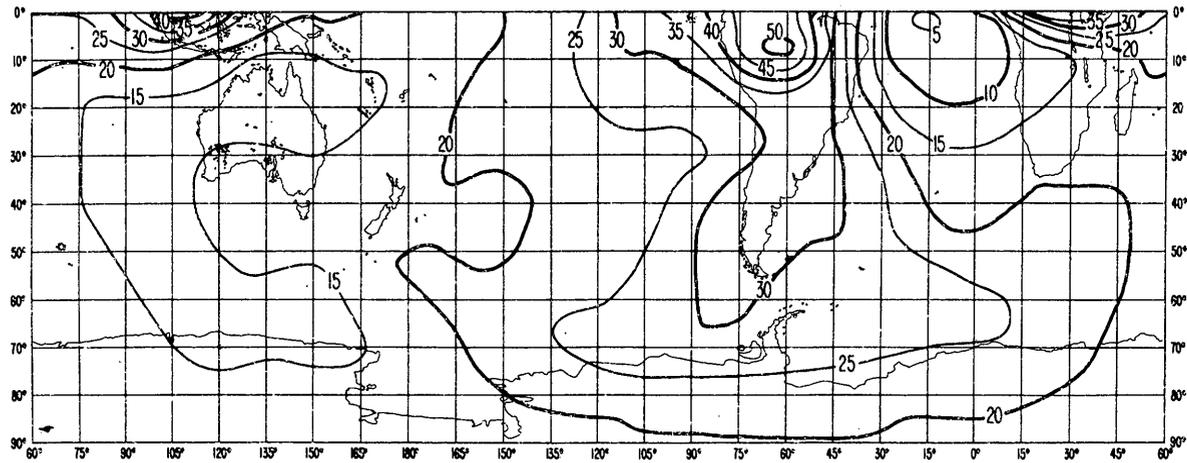
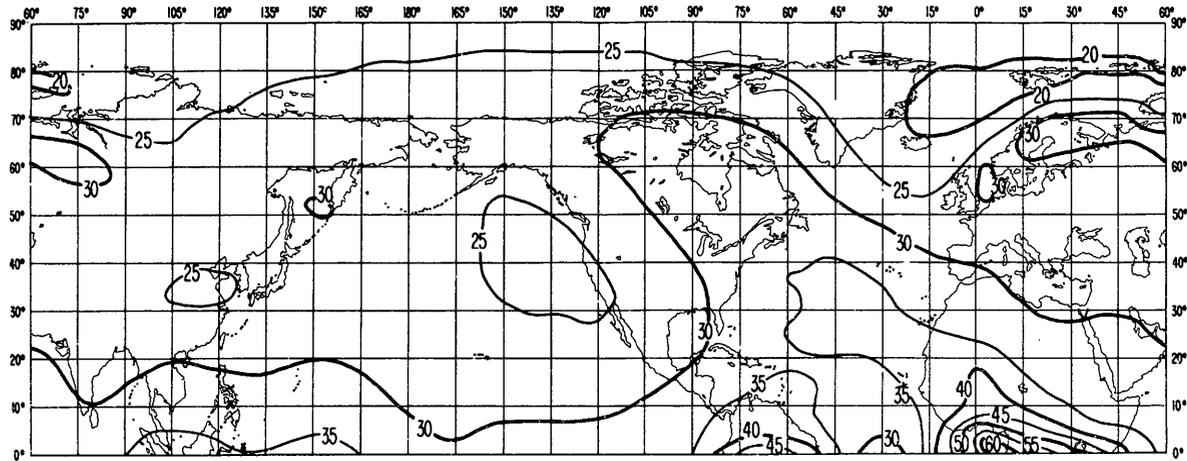


FIGURA 4A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_{ob} en 1 Mc/s
(Invierno: 0800-1200 h.)

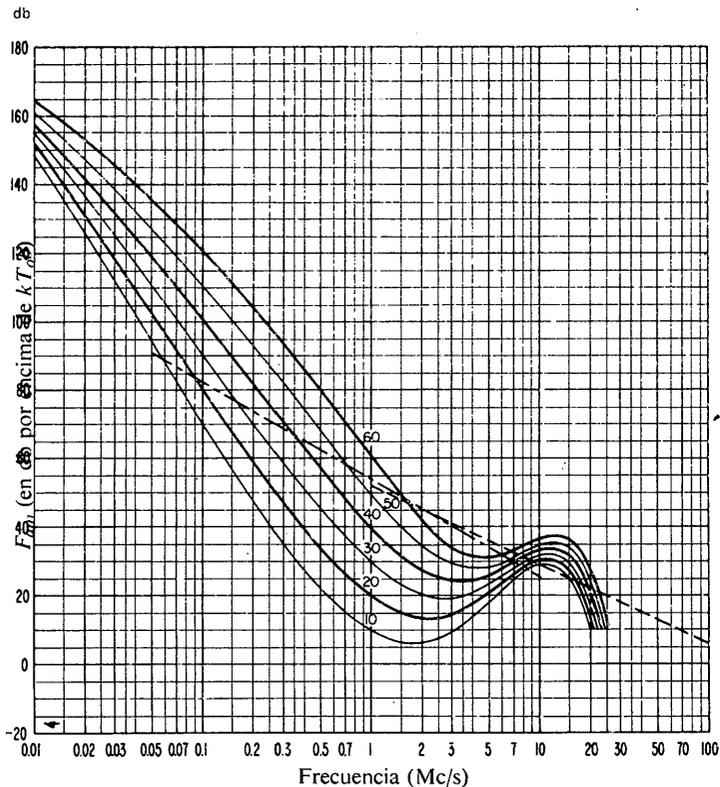


FIGURA 4B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Invierno: 0800-1200 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- · - · - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

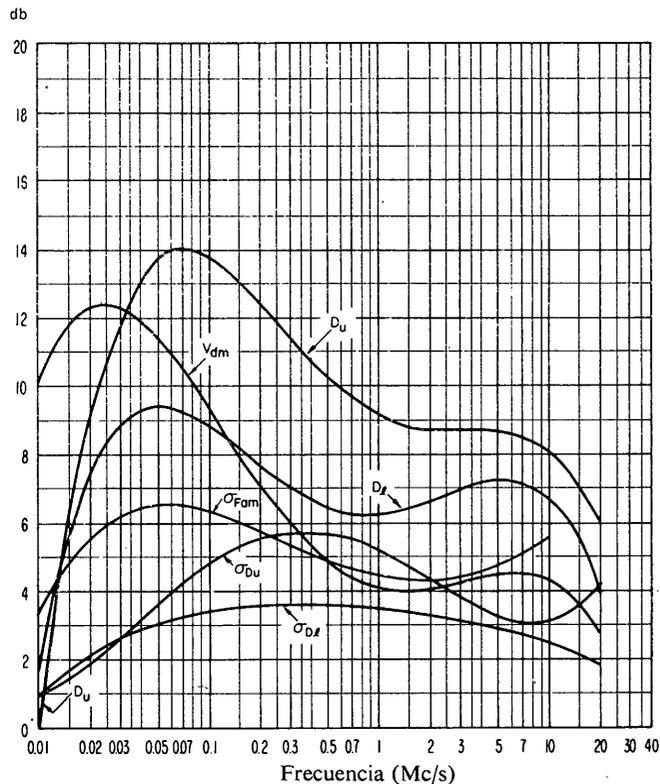


FIGURA 4C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Invierno: 0800-1200 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

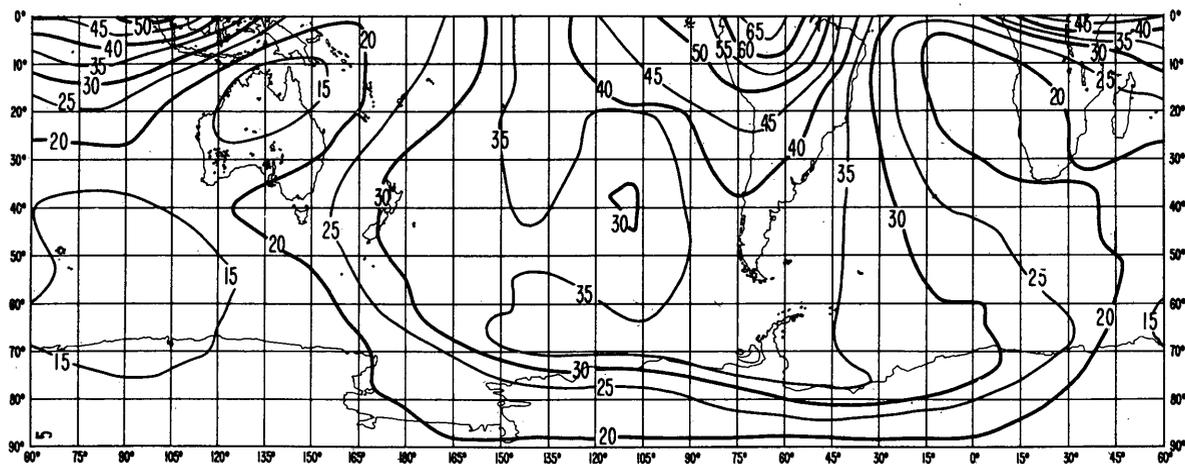
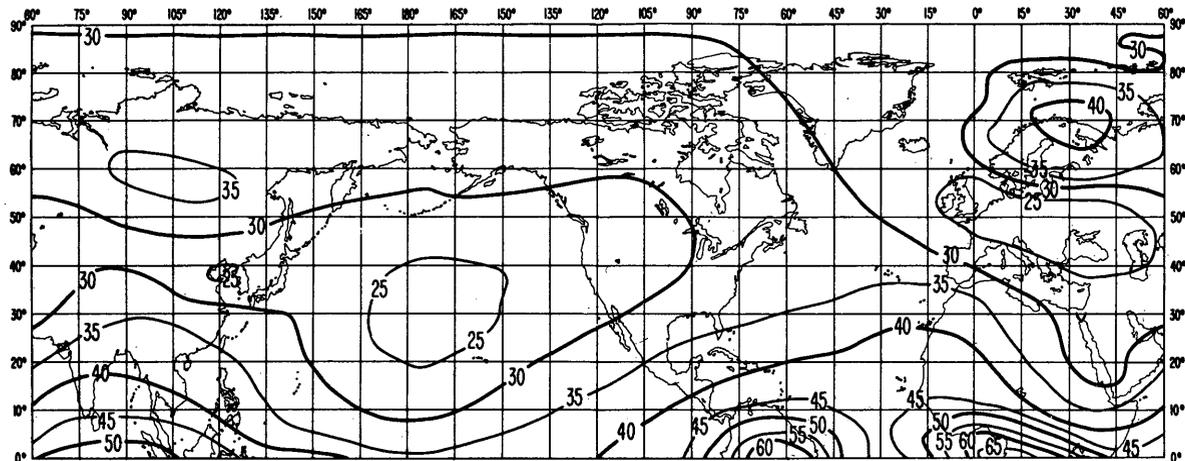


FIGURA 5A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Invierno: 1200-1600 h.)

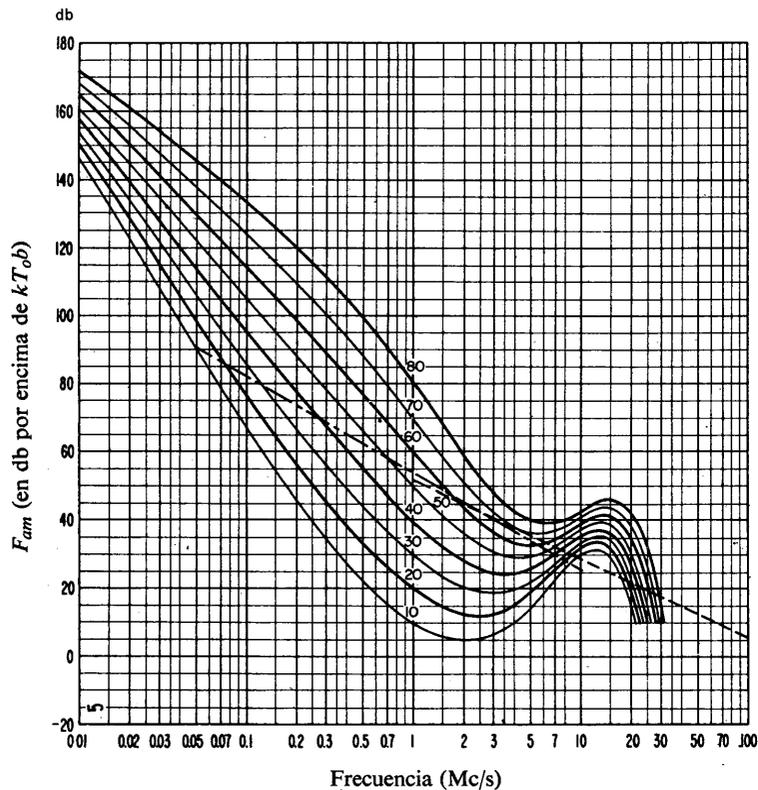


FIGURA 5B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Invierno; 1200-1600 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - Valores probables del ruido galáctico

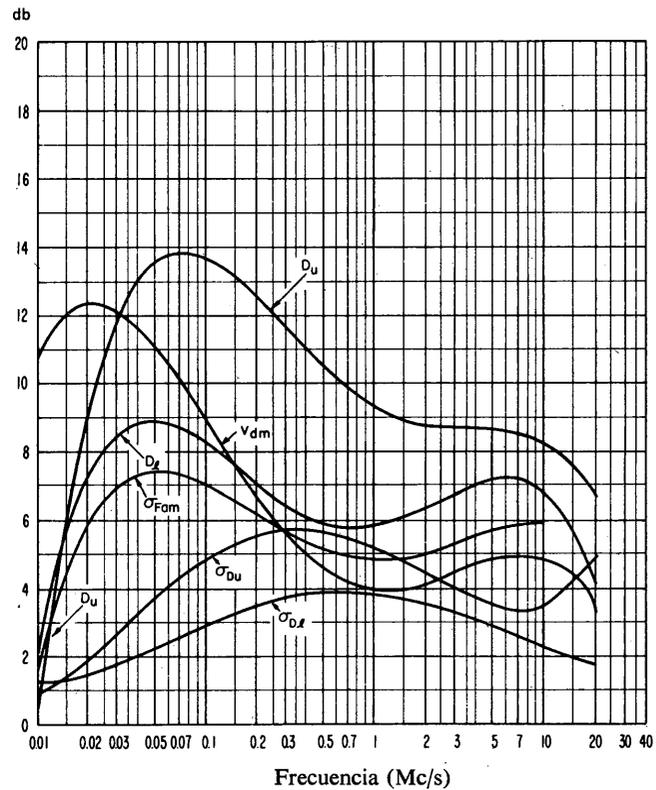


FIGURA 5C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Invierno; 1200-1600 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

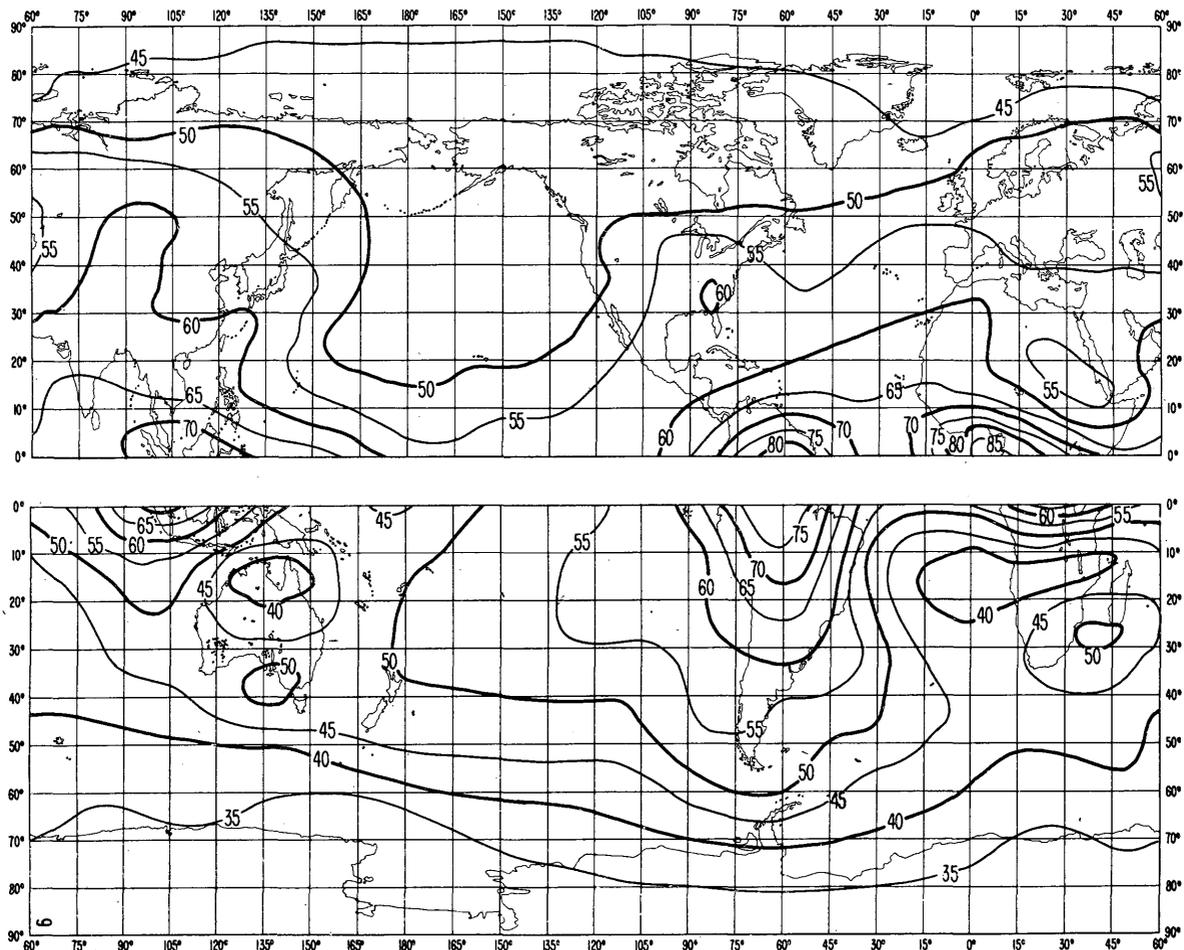


FIGURA 6A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_{0b} en 1 Mc/s
(Invierno; 1600-2000 h.)

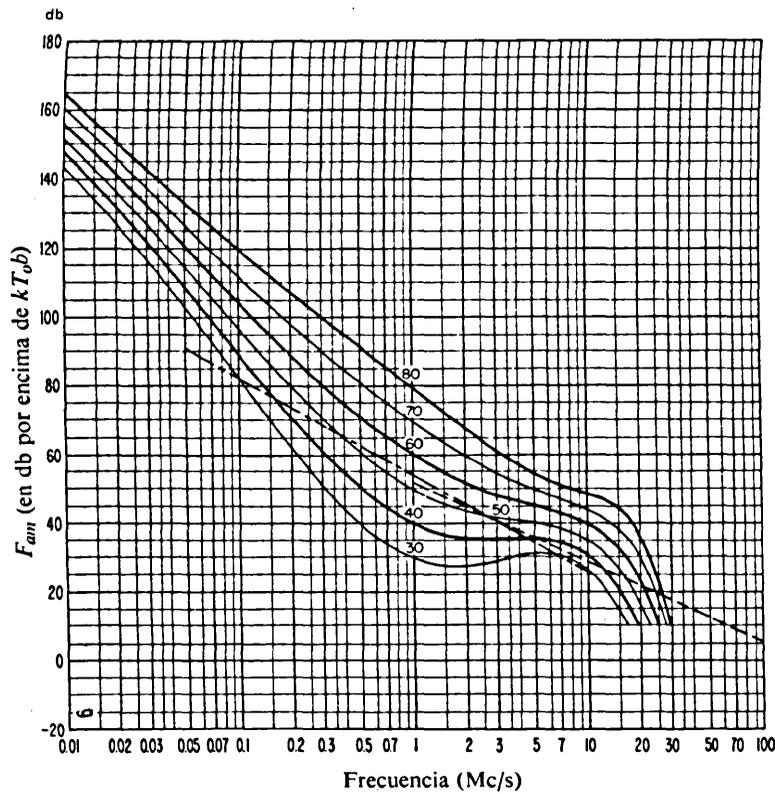


FIGURA 6B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Invierno; 1600-2000 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - Valores probables del ruido galáctico

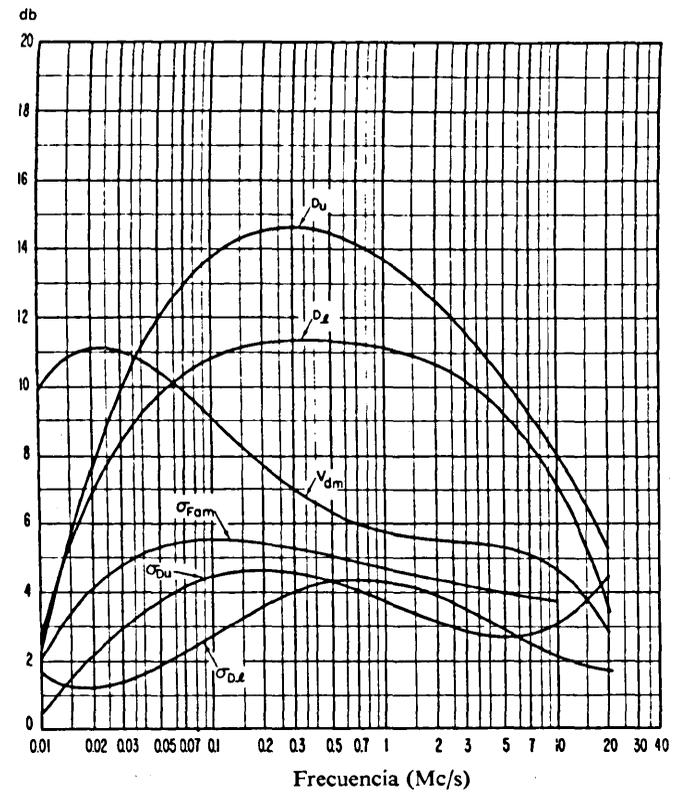


FIGURA 6C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Invierno; 1600-2000 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

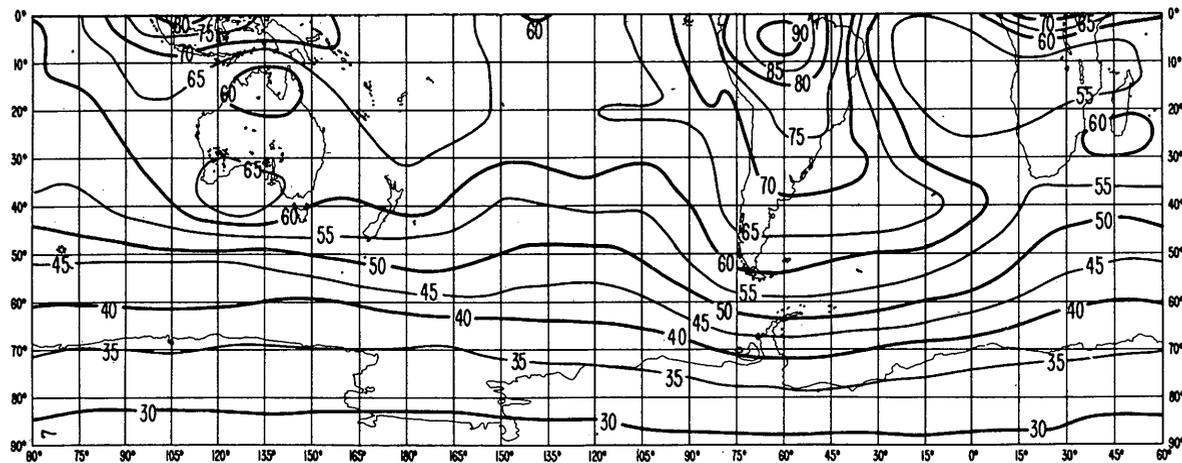
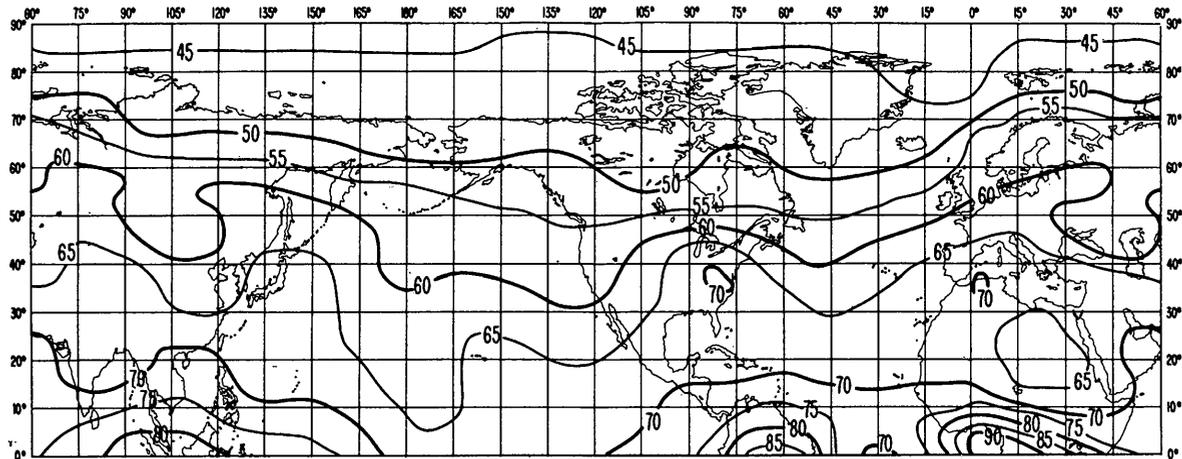


FIGURA 7A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Invierno; 2000-2400 h.)

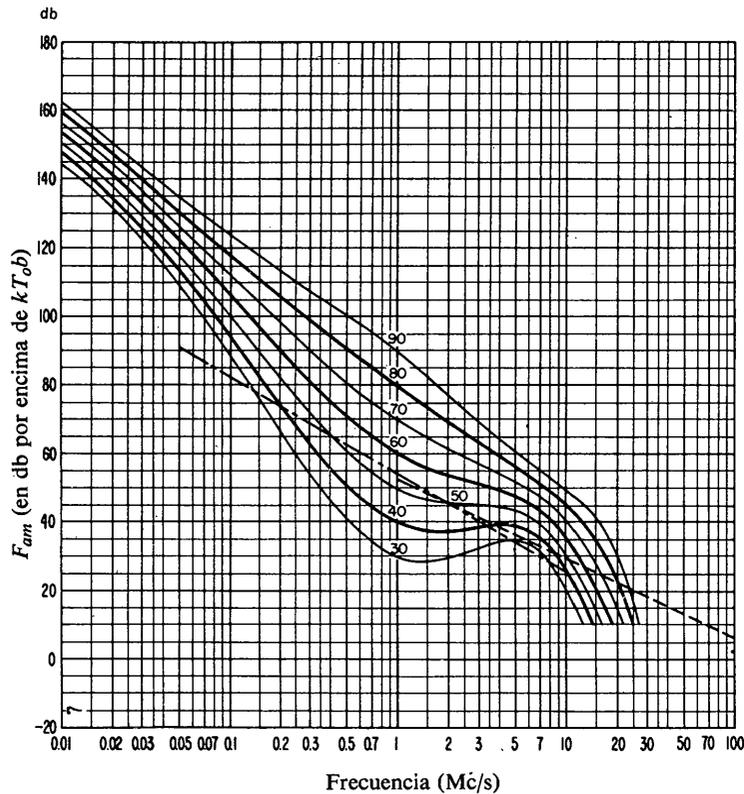


FIGURA 7B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Invierno; 2000-2400 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- Valores probables del ruido galáctico

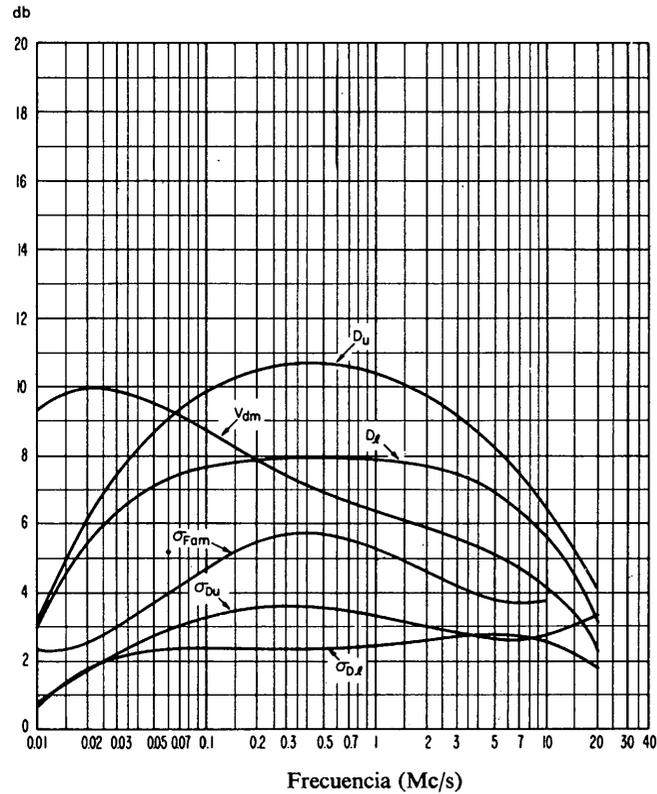


FIGURA 7C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Invierno; 2000-2400 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

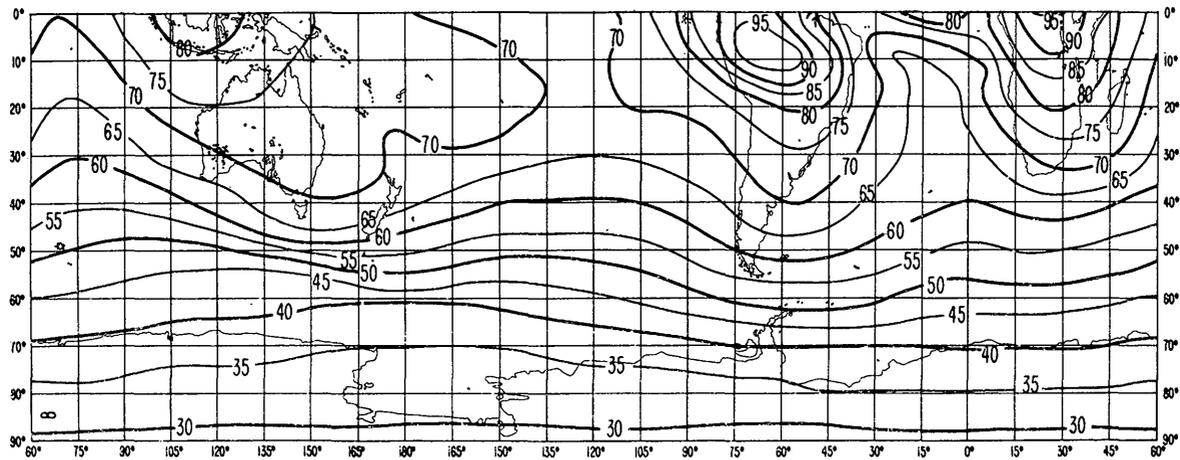
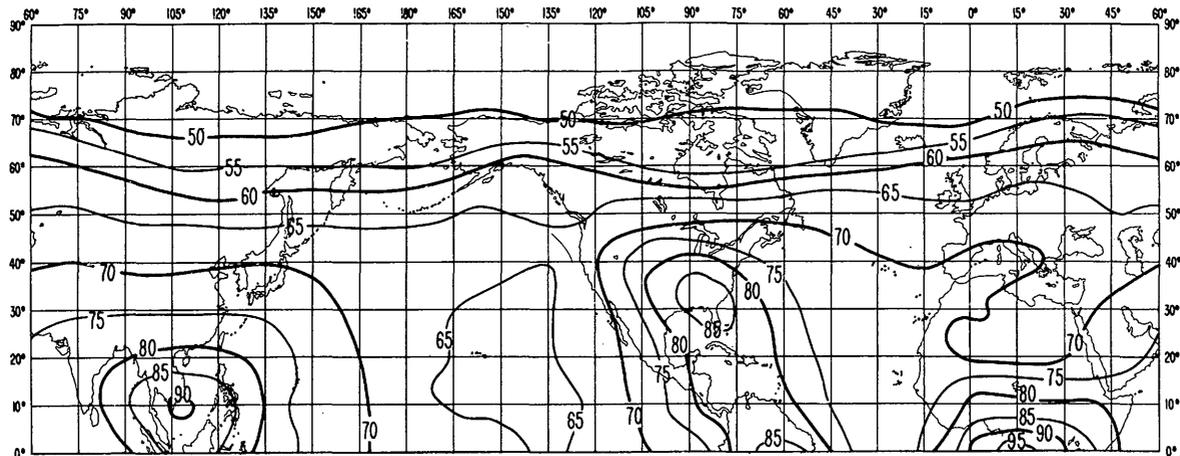


FIGURA 8A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Primavera; 000-0400 h.)

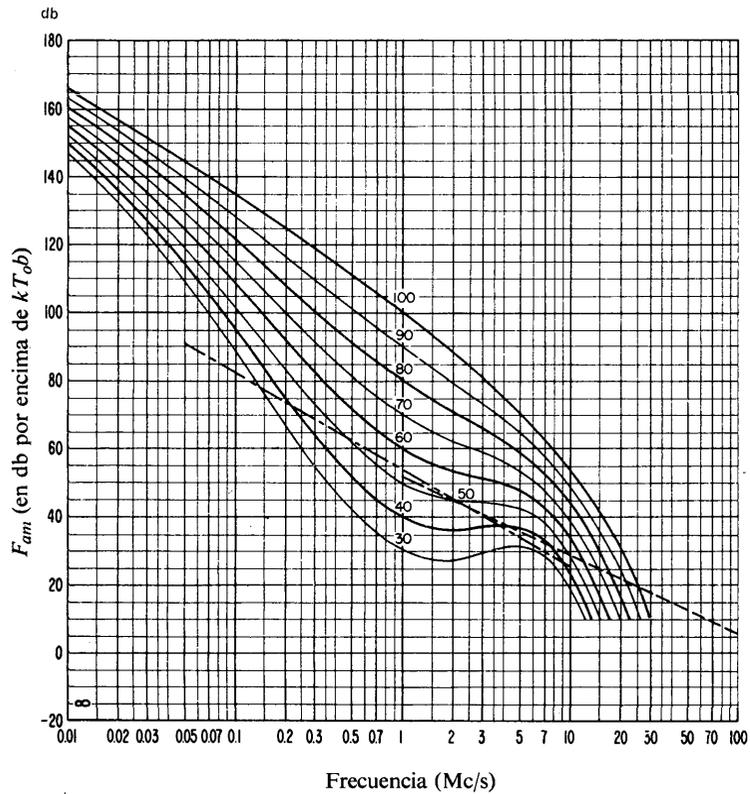


FIGURA 8B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Primavera; 0000-0400 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- Valores probables del ruido galáctico

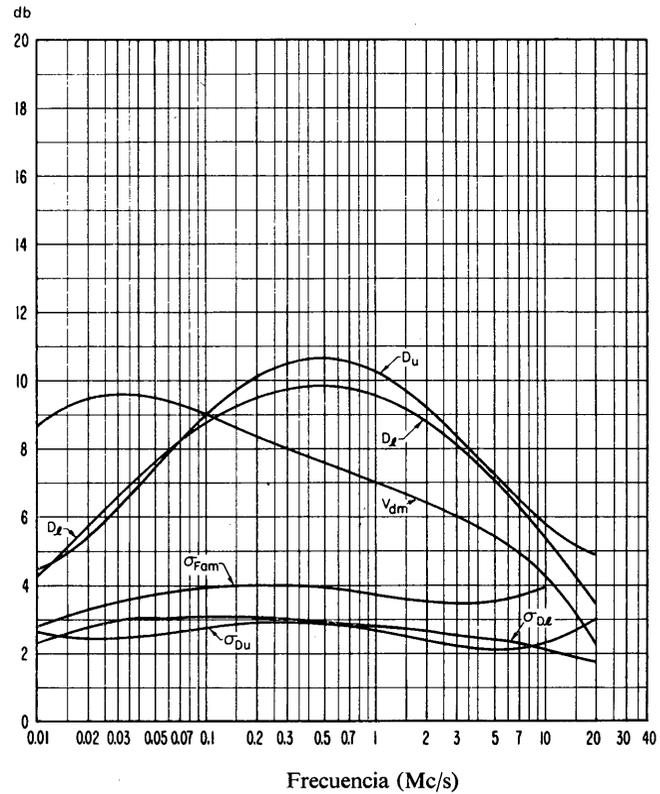


FIGURA 8C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Primavera; 0000-0400 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

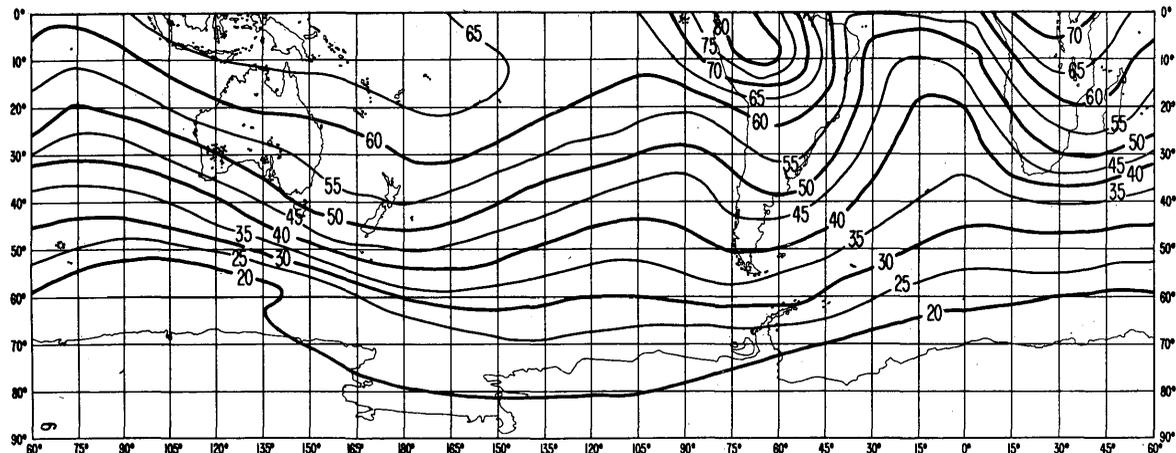
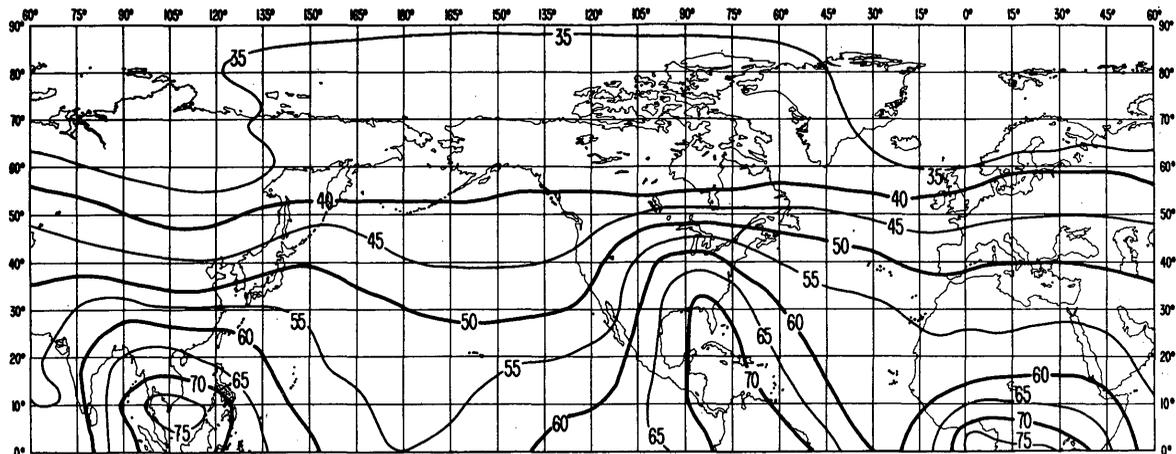


FIGURA 9A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
 (Primavera; 0400-0800 h.)

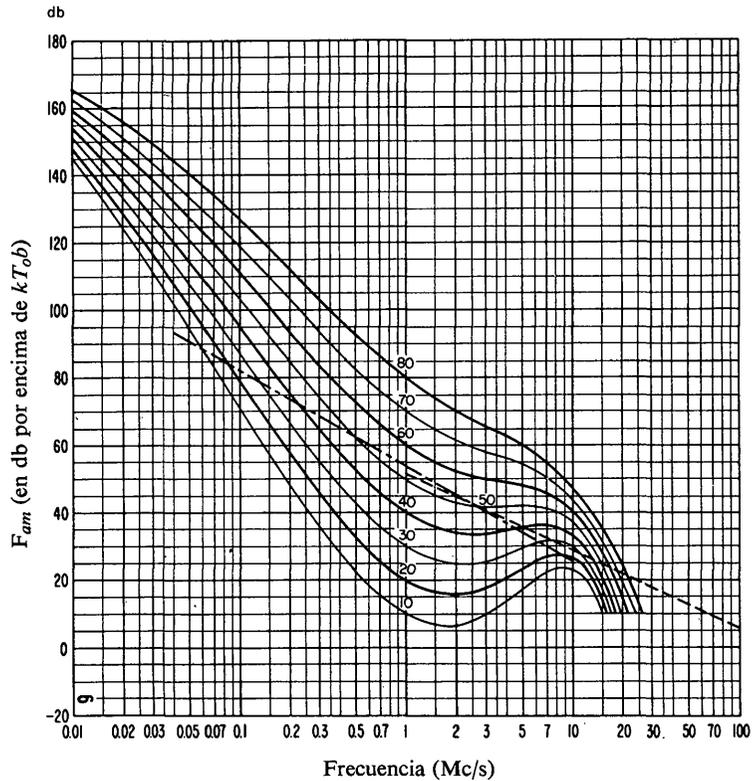


FIGURA 9B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Primavera; 0400-0800 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - Valores probables del ruido galáctico

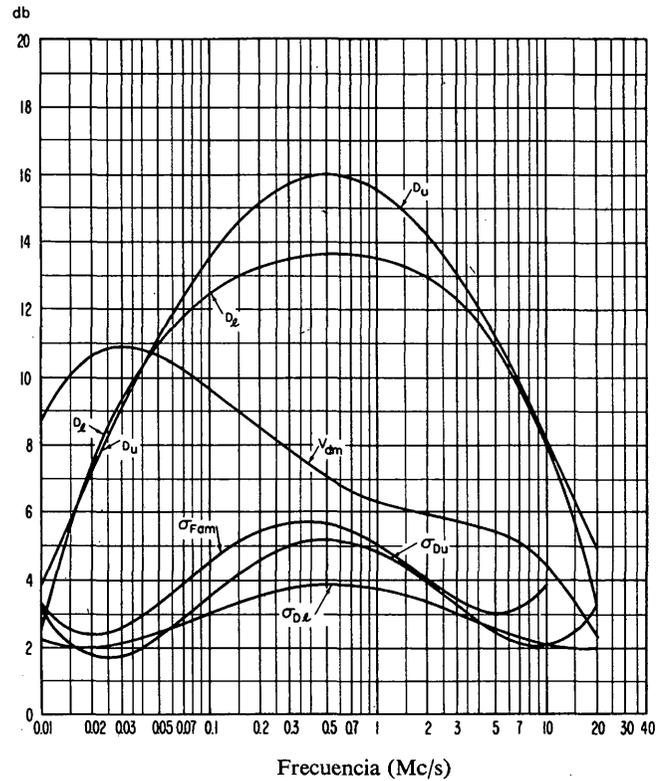


FIGURA 9C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Primavera; 0400-0800 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

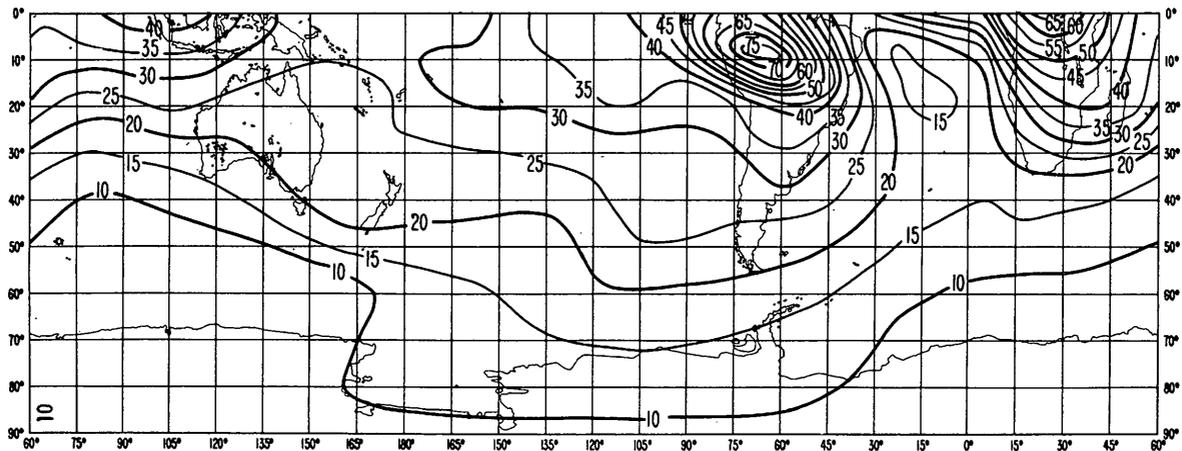
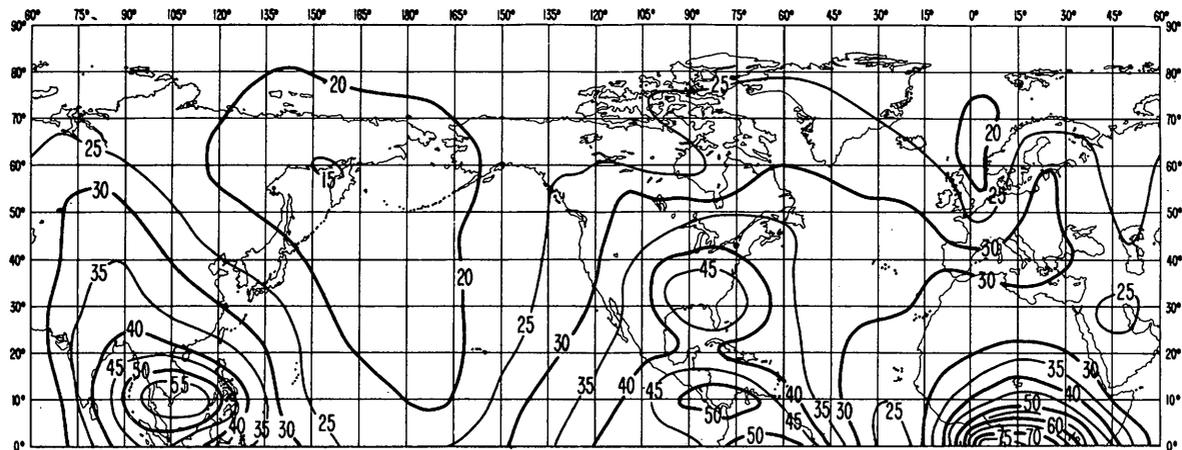


FIGURA 10A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Primavera; 0800-1200 h.)

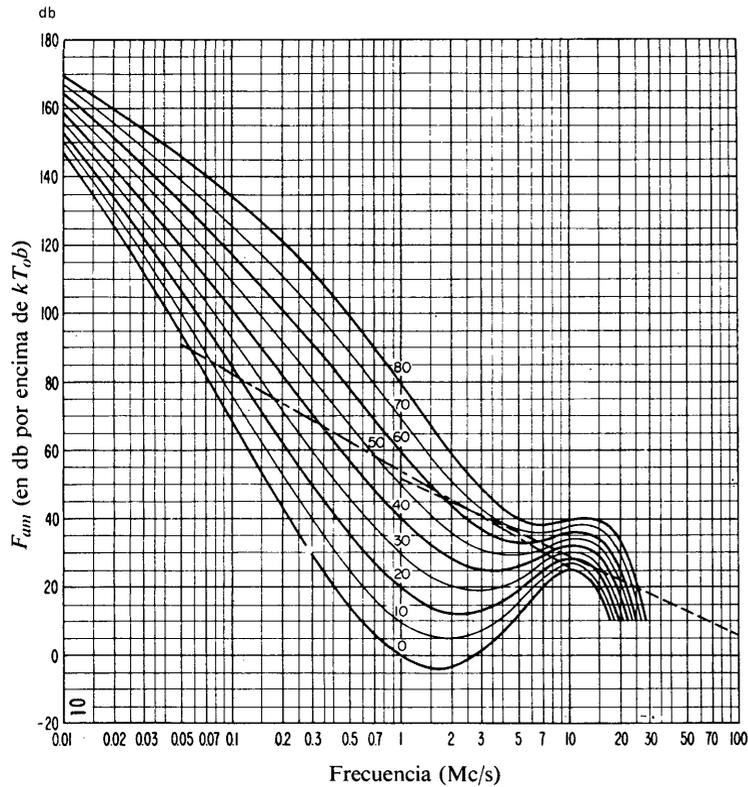


FIGURA 10B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Primavera; 0800-1200 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - Valores probables del ruido galáctico

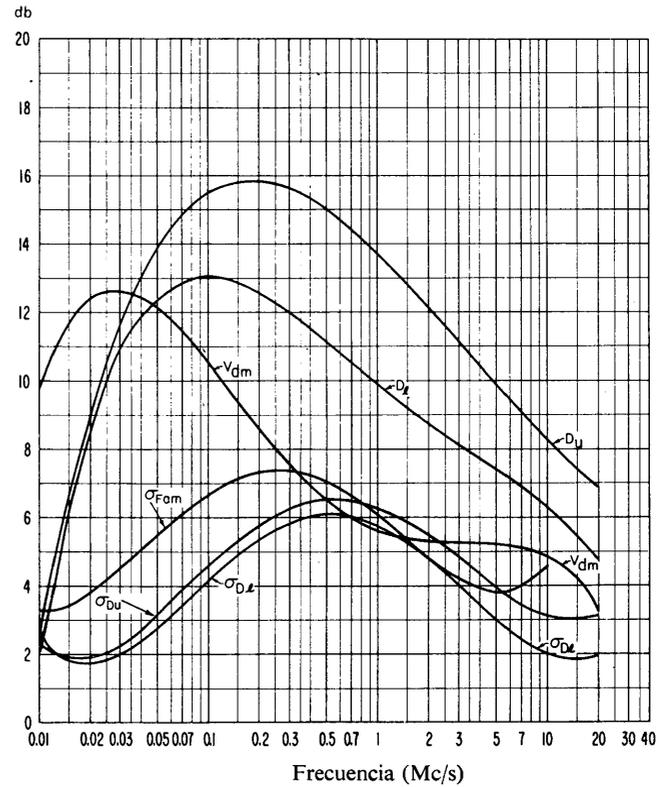


FIGURA 10C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Primavera; 0800-1200 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

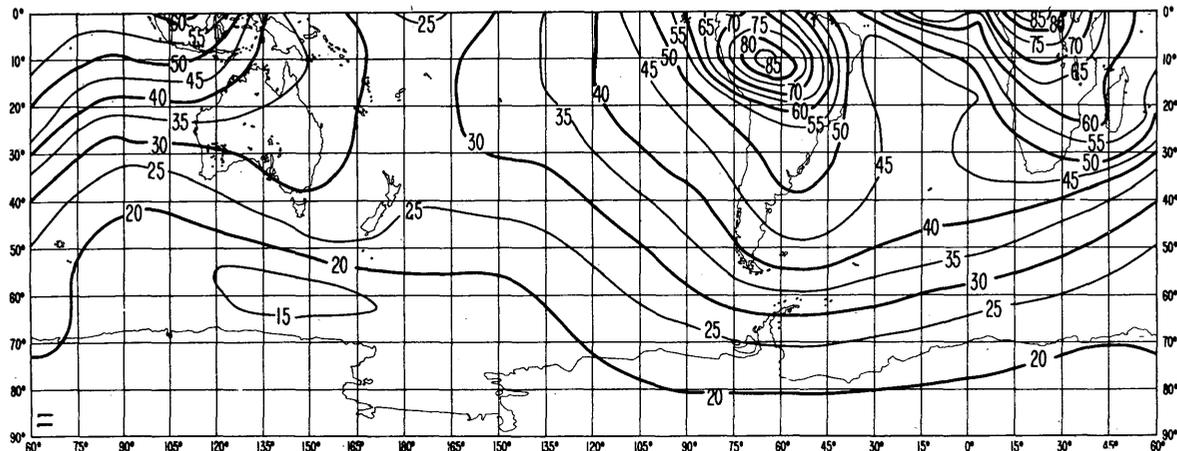
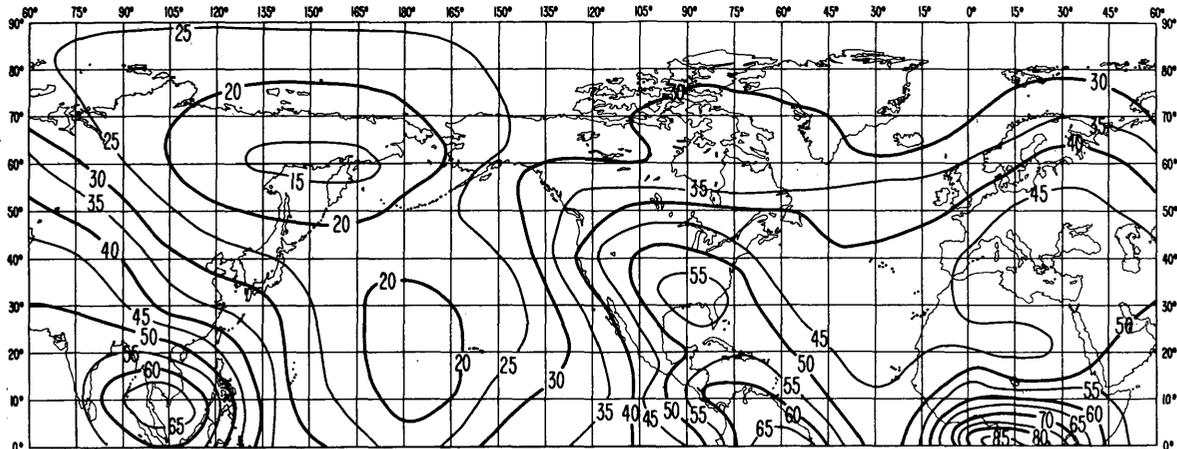


FIGURA 11A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Primavera; 1200-1600 h.)

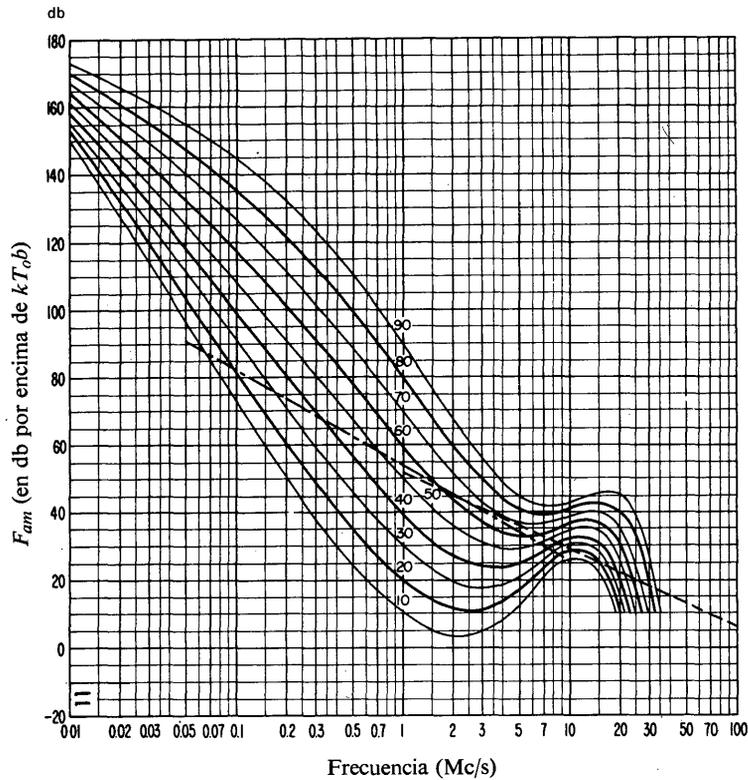


FIGURA 11B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Primavera; 1200-1600 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - Valores probables del ruido galáctico

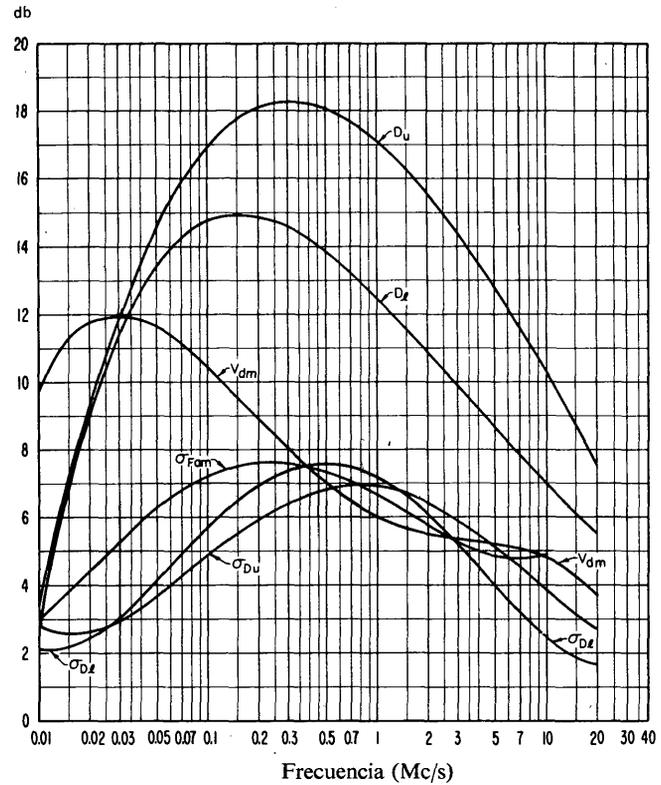


FIGURA 11C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Primavera; 1200-1600 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

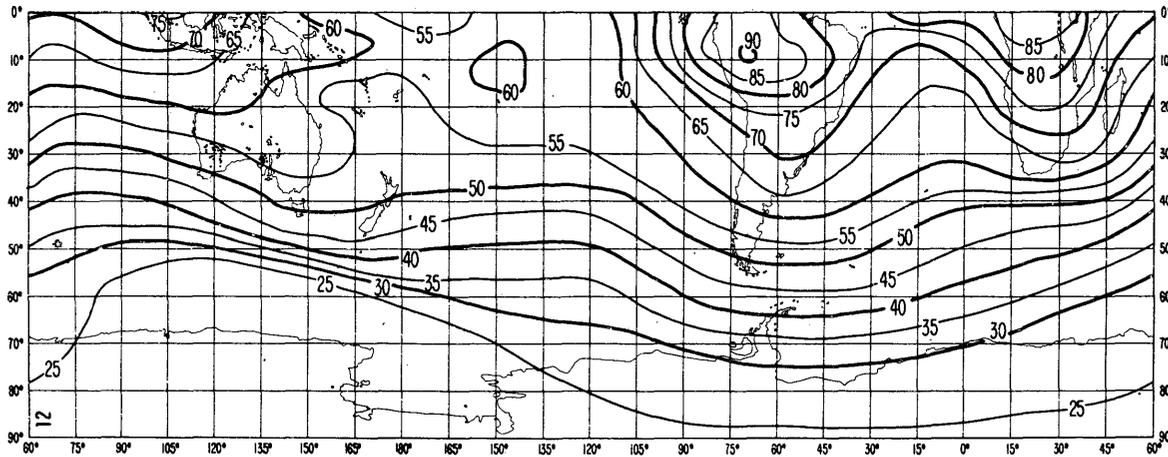
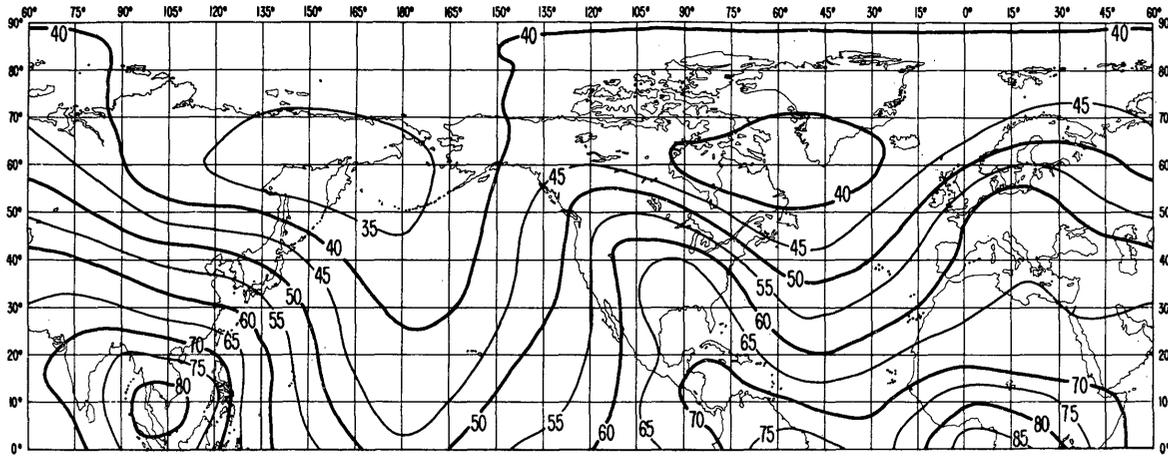


FIGURA 12A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Primavera; 1600-2000 h.)

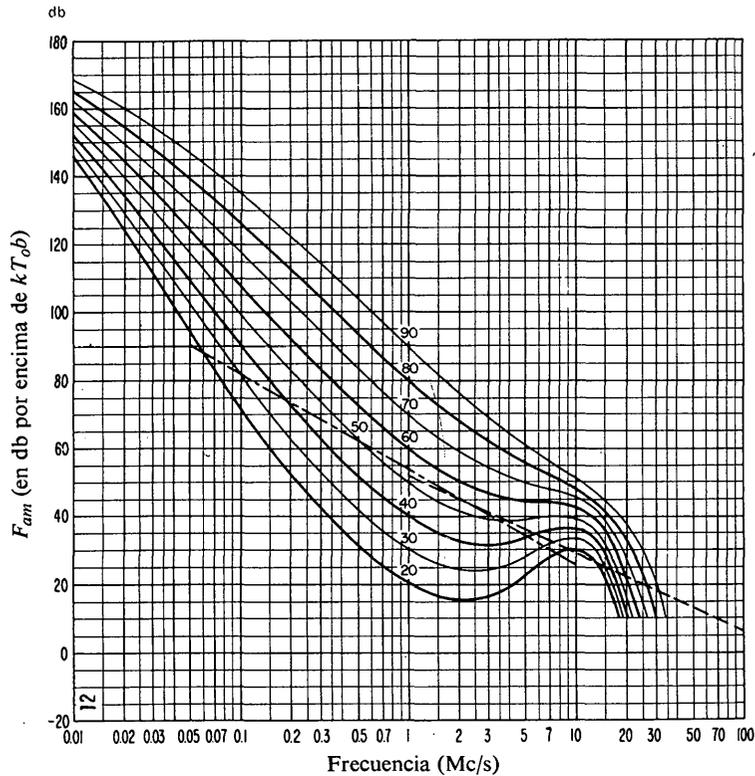


FIGURA 12B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Primavera; 1600-2000 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - Valores probables del ruido galáctico

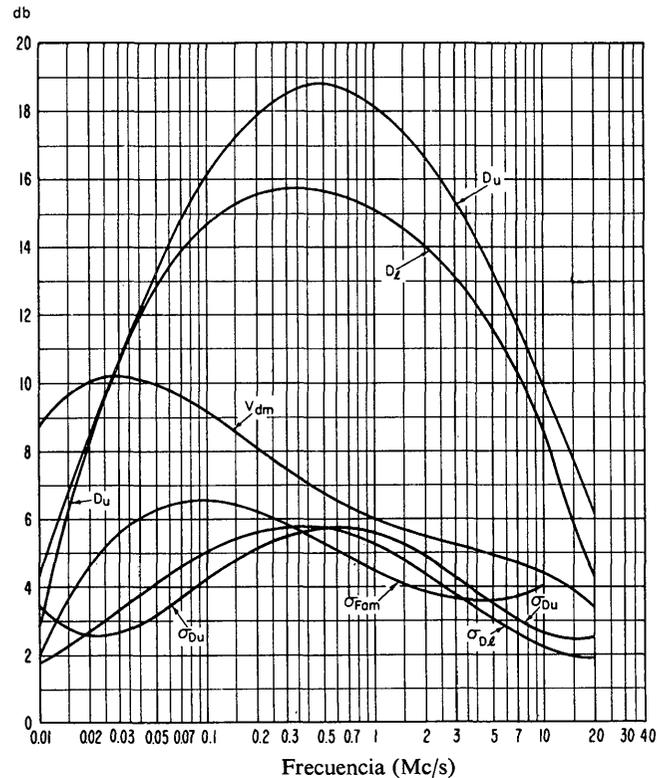


FIGURA 12C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Primavera; 1600-2000 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

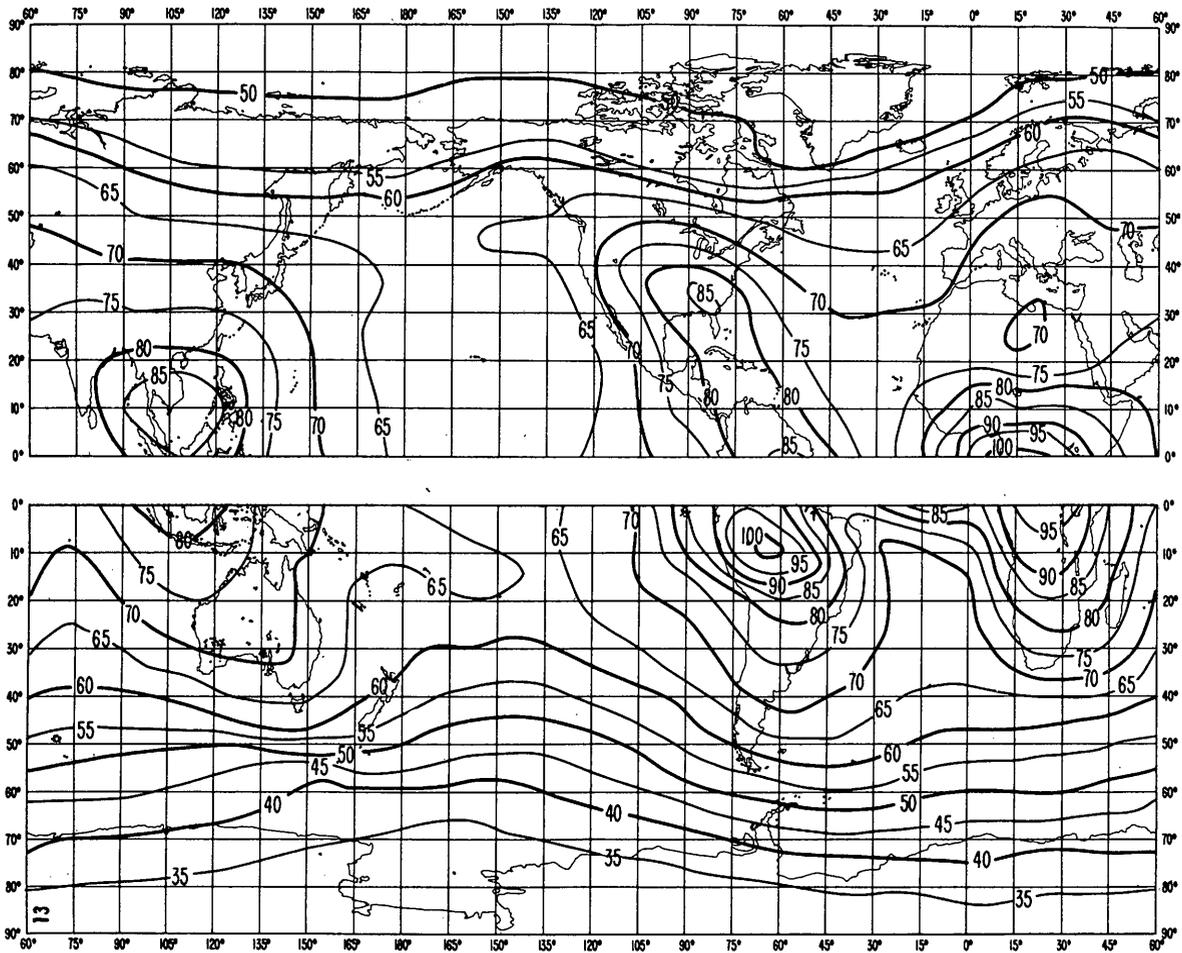


FIGURA 13A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_{ob} en 1 Mc/s
(Primavera; 2000-2400 h.)

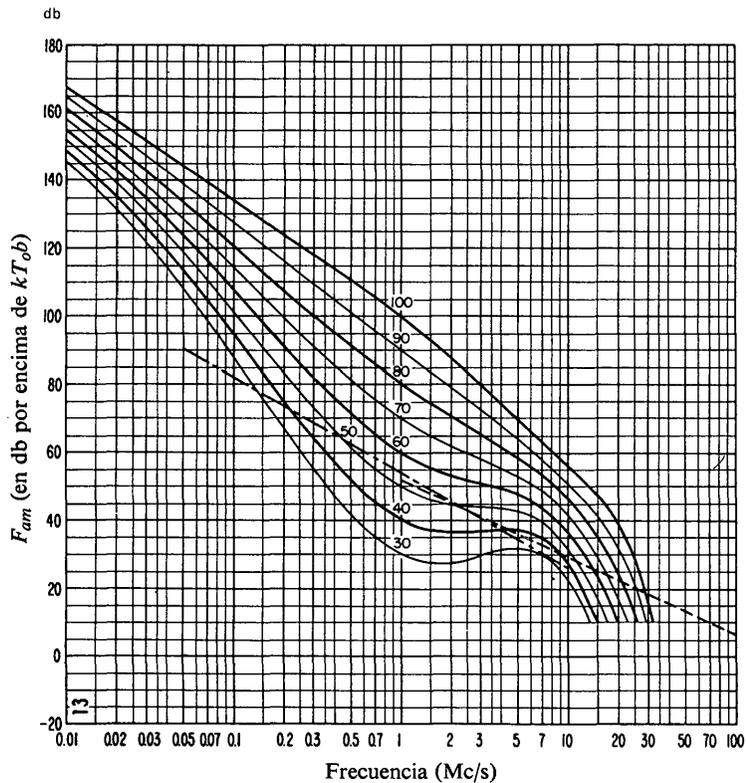


FIGURA 13B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Primavera; 2000-2400 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

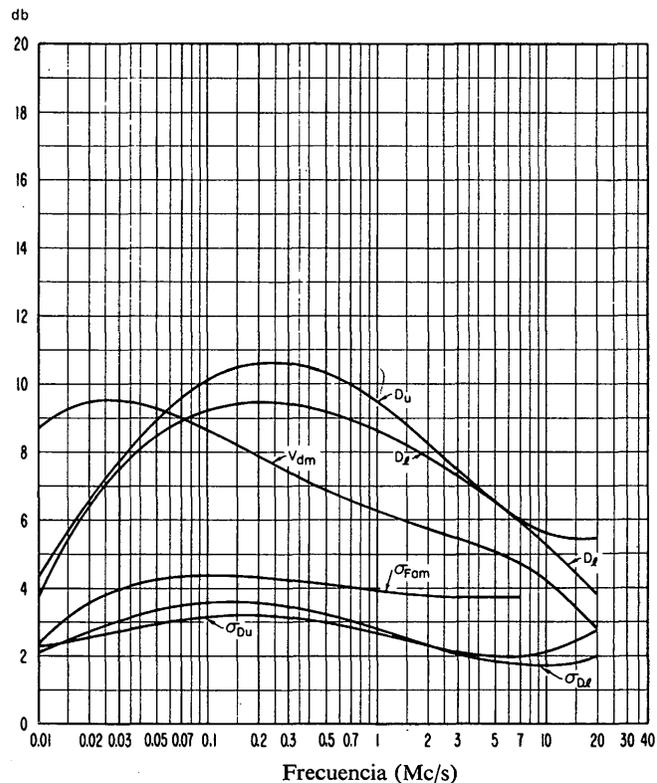


FIGURA 13C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Primavera; 2000-2400 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

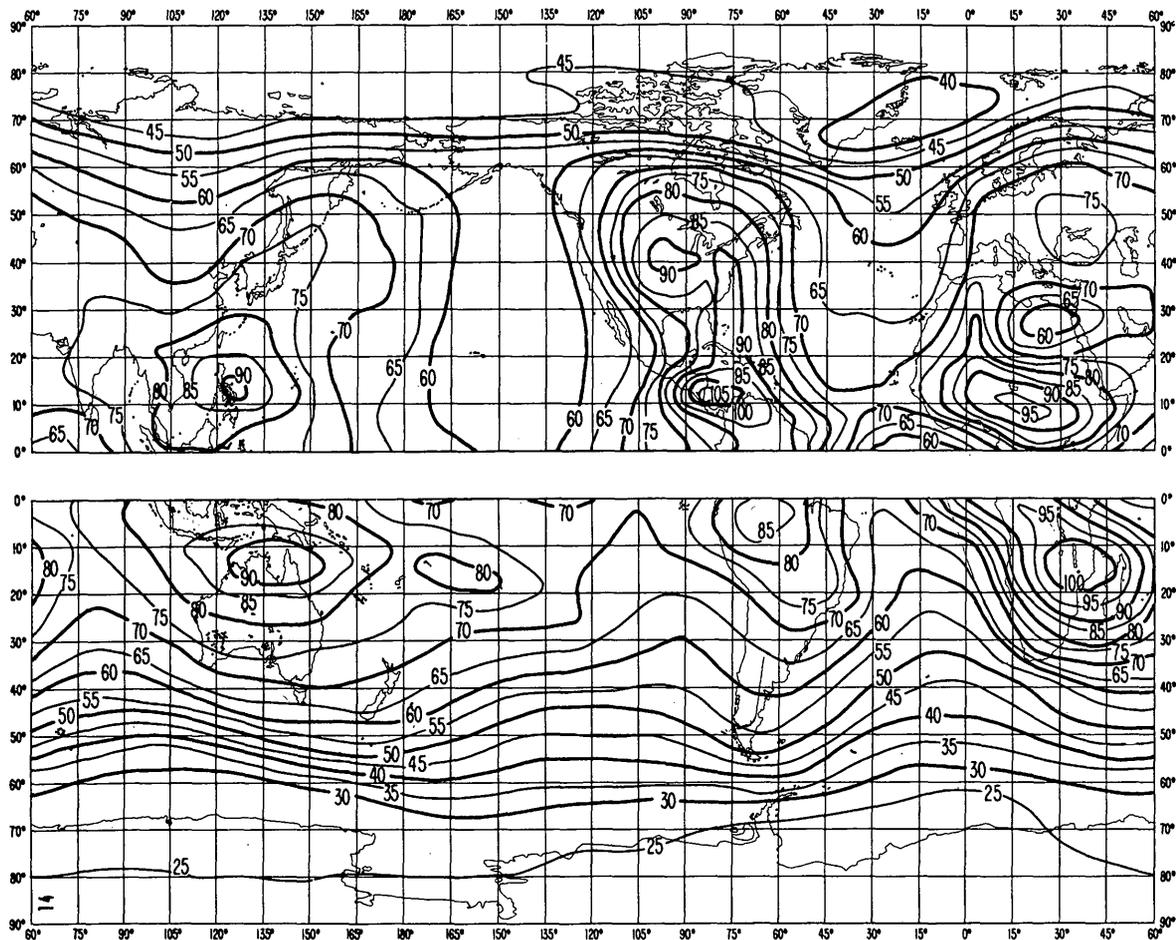


FIGURA 14A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{01m} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Verano; 0000-0400 h.)

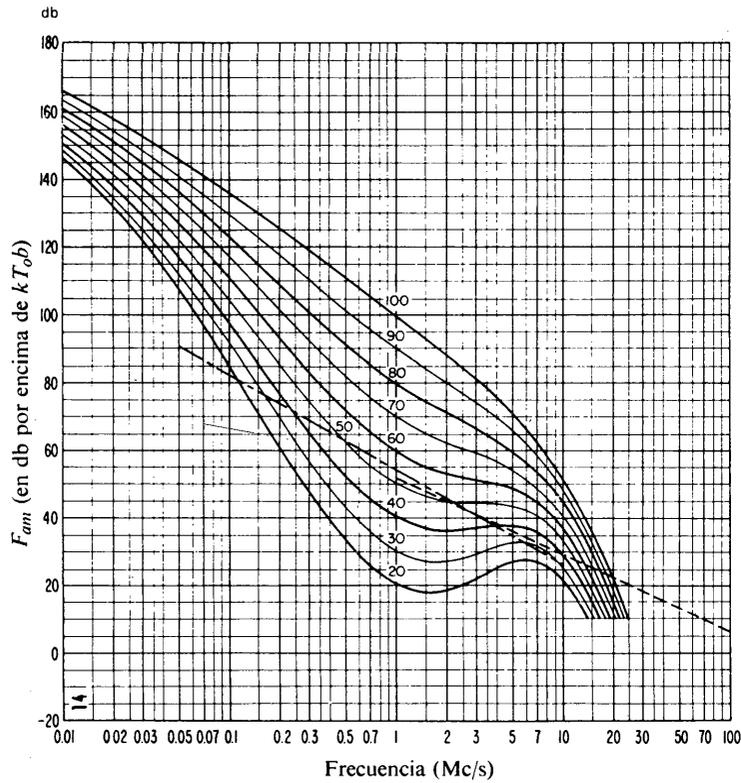


FIGURA 14B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Verano; 0000-0400 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- Valores probables del ruido galáctico

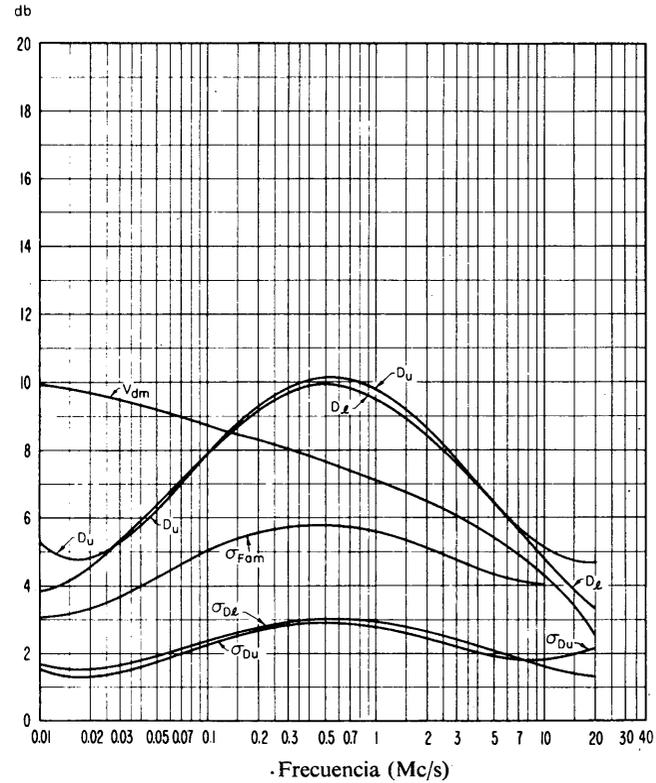


FIGURA 14C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Verano; 0000-0400 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

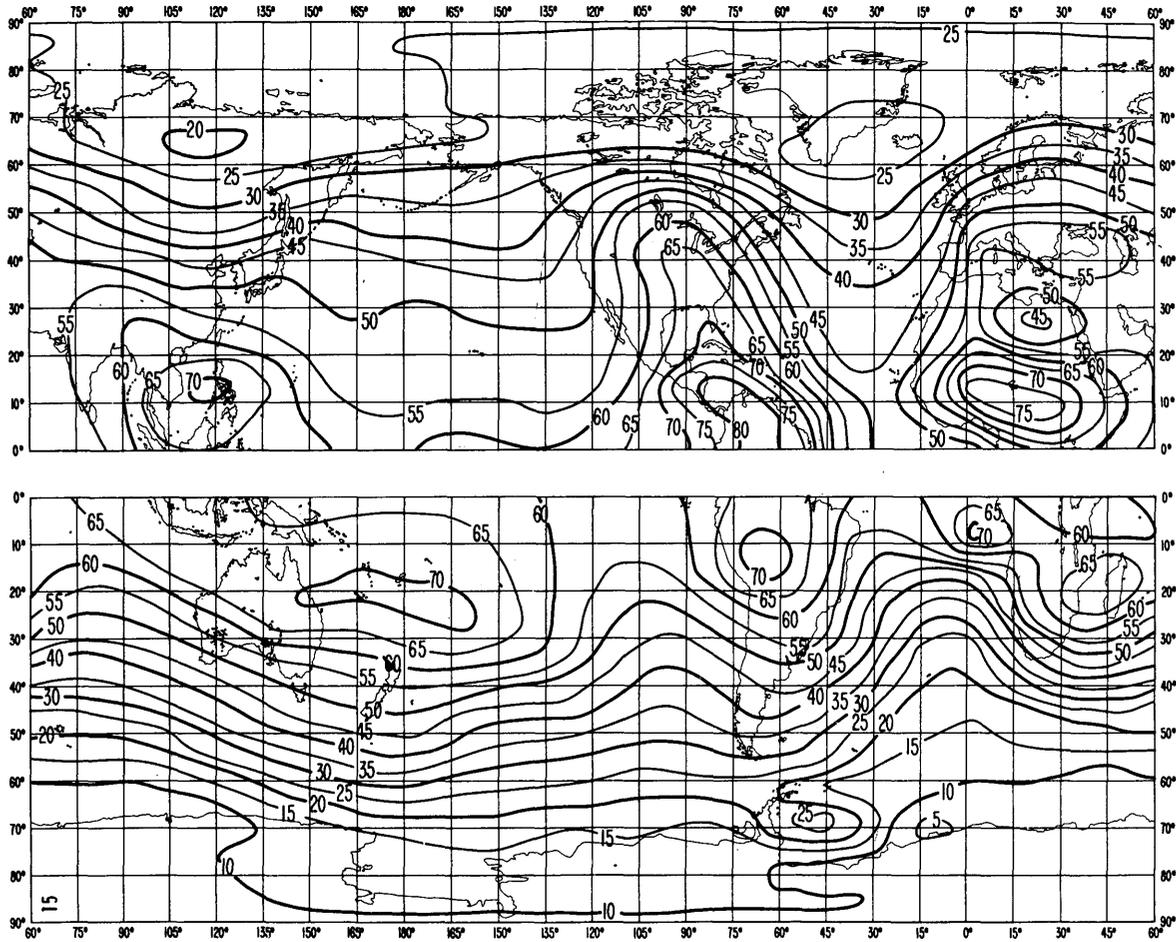


FIGURA 15A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Verano; 0400-0800 h.)

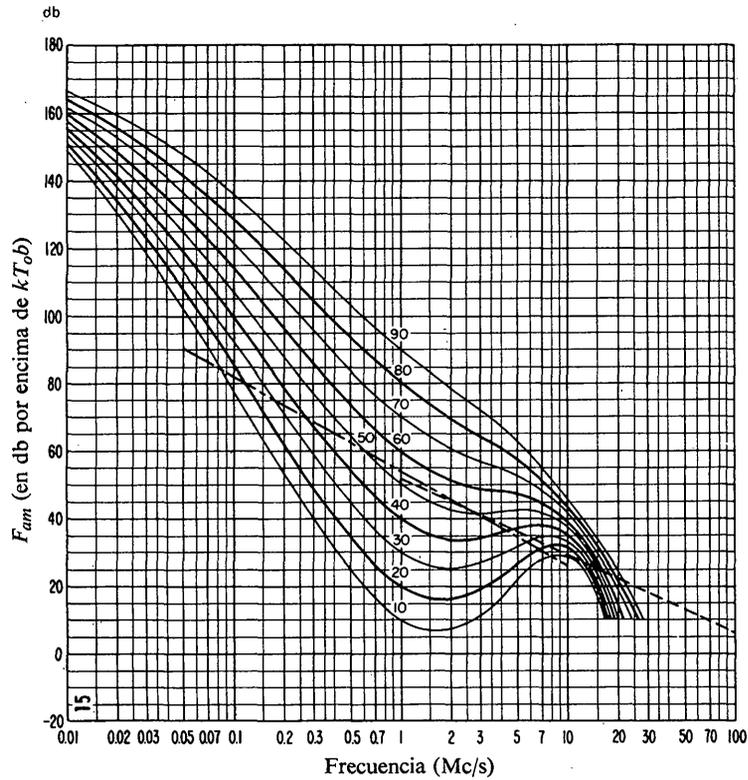


FIGURA 15B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Verano; 0400-0800 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- · - · - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

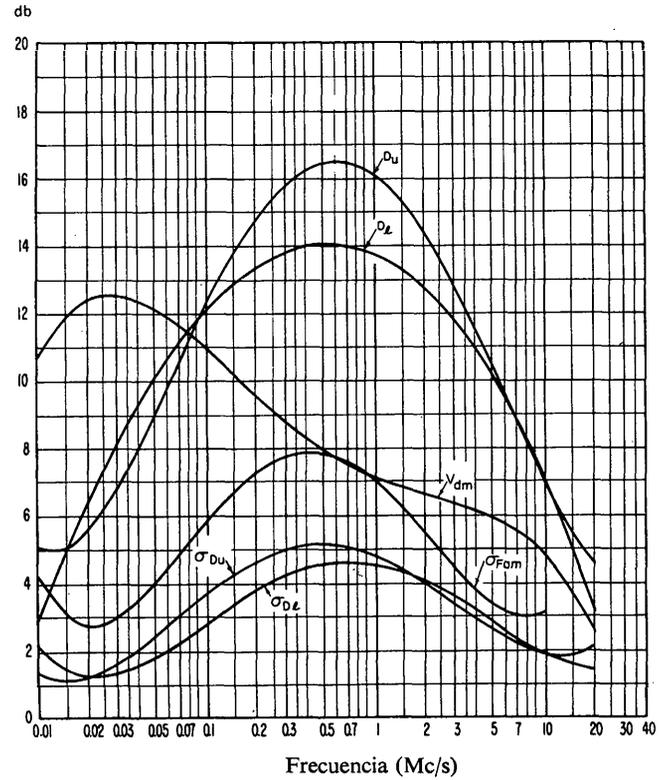


FIGURA 15C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Verano; 0400-0800 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

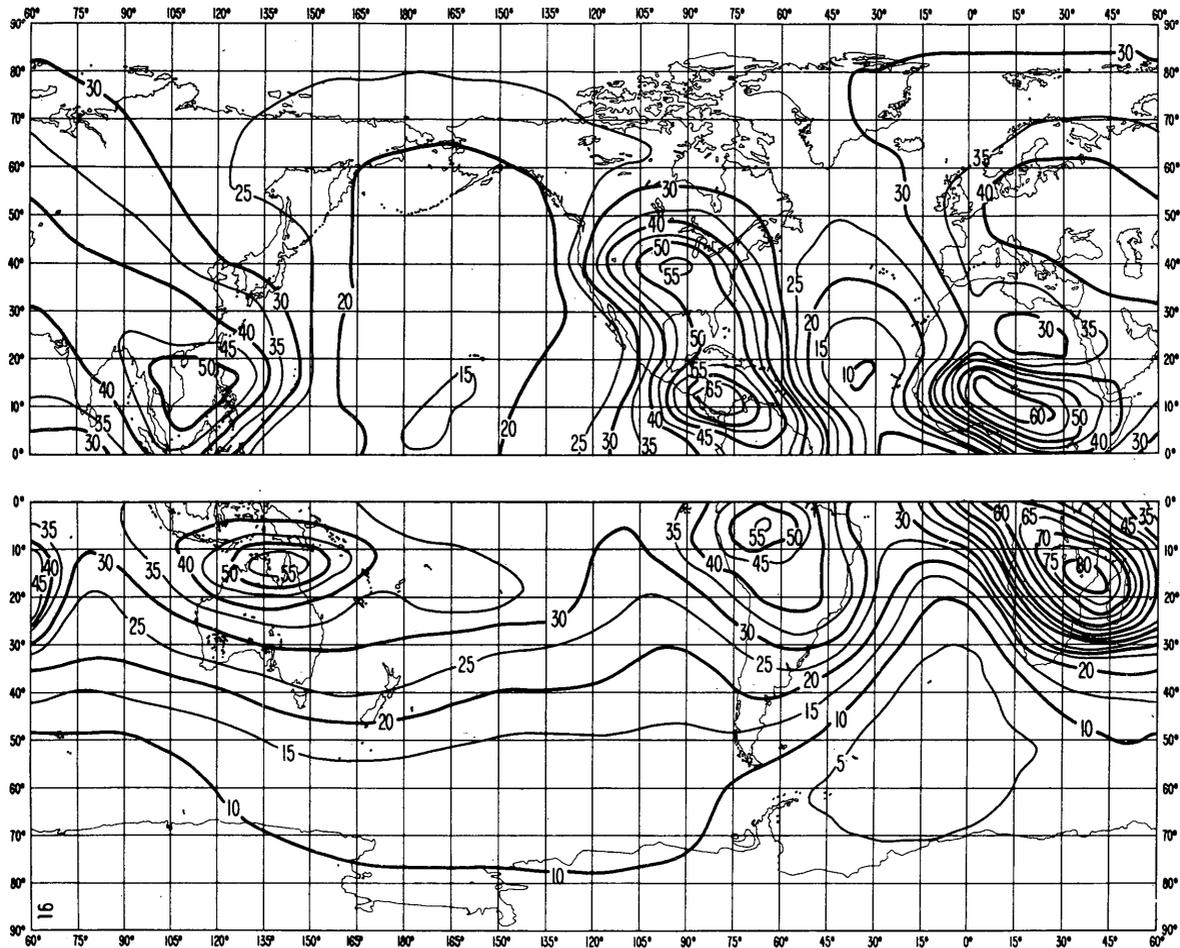


FIGURA 16A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Verano; 0800-1200 h.)

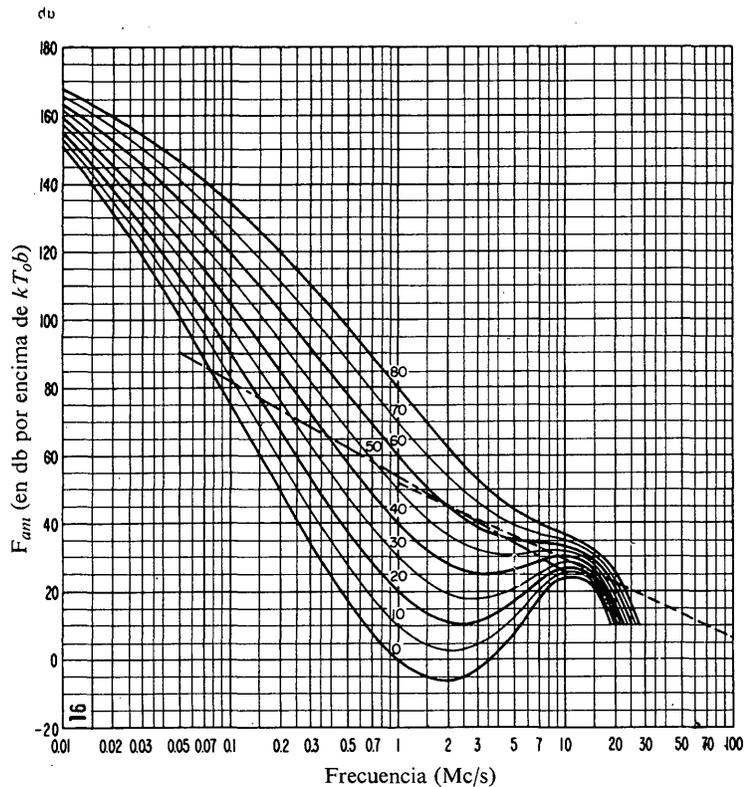


FIGURA 16B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Verano; 0800-1200 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

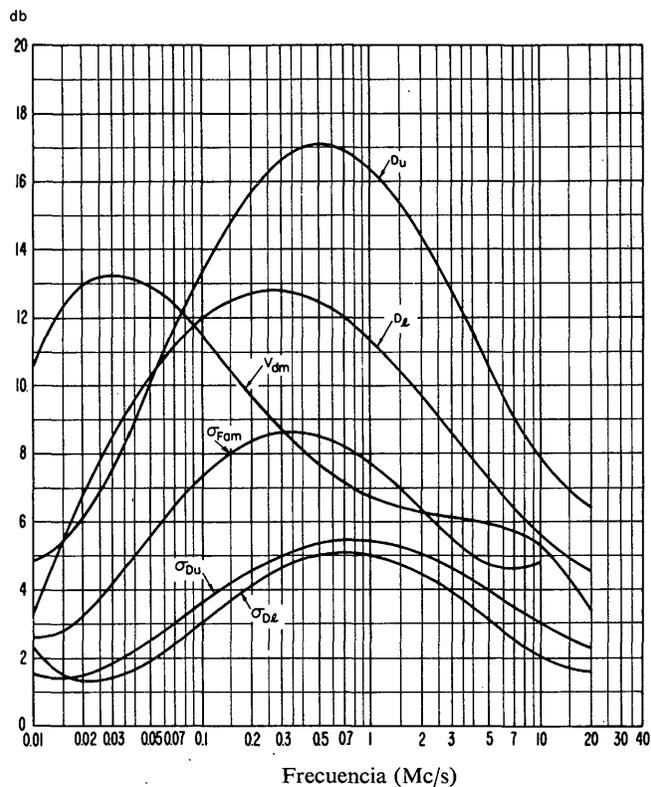


FIGURA 16C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Verano; 0800-1200 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

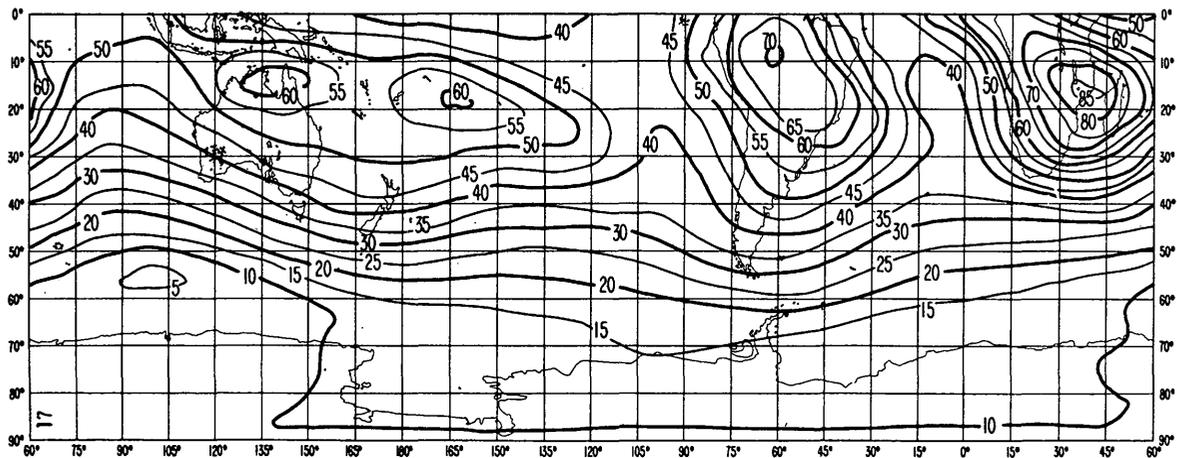
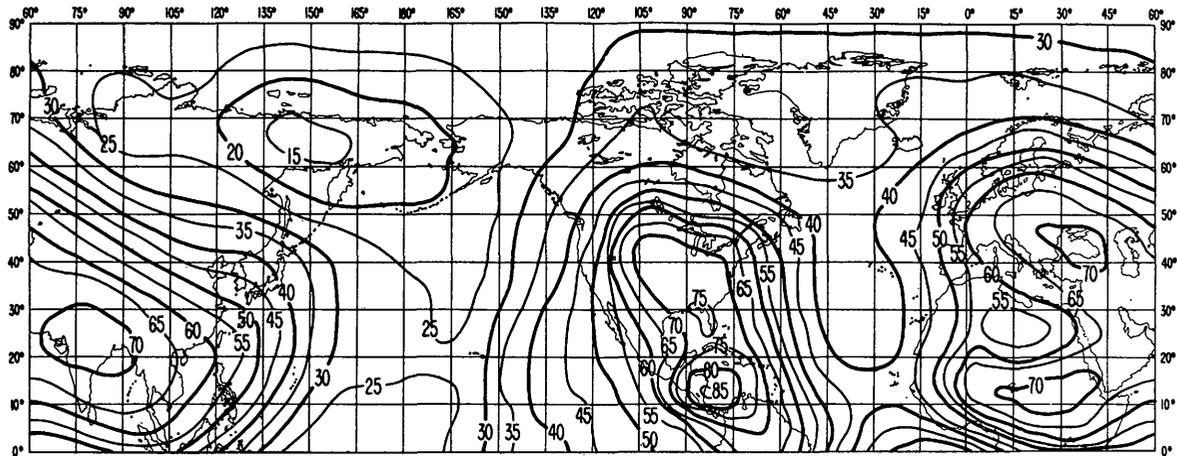


FIGURA 17A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Verano; 1200-1600 h.)

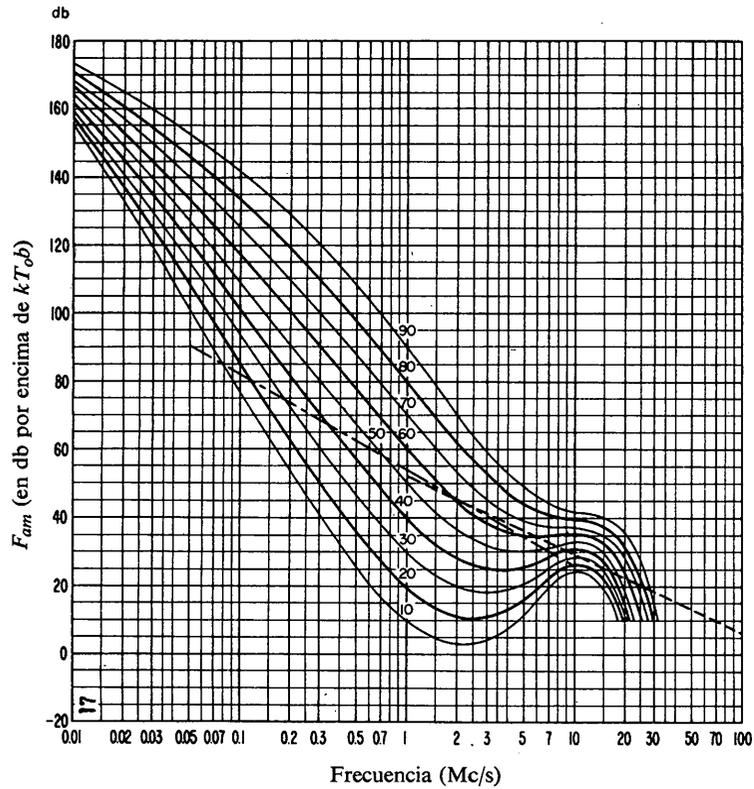


FIGURA 17B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Verano; 1200-1600 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - Valores probables del ruido galáctico

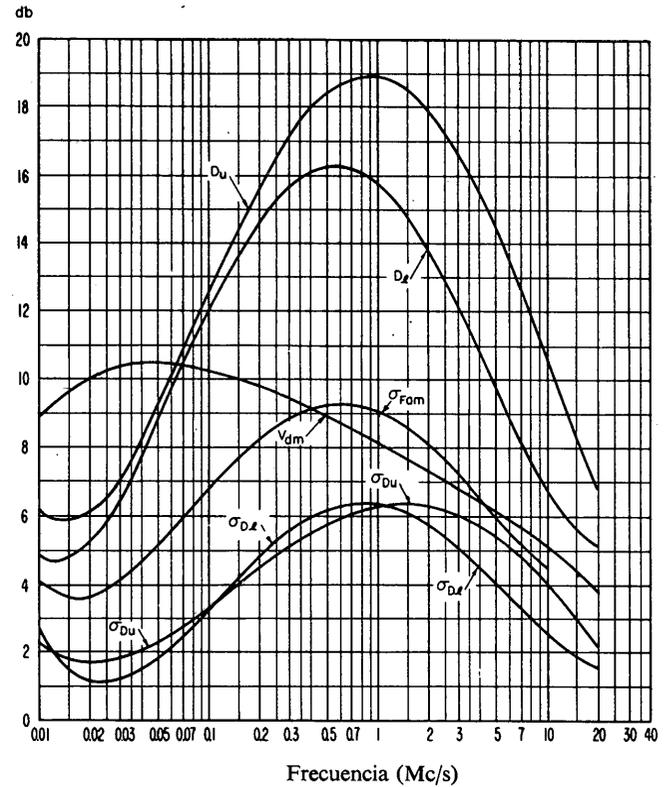


FIGURA 17C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Verano; 1200-1600 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

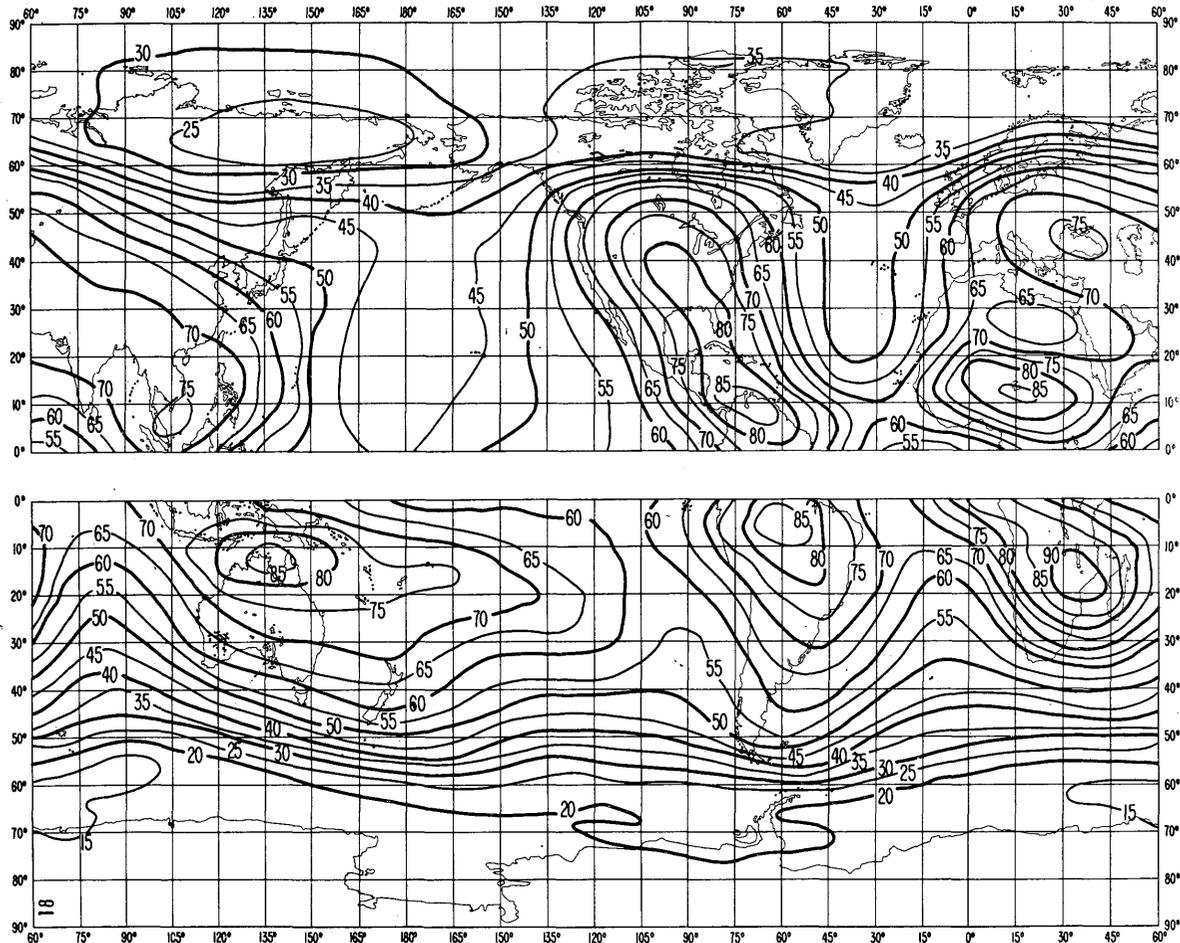


FIGURA 18A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Verano; 1600-2000 h.)

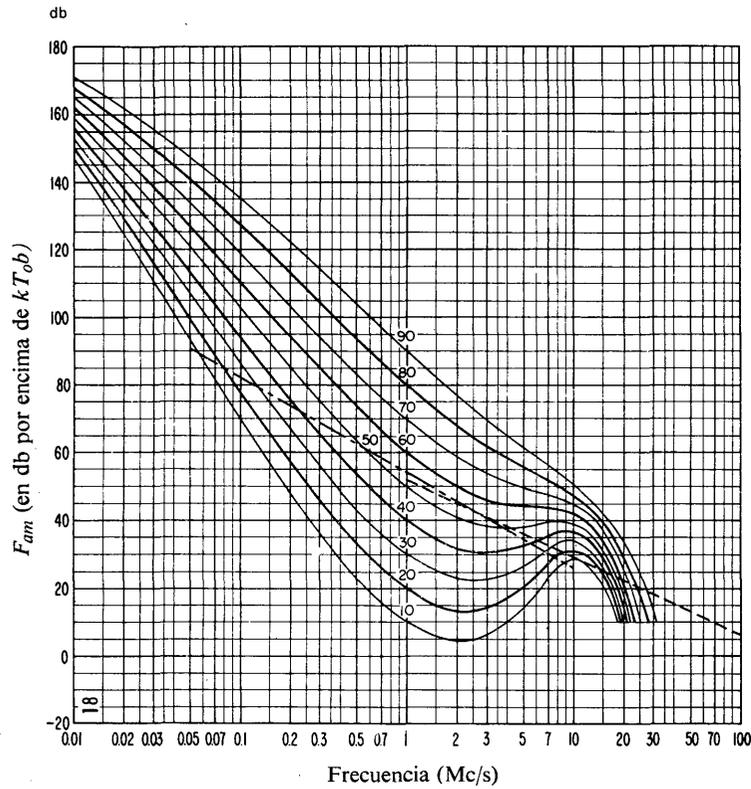


FIGURA 18B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Verano; 1600-2000 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

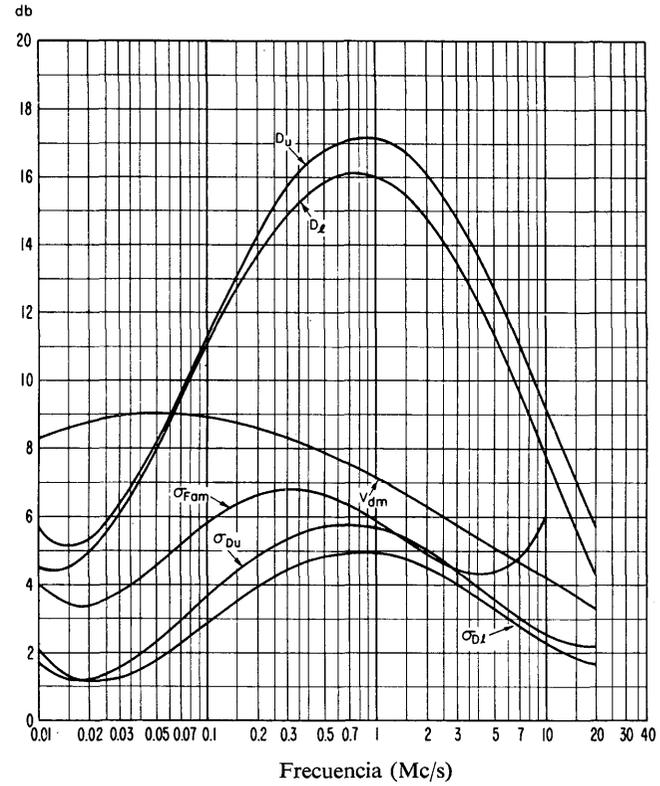


FIGURA 18C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Verano; 1600-2000 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dfm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

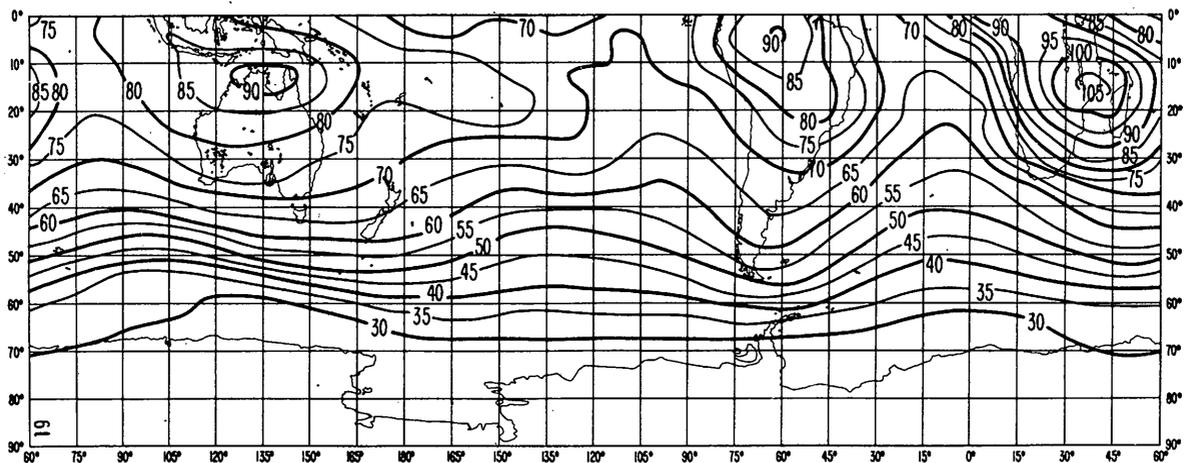
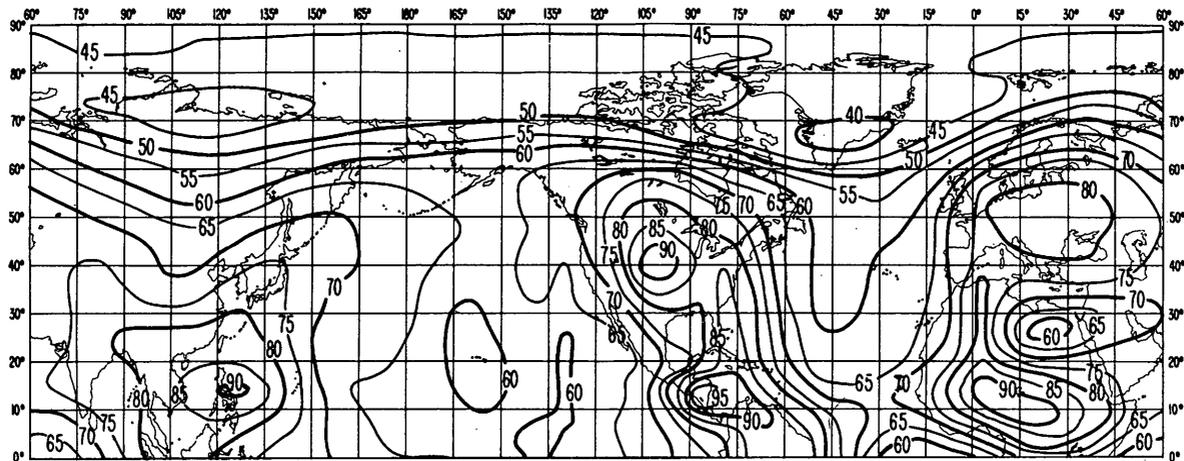


FIGURA 19A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_b en 1 Mc/s
(Verano; 2000-2400 h.)

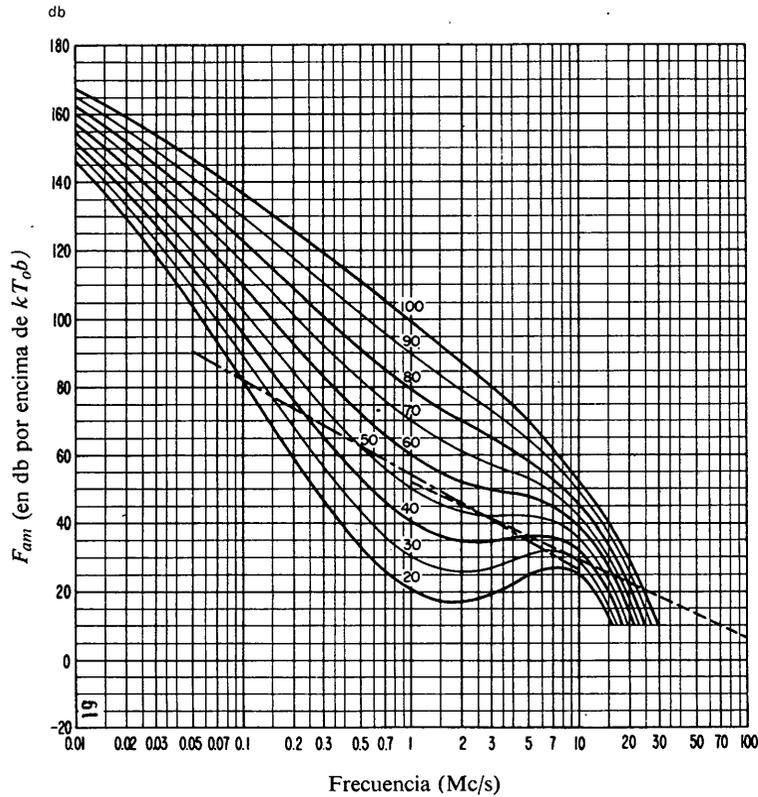


FIGURA 19B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Verano; 2000-2400 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

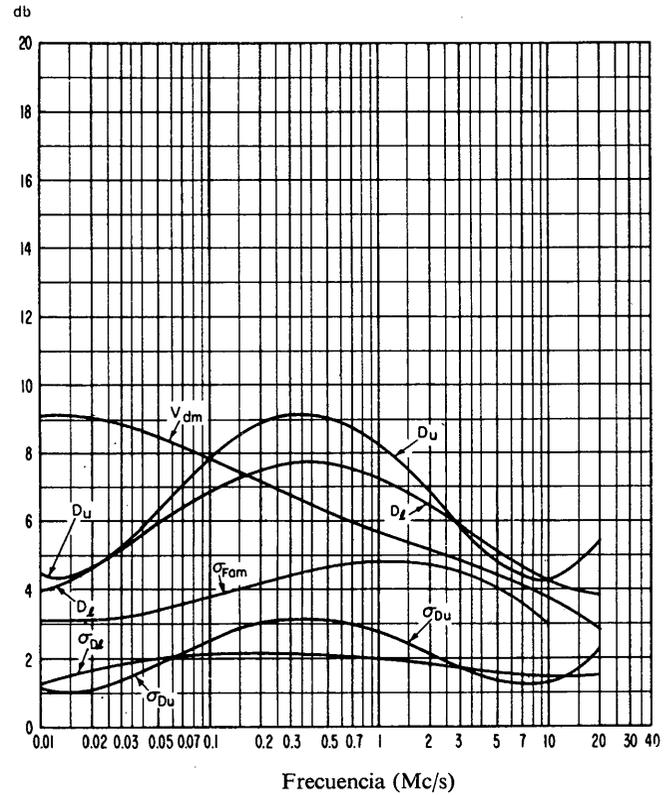


FIGURA 19C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Verano; 2000-2400 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

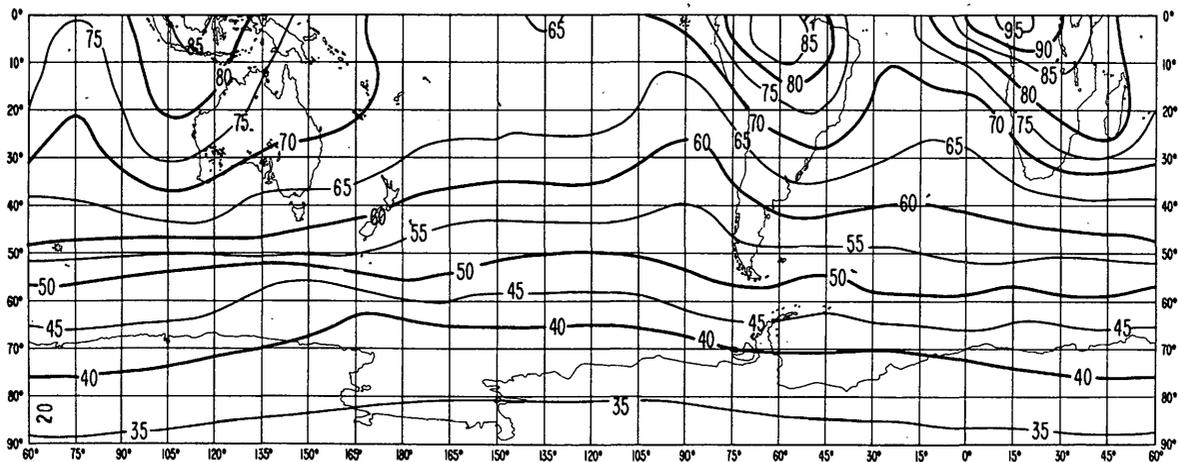
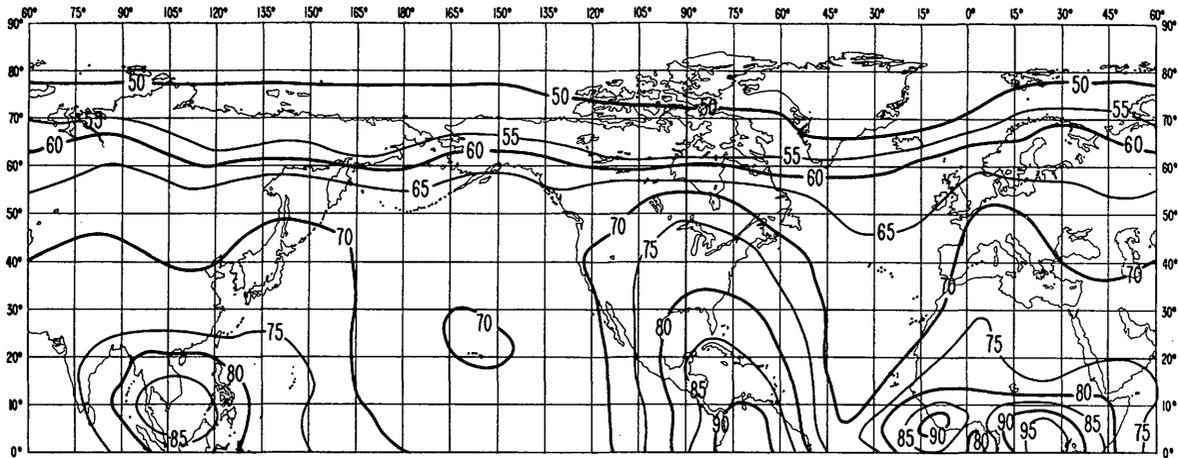


FIGURA 20A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Otoño; 000-0400 h.)

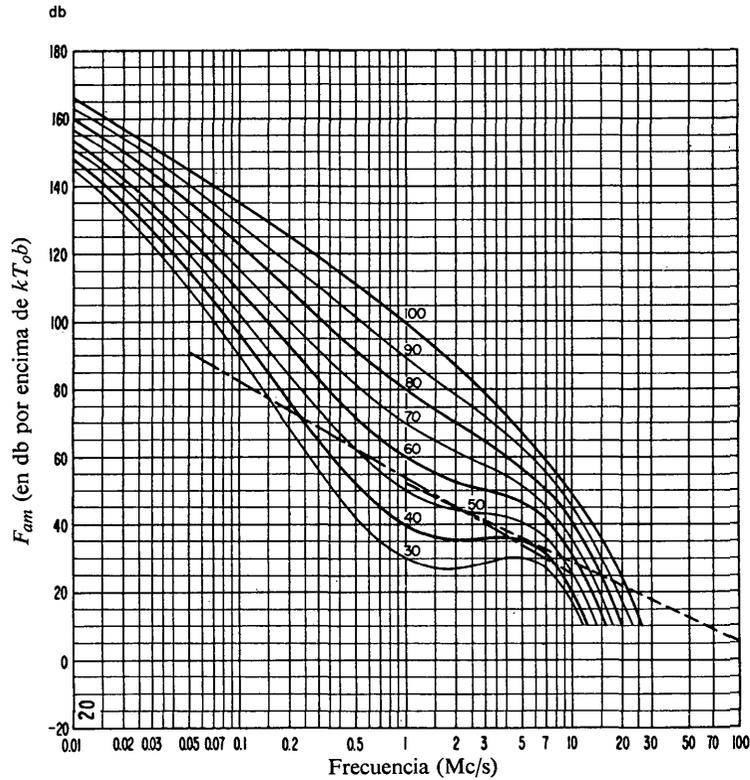


FIGURA 20B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Otoño; 0000-0400 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- · - · - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

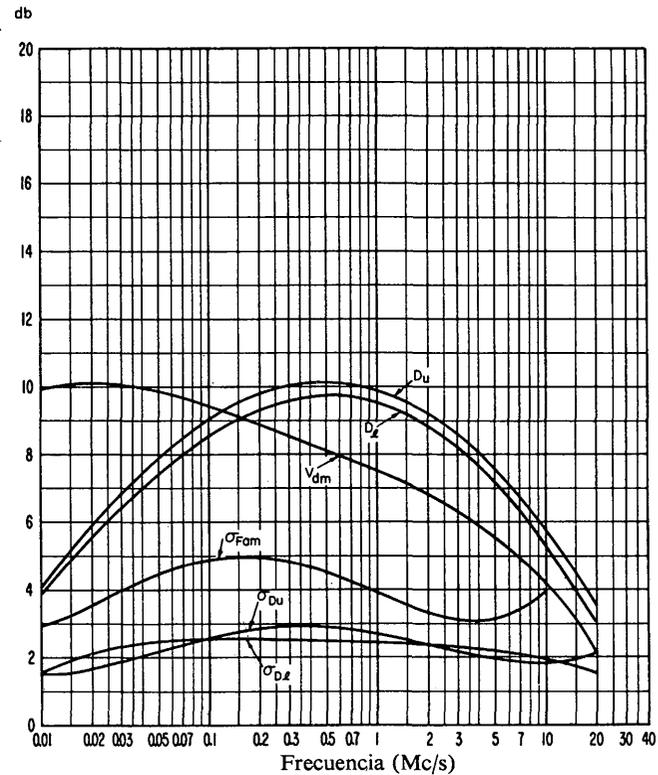


FIGURA 20C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Otoño; 0000-0400 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

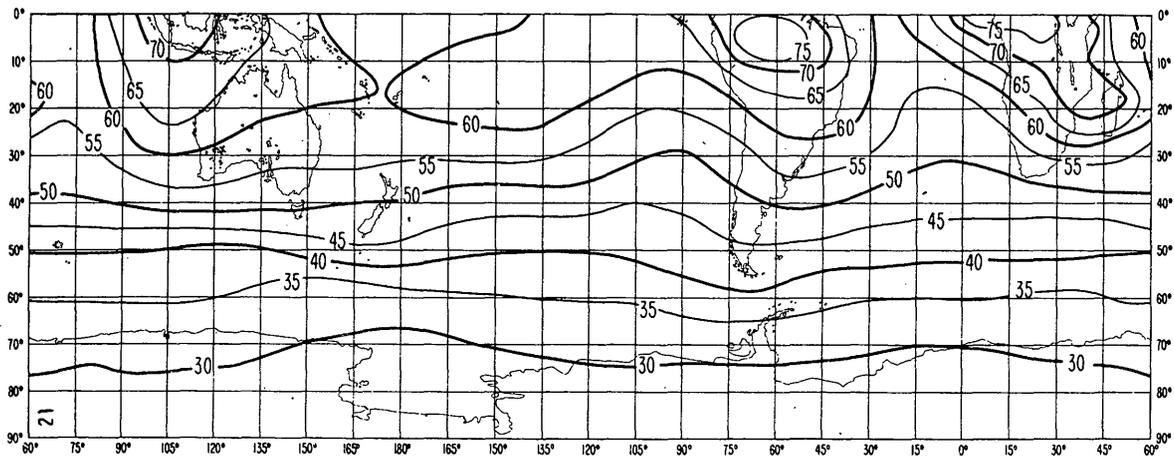
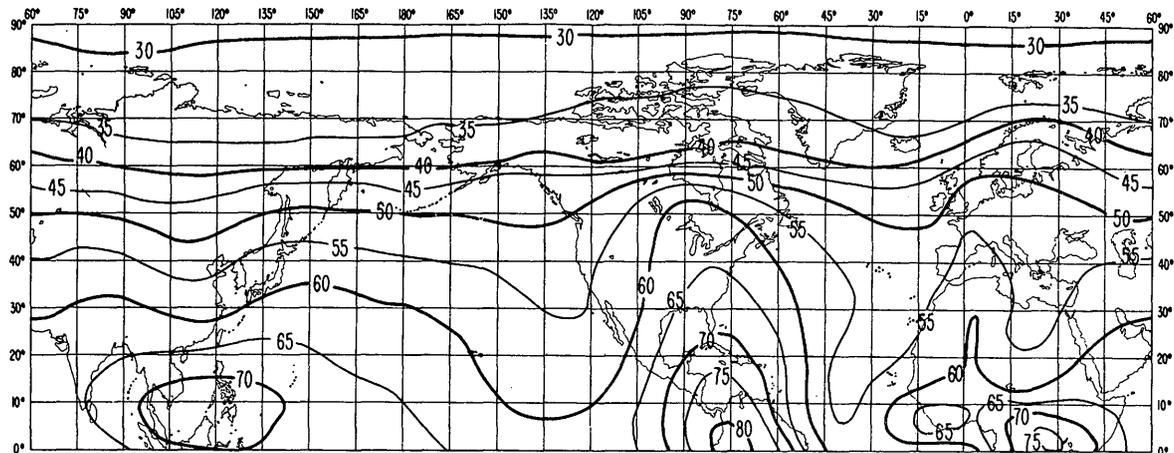


FIGURA 21A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s)
(Otoño; 0400-0800 h.)

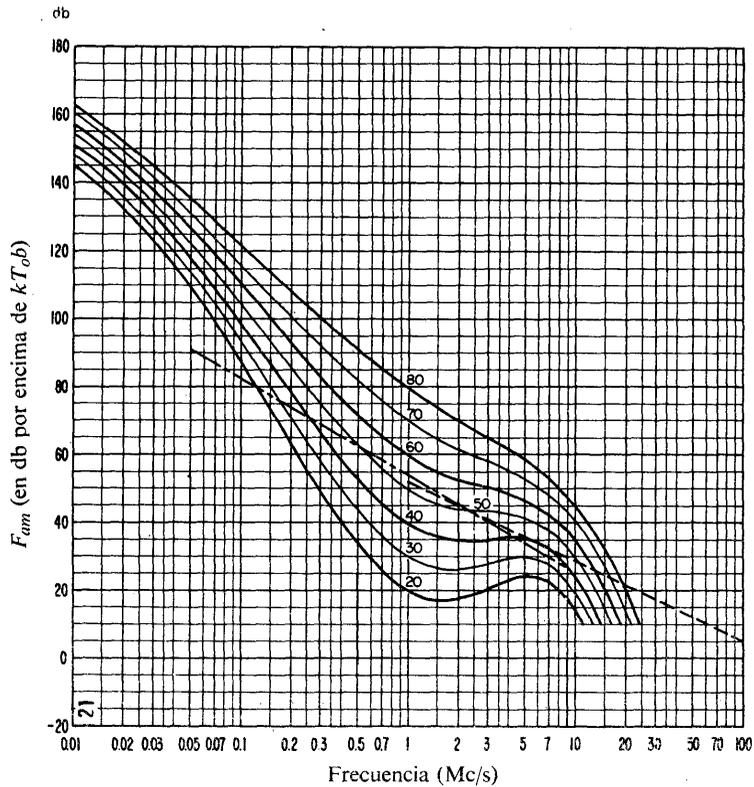


FIGURA 21B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Otoño; 0400-0800 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

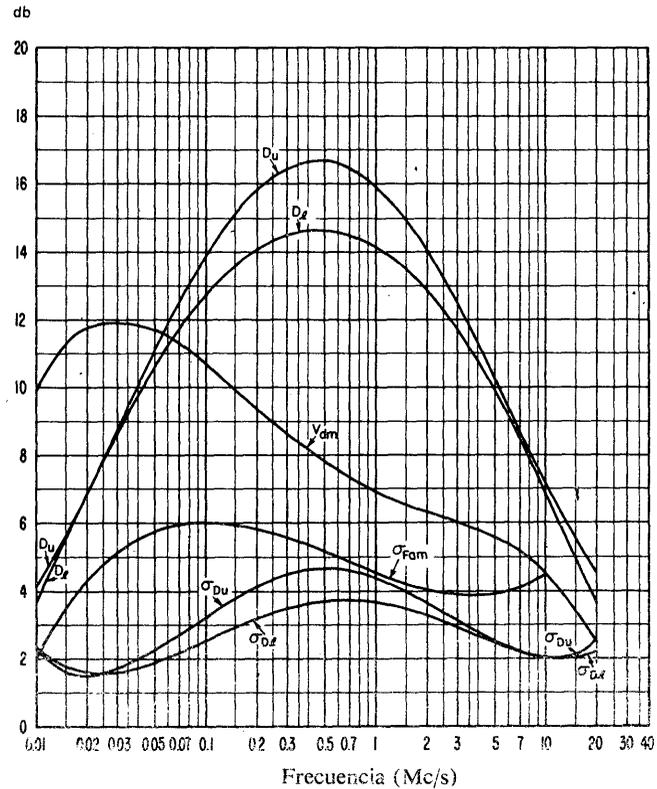


FIGURA 21C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Otoño; 0400-0800 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

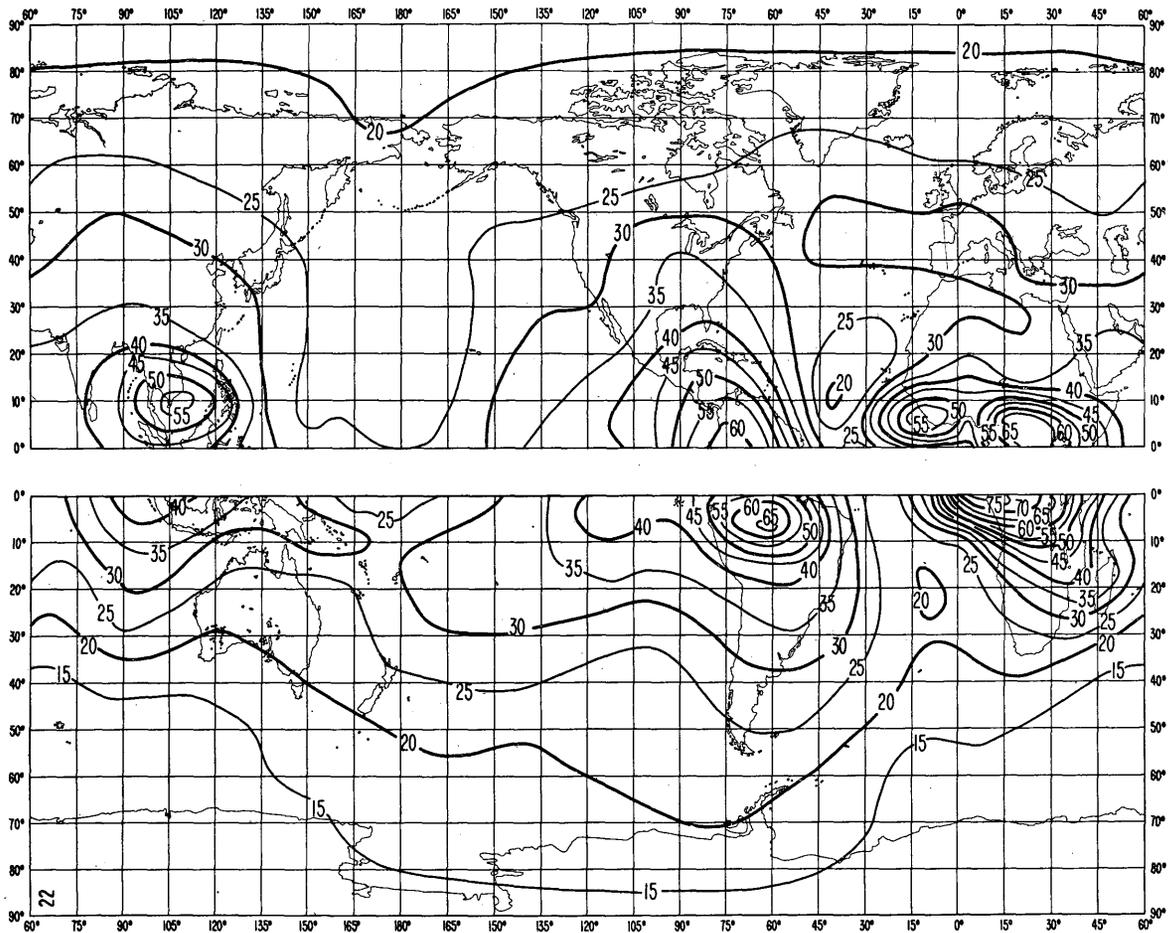


FIGURA 22A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_{0b} en 1 Mc/s)
(Otoño; 0800-1200 h.)

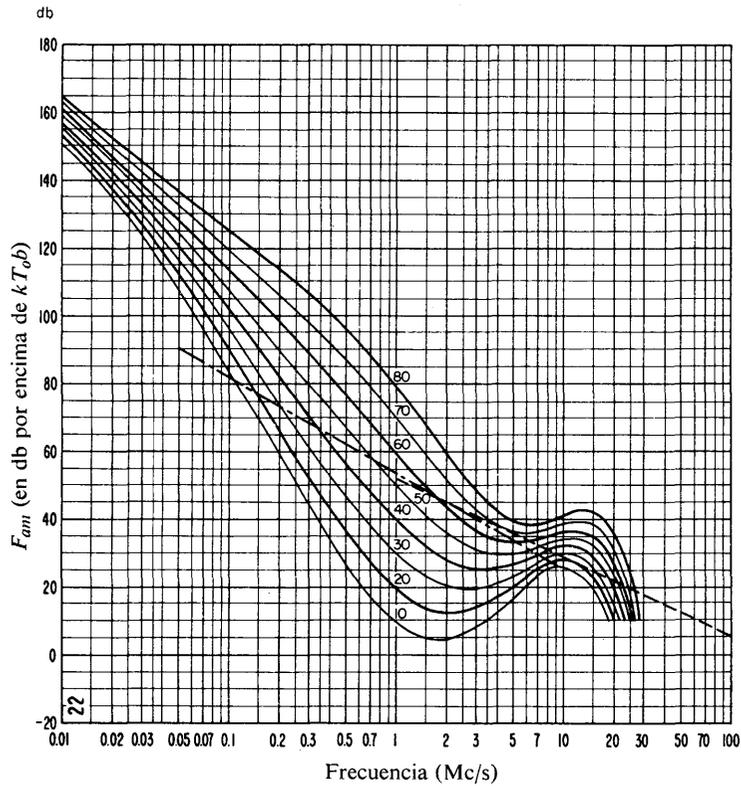


FIGURA 22B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Otoño; 0800-1200 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

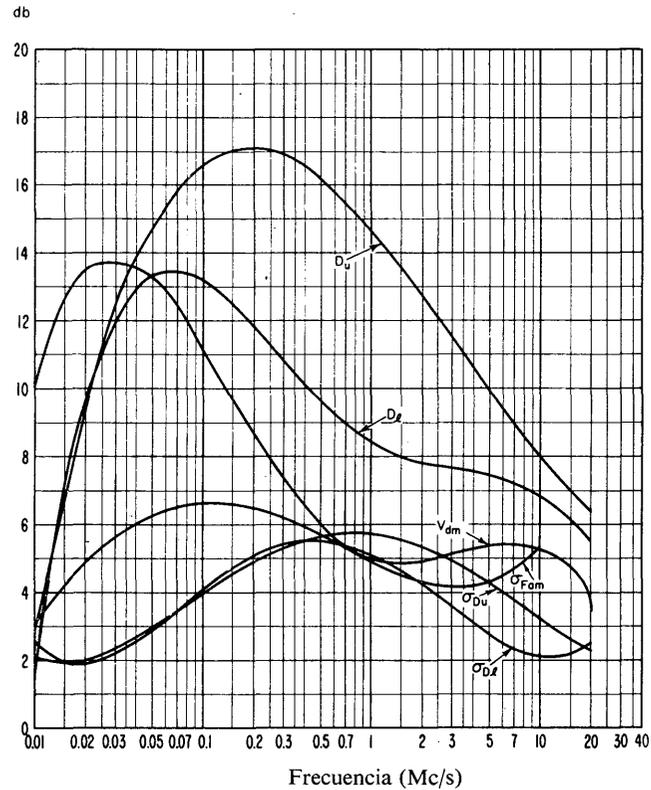


FIGURA 22C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Otoño; 0800-1200 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

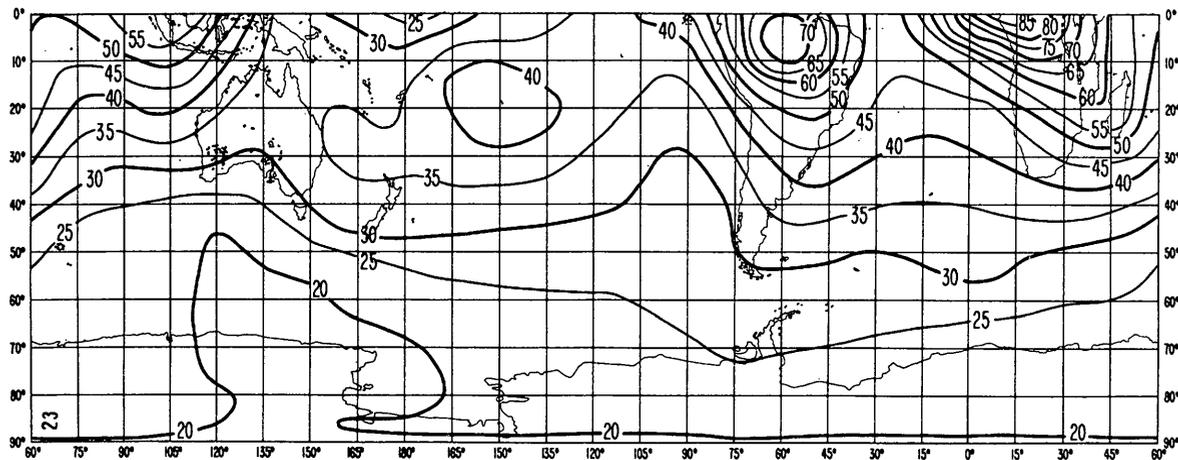
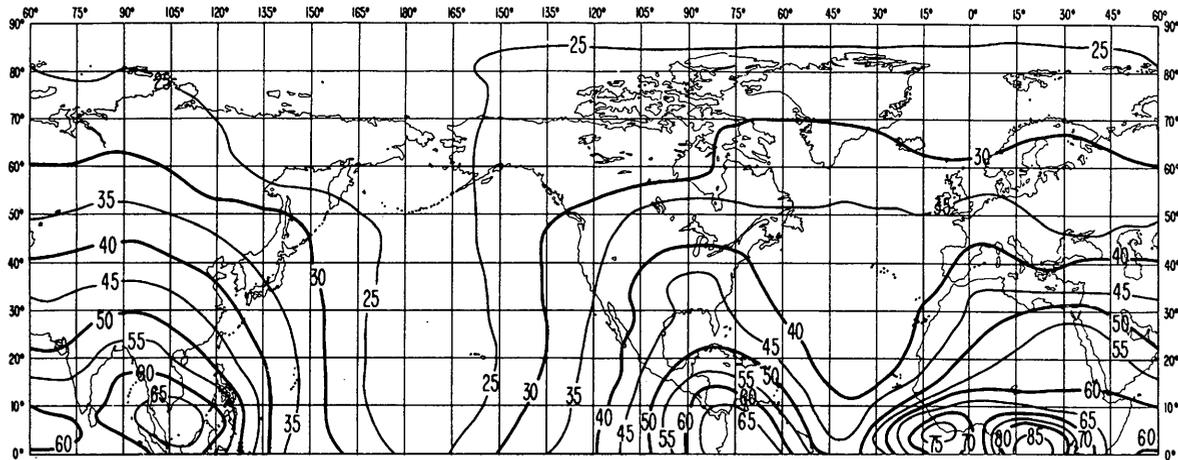


FIGURA 23A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Otoño; 1200-1600)

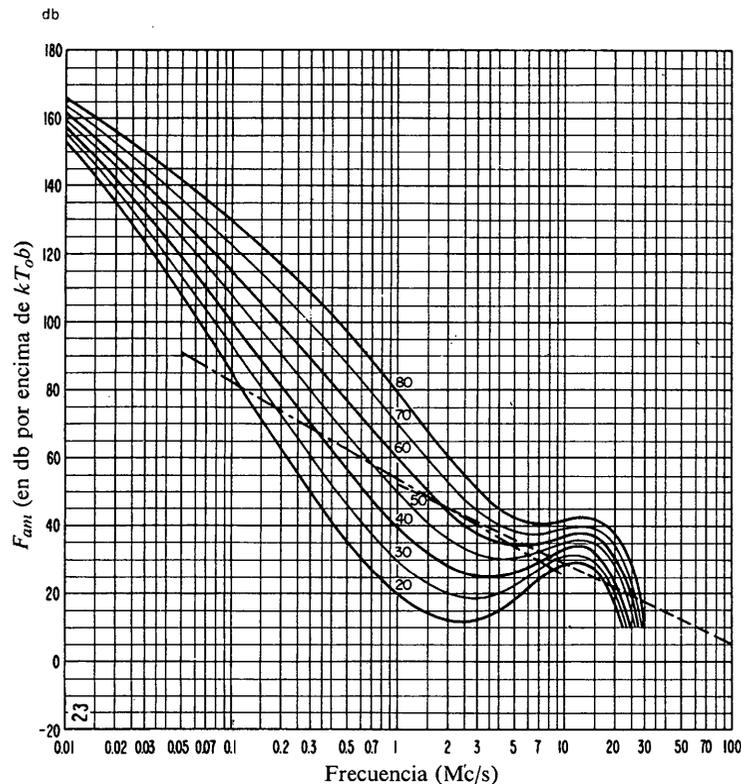


FIGURA 23B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Otoño; 1200-1600 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - Valores probables del ruido galáctico

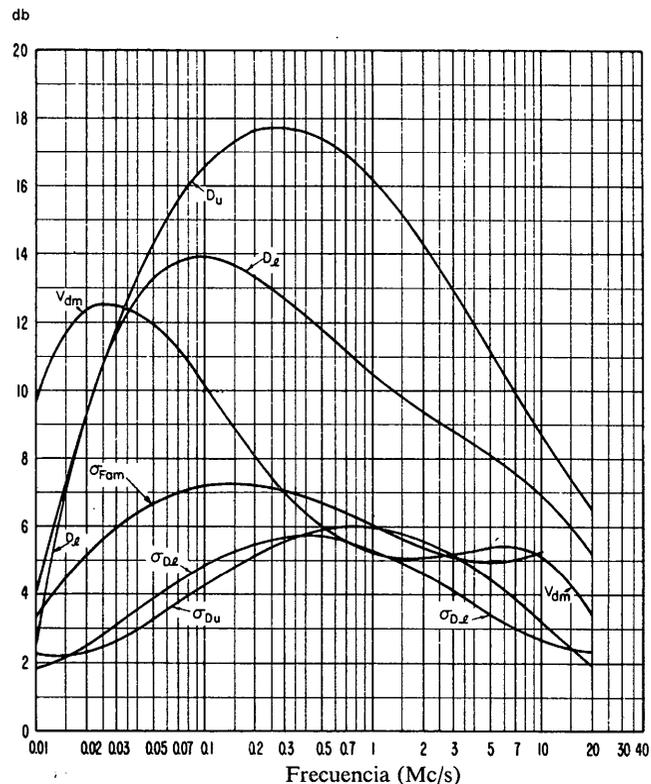


FIGURA 23C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Otoño; 1200-1600 h.)

- $\sigma_{F_{am}}$ = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

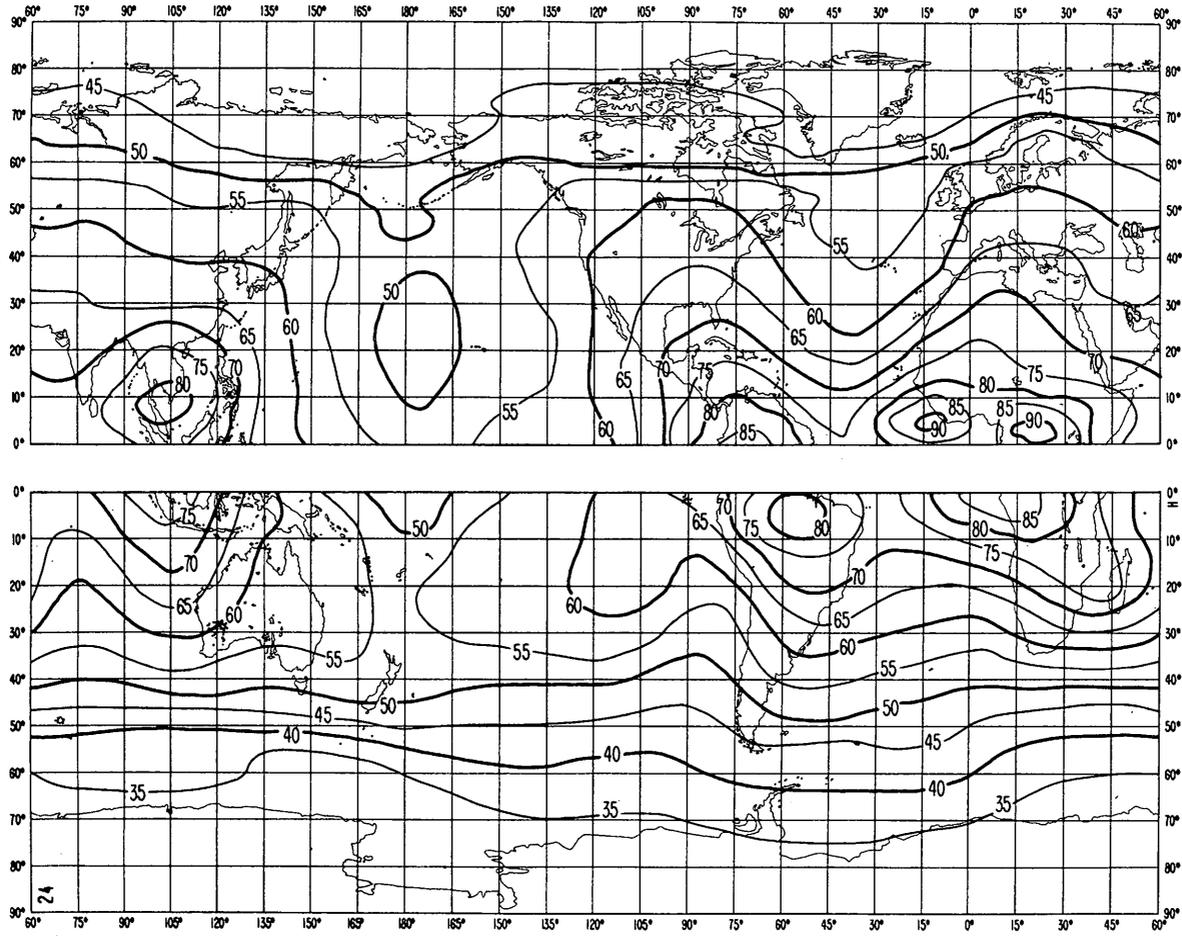


FIGURA 24A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_0b en 1 Mc/s
(Otoño; 1600-2000 h.)

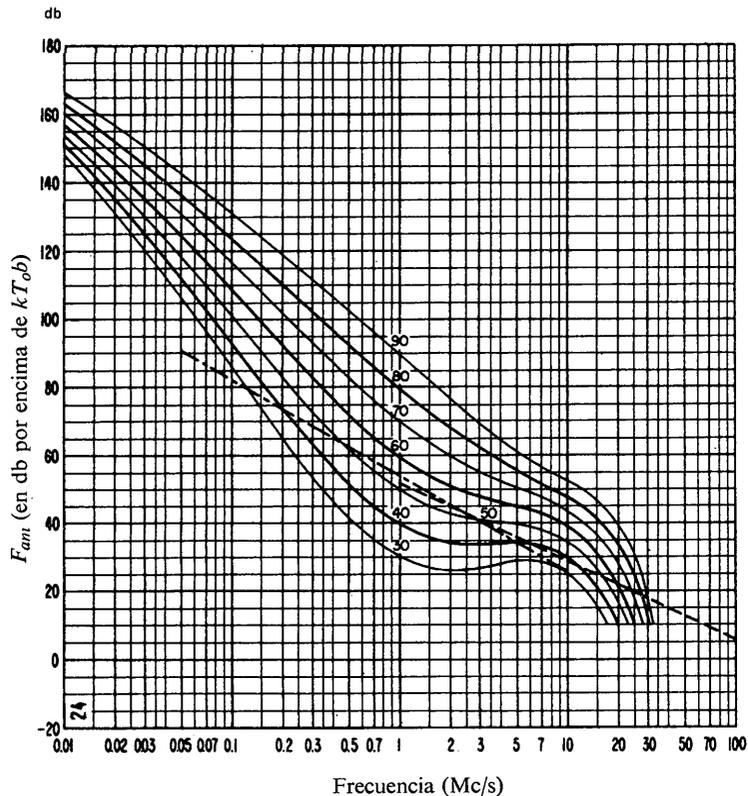


FIGURA 24B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Otoño; 1600-2000 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- Valores probables del ruido galáctico

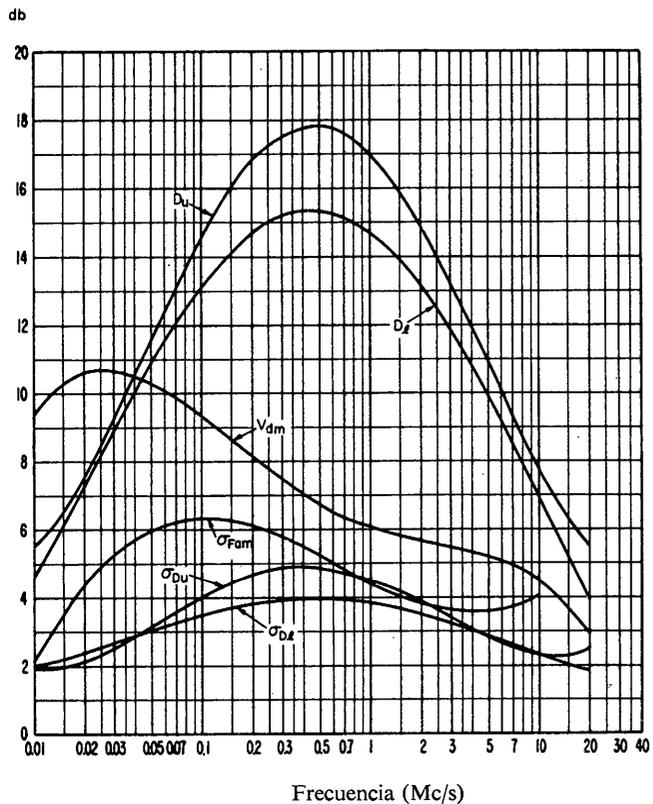


FIGURA 24C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido.
(Otoño; 1600-2000 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

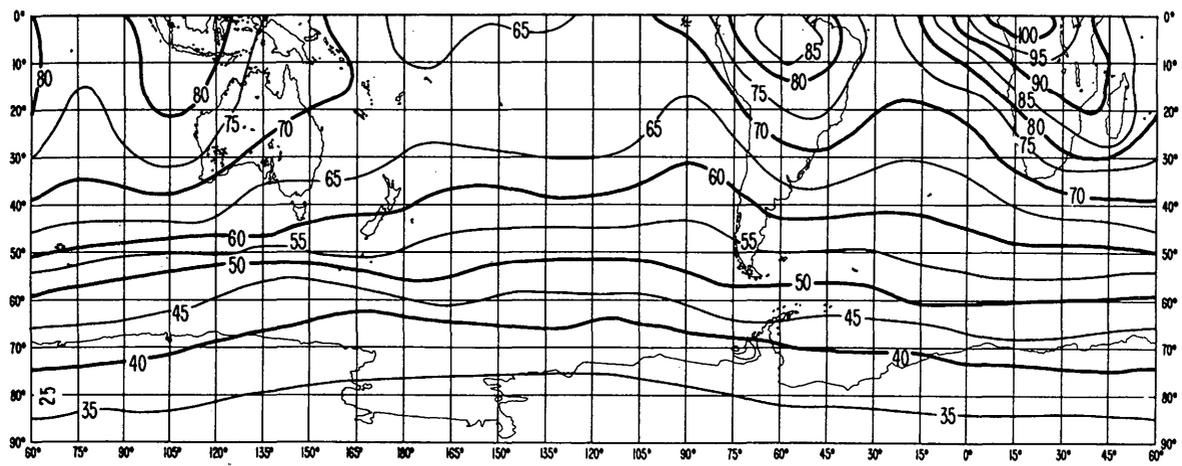
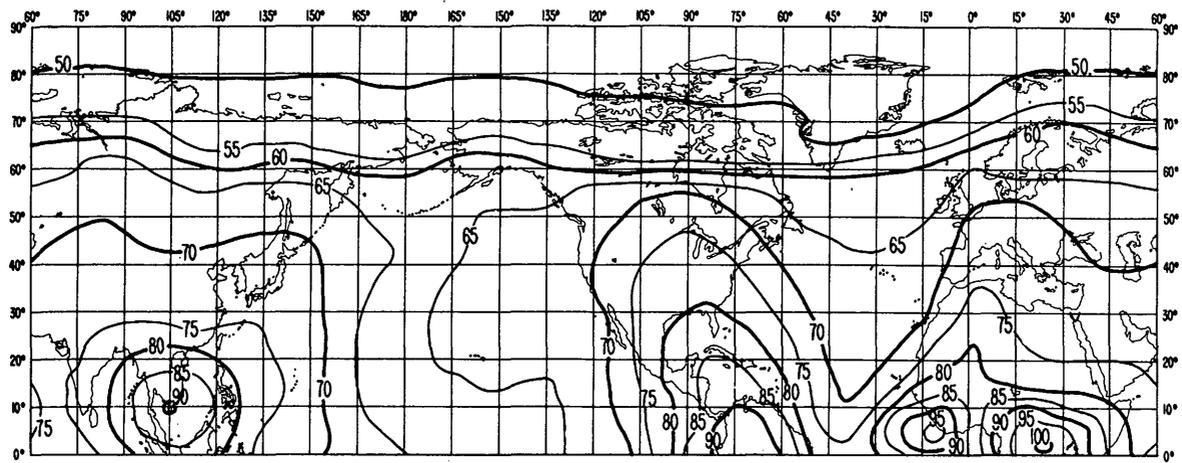


FIGURA 25A

Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en db por encima de kT_{0b} en 1 Mc/s
(Otoño; 2000-2400 h.)

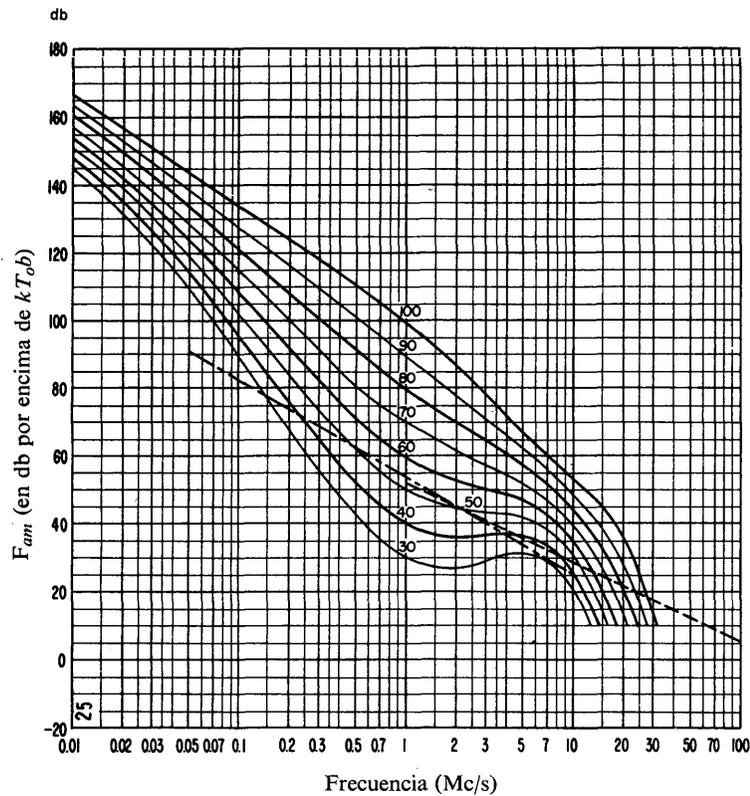


FIGURA 25B

Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Otoño; 2000-2400 h.)

- Valores probables del ruido atmosférico
- - - - - Valores probables del ruido industrial en un punto de recepción tranquilo
- - - - - Valores probables del ruido galáctico

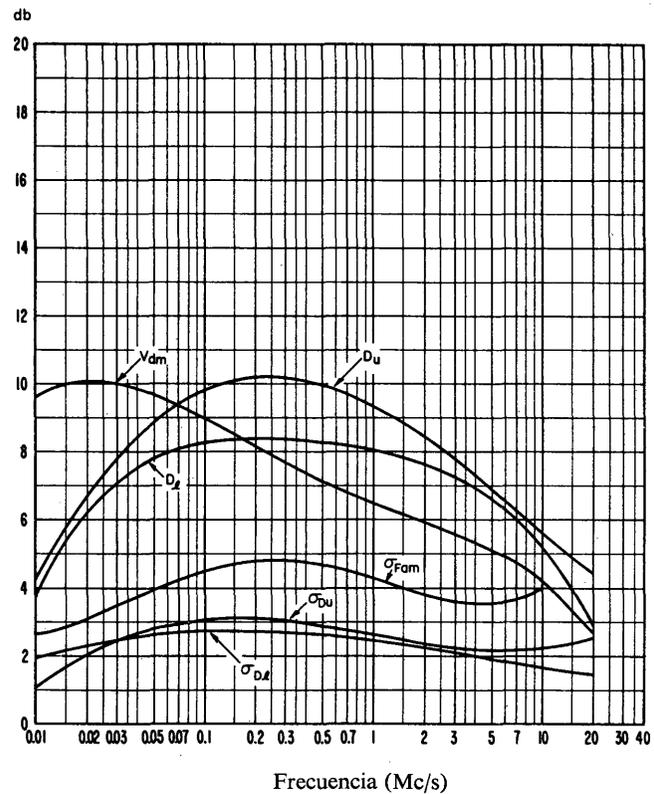


FIGURA 25C

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Otoño; 2000-2400 h.)

- σ_{Fam} = Desviación standard de los valores de F_{am}
- D_u = Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am} .
- σ_{D_u} = Desviación standard de los valores de D_u
- D_l = Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{D_l} = Desviación standard de los valores de D_l
- V_{dm} = Valor probable de la desviación mediana de la tensión media (valores para una anchura de banda de 200 c/s)

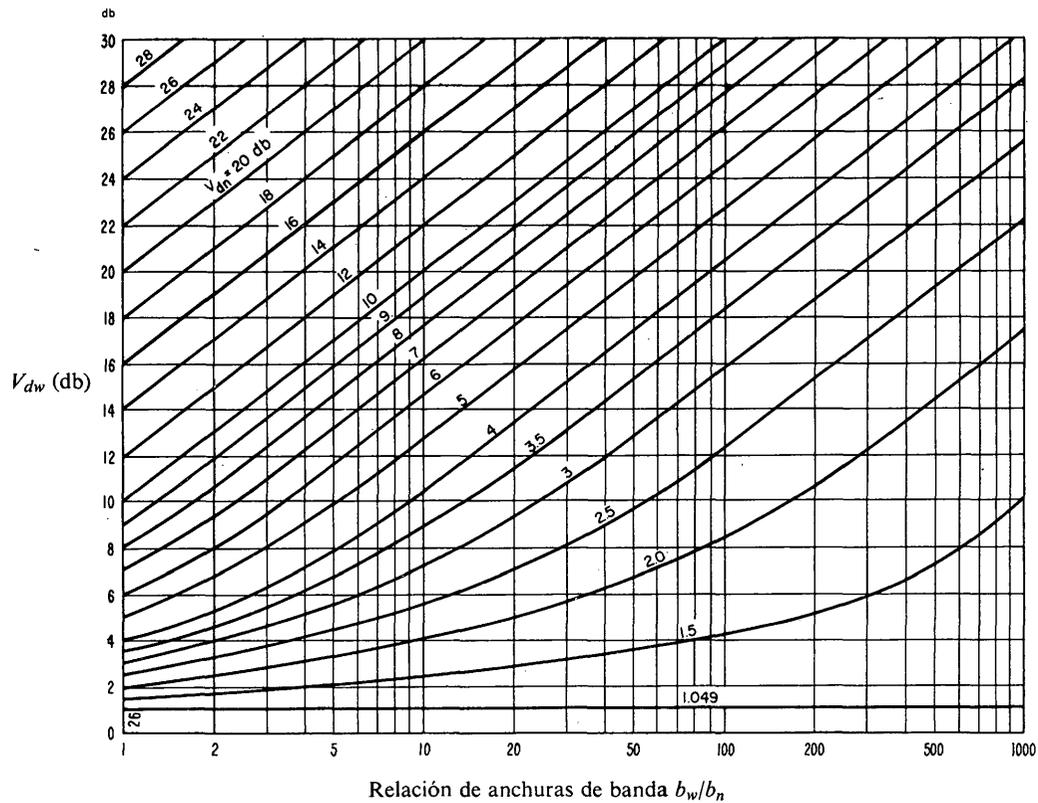


FIGURA 26

Conversión de V_d para una anchura de banda en valores de V_d para otra anchura de banda

b_w banda más ancha
 b_n banda más estrecha

Los valores correspondientes de V_{dw} y V_{dn} se leen en la línea de relación de anchuras de banda adecuada

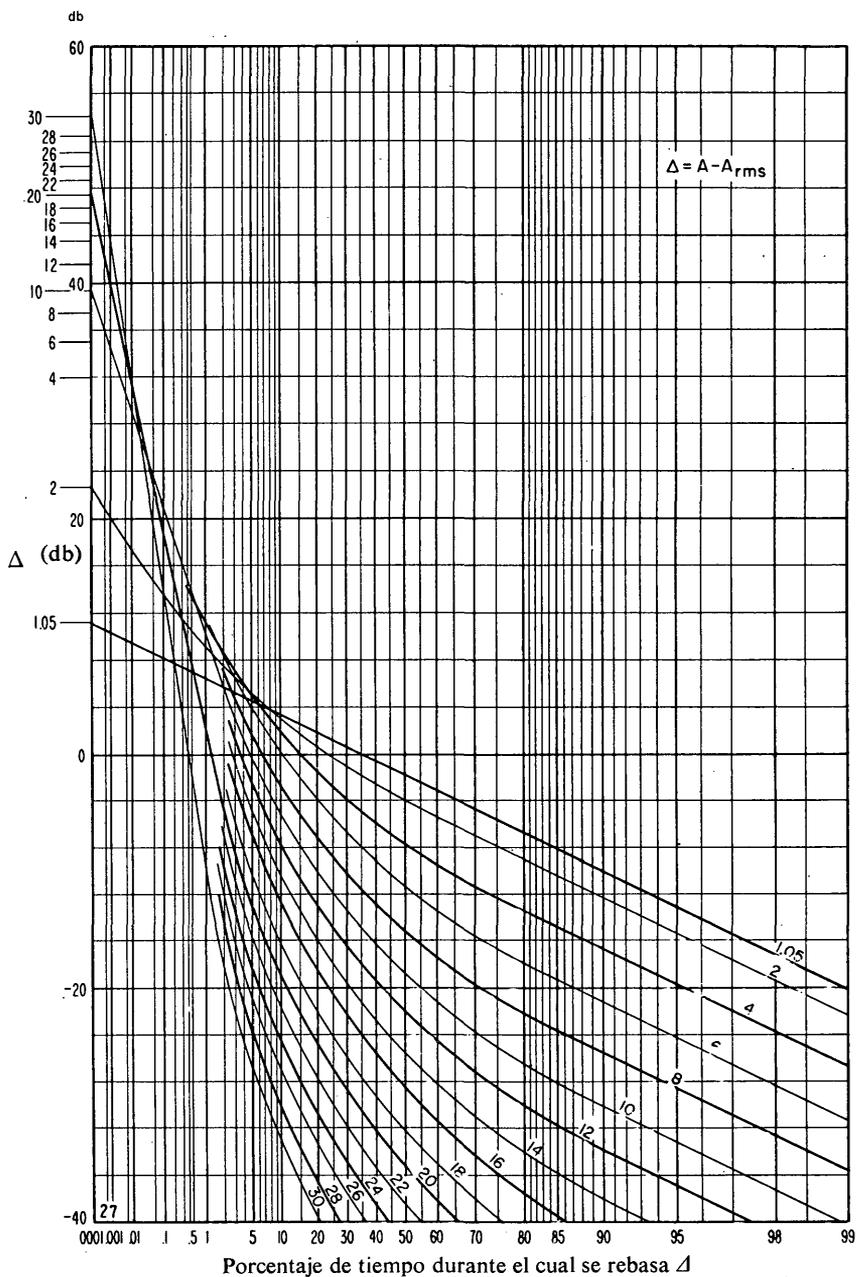


FIGURA 27

Distribución de la probabilidad de amplitud de la envolvente de ruido

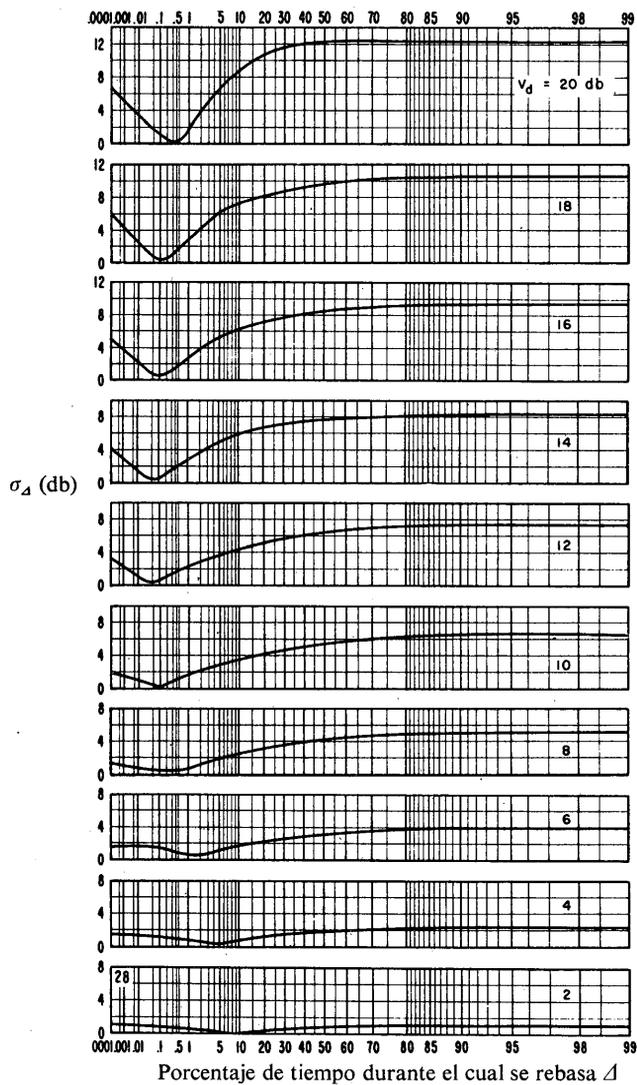


FIGURA 28

Desviación standard σ_A

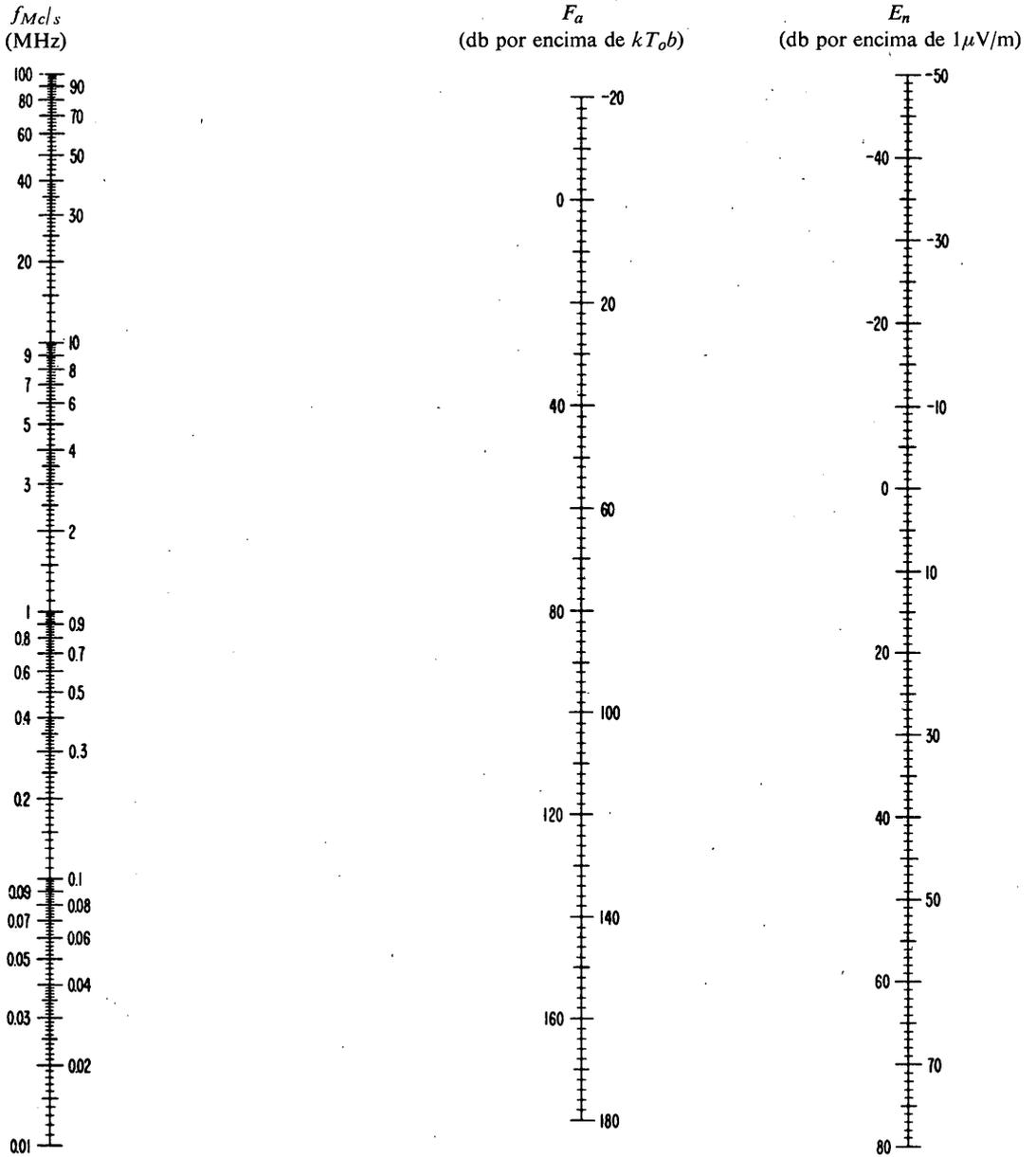


FIGURA 29

Nomograma para transformar F_a en E_n , en función de la frecuencia fMc/s

$$E_n = F_a + 20 \log_{10} fMc/s - 65,5$$

(Las definiciones de E_n , F_a y fMc/s figuran con la notación)

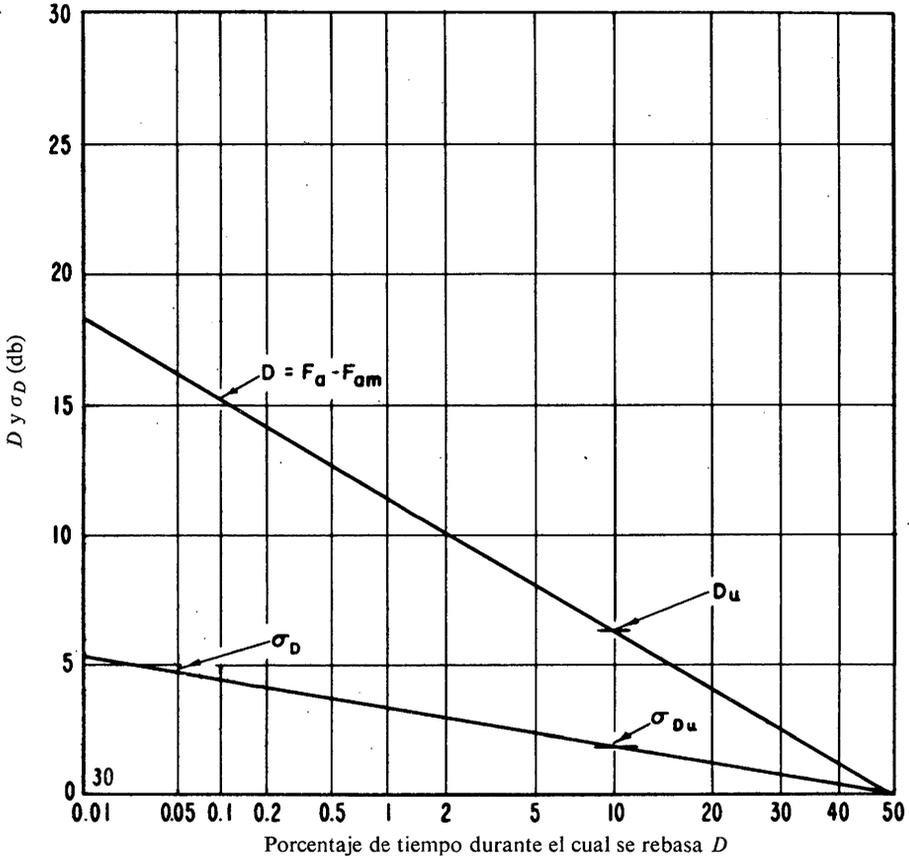


FIGURA 30

Valores probables de D y sus desviaciones standard σ_D
Verano, 2000-2400 horas
Frecuencia: 50 kc/s

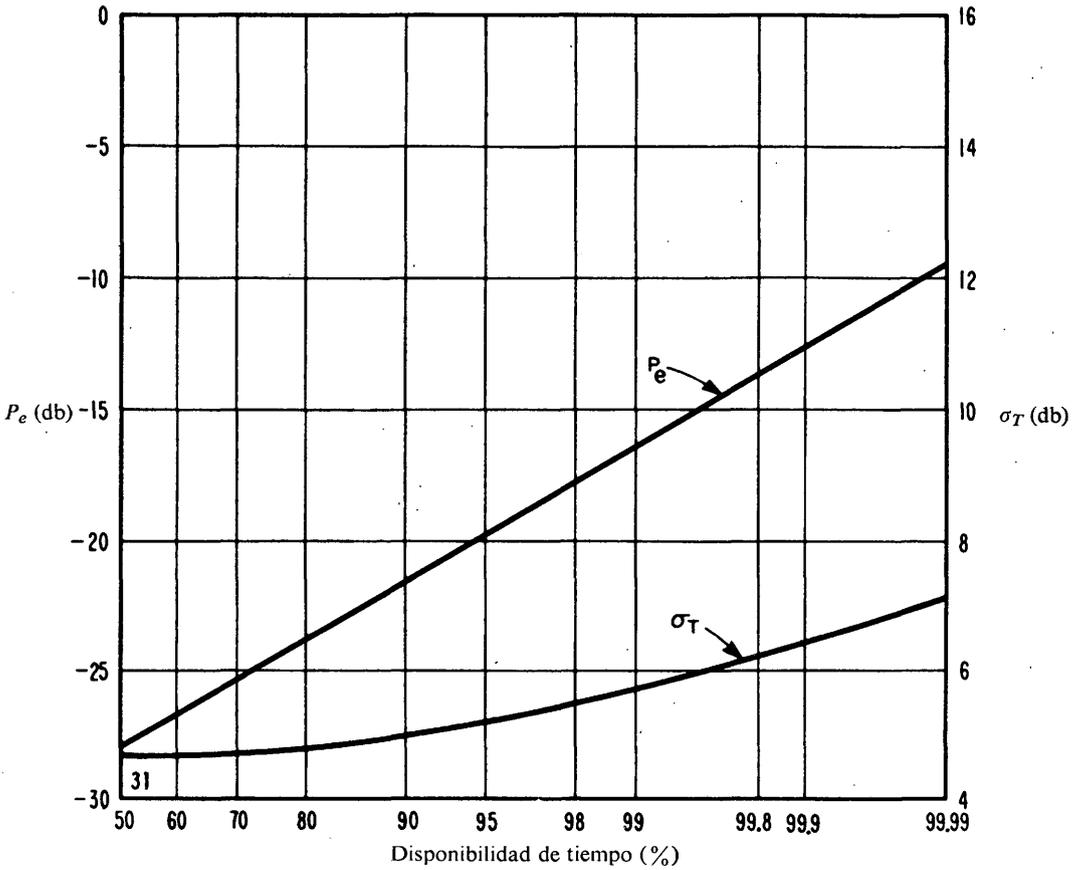


FIGURA 31

Valores probables de P_e y sus desviaciones standard σ_T

Ginebra, Suiza
Verano, 2000-2400 horas
Frecuencia: 50 kc/s
Anchura de banda: 100 c/s
Errores binarios: 0,05%
Tipo de servicio: manipulación por desplazamiento de frecuencia

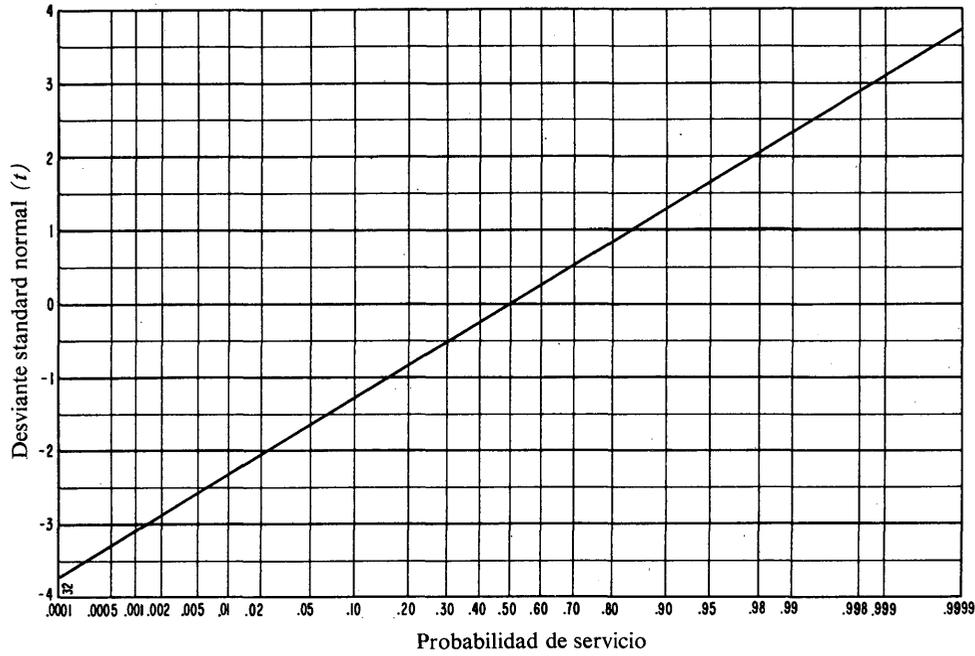


FIGURA 32
Probabilidad de servicio en función del desviante standard normal t

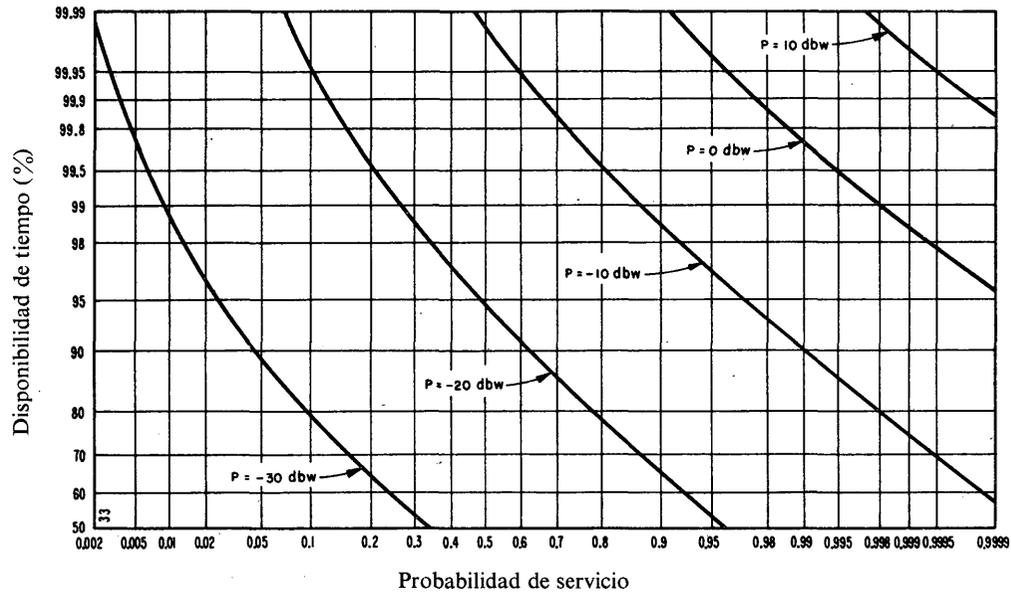


FIGURA 33

Disponibilidad de tiempo en función de la probabilidad de servicio

Ginebra, Suiza

Verano, 2000-2400 horas

Frecuencia: 50 kc/s

Anchura de banda: 100 c/s

Errores binarios: 0,05%

Tipo de servicio: manipulación por desplazamiento de frecuencia

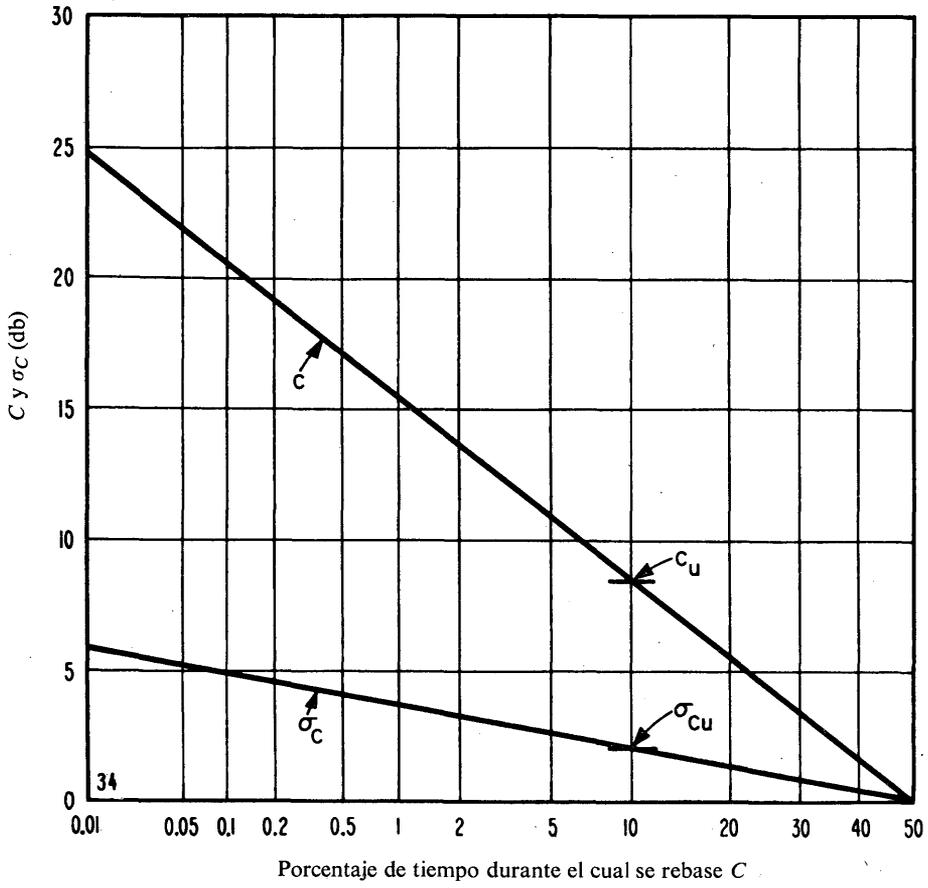


FIGURA 34

Valores probables de C y sus desviaciones standard σ_C

Verano, 2000-2400 horas
Frecuencia: 5 Mc/s

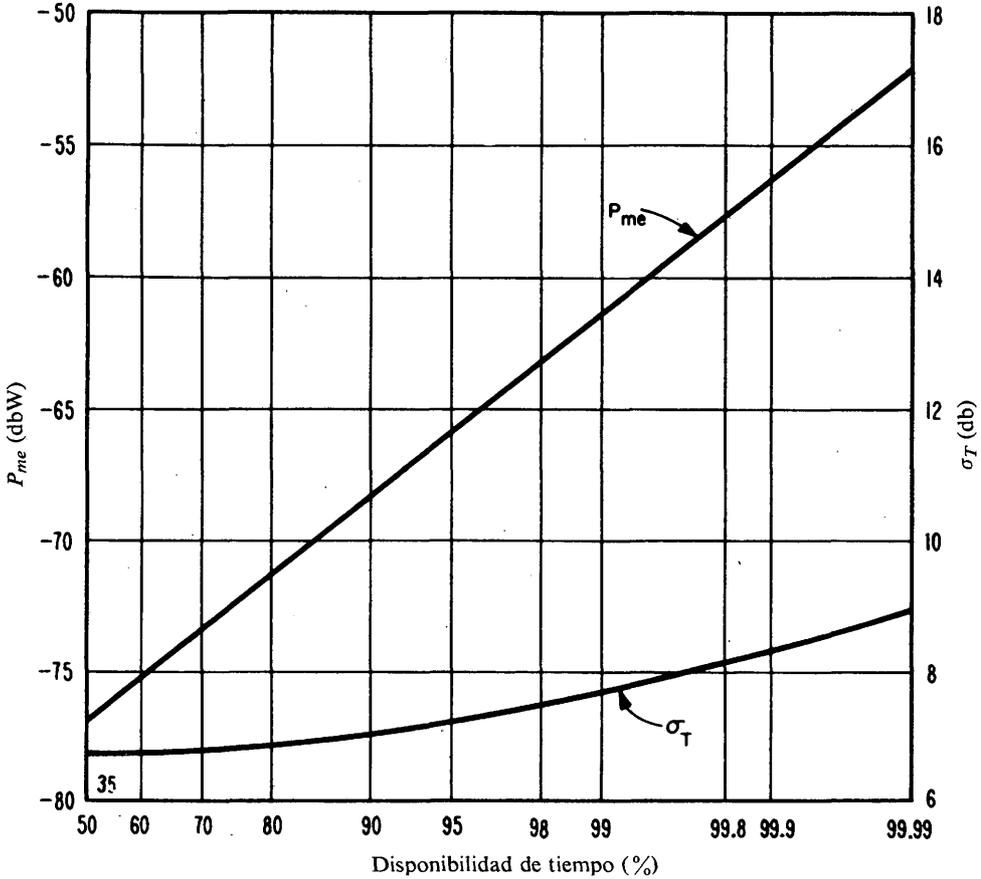


FIGURA 35

Valores probables de P_{me} y sus desviaciones standard σ_T

Ginebra, Suiza
Verano, 2000-2400 horas
Frecuencia: 5 Mc/s
Anchura de banda: 6 kc/s
Telefonía A3, servicio difícilmente comercial

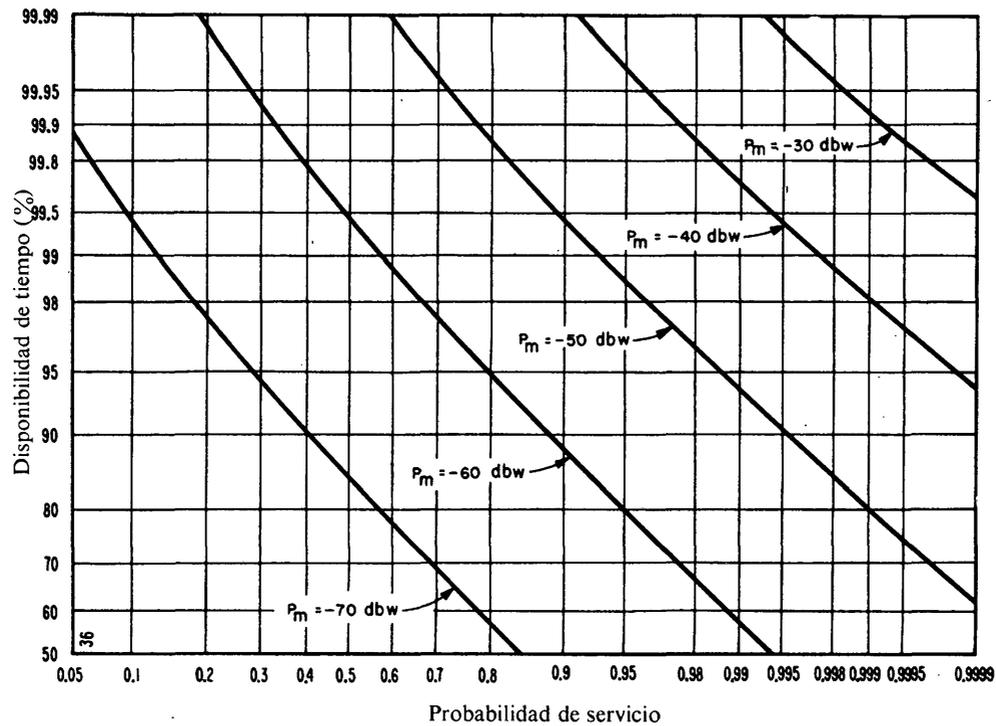


FIGURA 36

Disponibilidad de tiempo en función de la probabilidad de servicio

Ginebra, Suiza
 Verano, 2000-2400 horas
 Frecuencia: 5 Mc/s
 Anchura de banda: 6 kc/s
 Telefonía A3, servicio difícilmente comercial

