



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

P.16

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

CALIDAD DE TRANSMISIÓN TELEFÓNICA

**VOCABULARIO Y EFECTOS DE LOS
PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN SOBRE
LA OPINIÓN DE LOS USUARIOS ACERCA DE
LA CALIDAD DE TRANSMISIÓN Y SU
EVALUACIÓN**

**EFECTOS SUBJETIVOS DE LA DIAFONÍA
DIRECTA; UMBRALES DE AUDIBILIDAD
E INTELIGIBILIDAD**

Recomendación UIT-T P.16

(Extracto del *Libro Azul*)

NOTAS

1 La Recomendación UIT-T P.16 se publicó en el Tomo V del Libro Azul. Este fichero es un extracto del Libro Azul. Aunque la presentación y disposición del texto son ligeramente diferentes de la versión del Libro Azul, el contenido del fichero es idéntico a la citada versión y los derechos de autor siguen siendo los mismos (Véase a continuación).

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

© UIT 1988, 1993

Reservados todos los derechos. No podrá reproducirse o utilizarse la presente Recomendación ni parte de la misma de cualquier forma ni por cualquier procedimiento, electrónico o mecánico, comprendidas la fotocopia y la grabación en micropelícula, sin autorización escrita de la UIT.

Recomendación P.16

EFFECTOS SUBJETIVOS DE LA DIAFONÍA DIRECTA; UMBRALES DE AUDIBILIDAD E INTELIGIBILIDAD

(Ginebra, 1972; modificada en Ginebra, 1976 y 1980;
Málaga-Torremolinos, 1984 y Melbourne, 1988)

1 Factores que influyen en los umbrales de diafonía

El grado de audibilidad e inteligibilidad de una señal diafónica depende de un gran número de factores.

Los principales factores que influyen en la inteligibilidad de la señal vocal de diafonía se indican a continuación.

1.1 Calidad de transmisión de los aparatos telefónicos

Los índices de sonoridad en emisión y en recepción son factores decisivos. Lo mismo ocurre con el índice de sonoridad para el efecto local cuando existe ruido ambiente. Se supone la utilización de aparatos telefónicos modernos con respuestas en frecuencia suavizadas.

1.2 Ruido de circuito

Hay que tener en cuenta el ruido de circuito en la conexión de la comunicación perturbada. El nivel de ruido se mide con un sofómetro provisto de una red de ponderación para circuitos telefónicos, como se describe en la Recomendación O.41.

1.3 Ruido ambiente

El ruido ambiente influye directamente en el oído a través de las fugas que se producen en el pabellón, entre la oreja y el auricular, e indirectamente mediante el efecto local. Este efecto local depende también de las condiciones de explotación. A diferencia del ruido de circuito, el usuario del teléfono puede reducir hasta cierto punto el efecto del ruido ambiente. Por esta razón y para tener en cuenta los casos desfavorables, las mediciones de audibilidad de la diafonía se han realizado con un ruido ambiente reducido y con un ruido ambiente despreciable. Dado que el umbral de audibilidad es muy sensible a los efectos de enmascaramiento, se entiende por ruido ambiente “despreciable” un nivel de ruido muy inferior a 10 dBA. El nivel de ruido relativamente bajo de 40 dBA tiene un efecto de enmascaramiento muy acusado y puede servir por tanto como ejemplo de ruido ambiente “reducido”.

1.4 Ruido del aparato telefónico

Además de los efectos de enmascaramiento de la diafonía por el ruido de circuito y el ruido ambiente, hay que considerar el ruido interno del aparato telefónico en la conexión perturbada. En los aparatos telefónicos modernos, este ruido es generado en la circuitería electrónica (amplificadores, etc.), mientras que en los aparatos más antiguos el origen es el ruido procedente del micrófono de carbón. El ruido interno puede considerarse y tratarse mediante un circuito equivalente.

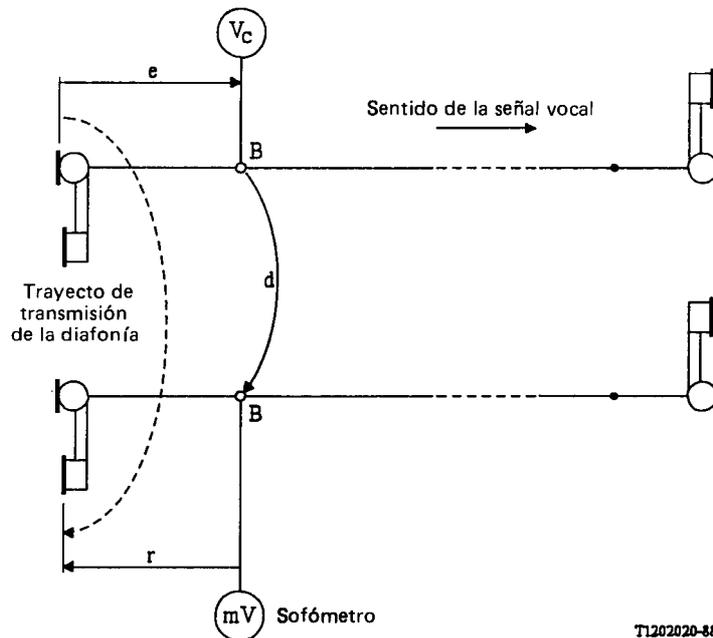
1.5 Conversación por el circuito perturbado

Los niveles prácticos de diafonía son inaudibles mientras se transmite la palabra por el circuito perturbado. Ahora bien, antes de que comience la conversación, o durante largas pausas en la misma, cabe la posibilidad de oír e incluso llegar a entender las señales diafónicas. En general, no sería prudente planificar sobre la base de que la conexión perturbada está siempre activa; en consecuencia, en la información ofrecida en esta Recomendación se supone que no hay conversación en la conexión perturbada.

1.6 Acoplamiento diafónico

La inteligibilidad de una señal de diafonía vocal depende en gran medida de la naturaleza del acoplamiento diafónico que, en general, es función de la frecuencia.

El índice de sonoridad del trayecto de transmisión de diafonía – desde la señal vocal presente en la línea perturbadora hasta el aparato de abonado sujeto a la perturbación – puede dividirse en el índice de sonoridad del trayecto de diafonía desde la línea perturbadora a la perturbada y el índice de sonoridad en recepción del aparato del abonado perturbado. La figura 1/P.16 ilustra esta subdivisión.



- e IS en emisión del aparato de abonado perturbador
- r IS en recepción del aparato de abonado perturbado
- d Índice de sonoridad del trayecto de la diafonía
- B Terminales del aparato de abonado
- V_c Nivel vocal (de conversación)

Aparatos de abonado perturbador y perturbado en el mismo lado: **paradiafonía**.
 Aparato de abonado perturbador en un lado y aparato perturbado en el otro: **telediafonía**.

FIGURA 1/P.16

Subdivisión del trayecto de transmisión de la diafonía

Para determinado nivel vocal V_c , la inteligibilidad de la señal diafónica depende del índice de sonoridad $d + r$. En el § A.4.4.4 de la Recomendación G.111, el índice de sonoridad en recepción para la diafonía se define como:

$$ISR_X = ISR(\text{aparato}) + L_x$$

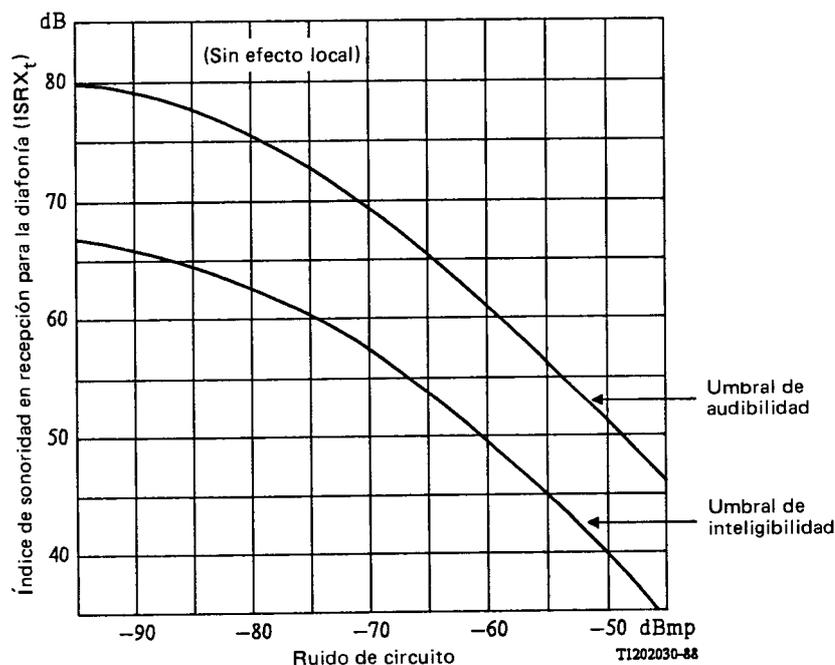
donde $ISR(\text{aparato})$ se refiere al aparato telefónico perturbado.

El índice de diafonía L_x se calcula como un índice sonoridad, pero con el exponente $m = 1$, lo que es válido cerca del umbral de audibilidad.

A falta de mayor información, el valor de L_x puede suponerse aproximadamente como la atenuación medida o calculada a la frecuencia de 1020 Hz.

2 Medianas de los umbrales de audibilidad e inteligibilidad de la diafonía vocal para el oyente

Las curvas de la figura 2/P.16 representan los valores del índice de sonoridad en recepción para la diafonía correspondientes a los umbrales de audibilidad e inteligibilidad ISR_{X_t} , en función del ruido de circuito. Para la planificación, se recomienda considerar que el ruido ambiente es despreciable, lo que representa la condición más desfavorable.



Nota 1 – El ruido de circuito está referido a los terminales del aparato de abonado. Se supone que el ruido ambiente es despreciable.

Nota 2 – El nivel vocal en la línea perturbadora se supone igual al nivel vocal activo de -18 dBV.

FIGURA 2/P.16

Valor umbral del índice de sonoridad en recepción para la diafonía en función del ruido de circuito

El criterio para el umbral de audibilidad es que la presencia de una señal vocal es detectable pero que no puede entenderse ninguna parte de la conversación. El criterio para el umbral de inteligibilidad es que a veces pueden entenderse palabras o frases aisladas cuando se escucha una conversación.

Las curvas de umbrales representan valores de las medianas para los dos criterios, de modo que en cada caso el 50% de las opiniones de los abonados se encuentra respectivamente por encima y por debajo de la curva correspondiente. Se ha observado que la desviación típica para los oyentes cae en la gama de 4 a 6 dB, y se recomienda un valor de 5 dB para la planificación. En la figura 3/P.16 se muestran curvas de respuesta típicas para una gran muestra de oyentes para los criterios de umbral (sin ruido de circuito). La diferencia del ISRX entre las dos curvas es de unos 12 dB.

Los resultados de los primeros experimentos, de los que se obtuvieron las curvas de la figura 2/P.16, se expresaron en términos de nivel vocal [por ejemplo, en unidades de volumen (UV)] y, sobre esa base, mostraron una concordancia satisfactoria.

Sin embargo, las versiones anteriores de la Recomendación P.16 se basaban en la hipótesis de que existe una relación fija entre el índice de la sonoridad en emisión y el nivel vocal en la línea. Esta hipótesis requiere una corrección en la gama de 11 dB, por lo que no está justificada. Además, los niveles vocales expresados en unidades de volumen parecen diferir sistemáticamente de los medidos en distintos países con muestras vocales idénticas. Por tanto, se supone un nivel vocal fijo en la línea perturbadora, independiente del índice de sonoridad en emisión (ISE) de dicho circuito.

Los umbrales indicados en la figura 2/P.16 se basan en la hipótesis de que el nivel vocal V_c en condiciones normales de conversación es igual al nivel vocal activo de -18 dBV (medido según la Recomendación P.56) en el terminal del aparato telefónico perturbador. Este valor es la media estimada del nivel de conversación en muchos países, en el extremo emisión de una conexión con índices de sonoridad global bastante elevados (comprendidos entre el ISG óptimo y el máximo permitido).

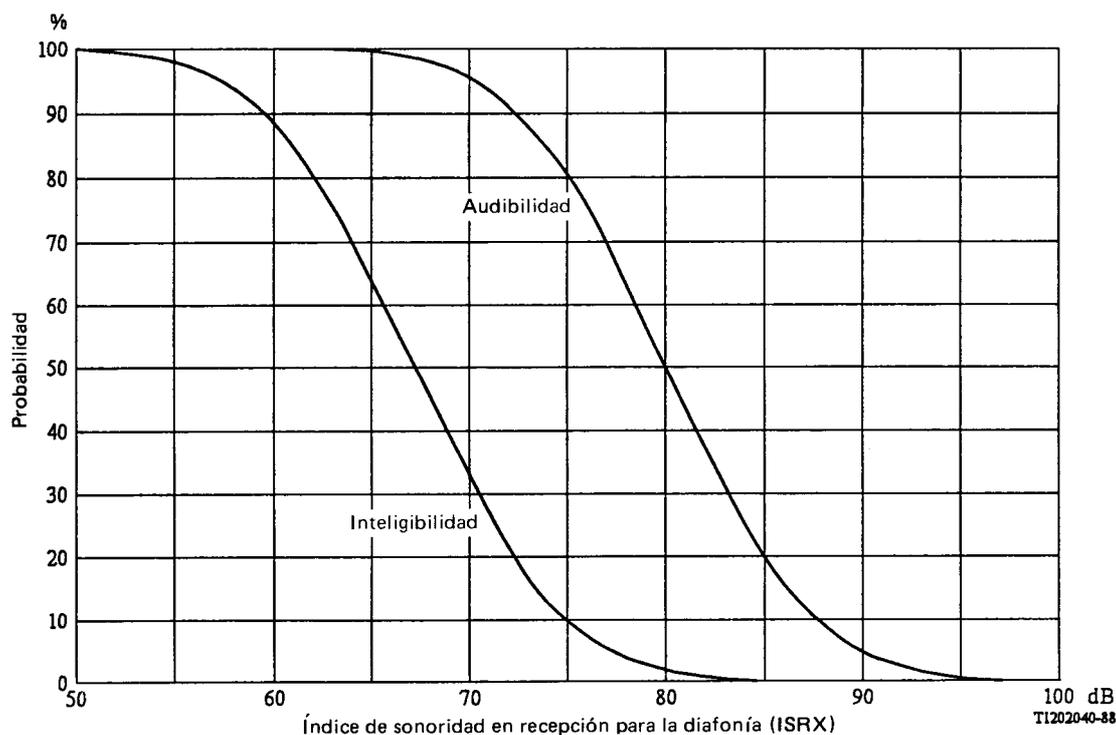


FIGURA 3/P.16

Distribución del índice de sonoridad en recepción para la diafonía, para el oyente, para diferentes definiciones de umbral

La desviación típica de los niveles de conversación es bastante elevada. Para fines de cálculo debe utilizarse un valor de $\sigma = 5$ dB.

Para calcular el valor umbral para un nivel vocal diferente de -18 dBV debe corregirse el valor ISR_{X_t} por la magnitud de la diferencia, con su signo (los niveles superiores exigen valores superiores de ISR_X y viceversa).

El valor ISR_{X_t} es la suma de la atenuación de la sonoridad en el trayecto de diafonía de la atenuación de la sonoridad en recepción en la línea perturbada. Para obtener de la atenuación de la sonoridad en trayecto de diafonía, L_x , para un valor de umbral dado, hay que restar el valor de ISR (en el aparato).

En general, para cualquier nivel vocal e índice de sonoridad en recepción, L_x se obtiene a partir de la figura 2/P.16 como:

$$L_x = ISR_{X_t} - ISR(\text{aparato}) + (18 + V_c)$$

3 Efectos del ruido ambiente

El ruido ambiente llega al oído del oyente tanto por la fuga del pabellón del auricular del microteléfono como por el trayecto del efecto local. Para un efecto local dado, el ruido ambiente puede convertirse en un ruido de circuito equivalente por medio de un modelo de transmisión como el descrito en el suplemento N.º 3 al final del presente Tomo. En la figura 2 de dicho suplemento se muestra una familia de curvas de conversión con la atenuación de efecto local como parámetro.

A modo de ejemplo, con una atenuación de efecto local bastante elevada (igual a la utilizada en la anterior versión de la Recomendación P.16), un nivel de ruido ambiente de 40 dBA equivale a un nivel de ruido de circuito de -85 dBmp. Este nivel de ruido reduce el valor ISR_X umbral en unos 8 dB. En la mayoría de los casos, la fuga del pabellón del auricular producirá una reducción adicional.

Sin embargo, la importancia de este efecto no puede predecirse en general, puesto que depende tanto de la forma de pabellón del auricular como de los hábitos del usuario.

4 Probabilidad de diafonía

Si bien las curvas de la figura 2/P.16 presentan los valores de las medianas para diversas condiciones de ruido, las curvas de la figura 3/P.16 representan la probabilidad de diafonía audible o inteligible en porcentaje, en condiciones de ruido despreciable. Pueden derivarse curvas de probabilidad similares a partir de los valores de las medianas para cualquier condición de ruido de circuito mediante la utilización de distribuciones normales acumulativas con una desviación típica de 6 dB.

En un caso más general, debe añadirse también la varianza del hablante. Puede elegirse que el nivel vocal medio utilizado en los cálculos sea más bajo que el nivel relativamente alto supuesto en la figura 2/P.16, por ejemplo, -20 dBV, que está más próximo al nivel medio en la red. En el anexo A figura un ejemplo de este cálculo de probabilidad global.

Los valores de umbral del índice de sonoridad de la diafonía indicados en esta Recomendación pueden utilizarse de diferentes maneras. Una interpretación posible es que las condiciones de diafonía de todas las conexiones telefónicas normales (es decir, excluidas las conexiones defectuosas) estén comprendidas entre los dos criterios de umbral. Esto significa, por un lado, que no tiene sentido exigir una atenuación de la diafonía más alta que la correspondiente al umbral de audibilidad y, por otro lado, que no debe rebasarse el umbral de la inteligibilidad.

Otra interpretación es establecer el requisito de modo que haya una probabilidad pequeña dada (por ejemplo, el 5 %) de que pueda encontrarse diafonía inteligible con ruido ambiente despreciable y con el nivel de ruido de circuito más bajo encontrado en la red. En la práctica, las condiciones de ruido son más favorables en el sentido de que muy a menudo la diafonía está enmascarada por el ruido ambiente y el ruido de circuito hasta el punto de que se hace inaudible. Por tanto, para el promedio de todas las conexiones, el riesgo de diafonía inteligible será mucho más pequeño que el porcentaje dado para la condición más desfavorable.

Los requisitos sobre la diafonía pueden no ser necesariamente iguales para todas las partes de la red. Aunque es primordial mantener el secreto de las comunicaciones telefónicas, es más probable que el abonado juzgue severamente la diafonía en las llamadas locales que se efectúan en su entorno inmediato, en el cual las indiscreciones debidas a la diafonía pueden tener consecuencias sociales desafortunadas. El problema de las “consecuencias sociales de la diafonía” se trata en el [1].

En la práctica, en todos los casos no se produce una simultaneidad entre la conversación por la línea perturbadora y la escucha por la línea perturbada (durante las pausas de la conversación). En [2] figura información sobre este tema y se indica cómo calcular las probabilidades correspondientes.

Como orientación, las probabilidades de que los abonados encuentren diafonía potencialmente inteligible no deben ser peores (es decir, superiores) a los valores siguientes:

- comunicaciones por la propia central: 1 por 1000;
- otras comunicaciones: 1 por 100.

Nota – Las bases para calcular la probabilidad de diafonía en general se tratan en la Recomendación G.105.

ANEXO A

(a la Recomendación P.16)

Ejemplo de cálculo de probabilidad

La probabilidad de comprender palabras aisladas de una conversación perturbada por la diafonía puede calcularse para un oyente elegido al azar entre una población de abonados. El resultado de este cálculo puede utilizarse como base para establecer reglas para la atenuación requerida mínima de la diafonía entre líneas de abonados de una red nacional.

A fin de demostrar el método de utilizar la información que figura en esta Recomendación para calcular la probabilidad de encontrar diafonía (inteligible), pueden hacerse las siguientes hipótesis:

Nivel vocal medio $V_c = -20$ dBV;

Índice de sonoridad en recepción de los aparatos telefónicos, $ISR(\text{aparato}) = -6$ dB;

Ningún ruido ambiente o de circuito;

Desviación típica de los niveles en conversación, $\sigma_t = 5$ dB;

Desviación típica de la distribución de respuesta del oyente $\sigma_L = 6$ dB;

Desviación típica de $ISR(\text{aparato}) \sigma_s = 1 \text{ dB}$.

El valor umbral para la inteligibilidad de la diafonía sin ruido, tomado de la figura 2/P.16 es $ISR X_t = 67 \text{ dB}$.

De acuerdo con la fórmula que figura al final del § 2 y con las hipótesis mencionadas, la mediana de la atenuación de la sonoridad en el trayecto de diafonía requerida es:

$$L_x = 67 + 6 - 2 = 71 \text{ dB}$$

La desviación típica total de la función de probabilidad es:

$$\sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_L^2 + \sigma_S^2} = 7,87 \text{ dB}$$

Con estos valores de L_x y σ , puede obtenerse una función de distribución normal acumulativa como en la figura A.1/P.16. La función indica la probabilidad de que un oyente pueda entender palabras aisladas de diafonía para un valor específico de la atenuación de la sonoridad en el trayecto de diafonía. Por ejemplo, para $L_x = 75 \text{ dB}$, la probabilidad es del 30%. Por otra parte, para obtener solamente una probabilidad del 5% se necesitaría un índice de atenuación de la sonoridad en el trayecto de diafonía de 84 dB. Para una probabilidad del 1%, se requerirían 89 dB, y 95 dB para una probabilidad del 0,1%.

Este cálculo se basa en algunos valores típicos de niveles vocales y sensibilidad en recepción, en condiciones sin ruido. Pueden efectuarse fácilmente cálculos similares con otros datos, que incluyen también los efectos del ruido. Para una estimación realista de la probabilidad de diafonía inteligible para los abonados en general, habrá que suponer cierta distribución estadística del ruido de circuito (y posiblemente del ruido ambiente en los locales de los abonados).

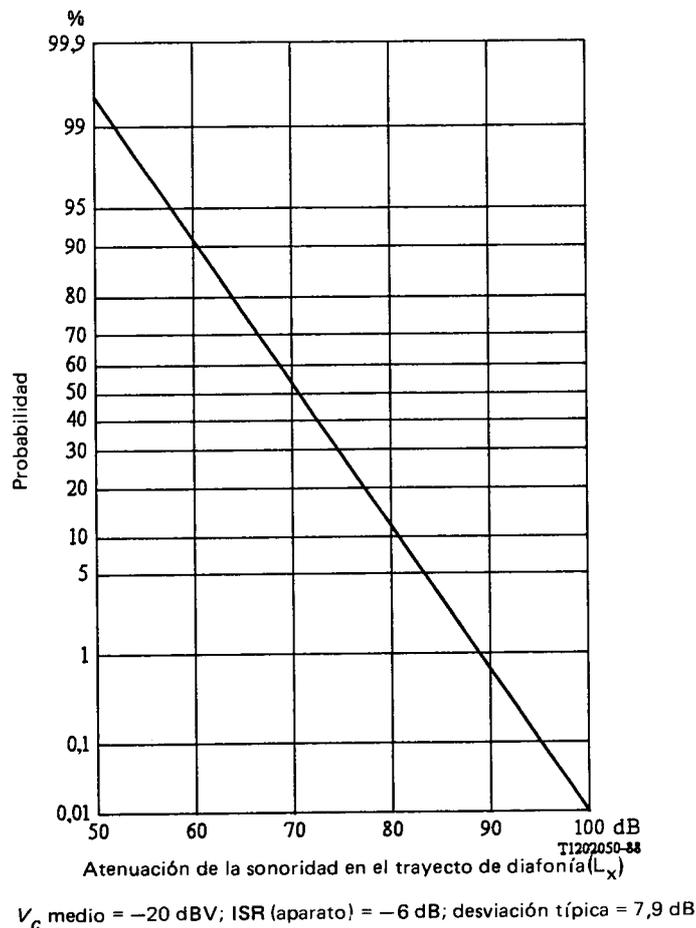


FIGURA A-1/P.16

Probabilidad de entender palabras aisladas en una conversación escuchada, en función de la atenuación (ponderada) de la sonoridad en el trayecto de diafonía L_x

Referencias

- [1] WILLIAMS (H.), SILCOCK (H. W.) y SIBBALD (D.): Social crosstalk in the local area network, *El. Comm.* Vol. 49, N.º 4, Londres, 1974.
- [2] LAPSA (P. M.): Calculation of multidisturber crosstalk probabilities, *BSTJ* Vol. 55, N.º 7, Nueva York, 1976.