



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

**G.117**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

(02/96)

**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN  
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS  
CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS  
INTERNACIONALES**

---

**ASPECTOS DE LA ASIMETRÍA  
CON RESPECTO A TIERRA  
QUE INFLUYEN EN LA TRANSMISIÓN**

**Recomendación UIT-T G.117**

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

---

## PREFACIO

El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT (Helsinki, 1 al 12 de marzo de 1993).

La Recomendación UIT-T G.117 ha sido revisada por la Comisión de Estudio 12 (1993-1996) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 6 de febrero de 1996.

---

### NOTA

En esta Recomendación, la expresión «Administración» se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

© UIT 1996

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<i>Página</i>
1 Objetivo .....	1
2 Principios del esquema de nomenclatura.....	1
3 Resumen de las expresiones descriptivas utilizadas .....	2
3.1 Dipolos .....	2
3.2 Cuadripolos .....	2
3.3 Dispositivos generadores de señales .....	2
3.4 Dispositivos receptores de señales .....	2
4 Definiciones y métodos de medición basados en disposiciones de medición ideales .....	3
4.1 Dipolos .....	4
4.2 Cuadripolos .....	7
4.3 Dispositivos generadores de señales .....	10
4.4 Dispositivos receptores de señales .....	11
5 Otras definiciones de medidas .....	12
5.1 Relación de rechazo de modo común.....	12
Anexo A – Aspectos de la conversión de señales longitudinales a señales transversales en puertos analógicos en algunos casos prácticos.....	14
A.1 Introducción .....	14
A.2 Cálculo de la atenuación de conversión longitudinal .....	14
A.3 Diferencia entre $LCL_c$ y $LCL_m$ en un caso práctico (dos ejemplos).....	16
A.4 Aclaración adicional sobre la atenuación de conversión longitudinal .....	16
Referencias.....	18

## **RESUMEN**

En muchas aplicaciones, el comportamiento del equipo en lo concerniente a la simetría es crucial para garantizar una supresión satisfactoria de las señales indeseadas del trayecto de transmisión normal. Esta Recomendación proporciona orientaciones acerca de los métodos de medición adecuados para evaluar diferentes efectos de la asimetría.

## ASPECTOS DE LA ASIMETRÍA CON RESPECTO A TIERRA QUE INFLUYEN EN LA TRANSMISIÓN

(Ginebra, 1980; modificada en Málaga-Torremolinos, 1984 y Melbourne, 1988;  
revisada en 1996)

### 1 Objetivo

Esta Recomendación contiene una serie general de medidas prescriptivas de diversos parámetros de simetría para dipolos y cuadripolos. Están pensadas para poder hacerlas en la práctica o en fábrica con aparatos de prueba relativamente sencillos (por ejemplo, osciladores de transmisión corrientes, medidores de nivel) y con un puente de medida especial. Los montajes de medida para la determinación del grado de simetría figuran en la Recomendación O.9 [1] y son conformes a la presente Recomendación.

Se pretende que las definiciones y métodos permitan obtener resultados a partir de elementos de equipos (por ejemplo, puentes de alimentación, pares de cable, entradas audio al equipo de modulación de canal, etc.) que puedan combinarse significativamente aunque no necesariamente por la simple suma en decibelios. Esto permite que pueda preverse la calidad de funcionamiento de una conexión en cascada de esos elementos o por lo menos, los límites determinados para esa calidad. Por calidad de funcionamiento se entiende en este sentido aquellas características en las que influyen las condiciones de asimetría, por ejemplo, nivel de ruido impulsivo, sensibilidad a la exposición longitudinal, relaciones de diafonía, etc.

### 2 Principios del esquema de nomenclatura

En lo relativo a la asimetría con relación a tierra se han utilizado en la literatura muchos términos diferentes, algunos de los cuales son contradictorios o, desde cierto punto de vista, inadecuados. Los títulos descriptivos de las magnitudes utilizadas en la presente Recomendación se basan en los principios adoptados siguientes:

- a) *Conversión* de modo; por ejemplo, una terminación inadecuada (asimétrica) generará una señal transversal indeseada al ser excitada por una señal longitudinal. La medida de este efecto se denomina aquí *relación de conversión longitudinal*, y, si se expresa en unidades de transmisión, *atenuación de conversión longitudinal* (LCL).
- b) En el caso de un cuadripolo en el que, por ejemplo, una excitación en un acceso produce una señal en el otro acceso, la designación incluirá la palabra *transferencia*, por ejemplo, *relación de transferencia de conversión longitudinal* y la correspondiente *atenuación* (LCTL).
- c) La impedancia del trayecto longitudinal presentada por un equipo medido es un parámetro fundamental. El término *relación de impedancia longitudinal* y su expresión en decibelios, *atenuación de impedancia longitudinal*, se utilizan para caracterizar la medida particular aquí definida.
- d) Los dispositivos activos que constituyen fuentes de señales (por ejemplo, un oscilador, la salida de un amplificador) se caracterizan además por la magnitud de la señal longitudinal indeseada presente a la salida. Se incluye ahora la palabra clave *salida*, lo que da la *tensión de salida longitudinal*, y el correspondiente *nivel de salida longitudinal*. Cuando dichas señales indeseadas se expresan como una proporción de la señal deseada (transversal), la expresión clave es la *relación de simetría de la señal de salida*, cuya expresión en decibelios es la *simetría de la señal de salida*.
- e) Los dispositivos que responden en forma continua a las señales (por ejemplo, medidores de nivel, entrada de un amplificador) y que pueden en principio responder a señales longitudinales indeseadas en virtud de mecanismos internos (esto es, aun si sus impedancias de entrada están perfectamente equilibradas), se caracterizan por medidas que contienen las palabras *interferencia de entrada*. Estas son la *relación de interferencia longitudinal de entrada*, y la correspondiente expresión en decibelios, *atenuación de interferencia longitudinal de entrada*. Se mantiene el concepto, establecido hace mucho tiempo y bien definido de *relación de rechazo de modo común*. Se ha evitado el término *coeficiente de sensibilidad* teniendo en cuenta el amplio uso que del mismo se hace en las Directrices [2] y en las actividades de la Comisión de Estudio 5 con un significado más bien especializado.

- f) Cuando interviene un cuadripolo, las señales de entrada y salida pueden no ser las mismas, por ejemplo, pueden tener diferentes niveles, frecuencias (modems FDM) o estructuras (equipos múltiplex MIC). Estos aspectos deben tenerse en cuenta al formular proposiciones sobre el elemento probado.
- g) En el caso de dispositivos de recepción en los que el funcionamiento no es una función lineal continua del nivel de la señal de entrada (por ejemplo, un medidor de retardo de grupo o un modem de datos) el principio clave es el nivel *umbral* de la interferencia; es éste el nivel a partir del cual se produce una degradación de la calidad inaceptable o un funcionamiento incorrecto. Así, se tiene la *tensión umbral de interferencia longitudinal* y el correspondiente *nivel*.

### 3 Resumen de las expresiones descriptivas utilizadas

#### 3.1 Dipolos

- a) Coeficiente de reflexión transversal (pérdida de retorno transversal: TRL)
- b) Relación de conversión transversal (atenuación de conversión transversal: TCL)
- c) Relación de conversión longitudinal (atenuación de conversión longitudinal: LCL)
- d) Relación de impedancia longitudinal (atenuación de impedancia longitudinal: LIL)
- e) Tensión de salida transversal (nivel de salida transversal: TOL)
- f) Tensión de salida longitudinal (nivel de salida longitudinal: LOL)

Las tensiones de los apartados e) y f) son señales indeseadas no correlacionadas con las señales deseadas.

#### 3.2 Cuadripolos

##### 3.2.1 Medida separada

Para cada acceso se han considerado por separado las siguientes medidas relativas a los dipolos:

- a) Coeficientes de reflexión transversal (pérdida de retorno transversal: TRL)
- b) Relación de conversión transversal (atenuación de conversión transversal: TCL)
- c) Relación de conversión longitudinal (atenuación de conversión longitudinal: LCL)
- d) Relación de impedancia longitudinal (atenuación de impedancia longitudinal: LIL)
- e) Tensión de salida transversal (nivel de salida transversal: TOL)
- f) Tensión de salida longitudinal (nivel de salida longitudinal: LOL)

##### 3.2.2 Medida combinada

Además, los siguientes parámetros de transferencia son aplicables para ambos sentidos de transmisión:

- a) Relación de transferencia transversal (atenuación de transferencia transversal: TTL)
- b) Relación de transferencia de conversión transversal (atenuación de transferencia de conversión transversal: TCTL)
- c) Relación de transferencia longitudinal (atenuación de transferencia longitudinal: LTL)
- d) Relación de transferencia de conversión longitudinal (atenuación de transferencia de conversión longitudinal: LCTL)

#### 3.3 Dispositivos generadores de señales

- Relación de simetría de las señales de salida (atenuación de simetría de las señales de salida: OSB)

Esta medida completa las seis medidas con dipolos mencionadas en 3.1.

#### 3.4 Dispositivos receptores de señales

- a) Relación de interferencia longitudinal de entrada (atenuación de interferencia longitudinal de entrada: ILIL)
- b) Tensión umbral de interferencia longitudinal (nivel umbral de interferencia longitudinal)

Estas medidas completan las seis medidas con dipolos mencionadas en 3.1. Cuando la señal deseada sea longitudinal (por ejemplo, como en el caso de un sistema de señalización) y la tensión interferente sea transversal, sustitúyase la palabra *longitudinal* por *transversal* en las expresiones descriptivas.

#### 4 Definiciones y métodos de medición basados en disposiciones de medición ideales

Las definiciones indicadas en esta cláusula suponen puentes de medida ideales con bobinas con derivación en el punto medio, de inductancia infinita y sin pérdidas, generadores de tensión de impedancia nula y voltímetros de impedancia infinita.

Un aspecto importante de este conjunto de medidas mutuamente coherentes es que el puente de medida proporciona simultáneamente terminaciones de referencia definidas de  $Z$  ohmios para los trayectos transversales, y de  $Z/4$  ohmios para los trayectos longitudinales. Partiendo de esta base, se puede calcular la calidad de funcionamiento de una conexión de elementos en cascada, cada uno de ellos medido en la forma prescrita. Esto tiene en cuenta el hecho de que los elementos en cascada, por regla general, no presentan las impedancias de referencia proporcionadas por las condiciones de prueba.

El tratamiento matemático se simplifica si la impedancia de referencia no es reactiva, lo que también está en armonía con el importante objetivo de poder utilizar aparatos de pruebas de transmisión fácilmente disponibles para obtener resultados de medidas realizadas en la práctica y en laboratorio.

La configuración del puente de medida ideal utilizado en las páginas siguientes se ilustra en la Figura 1.

Obsérvese, sin embargo, que esta configuración del puente de medida, de impedancia transversal  $Z$  e impedancia longitudinal  $Z/4$ , no representa en general las condiciones habituales en la práctica. Así pues, hay que tener cierto cuidado en la conversión de parámetros de asimetría medidos en información de asimetría utilizable en los casos prácticos. Esto es cierto en particular en el caso del parámetro LCL habitualmente utilizado. En el Anexo A se examina más detenidamente esta cuestión.

Las fuentes transversales y longitudinales  $E_T$  y  $E_L$  se activan según sea necesario para la medida particular que se efectúa; en la Figura 6, no hay ninguna fuente activa, en cuyo caso el puente únicamente proporciona terminaciones pasivas de  $Z$  y  $Z/4$ .

NOTA – La definición de los parámetros en términos de la mitad de la fuerza electromotriz en circuito abierto hubiese estado más en consonancia con la teoría tradicional de la transmisión. No obstante, por razones de armonía con la Recomendación O.9, en la presente Recomendación se definen algunos parámetros en términos de  $V_{T1}$ . Si el valor nominal de la impedancia de entrada del dispositivo probado es igual a la del dispositivo excitador, los dos métodos son equivalentes.

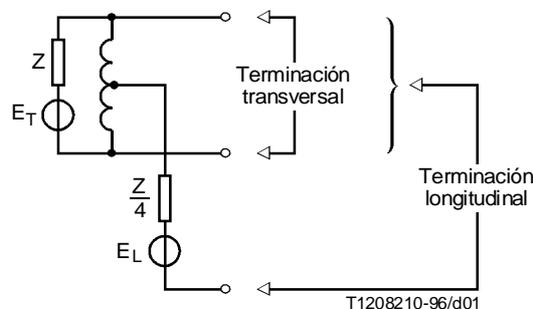
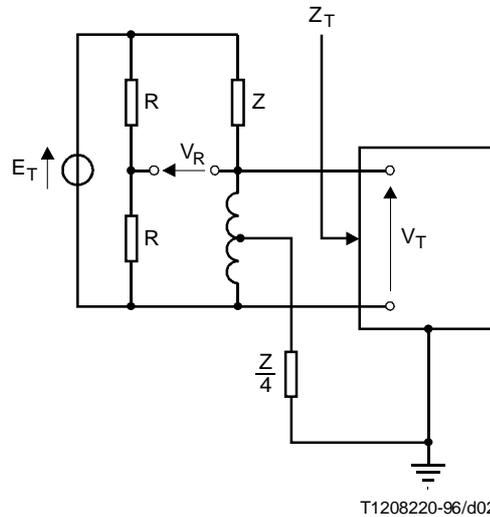


FIGURA 1/G.117

## 4.1 Dipolos

### 4.1.1 Coeficiente de reflexión transversal (pérdida de retorno) (véase la Figura 2)



$$\text{Coeficiente de reflexión transversal } \rho = \frac{Z - Z_T}{Z + Z_T} = \frac{\text{tensión reflejada}}{\text{tensión incidente}} = \frac{2V_R}{E_T}$$

y

$$\text{Pérdida de retorno transversal (TRL, } \textit{transverse return loss}) = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{E_T}{2V_R} \right| \text{ dB}$$

#### NOTAS

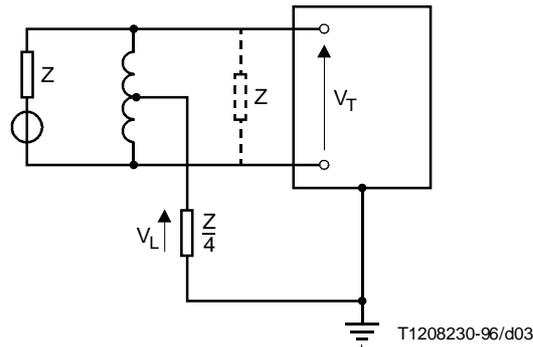
- 1 El valor de  $R$  (en teoría) no interviene en el cálculo. El divisor de tensión a través del generador de impedancia nula sólo se requiere para derivar la mitad de la tensión del generador, que es igual, en términos numéricos, a la tensión incidente necesaria para la definición.
- 2 Los puentes de medida de la pérdida de retorno clásicos no terminan el trayecto longitudinal con  $Z/4$ . Esto carece de importancia cuando la pérdida de retorno es unos 20 dB, o un poco menor que la atenuación de conversión longitudinal del equipo sometido a prueba. En este caso la potencia reflejada es mucho mayor que la potencia desviada hacia el trayecto longitudinal y el error cometido es despreciable.
- 3 Es evidente que cuando se conoce el valor de  $Z_T$  no es preciso conocer  $\rho$ . Si se mide  $V_T$ , el valor de  $\rho$  puede calcularse mediante la expresión.

$$\rho = 1 - \frac{2V_T}{E_T}$$

que, no obstante, puede presentar ciertos inconvenientes para valores elevados de la pérdida de retorno.

FIGURA 2/G.117

**4.1.2 Relación (atenuación) de conversión transversal** (véase la Figura 3)



Relación de conversión transversal,  $k = \frac{V_L}{V_T}$

y

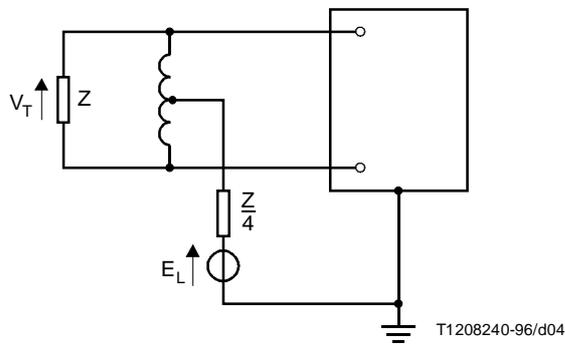
Atenuación de conversión transversal (TCL, *transverse conversion loss*) =  $20 \log_{10} \left| \frac{1}{k} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{V_T}{V_L} \right|$  dB

**NOTAS**

- 1 En los casos en que la red sea lineal, pasiva y bilateral, la atenuación de conversión transversal (TCL, *transverse conversion loss*) será la mitad que el de la relación de conversión longitudinal *c*. No obstante, esta relación no es cierta para otras disposiciones de red.
- 2 El componente en línea de trazos es necesario para un dipolo que, cuando se usa, sólo puentea el circuito de transmisión y no volverá a mencionarse de nuevo explícitamente.

FIGURA 3/G.117

**4.1.3 Relación (atenuación) de conversión longitudinal** (véase la Figura 4)



Relación de conversión longitudinal,  $c = \frac{V_T}{E_L}$

y

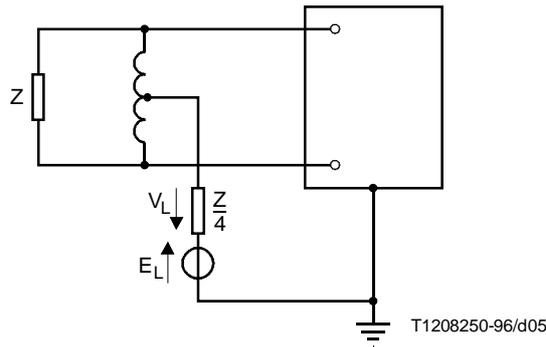
Atenuación de conversión longitudinal (LCL, *longitudinal conversion loss*) =  $20 \log_{10} \left| \frac{1}{c} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{E_L}{V_T} \right|$  dB

**NOTAS**

- 1 Se ha hecho referencia a esta medida en otras Recomendaciones de las diversas formas siguientes:
  - a) Simetría longitudinal.
  - b) Grado de asimetría.
  - c) Asimetría.
  - d) Grado de simetría longitudinal.
  - e) Relación de simetría de la señal.
  - f) Asimetría de impedancia con respecto a tierra.
- 2 La relación de conversión longitudinal se aplica a todos los dipolos, incluso a los que son fuentes de señales (por ejemplo, terminales de salida de un oscilador). En estos casos debe medirse selectivamente la tensión transversal  $V_T$  si se necesita esta magnitud para medir esa atenuación con respecto a un generador de señales en funcionamiento.

FIGURA 4/G.117

**4.1.4 Relación (atenuación) de impedancia longitudinal** (véase la Figura 5)



Relación de impedancia longitudinal,  $q = \frac{E_L}{V_L}$

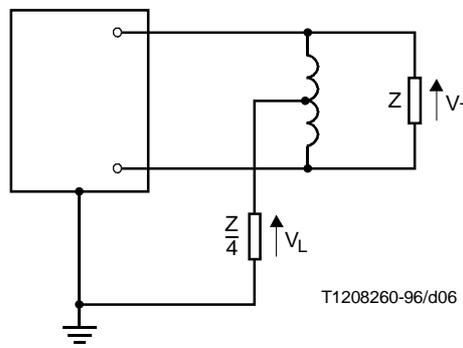
y Atenuación de impedancia longitudinal (LIL, *longitudinal impedance loss*) =  $20 \log_{10} |q| = 20 \log_{10} \left| \frac{E_L}{V_L} \right|$  dB

**NOTAS**

- 1 Se trata de una medida adicional que es necesaria cuando se tiene que prever la calidad de funcionamiento de elementos conectados en cascada.
- 2 En el caso de equipos prácticamente aislados de tierra, sometidos a prueba (por ejemplo, aparatos de prueba portátiles, con aislamiento doble, sin conexión intencionada a tierra) el valor de  $V_L$  será muy pequeño y la relación correspondiente (así como la atenuación) muy elevada. En tales casos será muy reducido el acoplamiento introducido entre los trayectos longitudinal y transversal, de modo que el efecto no es importante.

FIGURA 5/G.117

**4.1.5 Tensiones (niveles) de salida transversal y longitudinal** (véase la Figura 6)



Tensión de salida transversal =  $V_T$

Nivel de salida transversal (TOL, *transverse output level*) =  $20 \log_{10} \left| \frac{V_T}{1 \text{ voltio}} \right|$  dBV

Tensión de salida longitudinal =  $V_L$

Nivel de salida longitudinal (LOL, *longitudinal output level*) =  $20 \log_{10} \left| \frac{V_L}{1 \text{ voltio}} \right|$  dBV

**NOTAS**

- 1 Estas medidas se refieren a señales indeseadas no correlacionadas con la señal deseada. Por ejemplo, un sistema de señalización en corriente continua puede entregar en el trayecto longitudinal señales transversales indeseadas. De manera similar, a la salida de un amplificador pueden presentarse señales «de zumbido» longitudinales indeseadas, o un par de cable puede producir señales longitudinales indeseadas originadas por inducción o radiación.
- 2 Pueden utilizarse tensiones de referencia distintas de 1 voltio, por ejemplo, 0,755 V para 1 mW en 600 ohms (con la designación dB [3]).

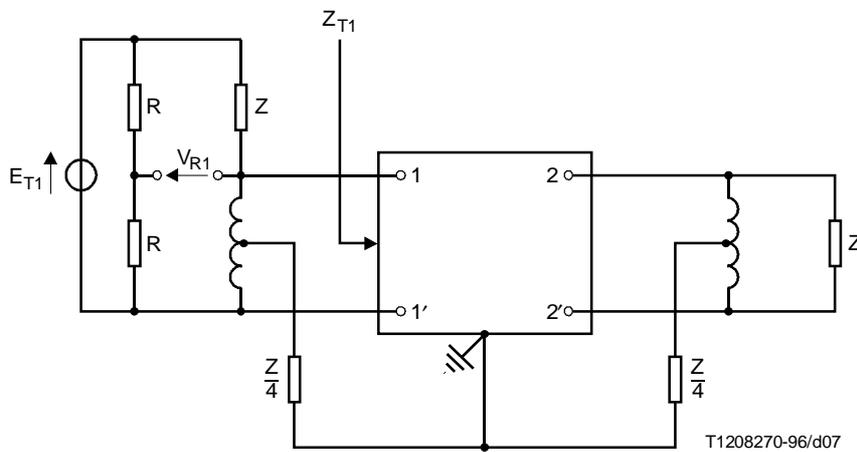
FIGURA 6/G.117

## 4.2 Cuadripolos

Los cuadripolos se ajustan a principios similares a los descritos para los dipolos, con la salvedad de que en este caso las señales pueden transferirse de un acceso al otro. Los dos accesos se distinguen por los subíndices 1/1' por un extremo y 2/2' para el otro. Hay dos tipos de medidas:

- medidas en las que la excitación y la respuesta se encuentran en el mismo lado del cuadripolo. Si bien ya se han definido para los dipolos, estas medidas llevarán un simple subíndice 1/1' ó 2/2', según el caso;
- medidas en las que la excitación y la respuesta se encuentran en lados opuestos de la red. La designación comprenderá el término transferencia y el símbolo llevará dos subíndices, cuyo orden indicará el sentido de transmisión.

### 4.2.1 Coeficientes (pérdidas de retorno) de reflexión transversal (véase la Figura 7)



$$\text{Coeficiente de reflexión transversal en el caso } 1/1' = \rho_1 = \frac{Z - Z_{T1}}{Z + Z_{T1}} = \frac{2V_{R1}}{E_{T1}}$$

y

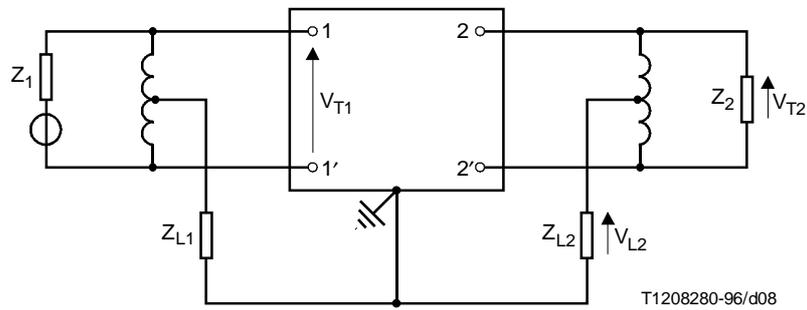
$$\text{Pérdida de retorno transversal en el acceso } 1/1' (\text{TRL}_1) = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho_1} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{E_{T1}}{2V_{R1}} \right| \text{ dB}$$

y, de forma similar, para el caso 2/2' (TRL<sub>2</sub>)

NOTA –  $Z_{T1}$  es la impedancia presentada por el acceso 1/1' cuando el acceso 2/2' se termina con un puente de prueba en la forma indicada.

FIGURA 7/G.117

**4.2.2 Relaciones (atenuaciones) de transferencia transversal y relaciones (atenuaciones) de transferencia de conversión** (véase la Figura 8)



Relación de transferencia transversal de 1 hacia 2 =  $g_{12} = \frac{V_{T2}}{V_{T1}}$

y

Atenuación de transferencia transversal de 1 hacia 2 (TTL<sub>12</sub>) =  $20 \log_{10} \left| \frac{1}{g_{12}} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{V_{T1}}{V_{T2}} \right|$  dB

Relación de transferencia de conversión transversal de 1 hacia 2 =  $t_{12} = \frac{V_{L2}}{V_{T1}}$

y

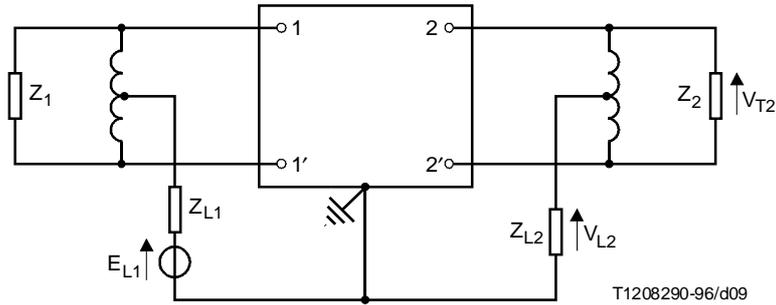
Atenuación de transferencia de conversión transversal de 1 hacia 2 (TCTL<sub>12</sub>) =  $20 \log_{10} \left| \frac{1}{t_{12}} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{V_{T1}}{V_{L2}} \right|$  dB

Intercambiando 1 y 2 se obtiene la definición de las relaciones de transferencia TCTL para el otro sentido de transmisión.

NOTA –  $Z_1$  y  $Z_2$  son las impedancias de terminación conectadas al acceso de entrada y/o salida, respectivamente, del elemento probado.  $Z_1$  y  $Z_2$  están por lo general dentro de  $\pm 25\%$  del valor nominal de la impedancia del acceso al que están conectadas. Si las medidas se efectúan a través de accesos de entrada de alta impedancia, deberá conectarse una impedancia  $Z_1$  adicional al acceso de entrada 1/1'. Las impedancias longitudinales  $Z_{L1}$  y  $Z_{L2}$  son nominalmente iguales a  $Z_1/4$  y  $Z_2/4$ , respectivamente. No obstante, pueden utilizarse valores diferentes. Esto puede ser necesario para simular más adecuadamente las condiciones de funcionamiento del elemento probado. En tales casos, el valor de  $Z_{L1}$  y/o  $Z_{L2}$  se especificará en la Recomendación relativa al elemento probado.

FIGURA 8/G.117

**4.2.3 Relaciones (atenuaciones) de transferencia longitudinal y relaciones (atenuaciones) de transferencia de conversión** (véase la Figura 9)



Relación de transferencia longitudinal de 1 hacia 2 =  $m_{12} = \frac{V_{L2}}{E_{L1}}$

y

Atenuación de transferencia longitudinal de 1 hacia 2 ( $LTL_{12}$ ) =  $20 \log_{10} \left| \frac{1}{m_{12}} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{E_{L1}}{V_{L2}} \right|$  dB

Relación de transferencia de conversión longitudinal de 1 hacia 2 =  $h_{12} = \frac{V_{T2}}{E_{L1}}$

y

Atenuación de transferencia de conversión longitudinal de 1 hacia 2 ( $LCTL_{12}$ ) =  $20 \log_{10} \left| \frac{1}{h_{12}} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{E_{L1}}{V_{T2}} \right|$  dB

Intercambiando los accesos 1/1' y 2/2' se obtienen las definiciones para las relaciones y atenuaciones de transferencia  $LTL_{21}$  y  $LCTL_{21}$  para el otro sentido de transmisión.

**NOTAS**

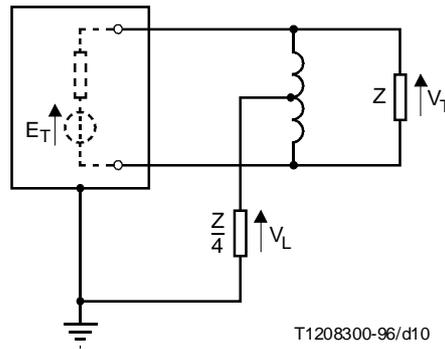
- 1 En otras Recomendaciones, esta medida se denomina *asimetría de impedancia con respecto a tierra*.
- 2 La definición de estas magnitudes en términos de la mitad de la fuerza electromotriz en circuito abierto hubiese estado más en consonancia con la teoría tradicional de la transmisión. Sin embargo, las Recomendaciones del UIT-T relativas a parámetros de simetría que comprenden una excitación longitudinal están expresadas ya en términos de la fuerza electromotriz en circuito abierto. No se considera útil introducir una «discrepancia» de 6 dB entre la práctica existente y estas nuevas definiciones.
- 3  $Z_1$  y  $Z_2$  son las impedancias conectadas en paralelo al acceso de entrada y/o salida, respectivamente, del elemento probado.  $Z_1$  y  $Z_2$  están por lo general dentro de  $\pm 25\%$  del valor nominal de la impedancia del acceso al que están conectadas. Si las medidas se efectúan a través de accesos de entrada de alta impedancia, deberá conectarse una impedancia  $Z_1$  adicional entre los accesos 1/1'. Las impedancias longitudinales  $Z_{L1}$  y  $Z_{L2}$  son nominalmente iguales a  $Z_1/4$  o  $Z_2/4$  respectivamente. No obstante, pueden utilizarse valores diferentes. Esto puede ser necesario para simular adecuadamente las condiciones de funcionamiento del elemento probado. En tales casos, el valor de  $Z_{L1}$  y/o  $Z_{L2}$  se especificará en la Recomendación relativa al elemento probado.

FIGURA 9/G.117

### 4.3 Dispositivos generadores de señales

Además de las seis medidas con dipolos ya definidas, es necesaria una medida suplementaria para controlar el valor de la señal indeseada correlacionada con la señal deseada proporcionada por el dispositivo al circuito a que está conectado. Se trata de la medida de la relación (atenuación) de simetría de las señales de salida.

#### 4.3.1 Relación (atenuación) de simetría de las señales de salida (véase la Figura 10)



$$\text{Relación de simetría de las señales de salida, } b = \frac{V_L}{V_T}$$

y

$$\text{Atenuación de simetría de las señales de salida (OSB)} = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{b} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{V_T}{V_L} \right| \text{ dB}$$

#### NOTAS

- 1 Esta medida es una versión generalizada de los valores a que se hace referencia como asimetría de la f.e.m. de salida.
- 2 Esta medida también está relacionada de forma en cierto modo indirecta y complicada con los coeficientes de sensibilidad para las inducciones electromagnética y electrostática definidos en [2] si se considera el par de cable como una fuente simultánea de transversales correlacionadas con las tensiones longitudinales inducidas.
- 3 El equipo sometido a prueba proporciona por sí mismo la fuente de señal. De ahí que no se requiera generador separado.
- 4 La definición se refiere en particular a los generadores de señales transversales (por ejemplo, osciladores de transmisión), pero puede ampliarse fácilmente al caso de un generador de señales longitudinales (por ejemplo, un sistema de señalización de baja frecuencia utilizando el circuito fantasma con vuelta por tierra). En este caso, se podrá invertir la relación de forma que la expresión en decibelios siga siendo positiva.
- 5 Los otros valores (pérdida de retorno, atenuación de conversión longitudinal, atenuación de impedancia longitudinal y las tensiones de salida transversal y longitudinal no correlacionadas) se tienen que medir selectivamente a fin de obtener sus valores en condiciones de funcionamiento.

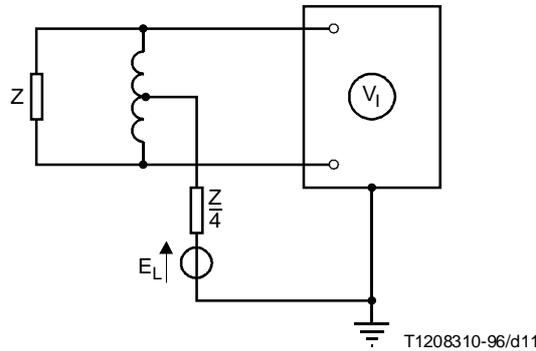
FIGURA 10/G.117

#### 4.4 Dispositivos receptores de señales

Además de las seis medidas con dipolos ya definidas, son necesarias medidas suplementarias en el caso de los dispositivos receptores de señales para controlar su sensibilidad a las señales indeseadas. Hay dos casos importantes. En primer lugar, existen dispositivos receptores en los que la respuesta es una función continua y lineal del nivel de la señal deseada, por ejemplo, la indicación de un medidor de nivel. En este caso, las señales indeseadas producen una *imprecisión*.

En otros tipos de dispositivos receptores, como modems de datos, medidores de la distorsión de retardo de grupo y receptores de señalización, las señales indeseadas son causa de errores o de *funcionamiento defectuoso*. Se definen dos tipos de medida suplementaria.

##### 4.4.1 Relación (atenuación) de interferencia longitudinal de entrada (véase la Figura 11)



$$\text{Relación de interferencia longitudinal de entrada, } s = \frac{V_I}{E_L}$$

y

$$\text{Atenuación de interferencia longitudinal de entrada} = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{s} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{E_L}{V_I} \right| \text{ dB}$$

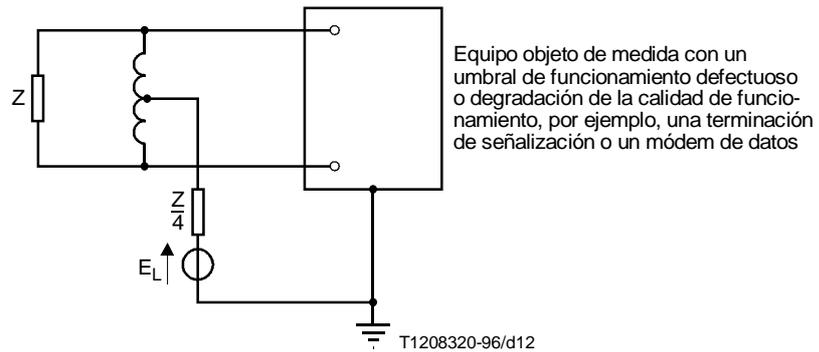
donde  $V_I$  es la tensión indicada por el aparato de medida sometido a prueba.

#### NOTAS

- 1 Esta medida es una versión generalizada de los valores a que se hace referencia como relación de simetría de las señales de un receptor (Recomendación O.41 [4]).
- 2 El aparato de medida proporciona por sí mismo una de las tensiones requeridas por la definición.
- 3 Esta medida está relacionada con la conocida *relación de rechazo de modo común*, pero no de forma sencilla. En particular, la diferencia no es de 6 dB. Ello se debe a que, cuando se mide la relación de rechazo longitudinal, los terminales transversales de entrada se hallan en cortocircuito y no existe ninguna señal transversal que provoque eventuales señales longitudinales adicionales a través de la asimetría de la impedancia de entrada.
- 4 Podría ampliarse el concepto para que abarcase los receptores que responden linealmente a señales longitudinales interferidas por señales transversales. En este caso, la denominación sería relación (atenuación) de interferencia *transversal* de entrada con una disposición de circuito correspondientemente diferente.

FIGURA 11/G.117

#### 4.4.2 Tensión (nivel) umbral de interferencia longitudinal (véase la Figura 12)



Tensión umbral de interferencia longitudinal =  $E_L$

y

$$\text{Nivel umbral de interferencia longitudinal} = 20 \log_{10} \left| \frac{E_L}{1 \text{ voltio}} \right| \text{ dBV,}$$

donde  $E_L$  es la tensión a la que se comienza a producir el funcionamiento defectuoso del aparato de prueba.

#### NOTAS

- 1 Pueden emplearse tensiones de referencia distintas de 1 voltio, por ejemplo, 0,775 V para 1 mW en 600 ohmios (con la designación dB [3]).
- 2 Sería conveniente definir el «funcionamiento defectuoso» o la magnitud de la degradación de la calidad de funcionamiento. En el caso de un módem de datos, podría expresarse en función de la tasa de error.
- 3 La tensión umbral podría especificarse como un valor cuadrático medio, o como una tensión impulsiva medida por un contador de impulsos, o en función de su forma de onda (por ejemplo, cuadrada, triangular).
- 4 El concepto podría ampliarse para abarcar las señales transversales indeseadas que afectan el funcionamiento de receptores longitudinales, con los cambios adecuados en el circuito de prueba y en la designación.

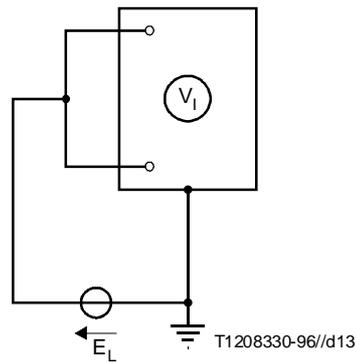
FIGURA 12/G.117

## 5 Otras definiciones de medidas

### 5.1 Relación de rechazo de modo común

Esta es otra magnitud adecuada para los receptores de señales y se mide con arreglo al principio ilustrado en la Figura 13, con los terminales de entrada en cortocircuito y alimentados simultáneamente.

Es claro que esta medida es similar a la medida de la relación de interferencia longitudinal, pero como no hay ninguna señal transversal (debido al cortocircuito), no se activa, dentro del elemento medido, ningún mecanismo de conversión longitudinal/transversal. En general, no existe ninguna relación sencilla entre las dos medidas, como puede comprobarse con el aparato de medida ilustrado en la Figura 14 en el que la impedancia de entrada es asimétrica y las relaciones de ganancia de las dos mitades del amplificador diferencial son también algo diferentes. Si el valor de  $\epsilon$  es el de la Figura 14 y  $\Delta \ll 1$ , los diversos parámetros son los indicados. Esto supone que la relación de rechazo de modo común no alcanza un valor doble al de la relación de interferencia longitudinal de entrada, es decir, no existe una diferencia de 6 dB entre sus valores expresados en decibelios.



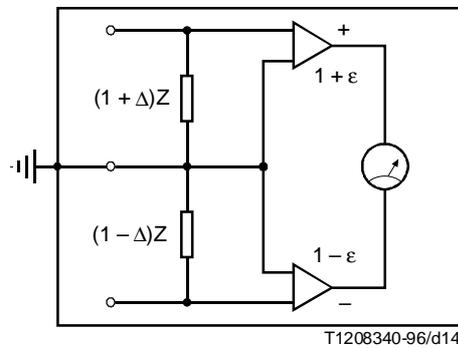
$$\text{Relación de rechazo de modo común} = \left| \frac{E_L}{V_I} \right|$$

y

$$\text{Rechazo de modo común} = 20 \log_{10} \left| \frac{E_L}{V_I} \right| \text{ dB}$$

NOTA –  $V_I$  es la tensión indicada por el aparato de medida sometido a prueba.

FIGURA 13/G.117



$$\text{Relación de rechazo de modo común} = 2\varepsilon$$

$$\text{Relación de interferencia longitudinal de entrada} = \varepsilon + \frac{\Delta}{2} \quad (\varepsilon, \Delta \ll 1)$$

$$\text{Relación de impedancia longitudinal} = 0,5 \quad (\Delta \ll 1)$$

$$\text{Relación de conversión longitudinal} = \frac{\Delta}{2} \quad (\Delta \ll 1)$$

FIGURA 14/G.117

**Aparato de medida en el que existen tanto una asimetría pasiva como una asimetría activa interna**

## Anexo A

### Aspectos de la conversión de señales longitudinales a señales transversales en puertos analógicos en algunos casos prácticos

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación)

#### A.1 Introducción

A veces los cables de telecomunicaciones tienen que atravesar zonas con fuertes campos electromagnéticos perturbadores que pueden crear señales longitudinales significativas a lo largo de los cables. En telefonía en banda vocal, la técnica habitual es utilizar cables y equipos muy simétricos para suprimir suficientemente la conversión de señales longitudinales a transversales. En general, los cables tienen un grado de simetría mucho mayor que el obtenido para los equipos terminales. El factor determinante reside en consecuencia en las propiedades del equipo terminal, es decir, la simetría con respecto a tierra del puerto que está conectado al cable.

Las propiedades de simetría de un puerto de equipo se pueden expresar de muchas maneras. Al parecer, el parámetro más comúnmente utilizado es la «atenuación de conversión longitudinal» (LCL). En la cláusula 2 figura la definición general de la atenuación LCL que, en principio, se aplica a todos los casos. Sin embargo, en las *especificaciones de equipo*, la atenuación LCL se suele considerar como un valor que se obtiene en una configuración de medida específica, representada en la Figura 4, en la que la impedancia transversal de terminación  $Z$  es una impedancia resistiva de 600 ohmios y la impedancia longitudinal de la fuente  $Z/4$  es una impedancia resistiva de 150 ohmios.

La ventaja de esta última definición es que la atenuación LCL se obtiene de una forma claramente definida y que su valor da una indicación general sobre la simetría del puerto de acceso con respecto a tierra. Sin embargo, la configuración de la Figura 4 no representa muy bien a casos prácticos de forma realista:

- 1) Actualmente, la impedancia transversal de terminación no es siempre una impedancia resistiva de 600 ohmios, y puede ser una impedancia compleja como la que figura, por ejemplo, en la Recomendación Q.552.
- 2) La impedancia longitudinal de la fuente es resistiva únicamente en casos excepcionales y responde más bien a una capacitancia alta.

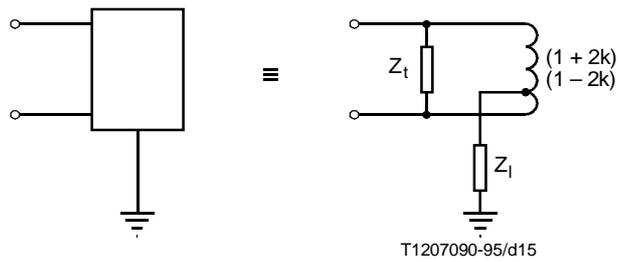
Por consiguiente, cuando sea necesario un análisis más preciso de la conversión real de longitudinal a transversal, se utilizará una configuración de medida especial que simule las condiciones reales, o se efectuará un análisis más detallado del circuito, o ambos a la vez. A continuación, se efectuará ese análisis a fin de ilustrar la diferencia entre una atenuación LCL medida y la atenuación LCL de conversión real.

Para distinguir ambos casos, se llamará  $LCL_m$  a la atenuación de conversión longitudinal medida en el puente de medida de 600/150 ohmios y  $LCL_c$  a la atenuación de conversión longitudinal en el circuito real.

#### A.2 Cálculo de la atenuación de conversión longitudinal

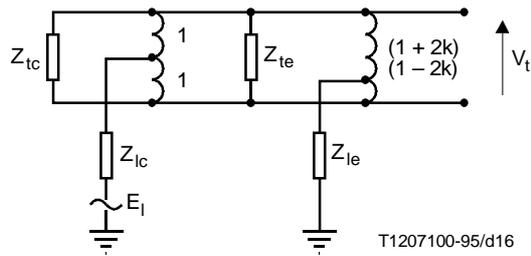
Las propiedades de asimetría del puerto de un equipo o de una red pueden describirse de muchas maneras mediante circuitos equivalentes. El circuito representado en la Figura A.1, que emplea una bobina de choque ideal con una derivación, se utiliza aquí porque conduce a expresiones simples. (El factor  $k$  es una medida del grado de asimetría.)

Este tipo de circuito equivalente puede utilizarse a la vez para el circuito (cable o puente de medida), que introduce la tensión longitudinal y para el equipo de terminación, como en la Figura A.2. (Se supone que el cable y el puente de medida son perfectamente simétricos.)



$Z_t$  Impedancia transversal  
 $Z_l$  Impedancia longitudinal  
 $k$  Factor de conversión transversal

FIGURA A.1/G.117  
**Circuito equivalente para la asimetría con respecto a tierra en un puerto**



$Z_{te}, Z_{le}$  Impedancia transversal del equipo con respecto a la impedancia longitudinal  
 $Z_{tc}, Z_{lc}$  Impedancia transversal del cable o puente de medida con respecto a la impedancia longitudinal

FIGURA A.2/G.117  
**Circuito equivalente para la conversión de la tensión longitudinal  $E_l$  a la tensión transversal  $V_t$**

Utilizando el circuito equivalente se obtiene la siguiente expresión para la atenuación de conversión longitudinal  $LCL_c$  en el caso general:

$$LCL_c = 20 \cdot \lg \left| \frac{1}{k} \left\{ (Z_{lc} + Z_{le}) \cdot \left( \frac{1}{Z_{tc}} + \frac{1}{Z_{te}} \right) + k^2 \right\} \right| \text{ dB} \quad (\text{A-1})$$

Obsérvese que esta ecuación es válida para todos los valores de  $k$ , es decir, incluso si el puerto es totalmente asimétrico. Sin embargo, en general, el equipo de terminación está razonablemente equilibrado, es decir que  $k$  es pequeña, de modo que la ecuación A-1 puede simplificarse de la siguiente manera:

$$LCL_c = 20 \cdot \lg \left| \frac{1}{k} (Z_{lc} + Z_{le}) \cdot \left( \frac{1}{Z_{tc}} + \frac{1}{Z_{te}} \right) \right| \text{ dB} \quad (\text{A-2})$$

En la configuración de medida para la atenuación de conversión longitudinal tenemos:

$$Z_{lc} = 150 \text{ ohmios}; \quad Z_{tc} = 600 \text{ ohmios}; \quad (\text{A-3})$$

de modo que:

$$LCL_m = 20 \cdot \lg \left| \frac{1}{k} (150 + Z_{le}) \cdot \left( \frac{1}{600} + \frac{1}{Z_{te}} \right) \right| \text{ dB} \quad (\text{A-4})$$

### A.3 Diferencia entre $LCL_c$ y $LCL_m$ en un caso práctico (dos ejemplos)

Se supone que el circuito perturbador es un cable de abonado, perfectamente simétrico, y que el equipo de terminación es el puerto de entrada analógico de una central digital. El equipo terminal tiene una ligera asimetría con respecto a tierra.

La impedancia transversal del equipo  $Z_{te}$  es compleja y puede representarse con una resistencia de 275 ohmios en serie con una combinación en paralelo de una resistencia de 780 ohmios y una capacitancia de 150 nF. Esta impedancia corresponde bastante bien a la impedancia transversal de entrada del circuito de cable, con lo que  $Z_{tc} = Z_{te}$ .

Se supone que la impedancia longitudinal del equipo  $Z_{le}$  es resistiva de 300 ohmios.

En el primer ejemplo, el cable termina en un aparato telefónico con una impedancia longitudinal muy alta con respecto a tierra. Por lo tanto, la impedancia longitudinal de entrada  $Z_{lc}$  del circuito, es decir, el cable, puede representarse con una capacitancia  $C_s$  en serie con una pequeña resistencia. En este caso,  $C_s = 500$  nF y  $R_s = 75$  ohmios son los valores elegidos por ser típicos de una línea de abonado.

En el segundo ejemplo, la línea de abonado termina en un equipo, perfectamente simétrico, pero con una impedancia longitudinal muy baja con respecto a tierra. Por lo tanto,  $Z_{lc}$  puede considerarse como una resistencia pura, tres veces superior a la del primer caso, es decir  $Z_{lc} = 225$  ohmios.

La diferencia ( $LCL_c - LCL_m$ ) en ambos casos se muestra, respectivamente, en las Figuras A.3 y A.4.

Primer ejemplo, alta impedancia longitudinal con respecto a tierra en el extremo distante.

Segundo ejemplo, baja impedancia longitudinal con respecto a tierra en el extremo distante.

### A.4 Aclaración adicional sobre la atenuación de conversión longitudinal

Se ha efectuado un análisis más completo acerca de las diferencias LCL entre la atenuación de conversión longitudinal real y la conversión de atenuación longitudinal en los dispositivos de medida. Las conclusiones más destacables son:

- 1) La diferencia entre la atenuación de conversión longitudinal en el dispositivo de medida y la real es más bien independiente de la impedancia de entrada terminal y, por lo tanto, este análisis es aplicable a la práctica totalidad de las impedancias de entrada que presenta una central, incluida la de 600 ohmios y 900 ohmios + 2,16  $\mu$ F.
- 2) La diferencia entre la atenuación de conversión longitudinal real y la atenuación de conversión longitudinal obtenida en el dispositivo de medida se ve compensada por el hecho de que a bajas frecuencias los límites de la atenuación LCL son más pequeños, tal como se indica en la Recomendación Q.553. En dicha Recomendación se establece un valor de atenuación LCL mínimo de 40 dB en la banda de frecuencias de 300 Hz a 600 Hz y de 46 dB en la de 600 Hz a 3400 Hz.

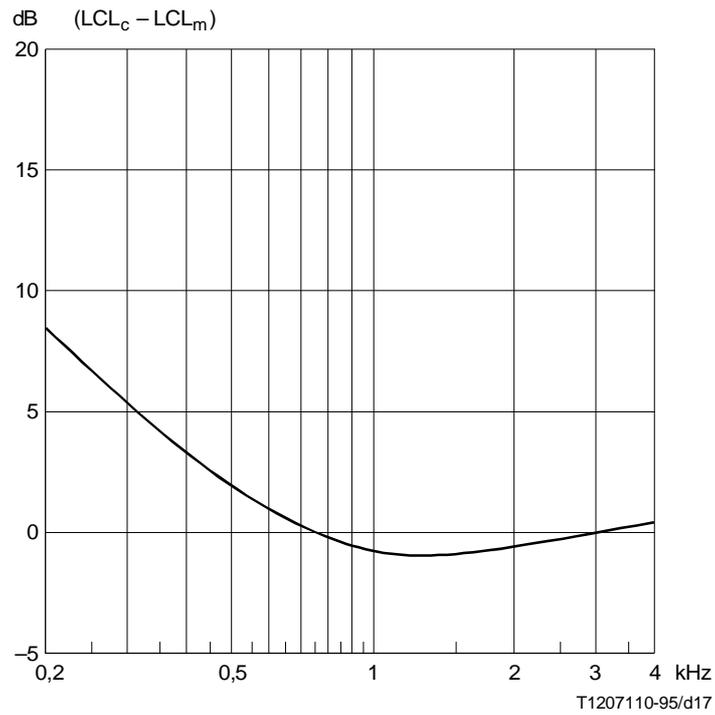


FIGURA A.3/G.117

**Diferencia entre la atenuación de conversión longitudinal LCL<sub>c</sub> real y la LCL<sub>m</sub> medida en el puente de medida normalizado**

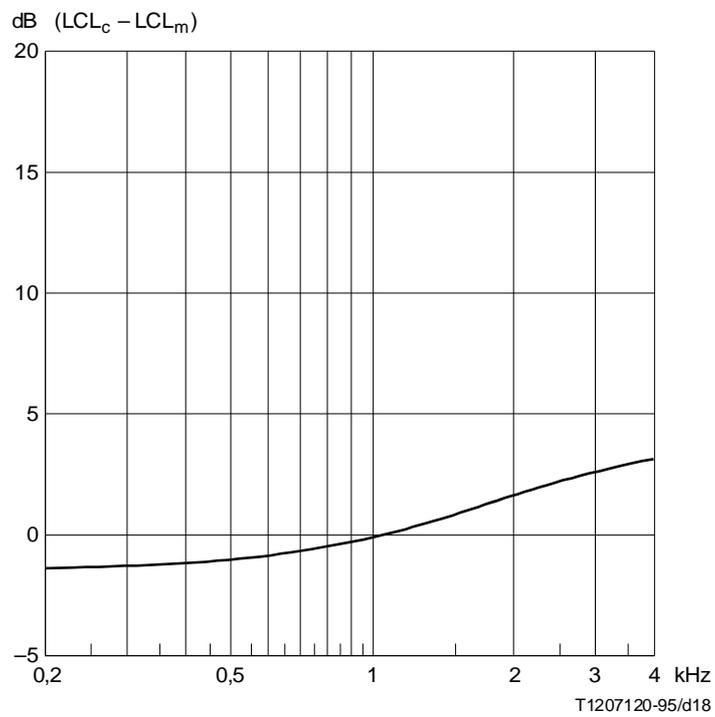


FIGURA A.4/G.117

**Diferencia entre la atenuación de conversión longitudinal LCL<sub>c</sub> real y la LCL<sub>m</sub> medida en el puente de medida normalizado**

## Referencias

- [1] Recomendación O.9 del CCITT (1988), *Configuraciones de medida para evaluar el grado de simetría con respecto a tierra.*
- [2] *Directrices del CCITT sobre la protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas de energía eléctrica y de las líneas ferroviarias electrificadas* (Ginebra, 1990).
- [3] Recomendación UIT-R V.574 (1990), *Uso del decibelio y del neperio en telecomunicaciones*, Vol. XIII.
- [4] Recomendación UIT-T O.41 (1994), *Sofómetro para uso de circuitos de tipo telefónico.*