



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

# UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

# G.175

(04/97)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –  
Circuitos especiales y conexiones de la red de  
conexiones telefónicas internacionales – Aspectos del  
plan de transmisión

---

**Planificación de la transmisión en la  
interconexión de redes privadas con redes  
públicas para tráfico vocal**

Recomendación UIT-T G.175

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

RECOMENDACIONES DE LA SERIE G DEL UIT-T  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
Definiciones generales	G.100–G.109
Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa	G.110–G.119
Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales	G.120–G.129
Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.130–G.139
Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional	G.140–G.149
Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.150–G.159
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia	G.160–G.169
<b>Circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales – Aspectos del plan de transmisión</b>	<b>G.170–G.179</b>
Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión	G.180–G.189
Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión	G.190–G.199
<b>SISTEMAS INTERNACIONALES ANALÓGICOS DE PORTADORAS</b>	
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATELITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN</b>	G.600–G.699
<b>SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DIGITAL</b>	
EQUIPOS TERMINALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## **RECOMENDACIÓN UIT-T G.175**

### **PLANIFICACIÓN DE LA TRANSMISIÓN EN LA INTERCONEXIÓN DE REDES PRIVADAS CON REDES PÚBLICAS PARA TRÁFICO VOCAL**

#### **Resumen**

La Recomendación G.171 (1988) "Aspectos del plan de transmisión de redes explotadas en forma privada" trata principalmente de las llamadas transmitidas totalmente por una red privada. Únicamente se facilita una orientación limitada para la interconexión de redes privadas y la RTPC pública.

Esta Recomendación trata de la interconexión digital de redes públicas RDSI/RTPC y redes privadas. La aplicación primordial se refiere a la calidad global de la transmisión vocal de señales telefónicas de 3,1 kHz de anchura de banda empleando aparatos telefónicos, con independencia de otros tipos de servicios (por ejemplo, facsímil y datos en la banda de frecuencias vocales) proporcionados por esas redes. Se pretende proporcionar orientaciones para la planificación de la transmisión no solamente para un operador de red determinado, sino también para las negociaciones entre los operadores de redes afectados.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.175 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 12 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 18 de abril de 1997.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la 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.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## 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.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido/no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 1997

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

### Página

1	Ámbito .....	1
2	Referencias normativas.....	1
3	Abreviaturas.....	2
4	Definiciones .....	3
4.1	red privada .....	3
4.2	red pública.....	3
4.3	elementos de red .....	4
4.4	tipos de tráfico .....	4
4.5	acceso a la red pública .....	4
4.5.1	acceso digital a la central local .....	4
4.5.2	acceso digital en jerarquías superiores (por ejemplo, central de tránsito).....	5
4.5.3	redes privadas virtuales (VPN).....	5
4.6	acceso a otras redes privadas .....	5
5	Configuraciones de referencia .....	5
6	Principios básicos de planificación.....	8
6.1	Método del factor de degradación del equipo.....	9
6.1.1	Valor de degradación total $I_{tot}$ .....	10
6.2	Modelo E.....	10
6.2.1	Cálculo del factor de índice de transmisión, $R$ .....	11
6.2.2	Relación señal/ruido básica, $R_o$ .....	12
6.2.3	Factor de degradación simultánea, $I_s$ .....	12
6.2.4	Factor de degradación del retardo, $I_d$ .....	13
6.2.5	Factor de degradación del equipo, $I_e$ .....	14
6.2.6	Factor de mejora, $A$ .....	15
6.2.7	Medidas de calidad deducidas del factor de índice de transmisión, $R$ .....	16
7	Método de planificación y límites.....	16
7.1	Método de planificación .....	17
7.2	Parámetros principales.....	18
7.3	Valor esperado de la calidad y límites superiores absolutos de la planificación .....	19
7.4	Empleo del modelo E.....	20
7.4.1	Parámetros de entrada.....	20
7.4.2	Ejecución de los cálculos.....	22
7.4.3	Valores por defecto.....	23

	<b>Página</b>
8 Utilización de compensadores de eco.....	23
Apéndice I – Bibliografía.....	24

## Recomendación G.175

# PLANIFICACIÓN DE LA TRANSMISIÓN EN LA INTERCONEXIÓN DE REDES PRIVADAS CON REDES PÚBLICAS PARA TRÁFICO VOCAL

(Ginebra, 1997)

## 1 Ámbito

Actualmente la mayoría de las Recomendaciones de la serie G se basan en configuraciones en las que la parte nacional de una conexión internacional termina, generalmente, en un único equipo telefónico analógico o en un terminal digital. Por consiguiente estas Recomendaciones no tienen en cuenta las PABX (*private automatic branch exchange*), centralita automática privada o las redes privadas. Sin embargo, las redes privadas modernas, sobre todo las de gran tamaño y/o que utilizan nuevas tecnologías, contribuirán en una cuantía específica y posiblemente sustancial a la calidad de transmisión global.

Esta Recomendación trata de la interconexión digital de redes públicas RDSI/RTPC y redes privadas. La aplicación primordial se refiere a la calidad global de la transmisión vocal de señales telefónicas de 3,1 kHz de anchura de banda empleando aparatos telefónicos, con independencia de otros tipos de servicios (por ejemplo, facsímil y datos en la banda de frecuencias vocales) proporcionados por esas redes. Se pretende proporcionar orientaciones para la planificación de la transmisión no solamente para un operador de red determinado, sino también para las negociaciones entre los operadores de redes afectados.

Para los fines de esta Recomendación únicamente se tienen en cuenta los trayectos de la llamada entre la red privada y las demás redes (privadas o públicas) que incluyen aparatos telefónicos u otros terminales de voz. Por consiguiente, quedan fuera de esta Recomendación la provisión de transconexiones entre dos interfaces con otras redes o trayectos de llamada entre dos terminales dentro de la misma red.

NOTA – Aunque en principio no se estudia aquí la planificación de conexiones internas y transconexiones de redes privadas, pueden utilizarse los métodos y reglas descritas en esta Recomendación para esas aplicaciones.

## 2 Referencias normativas

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- Recomendación UIT-T G.101 (1996), *Plan de transmisión*.
- Recomendación UIT-T G.113 (1996), *Degradaciones de la transmisión*.
- Recomendación UIT-T G.122 (1993), *Influencia de los sistemas nacionales en la estabilidad y el eco para la persona que habla en las conexiones internacionales*.
- Recomendación UIT-T G.165 (1993), *Compensadores de eco*.

- Recomendación UIT-T G.168 (1997), *Compensadores de eco para redes digitales.*
- Recomendación G.171 del CCITT (1988), *Aspectos de las redes de explotación privada relacionados con el plan de transmisión.*
- Recomendación G.703 del CCITT (1991), *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas.*
- Recomendación G.711 del CCITT (1988), *Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales.*
- Recomendación G.726 del CCITT (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) a 40, 32, 24, 16 kbit/s.*
- Recomendación G.727 del CCITT (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) jerarquizada con 5, 4, 3 y 2 bits/muestra.*
- Recomendación G.728 del CCITT (1992), *Codificación de señales vocales a 16 kbit/s utilizando predicción lineal con excitación de código de bajo retardo.*
- Recomendación UIT-T G.729 (1996), *Codificación de la voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada.*
- ETSI ETS 300 580-2 (5/94), *European digital cellular telecommunications system (Phase 2); Full Rate Speech Transcoding; (GSM 06.10).*
- ETSI ETS 300 581-2 (8/95), *European digital cellular telecommunications system; (Phase 2); Half Rate Speech Transcoding, (GSM 06.20).*
- ETSI ETS 300 726 (3/96), *European digital cellular telecommunications system; Enhanced Full Rate (EFR) Speech Transcoding; (GSM 06.60).*
- EIA/TIA/IS-54-B (4/92), *Cellular System Dual-Mode Mobile Station Base Station Compatibility Standard.*

### 3 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

ATM	Modo transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
DCME	Equipo de multiplicación de circuitos digitales ( <i>digital circuit multiplication equipment</i> )
ETSI	Instituto Europeo de Normalización de Telecomunicaciones ( <i>european telecommunication standards institute</i> )
GOB%	Porcentaje bueno o mejor ( <i>percentage good or better</i> )
ICP	Punto de conexión internacional ( <i>international connection point</i> )
LSTR	Índice del efecto local para el oyente ( <i>listener sidetone rating</i> )
MIC	Modulación por impulsos codificados
MOS	Nota media de opinión ( <i>mean opinion score</i> )
OLR	Índice de sonoridad global ( <i>overall loudness rating</i> )
PABX	Centralita privada automática ( <i>private automatic branch exchange</i> )
POW%	Porcentaje malo o peor ( <i>percentage poor or worse</i> )
qdu	Unidad de distorsión de cuantificación ( <i>quantizing distortion unit</i> )



RDSI	Red digital de servicios integrados
RLR	Índice de sonoridad en recepción ( <i>receiving loudness rating</i> )
RPV	Red privada virtual
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SLR	Índice de sonoridad en emisión ( <i>sending loudness rating</i> )
STMR	Índice de enmascamiento del efecto local ( <i>sidetone masking rating</i> )
TELR	Índice de sonoridad del eco para el hablante ( <i>talker echo loudness rating</i> )
WEPL	Pérdida del trayecto de eco ponderada ( <i>weighted echo path loss</i> )

## 4 Definiciones

### 4.1 red privada

El término "privada" se utiliza, generalmente, relacionado con varias PABX que forman una red, principalmente en una aplicación para un grupo de usuarios restringido. Al contrario, el término "pública" se utiliza, generalmente, para describir redes principales nacionales o regionales de telecomunicaciones que proporcionan servicios al público en general.

La siguiente lista, que especifica con más detalle la definición de una red privada se basa también en la hipótesis de que el trayecto de la llamada dentro de la red privada contribuye de una manera posiblemente importante a la degradación de la calidad global de la transmisión en aspectos tales como la atenuación, el tiempo de transmisión, el número de unidades de distorsión de cuantificación, etc.

El término "red privada" se define como sigue:

- 1) Está constituida, normalmente por más de un equipo de conmutación (PABX) interconectado mediante líneas privadas o arrendadas formando una red, con independencia de su estructura y jerarquía. Los equipos de conmutación y las líneas arrendadas pueden ser analógicos o digitales.
- 2) Proporciona funciones de conmutación y las demás características únicamente a un solo cliente o un grupo de clientes, pero no es accesible a cualquiera.
- 3) No hay ninguna limitación por su tamaño geográfico y no está restringida a la zona nacional ni hay límite del número de extensiones y puntos de acceso a otras redes.

Una red privada consta de centrales privadas locales que proporcionan interfaces para todos los tipos de elementos terminales y para elementos de transmisión con otras centrales privadas locales o de tránsito y centrales privadas de tránsito con interfaces para los elementos de transmisión con otras centrales privadas de tránsito o locales.

### 4.2 red pública

En esta Recomendación se emplea el término "red pública" para todas las redes que proporcionan sus funciones de conmutación y características no solamente a un grupo específico de usuarios, sino también al público en general. El término "pública" no está vinculado a la situación legal del operador de la red. Las redes públicas pueden estar limitadas en tamaño u ofrecer únicamente características y funciones de conmutación específicas.

Además, las redes públicas pueden proporcionar puntos de acceso únicamente en una zona geográfica específica. Desde el punto de vista de una conexión, las redes públicas son

fundamentalmente "redes de tránsito". Sin embargo, pueden también considerarse como una combinación de "redes de tránsito y de terminación" en aquellos casos en que el operador de la red pública proporcione también los equipos terminales tales como los aparatos telefónicos, PABX o características de PABX.

### **4.3 elementos de red**

Todos los componentes que forman una conexión pueden dividirse en tres grupos principales. En las configuraciones de referencia de las figuras 1 a 4, se muestran las interconexiones entre redes privadas y públicas. La red privada está constituida por elementos de terminal, elementos de conmutación y elementos de transmisión.

### **4.4 tipos de tráfico**

En el caso de algunas redes privadas deben tenerse en cuenta los "tipos principales de tráfico" a través de otras redes (principalmente redes públicas) para un posible valor elevado de las degradaciones permitidas dentro de la red privada. La inclusión del tipo de tráfico externo en la planificación permite al planificador -siempre que ello sea posible- ampliar los límites de los parámetros específicos (por ejemplo, tiempo de transmisión) dentro de la red privada, lo que conlleva un diseño más económico de la red.

Como distinción básica para el tráfico cursado por las redes públicas pueden distinguirse tres tipos diferentes a los efectos de la planificación y con relación al grado de degradaciones de la transmisión. Con referencia al elemento de conmutación (central local) de la red pública que proporciona el acceso a la red privada, *el tráfico local* significa todas las conexiones en la red pública local o en una zona geográfica restringida de la red pública.

Un segundo tipo de tráfico es el *tráfico de llamadas nacionales interurbanas*, que designa todas las llamadas que se producen en la totalidad de la superficie de un país. Generalmente esta superficie es idéntica a la zona de cobertura de la red o redes públicas principales de este país.

Por último deben tenerse en cuenta las *llamadas internacionales* ya que, en la mayoría de los casos, producen mayores degradaciones de la transmisión que las llamadas nacionales.

La distinción entre estos tipos de tráfico puede soportar negociaciones entre operadores de redes privadas y públicas no solamente para el reparto de las degradaciones de la transmisión, sino también en relación con otros aspectos técnicos tales como la inserción correcta de los compensadores de eco, la utilización de ATM con nodos en distintas redes, etc.

### **4.5 acceso a la red pública**

Entre otras cosas, el tipo de acceso a una red pública puede también tener influencia en la planificación de la transmisión de la red privada y puede ser útil para las negociaciones entre operadores de red. En este contexto la palabra "acceso" se refiere no solamente a las características físicas de las interfaces entre las redes públicas y privadas sino también al punto de acceso con respecto a la jerarquía de la red pública y a las facilidades adicionales que la red pública proporciona a las redes privadas. Para redes privadas de gran dimensión el punto de acceso no tiene porque ser idéntico a los accesos de los abonados aislados. De conformidad con el objeto de esta Recomendación únicamente se consideran interfaces digitales para el acceso a las redes públicas.

#### **4.5.1 acceso digital a la central local**

En la mayoría de los casos el acceso a la red pública se efectuará a través de una central local o un elemento de conmutación similar de la misma jerarquía de la red pública que preste servicio a la zona del elemento de conmutación respectivo de la red privada. Las características físicas de estas

interfaces digitales cumplirán las estructuras de trama y velocidades binarias habituales y normalizadas, tales como las que se describen en la Recomendación G.703.

#### **4.5.2 acceso digital en jerarquías superiores (por ejemplo, central de tránsito)**

En el caso de redes privadas amplias y complejas con un elevado número de canales de acceso a la red pública, puede ser conveniente para los operadores de ambas redes privada y pública efectuar el acceso a la red pública a un nivel jerárquico superior (por ejemplo, una central de tránsito), puenteando la central local. Esto puede realizarse para la totalidad de los canales de acceso o únicamente para aquellos canales que transporten exclusivamente tráfico internacional o interurbano. En ambas aplicaciones pueden emplearse como medios de transmisión interfaces físicas a elevadas velocidades binarias y fibras ópticas.

#### **4.5.3 redes privadas virtuales (VPN)**

En este contexto, el significado del término red privada virtual (VPN, *virtual private network*) está relacionado con la característica en virtud de la cual se establecen las conexiones entre dos elementos de conmutación de la red privada mediante elementos de transmisión y de conmutación de una red pública sobre una base "por demanda" en lugar de mediante líneas fijas alquiladas. Para los fines de la planificación, debe considerarse ese tipo de encaminamiento como parte de la red privada teniendo en cuenta que las degradaciones de una VPN pueden variar de unas conexiones a otras al contrario de lo que sucede con las líneas fijas alquiladas.

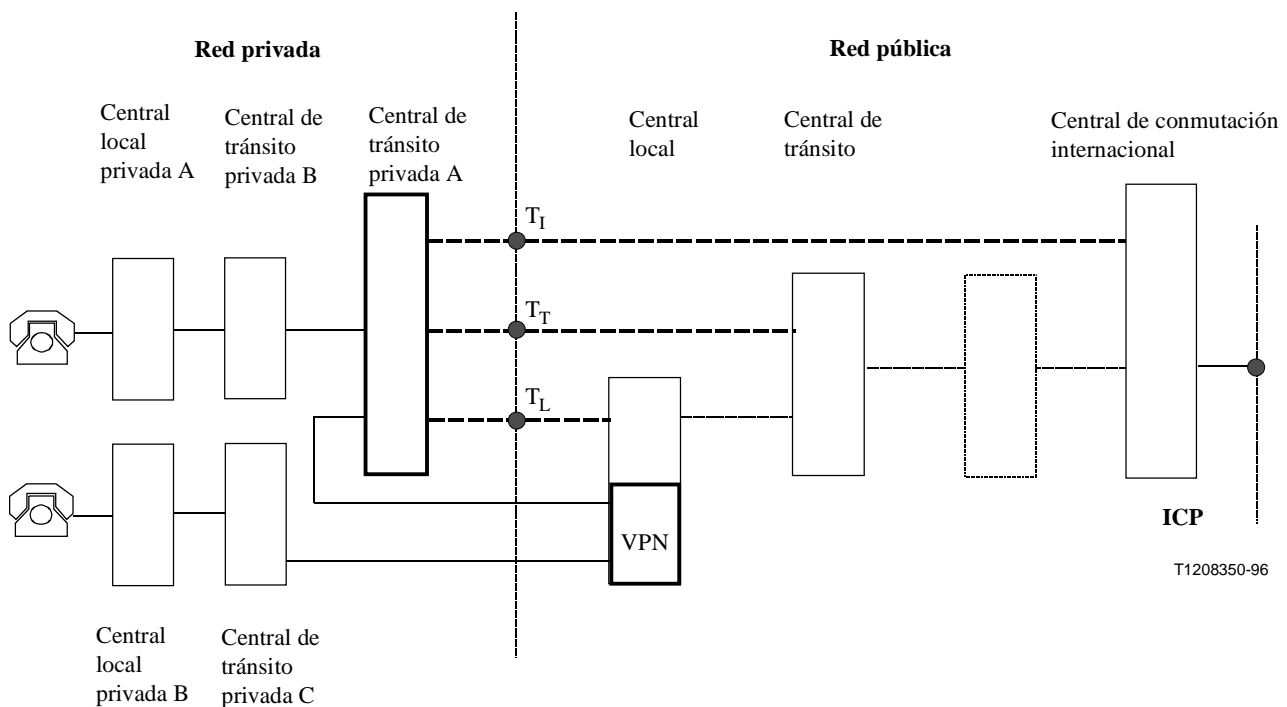
#### **4.6 acceso a otras redes privadas**

La consideración del acceso a otra red privada exige identificar con claridad si existe de hecho una distinción entre esas dos redes con respecto a la definición de red privada en 4.1, o si esas redes deben considerarse para la planificación de la transmisión como una sola red. Las orientaciones de planificación que se ofrecen en la presente Recomendación pueden ser también interesantes en esos casos cuando únicamente se emplea la interconexión para las llamadas entre esas dos redes sin ningún encaminamiento por una red pública.

Si bien para el acceso a las redes públicas se emplean habitualmente interfaces y puntos de acceso normalizados, en el caso de interconexión entre redes privadas diferentes es necesario tener presente una mayor variedad de características físicas en lo que concierne a las estructuras de trama, velocidades binarias y medios de transmisión utilizados. Para la planificación de la transmisión es importante conocer si la interconexión se va a efectuar directamente o a través de un elemento de transmisión adicional (tal como una línea alquilada, un enlace radioeléctrico o por satélite, etc.) que contribuye con degradaciones adicionales.

### **5 Configuraciones de referencia**

Debido a la gran variedad de jerarquías, estructuras, encaminamientos y número y tipos de elementos de red de una red privada, cada conexión investigada conducirá a una configuración de referencia distinta. Por consiguiente, no es posible establecer una única figura básica para la tarea global de la planificación de una red privada. Las figuras 1 a 4 deben considerarse únicamente como ejemplos utilizados principalmente para las definiciones de esta Recomendación.



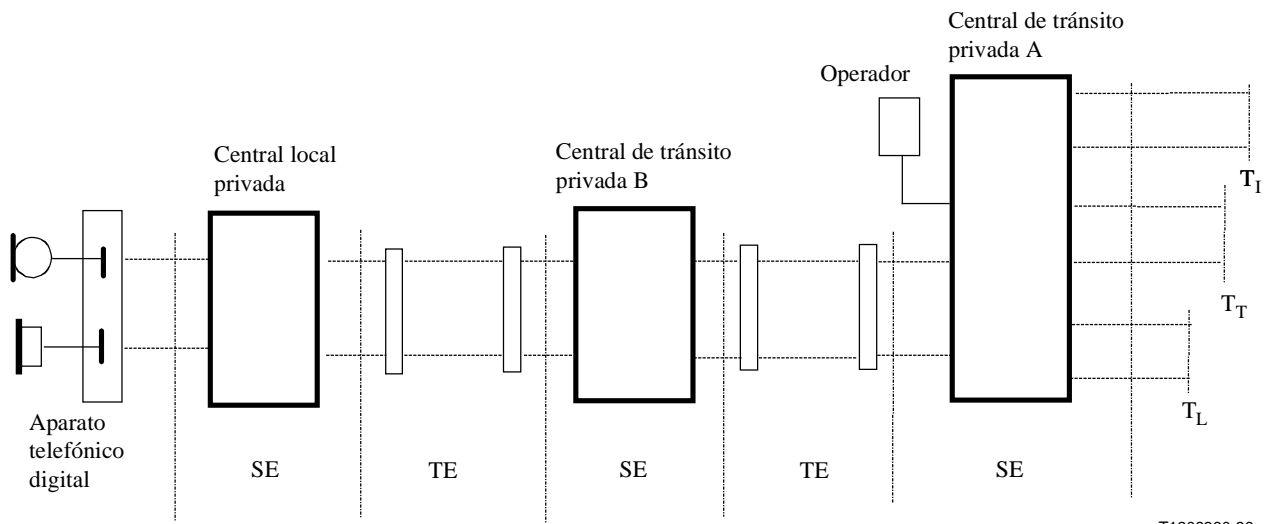
- ICP      Punto de conexión internacional
- $T_L$     Punto de acceso a la central local de la red pública
- $T_T$     Punto de acceso a la central de tránsito de la red pública
- $T_I$     Punto de acceso al centro de conmutación internacional
- VPN     Red privada virtual

**Figura 1/G.175 – Configuración de referencia básica para la interconexión entre una red privada y una red pública**

En la figura 1 se muestra la configuración de referencia básica para la interconexión entre una red pública y una red privada. La red privada contiene centrales de tránsito y locales con sus terminales. La red pública únicamente se representa hasta el punto de conexión internacional de una central de conmutación internacional.

Se supone que las degradaciones admitidas entre los puntos de acceso para las llamadas en la red nacional se reparten por igual con referencia al punto de conexión internacional (ICP, *international connection point*) que se considerará como centro virtual de la red pública. Como las llamadas pueden terminar en ambos lados de las redes privadas de la misma configuración, parece suficiente dibujar la figura 1 de esta forma sencilla. Desde el punto de vista de la planificación, la red privada se divide también en centrales locales y centrales de tránsito de nivel superior, de forma similar a la red pública. Se supone que la interconexión entre las redes privada y pública tiene lugar en tres configuraciones diferentes. El acceso  $T_L$  representa la interconexión normalizada con la central local de la red pública. Los otros tipos de acceso denominados  $T_T$  y  $T_I$  puentean la central local e ingresan en la red pública a un nivel jerárquico superior, ya sea en una central de tránsito o, directamente, acceden a la central de conmutación internacional.

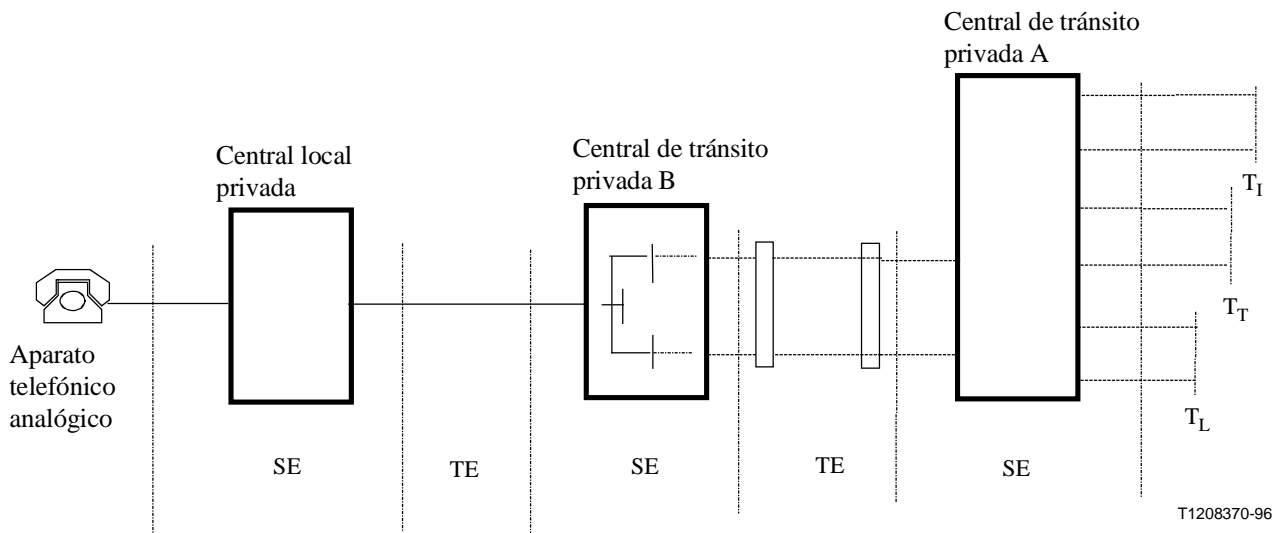
En las figuras 2 a 4 se presentan con más detalle algunos ejemplos de configuraciones posibles en la red privada junto con diferentes tipos de acceso a la red pública.



T1208360-96

- T<sub>L</sub> Punto de acceso digital a la central local
- T<sub>T</sub> Punto de acceso digital a la central de tránsito
- T<sub>I</sub> Punto de acceso digital al centro de conmutación internacional
- SE Equipo de conmutación
- TE Elemento de transmisión

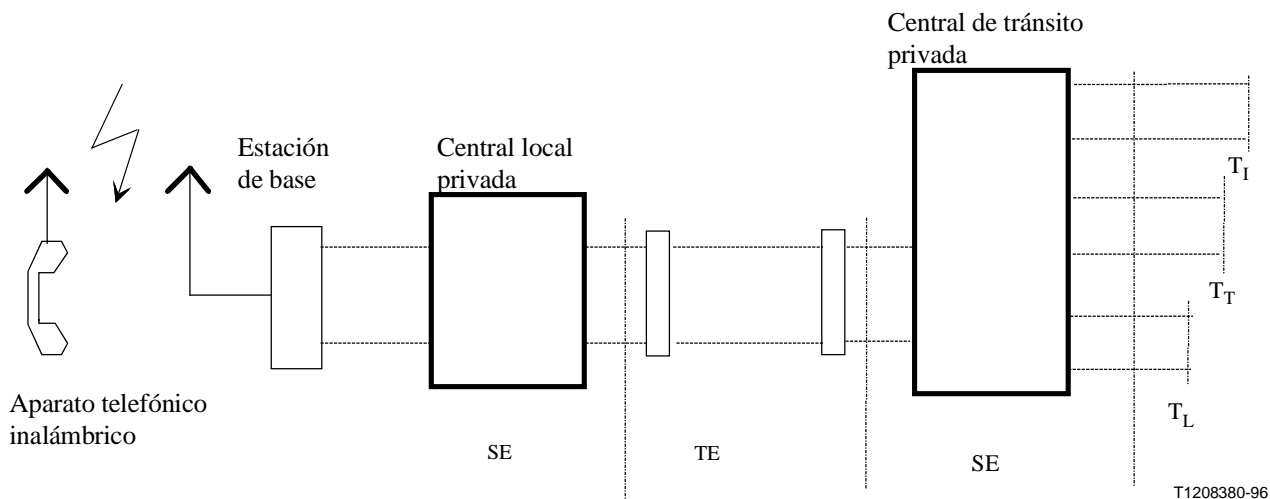
**Figura 2/G.175 – Red privada con encaminamiento totalmente digital**



T1208370-96

- T<sub>L</sub> Punto de acceso digital a la central local
- T<sub>T</sub> Punto de acceso digital a la central de tránsito
- T<sub>I</sub> Punto de acceso digital al centro de conmutación internacional
- SE Equipo de conmutación
- TE Elemento de transmisión

**Figura 3/G.175 – Red privada con encaminamiento analógico/digital**



T1208380-96

- T<sub>L</sub> Punto de acceso digital a la central local
- T<sub>T</sub> Punto de acceso digital a la central de tránsito
- T<sub>I</sub> Punto de acceso digital al centro de conmutación internacional
- SE Equipo de conmutación
- TE Elemento de transmisión

**Figura 4/G.175 – Red privada en unión de un teléfono inalámbrico conectado digitalmente**

## 6 Principios básicos de planificación

En general, la calidad de la transmisión vocal por canales telefónicos se funda en un juicio subjetivo emitido por los usuarios en ambos extremos. En consecuencia, la planificación de la transmisión que figura en la Recomendación G.101 (plan de transmisión) se obtiene, en principio, a partir de una consideración de extremo a extremo junto con un reparto de todos los parámetros importantes entre las distintas redes o partes de una red, según proceda. En el caso de redes privadas ha sido habitual el empleo de este método para la regulación de todas las llamadas cursadas por la red pública, estableciéndose límites para la red privada entre la interfaz acústica del aparato telefónico y la interfaz eléctrica con la red pública. Se definieron esos límites para asegurar una calidad suficiente para todas las llamadas (nacionales e internacionales).

Como consecuencia del proceso creciente de liberalización en muchos países, la responsabilidad de una calidad de transmisión vocal suficiente se ha desplazado hacia el operador de la red privada. Sin embargo, la planificación de las redes privadas en lo relativo a la calidad de la transmisión vocal requiere conocimientos y experiencia en el campo de los parámetros de transmisión y su influencia en la calidad. Por consiguiente, parece conveniente ofrecer un método de planificación fácil de utilizar y acompañado de toda la información (de aprendizaje) necesaria y de herramientas de planificación. Éste es el fin primordial de la presente Recomendación.

El principio básico de planificación empleado en esta Recomendación tiene su origen en los métodos anteriores de planificación de redes privadas interconectadas con redes públicas. Estos tipos de interconexión no forman parte de las Recomendaciones de la serie G.100 las cuales, proporcionan aún buenas orientaciones para la planificación de la transmisión de extremo a extremo. Para todas las configuraciones objeto de la presente Recomendación, la planificación de la calidad de la transmisión vocal debería basarse en una consideración de extremo a extremo en vez de en la especificación de límites de parámetros objetivos individuales. La calidad de la transmisión de extremo a extremo se expresa mediante la nota media de opinión (MOS, *means opinion score*),

porcentaje de bueno o mejor (GOB%, *percentage good or better*) o porcentaje de malo o peor (POW%, *percentage poor or worse*). Las cifras de calidad esperada se calculan empleando modelos de cálculo (tal como el modelo E descrito en el apéndice I/G.101) como una herramienta de planificación fundada en el método del factor de degradación del equipo que se describe en la Recomendación G.113.

Debe subrayarse que la finalidad primordial de la planificación de red es controlar la suma de las degradaciones de la transmisión provocadas por los distintos elementos de la red en todas las configuraciones posibles. No es objeto de la planificación de redes limitar las degradaciones de transmisión de un elemento de red específico. A menos que se indique específicamente, se supone que se han diseñado los elementos terminales y de conmutación con el objetivo primordial de cumplir todos los requisitos pertinentes que figuran en Recomendaciones y en normas nacionales o internacionales para esos tipos de elementos.

La introducción de un factor de calidad con fines de planificación permite también al operador de la red privada realizar el proyecto de su red en función de la relación coste/calidad, teniendo en cuenta los requisitos específicos de la red privada.

### **6.1 Método del factor de degradación del equipo**

El principio de planificación recomendado en la cláusula 6 se basa en una previsión de la calidad esperada para la configuración de conexión en estudio. Esta calidad esperada, expresada en términos de MOS, GOB% o POW% se deduce de pruebas subjetivas. Sin embargo, para la realización práctica de la planificación no es conveniente la ejecución de pruebas subjetivas. Por lo tanto deben proporcionarse métodos que permitan al planificador combinar de forma matemática todas las degradaciones de transmisión existentes en la conexión considerada para obtener un valor global de las degradaciones el cual debe, seguidamente, expresarse en términos de calidad utilizando un algoritmo sobre una base subjetiva. En conexiones telefónicas constituidas por una gama de elementos de red, puede ocurrir que distintos parámetros de transmisión contribuyan también simultáneamente a la degradación global, por lo que los métodos de planificación utilizados deben también tener en cuenta los efectos de combinación.

Un método de planificación que responde con la aproximación de satisfacer los requisitos anteriormente mencionados es el método del factor de degradación del equipo empleado conjuntamente con el modelo E. Este método se describe en la Recomendación G.113. Su principio básico consiste en la asignación de un valor de distorsión a cada elemento de red, en especial a los elementos en los que se utilizan codificadores que no son de forma de onda. El método tiene en cuenta también las degradaciones introducidas por los codificadores de forma de onda así como las degradaciones que no están directamente relacionadas con el tratamiento digital. Únicamente puede realizarse la asignación de la distorsión si, junto con un modelo de cálculo, se utilizan los resultados de pruebas subjetivas de nota media de opinión.

El método del factor de degradación del equipo se basa en la hipótesis de que las degradaciones de la transmisión pueden transformarse en factores psicológicos y que éstos son aditivos en la "escala psicológica". Si el modelo de cálculo proporciona algoritmos matemáticos suficientes, pueden transformarse los distintos parámetros de transmisión en "factores de degradación  $I$ " que se traducen, tras una suma, en el "valor de degradación total  $I_{tot}$ ". El método y los algoritmos del modelo de cálculo incluyen, también, los efectos combinados de las degradaciones que se producen simultáneamente en la conexión considerada así como algunos efectos de enmascaramiento. Con todo ello se obtiene una herramienta muy útil que proporciona un método simplificado y de manejo sencillo para la práctica de la planificación.

### 6.1.1 Valor de degradación total $I_{tot}$

El valor de degradación total  $I_{tot}$  puede considerarse igual a la suma de varios valores de degradación individuales,

$$I_{tot} = I_o + I_q + I_{dte} + I_{dd} + I_e$$

donde:

- $I_o$  Expresa las degradaciones debidas a un índice de sonoridad global que no es óptimo.
- $I_q$  Representa todas las degradaciones debidas a la distorsión de cuantificación originada en los procesos de codificación MIC.
- $I_{dte}$  Representa las degradaciones producidas por el eco de la persona que habla.
- $I_{dd}$  Tiene en cuenta las degradaciones introducidas por un valor elevado del tiempo de transmisión en un sentido en conexiones sin ecos, como dificultades en la conversación vocal.
- $I_e$  Representa las degradaciones debidas a equipos especiales en una conexión que utilice codificación con velocidad binaria reducida.

Puede ampliarse la suma de estos valores de degradación particulares en un valor adicional denominado "factor de ventaja  $A$ ". Puede emplearse este valor, restado del valor de degradación total, para tener en cuenta el hecho de que el usuario tolerará cierta disminución de la calidad de transmisión a cambio de la "ventaja de acceso", por ejemplo, en el caso de movilidad utilizando sistemas inalámbricos. El empleo del factor  $A$  se expresa como el factor de degradación total  $I_{cpif}$ .

$$I_{cpif} = I_{tot} - A$$

En la Recomendación G.113 puede verse una descripción más detallada de los diferentes factores de degradación, junto con los algoritmos empleados en el modelo E que se presentan en 6.2

## 6.2 Modelo E

El modelo E se funda en el método del factor de degradación del equipo como continuación de modelos anteriores de evaluación del índice de transmisión. Se ha desarrollado por un grupo ad hoc del ETSI denominado "calidad de transmisión vocal desde la boca al oído".

Como se muestra en la figura 5, la conexión de referencia se divide en un lado de emisión y un lado de recepción. El modelo estima la calidad de la comunicación vocal de boca a oído percibida por el usuario en el lado receptor cuando actúa como hablante y como oyente.



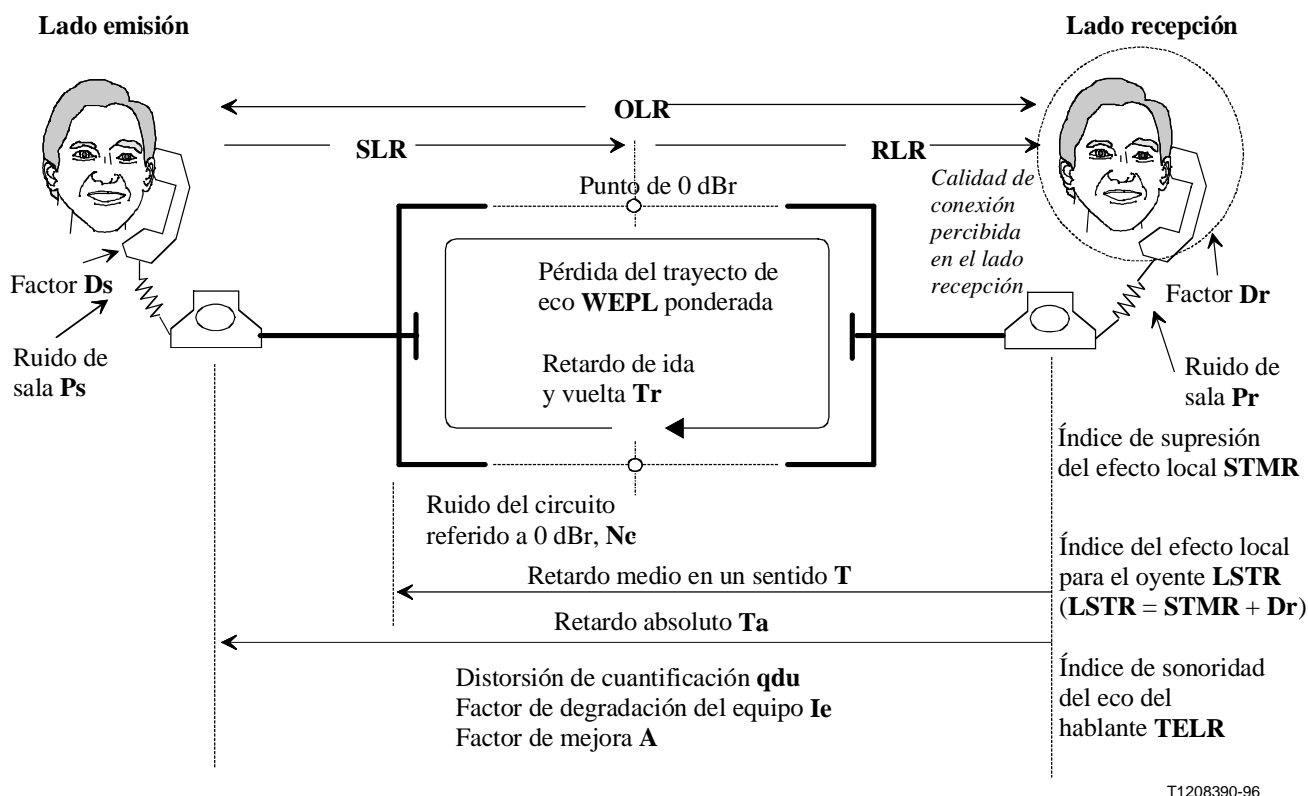


Figura 5/G.175 – Conexión de referencia del modelo E

En la figura 5 se indican los parámetros de transmisión utilizados como entrada al modelo de cálculo. En el algoritmo se tratan por separado los valores del ruido de sala y los factores  $D$  para los lados de emisión y recepción ya que pueden ser distintos. Los parámetros  $SLR$ ,  $RLR$  y ruido del circuito  $N_c$  se refieren al punto de 0 dBr. Los restantes parámetros de entrada se dividen en dos grupos: el  $OLR$  (en cualquier caso suma de  $SLR$  y  $RLR$ ), número de  $qdu$ , factores de degradación del equipo y factor de mejora  $A$  se aplican a la conexión global en tanto que el  $STMR$ ,  $LSTR$ ,  $WEPL$  (para el cálculo del eco del oyente) y  $TELR$  se refieren únicamente al lado recepción.

Hay tres parámetros diferentes asociados al tiempo de transmisión. El retardo absoluto  $T_a$  representa el retardo total en un sentido entre los lados emisión y recepción y se emplea para estimar la degradación debida a un retardo excesivamente grande. El parámetro retardo medio en un sentido  $T$  representa el retardo entre el lado recepción (en el estado hablante) y el punto de la conexión donde se produce el acoplamiento de señal que origina el eco. El retardo de ida y vuelta  $T_r$  representa únicamente el retardo en un bucle de 4 hilos donde la señal "con dos reflexiones" producirá degradaciones debidas al eco para el oyente.

### 6.2.1 Cálculo del factor de índice de transmisión, $R$

Según el método del factor de degradación del equipo, el principio fundamental del modelo E se basa en un concepto incluido en la descripción del modelo OPINE [1]:

Los factores psicológicos en la escala psicológica son aditivos.

El resultado de cualquier cálculo realizado con el modelo E en primer lugar, es un factor de índice de transmisión  $R$  que combina todos los parámetros de transmisión importantes para la conexión considerada. Este factor de índice  $R$  está constituido por los siguientes parámetros:

$$R = R_o - I_s - I_d - I_e + A \quad (6-1)$$

$R_o$  representa, en principio, la relación señal/ruido básica, incluidas fuentes de ruido tales como el ruido del circuito y el ruido de sala. El factor  $I_s$  es una combinación de todas las degradaciones que se producen más o menos simultáneamente con la señal de voz. El factor  $I_d$  representa las degradaciones producidas por el retardo y el factor de degradación del equipo  $I_e$  representa las degradaciones debidas a los códecs de velocidad binaria reducida. El factor de mejora  $A$  permite compensar los factores de degradación cuando hay otras ventajas de acceso para el usuario. El término  $R_o$  y los valores  $I_s$  e  $I_d$  se subdividen en ulteriores valores de degradación específicos. En las subcláusulas que siguen se facilitan las fórmulas utilizadas en el modelo E.

### 6.2.2 Relación señal/ruido básica, $R_o$

La relación señal/ruido básica  $R_o$  se define como sigue:

$$R_o = 15 - 1,5(SLR + N_o) \quad (6-2)$$

El término  $N_o$  [dBm0p] es la suma en potencia de las diferentes fuentes de ruido:

$$N_o = 10 \lg \left[ 10^{N_c/10} + 10^{N_{os}/10} + 10^{N_{or}/10} + 10^{N_{fo}/10} \right] \quad (6-3)$$

$N_c$  [dBm0p] es la suma de todas las potencias de ruido del circuito referidas al punto 0 dBr.

$N_{os}$  [dBm0p] es el ruido del circuito equivalente en el punto 0 dBr producido por el ruido de sala  $P_s$  en el lado emisión:

$$N_{os} = P_s - SLR - D_s - 100 + 0,008(P_s - OLR - D_s - 14)^2 \quad (6-4)$$

donde  $OLR = SLR + RLR$ . De la misma forma, el ruido de sala  $P_r$  en el lado recepción se transforma en un ruido de circuito equivalente  $N_{or}$  [dBm0p] en el punto 0 dBr.

$$N_{or} = RLR - 121 + P_r + 0,008(P_r - 35)^2 \quad (6-5)$$

El término  $P_r$  [dBm0p] es el "ruido de sala efectivo" debido a la acentuación de  $P_r$  por el trayecto de efecto local para el oyente:

$$P_r = P_r + 10 \lg \left[ 1 + 10^{(10 - LSTR)/10} \right] \quad (6-6)$$

$N_{fo}$  [dBm0p] representa el "ruido de fondo" en el lado recepción,

$$N_{fo} = N_{for} + RLR \quad (6-7)$$

donde  $N_{for}$  se ajusta, generalmente, a  $-64$  dBmp.

### 6.2.3 Factor de degradación simultánea, $I_s$

El factor  $I_s$  es la suma de todas las degradaciones que pueden producirse más o menos simultáneamente con la transmisión de la voz. El factor  $I_s$  se divide en tres factores ulteriores de degradación específica:

$$I_s = I_{olr} + I_{st} + I_q \quad (6-8)$$

$I_{olr}$  representa la reducción de calidad debida a valores de OLR demasiado bajos y viene dado por:

$$I_{olr} = 20 \left[ \left\{ 1 + (X/8)^8 \right\}^{1/8} - X/8 \right] \quad (6-9)$$

donde:

$$X = OLR + 0,2(64 + N_o - RLR) \quad (6-10)$$

El factor  $I_{st}$  representa la degradación debida a un efecto local no óptimo:

$$I_{st} = 10 \left[ 1 + \left\{ (STMR_o - 12) / 5 \right\}^6 \right]^{1/6} - 46 \left[ 1 + \left\{ STMR_o / 23 \right\}^{10} \right]^{1/10} + 36 \quad (6-11)$$

donde:

$$STMR_o = -10 \lg \left[ 10^{-STMR/10} + e^{-T/4} 10^{-TELR/10} \right] \quad (6-12)$$

El factor de degradación  $I_q$  representa la degradación debida a la distorsión de cuantificación:

$$I_q = 15 \lg \left[ 1 + 10^Y \right] \quad (6-13)$$

donde:

$$Y = \frac{R_o - 100}{15} + \frac{46 - G}{10} \quad (6-14)$$

y:

$$G = 1,07 + 0,258Q + 0,0602Q^2 \quad (6-15)$$

$$Q = 37 - 15 \lg(qdu) \quad (6-16)$$

En esta fórmula  $qdu$  indica el número de  $qdu$  para la conexión completa entre los lados de emisión y recepción.

NOTA – Si se utiliza el factor de degradación  $I_e$  para un elemento de equipo, no debe emplearse el valor  $qdu$  para ese mismo elemento.

#### 6.2.4 Factor de degradación del retardo, $I_d$

El factor  $I_d$ , factor de degradación que representa todas la degradaciones debidas al retardo de señales de voz se divide ulteriormente en tres factores  $I_{dte}$ ,  $I_{dle}$  e  $I_{dd}$ .

El factor  $I_{dte}$  proporciona una estimación de las degradaciones debidas al eco del hablante:

$$I_{dte} = \left[ (Roe - Re) / 2 + \sqrt{(Roe - Re)^2 / 4 + 100} - 1 \right] (1 - e^{-T}) \quad (6-17)$$

donde:

$$Roe = -1,5(No - RLR) \quad (6-18)$$

$$Re = 80 + 2,5(TErv - 14) \quad (6-19)$$

$$TErv = TELR - 40 \lg \frac{1 + T / 10}{1 + T / 150} + 6e^{-0,3T^2} \quad (6-20)$$

Para valores de  $T < 1$  ms, el eco del hablante debe considerarse como efecto local, esto es  $I_{dte} = 0$ . El algoritmo de cálculo combina además la influencia del STMR sobre el eco del hablante. Teniendo en cuenta que valores pequeños del STMR pueden tener algunos efectos de enmascaramiento sobre el eco para el hablante y que para valores muy altos del STMR el eco del hablante puede ser apreciable, los términos  $TErv$  e  $I_{dte}$  se ajustan como sigue:

Para  $STMR < 9$  dB:

En la ecuación (6-19)  $TErv$  se sustituye por  $TErv_s$ , siendo:

$$TErv_s = TErv + I_{st} / 2 \quad (6-21)$$

Para  $9 \text{ dB} \leq \text{STMR} \leq 15 \text{ dB}$ :

se aplican las ecuaciones (6-17) a (6-20) anteriores.

Para  $\text{STMR} > 15 \text{ dB}$ :

$Idte$  se sustituye por  $Idtes$ , siendo:

$$Idtes = \sqrt{Idte^2 + Ist^2} \quad (6-22)$$

El factor  $Idle$  representa las degradaciones debidas al eco del oyente. Las ecuaciones son:

$$Idle = (Ro - Rle) / 2 + \sqrt{(Ro - Rle)^2 / 4 + 169} \quad (6-23)$$

donde:

$$Rle = 10,5(WEPL + 7)(Tr + 1)^{-0,25} \quad (6-24)$$

El factor  $Idd$  representa la degradación debida a un retardo absoluto  $Ta$  demasiado grande que se produce incluso con una compensación de eco perfecta.

Para  $Ta < 100 \text{ ms}$ :

$$Idd = 0$$

Para  $Ta > 100 \text{ ms}$ :

$$Idd = 25 \left\{ (1 + X^6)^{1/6} - 3(1 + [X / 3]^6)^{1/6} + 2 \right\} \quad (6-25)$$

con:

$$X = \frac{\lg(Ta / 100)}{\lg 2} \quad (6-26)$$

### 6.2.5 Factor de degradación del equipo, $Ie$

Los valores del factor de degradación del equipo  $Ie$  para elementos que utilizan códecs de velocidad binaria reducida no están relacionados con los restantes parámetros de entrada, sino que dependen de los resultados de las pruebas subjetivas de nota media de opinión así como de la experiencia de la red. En el cuadro 1 se enumeran algunos valores extraídos del cuadro 7/G.113.

**Cuadro 1/G.175 – Valores de planificación para el factor de degradación del equipo  $I_e$**

Tipo de códec	Velocidad de funcionamiento kbit/s	Valor de $I_e$	Referencia
ADPCM	40	2	G.726, G.727
	32	7	G.721 (1988), G.726, G.727
	24	25	G.726, G.727
	16	50	G.726, G.727
LD-CELP	16	7	G.728
	12,8	20	
CS-ACELP	8	15	G.729
VSELP	8	20	IS-54B, TIA
RPE-LTP	13	20	GSM 06.10, velocidad total
VSELP	5,6	23	GSM 06.20, velocidad mitad
ACELP	12,2	6 <sup>1)</sup>	GSM 06.60, velocidad total mejorada
CELP+	6,8	25	
1) Provisionalmente.			

### 6.2.6 Factor de mejora, A

Debido al significado específico del factor de mejora A, éste no tiene ninguna relación con los demás parámetros de transmisión. En el cuadro 2 se facilitan algunos valores provisionales.

**Cuadro 2/G.175 – Ejemplos de valores provisionales del factor de mejora A**

Ejemplo de sistema de comunicaciones	Valor máximo de A
Convencional (alámbrico)	0
Movilidad debida a redes celulares en un edificio	5
Movilidad en una zona geográfica o desplazamiento en un vehículo	10
Acceso a ubicaciones de cobertura difícil, por ejemplo mediante conexiones multisalto por satélite	20

Debe subrayarse que los valores del cuadro 2, extraídos de la Recomendación G.113, son únicamente provisionales. El empleo del factor A y su valor seleccionado en una aplicación específica queda a juicio del planificador. Sin embargo, los valores indicados en el cuadro 2 deben considerarse como límites superiores absolutos de A. En lo que concierne a los abonados de una red privada, puede emplearse el factor A en el mismo sentido que para los abonados conectados directamente a la RTPC. No obstante, se supone que la calidad esperada por los abonados de una red privada es idéntica a la de los abonados de la RTPC. Esto significa que no es necesario utilizar un valor A adicional solo por el hecho de que la conexión se efectúe a través de una red privada, aún cuando ésta proporcione más facilidades que la red pública.

### 6.2.7 Medidas de calidad deducidas del factor de índice de transmisión, $R$

El factor de índice de transmisión  $R$  puede variar en la gama de 0 a 100,  $R = 0$  representa una calidad extremadamente mala y  $R = 100$  representa una calidad muy alta. El modelo E proporciona una estimación estadística de medidas de calidad. A partir del factor  $R$ , se obtienen los porcentajes de evaluación "buena o mejor" (GOB%) o "mala o peor" (POW%) mediante la función de error gaussiana:

$$E(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (6-27)$$

Las ecuaciones son:

$$GOB = 100E\left(\frac{R-60}{16}\right) \% \quad (6-28)$$

$$POW = 100E\left(\frac{45-R}{16}\right) \% \quad (6-29)$$

Del factor  $R$  puede deducirse la nota media de opinión (MOS) en la escala 1-5 utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Para } R < 0: \quad \text{MOS} = 1$$

$$\text{Para } 0 < R < 100: \quad \text{MOS} = 1 + 0,035R + R(R-60)(100-R)7 \cdot 10^{-6} \quad (6-30)$$

$$\text{Para } R > 100: \quad \text{MOS} = 4,5$$

## 7 Método de planificación y límites

En la cláusula 6 se han expuesto brevemente la introducción de los principios básicos y los nuevos métodos de planificación. La planificación de las redes privadas se realiza en muchos casos por el operador de la red privada aunque en la mayoría de las aplicaciones le afecta substancialmente la planificación de la transmisión de la red pública. Las reglas de planificación previas o existentes todavía para interconexiones con las redes RDSI/RTPC se aplican únicamente en el dominio de redes privadas, es decir entre las interfaces acústicas y la interfaz con la red pública. Los valores de planificación se basan en un prorrateo de las degradaciones permitidas o en límites para cada parámetro de transmisión específico.

Ese prorrateo que, generalmente, no tiene en cuenta el tamaño específico, estructura y complejidad de una red privada, producirá un tratamiento muy rígido de los distintos parámetros de transmisión junto con límites muy exigentes para éstos. A fin de proporcionar más flexibilidad en este campo, la planificación y diseño de las redes privadas debe basarse, en consecuencia, en negociaciones individuales entre operadores de redes privadas y públicas en vez de en un prorrateo. Aunque en la mayoría de los casos las fronteras entre las redes privadas y públicas pueden identificarse claramente en interfaces específicas, la prioridad de las negociaciones debe incidir, preferentemente, en la determinación de las degradaciones reales en el dominio de las redes privadas y públicas. Esto puede sustentarse considerando las configuraciones y requisitos individuales de una red privada, tales como el tipo y punto de acceso a la red pública y la mayoría de los tipos de conexión (llamadas internacionales, nacionales interurbanas o locales).

Para cumplir estos objetivos se recomienda seguir un método de planificación, que se describe seguidamente, para la interconexión entre redes privadas y públicas. Este método puede también aplicarse, en general, a redes multioperador.

## 7.1 Método de planificación

El método de planificación para la interconexión de las redes privadas con las redes RDSI/RTPC públicas puede considerarse constituido por varias fases. Puede emplearse como orientación la siguiente descripción detallada de estas fases.

– *Configuración y requisitos de la red privada individual*

En primer lugar, se considerará la configuración de la red privada, sus características con todos los encaminamientos posibles resultantes y el tipo y punto de acceso a la red pública. Además, deberá tenerse en cuenta la mayoría del tráfico por las redes públicas siempre que aparezca aplicable y dependiendo de los aspectos comerciales del operador de la red privada.

– *Determinación de las configuraciones de referencia*

Como es habitual en la planificación de redes, se recomienda establecer una configuración de referencia sobre todo para el trayecto en la red privada. Esto facilita la identificación clara de todos los elementos de red y de sus degradaciones de transmisión importantes. Se supone que se selecciona como configuración de referencia el trayecto más crítico con respecto a las degradaciones de la transmisión. Sin embargo, dependiendo de la decisión del operador de la red pueden aceptarse con calidad inferior, aunque sin considerarse como configuraciones de referencia, algunas configuraciones o encaminamientos específicos que se presentan en la red únicamente en casos excepcionales.

– *Evaluación de las degradaciones reales de transmisión*

Deben determinarse los valores reales para cada uno de los elementos de la red privada, así como para todos los parámetros importantes objeto de la planificación que se enumeran en 7.2. Debe observarse que algunos elementos pueden contribuir con más un parámetro a su degradación total específica. Para la mayoría de los parámetros de transmisión principales, pueden determinarse por separado los valores de las degradaciones de cada elemento mediante una simple suma de todos los valores propios de los elementos. Sin embargo para algunos parámetros, tales como el eco y la estabilidad, debe efectuarse la investigación para la parte total pertinente de la conexión.

En esta fase se recomienda también investigar algunas fuentes posibles de degradaciones de transmisión adicionales, tales como la desadaptación de impedancias en las interfaces analógicas, la relación entre el nivel de la señal y la capacidad de carga de los códecs y un valor excesivo del ruido de sala en ubicaciones específicas.

La determinación de las degradaciones de transmisión reales debidas a las redes públicas está sujeta a acuerdos entre los operadores de las redes públicas y privadas. Siempre que sea posible esta evaluación deberá incluir no solamente la información sobre los parámetros que contribuyen a la degradación y sus valores reales con respecto a los diferentes encaminamientos de las llamadas locales, nacionales interurbanas e internacionales, sino también la información sobre el empleo de compensadores de eco y su calidad de funcionamiento. Debe tenerse presente que estos valores pueden variar en una amplia gama representando únicamente una estimación de la calidad de transmisión de los trayectos por la red pública. Sin embargo se recomienda que se dé más prioridad a las consideraciones estadísticas que a las del caso más desfavorable.

Lo mismo se aplica para la terminación opuesta que debe definirse con la finalidad de una inspección de extremo a extremo. La mayoría de las terminaciones opuestas estarán constituidas por un único aparato telefónico digital o analógico, aunque deben también considerarse PABX o redes privadas. La definición de estas terminaciones y sus parámetros sobre todo el SLR, RLR, distorsiones, retardo y pérdida de eco proporcionadas deberán obtenerse también mediante consideraciones estadísticas. Si es posible, la información

necesaria relativa a la configuración de la red en la zona del abonado puede obtenerse del operador de la red pública..

Deberán también determinarse para todos los tipos de líneas alquiladas digitales o analógicas los valores reales correspondientes a todos los parámetros de transmisión pertinentes. Aunque estas líneas alquiladas serán, generalmente, proporcionadas por los operadores de redes públicas deben considerarse como parte de la red privada desde el punto de vista de la planificación de la transmisión.

– *Cálculos de planificación*

Para su utilización en el modelo E se transforman todos los valores reales de los parámetros principales correspondientes a los distintos elementos de la red privada, la red o redes públicas y la terminación opuesta. En 7.4 se ofrece una descripción detallada sobre el empleo de este modelo. Pueden obtenerse resultados tales como el factor de índice de transmisión  $R$  que se evaluarán de conformidad con el cuadro 3 o se expresarán en términos de MOS, GOB% y POW%. En 7.4.2 se facilitan detalles adicionales sobre los cálculos de planificación empleando el modelo E.

– *Valoración de resultados*

Empleando los límites en 7.3 deberán valorarse los resultados de la investigación de planificación expresados en términos de la calidad esperada. Es conveniente observar que puede también utilizarse este método de planificación para comparar distintas soluciones técnicas para un elemento de red específico y su influencia por la calidad esperada por ejemplo distintos algoritmos de códec, utilización de equipos DCME en los elementos de transmisión, aplicación del ATM, etc. Con miras a un diseño económico de la red privada, puede adoptarse la decisión final sobre la base de la relación entre los costes y la calidad percibida.

## 7.2 Parámetros principales

Sobre la base de la hipótesis de que en las redes privadas modernas la mayoría de las centrales y de las líneas (alquiladas) de interconexión utilizan tecnología digital y que las interconexiones con las RDSI y RTPC públicas se efectúan únicamente en forma digital, deberá realizarse una valoración de los distintos parámetros de transmisión con respecto a su influencia en la calidad vocal. En un entorno digital algunos parámetros (por ejemplo, distorsión de frecuencia, ruido del circuito estacionario, variación de la atenuación con el tiempo, etc.) tienen menos importancia. Se recomienda la inclusión en la planificación de la transmisión de los siguientes parámetros.

– *Índice de sonoridad global (OLR, overall loudness rating)*

En algunas configuraciones de redes privadas, sobre todo en los niveles más bajos de la jerarquía, se utilizarán pequeñas PABX conectadas mediante secciones analógicas de dos hilos, las cuales contribuyen con pérdidas. Además los aparatos telefónicos analógicos tienen unos valores de SLR y RLR diseñados para conexiones previas totalmente analógicas que pueden producir degradaciones debido a un índice de sonoridad global que no es óptimo.

– *Retardo absoluto en conexiones sin ecos*

Este parámetro es muy importante en el caso de llamadas internacionales.

– *Eco*

La investigación de las degradaciones debidas a los efectos del eco parece ser uno de los aspectos de planificación más importantes en un entorno digital. Deben considerarse dos parámetros diferentes, el índice de sonoridad del eco del hablante (TELRL, *talker echo loudness rating*) y el valor medio del retardo en un sentido T del trayecto de eco. La



investigación sobre el eco debe comprender, asimismo, decisiones sobre el empleo de compensadores de eco.

– *Estabilidad*

De conformidad con la hipótesis de que las redes privadas están interconectadas en forma digital con las RDSI/RTPC públicas, cualquier conversión de dos hilos a cuatro hilos en la red privada que termine la cadena internacional puede afectar a la estabilidad. El modelo E no incluye los cálculos de estabilidad, por lo que se recomienda encarecidamente la adopción de una pérdida de estabilidad suficiente cuyos valores y orientaciones de cálculo pueden encontrarse en la Recomendación G.122.

– *Distorsión de cuantificación*

En las redes privadas y públicas modernas que utilizan cada vez más un encaminamiento totalmente digital va decreciendo la degradación debida a la distorsión de cuantificación expresada en unidades de qdu. El modelo E incluye este parámetro, aunque únicamente debe utilizarse para un par de códecs conformes con la Recomendación G.711. Para otros algoritmos de codificación, deberá emplearse el factor de degradación *Ie* como se indica en el cuadro 1.

– *Factor de degradación del equipo para dispositivos de tratamiento de la voz complejos*

El factor de degradación del equipo *Ie* que expresa las degradaciones debidas a algoritmos de codificación y dispositivos de tratamiento de la voz, puede llegar a ser una de las degradaciones más importantes en las redes modernas. En el cuadro 1 se facilitan valores disponibles para su utilización en el modelo E.

### **7.3 Valor esperado de la calidad y límites superiores absolutos de la planificación**

Como se indica en 6.2.1 y 7.4, los resultados de los cálculos de planificación con el modelo E se obtienen en términos del factor de índice *R* para la configuración considerada. El factor de índice *R* puede variar en la gama de 0 a 100 o incluso mayor, donde  $R = 100$  representa una calidad de transmisión muy elevada y  $R = 0$  supone una calidad extremadamente mala o inaceptable. El valor *R* puede transformarse en diferentes medidas de calidad tales como la MOS, el GOB% y el POW% utilizando la función de error gaussiana como se indica en 6.2.7.

Básicamente, la valoración de las medidas de calidad resultante queda a juicio del planificador. Sin embargo, se recomienda encarecidamente el establecimiento de un límite específico que no debiera rebasarse nunca ni siquiera en casos excepcionales. Este límite puede expresarse directamente como un valor del factor de índice *R* y no debería ser inferior a 50.

En algunos casos, los planificadores pueden no estar acostumbrados a la utilización de medidas de calidad como resultados de los cálculos de planificación. En el cuadro 3 se facilita una orientación provisional mediante la descripción literal de la calidad esperada para distintos valores de *R*. Este cuadro contiene también los valores conexos de la MOS, el GOB% y el POW%.

**Cuadro 3/G.175 – Orientación provisional para la relación entre el valor *R* y la satisfacción del usuario**

<b>Límite inferior del valor <i>R</i></b>	<b>MOS</b>	<b>GOB%</b>	<b>POW%</b>	<b>Satisfacción del usuario</b>
90	4,34	97	~0	Muy satisfecho
80	4,03	89	~0	Satisfecho
70	3,60	73	6	Algunos usuarios poco satisfechos
60	3,10	50	17	Muchos usuarios poco satisfechos
50	2,58	27	38	Caso límite excepcional

#### **7.4 Empleo del modelo E**

Los resultados de la planificación de la transmisión iniciada con el modelo E son tan prometedores que se recomienda ahora su utilización para la evaluación de la interconexión de las redes privadas con las redes públicas. En la Comisión de Estudio 12 del UIT-T está en curso la verificación formal del modelo E. Como sucede con todos los modelos, habrá circunstancias específicas para las cuales los resultados del modelo E pueden no ser lo suficientemente precisos.

En la cláusula 6 figuran los principios básicos y el algoritmo del modelo E. En la figura 5 se muestra la configuración de referencia del modelo. Cuando se emplee el modelo E para cálculos de planificación deben adaptarse precauciones para la introducción correcta de todos los parámetros de transmisión. La lista de parámetros que se facilita a continuación proporciona la orientación necesaria. Como se muestra en la figura 5 en el modelo se distingue entre el lado emisión y el lado recepción. Ambos lados y la mayoría de los parámetros se refieren a un punto virtual de 0 dBr. En total hay 18 parámetros de transmisión de entrada aunque no se hace variar a todos ellos para la realización de la planificación de la transmisión. Es importante observar que el modelo estima la calidad de la comunicación vocal para el hablante y el oyente tal como la percibe el usuario del lado receptor. Para los parámetros de transmisión invariables en los cálculos de la planificación, deben utilizarse valores por defecto como se recomienda en 7.4.3

##### **7.4.1 Parámetros de entrada**

En el modelo E se utilizan los siguientes parámetros de entrada.

- *Índice de sonoridad en emisión (SLR, sending loudness rating) e índice de sonoridad en recepción (RLR, receive loudness rating)*

Los valores del SLR y el RLR no están relacionados directamente con los valores de los aparatos telefónicos utilizados. El SLR representa el índice de sonoridad entre la boca humana en el lado emisión y el punto virtual de 0 dBr y el RLR entre el punto de 0 dBr y el oído humano en el lado recepción. Si se insertan elementos de red que proporcionan pérdidas entre el aparato telefónico y el punto de 0 dBr y viceversa, deberá efectuarse por separado el cálculo de los SLR y RLR totales ya que el modelo no permite la entrada del índice de sonoridad del circuito. En cualquier caso el índice de sonoridad global (OLR) es la suma del SLR y del RLR. Si tiene que investigarse una gama específica del OLR, se recomienda variar el SLR y el RLR simultáneamente para evitar errores. Si los aparatos telefónicos utilizados en cada extremo de la conexión tienen valores distintos del SLR y del RLR, deben calcularse por separado los valores de *R* para ambos sentidos de la transmisión. En esta aplicación únicamente deben utilizarse como entradas del modelo el SRL en el lado emisión y el RLR en el lado recepción. Los demás parámetros (SLR en el lado recepción y RLR en el

lado emisión) no se utilizan. Mediante los parámetros TELR, STMR y LSTR se tiene en cuenta la influencia del ruido de sala y del eco para el hablante sobre la calidad de la transmisión vocal.

- *Índice de enmascaramiento del efecto local (STMR, sidetone masking rating) e índice del efecto local para el oyente (LSTR, listener sidetone rating)*

Estos parámetros, relacionados directamente con los aparatos telefónicos utilizados no son, en la mayoría de los casos, objeto de planificación por lo que se les asignarán valores por defecto. Únicamente deben tenerse en cuenta si son de esperar desacoplos de impedancia en los aparatos telefónicos analógicos o valores reducidos del STMR y del LSTR.

- *Factores D (Ds y Dr)*

Los factores D, *Ds* para el lado emisión y *Dr* para el lado recepción son valores fijos que dependen de la forma de los microteléfonos de los aparatos telefónicos utilizados. Como tales valores fijos, generalmente no son objeto de planificación. Para los factores D así como para los valores del STMR y del LSTR de un aparato telefónico, se supone una relación fija como sigue:

$$LSTR = STMR + D$$

- *Índice de sonoridad del eco para el hablante (TELR)*

Se define el TELR, que expresa el índice de sonoridad del trayecto de eco, como la suma del SLR y del RLR del teléfono del hablante y de la pérdida de eco para el trayecto del eco. Este valor debe calcularse separadamente empleando los valores SRL/RLR en el lado recepción con respecto al modelo. El trayecto del eco debe identificarse y calcularse cuidadosamente dentro de la configuración de referencia para evitar entradas erróneas del TELR.

- *Atenuación del trayecto de eco ponderada (WEPL, weighted echo path loss)*

Este parámetro, junto con el retardo de ida y vuelta en un bucle cerrado de 4 hilos, puede causar degradaciones debidas al eco para el oyente. Pueden producirse bucles cerrados de 4 hilos en una configuración si la conexión comprende conversiones de 4 hilos a 2 hilos. Tales conversiones pueden estar ubicadas en redes distintas y en países diferentes. Se define la WEPL como la suma de todas las pérdidas y ganancias dentro del bucle denominadas también "pérdidas de ida y vuelta". En la mayoría de los casos puede despreciarse el eco para el oyente si en la conexión telefónica se ha previsto un control del eco suficiente.

- *Valores de los retardos (T, Ta y Tr)*

El modelo E considera tres valores diferentes del retardo que deben determinarse y emplearse separadamente en el modelo. Se utiliza el valor medio del retardo unilateral *T* en ms para calcular las degradaciones debidas al eco para el hablante en combinación con el TELR. Debe subrayarse que, aunque se trata de una degradación hacia el hablante, la estimación de la degradación se refiere al lado recepción del modelo. El valor medio del retardo en un sentido *T* debe determinarse y calcularse únicamente para las secciones de la configuración de referencia que constituyen el trayecto de eco, es decir desde el teléfono del hablante hasta el punto identificado donde pueden producirse las reflexiones de la señal, por ejemplo en una conversión de 4 hilos a 2 hilos. Complementariamente, el retardo absoluto en un sentido *Ta* en ms, es en cualquier caso el retardo total para la conexión completa entre los dos abonados. *Ta* representa las degradaciones debidas a un retardo excesivo y debe incluirse sobre todo en la planificación de las comunicaciones internacionales, aun cuando se haya previsto una compensación de eco perfecta. El retardo de ida y vuelta *Tr*, en ms, producirá eco en el oyente junto con WEPL. *Tr* se define como el retardo total en el bucle cerrado de 4 hilos.

- *Factor de degradación del equipo ( $I_e$ , equipment impairment factor)*  
Los valores del factor de degradación del equipo  $I_e$  utilizados como entradas al modelo E representan degradaciones debidas a los códecs de velocidad binaria reducida en elementos de red específicos. En el cuadro 1 se facilitan valores provisionales basados en pruebas subjetivas.
- *Factor de mejora ( $A$ , advantage factor)*  
El algoritmo del modelo E incluye también el factor  $A$  para el cálculo del factor de índice  $R$ ; si bien la inclusión de este factor y sus valores queda a juicio del planificador. Para más información, véase 6.2.6.
- *Ruido de sala ( $P_s$  y  $P_r$ )*  
Las degradaciones percibidas en el lado recepción pueden ser debidas también al ruido de sala en el lado emisión y en el lado recepción, que contribuyen a la relación señal/ruido básica. En general, para el ruido de sala  $P_s$  en dB(A) en el lado emisión y  $P_r$  en dB(A) en el lado recepción se utilizan valores por defecto, si bien éstos pueden variarse con fines de planificación en el caso de un ruido excesivo en una ubicación específica. El algoritmo del modelo E transforma estos valores en un ruido de circuito equivalente referido al punto de 0 dBr.
- *Ruido del circuito ( $N_c$ , circuit noise)*  
Si es necesario, puede obtenerse el ruido del circuito  $N_c$  en dBm0p mediante una suma en potencia de todas las fuentes de ruido eléctrico de la conexión referidas al punto de 0 dBr. En la mayoría de los casos pueden despreciarse las fuentes de ruido estacionario en un entorno digital, ajustándose en este caso el parámetro de entrada a su valor por defecto.
- *Ruido de fondo ( $N_{for}$ , noise floor)*  
El parámetro de entrada umbral de ruido en dBmp representa un ruido básico del equipo en el lado recepción. Su valor nominal se ajusta a  $-64$  dBmp.
- *Número de unidades de distorsión de cuantificación ( $q_{dus}$ , quantization distortion units)*  
Las degradaciones debidas a la distorsión de cuantificación se incorporan en el modelo en forma de un número de qdu. Debe resaltarse que las qdu únicamente pueden utilizarse para un par de códecs que utilice un algoritmo de codificación conforme con la Recomendación G.711 y para las distorsiones debidas a las pérdidas digitales o elementos de ganancia (0,7 qdu). Para los demás algoritmos de codificación deben emplearse los factores de degradación del equipo  $I_e$  pertinentes.

#### 7.4.2 Ejecución de los cálculos

Si se dispone de todos los parámetros, el proceso de cálculo puede describirse como sigue:

- a) Se calculan por separado el SLR y el RLR y se realizan los cálculos de la relación señal/ruido básica  $R_o$ .
- b) Se calcula el factor de degradación simultánea  $I_s$ .
- c) Se calculan por separado el valor medio del retardo en un sentido y del TELR del trayecto de eco, el valor absoluto del retardo en un sentido  $T_a$  y el retardo de ida y vuelta  $T_r$ , y se calcula el factor de degradación del retardo  $I_d$ .
- d) Se suman los factores de degradación del equipo  $I_e$  para los distintos equipos.
- e) Se calcula el factor de índice  $R$  y se suma el factor  $A$ , si procede.
- f) Se verifica si se ha rebasado el límite (inferior) excepcional  $R = 50$ .
- g) Se calculan la MOS, el GOB% y el POW%.

En la práctica, se utilizan para los cálculos programas de ordenador que realizan una ejecución completa de las fases a) a g) anteriores.

### 7.4.3 Valores por defecto

En el cuadro 4 se facilitan valores por defecto para todos los parámetros de entrada utilizados en el algoritmo del modelo E. Se recomienda encarecidamente la utilización de estos valores por defecto para todos los parámetros que no varían en los cálculos de planificación. Si se asignan los valores por defecto a todos los parámetros, el cálculo proporciona una calidad muy elevada con un factor de índice  $R = 94,1$ .

**Cuadro 4/G.175 – Valores por defecto de los parámetros de entrada del modelo E**

Parámetro de entrada	Abreviatura	Valor por defecto	Unidad
Índice de sonoridad en emisión	SLR	8	dB
Índice de sonoridad en recepción	RLR	2	dB
Índice de enmascaramiento del efecto local	STMR	15	dB
Índice del efecto local para el oyente	LSTR	18	dB
Factor D lado emisión	Ds	3	–
Factor D lado recepción	Dr	3	–
Índice de sonoridad del eco para el hablante	TELR	50	dB
Atenuación del trayecto de eco ponderada	WEPL	80	dB
Valor medio del retardo en un sentido	$T$	0	ms
Valor absoluto del retardo en un sentido	$Ta$	0	ms
Retardo de ida y vuelta	$Tr$	0	ms
Ruido de sala lado emisión	$Ps$	35	dB(A)
Ruido de sala lado recepción	$Pr$	35	dB(A)
Factor de degradación del equipo	$Ie$	0	–
Factor de mejora	$A$	0	–
Ruido del circuito	$Nc$	-70	dBm0p
Ruido de fondo	$Nfor$	-64	dBmp
Unidades de distorsión de cuantificación	qdu	1	–

## 8 Utilización de compensadores de eco

La utilización de dispositivos de tratamiento de la voz así como de secciones radioeléctricas digitales en las redes privadas modernas aumentará los valores del retardo en la red privada en un grado tal que exige el empleo de dispositivos de control de eco no solamente para las llamadas nacionales interurbanas, sino también para llamadas locales o internas. Como parece haber poca experiencia con la inserción de estos dispositivos en el dominio de redes privadas, se facilitan algunas orientaciones al planificador.

En primer lugar se recomienda la utilización de compensadores de eco que deben cumplir o exceder los requisitos de la Recomendación G.168. Pueden producirse conexiones en tándem de compensadores, sobre todo en el caso de llamadas internacionales cuando el operador de la red pública inserta también compensadores de eco. La experiencia práctica ha demostrado que los compensadores de eco proyectados según las normas de la Recomendación G.165 no producirán

problemas importantes en una configuración en cascada. Se recomienda preguntar al operador de la red pública si utiliza compensadores y cuál es su calidad. En función del retardo del trayecto de eco permitido por estos equipos, del punto de acceso y del encaminamiento en la red pública, en algunos casos posiblemente podrán evitarse compensadores de eco en la red privada.

La investigación y decisión final sobre la inserción de compensadores de eco en la red privada debe tener en cuenta no solamente el control del eco para el hablante en la red privada, sino también para el hablante en la terminación opuesta en el caso de llamadas locales o interurbanas establecidas por la red pública.

Algunos elementos terminales y de transmisión, tales como los teléfonos inalámbricos y móviles o dispositivos de compresión-expansión de la voz, pueden disponer de compensadores de eco integrados los cuales deben tenerse en cuenta. Deben controlarse cuidadosamente estos equipos en lo relativo a sus parámetros de calidad pertinentes, tales como el retardo de trayecto de eco permitido, la atenuación del eco residual, la atenuación del trayecto de eco requerida, etc.

Como regla básica, deben ubicarse los compensadores de eco en las cercanías de las fuentes de eco dentro de la red privada en beneficio de la terminación opuesta. Debe proporcionarse un trayecto de eco lineal con una atenuación del trayecto de eco mínima de 6 dB. Para la supresión del propio eco del hablante (trayecto de eco a través de la red pública y la terminación opuesta), puede obtenerse información sobre este trayecto de eco en lo relativo al retardo, la atenuación del trayecto de eco y la linealidad mediante negociaciones entre los operadores de ambas redes pública y privada, a fin de poder efectuar una selección cuidadosa de los dispositivos necesarios. En la mayoría de los casos se ubicarán estos compensadores de eco en las proximidades de la interfaz con la red pública.

## APÉNDICE I

### **Bibliografía**

- [1] Suplemento N.º 3 a las Recomendaciones de la serie P del UIT-T (1993), *Modelos de predicción de la calidad de transmisión a partir de mediciones objetivas*.

## **SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T**

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Mantenimiento: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Z	Lenguajes de programación