



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

P.562

(05/2000)

SERIE P: CALIDAD DE TRANSMISIÓN TELEFÓNICA,
INSTALACIONES TELEFÓNICAS Y REDES LOCALES

Aparatos para mediciones objetivas

**Análisis e interpretación de las mediciones en
los servicios vocales realizadas con
dispositivos de medidas en servicio no
intrusivas**

Recomendación UIT-T P.562

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE P

CALIDAD DE TRANSMISIÓN TELEFÓNICA, INSTALACIONES TELEFÓNICAS Y REDES LOCALES

Vocabulario y efectos de los parámetros de transmisión sobre la opinión de los clientes	Serie	P.10
Líneas y aparatos de abonado	Serie	P.30 P.300
Patrones de transmisión	Serie	P.40
Aparatos para mediciones objetivas	Serie	P.50 P.500
Medidas electroacústicas objetivas	Serie	P.60
Medidas relativas a la sonoridad vocal	Serie	P.70
Métodos de evaluación objetiva y subjetiva de la calidad	Serie	P.80 P.800
Calidad audiovisual en servicios multimedios	Serie	P.900

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

Recomendación UIT-T P.562

Análisis e interpretación de las mediciones en los servicios vocales realizadas con dispositivos de medidas en servicio no intrusivas

Resumen

Esta Recomendación UIT-T proporciona información sobre el análisis y la interpretación de las medidas en los servicios vocales obtenidas con INMD (dispositivo de medidas en servicio no intrusivas). Se describen métodos para analizar parámetros de medición individuales en una sola llamada o en múltiples llamadas. Se examinan los efectos de la ubicación de un INMD en las mediciones, la utilización de modelos de opinión de los clientes y la forma en que pueden utilizarse en las mediciones con INMD descritas. Esta Recomendación UIT-T se ocupa también de la forma en que pueden aplicarse las mediciones con INMD a la planificación y mantenimiento de la red.

Orígenes

La Recomendación UIT-T P.562, preparada por la Comisión de Estudio 12 (1997-2000) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 18 de mayo de 2000.

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 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 2001

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	Introducción	1
2	Referencias normativas	1
3	Abreviaturas y definiciones	2
3.1	Abreviaturas	2
3.2	Definiciones.....	3
4	Interpretación de las mediciones del INMD.....	3
4.1	Mediciones de una sola llamada	3
4.2	Mediciones de múltiples llamadas.....	5
4.3	Tamaño de la muestra	6
4.3.1	Intervalos de confianza de las medias de medición.....	6
4.3.2	Intervalos de confianza de la determinación de umbrales	7
5	Repercusión de la ubicación del INMD en la red	7
5.1	Contexto	8
5.2	Ubicación del INMD en el lado saliente de la pasarela internacional	8
5.2.1	Ventajas.....	8
5.2.2	Inconvenientes	9
5.3	Ubicación del INMD en el lado entrante de la pasarela internacional	9
5.3.1	Ventajas.....	9
5.3.2	Desventajas.....	9
5.4	Comparación de la repercusión de ambos escenarios en las medidas recomendadas a la Recomendación P.561	10
5.5	Examen	12
5.6	Conclusión.....	13
6	Utilización de mediciones del INMD para sondear la opinión media de los clientes...	13
6.1	Utilización de un modelo para sondear la opinión de los clientes	13
6.2	Hipótesis	15
6.3	Modelo.....	16
6.3.1	Hipótesis sobre la red y el hablante.....	16
6.3.2	Modelo de hipótesis	17
6.3.3	Modelo de percepción de la atenuación y del ruido.....	17
6.3.4	Modelo de percepción del eco y del retardo	17
6.3.5	Resultados obtenidos con el modelo.....	17
6.4	Predicciones	17
6.4.1	Un solo valor del índice de claridad de la llamada.....	17
6.4.2	Múltiples valores del índice de claridad de la llamada.....	18
6.5	Diagnóstico utilizando un modelo de opinión.....	19
7	Utilización de mediciones del INMD para la planificación de la red	19
8	Utilización de mediciones del INMD para el mantenimiento de redes	20

	Página	
8.1	Objetivos indicados por las Recomendaciones de la serie G.....	20
8.1.1	Objetivos en las mediciones de nivel vocal.....	20
8.1.2	Objetivos en las mediciones de ruido.....	21
8.1.3	Objetivos en las mediciones de potencia de eco.....	21
8.1.4	Objetivos de retardo del trayecto de eco.....	22
8.2	Técnicas adicionales de fijación de umbrales utilizadas para dirigir el mantenimiento.....	22
Anexo A	– Descripción del modelo de índice de claridad de la llamada.....	23
A.1	Introducción.....	23
A.2	Ecuaciones del modelo.....	26
A.2.1	Multiplicador de eco y de retardo, E.....	26
A.2.2	Nota de opinión previa al eco, $Y_{Cpre-echo}$	30
A.3	Salida del modelo.....	34
A.4	Valores de ponderación.....	35
A.4.1	Ponderaciones de los índices de sonoridad.....	35
A.4.2	Ponderaciones del LOI.....	36
A.5	Hipótesis/ficheros de datos.....	36
A.5.1	Valores de datos del hablante y del oyente.....	37
A.5.2	Valores de datos telefónicos.....	38
A.5.3	Valores de datos de ruido.....	39
A.6	Ecuaciones varias.....	40
Anexo B	– Correspondencia de mediciones del INMD con el modelo E.....	40
B.1	Algoritmos que relacionan las mediciones del INMD con los parámetros del modelo E.....	40
B.1.1	Algoritmos que relacionan las mediciones del INMD con los parámetros de atenuación del modelo E.....	40
B.1.2	Algoritmos que relacionan las mediciones del INMD con los parámetros de ruido del modelo E.....	41
B.1.3	Algoritmos que relacionan las mediciones del INMD con los parámetros de eco del modelo E.....	42
B.1.4	Ecuaciones para el modelo E utilizando mediciones del INMD.....	43
Apéndice I	– Detalles sobre la comparación de la ubicación del INMD en la red.....	44
Apéndice II	– Técnicas estadísticas aplicadas cuando hay múltiples mediciones del INMD.....	47
II.1	Intervalos de confianza.....	47
II.2	Prueba hipotética para la media de un conjunto de mediciones en función de un valor fijo.....	47
II.3	Prueba hipotética para las medias de dos conjuntos de mediciones.....	48
Apéndice III	– Técnicas estadísticas para los cálculos del umbral del INMD.....	49
III.1	Introducción.....	49
III.2	Enfoque teórico.....	50
III.3	Aproximación.....	52

Recomendación UIT-T P.562

Análisis e interpretación de las mediciones en los servicios vocales realizadas con dispositivos de medidas en servicio no intrusivas

1 Introducción

Esta Recomendación UIT-T proporciona información sobre el análisis y la interpretación de las medidas en los servicios vocales obtenidas con un dispositivo de medidas en servicio no intrusivas (INMD). Debe utilizarse en unión con la Recomendación P.561: Dispositivo de medidas en servicio no intrusivas – Medidas para los servicios vocales [1].

Los INMD se utilizan más que nada para la medición de parámetros de grado vocal, tales como voz, ruido y eco. Los INMD se utilizan principalmente para la medición de parámetros de calidad vocal, como son las señales de voz, el ruido y el eco. Los INMD pueden utilizarse también para medir parámetros asociados con sistemas de transmisión digital que afectan a las características de los canales de calidad vocal transportados. Los INMD se utilizan como dispositivos independientes o como parte de un elemento de red. Se pueden instalar en conmutadores y nodos seleccionados en las redes de telecomunicaciones para medir los parámetros de calidad de funcionamiento "en servicio" de los servicios vocales, y para localizar y analizar las anomalías de la red. En el caso de la red conmutada, el análisis de las anomalías de red es más fácil cuando se dispone de información sobre la conexión, tal como las cifras de la dirección llamante y llamada, las asignaciones de los circuitos que intervienen, etc., junto con la calidad de funcionamiento medida.

Esta Recomendación se divide en las siguientes cláusulas. La cláusula 2 contiene una lista de referencias a normas correspondientes. La cláusula 3 contiene abreviaturas y definiciones utilizadas en esta Recomendación. La cláusula 4 indica cómo deben interpretarse las distintas medidas con el INMD, y describe las limitaciones de este método. La cláusula 5 trata la repercusión en las mediciones de la ubicación del INMD en la red. La cláusula 6 muestra cómo pueden utilizarse las medidas del INMD para predecir la opinión media de los clientes y cómo deben interpretarse estas predicciones. La cláusula 7 trata la forma en que pueden aplicarse las mediciones del INMD a la planificación de la red mediante el uso del modelo E [2]. La cláusula 8 muestra cómo pueden utilizarse las medidas del INMD para el mantenimiento de la red. En el anexo A se expone detalladamente el modelo recomendado para predecir la opinión media de los clientes y en el anexo B se expone detalladamente cómo hacer corresponder las medidas del INMD en el modelo E.

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.

- [1] Recomendación UIT-T P.561 (1996), *Dispositivo de medida en servicio no intrusivo – Medidas para los servicios vocales*.
- [2] Recomendación UIT-T G.107 (1998), *El modelo E, un modelo informático para su utilización en planificación de la transmisión*.
- [3] Recomendación UIT-T G.100 (1993), *Definiciones utilizadas en las Recomendaciones sobre características generales de las conexiones y circuitos telefónicos internacionales*.
- [4] Recomendación UIT-T G.131 (1996), *Control del eco para el hablante*.

- [5] Recomendación UIT-T G.169 (1999), *Dispositivos automáticos de control de nivel.*
- [6] Recomendación UIT-T P.800 (1996), *Métodos de determinación subjetiva de la calidad de transmisión.*
- [7] Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E: Directrices para la planificación.*
- [8] Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal.*
- [9] Recomendación UIT-T G.113 (1996), *Degradaciones de la transmisión.*
- [10] Recomendación UIT-T G.114 (1996), *Tiempo de transmisión en un sentido.*
- [11] Recomendación UIT-T G.120 (1998), *Características de transmisión de las redes nacionales.*
- [12] Recomendación UIT-T G.121 (1993), *Índices de sonoridad de sistemas nacionales.*
- [13] 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.*
- [14] Recomendación UIT-T P.79 (1993), *Cálculo de índices de sonoridad de aparatos telefónicos.*
- [15] Recomendación CCITT P.76 (1988), *Determinación de índices de sonoridad; principios fundamentales.*
- [16] Recomendación CCITT G.223 (1988), *Hipótesis para el cálculo del ruido en los circuitos ficticios de referencia para telefonía.*
- [17] Recomendación CCITT G.212 (1988), *Circuitos ficticios de referencia para sistemas analógicos.*

3 Abreviaturas y definiciones

3.1 Abreviaturas

En esta Recomendación UIT-T se utilizan las siguientes siglas:

ALC	Control automático de nivel (<i>automatic level control</i>)
CCI	Índice de claridad de la llamada (<i>call clarity index</i>)
CDR	Registro de datos de llamada (<i>call data record</i>)
DCME	Equipo de multiplicación de circuitos digitales (<i>digital circuit multiplication equipment</i>)
EC	Compensador de eco (<i>echo canceller</i>)
EL	Atenuación del eco (<i>echo loss</i>)
EPL	Atenuación del trayecto de eco (<i>echo path loss</i>)
INMD	Dispositivo de medidas en servicio no intrusivas (<i>in-service non-intrusive measurement device</i>)
ISC	Centro de conmutación internacional (<i>international switching centre</i>)
LE	Central local (<i>local exchange</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>)
RLR	Índice de sonoridad en recepción (<i>receiving loudness rating</i>)
SEPL	Atenuación del trayecto de eco de la voz (<i>speech echo path loss</i>)
SLR	Índice de sonoridad en emisión (<i>sending loudness rating</i>)
TELR	Índice de sonoridad del eco para el hablante (<i>talker echo loudness rating</i>)
TSG	Subgrupo troncal (<i>trunk subgroup</i>)

3.2 Definiciones

Las definiciones que no figuran en esta lista pueden verse en las Recomendaciones UIT-T P.561 [1] y G.100 [3].

3.2.1 modelo de opinión de los clientes: Los modelos de opinión de los clientes se destinan a predecir la opinión subjetiva media de los clientes utilizando medidas objetivas.

3.2.2 opinión subjetiva: Una opinión subjetiva es una impresión personal y varía de una persona a otra. Una opinión subjetiva no necesariamente será la misma cuando se repita en las mismas condiciones exteriores. La calidad de la llamada es un ejemplo de medida subjetiva.

3.2.3 medición objetiva: Una medición objetiva se efectúa con equipo de medición, y es repetible si se dan las mismas condiciones exteriores. El nivel vocal activo es un ejemplo de medida objetiva.

3.2.4 E1: Interfaz A G.703 que funciona en 2048 kbit/s, por la que pueden pasar 32 canales de 64 kbit/s cada uno.

3.2.5 T1: Interfaz A G.703 que funciona en 1544 kbit/s, por la que pueden pasar 24 canales de 64 kbit/s cada uno.

4 Interpretación de las mediciones del INMD

Los INMD monitorizan continuamente la red y tienen las posibilidades de generar ingentes cantidades de datos. La interpretación de estos datos es crucial para entender la calidad de funcionamiento de la red que se monitoriza. Esta cláusula incluye orientaciones sobre el modo de interpretar las mediciones individuales de servicios vocales y de poder cotejar las mediciones procedentes de muchas llamadas. Se indican en cada caso las aplicaciones, ventajas y limitaciones.

4.1 Mediciones de una sola llamada

Las mediciones en servicios vocales efectuadas por un INMD se describen en la Recomendación UIT-T P.561 [1], siendo las mediciones mínimas requeridas: nivel vocal, nivel de ruido, retardo del trayecto de eco y al menos un tipo de medición de atenuación del eco.

Cada uno de estos parámetros permite determinar o predecir algún aspecto (o aspectos) de la calidad de la red en esa llamada determinada. Los parámetros medidos por un INMD caracterizan la conexión de red de cada hablante al equipo INMD en ese sentido solamente. No se mide la conexión de red en el sentido opuesto, de INMD a oyente. La única excepción aquí es la medición del trayecto de eco que proporciona alguna información sobre la conexión de red del INMD a la fuente del eco reflejado (usualmente la híbrida de cuatro hilos a dos hilos) y la vuelta al INMD. Esto significa que la mayoría de las degradaciones en el trayecto de recepción, de INMD a oyente, no pueden ser detectadas por un INMD.

En el cuadro 1 se muestran algunos aspectos de la calidad de funcionamiento de la red que pueden obtenerse de los parámetros de una sola medición de servicio vocal. Se consignan también las hipótesis formuladas al obtener la calidad de funcionamiento de la red.

Cuadro 1/P.562 – Aspectos de calidad de funcionamiento de la red obtenidos de los parámetros de mediciones del INMD

Parámetro	Aspecto de calidad de funcionamiento de la red	Hipótesis formuladas
Nivel vocal activo	SLR de la red	Nivel vocal del hablante
Nivel de ruido sofométrico	Nivel de ruido de circuito introducido por la red	Nivel de ruido ambiente
Atenuación del eco Atenuación del trayecto de eco Atenuación del trayecto de eco de la voz	En explotación o en presencia de compensadores de eco Calidad de funcionamiento de la híbrida	
Retardo del trayecto de eco	Retardo de transmisión de la conexión	Retardo local
Factor de actividad vocal	Precisión de otros parámetros (por ejemplo, una actividad del 90% en ambos sentidos podría significar que el ruido se clasifica como voz) Tipo de llamada (por ejemplo, mensaje grabado)	Hábitos de conversación normales
Recorte frontal (mutilación)	Calidad de funcionamiento de los detectores de actividad vocal (por ejemplo, en los DCME)	
Recorte por saturación	Recorte de amplitud y distorsión de amplitud	
Habla simultánea	Indicador aproximado de retardo de la conexión	Hábitos de conversación normales
Transmisión en un sentido	Breves interrupciones de la red	Conversación bidireccional

Cuando se interpretan las mediciones de servicios vocales del INMD, los resultados de llamada deben idealmente ser considerados como un conjunto. Investigar parámetros aislados puede dar lugar a conclusiones equivocadas en relación con la calidad de la conexión. Además, los datos de una sola llamada son propensos a variaciones en las voces de los clientes y en los equipos de los clientes, que deben tenerse en cuenta al considerar los datos. Los ejemplos que siguen muestran cómo pueden interpretarse erróneamente posibles mediciones.

Ejemplo 1

Las mediciones de una sola llamada revelan que la atenuación del trayecto de eco es baja y que el retardo del trayecto de eco es bajo. La baja atenuación del trayecto de eco indica que hay considerable eco presente y que la llamada se supone que es de calidad mediocre.

Sin embargo, como el retardo del trayecto de eco es también bajo, el usuario oye el eco solamente como efecto local y percibe que la llamada es de buena calidad. Esta llamada se clasifica correctamente cuando se utilice un modelo de opinión de los clientes (como el descrito en la cláusula 6 – Utilización de mediciones del INMD para predecir la opinión media de los clientes).

En la Recomendación UIT-T G.131 [4] puede verse más información sobre eco y retardo, y directrices sobre el control del eco [4].

Ejemplo 2

Las mediciones de una sola llamada revelan ausencia de ruido discernible y niveles vocales activos medios, lo que inicialmente parece ser una llamada de buena calidad. La inspección del factor de actividad vocal revela una actividad vocal superior al 90% en ambos sentidos.

La causa de este cuadro vocal anormal puede deberse a que los niveles altos de ruido pueden ser interpretados como voz o los niveles altos de eco como señales vocales. En realidad esta llamada podría sufrir una grave degradación y necesitar ser investigada.

4.2 Mediciones de múltiples llamadas

Cotejar los datos de mediciones ayuda a reducir las variaciones debidas a las voces y a los equipos de los clientes. Cuando se cotejan parámetros de medición, debe prestarse consideración al objetivo para el que se está reuniendo la información.

Los datos de medición que han de utilizarse para la información sobre estadísticas de calidad de funcionamiento deben seleccionarse con arreglo a agrupamientos específicos. Los agrupamientos recomendados a utilizar se indican en el cuadro 2.

Cuadro 2/P.562 – Agrupamientos recomendados para cotejar parámetros de INMD

Agrupamiento	Descripción
Enlace físico	Medio de acceso único; suele ser E1/T1
Ruta	Conjunto de enlaces físicos al mismo destino
Provincia	Conjunto de rutas a una sola área geográfica de un país
Portador	Conjunto de rutas entregadas por una empresa determinada a un país
País	Conjunto de rutas a un país determinado

Una vez que se han reunido datos sobre un solo parámetro para un determinado agrupamiento, deben procesarse por el procedimiento siguiente:

Etapa 1 Excluir todas las mediciones no válidas. Una medición no válida se define como un código por defecto o un valor fuera de la gama especificada del dispositivo de medición. Sin embargo, cualesquiera códigos por defecto que puedan traducirse fiablemente en una medición válida deben traducirse y contarse como válidos. Por ejemplo, un código por defecto que represente "no se detectó eco" podría traducirse a una atenuación del trayecto de eco igual al límite máximo de la gama especificada del dispositivo de medición.

Etapa 2 Debe emplearse un tamaño de prueba que arroje resultados estadísticamente válidos. Para más información, véase 4.3 – Tamaño de la muestra.

Etapa 3 Calcular la media y la desviación típica de la muestra.

Etapa 4 Calcular el porcentaje de mediciones válidas que superan los valores umbral preestablecidos máximo y mínimo. El cuadro 3 enumera los valores umbral recomendados para los parámetros más corrientes. Sin embargo, debido a los variados objetivos de calidad de funcionamiento de la red, diferentes administraciones pueden desear fijar sus propios umbrales. Los valores umbral utilizados deben siempre indicarse en unión de los resultados.

Etapa 5 Deben comunicarse los datos siguientes:

- Agrupamiento utilizado.
- Fecha y hora en la que se reunieron las mediciones.
- Valores umbral utilizados.
- Tamaño de la muestra.
- Media, mediana y desviación típica de la muestra.
- Porcentaje de muestras por encima del valor umbral máximo.
- Porcentaje de muestras por debajo del valor umbral mínimo.

Cuadro 3/P.562 – Límites umbral recomendados para mediciones de múltiples llamadas

PARÁMETRO	Valores umbral recomendados	
	mínimo	máximo
Nivel vocal activo	-35 dBm0	-6 dBm0
Nivel de ruido sofométrico	Ninguno	-50 dBmp
Atenuación del trayecto de eco	15 (nota 1) dB ó 35 (nota 2) dB	Ninguno
Retardo del trayecto de eco (de ida y vuelta) (nota 3)	Ninguno	40 (nota 1) ms u 800 (nota 2) ms
NOTA 1 – Para conexiones sin compensadores de eco. NOTA 2 – Para conexiones con compensadores de eco. NOTA 3 – Es la suma de los valores de retardo de extremo próximo y de extremo distante.		

4.3 Tamaño de la muestra

Cuando se consideran los intervalos de confianza para un conjunto de mediciones, los factores siguientes influyen en los mínimos tamaños de muestra requeridos:

- desviación típica de la distribución de población;
- nivel de significación necesario del intervalo de confianza (por ejemplo, 95%);
- precisión necesaria del intervalo de confianza (por ejemplo, ± 1 dB o $\pm 5\%$).

Hay dos tipos diferentes de análisis: medios de medición y porcentajes umbral, cada uno de los cuales exige diferentes tamaños de muestra mínimos. Se considera cada uno de éstos en las subcláusulas siguientes.

4.3.1 Intervalos de confianza de las medias de medición

Determinar un intervalo de confianza de una media de medición exige calcular una media y la desviación típica de una muestra de mediciones. El número mínimo de muestras necesario depende de los factores arriba indicados. En el apéndice II se dan ejemplos de uso de estos factores para calcular el mínimo tamaño de muestra necesario. En el cuadro 4 se indican también tamaños de muestra mínimos típicos.

Cuadro 4/P.562 – Ejemplo de tamaños de muestra mínimos para cálculos de medias

Parámetros	Desviación típica dB o ms	Intervalo de confianza %	Precisión necesaria (±)	Tamaño de muestra mínimo
Nivel vocal	7	95	1 dB	188
Nivel de ruido	6	95	1 dB	138
Atenuación del trayecto de eco	8	95	1 dB	246
Retardo del trayecto de eco	4	95	1 ms	61

4.3.2 Intervalos de confianza de la determinación de umbrales

La determinación de umbrales exige calcular el porcentaje de mediciones por encima o por debajo de un umbral en una muestra de mediciones. El tamaño adecuado de la muestra depende de la exactitud requerida y el factor de confianza que indica que la exactitud especificada se ha logrado. El número de muestras puede calcularse teóricamente; los cálculos se detallan en el apéndice III. La figura 1 es un gráfico de los tamaños de muestra mínimos para intervalos de confianza α de 95% y 98%

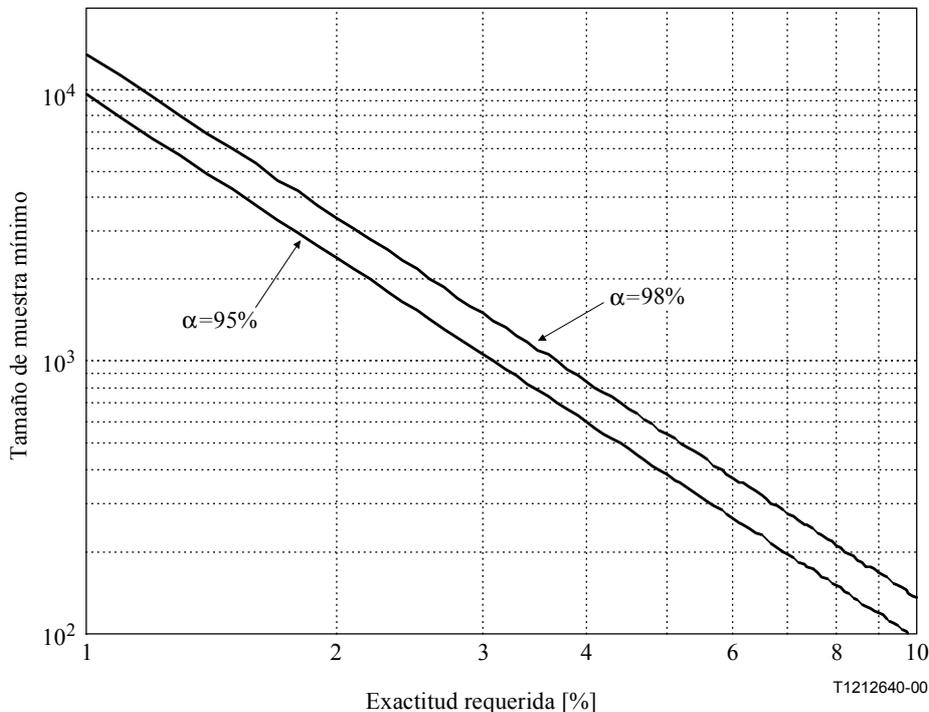


Figura 1/P.562 – Tamaños de muestra mínimos recomendados para el cálculo de umbrales

5 Repercusión de la ubicación del INMD en la red

Aunque, como se indica en la Recomendación UIT-T P.561 [1] los dispositivos de medidas en servicios no intrusivas (INMD) pueden conectarse en cualquier interfaz DS1 a cuatro hilos en un enlace, lo más corriente es que estén instalados en pasarelas internacionales.

En esta cláusula se consideran dos ubicaciones diferentes para un INMD en una pasarela internacional: en el lado salida y en el lado entrada. Se describe en ambos escenarios la repercusión de los dispositivos de transmisión y/o de procesamiento dentro y fuera de la pasarela internacional sobre la medición no intrusiva de parámetros. Por último, se indican aplicaciones sugeridas para cada escenario así como las respectivas propiedades de interés para un operador de red.

5.1 Contexto

En esta discusión, nos centramos solamente en situaciones en las que la red de un operador, conocida como el "extremo próximo" está conectada con la red de otro operador, conocida como el "extremo distante", a través de un enlace internacional. La conexión ficticia de referencia de dicho enlace puede representarse por los elementos que se muestran en la figura 2.

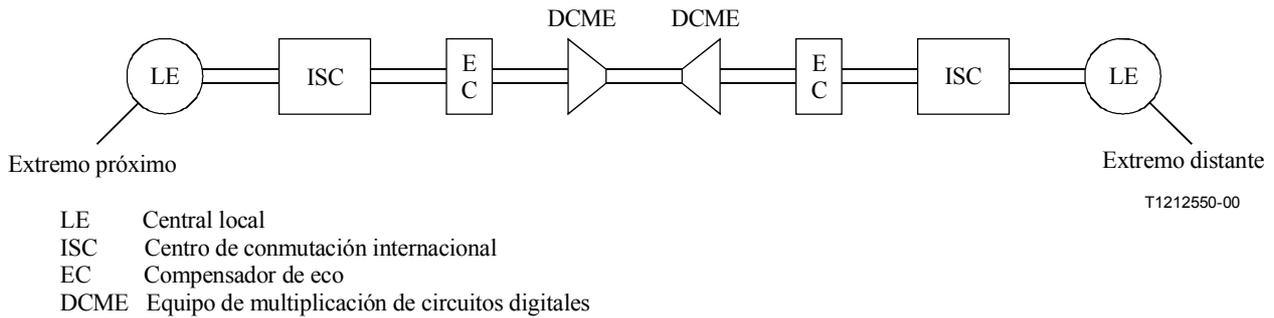


Figura 2/P.562 – Conexión internacional ficticia de referencia

En algunos casos no hay equipos DCME ni compensadores de eco (EC) presentes en la conexión, pero suponemos aquí que están presentes en las conexiones en las que se utilizan INMD. La repercusión de los EC y los ALC en las redes nacionales no se considera en el análisis que sigue.

5.2 Ubicación del INMD en el lado saliente de la pasarela internacional

Una utilización corriente de los INMD es conectarse a un E1/T1 internacional, en el lado saliente del centro de conmutación internacional, más allá del compensador de eco, como muestra la figura 3.

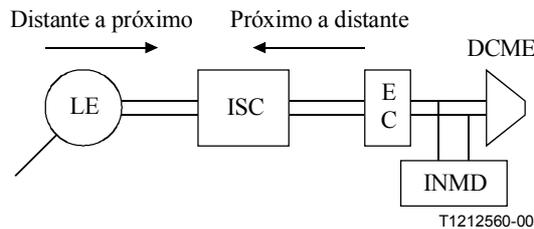


Figura 3/P.562 – Implementación de un INMD en el lado saliente de la pasarela internacional

5.2.1 Ventajas

- Las mediciones se efectúan en los sentidos "próximo a distante" y "distante a próximo" del E1/T1, por lo que si se detecta un problema, se conoce el E1/T1 defectuoso (y el intervalo de tiempo).

- Se efectúa la medición del eco teniendo en cuenta los efectos de los compensadores de eco de extremo próximo y de extremo distante.

5.2.2 Inconvenientes

- Las mediciones están dedicadas a los E1/T1 conectados. Para monitorizar la calidad de todos los destinos, debe conectarse un alto porcentaje de los E1/T1, lo cual exige un gran sistema de monitorización que genere los enormes volúmenes de datos que es necesario almacenar y gestionar.
- La mayoría de los sistemas utilizan información de señalización que es necesario decodificar. En la red internacional existen todavía varios sistemas de señalización (R2, C5, diferentes niveles de C7: TUP, TUP+, ISUP), cada uno de los cuales requiere un programa lógico específico que hay que decodificar.

5.3 Ubicación del INMD en el lado entrante de la pasarela internacional

Una implementación alternativa es conectar el INMD a un E1/T1 nacional, en el lado entrante del centro de conmutación internacional, como muestra la figura 4.

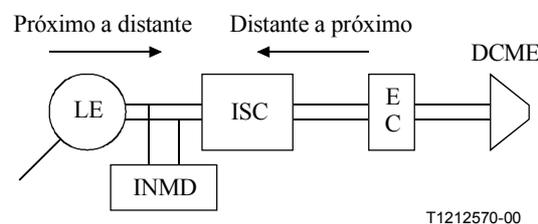


Figura 4/P.562 – Implementación de un INMD en el lado entrante de la pasarela internacional

5.3.1 Ventajas

- Pueden efectuarse mediciones en llamadas a muchos destinos monitorizando un pequeño número de E1/T1. La elección de unos pocos E1/T1 que transportan mucho tráfico internacional, seleccionados para que comprendan una gran proporción de la red nacional, proporciona al sistema un volumen significativo de llamadas a muchos destinos.
- Los sistemas que decodifican información de señalización son menos complejos, ya que en la mayoría de las redes nacionales el número de sistemas de señalización se limita generalmente a uno o dos en lugar de a la más amplia gama esperada en los sistemas internacionales.

5.3.2 Desventajas

- Si se detecta un problema, no está inmediatamente claro qué E1/T1 saliente lo causa. Una solución a este problema podría ser utilizar registros de datos de llamada (CDR).
- No se tienen en cuenta los efectos de ningún compensador de eco de extremo próximo que afecte a la persona en el extremo distante. Por tanto, se obtiene más información relativa al retardo de extremo próximo y a la calidad de funcionamiento híbrida, pero no se dispone de información sobre la calidad de funcionamiento de los compensadores de eco de extremo próximo que pueden tener influencia significativa en la calidad percibida de la llamada. Es más probable que se efectúen mediciones del eco y del retardo, pero no representan las señales reales que llegan al oído del oyente del extremo distante.

5.4 Comparación de la repercusión de ambos escenarios en las medidas recomendadas a la Recomendación P.561

Las implementaciones descritas en las dos cláusulas anteriores pueden distinguirse no sólo por sus respectivas ventajas e inconvenientes, sino también por su efecto en los parámetros medidos por el INMD con arreglo a la Recomendación UIT-T P.561. Los efectos del equipo, tales como los del compensador de eco (EC) [4] y el control automático de nivel (ALC) [5], se muestran en el cuadro 5 y se describen a continuación

En el cuadro 5 los términos "próximo a distante" y "distante a próximo" se utilizan con el significado que tienen en la Recomendación UIT-T P.561. Así, el trayecto de eco de próximo a distante (y su retardo y atenuación) corresponde al bucle seguido por una señal vocal incidente originada en el extremo próximo, reflejada en el extremo distante y que vuelve al extremo próximo.

El escenario 1 y el escenario 2 representan implementaciones de INMD en los lados saliente y entrante de las pasarelas internacionales, respectivamente.

Cuadro 5/P.562 – Comparación de los escenarios

	Escenarios 1 – Lado saliente		Escenario 2 – Lado entrante	
	Próximo a distante	Distante a próximo	Próximo a distante	Distante a próximo
Nivel vocal activo Factor de actividad vocal	Medida de los niveles transmitidos por la red de extremo próximo; incluye los efectos del EC y del ALC de extremo próximo, si existen.	Medida de los niveles transmitidos por la red de extremo distante; no incluye los efectos del ALC de extremo próximo, si existe.	Medida de los niveles procedentes de la red de acceso de extremo próximo; no incluye los efectos del EC y ALC de extremo próximo, si existen.	Medida de los niveles transmitidos a la red de acceso de extremo próximo; incluye los efectos del ALC de extremo próximo si existe.
Nivel de ruido (Nota 2)	Medida del ruido transmitido por la red de extremo próximo; incluye el ruido insertado por el EC, el ALC y la señalización analógica C5, si ésta existe.	Medida del ruido transmitido por la red de extremo distante; no incluye los efectos del ALC de extremo próximo, si existe.	Medida del ruido procedente de la red de acceso de extremo próximo; no incluye los efectos del EC, ALC de extremo próximo o de la señalización analógica C5, si existe.	Medida del ruido transmitido a la red de acceso de extremo próximo; incluye los efectos del ALC si existe.
Retardo del trayecto de eco (Notas 1 y 2)	La medida no incluye los retardos de conmutación y de procesamiento en la pasarela de extremo próximo.	La medida incluye los retardos de conmutación y de procesamiento en la pasarela de extremo próximo.	La medida incluye los retardos de conmutación y de procesamiento en la pasarela de extremo próximo.	La medida no incluye los retardos de conmutación y de procesamiento en la pasarela de extremo próximo. Eco medido antes de ser procesado por el EC.
Atenuación del eco Atenuación del trayecto de eco Atenuación del trayecto de eco de la voz	La medida no incluye los efectos del ALC de extremo próximo, si existe. Un ALC defectuoso puede amplificar la señal de eco.	La medida incluye los efectos del EC y del ALC de extremo próximo, si existen.	La medida incluye los efectos del ALC de extremo próximo, si existe. Un ALC defectuoso puede amplificar la señal de eco.	La medida no incluye los efectos del EC de extremo próximo. Eco medido antes de ser procesado por el EC.

NOTA 1 – Con ambos escenarios, el valor de retardo medio en un sentido permanece el mismo y es igual a la mitad de la suma de los dos retardos del bucle (si pueden medirse ambos).

NOTA 2 – Los DCME forman parte del trayecto de transmisión internacional, por lo que tienen la misma repercusión en las mediciones con ambos escenarios (ruido de confort, retardo de transmisión adicional), por cuya razón no se consideran en el cuadro anterior. Puede hacerse la misma observación en la transmisión analógica, que puede causar ruido y atenuación asimétrica.

5.5 Examen

La diferencia entre las dos implementaciones arriba presentadas en cuanto a la repercusión en los resultados de las mediciones es significativa. Según el objetivo de un operador de red al utilizar un INMD, será más adecuada una de las dos soluciones. Para comprenderlo más claramente, considérense los siguientes tipos de enlace internacional:

Enlace 1 Con compensadores de eco y DCME en ambos lados.

Enlace 2 Con compensadores de eco y sin DCME en ambos lados.

Enlace 3 Sin compensadores de eco y sin DCME en ambos lados.

Para cada parámetro, con cada escenario y cada tipo de enlace, y considerando la inserción de ALC en el centro de conmutación internacional, es posible estimar cómo se evalúa la percepción de calidad para los siguientes puntos de vista:

- cliente de extremo próximo;
- cliente de extremo distante;
- interconexión.

Las cifras en caracteres normales del cuadro 6 indican cuántos de los cuatro parámetros ven favorecida la medición utilizando ese escenario. En el apéndice I puede verse información más detallada de cada uno de los parámetros.

Cuadro 6/P.562 – Porcentaje de mediciones que ayudan a evaluar la percepción de calidad

		Escenario 1 – Saliente				Escenario 2 – Entrante			
		Enlace 1	Enlace 2	Enlace 3	TOTAL	Enlace 1	Enlace 2	Enlace 3	TOTAL
Con ALC	Cliente de extremo prox.	1	1	2	33%	4	4	4	100%
	Cliente de ext. distante	0	1	2	25%	0	1	2	25%
	Interconexión	3	4	4	92%	0	1	2	25%
	TOTAL	33%	50%	67%	50%	33%	50%	67%	50%
Sin ALC	Cliente de extremo prox.	4	4	4	100%	4	4	4	100%
	Cliente de ext. distante	2	4	4	83%	1	1	4	50%
	Interconexión	3	4	4	92%	1	2	4	58%
	TOTAL	75%	100%	100%	92%	50%	58%	100%	69%
NOTA – Los números en caracteres normales representan el número de parámetros que en el escenario ayudan a medir de un total de cuatro parámetros (nivel vocal y de ruido, atenuación y retardo de eco). Los porcentajes en negritas representan el porcentaje total de parámetros en los que el escenario ayuda a medir sobre la base de un máximo de cuatro parámetros por condición.									

Si comparamos la calidad de funcionamiento global de ambos escenarios, los escenarios 1 y 2 son equivalentes cuando existe ALC y el escenario 1 proporciona información más útil, que el escenario 2 sin ALC. La comparación de las calidades de funcionamiento para cada tipo de aplicación revela diferencias significativas entre los escenarios.

Si el objetivo principal de la monitorización de la calidad de transmisión es en la supervisión de las interconexiones con otras redes, la mejor solución es la implementación de los INMD en el lado saliente (escenario 1).

Sin embargo, la implementación en el lado entrante (escenario 2) proporciona a un operador la información de más utilidad sobre la calidad vocal percibida por los clientes de extremo próximo cuando existen ALC.

Cuando no se usan ALC, el escenario 2 no presenta ventajas sobre el escenario 1 en cuanto a mediciones.

La diferencia fundamental entre las dos implementaciones es el costo. Es más barato implementar un INMD en el lado nacional (escenario 2), por lo que si dos operadores interconectados implementaron ambos sistemas en el lado nacional y compartieron los resultados, se obtendría así una indicación más precisa de la calidad percibida por los usuarios en cada extremo de la red. Sin embargo, la localización de posibles averías en el lado saliente serían más difícil cuando se hace en el INMD del lado nacional.

5.6 Conclusión

El análisis sobre la ubicación del INMD en una conexión internacional revela que no existe una utilización única de dicho dispositivo de medición, y que, según el objetivo último de un operador de red, cada escenario presenta ventajas e inconvenientes.

Para resumir las ventajas de cada escenario:

- la implementación en el lado saliente proporciona la indicación más precisa de la calidad ofrecida por la red de extremo próximo a la red de extremo distante, y proporciona información de utilidad sobre el funcionamiento o la presencia de compensadores de eco;
- la implementación en el lado entrante proporciona la indicación más precisa de la calidad ofrecida al usuario de red de extremo próximo en el caso específico en el que el ALC esté activado en el extremo próximo. Esta implementación puede también ser una solución más económica.

Puede conseguirse una evaluación más completa de la calidad de transmisión vocal de extremo a extremo si dos operadores interconectados comparten sus resultados de medición y el conocimiento de las características de su respectiva red de acceso próximo.

6 Utilización de mediciones del INMD para sondear la opinión media de los clientes

Los parámetros de medición individuales no dan por sí mismos una imagen completa de la conexión. Puede utilizarse un modelo de opinión de los clientes para compendiar toda la opinión disponible de muchos parámetros de medición en una predicción de calidad de una sola cifra.

En esta cláusula se describe el modelo recomendado para predecir la opinión media de los clientes a partir de mediciones efectuadas por un INMD. El modelo, conocido por el índice de claridad de la llamada (CCI), se ha diseñado específicamente para su empleo con mediciones no intrusivas, y se ha demostrado que es más consistente que utilizar modelos de planificación para este propósito.

6.1 Utilización de un modelo para sondear la opinión de los clientes

Los modelos de opinión de los clientes tratan de hacer corresponder las mediciones objetivas de la calidad de funcionamiento de la red con las opiniones subjetivas. Un modelo de opinión de los clientes para los INMD debe por tanto poder relacionar la calidad de funcionamiento de la red (representada por las mediciones objetivas, tales como nivel vocal, atenuación del eco, etc.) con la calidad de funcionamiento percibida por los clientes (representada por una nota de opinión).

Entre las ventajas de emplear un modelo para interpretar las mediciones del INMD se hallan:

- 1) La identificación de los efectos combinados que son incorrectamente clasificados cuando se utilizan medidas individuales.
- 2) La reducción del volumen de datos (una sola cifra representa ahora la calidad medida en lugar de muchas mediciones individuales).
- 3) El modelo compendia el conocimiento de los expertos sobre los efectos de las degradaciones en la percepción por los clientes.

La ventaja 1 se ilustra en las figuras 5 y 6 que siguen. Aquí, por ejemplo, se consideran solamente dos parámetros -la atenuación del eco y el retardo del trayecto de eco- mientras que en realidad el problema es multidimensional. El uso de umbrales independientes para cada parámetro identificaría las combinaciones de medición marcadas con cruces en la figura 5 como fallos y las marcas angulares como aciertos. El verdadero umbral perceptual, sin embargo, se parecería más a la línea curva y da lugar a los aciertos y fallos presentados en la figura 6. Puede verse que pueden evitarse varios falsos positivos y falsos negativos mediante el uso de un modelo -que contribuya a permitir una aplicación más eficiente de las inversiones en reparaciones o potenciación de la red.

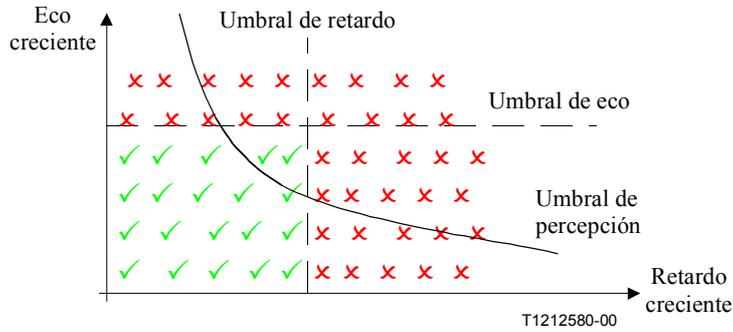


Figura 5/P.562 – Utilización de medidas individuales para la determinación de umbrales

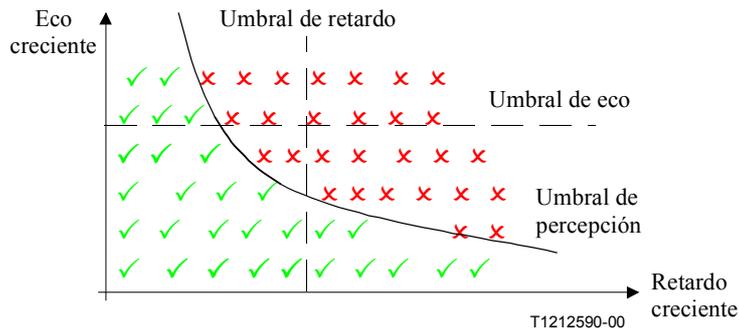


Figura 6/P.562 – Utilización de un modelo para la determinación de umbrales

6.2 Hipótesis

La figura 7 ilustra la ubicación del INMD en un punto de monitorización a cuatro hilos no intrusiva. Los INMD miden el nivel vocal (SL , *speech level*), el nivel de ruido (NL , *noise level*), la atenuación del eco (EL , *echo loss*) y el retardo del trayecto de eco (EPD , *echo path delay*) de ambos sentidos de una conexión. Estos parámetros pueden utilizarse para deducir la repercusión de la atenuación, el ruido, y el eco en la opinión del cliente. Sin embargo, como los INMD no efectúan mediciones de calidad de funcionamiento de extremo a extremo, debe señalarse que utilizar mediciones de INMD en un modelo de opinión de los clientes exige estimar algunos parámetros que no pueden deducirse de mediciones del INMD. En particular, remitiéndose a la figura 7, la medición del SL distante del INMD (SL_f) puede utilizarse para deducir la combinación del SLR distante (SLR_f) y la pérdida de transmisión en el sentido distante a próximo (T_f), siempre que se formule una hipótesis sobre el nivel vocal de extremo distante. Sin embargo, el RLR próximo (RLR_N) y la atenuación de recepción en el sentido distante a próximo (R_N) no puede deducirse de las mediciones del INMD porque afectan a la calidad de funcionamiento de la conexión después del punto en el que el INMD hace las mediciones. Estos parámetros han de ser estimados por el usuario y suelen seleccionarse para representar un valor medio o la distribución de valores para la red que se evalúa.

El modelo se ha diseñado para que reduzca la dependencia con respecto a las hipótesis en la mayor medida posible. La principal manera de hacerlo es permitir la introducción directa de mediciones del nivel vocal SL y del nivel de ruido NL en su modelo fundamental de atenuación/ruido. El efecto primario en la claridad de la llamada del ruido que enmascara a la señal vocal es independiente de cualesquiera hipótesis sobre el nivel vocal en emisión o la atenuación de emisión absoluta (aunque se supone una forma de frecuencia media) en el modelo.

Los efectos subjetivos, cuando necesita conocerse la sonoridad absoluta (tales como la sonoridad de eco) todavía necesitan la formulación de hipótesis para modelarlos apropiadamente. Es necesario elegir estas hipótesis para que representen las condiciones esperadas típicas o medias en la red.

El SL medido depende de la atenuación en emisión ($SLR+T$) y del nivel vocal (VL , *vocal level*) en emisión. La atenuación en emisión y el nivel vocal en emisión tendrán una media y una distribución estadísticas alrededor de esa media. El SL medido diferirá normalmente del SL esperado medio. La diferencia de niveles podría ser causada por uno de dos factores:

- el hablante habla a nivel diferente del supuesto; o
- la atenuación de la red ($SLR+T$) tiene un valor diferente del supuesto.

El modelo tiene esto en cuenta cuando estima la atenuación de la red.

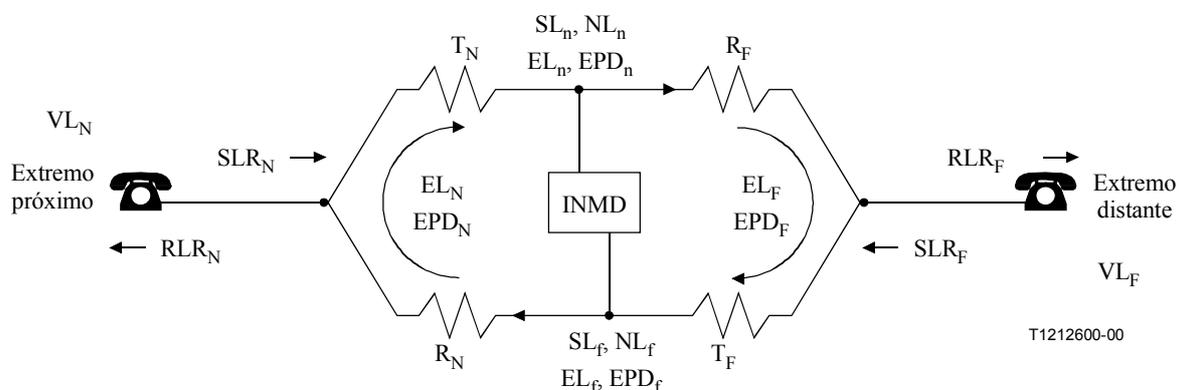


Figura 7/P.562 – Diagrama de la red

El conjunto completo de hipótesis aplicadas por el modelo se describen junto con el propio modelo en el anexo A – Descripción del modelo de índice de claridad de la llamada.

Algunas de las hipótesis pueden ser específicas de la red o del país. En esta Recomendación UIT-T se incluye un conjunto de valores sugeridos para las hipótesis basado en datos de diferentes países europeos. En ausencia de un amplio conjunto de datos sobre cada país o región, se recomienda que se aplique el conjunto de hipótesis estándar contenido en esta Recomendación UIT-T, lo cual permite una comparación precisa de las opiniones medias predichas entre resultados obtenidos en la misma ruta en momentos diferentes, pero debe tenerse cuidado al comparar rutas diferentes. Ordinariamente si un país tiene atenuaciones medias diferentes a las del conjunto estándar de hipótesis, la nota de opinión prevista media estará desplazada con respecto a la de otro país que tenga hipótesis más próximas a las del conjunto estándar. Sin embargo, la distribución de notas de opinión previstas en torno a esta media seguirá siendo una información de inestimable valor.

6.3 Modelo

El modelo de índice de claridad de la llamada (CCI) predice la claridad de la llamada (también conocida como calidad de transmisión vocal) a partir de parámetros de medición por el INMD llamada por llamada. Esta subcláusula describe los bloques funcionales, presentados en la figura 8, que forman el CCI.

El funcionamiento global del CCI consiste en utilizar parámetros de medición no intrusiva en unión de hipótesis acerca de la red de los usuarios en cada extremo para predecir las señales que llegan al oído de cada usuario. Estas señales predichas, así como el conocimiento del sistema auditivo humano, se transforma entonces en predicciones de opinión de calidad vocal conversacional de la llamada, tal como la percibe cada usuario.

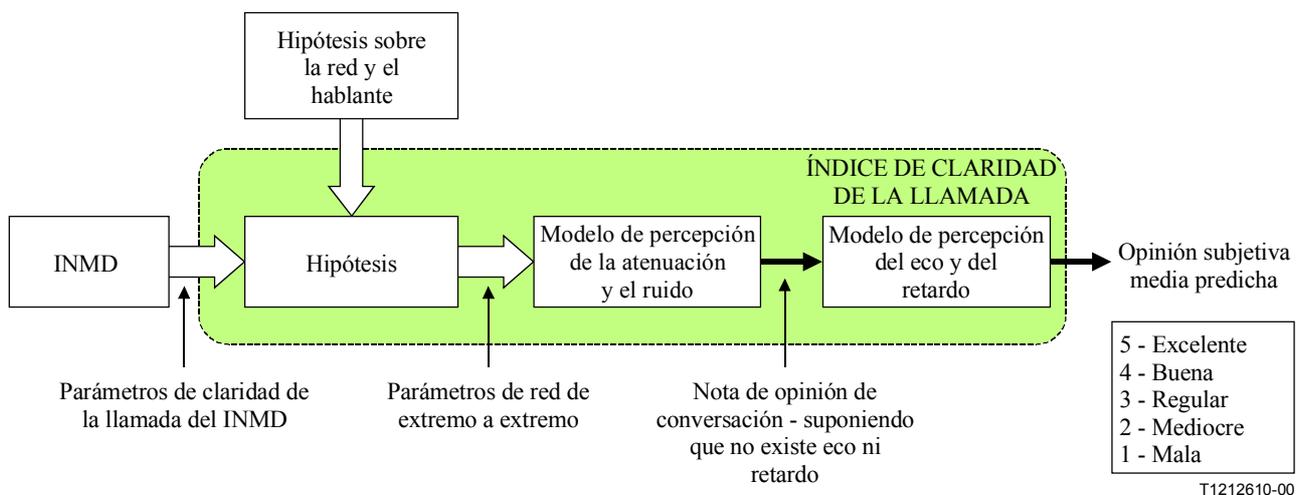


Figura 8/P.562 – Los bloques funcionales que componen el CCI

6.3.1 Hipótesis sobre la red y el hablante

Para poder predecir la claridad de una llamada telefónica percibida por los clientes en cada extremo, la modelo exige la siguiente información no disponible de mediciones con el INMD:

- 1) La característica de sensibilidad-frecuencia global de cada trayecto de transmisión (de la boca del hablante al INMD y del INMD al oído del oyente).
- 2) La característica de respuesta sensibilidad-frecuencia de cada trayecto de efecto local (de la boca de cada hablante a su propio oído).
- 3) Los espectros y niveles de ruido ambiente en cada extremo de la conexión.
- 4) El espectro vocal medio y el umbral de audición.

6.3.2 Modelo de hipótesis

El modelo de hipótesis tiene en cuenta los parámetros de claridad de la llamada del INMD, junto con las hipótesis de la red y del hablante para obtener una descripción completa de la red de extremo a extremo. A partir de esta descripción pueden calcularse los niveles de señal en el oído de cada hablante. Medir el nivel vocal y el nivel de ruido en el centro de la red significa que sólo es necesario considerar completamente el trayecto del INMD al oído del oyente, reduciéndose así el nivel de incertidumbre en las predicciones del modelo.

6.3.3 Modelo de percepción de la atenuación y del ruido

El modelo de percepción de la atenuación y del ruido tiene en cuenta la selectividad de frecuencia del oído humano y los efectos de enmascaramiento por ruido en la conexión. El efecto local y el ruido ambiente también se tienen en cuenta en la predicción del esfuerzo de audición y de la calidad vocal de la conversación.

En primer lugar se calcula para cada oyente el índice de opinión de audición (LOI, *listening opinion index*) se calcula para cada oyente. Tiene en cuenta los efectos de la atenuación del hablante al oyente y el enmascaramiento de la voz por el ruido. El índice de opinión de audición se transforma entonces en una nota de esfuerzo de audición y finalmente en una predicción de la calidad vocal de la conversación.

6.3.4 Modelo de percepción del eco y del retardo

El modelo de percepción del eco y del retardo modifica la predicción de la calidad vocal de la conversación para tener en cuenta el retardo o el eco presente en la conexión. Los efectos del eco y del retardo se tienen en cuenta considerando la potencia del eco que llega al oído del oyente en combinación con el retardo, nivel de efecto local, y atenuación global de la conexión.

6.3.5 Resultados obtenidos con el modelo

Los resultados obtenidos con el CCI son predicciones de la calidad vocal de la conversación para un usuario medio en el extremo de la conexión. Las predicciones utilizan una escala continua de uno a cinco, basada en la escala del UIT-T de calidad vocal de la conversación que figura en la Recomendación UIT-T P.800 [6] y presentada en el cuadro 7.

Cuadro 7/P.562 – Escala de calidad vocal

5	Excelente
4	Bueno
3	Regular
2	Mediocre
1	Mala

6.4 Predicciones

En esta subcláusula se incluye orientación sobre la forma de interpretar una sola o múltiples notas de calidad predichas por el CCI. El CCI produce dos notas. Una para cada extremo de la conexión. Éstas se combinarían por separado y se comunicarían por separado.

6.4.1 Un solo valor del índice de claridad de la llamada

El resultado del método CCI representa la opinión subjetiva predicha de un cliente medio en uno u otro extremo de la conexión. Esta predicción se basa en las hipótesis formuladas acerca de la red y de los usuarios en cada uno de los extremos. Si las condiciones reales de la red y del hablante varían mucho con respecto a estas hipótesis, se comprometerá la precisión de la nota predicha.

Puede obtenerse un solo valor de CCI como indicador de una llamada de calidad mediocre, pero no debe utilizarse por sí mismo como medida de la calidad de funcionamiento de la red.

6.4.2 Múltiples valores del índice de claridad de la llamada

La combinación de muchos valores de CCI presenta ventajas debido a la promediación estadística. Sin embargo, las comparaciones entre diferentes países deben tratarse con precaución, ya que la relevancia de las hipótesis formuladas puede variar de un país a otro. Las tendencias en el tiempo país por país son un indicador más útil de la calidad de funcionamiento de la red.

Deben combinarse múltiples valores aplicando los métodos arriba descritos.

6.4.2.1 Medias

Debe adoptarse un tamaño de muestra que arroje resultados estadísticamente válidos. Para más información véase 4.3 – Tamaño de la muestra. Se toma la muestra de los valores de CCI de un determinado agrupamiento (véase el cuadro 2) y se calculan la media y la desviación típica estadísticas de la muestra. Deben comunicarse los datos siguientes:

- Hipótesis de CCI aplicadas.
- Agrupamiento utilizado.
- Fecha y hora en que se recopilaron los valores de CCI.
- Tamaño de la muestra.
- Media y desviación típica de la muestra para cada extremo de la conexión.

La extracción del valor medio revela cambios en las tendencias globales. La media no revelará un pequeño número de llamadas muy mediocres, por lo que resulta útil alguna medida de la distribución.

6.4.2.2 Distribución

Debe adoptarse un tamaño de muestra que arroje resultados estadísticamente válidos. Para más información véase 4.3 – Tamaño de la muestra. Se toma la muestra de los valores de CCI de un determinado agrupamiento (véase el cuadro 2) y se calcula el porcentaje de valores de CCI que superan los umbrales preestablecidos. El cuadro 8 enumera los valores umbral recomendados a utilizar.

Cuadro 8/P.562 – Valores umbral de CCI recomendados

Nombre del umbral	Valor
Umbral superior	3.5
Umbral inferior	2.5

Deben comunicarse los datos siguientes:

- Hipótesis de CCI aplicadas.
- Agrupamiento utilizado.
- Fecha y hora en que se recopilaron los valores de CCI.
- Tamaño de la muestra.
- Valores umbral utilizados.
- Porcentaje de valores de CCI por encima y por debajo de cada umbral para cada extremo de la conexión.

Adviértase que las irregularidades temporales, posiblemente debido a averías de la red, se hacen menos evidentes a medida que aumenta el periodo de tiempo de recogida de datos, lo cual tiene que compensarse con la necesidad de efectuar mediciones suficientes.

Considerar el porcentaje de llamadas con valores de CCI por encima y por debajo de ciertos umbrales aporta más información sobre la distribución de la calidad de la llamada y puede revelar la presencia de un pequeño número de llamadas mediocres.

6.5 Diagnóstico utilizando un modelo de opinión

Al igual que la indicación de que la calidad de una conexión es mediocre, es también conveniente conocer la razón de esta calidad reducida. Un modelo de opinión, dado que combina toda la información de una llamada, tiene la posibilidad de actuar como una plataforma de diagnosis de averías.

Cualquier medida diagnóstica debe indicar (para cada llamada) la probabilidad de que la calidad mediocre se deba a cada uno de los factores siguientes:

- Nivel de señal.
- Nivel de ruido total.
Éste podría, si es posible, descomponerse en:
 - Nivel de ruido de circuito.
 - Nivel de ruido ambiente.
- Nivel de eco.
- Retardo.
- Saturación de amplitud.
- Recorte temporal.
- Codificación no lineal.

El origen del problema debe indicarse como:

- Extremo próximo (por ejemplo, nacional).
- Extremo distante (por ejemplo, internacional).

Cuando sea posible, lo anterior debe indicarse en relación con una de las subcategorías siguientes:

- Red de acceso.
- Compensador de eco.
- Control automático de nivel.
- DCME.
- Compensación del ruido.
- Otros.

La probabilidad debe indicarse de cero a uno. Cero indica que no hay posibilidad de que ésta sea la causa de la calidad mediocre, y uno indica que este valor es decididamente la causa de la calidad mediocre. Un valor de -1 debería indicar que no existe ningún modo de saber si ésta es o no la causa de la calidad mediocre.

7 Utilización de mediciones del INMD para la planificación de la red

Se describe en esta cláusula un método para utilizar mediciones INMD en el modelo E [2], que es el modelo recomendado por el UIT-T para la planificación de la red. El anexo B contiene ecuaciones para hacer corresponder los parámetros INMD con algunos de los parámetros utilizados por el

modelo E. En particular, las mediciones de SLR, ruido, atenuación del eco y retardo del trayecto de eco del INMD se hacen corresponder con los parámetros de SLR, ruido, TELR y retardo del trayecto de eco utilizados en el modelo E. Para obtener índices de la característica de atenuación de extremo a extremo, de ruido y de eco de las conexiones, deben estimarse, sin embargo, el RLR y la atenuación de recepción de las conexiones a partir de los promedios de la red, ya que no están incluidas en las mediciones del INMD.

Los análisis de los índices obtenidos utilizando esta correspondencia han revelado que no miden con precisión la calidad de funcionamiento de las conexiones. Cuando se promedian los índices obtenidos de múltiples mediciones con el INMD, pueden utilizarse para evaluar con precisión la calidad de funcionamiento de la red, lo cual ofrecerá a los planificadores de redes una herramienta de utilidad para determinar cómo afectarán a la calidad de funcionamiento los cambios de la atenuación, ruido, atenuación del eco o ruido en su red.

Las Recomendaciones UIT-T G.108 y G.109 [7] y [8] proporcionan orientación para usar los índices subjetivos del modelo E para efectuar la planificación de la red. La orientación proporcionada por las Recomendaciones G.108 y G.109 podría utilizarse para evaluar la aceptabilidad de la calidad de funcionamiento de una red o ruta o para planificar cambios en una red.

Debido a que el modelo E puede también incluir aditivamente la repercusión en la calidad de funcionamiento de otras degradaciones no medidas por el INMD, la correspondencia presentada en el anexo B puede ser utilizada para evaluar cómo afectará a la calidad de funcionamiento la adición de nuevas tecnologías a una red. Esta técnica puede utilizarse para determinar cómo cambiarán la calidad de funcionamiento la adición de dispositivos de control del eco, códecs a baja velocidad binaria, equipos de multiplicación de circuitos digitales (DCME) u otras tecnologías aplicadas a las conexiones.

8 Utilización de mediciones del INMD para el mantenimiento de redes

Esta cláusula contiene dos subcláusulas que exponen técnicas para determinar cuándo las redes necesitan mantenimiento. En la primera subcláusula se indica cómo pueden utilizarse las orientaciones de algunas de las Recomendaciones de la serie G para proporcionar objetivos para evaluar la calidad de funcionamiento de la red y determinar cuándo se necesita mantenimiento. En la segunda subcláusula se indican técnicas para utilizar mediciones INMD para fijar umbrales que puedan utilizarse para dirigir actividades de mantenimiento.

8.1 Objetivos indicados por las Recomendaciones de la serie G

Algunas Recomendaciones de la serie G contienen objetivos para evaluar la calidad de funcionamiento de la red. En particular, las Recomendaciones UIT-T G.113, G.114, G.120, G.121, G.122 y G.131 ([9] a [13] y [4]) incluyen objetivos que pueden utilizarse con mediciones efectuadas por los INMD. Como se indicó en la cláusula anterior, las Recomendaciones UIT-T G.108 y G.109 [7] y [8] también exponen objetivos para utilizar índices subjetivos del modelo E para evaluar la calidad de funcionamiento.

En esta subcláusula se explica cómo pueden utilizarse esos objetivos con mediciones INMD para determinar si la calidad de funcionamiento es aceptable. Aunque los objetivos indicados en las Recomendaciones y tratados en esta subcláusula proporcionan orientaciones generales para la planificación y evaluación de la calidad de funcionamiento, los proveedores de redes pueden desear determinar sus propios objetivos para obtener niveles de calidad de funcionamiento aceptables sobre la base de su experiencia.

8.1.1 Objetivos en las mediciones de nivel vocal

La Recomendación UIT-T G.121 expone objetivos para los SLR de las redes nacionales. Indica que el objetivo a largo plazo para el SLR es de 7 a 9 dB, pero algunas redes que no pueden obtener este

objetivo pueden aplicar un objetivo a corto plazo de 7 a 15 dB. La Recomendación UIT-T G.121 también presenta objetivos de SLR mínimo (+2 dB¹) y SLR máximo (17 dB) para las redes nacionales.

Los niveles vocales medidos por los INMD pueden convertirse en SLR utilizando las correspondencias presentadas en el anexo B. La promediación de cierto número de SLR determinados de esta manera utilizando las técnicas descritas en la cláusula anterior proporcionarán una estimación precisa del SLR de una determinada ruta o en una determinada red. Esta estimación puede compararse con los objetivos presentados en la Recomendación G.121 para determinar si el SLR es aceptable.

8.1.2 Objetivos en las mediciones de ruido

La Recomendación UIT-T G.120 presenta objetivos de ruido de circuito en las redes nacionales y en los circuitos internacionales, respectivamente. Esta Recomendación UIT-T indica objetivos basados en el tipo de circuitos de una conexión (analógica o digital) y la longitud de los circuitos. Las mediciones de ruido del INMD en una ruta o red pudieron promediarse y compararse con esos objetivos para determinar si la característica de ruido era aceptable.

Los objetivos indicados en la Recomendación G.120 vienen impuestos sobre todo por los circuitos analógicos que tienen peor característica de ruido que los circuitos digitales. El ruido de canal en reposo en una conexión con todos los enlaces digitales debe ser bastante bajo. En términos de percepción por los clientes, un nivel de ruido de -62 dBm0p se considera audible pero no objetable. En una red o ruta totalmente digital, fijar inicialmente un umbral a -62 dBm0p aseguraría una calidad de funcionamiento aceptable. Este umbral podría ajustarse sobre la base de la experiencia de los usuarios con mediciones de ruido de INMD en la red o ruta.

Sin embargo, debe señalarse que la medición del ruido de canal en reposo por un INMD se complica por dos razones. Los INMD miden en realidad una combinación de ruido de canal en reposo, cualquier ruido ambiente que puede transmitirse desde el extremo distante, y relleno de ruido del DCME si existen dispositivos de compresión.

El ruido ambiente puede o no transmitirse a través de la red según su sonoridad. Si es muy bajo, podría ser filtrado por mecanismos de la red tales como el detector de voz en un DCME. Sin embargo, se transmitirían también ruidos ambiente elevados. Un método para estimar la repercusión del ruido ambiente sería analizar las mediciones una por una y examinar el extremo alto de la distribución de ruido. Si las mediciones de ruido en un circuito se comportan bien en general, pero existen algunos afloramientos, éstos podrían proceder del ruido ambiente elevado.

Además, el DCME introduce a menudo ruido de confort si la interpolación vocal está activa. En este caso, el INMD mide a menudo la potencia del relleno de ruido del DCME y no el verdadero ruido de canal en reposo.

Los puntos indicados complican la fijación de umbrales de ruido. El umbral debe fijarse de manera que esté por encima del nivel de relleno de ruido. Sin embargo, no debe fijarse demasiado alto para que los circuitos auténticamente ruidosos escapen a la detección. Estos puntos indican que los usuarios necesitarán umbrales de base para determinar si los niveles de ruido son aceptables según su experiencia con las mediciones de ruido en la ruta o red que se analiza.

8.1.3 Objetivos en las mediciones de potencia de eco

La Recomendación UIT-T G.122 expone objetivos de atenuación del eco (EL) en las redes nacionales. Actualmente no se dan objetivos para las mediciones de EPL o SEPL. Sin embargo, los objetivos para EL indicados en la Recomendación G.122 podrían utilizarse como orientación inicial con estas mediciones y los usuarios podrían entonces desarrollar objetivos basados en su experiencia

¹ Este objetivo queda en estudio.

con mediciones de EPL y SEPL. Como la EL y la EPL no son afectadas por las variaciones de nivel vocal, SLR y ruido de fondo, pueden utilizarse mediciones individuales para identificar problemas de calidad de funcionamiento. Sin embargo, las mediciones de SEPL son afectadas por variables que quedan fuera del control de los proveedores de redes, y deben ser promediadas, como las mediciones de SL y de ruido, para limitar la repercusión de estas variables.

Para los circuitos que no incluyen control del eco, la Recomendación G.122 expone objetivos que varían con el número de circuitos a cuatro hilos analógicos o mixtos analógico-digitales en la conexión que se mide. En muchas redes modernas, no hay circuitos de este tipo. En este caso, la Recomendación G.122 indica que la EL media medida no debe ser inferior a 15 dB y que la desviación típica de las mediciones de EL no deben ser superior a 3 dB. Los usuarios de los INMD pueden también desear un umbral para una EL aceptable mínima en cualquier medición en una ruta. Este umbral podría inicialmente basarse en la distribución esperada de las EL, la atenuación proyectada en la conexión que se somete a prueba, y el margen de sensibilidad al habla simultánea de los EC que puedan utilizarse en la conexión.

En las conexiones que tienen largos retardos de ida y vuelta (superiores a 100 ms), se necesitarán objetivos de EL diferentes. La Recomendación UIT-T G.131 indica índices de sonoridad del eco para el hablante (TELR) en función del tiempo de transmisión. El TELR puede calcularse como la suma de SLR, RLR y EL, por lo que si se suponen valores nominales de SLR y RLR de 7 dB y 3 dB, respectivamente, la EL puede calcularse como $TELR - 10$ dB. En las conexiones con un retardo de propagación de ida y vuelta de 100 a 200 ms, el mínimo de TELR aceptable está en la gama de 40 a 47 dB, lo que da una EL mínima en la gama de 30 a 37 dB (suponiendo valores de SLR y RLR de 7 y 3 dB, respectivamente). Dichas conexiones deben tener control de eco activo. Puede ser ventajoso fijar un umbral uniforme independiente del retardo del trayecto de eco en dichas conexiones. Como la Recomendación G.131 también indica que las conexiones con retardos de ida y vuelta superiores a 50 ms deben tener control de eco activo, un objetivo inicial razonable sería tener EL superiores a 35 dB en cualquier conexión con un EPD de ida y vuelta superior a 50 ms.

8.1.4 Objetivos de retardo del trayecto de eco

La Recomendación UIT-T G.114 expone objetivos de retardo absoluto y la Recomendación UIT-T G.131 contiene directrices sobre los niveles de EPD a los que se necesita control de eco activo. La Recomendación UIT-T G.114 indica que son aceptables retardos de ida y vuelta inferiores a 300 ms en la mayoría de las aplicaciones, los retardos entre 300 y 800 ms son aceptables, pero repercuten en la calidad de funcionamiento, y los retardos superiores a 800 ms son inaceptables. Los usuarios podrían desarrollar objetivos de retardo de ida y vuelta basados en estos objetivos y en su conocimiento de las facilidades utilizadas en la conexión que se prueba.

La Recomendación UIT-T G.131 afirma que las conexiones con retardos de ida y vuelta de 50 ms o menores pueden no necesitar control de eco activo. Sin embargo, puede ser ventajoso considerar la introducción de control de eco cuando el retardo bidireccional supera los 40 ms. La justificación de este criterio más conservador es que los clientes parecen empezar a darse cuenta y a quejarse del eco a 40 ms.²

8.2 Técnicas adicionales de fijación de umbrales utilizadas para dirigir el mantenimiento

Además de utilizar umbrales para evaluar la calidad de funcionamiento de las mediciones individuales o la media de cierto número de mediciones, es también de utilidad desarrollar umbrales basados en la distribución de un grupo de mediciones. Centrándose en las mediciones más desfavorables efectuadas en una ruta o red, pueden identificarse los orígenes de los problemas de calidad de funcionamiento. Un modelo para dirigir acciones de mantenimiento basadas en este concepto es el modelo de acción correctiva prebásica.

² *Assessment of customer perception of echo from INMD measurements*, France Telecom, QSDG 14/97-21.

El modelo de acción correctiva prebásica puede utilizarse antes de que se conozca la calidad de funcionamiento básica de una ruta o red. El modelo establece la categoría de los subgrupos troncales (TSG, *trunk subgroups*) por el porcentaje de mediciones efectuadas en el TSG que supera un umbral. Un ejemplo sería calificar los TSG de una determinada ruta de alto, medio o bajo. En un caso en el que se evaluase EL en una conexión larga que incluye control de eco activo, alto indica que el 90% de las llamadas en la ruta monitorizadas por los dispositivos INMD tiene un eco medible. Medio indicaría que entre el 30% y el 89% tendría ecos medibles, y bajo indicaría que menos del 30% de las llamadas tenía ecos medibles.

Cuando se ha monitorizado un número adecuado de llamadas en la ruta, se haría referencia a los TSG clasificados en la categoría alta para ulterior análisis y posible mantenimiento. Si hubiera muy pocos o ningún TSG en la categoría alta, el umbral para ser clasificado en la categoría alta podría reducirse para permitir que se identificase un número razonable de TSG para análisis posterior. Con el tiempo, el umbral podría reducirse potencialmente, ya que los problemas son fijos, hasta que se alcance un punto en el que la calidad de funcionamiento esté en un nivel en el que no se necesite mantenimiento.

Podrían utilizarse técnicas similares de fijación de umbrales para las mediciones de SL, de ruido y de EPD.

Un segundo modelo para dirigir las actividades de mantenimiento es el modelo de excepciones básico. A medida que madura un programa de INMD, se crea una base de datos sustancial y se conoce la calidad de funcionamiento básica de las rutas/redes. Puede ahora utilizarse un modelo de excepciones para impulsar acciones de mantenimiento. Esto puede efectuarse de dos maneras: excepciones en rutas o redes similares y excepciones históricas en una ruta o red.

Las excepciones en rutas o redes similares responden a la pregunta ¿es la ruta que se está actualmente monitorizando considerablemente diferente de otras rutas similares? Las pruebas de hipótesis, como son las descritas en el apéndice II, podrían utilizarse para comparar dos rutas o redes o usuarios que pudieran fijar un umbral que represente una diferencia significativa basada en la experiencia. Un posible umbral inicial que podría utilizarse son las diferencias mayores que una desviación típica de 1. Se haría referencia a rutas que son significativamente peores para ulterior análisis y posible mantenimiento.

Las excepciones históricas identifican casos en los que una ruta o red tiene una degradación significativa en el tiempo. El mismo proceso de prueba de hipótesis o fijación de umbrales antes descrito podría utilizarse para determinar cuándo ha ocurrido una degradación importante o una ruta o red debe designarse para ulterior análisis y posible mantenimiento.

ANEXO A

Descripción del modelo de índice de claridad de la llamada

A.1 Introducción

El modelo de índice de claridad de la llamada es el Property and C copyright British Telecommunications plc, 1998 (véase la base de datos de declaraciones de patente de la UIT-T).

El índice de claridad de la llamada se describe en forma de ecuaciones e hipótesis. Las ecuaciones e hipótesis corresponden a diferentes extremos de la red y diferentes sentidos de transmisión, por lo que es necesario definir convenios de denominación para cada magnitud. Cada magnitud dependiente del extremo, o dependiente del sentido se define para cada extremo, o sentido, agregando un superíndice A o B que indique extremo A o B. Las magnitudes direccionales son descritas por el extremo del que son originarias. Por ejemplo, la OLR del extremo A al extremo B se

denomina OLR^A y el nivel vocal medido por el INMD originario del extremo A se denomina SL^A . Esta notación A/B puede convertirse a notación próximo/distante sustituyendo A por N (extremo próximo) y B por F (extremo distante). La figura A.1 muestra cómo se denominan las magnitudes importantes. Estas magnitudes se explican a todo lo largo de este anexo.

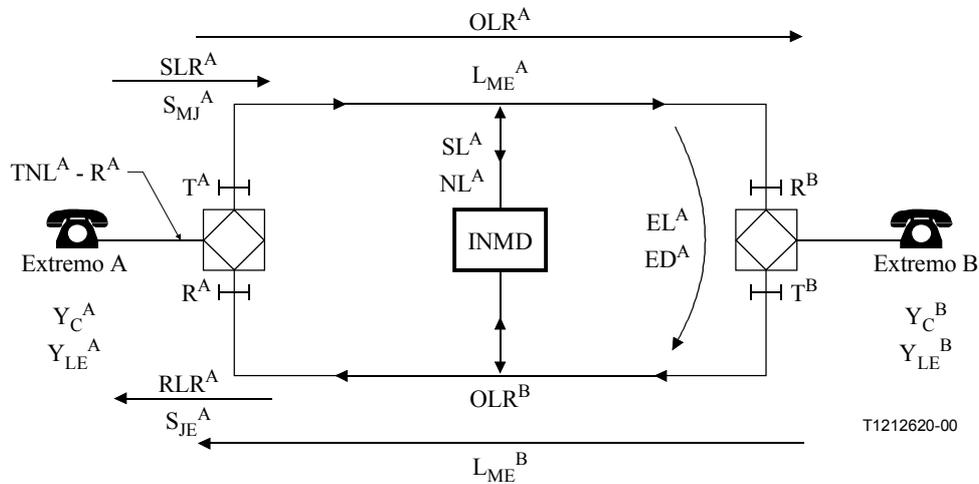


Figura A.1/P.562 – Convenios de denominación de las magnitudes direccionales utilizadas en el CCI

Las entradas al modelo procedentes del INMD son las siguientes:

Nombre	Descripción	Unidades
SL^A	Nivel vocal activo medido por el INMD en el sentido $A \rightarrow B$	dBm0
SL^B	Nivel vocal activo medido por el INMD en el sentido $B \rightarrow A$	dBm0
NL^A	Nivel de ruido sofométrico medido por el INMD en el sentido $A \rightarrow B$	dBm0p
NL^B	Nivel de ruido sofométrico medido por el INMD en el sentido $B \rightarrow A$	dBm0p
EL^A	Atenuación del trayecto de eco medido por el INMD para el trayecto de eco $A \rightarrow B \rightarrow A$	dB
EL^B	Atenuación del trayecto de eco medido por el INMD para el trayecto de eco $B \rightarrow A \rightarrow B$	dB
ED^A	Retardo del trayecto de eco medido por el INMD para el trayecto de eco $A \rightarrow B \rightarrow A$	ms
ED^B	Retardo del trayecto de eco medido por el INMD para el trayecto de eco $B \rightarrow A \rightarrow B$	ms

Las salidas del modelo son las siguientes:

Nombre	Descripción	Unidades
Y_C^A	Calidad vocal de la conversación percibida desde el extremo A	escala de 1 a 5 [MALA, MEDIocre, REGULAR, BUENA, EXCELENTE]

Y_c^B Calidad vocal de la conversación percibida desde el extremo B

Gran parte del modelo utiliza datos dependientes de la frecuencia. Estos datos se describen en términos de las bandas de frecuencias de la ISO, que se muestran en el cuadro A.1. Para los cálculos en banda estrecha se utilizan las bandas 4 a 17, mientras que para los cálculos en banda amplia se utilizan todas las bandas (1 a 20). La mayoría de los cálculos del modelo se hacen en banda estrecha, pero algunos, por ejemplo el STMR, necesitan que sea de banda amplia.

Cuadro A.1/P.562 – Bandas de frecuencia definidas por la ISO

Banda	Frecuencia central (Hz)
(1)	(2)
1	100
2	125
3	160
4	200
5	250
6	315
7	400
8	500
9	630
10	800
11	1000
12	1250
13	1600
14	2000
15	2500
16	3150
17	4000
18	5000
19	6300
20	8000

Todas las ecuaciones presentadas se definen para predecir la opinión del cliente en el extremo B de la conexión. Para cambiar la orientación para predecir la opinión de cliente en el extremo A, todas las referencias al extremo A deben cambiarse por extremo B y viceversa.

Las hipótesis que aplica el CCI se muestran aquí en forma de conexión de referencia, que constan de los componentes siguientes (véase el cuadro A.2).

Cuadro A.2/P.562

Descripción	Magnitud
Densidad del espectro vocal del hablante medio	β'_s
SLR de la red media	SLR_{REF}
Sensibilidad boca-unión de la red media para SLR 0 dB	$S_{MJ REF}$
RLR de la red media	RLR_{REF}
Sensibilidad unión-oído de la red media para RLR 0 dB	$S_{JE REF}$
Umbral de audibilidad del oyente medio	β_0
STMR medio	STMR
Atenuación boca-oído de efecto local medio (dependiente de la frecuencia)	L_{MEST}
Exceso de sensibilidad al ruido ambiente del micrófono de un microteléfono medio	Δ_{SM}
Densidad espectral y nivel de ruido ambiente medio	RNS, RN
Densidad espectral de ruido del circuito medio	CNS

A.2 Ecuaciones del modelo

La salida del modelo es una predicción de la opinión del cliente Y_c , para cada extremo de la conexión. Las ecuaciones de este anexo muestran el modo de calcular la opinión del cliente predicha para el extremo B, Y_c^B .

$$Y_C^B = 1 + (E^B \cdot Y_{Cpre-echo}^B) \quad (A-1)$$

donde:

E^B es un multiplicador 'eco & retardo', entre cero y uno para modificar la nota de opinión previa al eco para tener en cuenta las degradaciones introducidas por el eco y el retardo.

$Y_{Cpre-echo}$ es la nota de opinión previa al eco, en una escala de cero a cuatro, que tiene en cuenta los efectos del ruido y de la atenuación.

La adición de uno convierte Y_C^B a una escala de uno a cinco. Todos los valores de notas de opinión intermedias se basan en la escala de cero a cuatro para facilidad de cálculo.

A.2.1 Multiplicador de eco y de retardo, E

El modelo de percepción del eco y del retardo modifica la nota de opinión salida del modelo de percepción de atenuación y de ruido para tener en cuenta los efectos del eco y del retardo sobre la calidad de la conexión.

Los efectos del eco y del retardo en la opinión percibida se incorporan mediante el uso de un valor multiplicador de cero a uno. Este multiplicador se basa en las predicciones de las notas de opinión para conexiones estándar con retardo variable. El valor del multiplicador, presentado en la ecuación (A-2), es la relación de la nota predicha en las condiciones de eco y retardo especificadas (y_{MOPT}) a la nota predicha con retardo nulo (y_0).

$$E^B = \frac{y_{MOPT}^B}{Y_0^B} \quad (A-2)$$

$$MOPT = \frac{ED^A + ED^B + LD^A + LD_B}{2} \quad (A-3)$$

donde:

LD^A, LD^B son los valores de retardo local supuestos en cada extremo de la conexión (en milisegundos).

$MOPT$ es el tiempo de propagación unidireccional medio (en milisegundos), y es independiente del extremo.

ED^A, ED^B son las entradas de retardo de trayecto de eco del INMD al modelo (ms).

Las predicciones de la nota de opinión, y_x , utilizan las fórmulas empíricas definidas en la ecuación (A-4). En primer lugar, y_0 se calcula haciendo $x = 0$, y luego se calcula y_{MOPT} , haciendo a $x=MOPT$.

$$\begin{aligned} \text{En} \left(\frac{y_x^B}{4 - y_x^B} \right) &= a \quad (A-4) \\ &+ b \times OLR_{EST}^B \\ &+ c \times STMR^B \\ &= d \times OLR_{EST}^B \times STMR^B \\ &+ e \times \left(10^{\frac{-OELR^B}{10}} + 10^{\frac{-TCL - OLR_{EST}^A - OLR_{EST}^B}{10}} \right)^i \times (1+x)^j \\ &+ f \times \left(10^{\frac{-STMR^B}{10}} \right)^i \times (1+x)^j \\ &+ g \times \left(10^{\frac{-OELR^B}{10}} + 10^{\frac{-TCL - OLR_{EST}^A - OLR_{EST}^B}{10}} \right)^i \times (1+x)^{2j} \end{aligned}$$

donde:

- OLR_{EST}^A, OLR_{EST}^B son los índices de sonoridad globales estimados de la conexión, en cada sentido de transmisión.
- $STMR^B$ es el índice de enmascaramiento del efecto local en el extremo B.
- $OELR$ es el índice de sonoridad de eco global (del hablante).
- TCL es la pérdida de acoplamiento del terminal. El valor recomendado se indica en el cuadro A.3.
- x es el tiempo medio de propagación unidireccional.

Los valores de los coeficientes (a..g, i, j y TCL) se indican en el cuadro A.3.

Cuadro A.3/P.562 – Valores de los coeficientes de la fórmula del eco y del retardo

Valores de los coeficientes	
a =	2,033147
b =	-0,098411
c =	-0,025504
d =	0,002805
e =	12,038429
f =	0,938353
g =	-12,970093
i =	0,195657
j =	0,078805
TCL =	37,0

A.2.1.1 Índice de sonoridad global, OLR_{REF} y OLR_{EST}

Se utilizan en el CCI dos versiones de OLR. El primero es el OLR de la conexión de referencia (OLR_{REF}), y el segundo es un valor estimado (OLR_{EST}) basado en el nivel vocal recibido en el INMD. Las ecuaciones de OLR básicas se basan en las de la Recomendación UIT-T P.79 [14].

$$OLR_{REF}^A = SLR_{REF}^A + RLR_{REF}^B - \frac{10}{m} \sum_{i=4}^{17} 10^{\frac{m}{10} (S_{MJi}^A + S_{Jei}^B - L_{Ei}^B - W_{oi})} \quad (A-5)$$

$$OLR_{EST}^A = OLR_{REF}^A + SF^A \cdot (SL_{REF}^A - SL^A) \quad (A-6)$$

donde:

m es una constante igual a 0,175.

SLR_{REF}, RLR_{REF} son los índices de sonoridad en emisión y en recepción para la conexión de referencia.

S_{MJ} es la sensibilidad en emisión – boca-unión (para SLR 0 dB).

S_{Je} es la sensibilidad en recepción – unión-oído (para RLR 0 dB).

L_E es el factor de corrección de fugas del auricular.

W_o es la ponderación del OLR.

SL_{REF}^A es el nivel vocal esperado en el INMD calculado a partir de la conexión de referencia y las hipótesis, y se muestra en la ecuación (A-7).

SF^A es un factor de escala entre cero y uno. Se incluye para prorratear cualquier diferencia entre el nivel vocal de referencia y el nivel vocal medido por el INMD. La desviación del nivel vocal medido por el INMD con respecto al nivel vocal de referencia se debe a dos factores: el nivel vocal del hablante y la atenuación en emisión de la red. Si el nivel vocal del hablante fuera constante, todas las variaciones del nivel vocal medido por el INMD se deberían a la atenuación en emisión de la red. En este caso SF se fijaría igual a uno para reflejar este hecho y corregir el OLR estimado. En realidad, SF depende de la distribución de las atenuaciones de la red, junto con la distribución de los niveles vocales.

A.2.1.2 Nivel vocal de referencia, SL_{REF}

SL_{REF} es el nivel vocal esperado en el INMD, calculado para la conexión de referencia.

$$SL_{REF}^A = 10 \log_{10} \sum_{i=4}^{17} 10^{0,1(\beta_{S_i}^A + S_{MJ_i}^A - SLR_{REF}^A + 10 \log_{10}[\Delta_i])} \quad (A-7)$$

donde:

β_S es el nivel de la densidad espectral de la voz emitida por el hablante.

S_{MJ} es la sensibilidad boca-unión de la condición de referencia para SLR 0 dB.

SLR_{REF} es el SLR de la conexión de referencia.

Δ es la anchura de la banda de frecuencia.

A.2.1.3 Índice de enmascaramiento del efecto local, $STMR$

El STMR es el índice de enmascaramiento del efecto local para la conexión de referencia.

$$STMR^B = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{i=1}^{20} 10^{\frac{m}{10}(-L_{MeSTi}^B - L_{Ei}^B - W_{MLi})} \quad (A-8)$$

donde:

m es una constante igual a 0,225.

L_{MeST} es la atenuación boca-oído vía el trayecto de efecto local.

L_E es el factor de corrección de fugas del auricular.

W_{ML} es la ponderación del STMR para un oído no hermetizado.

A.2.1.4 Índice global de sonoridad del eco (OELR)

$$OELR^B = SLR_{EXP}^B + EL^B + RLR_{REF}^B \quad (A-9)$$

donde:

SLR_{EXP} es un valor de SLR predicho basado en el nivel vocal recibido en el INMD.

EL es la atenuación del trayecto de eco medida por el INMD.

RLR_{REF} es el RLR de la conexión de referencia.

A.2.1.5 Índice predicho de sonoridad en emisión, SLR_{EXP}^B

$$SLR_{EXP}^B = SLR_{REF}^B + SF^B \cdot (SL_{REF}^B - SL^B) \quad (A-10)$$

donde:

SLR_{REF}^B es el SLR de la conexión de referencia.

SF^A es un factor de escala entre cero y uno, descrito según la ecuación (A-6).

A.2.2 Nota de opinión previa al eco, $Y_{Cpre-echo}$

La predicción de la nota de conversación previa al eco se obtiene de una nota de opinión intermedia, Y_{Cint} , como muestra la ecuación (A-11).

$$\ln\left(\frac{Y_{Cpre-echo}^B}{4 - Y_{Cpre-echo}^B}\right) = 0,8541 \cdot \ln\left(\frac{Y_{Cint}^B}{Y_{Cint}^B}\right) - 0,2727 \quad (A-11)$$

A.2.2.1 Nota intermedia de opinión, Y_{Cint}

Determinación de Y_{Cint} , la nota intermedia de opinión.

$$\ln\left(\frac{Y_{Cint}^B}{4 - Y_{Cint}^B}\right) = 0,7 \left[\ln\left(\frac{Y_{LE}^B}{4 - Y_{LE}^B}\right) + 0,5 - \frac{K \times (13 - STMR^B)}{20} \left(\frac{4 - Y_{LE}^B}{Y_{LE}^B}\right)^2 \right] \quad (A-12)$$

donde:

$STMR$ se calcula en la ecuación (A-8).

K es igual a uno si $STMR < 13$ dB e igual a cero en otro caso.

Y_{LE} es la nota de opinión de esfuerzo de audición.

A.2.2.2 Nota de opinión de esfuerzo de audición, Y_{LE}

El esfuerzo de audición se calcula por la fórmula siguiente.

$$\ln\left(\frac{Y_{LE}^B}{4 - Y_{LE}^B}\right) = 1,465 \left[\ln\left(\frac{LOI^B}{LOI_{LIM} - LOI^B}\right) - 0,75 \right] \quad (A-13)$$

donde:

LOI es el índice de opinión en la escucha.

LOI_{LIM} suele fijarse a 0,885, para tener en cuenta el "efecto de realce", efecto por el cual los participantes suelen atribuir la máxima nota disponible a una condición por debajo de la ideal, pero que es igual a la mejor experimentada ordinariamente. Por tanto, el máximo valor de Y_{LE} es atribuido a una conexión en la que $LOI = LOI_{LIM}$.

A.2.2.3 Índice de opinión de audición, LOI

El índice de opinión de audición (LOI) se calcula por las ecuaciones (A-14) a (A-28).

$$LOI^B = A^B D^B \sum_{i=4}^{17} B'_i \Delta_i P(Z_i^B) \quad (A-14)$$

donde:

A es el factor A utilizado para compensar la desviación con respecto al nivel de audición óptimo.

D es el factor D utilizado para compensar el ruido de circuito recibido.

B'_i es la ponderación de frecuencia del LOI para la i -ésima banda de frecuencia.

Δ_i es la anchura de la i -ésima banda de frecuencia.

$P()$ es una función de crecimiento.

Z_i es el nivel de sensación efectivo para la i -ésima banda.

El índice de opinión de audición se calcula en banda estrecha en las bandas 4 a 17.

A.2.2.4 Factor A

El factor A es un multiplicador que depende del nivel vocal recibido, que tiene el valor 1 para una pequeña gama de niveles en torno al óptimo, pero que disminuye rápidamente fuera de esta gama. El nivel vocal recibido óptimo corresponde a un OLR óptimo de 8 dB.

$$A^B = 1,00125 - 0,0005556 \left\{ \Delta RSL^B - 1,50 \right\}^2 \quad \text{cuando } \Delta RSL < 0 \quad (\text{A-15})$$

$$A^B = 1,01005 - 0,0002571 \left\{ \Delta RSL^B - 1,56 \right\}^2 \quad \text{cuando } \Delta RSL \geq 0 \quad (\text{A-16})$$

donde:
$$\Delta RSL^B = SL_{REF}^A - SL^A + OLR_{REF}^A - 8 \quad (\text{A-17})$$

donde:

SL_{REF}^A es el nivel vocal esperado en el INMD calculado a partir de la condición de referencia y las hipótesis, y que se muestran en la ecuación (A-7).

SL es el nivel vocal medido por el INMD.

OLR_{REF} es el OLR de la conexión de referencia

Deben aplicarse los siguientes límites al factor A:

- si $A > 1$, $A = 1$.
- si $A < 0,001$, $A = 0,001$.

El valor "8" de la ecuación (A-17) representa el valor óptimo ordinariamente aceptado de OLR. El valor de OLR en cuestión es el del trayecto a través del cual el participante está escuchando (no hablando).

A.2.2.5 Factor D

D es un multiplicador que depende del nivel de ruido total recibido con un valor que disminuye lentamente a partir de 1 a niveles de ruido despreciables hacia 0 a niveles de ruido muy altos. El nivel de ruido total es dependiente de los niveles de ruido medidos en ambos sentidos de transmisión por el INMD.

$$D^B = \frac{1}{1 + \exp(0,1125 \cdot (TNL^B - RLR_{P.XXE}^B) + 2,25)} \quad (\text{A-18})$$

$$TNL^B = 10 \log_{10} \left(10^{(N^A - R^B)/10} \right) + R^B \quad (\text{A-19})$$

donde:

RLR_{CCI} es el índice de sonoridad en recepción, conforme a la Recomendación UIT-T P.79, calculado con los factores de ponderación que figuran en el cuadro A.4.

R, T son las atenuaciones de la central en emisión y recepción, en dB.

TNL es el nivel de ruido total que llega al oído del oyente referido al INMD (o punto 0 dBr). Se supone aquí que el ruido que llega al oído del oyente es el producto del ruido que emana de las redes locales en cada extremo, por lo que es función de ambas mediciones de nivel de ruido por el INMD (en ambos sentidos).

A.2.2.6 RLR_{CCI}

RLR se calcula con valores de ponderación ligeramente diferentes a los de la Recomendación UIT-T P.79.

$$RLR_{P.CCI}^B = \frac{-10}{m} \log_{10} \sum_{i=4}^{17} 10^{\frac{m}{10} (S_{Jei}^B - L_{Ei}^B - W_{rp.xxei})} \quad (A-20)$$

donde:

m es una constante a 0,225.

S_{Je} es la sensibilidad unión-oído.

L_E es el factor de corrección de fugas del auricular.

W_r es el valor de ponderación indicada en A.4.

A.2.2.7 Función de crecimiento

$P()$ es una función de crecimiento que obtiene LOI (una magnitud relacionada con el esfuerzo de audición) a partir del nivel de sensación Z .

$$P(Z) = 10^{\frac{Z+3,8}{10}} \quad \text{cuando } Z < -11 \quad (A-21)$$

$$P(Z) = 1 - 10^{\frac{-0,3(Z+14)}{10}} \quad \text{cuando } Z \geq -11 \quad (A-22)$$

A.2.2.8 Nivel de sensación efectivo

El nivel de sensación efectivo, Z , es una magnitud dependiente de la frecuencia y se calcula para cada banda de frecuencia. Se aplican las fórmulas indicadas para calcular Z a cada banda de frecuencia.

El nivel de sensación efectivo Z es la diferencia en dB entre el espectro de la voz y el espectro de ruido total que llega al oído del oyente.

$$Z_i^B = Z_{ROi}^B - M_i^B - (L_{MEi}^A - SLR_{REF}^A - RLR_{REF}^B) + (SL^A - SL_{EXP}^A) \quad (A-23)$$

donde:

Z_{RO} es un nivel de sensación (en dB por encima del umbral de audición) para una atenuación de boca a oído de 0 dB a una frecuencia dada en ausencia de ruido.

L_{ME} es la atenuación de boca a oído de la conexión para OLR 0 dB.

M es un desplazamiento de umbral para tener en cuenta que en presencia de ruido se altera la sonoridad del sonido oído.

$$Z_{ROi}^B = \beta_{Si}^A - (\beta_{0i}^B - 10 \log_{10} [\Delta_i]) \quad (A-24)$$

donde para una frecuencia dada:

β'_S es el nivel de la densidad de espectro de la voz emitida por el hablante en dB Pa²/Hz. Obsérvese que los valores actualmente utilizados se basan en la media aritmética de los espectros de voz masculina y femenina.

β_0 es el umbral de audibilidad de un tono puro de un oyente estándar en dB Pa².

Δ es la anchura de la banda de frecuencia centrada en una frecuencia dada en Hz.

$$L_{MEi}^A = -\left(S_{MJi}^A + S_{Jei}^B\right) + L_{Ei}^B \quad (A-25)$$

El desplazamiento de umbral M, a cualquier frecuencia dada, viene dado por:

$$M_i^B = 10 \log_{10} \left[10^{\frac{\beta_{CNi}^B}{10}} + 10^{\frac{\beta_{RNi}^B}{10}} + 10^{\frac{\beta_{0i}^B - 10 \log_{10}[\Delta_i]}{10}} \right] - \beta_{0i}^B - 10 \log_{10}[\Delta_i] \quad (A-26)$$

donde:

β_{CN} es la densidad espectral del ruido de circuito de todas las fuentes combinadas (incluido el ruido ambiente procedente del extremo distante) en el punto de referencia oído en dB Pa²/Hz.

β_{RN} es la densidad de espectro del ruido ambiente en el punto de referencia oído tras la transmisión a través del trayecto de efecto local, combinado con el que llega por las fugas pasado el casco del auricular, en dB Pa²/Hz.

La densidad de espectro del ruido de circuito en el punto de referencia oído viene dada por la adición del nivel de ruido de circuito ICN, al espectro de ruido, ICNV0 (que se mide con ponderación sofométrica), teniendo en cuenta la atenuación desde la unión al oído, lo cual se muestra en la ecuación [A-27].

$$\beta_{CN}^B = CNS_i^A + TNL^B + S_{Jei}^B - L_{Ei}^B - RLR_{REF}^B \quad (A-27)$$

donde:

CNS es la densidad espectral del ruido de circuito a un nivel de 0 dBm0p.

TNL es el nivel total del ruido de circuito referido al INMD, que viene dado en la ecuación (A-19).

S_{Je} es la sensibilidad desde la unión al oído.

L_E es el factor de corrección de fugas en el oído.

RLR_{REF} es el RLR de la conexión de referencia.

La densidad espectral del ruido ambiente en el punto de referencia oído se debe a dos componentes: el espectro de ruido que llega al oído a través del trayecto de efecto local del terminal telefónico; y el espectro de ruido que llega al oído a través del espacio de aire entre el elemento auricular telefónico y el oído.

$$\beta_{RNi}^B = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{(RNS_i^B + RN^B - L_{RNEi}^B)}{10}} + 10^{\frac{RNS_i^B + RN^B + \Delta_{SMi}^B - L_{MeSTi}^B - L_{Ei}^B}{10}} \right) \quad (A-28)$$

donde:

L_{MEST} es la atenuación desde el punto de referencia boca al punto de referencia oído para su transmisión por el trayecto de efecto local.

Δ_{SM} es el exceso de sensibilidad del micrófono al ruido ambiente.

L_{RNE} es la atenuación de transmisión por el aire del trayecto de fugas del auricular al punto de referencia oído para ruido ambiente.

RN es el ruido ambiente en dBA.

RNS_i es la densidad espectral del ruido ambiente de Hoth a 0 dBA.

L_E es el factor de corrección de oído artificial a oído real.

A.3 Salida del modelo

La salida del modelo de índice de claridad de la llamada es una predicción de la nota media de opinión en conversación, Y_c , para cada extremo de la conexión. Esta nota da una medida de la calidad vocal de la conexión para una tarea conversacional.

La predicción de Y_c viene dada como un número de coma flotante de 1 a 5 basado en la escala de calidad vocal de cinco notas de la Recomendación UIT-T P.800 [6], que es la siguiente:

5 Excelente

4 Buena

3 Regular

2 Mediocre

1 Mala

A.4 Valores de ponderación

A.4.1 Ponderaciones de los índices de sonoridad

Véase el cuadro A.4.

Cuadro A.4/P.562 – Valores de ponderación de los índices de sonoridad

Banda	Frecuencia Hz	W_s	W_r	W_o	W_{ML}	W_{rci}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	100				94,0	
2	125				91,0	
3	160				90,1	
4	200	76,9	85,0	65,8	86,4	90,8
5	250	62,6	74,7	60,4	81,9	79,0
6	315	62,0	79,0	68,2	78,5	71,2
7	400	44,7	63,7	55,3	78,2	64,3
8	500	53,1	73,5	66,6	72,8	58,0
9	630	48,5	69,1	63,0	67,6	56,9
10	800	47,6	68,0	63,1	58,4	56,1
11	1000	50,1	68,7	65,0	49,7	57,6
12	1250	59,1	75,1	72,8	48,0	57,2
13	1600	56,7	70,4	69,8	48,7	56,2
14	2000	72,2	81,4	81,7	50,7	58,0
15	2500	72,6	76,5	78,3	49,8	56,8
16	3150	89,2	93,3	95,1	48,4	58,3
17	4000	117,0	113,8	76,6	49,2	103,5
18	5000				47,7	
19	6300				48,0	
20	8000				50,7	

A.4.2 Ponderaciones del LOI

Véase el cuadro A.5.

Cuadro A.5/P.562 – Valores de ponderación del LOI

Banda	Frecuencia Hz	Δ_i Hz	B'_i	$B'_i \Delta_i$ (3) × (4)
<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(3)</i>	<i>(4)</i>	<i>(5)</i>
1	100			
2	125			
3	160			
4	200	46,0	3,694E-04	0,016994
5	250	58,0	4,097E-04	0,023763
6	315	73,0	4,872E-04	0,035565
7	400	92,0	5,139E-04	0,047282
8	500	115,0	5,084E-04	0,058466
9	630	146,0	4,999E-04	0,072979
10	800	183,0	4,491E-04	0,082186
11	1000	229,0	3,894E-04	0,089166
12	1250	290,0	3,459E-04	0,100300
13	1600	370,0	2,728E-04	0,100925
14	2000	460,0	1,809E-04	0,083234
15	2500	580,0	1,128E-04	0,065449
16	3150	730,0	6,725E-05	0,049091
17	4000	920,0	3,989E-05	0,036703
18	5000			
19	6300			
20	8000			

A.5 Hipótesis/ficheros de datos

Se indican en esta subcláusula los valores de datos hipotéticos utilizados por el CCI.

NOTA – Cuando los valores describen/designan la red o el equipo (tales como teléfonos), se basan en datos obtenidos de diferentes países europeos.

A.5.1 Valores de datos del hablante y del oyente

Véase el cuadro A.6.

Cuadro A.6/P.562 – Valores de datos hipotéticos del hablante y del oyente dependientes de la frecuencia

Banda	Frecuencia Hz	β'_s dB Pa²/Hz	β_0 dB Pa²/Hz × 10⁻¹⁰
(1)	(2)	(3)	(4)
1	100	-38,0	223,8000
2	125	-32,9	109,6000
3	160	-31,5	39,8100
4	200	-29,7	12,59
5	250	-30,0	7,079
6	315	-33,3	3,631
7	400	-34,2	1,995
8	500	-34,6	1,259
9	630	-37,7	0,9333
10	800	-41,6	0,6310
11	1000	-46,4	0,5012
12	1250	-48,8	0,5623
13	1600	-50,0	0,6310
14	2000	-52,6	0,5012
15	2500	-55,2	0,2818
16	3150	-59,3	0,1660
17	4000	-63,0	0,1995
18	5000	-66,2	0,2239
19	6300	-67,9	0,3090
20	8000	-68,5	0,5012

A.5.2 Valores de datos telefónicos

Véase el cuadro A.7.

Cuadro A.7/P.562 –Valores de datos telefónicos hipotéticos dependientes de la frecuencia

Banda	Frecuencia Hz	S_{MJ} dB V/Pa	S_{Je} dB Pa/V	Δ_{SM} dB	L_E dB	L_{MeST} dB	L_{RNE} dB Pa ² /Hz
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	100				20,0	47,76	
2	125				16,5	35,46	
3	160				12,5	46,66	
4	200	-12,55	0,99	-6,6	8,4	0,06	3,6
5	250	-10,22	5,72	-6,8	4,9	-1,33	4,9
6	315	-8,48	9,42	-6,9	1,0	-0,18	6,6
7	400	-7,10	11,33	-6,6	-0,7	0,49	8,7
8	500	-6,03	11,49	-4,8	-2,2	2,27	10,6
9	630	-5,04	11,84	-6,6	-2,6	2,68	13,1
10	800	-4,49	11,99	-8,4	-3,2	2,33	16,8
11	1000	-4,22	12,22	-8,9	-2,3	0,79	20,2
12	1250	-3,57	12,04	-11,0	-1,2	1,16	23,1
13	1600	-3,16	11,19	-13,3	-0,1	7,27	24,4
14	2000	-3,16	9,63	-14,7	3,6	10,70	23,3
15	2500	-2,41	10,08	-10,8	7,4	4,90	20,6
16	3150	-5,45	11,35	-12,9	6,7	4,39	18,8
17	4000	-38,69	-28,39	-12,1	8,8	24,82	18,4
18	5000				10,0	66,26	
19	6300				12,5	60,96	
20	8000				15	73,26	

SMJ y Sje definidos para SLR y RLR 0 dB.

A.5.3 Valores de datos de ruido

Véase el cuadro A.8.

Cuadro A.8/P.562 – Espectros de frecuencia hipotéticos del ruido ambiente y del ruido de circuito

Banda	Frecuencia Hz	RNS dB Pa²/Hz	CNS dB V/$\sqrt{\text{Hz}}$
<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(3)</i>	<i>(4)</i>
1	100		
2	125		
3	160		
4	200	-116,4	-42,3
5	250	-118,0	-39,7
6	315	-119,6	-36,9
7	400	-121,3	-35,7
8	500	-122,9	-35,1
9	630	-124,5	-34,8
10	800	-126,2	-34,6
11	1000	-127,8	-34,6
12	1250	-129,4	-34,7
13	1600	-131,1	-34,7
14	2000	-132,7	-34,6
15	2500	-134,4	-34,1
16	3150	-136,2	-37,5
17	4000	-138,6	-85,0
18	5000		
19	6300		
20	8000		

Para un nivel de ruido ambiente de 0 dBA y nivel de ruido de circuito de 0 dBm0p.

Cuadro A.9/P.562

Magnitud	Valor	Unidad
RN	40	dBA
LC	1,0	ms
SF	0,5	–
SLR _{REF}	8	dB
RLR _{REF}	3	dB
T	2,5	dB
R	7,5	dB

A.6 Ecuaciones varias

En diversos lugares del CCI, se utilizan las siguientes funciones para hacer corresponder puntos entre un dominio de contorno limitado y un dominio de contorno ilimitado. Los límites de contorno utilizados en el modelo son 0 y 4. A continuación se indican las ecuaciones para hacer la transformación de un dominio de contorno limitado a un dominio de contorno ilimitado.

Transformación de contorno limitado a contorno ilimitado:

$$y = \ln\left(\frac{x}{4-x}\right) \quad (\text{A-29})$$

donde x es un valor de contorno limitado e y es de contorno ilimitado.

La inversa de esta función es una transformación de contorno ilimitado a contorno limitado:

$$x = \frac{4}{1 + \exp(-y)} \quad (\text{A-30})$$

donde x es un valor de contorno limitado e y de contorno ilimitado.

ANEXO B

Correspondencia de mediciones del INMD con el modelo E

B.1 Algoritmos que relacionan las mediciones del INMD con los parámetros del modelo E

Los INMD miden el nivel vocal (SL), el nivel de ruido (NL), la atenuación del eco (EL) y el retardo del trayecto de eco (EPD) de ambos sentidos de una conexión. Estos parámetros pueden utilizarse para deducir las repercusiones de la atenuación, el ruido y el eco en la opinión de los clientes. Sin embargo, como los INMD no efectúan mediciones de calidad de funcionamiento de extremo a extremo, debe señalarse que utilizar mediciones de INMD en un modelo de opinión de los clientes como es el modelo E, exige estimar algunos parámetros que no pueden deducirse de las mediciones del INMD. En particular, en relación con la figura 7, puede utilizarse la medición del SL distante (SL_f) del INMD para deducir la combinación del SLR distante (SLR_f) y la atenuación de transmisión en el sentido de distante a próximo (T_f). Sin embargo, el RLR próximo (RLR_N) y la atenuación en recepción en el sentido de distante a próximo no pueden deducirse de las mediciones del INMD porque afectan a la calidad de funcionamiento de la conexión después del punto en el que el INMD efectúa las mediciones. Estos parámetros han de ser estimados por el usuario y suelen seleccionarse para representar un valor medio o distribución media de valores para la red que se evalúa.

Las tres subcláusulas que siguen presentan algoritmos que hacen corresponder las mediciones del INMD con los parámetros de atenuación, ruido y eco utilizados en el modelo E [2]. La última subcláusula B.1.4 presenta un conjunto completo de ecuaciones para utilizar el modelo E para evaluar la característica de atenuación, de ruido y de eco con mediciones del INMD.

B.1.1 Algoritmos que relacionan las mediciones del INMD con los parámetros de atenuación del modelo E

El modelo E utiliza el índice de sonoridad global (OLR) para evaluar la atenuación de acústica-acústica de una conexión. El OLR es la suma del SLR y el RLR de los bucles y teléfonos de una conexión, más cualesquiera atenuaciones adicionales en la red. En la mayoría de las descripciones del modelo E, se incluyen todas las atenuaciones de transmisión o recepción (T_N , T_f , R_N , R_f) en el SLR o en el RLR de la conexión.

Se desarrolló un algoritmo que relaciona la medición del SL por el INMD con el TOLR. Utilizando la relación: $SLR = TOLR + 56$, se crea un nuevo algoritmo que relaciona la medición del SL por el INMD con el SLR:

$$SLR = -18,6 - 0,962 \times SL \quad (B-1)$$

En la conexión indicada en la figura 7, el SLR incluye tanto el SLR del bucle y del teléfono (SLR_F) y la atenuación de transmisión en la parte a cuatro hilos de la red (T_F). En la mayoría de las redes esta atenuación de transmisión se fija a cero, lo que fue el caso durante la prueba que produjo el algoritmo de la ecuación (B-1).

El algoritmo indicado en la ecuación (B-1) se desarrolló utilizando análisis de regresión en las mediciones de SL y SLR (convertidas a partir de TOLR). La precisión de esta regresión fue muy buena. El cuadrado del coeficiente de correlación múltiple (R^2) para la regresión fue de 0,876. R^2 es una medida de la bondad del ajuste de la regresión. Un R^2 de 1,0 indicaría que la regresión explicaba perfectamente la variación entre el SL y el SLR. La regresión tenía errores que variaban entre $-3,4$ y $+5,5$ dB. Sin embargo, un análisis de la precisión de la regresión indicó que alrededor del 50% de los SLR predichos a partir de los niveles vocales del INMD se hallaban en un margen de 1 dB de los SLR reales y más de 75% se hallaban en un margen de 2 dB de los SLR reales.

Como el SL medio y el SLR medio simulados en la prueba difieren de los de la mayoría de las redes reales, la ecuación (B-1) debe modificarse para utilizarla con mediciones de INMD efectuadas en redes reales. En la prueba de laboratorio, el SL medio simulado era de $-33,8$ dB y el SLR medio de $13,7$ dB. Las administraciones que utilizan el algoritmo de la ecuación (B-1) para deducir notas de opinión de los clientes a partir de mediciones de INMD, deben modificar la ecuación añadiendo un valor constante, C, que viene dado por:

$$C = 0,962 \times (SL_{AVG} + 33,8) + (SLR_{AVG} - 13,7) \quad (B-2)$$

donde SL_{AVG} SLR_{AVG} son el SL y SLR medios en la red que se evalúa. Adviértase que SLR_{AVG} debe incluir la atenuación de la red T_{AVG} .

Los otros dos parámetros incluidos en el OLR, la atenuación de recepción y el RLR, no pueden estimarse a partir de mediciones del INMD. Ambos repercuten en el nivel vocal después de haber sido medidos por el INMD. Sobre esta base, puede utilizarse la siguiente ecuación para estimar el OLR de una conexión a partir de la medición del nivel vocal del INMD.

$$OLR = -18,6 + C - 0,962 \times SL + RLR_{AVG} + R_{AVG} \quad (B-3)$$

donde RLR_{AVG} y R_{AVG} son el RLR medio y la atenuación de recepción media para la red que se evalúa.

B.1.2 Algoritmos que relacionan las mediciones del INMD con los parámetros de ruido del modelo E

Como muestra la figura 7, el INMD midió los niveles de ruido próximo y distante en la parte a cuatro hilos del circuito de prueba. Como la prueba no simuló atenuaciones en la parte a cuatro hilos de la conexión, el ruido medio en el lado a dos hilos de la interfaz de dos hilos a cuatro hilos sería igual a la suma en potencia de las mediciones de ruido del INMD próximo y distante. Se obtiene así la siguiente ecuación:

$$N = 10 \times \log_{10} \left(10 \frac{NL_n}{10} + 10 \frac{NL_f}{10} \right) \quad (B-4)$$

donde N es el ruido de circuito ponderado sofométrico medio en el lado red del bucle próximo y NL_n y NL_f son las mediciones de nivel de ruido del INMD de próximo a distante y de distante a próximo

respectivamente. Un análisis del error cometido por la ecuación (A-4) reveló que más del 90% de los valores de ruido predichos estaban dentro de 1 dB del ruido real. Además, la media de los valores de ruido predichos se hallaba dentro de 0,2 dB de la media de los valores de ruido real medidos.

Los valores de ruido indicados por la ecuación (B-4) son el ruido eléctrico medido en el lado red del bucle próximo. Estos valores se convierten en valores de ruido acústico en el modelo E. Debe advertirse que en las redes reales, no hay ninguna atenuación de transmisión o de recepción en la parte a cuatro hilos de la conexión que se evalúa, y las mediciones de ruido del INMD deben corregirse como se muestra en la ecuación siguiente:

$$N = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{NL_n + T_{AVG}}{10}} + 10^{\frac{NL_f - R_{AVG}}{10}} \right) \quad (B-5)$$

donde T_{AVG} y R_{AVG} son los valores medios de la atenuación de transmisión y de recepción para la red que se evalúa, que no pueden deducirse de las mediciones del INMD. Debe señalarse que la ecuación (B-5) no incluye la repercusión del ruido insertado en el extremo próximo a cuatro hilos (tal como ruido de cuantificación, etc.). Este ruido no puede ser medido por el INMD.

B.1.3 Algoritmos que relacionan las mediciones del INMD con los parámetros de eco del modelo E

El modelo E utiliza el TELR como su parámetro para la atenuación del eco acústica-acústica. Para el llamante en el extremo próximo de la conexión de la figura 7, el TELR experimentado por el llamante en el extremo próximo es igual a la suma de SLR_N , EL_f y RLR_N . Cuando se efectúa la medición intrusiva de la atenuación del eco, EL_f , en la interfaz de 2 a 4 hilos, se incluyen todas las atenuaciones en la parte a cuatro hilos de la conexión (T_N , R_f , T_f y R_N). Como muestra la figura 7, la medición de la EL_f del INMD sólo incluye la suma de la atenuación transhíbrida de la híbrida de dos a cuatro hilos distante y R_f y T_f . La medición del SL_n del INMD puede utilizarse para obtener la suma de SLR_N y T_N utilizando la ecuación (B-1) modificada por la ecuación (B-2). Como las mediciones del INMD no pueden utilizarse para deducir R_N o RLR_N , deben fijarse iguales a las medias para la red que se evalúa. La ecuación (B-6) proporciona un algoritmo para determinar el TELR:

$$TELR = -18,6 + C - 0,962 \times SL_n + EL_f + R_{AVG} + RLR_{AVG} \quad (B-6)$$

Como las mediciones de referencia y del INMD de la EL fueron las mismas en la prueba de laboratorio, no se efectuó ningún análisis de precisión en el algoritmo indicado en la ecuación (B-6).

Como el parámetro de retardo del trayecto de eco utilizado por el modelo E (D) es igual al tiempo que tarda una señal transmitida en volver al llamante, la suma de dos mediciones del EPD del INMD proporciona una estimación excelente de D. Sólo falta la cantidad de tiempo que tarda la señal en viajar dos veces a través del bucle del evaluador de extremo próximo. Se obtiene así el siguiente algoritmo para D:

$$D = EPD_n + EPD_f \quad (B-7)$$

donde EPD_n es la medición del EPD del INMD para ecos reflejados desde la híbrida en el extremo próximo de la conexión y EPD_f es la medición del EPD del INMD para ecos reflejados desde el extremo distante de la conexión. Tampoco esta vez se efectuó ningún análisis de precisión sobre los valores de EPD predichos, porque las mediciones de referencia y las mediciones del INMD eran las mismas.

B.1.4 Ecuaciones para el modelo E utilizando mediciones del INMD

El modelo E genera un índice R para una conexión que puede traducirse a una nota de opinión de cliente. El modelo para la atenuación, el ruido y el eco del hablante utiliza tres términos para generar R:

$$R = R_O - I_{OLR} - I_{DTE} \quad (B-8)$$

donde:

R_O es la relación señal/ruido en el punto de referencia a 0 dB. En las ecuaciones aquí presentadas, el punto de referencia 0 dB es la entrada a dos hilos al sistema receptor telefónico en el extremo próximo de la conexión.

I_{OLR} es el término de degradación del índice de sonoridad global.

I_{DTE} es el término de degradación del eco retardado para el oyente.

Utilizando la ecuación (B-1) modificada por la ecuación (B-2) y la ecuación (B-5), puede deducirse R_O de las mediciones de SL y NL del INMD:

$$R_O = 15 - 1,5 \times (-18,6 + C - 0,962 \times SL_f + R_{AVG} + N_O) \quad (B-9)$$

donde:

C viene dado por la ecuación (B-2).

R_{AVG} es la atenuación de recepción media en la red que se evalúa y se incluye porque el punto 0dB_r utilizado aquí está a la entrada a dos hilos al sistema receptor telefónico.

N_O es el ruido global, que viene dado por:

$$N_O = 10 \times \log_{10} \left(\frac{N}{10^{10}} + 10 \frac{N_F + RLR_{AVG}}{10} \right) \quad (B-10)$$

donde:

N viene dado por la ecuación (B-5) e incluye T_{AVG} y R_{AVG} , que son los valores medios de atenuación de transmisión y recepción en la red que se evalúa.

N_F es un fondo de ruido que representa la repercusión del ruido ambiente en la ubicación de la parte oyente. El fondo de ruido se refiere a un RLR de 0 dB, que se corrige para el RLR medio real de la red que se evalúa en la ecuación (B-10). N_F suele suponerse igual a -64 dBmP.

La degradación para el índice de sonoridad objetivo, I_{OLR} , es:

$$I_{OLR} = 20 \times \left[\left(1 + \left(\frac{X}{8} \right)^8 \right)^{\frac{1}{8}} - \frac{X}{8} \right] \quad (B-11)$$

donde la variable X viene dada por:

$$X = OLR + 0,2 \times (64 + N_t) \quad (B-12)$$

cuando se utiliza la ecuación (B-3) puede escribirse así:

$$X = -18,6 + C - 0,962 \times SL_f + RLR_{AVG} + R_{AVG} + 0,2 \times (64 + N_t) \quad (B-13)$$

donde N_t viene dado por:

$$N_t = N_O - RLR_{AVG} \quad (B-14)$$

La degradación para el eco retardado del hablante, I_{DTE} , es

$$I_{DTE} = \left\{ \left(\frac{R_{OE} - R_E}{2} \right) + \left[\sqrt{\frac{(R_{OE} - R_E)^2}{4} + 100} - 1 \right] \right\} \times \left(1 - e^{-\frac{D}{2}} \right) \quad (B-15)$$

donde:

$$R_{OE} = -1,5 \times N_t \quad (B-16)$$

$$R_E = 80 + 2,5 \times (TERV - 14) \quad (B-17)$$

donde:

$$TERV = TELR - 40 \times \log_{10} \left(\frac{1 + \frac{D}{20}}{1 + \frac{D}{300}} \right) + 6 \times e^{-0.3 \times \left(\frac{D}{2} \right)^2} \quad (B-18)$$

donde:

TELR se da en la ecuación (B-6) y

D se da en la ecuación (B-7).

APÉNDICE I

Detalles sobre la comparación de la ubicación del INMD en la red

El cuadro I.1 y el cuadro I.2 muestran si las mediciones efectuadas por un INMD ayudan a evaluar la calidad percibida de cada parámetro de medición. Se muestran éstas para cada enlace, y en relación con el cliente de extremo próximo, el cliente de extremo distante y la interconexión. Si una medición proporciona información de utilidad en cuanto a la calidad percibida, se pone un "1", y cuando no pudieron medirse los posibles efectos del equipo de red se pone un "0". El escenario 1 corresponde a un INMD ubicado en el lado saliente de la pasarela internacional y el escenario 2 corresponde al lado entrante. Las descripciones de los enlaces son:

- Enlace 1 – con compensadores de eco y DCME en ambos lados;
- Enlace 2 – con compensadores de eco y sin DCME en ambos lados;
- Enlace 3 – sin compensadores de eco y sin DCME en ambos lados.

Cuadro I.1/P.562 – Comparación de los escenarios de ubicación del INMD en el caso en que está activado el ALC

Con ALC			Cliente de extremo próximo	Cliente de extremo distante	Inter-conexión	Total
Nivel vocal activo	Esc. 1	Enlace 1	0	0	1	1
		Enlace 2	0	0	1	1
		Enlace 3	0	0	1	1
	Esc. 2	Enlace 1	1	0	0	1
		Enlace 2	1	0	0	1
		Enlace 3	1	0	0	1
Nivel de ruido	Esc. 1	Enlace 1	0	0	1	1
		Enlace 2	0	0	1	1
		Enlace 3	1	1	1	3
	Esc. 2	Enlace 1	1	0	0	1
		Enlace 2	1	0	0	1
		Enlace 3	1	1	1	3
Retardo del eco	Esc. 1	Enlace 1	1	0	0	1
		Enlace 2	1	1	1	3
		Enlace 3	1	1	1	3
	Esc. 2	Enlace 1	1	0	0	1
		Enlace 2	1	1	1	3
		Enlace 3	1	1	1	3
Atenuación	Esc. 1	Enlace 1	0	0	1	1
		Enlace 2	0	0	1	1
		Enlace 3	0	0	1	1
	Esc. 2	Enlace 1	1	0	0	1
		Enlace 2	1	0	0	1
		Enlace 3	1	0	0	1
TOTAL	Esc. 1	Enlace 1	1	0	3	4
		Enlace 2	1	1	4	6
		Enlace 3	2	2	4	8
		Total	4	3	11	18
	Esc. 2	Enlace 1	4	0	0	4
		Enlace 2	4	1	1	6
		Enlace 3	4	2	2	8
Total		12	3	3	18	

**Cuadro I.2/P.562 – Comparación de los escenarios de ubicación del INMD
en el caso en que está desactivado el ALC**

Sin ALC			Cliente de extremo próximo	Cliente de extremo distante	Inter-conexión	Total
Nivel vocal activo	Esc. 1	Enlace 1	1	1	1	3
		Enlace 2	1	1	1	3
		Enlace 3	1	1	1	3
	Esc. 2	Enlace 1	1	1	1	3
		Enlace 2	1	1	1	3
		Enlace 3	1	1	1	3
Nivel de ruido	Esc. 1	Enlace 1	1	0	1	2
		Enlace 2	1	1	1	3
		Enlace 3	1	1	1	3
	Esc. 2	Enlace 1	1	0	0	1
		Enlace 2	1	0	0	1
		Enlace 3	1	1	1	3
Retardo del eco	Esc. 1	Enlace 1	1	0	0	1
		Enlace 2	1	1	1	3
		Enlace 3	1	1	1	3
	Esc. 2	Enlace 1	1	0	0	1
		Enlace 2	1	0	1	2
		Enlace 3	1	1	1	3
Atenuación	Esc. 1	Enlace 1	1	1	1	3
		Enlace 2	1	1	1	3
		Enlace 3	1	1	1	3
	Esc. 2	Enlace 1	1	0	0	1
		Enlace 2	1	0	0	1
		Enlace 3	1	1	1	3
TOTAL	Esc. 1	Enlace 1	4	2	3	9
		Enlace 2	4	4	4	12
		Enlace 3	4	4	4	12
		Total	12	10	11	33
	Esc. 2	Enlace 1	4	1	1	6
		Enlace 2	4	1	2	7
		Enlace 3	4	4	4	12
		Total	12	6	7	25

APÉNDICE II

Técnicas estadísticas aplicadas cuando hay múltiples mediciones del INMD

Pueden aplicarse las tres siguientes técnicas estadísticas para evaluar múltiples mediciones del INMD

II.1 Intervalos de confianza

Si se supone que un conjunto de mediciones del INMD corresponde a una distribución normal, la fórmula siguiente proporciona un intervalo de confianza porcentual α para la media de las mediciones:

$$P\left[\bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}}(Z_{\alpha}) < \mu < \bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}(Z_{\alpha})\right] = \alpha$$

donde:

- \bar{X} es la media de las mediciones,
- σ es la desviación típica de las mediciones,
- n es el número de las mediciones,
- Z_{α} es la desviación normal para α , y
- μ es la media verdadera de la distribución.

Si se conoce la estimación de la desviación típica de la distribución, puede utilizarse entonces la ecuación anterior para determinar el tamaño de la muestra necesario para generar un intervalo de confianza de un tamaño determinado:

$$n = \frac{\sigma^2 Z_{\alpha}^2}{M^2}$$

donde M es el tamaño del intervalo de confianza deseado.

Por tanto si se sabe, por ejemplo, que las mediciones del nivel vocal en una red suelen estar normalmente distribuidas, con una desviación típica de 5 y se desea un intervalo de confianza del 95% de ± 1 dB, se tiene:

$$n = \frac{5^2 \times 1,96^2}{1^2} \geq 96 \text{ mediciones}$$

II.2 Prueba hipotética para la media de un conjunto de mediciones en función de un valor fijo

Puede utilizarse una segunda técnica estadística de utilidad para desarrollar una prueba hipotética que determine si la media de un conjunto de mediciones es superior a un valor fijo. El valor fijo podría ser un umbral utilizado para determinar cuándo se requieren actividades de mantenimiento. Esta hipótesis se representa por:

$$H_0 : \mu \leq \mu_0 \qquad H_1 : \mu > \mu_0$$

donde:

- H_0 es la hipótesis nula,
- H_1 es la hipótesis alternativa,
- μ es la media verdadera, y
- μ_0 es el umbral.

Si puede suponerse que las mediciones se toman de una distribución normal, puede utilizarse el siguiente estadístico T para determinar si puede rechazarse la hipótesis nula:

$$T = \frac{(\bar{X} - \mu_0)}{\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)}$$

donde:

- \bar{X} es la media de las mediciones y
- σ es la desviación típica de las mediciones, y
- n es el número de mediciones.

El estadístico T tiene una distribución de Student t y puede compararse con valores de esa distribución para determinar si puede rechazarse la hipótesis nula. En particular, si T es mayor que $t_{\alpha(n-1)}$, puede entonces rechazarse la hipótesis nula y puede concluirse que la media de las mediciones es mayor que el umbral a un nivel de significación α . El valor $t_{\alpha(n-1)}$ es la α -ésima desviación con respecto a la distribución de t con $n-1$ grados de libertad.

Esta ecuación puede también utilizarse para determinar el tamaño de la muestra necesario para asegurar que si una media es mayor en una cierta cantidad que un umbral, la media verdadera de las mediciones es entonces mayor que el umbral para un nivel de significación dado. Por ejemplo, si la desviación típica de los niveles vocales típicos es 5, observamos entonces en la distribución de T que:

$$t_{.95}(60) = 1.67 \quad t_{.95}(120) = 1,66$$

Aplicando esta ecuación y la anterior, comprobamos que si deseamos una diferencia de 1 dB para indicar que la media es mayor que el umbral a un valor de significación del 95%:

$$T = \frac{(\bar{X} - \mu_0)}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{1}{\frac{5}{\sqrt{n}}} \text{ debe ser mayor que } 1,67$$

lo que implica:

$n \geq 70$ mediciones lo que para una diferencia de 1 dB implica que el umbral es verdaderamente excedido a un intervalo de confianza del 95%

II.3 Prueba hipotética para las medias de dos conjuntos de mediciones

Una tercera técnica estadística de utilidad con múltiples mediciones de INMD consiste en utilizar pruebas hipotéticas para comparar las medias de dos conjuntos de mediciones efectuadas en diferentes facilidades o diferentes rutas. En este caso, la hipótesis es:

$$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2 \quad H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

Si ambos conjuntos de mediciones corresponden a distribuciones normales y las desviaciones típicas de los dos conjuntos de mediciones son iguales, el estadístico utilizado para determinar si puede rechazarse la hipótesis nula es entonces:

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)\sqrt{n_1 n_2 / (n_1 + n_2)}}{\sqrt{[(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2] / (n_1 + n_2 - 2)}}$$

donde:

- n_1 y n_2 son los tamaños de muestra de los conjuntos de mediciones,
- \bar{X}_1 y \bar{X}_2 son las medias de los dos conjuntos de mediciones, y
- σ_1 y σ_2 son las desviaciones típicas de los dos conjuntos de mediciones.

Si T es mayor que $t_{\alpha}(n_1 + n_2 - 2)$, puede entonces rechazarse la hipótesis nula para el $\alpha^{\text{ésimo}}$ nivel de significación y puede concluirse que la media del primer conjunto de mediciones es mayor que la media del segundo conjunto de mediciones.

Si suponemos que el número de mediciones efectuadas en los dos conjuntos y las desviaciones típicas de los dos conjuntos son iguales, podemos entonces reducir el estadístico T a:

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)\sqrt{n/2}}{\sigma}$$

Si suponemos también ahora que la desviación típica de ambos conjuntos de mediciones es 5 y utilizamos los valores del percentil 95 de la distribución de t tomada de la subcláusula anterior, podemos entonces determinar el número de mediciones necesarias para rechazar la hipótesis nula para una diferencia de 1 dB en las medias a un nivel de confianza del 95%.

$$T = \frac{(1)\sqrt{n/2}}{5} \text{ debe ser mayor que } 1,66 = t_{,95}(120)$$

lo que implica:

$$n \geq 2 (1,66)^2 5^2 \geq 138 \text{ mediciones para cada conjunto de datos}$$

APÉNDICE III

Técnicas estadísticas para los cálculos del umbral del INMD

III.1 Introducción

El cálculo del umbral aplicado a los datos del INMD incluye el cálculo del porcentaje de las mediciones por encima o por debajo de un umbral para una muestra de mediciones. El presente apéndice proporciona información sobre el enfoque teórico utilizado para determinar tamaños de muestras adecuados.

III.2 Enfoque teórico

Con miras a elaborar un enfoque estadístico, puede considerarse un proceso aleatorio X asociado a la medición de uno de los parámetros entre ASL, PNL, ED, EPL. Con buena aproximación, bien confirmada en la práctica, la i -ésima realización de X tiene una distribución *Normal*:

$$x_i \sim N(\mu, \sigma^2) \quad (\text{III-1})$$

donde μ y σ son la desviación media y normal respectivamente.

Si se conocen la desviación media y la desviación normal, puede calcularse fácilmente el porcentaje de mediciones por encima de un umbral fijo x_{esimo} , como se describe en la figura III.1, utilizando la siguiente fórmula:

$$p_e = \Pr\{x_i \geq x_{th}\} = 1 - \Phi\left(\frac{x_{th} - \mu}{\sigma}\right) \quad (\text{III-2})$$

donde:

$$\Phi(z) = \Pr(Z \leq z), \quad Z \sim N(0,1) \quad (\text{III-3})$$

Obsérvese que lo mismo se aplica, *mutatis mutandi*, al porcentaje de mediciones por debajo de un umbral fijo, debido a la simetría de la distribución *normal*.

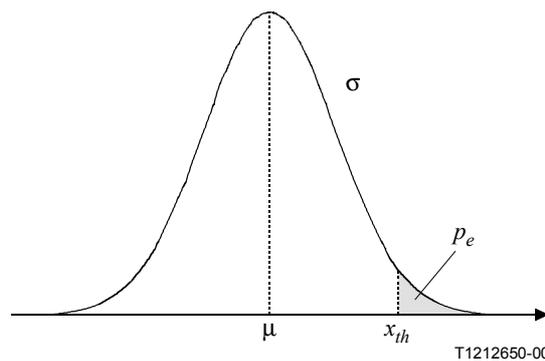


Figura III.1/P.562 – Distribución normal de las mediciones

En las aplicaciones prácticas, sin embargo, la media μ no se conoce a priori, mientras que para la desviación normal σ se dispone de los valores típicos. Esto implica que el porcentaje p_e tampoco se conoce y debe, por consiguiente, estimarse mediante mediciones.

Si se considera una muestra de mediciones cuyo tamaño n se relaciona con la exactitud deseada y tiene que determinarse, es posible calcular una estimación bastante simple de p_e , \hat{p}_e como la relación entre el número de mediciones que excede el umbral fijo x_{esimo} y el tamaño de muestra n .

Dados la exactitud requerida y el intervalo de confianza asociado para \hat{p}_e , el tamaño de muestra n que ha de utilizarse puede determinarse como se expone a continuación.

Se señala que el siguiente enfoque se aplica en general, sin suponer necesariamente que las mediciones pueden aproximarse por una distribución *normal*. La ecuación (III-2) puede, pues, generalizarse del siguiente modo, ya que afecta al porcentaje de mediciones por encima de un umbral fijo $x_{ésimo}$:

$$p_e = \Pr\{x_i \geq x_{th}\} \quad (\text{III-4})$$

Si x_i es la i -ésima realización del proceso de medición e y_i se obtiene utilizando la ecuación (III-5),

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i \geq x_{th} \\ 0 & \text{si } x_i < x_{th} \end{cases} \quad (\text{III-5})$$

se deduce que y_i está distribuida como una variable aleatoria *Bernoulli* con probabilidad de éxito desconocido igual a p_e :

$$y_i \sim B(1, p_e) \quad (\text{III-6})$$

Si se aplica (III-5) a una muestra de n mediciones, x_1, x_2, \dots, x_n , pueden obtenerse las variables aleatorias correspondientes, y_1, y_2, \dots, y_n , y el mejor estimador no sesgado de probabilidad máxima para p_e resulta:

$$\hat{p}_e = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (\text{III-7})$$

donde el numerador corresponde al número de mediciones que excede el umbral fijo,

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^n y_i \quad (\text{III-8})$$

Si las mediciones x_1, x_2, \dots, x_n pueden considerarse independientes e idénticamente distribuidas (i.i.d.), entonces \hat{y} puede describirse mediante una variable aleatoria *binómica* con un orden igual a n y una probabilidad de éxito desconocida igual a p_e :

$$\hat{y} \sim B(n, p_e) \Rightarrow \Pr\{\hat{y} = t\} = \binom{n}{t} \cdot p_e^t \cdot (1 - p_e)^{n-t} \quad \text{con } t = 0, 1, \dots, n \quad (\text{III-9})$$

Si se desea una estimación de p_e con un intervalo de confianza del 95%, $\pm\Delta_p$, el tamaño mínimo de la muestra n_{min} debe satisfacer la siguiente ecuación:

$$\Pr\{\hat{p}_e - \Delta_p \leq p_e \leq \hat{p}_e + \Delta_p\} = 0,95 \quad (\text{III-10})$$

que, utilizan (III-9) y aprovechando algunas propiedades estadísticas básicas proporciona los resultados de la figura III.2.

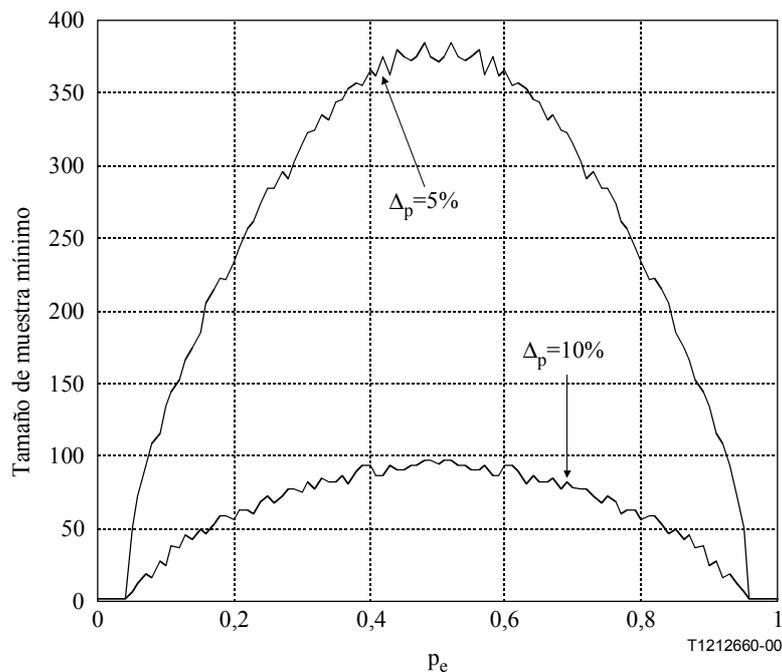


Figura III.2/P.562 – Tamaño de muestra mínimo para un intervalo de confianza del 95%, $\pm\Delta_p$

III.3 Aproximación

El enfoque teórico presentado en III.2 puede simplificarse introduciendo algunas aproximaciones.

Sabemos por la bibliografía existente, que una variable aleatoria *binómica* puede aproximarse mediante una distribución *normal* cuando el orden es suficientemente alto y la probabilidad de éxito no está demasiado cerca de 0 ó 1.

Sobre la base de estos datos y partiendo de las mismas hipótesis que dieron por resultado (III-9), obtenemos:

$$\hat{y} \approx N(np_e, np_e(1-p_e)) \quad \text{(III-11)}$$

y, en consecuencia:

$$\hat{p}_e = \frac{\hat{y}}{n} \approx N(p_e, p_e(1-p_e)/n) \quad \text{(III-12)}$$

El tamaño de muestra mínimo $n_{\text{mín}}$ necesario para generar un porcentaje α de intervalo de confianza de $\pm\Delta_p$ puede determinarse ahora utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\Delta_p}{\sqrt{\frac{p_e(1-p_e)}{n_{\text{mín}}}}} = Z_\alpha \quad \text{(III-13)}$$

donde Z_α es la desviación normal para α , y de la que se deduce que:

$$n_{\text{mín}} = p_e(1-p_e) \cdot \frac{Z_\alpha^2}{\Delta_p^2} \quad \text{(III-14)}$$

Por ejemplo, la figura III.3 ilustra el resultado de la aproximación para $\alpha = 95\%$ y $\Delta_p = 5\%$.

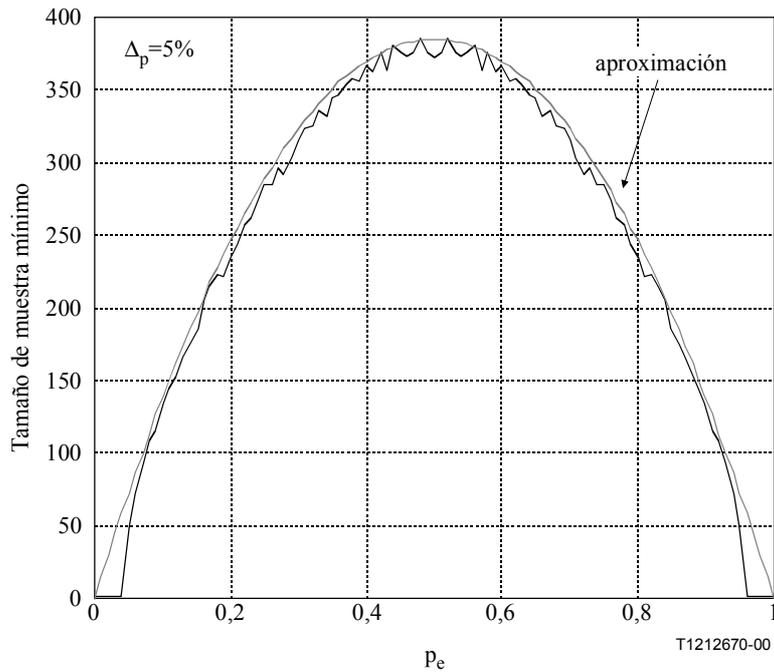


Figura III.3/P.562 – Tamaño de muestra mínimo para un intervalo de confianza de 95%, $\pm 5\%$: resultado aproximado

Dado que en la práctica no hay un conocimiento a priori del porcentaje de mediciones de un parámetro que esté por encima (o por debajo) de un umbral fijo, debe considerarse el peor caso asociado a $p_e = 1/2$ (referido a (III-14)) para la determinación de un tamaño de muestra adecuado.

La fórmula recomendada es, entonces, la siguiente:

$$\text{Tamaño de muestra mínimo} = \frac{Z_{\alpha}^2}{4\Delta_p^2} \quad (\text{III-15})$$

donde Δ_p es la exactitud requerida y Z_{α} es la desviación normal para α .

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
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
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	RGT y mantenimiento de redes: 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 Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación