



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**O.172**

(03/2001)

SERIE O: ESPECIFICACIONES DE LOS APARATOS DE  
MEDIDA

Aparatos de medida para parámetros digitales y  
analógicos/digitales

---

**Aparato de medida de la fluctuación de fase y  
de la fluctuación lenta de fase para sistemas  
digitales basados en la jerarquía digital  
síncrona**

Recomendación UIT-T O.172

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE O  
**ESPECIFICACIONES DE LOS APARATOS DE MEDIDA**

Generalidades	O.1–O.9
Acceso para el mantenimiento	O.10–O.19
Sistemas de medida automáticos y semiautomáticos	O.20–O.39
Aparatos de medida para parámetros analógicos	O.40–O.129
<b>Aparatos de medida para parámetros digitales y analógicos/digitales</b>	<b>O.130–O.199</b>

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

## **Recomendación UIT-T O.172**

### **Aparato de medida de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona**

#### **Resumen**

En esta Recomendación se especifica la instrumentación utilizada para generar y medir la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en los sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona (SDH). Los requisitos de medición de la interfaz de línea SDH y de las interfaces afluentes SDH que operan a velocidades binarias PDH no se consideran en esta Recomendación.

Los requisitos de las características del aparato de medida de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que se describen en esta Recomendación deben satisfacerse para asegurar la coherencia de los resultados entre los equipos procedentes de distintos fabricantes.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T O.172, revisada por la Comisión de Estudio 4 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 15 de marzo de 2001.

#### **Palabras clave**

Fluctuación de fase a la entrada tolerable, fluctuación de fase a la salida, fluctuación de fase de puntero, fluctuación lenta de fase a la entrada tolerable, fluctuación lenta de fase a la salida, función de transferencia de la fluctuación de fase, generación de la fluctuación de fase, generación de la fluctuación lenta de fase, generación de secuencia de puntero, medidas de la fluctuación de fase, medidas de la fluctuación lenta de fase, transferencia de ruido de la fluctuación lenta de fase, transitorios de fase.

## 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 Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), 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 1 de la AMNT.

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	Alcance .....	1
2	Referencias.....	1
2.1	Referencias normativas.....	1
2.2	Referencias informativas .....	2
3	Definiciones .....	2
4	Abreviaturas.....	3
5	Convenios .....	3
6	Diagrama de bloques funcionales.....	4
7	Interfaces.....	5
7.1	Interfaces ópticas .....	5
7.2	Interfaces eléctricas.....	5
7.3	Entrada de la señal de reloj de referencia externa .....	5
7.4	Sensibilidad de la interfaz de entrada .....	6
8	Función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase .....	6
8.1	Fuente de modulación.....	6
8.2	Generador de señales de reloj.....	6
8.2.1	Precisión del generador de señales de reloj.....	6
8.3	Generador de la secuencia de prueba digital .....	6
8.3.1	Secuencias de prueba digital.....	7
8.3.2	Secuencias de prueba digital para señales afluentes SDH.....	7
8.4	Generador de secuencia de puntero .....	7
8.4.1	Capacidad de generación de secuencias de prueba de puntero .....	7
8.5	Requisitos mínimos de la generación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase .....	9
8.6	Precisión de la generación .....	10
8.6.1	Error de amplitud de fase.....	11
8.6.2	Error de la pendiente de la fase .....	11
8.6.3	Fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase intrínseca de la función de generación.....	12
9	Función de medición de la fluctuación de fase.....	12
9.1	Señal de temporización de referencia .....	12
9.2	Capacidades de medición.....	12
9.2.1	Gama de medición .....	12
9.2.2	Umbral seleccionable .....	14
9.2.3	Medición del valor eficaz (RMS) de la fluctuación de fase .....	14

	<b>Página</b>
9.2.4 Tolerancia de fase a la entrada para señales afluentes SDH.....	14
9.3 Anchura de banda de las mediciones.....	15
9.3.1 Respuesta en frecuencia de la función de medición de la fluctuación de fase para señales de línea SDH.....	16
9.3.2 Respuesta en frecuencia de la función de medición de la fluctuación de fase para señales afluentes SDH.....	16
9.4 Precisión de las mediciones.....	17
9.4.1 Precisión de los resultados de las mediciones.....	17
9.4.2 Error fijo de las mediciones de la fluctuación de fase de línea SDH.....	18
9.4.3 Error fijo de las mediciones de fluctuación de fase de señales afluentes SDH.....	18
9.4.4 Error variable de las mediciones de la fluctuación de fase de señales afluentes SDH.....	19
9.4.5 Error dependiente de la señal de pruebas digital.....	20
9.5 Facilidades adicionales.....	20
9.5.1 Salida analógica.....	20
10 Función de medición de la fluctuación lenta de fase.....	20
10.1 Señal de temporización de referencia.....	20
10.2 Medición del TIE (error en el intervalo de tiempo).....	20
10.2.1 Intervalo de muestreo.....	20
10.2.2 Anchura de banda de medición.....	21
10.2.3 Gama de medición.....	21
10.2.4 Precisión del resultado de la medición.....	21
10.3 Medición del TIE (error en el intervalo de tiempo) transitorio.....	21
10.3.1 Intevalo de muestreo.....	22
10.3.2 Anchura de banda de medición.....	22
10.3.3 Gama de medición.....	22
10.3.4 Precisión del resultado de la medición.....	22
10.4 Medición del MTIE (máximo error en el intervalo de tiempo).....	22
10.4.1 Gamas de medición y de intervalos de observación.....	23
10.4.2 Precisión del algoritmo de cálculo.....	23
10.4.3 Precisión del resultado de la medición.....	23
10.5 Medición de la TDEV (desviación de tiempo).....	24
10.5.1 Gamas de medición y de los intervalos de observación.....	24
10.5.2 Precisión del algoritmo de cálculo.....	24
10.5.3 Precisión del resultado de la medición.....	24
10.6 Medición del desplazamiento de frecuencia.....	25
10.6.1 Gama de medición.....	25
10.6.2 Precisión del algoritmo de cálculo.....	25

	<b>Página</b>
10.6.3	Precisión del resultado de la medición ..... 26
10.7	Velocidad de deriva de frecuencia ..... 26
10.7.1	Gama de medición ..... 27
10.7.2	Precisión del algoritmo de cálculo ..... 27
10.7.3	Precisión del resultado de la medición ..... 28
11	Función de generación de ruido de fluctuación lenta de fase de la TDEV ..... 28
12	Ambiente de funcionamiento ..... 28
Anexo A – Señales de prueba estructuradas para la medición de la fluctuación de fase ..... 29	
A.1	Introducción ..... 29
A.1.1	Condiciones de prueba de cabida útil ..... 29
A.1.2	Condiciones de octetos de tara SDH ..... 29
A.2	Estructura de las señales de prueba para STM-N ..... 29
A.2.1	Señal STM-1 ..... 29
A.2.2	Señal STM-N ( $N \geq 4$ ) ..... 30
A.2.3	Señal STM-0 ..... 30
A.3	Estructura de la señal de prueba para señales STM-N concatenadas ..... 30
A.3.1	Señal STM-N ( $N \geq 4$ ) ..... 30
Anexo B – Definición de error de pendiente de fase cresta a crestade banda limitada ..... 31	
Anexo C – Especificación de distribución para la generación de ruido de fluctuación lenta de fase de TDEV ..... 32	
Apéndice I – Directrices relativas a la medición de la fluctuación de fase en sistemas SDH. 32	
Apéndice II – Directrices relativas a la medición de la fluctuación lenta de fase en sistemas SDH ..... 33	
II.1	Mediciones de la fluctuación lenta de fase ..... 33
II.1.1	Consideraciones generales sobre las configuraciones de medición de la fluctuación lenta de fase ..... 33
II.1.2	Mediciones de fluctuación lenta de fase sincronizadas ..... 33
II.1.3	Mediciones de fluctuación lenta de fase no sincronizadas ..... 34
II.2	Mediciones de la estabilidad de la señal de reloj ..... 34
Apéndice III – Directrices relativas a la generación de las secuencias de prueba de puntero. 35	
Apéndice IV – Respuesta de la función de medición de la fluctuación de fase total ..... 36	
IV.1	Introducción ..... 36
IV.2	Parámetros del filtro de medición ..... 36
IV.3	Límites de la plantilla para la respuesta del filtro de medición paso alto ..... 37
IV.3.1	Filtro paso alto para la medición de la fluctuación de fase de afluentes SDH ..... 37

	<b>Página</b>
Apéndice V – Verificación de los algoritmos de cálculo de MTIE y de TDEV .....	38
V.1 Descripción funcional de la fuente de ruido de TIE .....	38
V.2 Primer ejemplo de generado de ruido de TIE .....	38
V.3 Segundo ejemplo de generador de ruido de TIE.....	39

## **Introducción**

Las características de la temporización y sincronización de las redes SDH y los elementos de los equipos de redes SDH se especifican en varias Recomendaciones UIT-T mediante parámetros de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase. La presente Recomendación especifica las distintas características del aparato de medida de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase que son necesarias para cumplir los requisitos de estas Recomendaciones UIT-T y soportar otras pruebas y tareas de medición.

Esta Recomendación ha sido desarrollada para asegurar la máxima compatibilidad con los requisitos de medición del aparato y la red SDH pertinentes, pero manteniendo la compatibilidad hacia atrás con los requisitos del aparato de prueba PDH asociado de UIT-T O.171 [17] cuando sea posible.

Si bien se especifican los requisitos funcionales y de características del equipo de medición, no se estudia su configuración, que deberá ser considerada cuidadosamente por el diseñador y el usuario. En particular, no es necesario que todas las características indicadas en esta Recomendación se encuentren en un equipo. Los usuarios pueden seleccionar las funciones que se adapten mejor a sus aplicaciones.

## Recomendación UIT-T O.172

### Aparato de medida de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona

#### 1 Alcance

En esta Recomendación se especifica la instrumentación utilizada para generar y medir la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en los sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona (SDH, *synchronous digital hierarchy*).

La Recomendación especifica también los requisitos de medición de los afluentes SDH que operan a velocidades binarias PDH.

La instrumentación para la medición se compone principalmente de una función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase y de una función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase. Las mediciones pueden realizarse en la capa física de los sistemas SDH. Para realizar ciertos tipos de medida puede que también sea necesario emplear un medidor de proporción de errores; éste puede formar parte de la misma instrumentación o estar separado físicamente.

La instrumentación para la generación y la medición de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en sistemas digitales basados en la jerarquía digital plesiócrona (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*) se especifican en UIT-T O.171 [17].

Es conveniente consultar UIT-T G.783 [5], UIT-T G.812 [8], UIT-T G.813 [9], UIT-T G.825 [12] y UIT-T G.958 [14] al aplicar esta Recomendación.

#### 2 Referencias

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.

##### 2.1 Referencias normativas

- [1] UIT-T G.691 (2000), *Interfaces ópticas para sistemas STM-64, STM-256 de un solo canal y otros sistemas de la jerarquía digital síncrona con amplificadores ópticos.*
- [2] UIT-T G.703 (1998), *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas.*
- [3] UIT-T G.707/Y.1322 (2000), *Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona.*
- [4] UIT-T G.772 (1993), *Puntos de supervisión protegidos en sistemas de transmisión digital.*
- [5] UIT-T G.783 (2000), *Características de los bloques funcionales del equipo de la jerarquía digital síncrona.*
- [6] UIT-T G.810 (1996), *Definiciones y terminología para redes de sincronización.*
- [7] UIT-T G.811 (1997), *Características de temporización de relojes de referencia primarios.*

- [8] UIT-T G.812 (1998), Requisitos de temporización de relojes subordinados adecuados para utilización como relojes de nodo en redes de sincronización.
- [9] UIT-T G.813 (1996), *Características de temporización de relojes subordinados de equipos de la jerarquía digital síncrona.*
- [10] UIT-T G.823 (2000), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s.*
- [11] UIT-T G.824 (2000), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s.*
- [12] UIT-T G.825 (2000), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía digital síncrona.*
- [13] UIT-T G.957 (1999), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona.*
- [14] UIT-T G.958 (1994), *Sistemas de línea digitales basados en la jerarquía digital síncrona para utilización en cables de fibra óptica.*
- [15] UIT-T O.3 (1992), *Condiciones climáticas y pruebas pertinentes para los aparatos de medida.*
- [16] UIT-T O.150 (1996), *Requisitos generales para la instrumentación de mediciones de la calidad de funcionamiento de equipos de transmisión digital.*
- [17] UIT-T O.171 (1997), *Aparato de medida de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase de la temporización para sistemas digitales basados en la jerarquía digital plesiócrona.*
- [18] UIT-T O.181 (1996), *Equipo de medición para determinar la característica de error en las interfaces de módulo de transporte síncrono de nivel N.*
- [19] UIT-R F.750-3 (1997), *Arquitecturas y aspectos funcionales de los sistemas de radioenlaces para las redes basadas en la jerarquía digital síncrona.*

## 2.2 Referencias informativas

- [20] Norma ANSI T1.105.03, 1994, *Telecommunications – Synchronous Optical Network (SONET) – Jitter at Network Interfaces.*
- [21] Norma ANSI T1.105.06, 1996, *Telecommunications – Synchronous Optical Network (SONET) – Physical Layer Specifications.*

## 3 Definiciones

En esta Recomendación se definen las definiciones siguientes (referirse a UIT-T G.810 [6]).

**3.1 fluctuación de fase (de la temporización):** Variaciones a corto plazo de las instancias significativas de una señal digital con respecto a sus posiciones ideales en el tiempo (a "corto plazo" significa que la frecuencia de las variaciones es de 10 Hz o más).

**3.2 fluctuación lenta de fase:** Variaciones a largo plazo de las instancias significativas de una señal digital con respecto a sus posiciones ideales en el tiempo (a "largo plazo" significa que la frecuencia de las variaciones es de menos de 10 Hz).

**3.3 error en el intervalo de tiempo (función):** Diferencia entre la medida de un intervalo de tiempo proporcionada por un reloj y la medida del mismo intervalo de tiempo proporcionada por un reloj de referencia.

Cabe señalar que en UIT-T G.810 [6] aparecen definiciones y abreviaturas adicionales utilizadas en las Recomendaciones sobre temporización y sincronización. Dicha Recomendación también proporciona información básica sobre la necesidad de limitar las variaciones de fase y las degradaciones en los sistemas digitales.

#### 4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AU-n	Unidad administrativa, nivel n ( <i>administrative unit, level n</i> )
CMI	Inversión de marcas codificada ( <i>coded mark inversion</i> )
MTIE	Máximo error en el intervalo de tiempo ( <i>maximum time interval error</i> )
NRZ	No retorno a cero ( <i>non return to zero</i> )
PDH	Jerarquía digital plesiócrona ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
PJE	Evento de justificación de puntero ( <i>pointer justification event</i> )
PLL	Bucle de enganche de fase ( <i>phase-locked loop</i> )
ppm	partes por millón
PRBS	Secuencia binaria pseudoaleatoria ( <i>pseudo random binary sequence</i> )
RMS	Valor cuadrático medio ( <i>root-mean-square</i> )
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
STM-N	Módulo de transporte síncrono, nivel N ( <i>synchronous transport module, level N</i> )
TDEV	Desviación de tiempo ( <i>time deviation</i> )
TIE	Error en el intervalo de tiempo ( <i>time interval error</i> )
TSS	Estructura de la señal de prueba ( <i>test signal structure</i> )
TU-m	Unidad afluyente, nivel m ( <i>tributary unit, level m</i> )
UI	Intervalo unitario ( <i>unit interval</i> )
UIpp	Intervalo unitario, cresta a cresta ( <i>unit interval, peak-to-peak</i> )

#### 5 Convenios

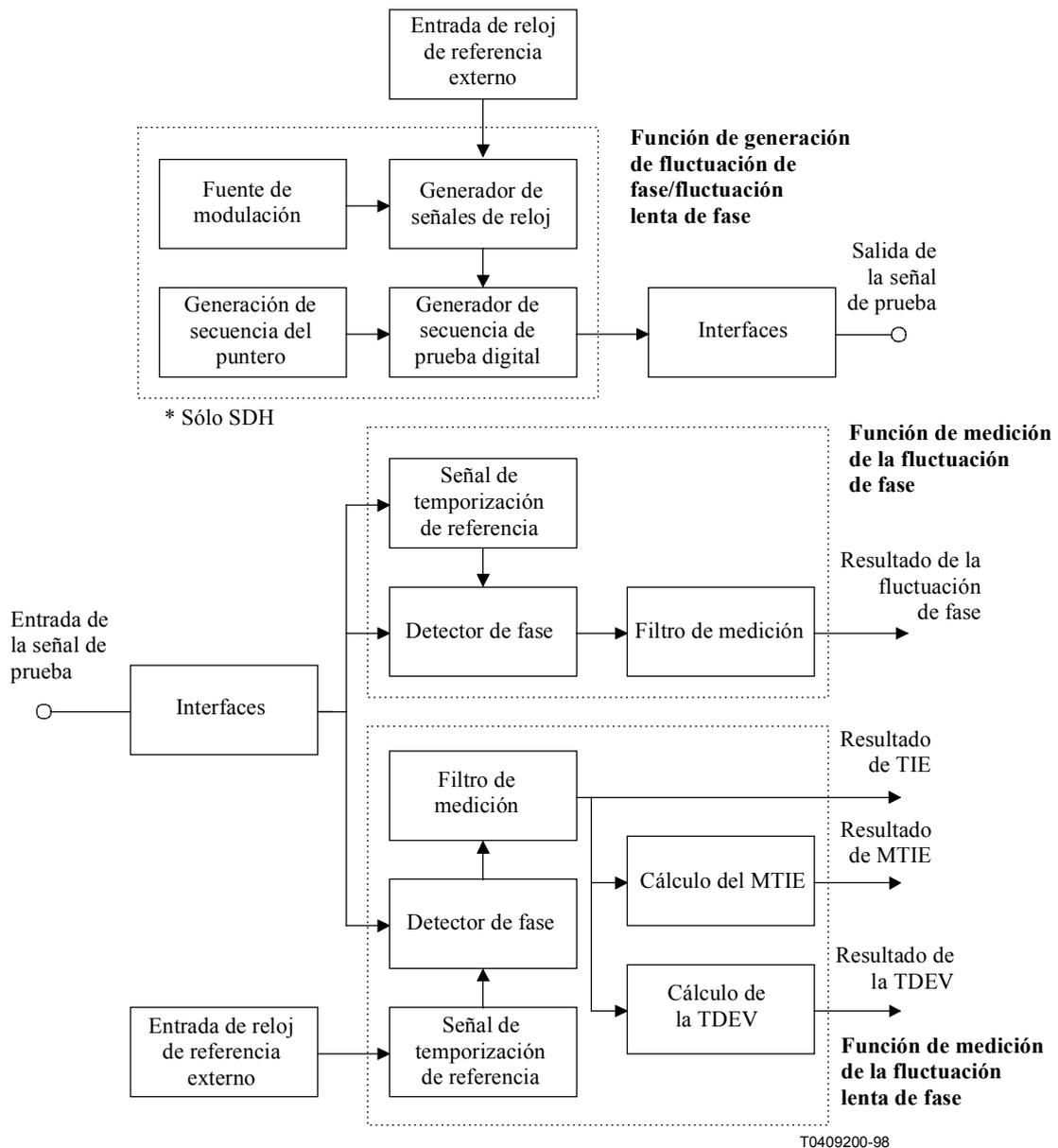
A los fines de esta Recomendación, se han adoptado los siguientes convenios:

- a) Las señales de interfaz particulares utilizadas se indican mediante sus formatos de señal normalizados, por ejemplo, STM-1, o por su velocidad binaria, por ejemplo, 139 264 kbit/s. Se considera que el formato físico por defecto de las interfaces SDH es óptico y que el formato físico por defecto de las interfaces PDH es eléctrico.
- b) Cuando en esta Recomendación se utiliza específicamente la forma eléctrica de una interfaz SDH, la interfaz se designa por "e", por ejemplo, STM-1e (referirse también a la cláusula 7).

- c) Las señales de interfaz particulares utilizadas se pueden agrupar por categorías como interfaces de línea SDH, o como interfaces afluentes SDH. En la presente Recomendación, las interfaces de línea SDH se refieren a aquellas que soportan señales STM-N, mientras que las interfaces afluentes SDH se refieren a las que soportan señales que operan a velocidades binarias PDH.

## 6 Diagrama de bloques funcionales

En la figura 1 aparece el diagrama de bloques del aparato en su forma general, identificando las principales funciones que se tratan en esta Recomendación. La figura no representa una implementación concreta.



**Figura 1/O.172 – Diagrama de bloques funcionales para el conjunto de prueba de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase**

## 7 Interfaces

### 7.1 Interfaces ópticas

El instrumento deberá ser capaz de funcionar a una o más de las siguientes velocidades binarias y con las correspondientes características de interfaz óptica, como se define en las cláusulas apropiadas de UIT-T G.957 [13] y UIT-T G.691 [1], así como en ANSI T1.105.06 [21] (para interfaces a 51 840 kbit/s).

- STM-0 51 840 kbit/s
- STM-1 155 520 kbit/s
- STM-4 622 080 kbit/s
- STM-16 2 488 320 kbit/s
- STM-64 9 953 280 kbit/s
- STM-256 39 813 120 kbit/s

### 7.2 Interfaces eléctricas

El instrumento deberá ser capaz de funcionar a una o más de las siguientes velocidades binarias y con las correspondientes características de interfaz eléctrica, como se define en las cláusulas apropiadas de UIT-T G.703 [2] así como en UIT-R F.750-3 [19] (para interfaces eléctricas a 51 840 kbit/s). Sin embargo, para todas las velocidades binarias, la señal aplicada a la entrada del circuito de medida de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase deberá ser un impulso rectangular nominal. Si se utilizan otras formas de señal puede aparecer interferencia entre símbolos que no puede corregirse mediante simple ecualización de línea, resultando afectada la precisión de la medida.

- 1544 kbit/s
- 2048 kbit/s
- 6312 kbit/s
- 34 368 kbit/s
- 44 736 kbit/s
- 51 840 kbit/s, STM-0e
- 139 264 kbit/s
- 155 520 kbit/s, STM-1e

Los puertos de entrada de la función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase y de salida de la función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase deberán tener la atenuación de retorno especificada en las cláusulas apropiadas de UIT-T G.703 [2].

Como opción, la función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase deberá ser capaz de medir la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase en el terminal de salida de la señal de reloj, cuando el equipo digital presenta dicho acceso.

### 7.3 Entrada de la señal de reloj de referencia externa

El equipo de medida deberá aceptar como referencia señales de datos a velocidades binarias de 1544 kbit/s o 2048 kbit/s. Si puede aceptarse 2048 kbit/s, el equipo deberá aceptar también una señal de 2048 kHz como referencia. Las características de las señales de reloj estarán de acuerdo con UIT-T G.703 [2].

## **7.4 Sensibilidad de la interfaz de entrada**

La función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase es necesaria para operar satisfactoriamente en las condiciones de entrada siguientes:

- a) la especificación de las interfaces ópticas del equipo definidas en UIT-T G.957 [13] y UIT-T G.691 [1];
- b) la especificación de las interfaces eléctricas del equipo definidas en UIT-T G.703 [2];
- c) los puntos de supervisión están protegidos como se define en UIT-T G.772 [4].

## **8 Función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase**

Las pruebas de equipos digitales pueden efectuarse con una señal digital con o sin fluctuación de fase o una señal digital con o sin fluctuación lenta de fase. Para ello hará falta utilizar el generador de secuencias de prueba, el generador de señales de reloj y la fuente de modulación mostrados en la figura 1.

### **8.1 Fuente de modulación**

La fuente de modulación necesaria para realizar las pruebas relativas a las Recomendaciones pertinentes, puede ir incluida en el generador de señales de reloj y/o en el generador de secuencias de prueba digitales, o por separado. En la presente Recomendación la fuente de modulación se define como sinusoidal. Sin embargo, para algunas pruebas puede que sea necesario utilizar otros estímulos.

### **8.2 Generador de señales de reloj**

Deberá ser posible modular en fase el generador de señales de reloj con la señal proporcionada por la fuente de modulación, e indicar la desviación de fase cresta a cresta de la señal modulada.

La fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase cresta a cresta generada y las frecuencias de modulación deberán cumplir los requisitos mínimos del cuadro 3 y la figura 3.

Si se proporcionan las interfaces a la salida para la señal de reloj modulada y/o la señal de referencia de temporización externa, el valor mínimo de la amplitud será de 1 voltio cresta a cresta en  $75 \Omega$ , o 0,25 voltios cresta a cresta en  $50 \Omega$ .

#### **8.2.1 Precisión del generador de señales de reloj**

La desviación de frecuencia de la señal de reloj interna con respecto a su valor nominal deberá ser inferior a:

$$\pm 4,6 \text{ ppm}$$

Como opción, el generador de señales de reloj puede proporcionar una desviación de frecuencias de suficiente magnitud como para facilitar la prueba en toda la gama de tolerancias del reloj del equipo sometido a prueba, por ejemplo de  $\pm 10$  ppm a  $\pm 100$  ppm, como se define para las diversas velocidades binarias que figuran en UIT-T G.703 [2] y UIT-T G.813 [9].

Deberá ser posible realizar el enganche de fase de la función generación con una fuente de reloj de referencia externa de precisión arbitraria; hay que referirse también a 7.3.

### **8.3 Generador de la secuencia de prueba digital**

La función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase se utilizará normalmente junto con un generador de secuencia de prueba digital adecuado que proporcione las siguientes facilidades.

### 8.3.1 Secuencias de prueba digital

El generador de secuencias de prueba digital deberá ser capaz de proporcionar una o más de las siguientes señales, para su utilización a velocidades binarias STM-N:

- a) señales SDH entramadas de conformidad con UIT-T G.707 [3];
- b) señales de prueba estructuradas de conformidad con UIT-T O.181 [18], dependiendo del tipo de elemento de red que se prueba;
- c) señales de prueba estructuradas definidas en el anexo A.

### 8.3.2 Secuencias de prueba digital para señales afluentes SDH

El generador de secuencia de prueba deberá poder proporcionar las siguientes señales:

Para uso a velocidades binarias de 2048 kbit/s, 6312 kbit/s y 44 736 kbit/s, una secuencia de prueba pseudoaleatoria de  $2^{15} - 1$  bit de longitud conforme a 5.3/O.150 [16].

Para uso a velocidades binarias de 1544 kbit/s, 6312 kbit/s y 44 736 kbit/s, una secuencia de prueba pseudoaleatoria de  $2^{20} - 1$  bit de longitud conforme a 5.5/O.150 [16].

Para uso a velocidades binarias de 34 368 kbit/s y 139 264 kbit/s, una secuencia de prueba pseudoaleatoria de  $2^{23} - 1$  bit de longitud conforme a 5.6/O.150 [16].

Para uso a todas las velocidades binarias, una secuencia de prueba repetitiva 10001000.

Como opción y para uso a todas las velocidades binarias:

- a) dos secuencias de prueba de 8 bits libremente programables que pueden ser alternadas a una velocidad baja (por ejemplo, de 10 Hz a 100 Hz);
- b) una secuencia de prueba de 16 bits libremente programable.

## 8.4 Generador de secuencia de puntero

Con el fin de probar el efecto de los eventos de justificación de puntero (PJE, *pointer justification event*) en el equipo de sincronizador SDH, el generador de secuencias de prueba digital deberá ser capaz de generar secuencias de prueba completas de justificaciones de puntero de conformidad con las cláusulas apropiadas de UIT-T G.783 [5].

De manera opcional, el equipo puede proporcionar funciones de control PJE adicionales que facilitan pruebas de la fluctuación de fase de puntero.

En el apéndice III se da más información relativa a la capacidad y la configuración del sistema de prueba para la comprobación mediante el uso de secuencias de puntero.

### 8.4.1 Capacidad de generación de secuencias de prueba de puntero

El equipo deberá proporcionar un conjunto mínimo de secuencias de prueba de puntero aplicable en velocidades binarias tributarias SDH particulares, designadas por "X" en el cuadro 1, de conformidad con la cláusula 10/G.783 [5].

Con velocidades binarias afluentes SDH particulares, los ajustes de puntero deberán aplicarse al puntero de AU-n o al puntero de TU-m, como se muestra en el cuadro 1. La dirección o polaridad de la señal de prueba de puntero será seleccionable entre valores de puntero incrementados o decrementados.

Deberá seguirse el procedimiento de prueba especificado en la cláusula 15/G.783 [5].

**Cuadro 1/O.172 – Descripción de la secuencia de prueba de puntero de G.783**

Secuencia de prueba de puntero G.783		Velocidad binaria (kbit/s) de los afluentes SDH y contenedor SDH					
		1544	2048	6312	34 368	44 736	139 264
ID	Descripción	TU-11	TU-12	TU-2	TU-3	AU-3	AU-4
a	Alternativa simple		X	(Nota)	X		X
b	Regular + doble		X		X		X
c	Regular + faltante		X		X		X
d	Alternativa doble				X		X
e	Simple	X				X	
f	Ráfaga					X	
g1	Periódica 87-3					X	X
g2	Periódica 87-3 con Add					X	X
g3	Periódica 87-3 con Cancel					X	X
h1	Periódica	X				X	
h2	Periódica con Add	X				X	
h3	Periódica con Cancel	X				X	
i	Transitoria de fase					X	
j1	Periódica 26-1	X					
j2	Periódica 26-1 con Add	X					
j3	Periódica 26-1 con Cancel	X					

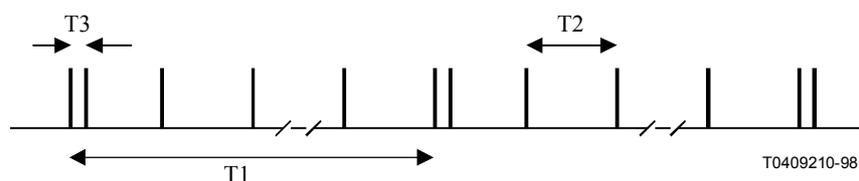
NOTA – Las secuencias de prueba de puntero para 6312 kbit/s, TU-2 quedan en estudio.

Los intervalos de tiempo entre los PJE dentro de una secuencia de prueba dependen de la secuencia particular y de la velocidad binaria del afluente SDH sometido a prueba. En UIT-T G.783 [5] se proporcionan detalles más precisos acerca de las secuencias de puntero aplicable a una velocidad binaria de afluente particular. En el cuadro 2 se especifican los intervalos de tiempo que deberán proveerse entre los PJE para velocidades binarias de afluente SDH particulares, y en la figura 2 se ilustran estos intervalos de una manera genérica. Los intervalos de tiempo T1 y T2 pueden ajustarse a valores mayores que el valor mínimo mostrado en el cuadro 2.

**Cuadro 2/O.172 – Intervalos de tiempo entre eventos de justificación de puntero G.783**

Intervalo de tiempo	Velocidad binaria (kbit/s) de afluente SDH					
	1544	2048	6312	34 368	44 736	139 264
T1 (mínimo)	30 s	10 s	(Nota)	10 s	30 s	10 s
T2 (mínimo)	1 s	750 ms	(Nota)	(Nota)	34 ms	(Nota)
T3	2 ms	2 ms	(Nota)	(Nota)	0,5 ms	(Nota)

NOTA – En UIT-T G.783 [5] este valor queda en estudio.



**Figura 2/O.172 – Secuencia genérica del puntero G.783, que ilustra los intervalos de tiempo del cuadro 1**

### 8.5 Requisitos mínimos de la generación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase

La característica amplitud/frecuencia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de la función de generación deberá cumplir los requisitos mínimos de la figura 3 y del cuadro 3 para señales de línea SDH, o del cuadro 3a para señales afluentes SDH.

**Cuadro 3/O.172 – Valor mínimo de la amplitud de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase generada ajustable en función de su frecuencia para señales de línea SDH**

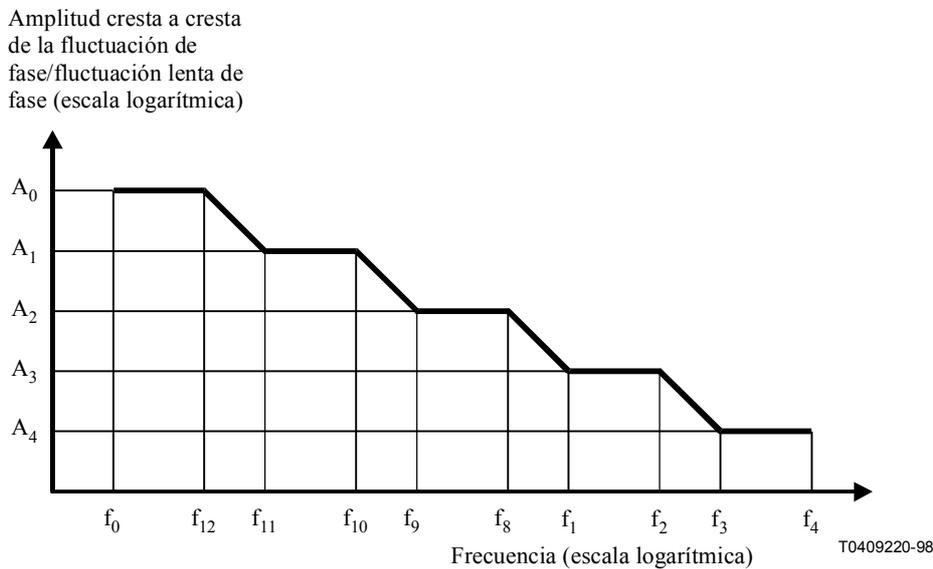
Señal	Amplitud mínima cresta a cresta de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase (UIpp)					Frecuencias (Hz) de detección de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase									
	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	f <sub>0</sub>	f <sub>12</sub>	f <sub>11</sub>	f <sub>10</sub>	f <sub>9</sub>	f <sub>8</sub>	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>
STM-0e, STM-0	*	*	20	2	0,2	*	*	*	*	10	30	300	2 k	20 k	400 k
STM-1e, STM-1	3 600	400	50	2	0,2	12 μ	178 μ	1,6 m	15,6 m	125 m	19,3	500	6,5 k	65 k	1,3 M
STM-4	14 400	1 600	200	2	0,2	12 μ	178 μ	1,6 m	15,6 m	125 m	9,65	1 k	25 k	250 k	5 M
STM-16	57 600	6 400	800	2	0,2	12 μ	178 μ	1,6 m	15,6 m	125 m	12,1	5 k	100 k	1 M	20 M
STM-64	230 400	25 600	3 200	2	0,2	12 μ	178 μ	1,6 m	15,6 m	125 m	12,1	20 k	400 k	4 M	80 M
STM-256	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS

NOTA 1 – Los valores señalados con "\*" no están definidos.  
 NOTA 2 – Los valores están basados en los requisitos del cuadro 2/G.825 [12] y de la figura 2/G.825 [12].  
 NOTA 3 – Los valores para STM-0 se basan en los requisitos de ANSI T1.105.03 [20].  
 NOTA 4 – FFS indica que el valor queda en estudio.

**Cuadro 3a/O.172 – Valor mínimo de la amplitud de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase generada ajustable en función de su frecuencia para afluentes de SDH**

Señal (kbit/s)	Amplitud mínima cresta a cresta de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase (UIpp)					Frecuencias (Hz) de detección de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase									
	A0	A1	A2	A3	A4	f0	f12	f11	f10	f9	f8	f1	f2	f3	f4
1544	40	*	20	10	0,5	12 μ	50 m	*	*	100 m	5	10	400	8 k	40 k
2048	50	*	30	10	0,5	12 μ	12 m	*	*	20 m	3,3	10	900	18 k	100 k
6312	150	*	50	10	0,5	12 μ	3 m	*	*	10 m	0,4	2	1600	32 k	60 k
34 368	200	*	50	10	0,5	10 m	50 m	*	*	200 m	20	100	1000	20 k	800 k
44 736	1000	*	100	10	0,5	12 μ	11 m	*	*	110 m	2,19	21,9	5000	100 k	400 k
139 264	800	*	200	10	0,5	10 m	33 m	*	*	130 m	5	100	500	10 k	3500 k

NOTA 1 – Los valores señalados con "\*" no están definidos.  
 NOTA 2 – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta UIT-T G.823 [10] y UIT-TG.824 [11].



**Figura 3/O.172 – Amplitud de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase generada en función de su frecuencia**

### 8.6 Precisión de la generación

La fuente de las señales de prueba ha de ser compatible con la función de medición de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase, de manera que la precisión global de la medición no se deteriore substancialmente. La precisión de la generación puede aumentarse midiendo la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase aplicada a la unidad sometida a prueba mediante el correspondiente dispositivo de medida de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase.

La precisión de generación de la función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase depende de varios factores como el error intrínseco fijo, la resolución fijada, la distorsión y el error de la respuesta de frecuencia. Existe además un error que es función del valor fijado real.

### 8.6.1 Error de amplitud de fase

El error de amplitud de la generación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase sinusoidal deberá ser inferior a:

$$\pm Q \% \text{ del valor fijado } \pm 0,02 \text{ UIpp}$$

donde Q es un error variable especificado en el cuadro 4 para señales de línea SDH y en el cuadro 4a para señales afluentes SDH. Las frecuencias  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_4$  y  $f_9$  utilizadas en los cuadros 4 y 4a están definidas en los cuadros 3 y 3a.

NOTA – Esta especificación excluye cualquier componente intrínseco de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de banda ancha.

### 8.6.2 Error de la pendiente de la fase

El error de la pendiente de la fase, cresta a cresta, de banda limitada, en UI/s deberá ser inferior a:

$$\frac{(\pm 2,5 \cdot Q\% \text{ del valor fijado } \pm 0,05 \text{ UIpp}) \cdot 2\pi f_m}{\sqrt{1 + (f_m / f_{3dB})^2}}$$

para los valores comprendidos en la gama

$$10 \text{ Hz} \leq f_m \leq 2 \cdot f_3$$

donde  $f_m$  es la frecuencia de modulación,  $f_{3dB} = 2 \cdot f_3 \pm 10\%$  es la anchura de banda del filtro de paso bajo,  $f_3$  está definido en el cuadro 3 para señales de línea SDH y en el cuadro 3a para señales afluentes SDH, y Q es un error variable indicado en el cuadro 4 para señales de línea SDH y en el cuadro 4a para señales afluentes SDH. Las frecuencias  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_4$  y  $f_9$  utilizadas en los cuadros 4 y 4a están definidas en los cuadros 3 y 3a.

Véase la definición de error de la pendiente de la fase, cresta a cresta, de banda limitada, en el anexo B.

NOTA – Esta especificación comprende armónicos de modulación (dentro de la anchura de banda de filtro de paso bajo) debidos a la distorsión, y excluye cualquier componente intrínseco de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de banda ancha.

**Cuadro 4/O.172 – Error variable (Q) de la generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de línea SDH**

Señal	Error, Q	Gama de frecuencias
STM-0e, STM-0	FFS	$f_9 - f_1$
	$\pm 8\%$	$f_1 - f_4$
STM-1e, STM-1	FFS	$f_0 - f_1$
	$\pm 8\%$	$f_1 - 500 \text{ kHz}$
	$\pm 12\%$	$500 \text{ kHz} - f_4$
STM-4, STM-16, STM-64	FFS	$f_0 - f_1$
	$\pm 8\%$	$f_1 - 500 \text{ kHz}$
	$\pm 12\%$	$500 \text{ kHz} - 2 \text{ MHz}$
	$\pm 15\%$	$2 \text{ MHz} - f_4$
STM-256	FFS	FFS
NOTA 1 – FFS indica que el valor queda en estudio.		

**Cuadro 4a/O.172 – Error variable (Q) de la generación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase tributaria de SDH**

Velocidad binaria (kbit/s)	Error, Q	Gama de frecuencias
1544, 2048, 6312, 44 736	±8%	$f_1 - f_4$
34 368	±8%	$f_1 - 500 \text{ kHz}$
	±12%	$500 \text{ kHz} - f_4$
139 264	±8%	$f_1 - 500 \text{ kHz}$
	±12%	$500 \text{ kHz} - 2 \text{ MHz}$
	±15%	$2 \text{ MHz} - f_4$

### 8.6.3 Fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase intrínseca de la función de generación

La fluctuación de fase intrínseca de la función de generación de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase medida en una anchura de banda  $f_1 - f_4$ , definida en el cuadro 7, con la amplitud puesta a cero deberá ser menor que:

- 0,04 UIpp para una señal de salida que tenga la estructura definida en el anexo A; o
- 0,02 UIpp para una señal de reloj.

La especificación de la fluctuación lenta de fase intrínseca máxima admisible queda en estudio.

## 9 Función de medición de la fluctuación de fase

### 9.1 Señal de temporización de referencia

Se precisa una señal de temporización de referencia para el detector de fase. Para las mediciones de extremo a extremo de la fluctuación de fase, esta señal se puede derivar de la función de medición de la fluctuación de fase a partir de la secuencia de prueba digital. Para las mediciones en bucle se puede derivar de un fuente de reloj adecuada.

### 9.2 Capacidades de medición

#### 9.2.1 Gama de medición

La función de medición de la fluctuación de fase deberá poder medir la fluctuación de fase cresta a cresta. Las gamas de medición que deben preverse son facultativas, pero por razones de compatibilidad, la característica de la amplitud de la fluctuación de fase con su frecuencia en la función de medición de la fluctuación de fase deberá cumplir los requisitos mínimos especificados en la figura 4 y el cuadro 5 para señales de línea SDH o en el cuadro 5a para señales afluentes SDH. Las frecuencias  $f_6$  a  $f_4$  definen la gama de frecuencias de la fluctuación de fase que se ha de medir; la capacidad de medir en la gama de frecuencias por debajo de  $f_1$  es opcional.

NOTA – La operación de la función de medición de la fluctuación de fase en toda una gama de frecuencias continua de  $f_6$  a  $f_4$  es facultativa.

**Cuadro 5/O.172 – Valor mínimo de la amplitud de la fluctuación de fase en función de su frecuencia**

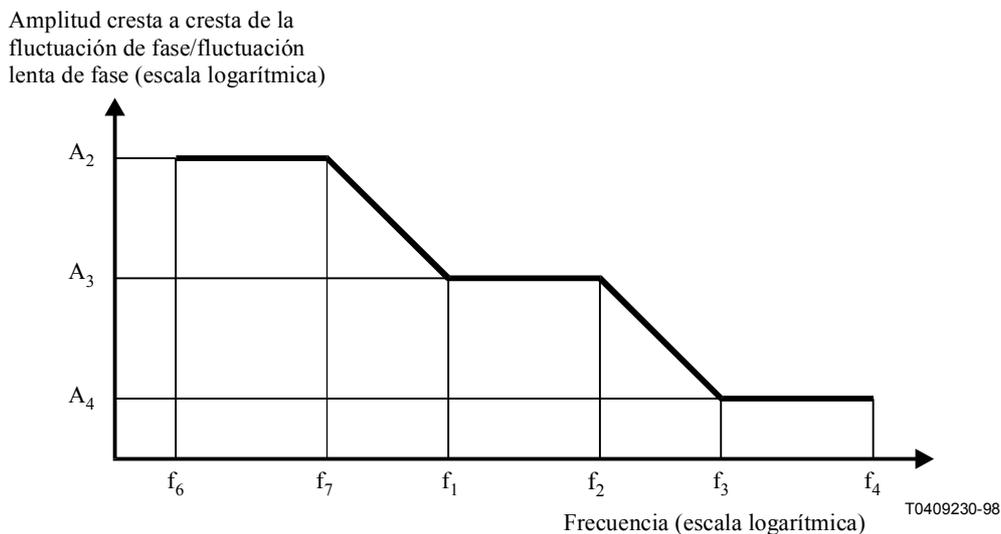
Señal	Amplitud mínima cresta a cresta de la fluctuación de fase (UIpp)			Frecuencias (Hz) de detección de la fluctuación de fase					
	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	f <sub>6</sub>	f <sub>7</sub>	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>
STM-0e, STM-0	20	2	0,2	10	30	300	2 k	20 k	400 k
STM-1e	50	2	0,1	10	19,3	500	3,25 k	65 k	1,3 M
STM-1	50	2	0,2	10	19,3	500	6,5 k	65 k	1,3 M
STM-4	200	2	0,2	*	10	1 k	25 k	250 k	5 M
STM-16	800	2	0,2	10	12,1	5 k	100 k	1 M	20 M
STM-64	3200	2	0,2	10	12,1	20 k	400 k	4 M	80 M
STM-256	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS

NOTA 1 – Los valores señalados con "\*" no están definidos. Los señalados con FFS están en estudio.  
 NOTA 2 – La precisión del instrumento se especifica entre las frecuencias f<sub>1</sub> y f<sub>4</sub>.  
 NOTA 3 – Los valores para STM-0 se basan en los requisitos de ANSI T1.105.03 [20].

**Cuadro 5a/O.171 – Valor mínimo de la amplitud medida de la fluctuación de fase en función de su frecuencia**

Señal (kbit/s)	Amplitud mínima cresta a cresta de la fluctuación de fase (UIpp)			Frecuencias (Hz) de detección de la fluctuación de fase					
	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	f <sub>6</sub>	f <sub>7</sub>	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>
1544	*	10	0,5	*	*	10	400	8 k	40 k
2048	*	10	0,5	*	*	20	900	18 k	100 k
6312	*	10	0,5	*	*	10	1600	32 k	60 k
34 368	*	10	0,5	*	*	100	1000	20 k	800 k
44 736	*	10	0,5	*	*	10	5000	100 k	400 k
139 264	*	10	0,5	*	*	200	500	10 k	3500 k

NOTA 1 – Los valores señalados con "\*" no están definidos.  
 NOTA 2 – La precisión del instrumento se especifica entre las frecuencias f<sub>1</sub> y f<sub>4</sub>.



**Figura 4/O.172 – Amplitud medida de la fluctuación de fase generada en función de su frecuencia**

### 9.2.2 Umbral seleccionable

Al medir la fluctuación de fase cresta a cresta, deberá ser posible determinar el número de veces y el periodo de tiempo durante el cual se rebasa un determinado valor umbral de fluctuación de fase seleccionable. Deberán registrarse estos sucesos mediante un contador externo o un contador interno facultativamente.

Se podrá dar al umbral cualquier valor seleccionado dentro de la gama de medida de la función de medición de la fluctuación de fase.

### 9.2.3 Medición del valor eficaz (RMS) de la fluctuación de fase

La medición del valor cuadrático medio (RMS, *root-mean-square*) de la fluctuación de fase puede realizarse internamente en el instrumento, o externamente utilizando la salida analógica mencionada en 9.5.1.

### 9.2.4 Tolerancia de fase a la entrada para señales afluentes SDH

El aparato de prueba deberá tolerar una variación de fase sinusoidal de entrada a velocidades binarias afluentes particulares, de conformidad con las siguientes especificaciones de frecuencia/amplitud del cuadro 6. Estos valores de frecuencia/amplitud representan las secuencias pertinentes de prueba del puntero definidas en UIT-T G.783 [5].

**Cuadro 6/O.172 – Tolerancia de fase a la entrada del aparato de pruebas cuando se mide la fluctuación de fase tributaria SDH**

Velocidad binaria (kbit/s)	Variación de fase a la entrada	
	Amplitud (UIpp)	Frecuencia (Hz)
1544	17	3,0
2048	30	0,5
6312	FFS	FFS
34 368	22	5,0
44 736	60	1,5
139 264	75	1,5

NOTA – FFS significa que el valor queda en estudio.

En este contexto, tolerar significa que el aparato de pruebas realizará las mediciones con la precisión especificada en la presente Recomendación, considerando que la variación de fase a la entrada puede haberse atenuado por los filtros de medición aplicados.

### 9.3 Anchura de banda de las mediciones

La anchura de banda de la medición deberá limitarse para que se midan los espectros de fluctuación de fase especificados en las Recomendaciones pertinentes, y para otros usos. Las anchuras de banda  $f_1 - f_4$  o  $f_3 - f_4$  de la función de medición de la fluctuación de fase deberá estar conforme con el cuadro 7 para señales de línea SDH y el cuadro 7a para señales afluentes SDH.

**Cuadro 7/O.172 – Anchura de banda de la función de medición de la fluctuación de fase de señales de línea SDH**

Señal	Anchura de banda de la función de medición de la fluctuación de fase (frecuencias de corte a -3 dB)		
	$f_1$ (Hz) paso alto	$f_3$ (Hz) paso alto	$f_4$ (Hz) paso bajo
STM-0e, STM-0	100	20 k	400 k
STM-1e, STM-1	500	65 k	1,3 M
STM-4	1 k	250 k	5 M
STM-16	5 k	1 M	20 M
STM-64	20 k	4 M	80 M
STM-256	80 k	16 M	320 M

NOTA 1 – Los valores para STM-0 se basan en los requisitos de ANSI T1.105.03 [20].  
 NOTA 2 – Los valores para STM-256 se considerarán provisionales, ya que aún no se han definido los requisitos de red en UIT-T G.825 [12].

**Cuadro 7a/O.172 – Anchura de banda de la función de medición de la fluctuación de fase de señales tributarias SDH**

Velocidad binaria (kbit/s)	Anchura de banda de la medición de la fluctuación de fase (frecuencias de corte a –3 dB)		
	f <sub>1</sub> (Hz) paso alto	f <sub>3</sub> (Hz) paso alto	f <sub>4</sub> (Hz) paso bajo
1544	10	8 k	40 k
2048	20	18 k (0,7 k)	100 k
6312	10	3 k	60 k
34 368	100	10 k	800 k
44 736	10	30 k	400 k
139 264	200	10 k	3,5 M

NOTA – Se especifican dos valores para f<sub>3</sub> a 2048 kbit/s. El valor que figura entre paréntesis sólo se aplica a mediciones en ciertas interfaces nacionales.

### 9.3.1 Respuesta en frecuencia de la función de medición de la fluctuación de fase para señales de línea SDH

La respuesta de todos los filtros dentro de la banda de paso deberá ser tal que se cumplan los requisitos de precisión de la función de medición de la fluctuación de fase (véase 9.4).

Para todas las velocidades binarias de línea SDH, se aplican los siguientes requisitos a la función de medición de la fluctuación de fase cuando se utilizan filtros de medición en frecuencias f<sub>1</sub>, f<sub>3</sub> y f<sub>4</sub>:

- Los filtros de medición paso alto con frecuencias de corte f<sub>1</sub> y f<sub>3</sub> tienen una característica de primer orden y un régimen de caída de 20 dB/década.
- Las frecuencias de corte nominales f<sub>1</sub> y f<sub>3</sub> para cada velocidad binaria se especifican en el cuadro 7, y el punto nominal de –3 dB de los filtros de medición deberá encontrarse en las frecuencias f<sub>1</sub> ±10% y f<sub>3</sub> ±10%, respectivamente.
- El filtro de medición paso bajo con frecuencia de corte f<sub>4</sub> tiene una característica de Butterworth extremadamente plana y un régimen de caída de –60 dB/década.
- La frecuencia de corte nominal f<sub>4</sub> para cada velocidad binaria se especifica en el cuadro 7, y el punto de –3 dB del filtro de medición se encontrará en la frecuencia f<sub>4</sub> ±10%.
- La atenuación máxima de los filtros de medición será al menos de 60 dB.

Estos requisitos funcionales de la medición de la fluctuación de fase son compatibles con UIT-T G.825 [12].

### 9.3.2 Respuesta en frecuencia de la función de medición de la fluctuación de fase para señales afluentes SDH

La respuesta de todos los filtros dentro de la banda de paso deberá ser tal que se cumplan los requisitos de precisión de la función de medición de la fluctuación de fase (véase 9.4).

Para todas las velocidades binarias afluentes SDH, se aplican los siguientes requisitos a la función de medición de la fluctuación de fase cuando se utilizan los filtros de medición en las frecuencias f<sub>1</sub>, f<sub>3</sub> y f<sub>4</sub>:

- Los filtros de medición paso alto con frecuencias de corte f<sub>1</sub> o f<sub>3</sub> tienen una característica de primer orden y un régimen de caída de 20 dB/década.

- b) Las frecuencias de corte nominales  $f_1$  y  $f_3$  para cada una de las velocidades binarias se especifican en el cuadro 7a, y el punto nominal de  $-3$  dB de los filtros de medición se encontrará en las frecuencias  $f_1 \pm 10\%$  y  $f_3 \pm 10\%$  respectivamente.
- c) El filtro de medición de paso bajo con frecuencia de corte  $f_4$  tiene una característica de Butterworth extremadamente plana y un régimen de caída de por lo menos 60 dB/década para velocidades binarias de 2048, 34 368 y 139 264 kbit/s y de  $-20$  dB/década para velocidades binarias de 1544, 6312 y 44 736 kbit/s.
- d) La frecuencia de corte nominal  $f_4$  para cada velocidad binaria se especifica en el cuadro 7a y el punto nominal de  $-3$  dB del filtro de medición se encontrará en la frecuencia  $f_4 \pm 10\%$ .
- e) La atenuación máxima de los filtros de medición será al menos de 60 dB.
- f) Además, cuando la función de filtro de paso alto se encuentra en  $f_1$ , se aplican los requisitos siguientes. El error variable de los filtros de medición por debajo de  $f_1$  serán los definidos en el cuadro 10a para la frecuencia  $f_1$ . Se admite un segundo polo de filtro a una frecuencia inferior a 0,1 Hz cuando el régimen de caída puede aumentar a 40 dB/década.

Estos requisitos funcionales de la medición de la fluctuación de fase son compatibles con UIT-T G.783 [5], UIT-T G.823 [10] y UIT-T G.824 [11].

En el apéndice IV se ilustra el modo en que se pueden combinar, dentro de una respuesta en frecuencia de la medición de la fluctuación de fase total, estos requisitos de los filtros y las especificaciones de las secciones que siguen.

## 9.4 Precisión de las mediciones

### 9.4.1 Precisión de los resultados de las mediciones

La precisión de la medición de la función de medición de la fluctuación de fase es dependiente de varios factores tales como el error intrínseco fijo, la respuesta en frecuencia y los errores dependientes de la secuencia de pruebas digital que introducen los circuitos internos de temporización de referencia. Existe, además, un error de lectura del resultado de la medida.

La precisión de la medición de la fluctuación de fase no deberá verse afectada por el desplazamiento de frecuencia de la señal de entrada que se encuentra dentro de los límites definidos en UIT-T G.703 [2], UIT-T G.813 [9] y UIT-T G.958 [14] para las distintas velocidades binarias.

La precisión de la medición se especifica mediante una señal de entrada que tiene la estructura definida en el anexo A, si se trata de señales de línea SDH, o en 8.3.2, si se trata de secuencias pseudoaleatorias para señales afluentes SDH, y con una u otra de las características físicas siguiente:

- a) una señal eléctrica conforme con UIT-T G.703 [2] con el nivel de señal terminada nominal y sin atenuación adicional dependiente de la frecuencia; o
- b) una señal óptica conforme con UIT-T G.957 [13] o UIT-T G.691 [1], y con un valor nominal de potencia en la gama de  $-10$  dBm a  $-12$  dBm.

El error de medición total deberá ser menor que:

$$\pm R\% \text{ de la lectura } \pm W$$

donde R es el error variable que se especifica en el cuadro 10 o en el cuadro 10a y W es el error fijo del cuadro 8 o del cuadro 9, que incluye toda contribución procedente de la función de extracción de temporización interna.

### 9.4.2 Error fijo de las mediciones de la fluctuación de fase de línea SDH

Para las velocidades binarias STM-N y para las señales digitales indicadas, el error fijo de la función de medición de la fluctuación de fase deberá ser el que se especifica en el cuadro 8 dentro de las gamas de frecuencias  $f_1 - f_4$  y  $f_3 - f_4$  indicadas. Las frecuencias  $f_1$ ,  $f_3$  y  $f_4$  utilizadas en el cuadro 8 se definen en el cuadro 7.

**Cuadro 8/O.172 – Error fijo (W) de las mediciones de la fluctuación de fase de línea SDH**

Señal	Error de fluctuación de fase cresta a cresta máximo (UIpp) para señales digitales dadas			
	Señal estructurada		Señal de reloj	
	$f_1 - f_4$	$f_3 - f_4$	$f_1 - f_4$	$f_3 - f_4$
STM-0e	FFS	FFS	FFS	FFS
STM-0	0,07	0,05	0,05	0,03
STM-1e	0,07	0,025	0,05	0,02
STM-1	0,07	0,05	0,05	0,03
STM-4	0,1	0,05	0,05	0,03
STM-16	0,1	0,05	0,05	0,03
STM-64	0,15	0,05	0,05	0,03
STM-256	FFS	FFS	FFS	FFS

NOTA 1 – FFS significa que el valor queda en estudio.  
 NOTA 2 – Las señales digitales estructuradas se definen en el anexo A.  
 NOTA 3 – Las interfaces de reloj son opcionales.

### 9.4.3 Error fijo de las mediciones de fluctuación de fase de señales afluentes SDH

Para las velocidades binarias afluentes y para las señales digitales indicadas, el error fijo de la función de medición de la fluctuación de fase deberá ser el especificado en el cuadro 9 dentro de las gamas de frecuencias  $f_1 - f_4$  y  $f_3 - f_4$  indicadas. Las frecuencias  $f_1$ ,  $f_3$  y  $f_4$  empleadas en el cuadro 9 se definen en el cuadro 7a.

**Cuadro 9/O.172 – Error fijo (W) de las mediciones de fluctuación de fase de señales afluentes SDH**

Velocidad binaria (kbit/s)	Error de fluctuación de fase cresta a cresta máximo (UIpp) para señales digitales dadas			
	Señal pseudoaleatoria		Señal de reloj	
	$f_1 - f_4$	$f_3 - f_4$	$f_1 - f_4$	$f_3 - f_4$
1544	0,04	0,025	0,015	0,01
2048	0,04	0,025	0,015	0,01
6312	0,04	0,025	0,015	0,01
34 368	0,04	0,025	0,03	0,02
44 736	0,04	0,025	0,03	0,02
139 264	0,04	0,025	0,03	0,02

NOTA 1 – Las señales digitales pseudoaleatorias se definen en 8.3.2.  
 NOTA 2 – Las interfaces de reloj son opcionales.

#### 9.4.4 Error variable de las mediciones de la fluctuación de fase de señales afluentes SDH

En las frecuencias de fluctuación de fase situadas entre  $f_1$  y  $f_4$ , el error variable R adicional al especificado en 9.3.1, deberá ser el especificado en el cuadro 10 para señales de línea SDH y en el cuadro 10a para señales afluentes SDH. Las frecuencias  $f_1$  y  $f_4$  utilizadas en el cuadro 10 se definen en el cuadro 7. Las frecuencias  $f_1$  y  $f_4$  utilizadas en el cuadro 10a se definen en el cuadro 7a.

**Cuadro 10/O.172 – Error variable (R) de las mediciones de la fluctuación de fase de línea SDH**

Señal	Error, R	Gama de frecuencias
STM-0e, STM-0	FFS	$f_1 - f_4$
STM-1e, STM-1	$\pm 7\%$	$f_1 - 300$ kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz – 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz – $f_4$
STM-4	$\pm 7\%$	$f_1 - 300$ kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz – 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz – 3 MHz
	$\pm 15\%$	3 MHz – $f_4$
STM-16, STM-64	$\pm 7\%$	$f_1 - 300$ kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz – 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz – 3 MHz
	$\pm 15\%$	3 MHz – 10 MHz
	$\pm 20\%$	10 MHz – $f_4$
STM-256	FFS	FFS
NOTA – FFS significa que el valor queda en estudio.		

**Cuadro 10a/O.172 – Error variable (R) de las mediciones de la fluctuación de fase de señal afluente SDH**

Velocidad binaria (kbit/s)	Error, R	Gama de frecuencias
1544	$\pm 9\%$	$f_1 - 1$ kHz
	$\pm 7\%$	1 kHz – $f_4$
2048	$\pm 7\%$	$f_1 - f_4$
6312	$\pm 9\%$	$f_1 - 1$ kHz
	$\pm 7\%$	1 kHz – $f_4$
34 368	$\pm 7\%$	$f_1 - 300$ kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz – $f_4$
44 763	$\pm 9\%$	$f_1 - 200$ Hz
	$\pm 7\%$	200 Hz – 300 kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz – $f_4$
139 264	$\pm 7\%$	$f_1 - 300$ kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz – 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz – 3 MHz
	$\pm 15\%$	3 MHz – $f_4$

#### **9.4.5 Error dependiente de la señal de pruebas digital**

Los requisitos de precisión indicados en las subcláusulas anteriores deberán satisfacerse cuando en las medidas de fluctuación de fase se utilizan las señales de prueba digitales definidas en el anexo A. Si se emplean otras señales estructuradas, señales pseudoaleatorias o señales aleatorias, cabe esperar valores mayores en los errores de las medidas. Considerando las anchuras de banda especificadas anteriormente, las señales con un mayor contenido de "ceros" o de "unos" (es decir, menos transiciones de señales) pueden incluso violar el teorema de muestreo, lo cual, por razones teóricas, hace imposible que se satisfagan los requisitos de precisión.

### **9.5 Facilidades adicionales**

#### **9.5.1 Salida analógica**

La función de medición de la fluctuación de fase puede proporcionar una señal de salida analógica para posibilitar la realización de las mediciones externamente a la función de medición de la fluctuación de fase, por ejemplo, mediante el uso de un osciloscopio o medidor de valor eficaz (RMS).

### **10 Función de medición de la fluctuación lenta de fase**

En el apéndice II se recoge información concerniente a las configuraciones de prueba para la medición de la fluctuación lenta de fase.

#### **10.1 Señal de temporización de referencia**

Para la realización de la comprobación de la fluctuación lenta de fase deberá ser posible efectuar el enganche de fase de la función de medición a una fuente de señales de reloj de referencia externa de precisión arbitraria; véase también 7.3.

#### **10.2 Medición del TIE (error en el intervalo de tiempo)**

El aparato deberá ser capaz de medir el error en el intervalo de tiempo (TIE, *time interval error*) tal como se define en UIT-T G.810 [6]. El TIE es la función básica por medio de la cual se pueden calcular muchos parámetros de estabilidad diferentes [tales como el máximo error en el intervalo de tiempo (MTIE, *maximum time interval error*) y la desviación de tiempo (TDEV, *time deviation*)].

TIE puede interpretarse como la diferencia de tiempo entre la señal que se mide y el reloj de referencia. Se mide generalmente en nanosegundos, y se pone a cero en el arranque del periodo de medición. Por consiguiente, el TIE proporciona el cambio de temporización desde el momento en que se inició la medición.

##### **10.2.1 Intervalo de muestreo**

Para calcular y estimar los distintos parámetros de la fluctuación lenta de fase especificados en las siguientes subcláusulas, se trata el TIE como un parámetro muestreado, puesto que no se puede conseguir en la práctica un conocimiento continuo del error de intervalo de tiempo (véase UIT-T G.810 [6]).

El tiempo máximo de muestreo,  $\tau_0$ , del TIE será:

$$1/30 \text{ s}$$

de conformidad con UIT-T G.813 [9] y UIT-T G.812 [8].

### 10.2.2 Anchura de banda de medición

La fluctuación lenta de fase deberá medirse a través de un filtro de medición paso bajo, de primer orden, equivalente a 10 Hz, de conformidad con UIT-T G.813 [9] y UIT-T G.812 [8], y con las siguientes características:

- a) El filtro de medición paso bajo tiene una característica de orden único y un régimen de caída de  $-20$  dB/década. El punto de  $-3$  dB del filtro de medición deberá encontrarse en una frecuencia de  $10 \text{ Hz} \pm 10\%$ .
- b) La amplitud del rizado de la banda de paso en la gama de 1 a 10 Hz será inferior a  $\pm 0,2$  dB (con relación a la ganancia a 0,1 Hz), y la atenuación máxima del filtro de medición será como mínimo de 30 dB.

### 10.2.3 Gama de medición

La gama dinámica de la medición del TIE deberá ser como mínimo de:

$$\pm 1 \times 10^9 \text{ ns}$$

(correspondiente, por ejemplo, al desplazamiento de frecuencia de  $\pm 4,6$  ppm para 200 000 segundos o a lo largo de 55 horas).

### 10.2.4 Precisión del resultado de la medición

La precisión de la medición de la función de medición de la fluctuación lenta de fase depende de varios factores tales como la magnitud de la lectura, el error intrínseco fijo, la respuesta en frecuencia y el intervalo de muestreo del TIE.

Para cada medición del TIE en un intervalo de observación  $\tau$ , el error de medición TIE deberá ser inferior a:

$$\pm 5\% \text{ del valor de TIE medido } \pm Z_0(\tau)$$

donde  $Z_0(\tau)$  se basa en los requisitos de medición de UIT-T G.811 [7] y se especifica en el cuadro 11.

**Cuadro 11/O.172 – Error fijo ( $Z_0$ ) de la medición del TIE**

$Z_0(\tau)$ (ns)	Intervalo de observación, $\tau$ (s)
$2,5 + 0,0275 \tau$	$0,05 \leq \tau \leq 1000$
$29 + 0,001 \tau$	$\tau > 1000$
NOTA – Existe un término adicional de error dependiente de la frecuencia por encima de 1 Hz debido a la respuesta del filtro de medición (véase 10.2.2).	

### 10.3 Medición del TIE (error en el intervalo de tiempo) transitorio

El instrumento de medición puede medir el error en el intervalo de tiempo (TIE) transitorio, que se define como el TIE medido a través de un filtro de medición de paso bajo de primer orden de 100 Hz equivalente según como se describe en UIT-T G.783 [5] y UIT-T G.813 [9].

El TIE transitorio se puede utilizar para medir los ajustes de puntero especificados en UIT-T G.783 [5] o los transitorios de fase de reloj especificados en UIT-T G.812 [8] y UIT-T G.813 [9].

### 10.3.1 Intervalo de muestreo

El tiempo máximo de muestreo  $\tau_0$  del TIE transitorio será:

$$1/1000 \text{ s}$$

conforme a UIT-T G.783 [5] y UIT-T G.812 [8].

### 10.3.2 Anchura de banda de medición

El TIE transitorio se medirá a través de un filtro de medición de paso bajo de primer orden de 100 Hz equivalente.

- El filtro de medición de paso bajo tiene una característica de orden único y un régimen de caída de  $-20$  dB/década. El punto de  $-3$  dB del filtro de medición deberá encontrarse en una frecuencia de  $100 \text{ Hz} \pm 10\%$ .
- La amplitud del rizado de la banda de paso en la gama de  $10$  a  $100 \text{ Hz}$  será inferior a  $\pm 0,2$  dB (con relación a la ganancia a  $1 \text{ Hz}$ ) y la atenuación máxima del filtro de medición será como mínimo de  $30 \text{ dB}$ .

### 10.3.3 Gama de medición

La gama dinámica de la medición del TIE transitorio deberá ser como mínimo de:

$$\pm 1 \times 10^6 \text{ ns}$$

### 10.3.4 Precisión del resultado de la medición

La precisión de la función de medición del TIE transitorio depende de varios factores como la magnitud de la lectura, el error intrínseco fijo, la respuesta en frecuencia y el intervalo de muestreo.

Para cada medición del TIE transitorio en un intervalo de observación  $\tau$ , el error de medición total deberá ser inferior a:

$$\pm 5\% \text{ del valor del TIE transitorio medido } \pm Z_9(\tau)$$

donde  $Z_9(\tau)$  se basa en los requisitos de medición de UIT-T G.811 [7] y está especificado en el cuadro 12.

**Cuadro 12/O.172 – Error fijo  $Z_9$  de la medición del TIE transitorio**

$Z_9(\tau)$ (ns)	Intervalo de observación, $\tau$ (s)
$2,5 + 0,0275 \tau$	$0,001 \leq \tau \leq 100$
NOTA – Existe un término adicional de error dependiente de la frecuencia por encima de $10 \text{ Hz}$ debido a la respuesta del filtro de medición (véase 10.3.2).	

## 10.4 Medición del MTIE (máximo error en el intervalo de tiempo)

Puede proporcionarse la capacidad de medición del máximo error en el intervalo de tiempo (MTIE) tal como se define en UIT-T G.810 [6].

El MTIE es una medida de la fluctuación lenta de fase que caracteriza a los desplazamientos de frecuencia y a los transitorios de fase. Es función de un parámetro  $\tau$  denominado intervalo de observación. Puede decirse que  $\text{MTIE}(\tau)$  es el TIE cresta a cresta más grande en cualquier intervalo de observación de longitud  $\tau$ .

#### 10.4.1 Gamas de medición y de intervalos de observación

A fin de soportar las especificaciones de MTIE de las distintas Recomendaciones UIT-T, deberá ser posible medir el MTIE en una gama de intervalos de observación, como mínimo:

de 0,05 s a 100 000 s para el TIE según se describe en 10.2;

de 0,001 s a 100 s para el TIE transitorio según se describe en 10.3.

La gama máxima de los resultados del MTIE calculados deberá ser por lo menos de:

50 000 ns

(que corresponde a 10 veces la especificación máxima definida en UIT-T G.813 [9], por ejemplo).

NOTA – El periodo mínimo de medición T para MTIE( $\tau$ ) es el intervalo de observación (es decir,  $T = \tau$ ).

#### 10.4.2 Precisión del algoritmo de cálculo

A veces, el algoritmo de cálculo del MTIE puede separarse funcionalmente de la medición del TIE, en cuyo caso se aplicarán al algoritmo autónomo los siguientes requisitos de precisión.

Cuando se aplica al cálculo del MTIE un algoritmo dotado de un conjunto de datos de medición de TIE determinado, el error de sus resultados deberá encontrarse dentro de un cierto valor con respecto a los valores calculados con arreglo a las fórmulas del estimador estándar que se dan en II.5/G.810 [6].

El error total de cálculo del MTIE deberá ser menor que:

$\pm 2\%$  del valor de MTIE  $\pm Z_1(\tau)$

donde  $Z_1(\tau)$  es el especificado en el cuadro 13 y  $\tau$  es el intervalo de observación.

**Cuadro 13/O.172 – Error fijo ( $Z_1$ ) del algoritmo de cálculo de MTIE**

$Z_1(\tau)$ (ns)	Intervalo de observación, $\tau$ (s)
$0,5 + 0,0055 \tau$	$0,001 \leq \tau \leq 1000$
$5,8 + 0,0002 \tau$	$\tau > 1000$

NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta UIT-T G.811 [7].

Para verificar la precisión de un algoritmo de cálculo de MTIE autónomo, puede utilizarse la fuente de ruido de TIE que se describe en el apéndice V.

#### 10.4.3 Precisión del resultado de la medición

El error total de la medición (es decir, incluidos el error de la medición del TIE y el error del algoritmo de cálculo de MTIE) deberá ser menor que:

$\pm 7\%$  del valor de MTIE  $\pm Z_3(\tau)$

donde  $Z_3(\tau)$  es el especificado en el cuadro 14 y  $\tau$  el intervalo de observación.

**Cuadro 14/O.172 – Error fijo ( $Z_3$ ) del resultado de la medición del MTIE**

$Z_3(\tau)$ (ns)	Intervalo de observación, $\tau$ (s)
$3 + 0,033 \tau$	$0,001 \leq \tau \leq 1000$
$35 + 0,0012 \tau$	$\tau > 1000$

NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta UIT-T G.811 [7].

## 10.5 Medición de la TDEV (desviación de tiempo)

Puede facilitarse la capacidad de medición de la desviación de tiempo (TDEV) definida en UIT-T G.810 [6].

TDEV es una medida de la fluctuación lenta de fase que caracteriza su contenido espectral. Es una función de un parámetro  $\tau$  denominado intervalo de observación. TDEV( $\tau$ ) se puede definir como el valor eficaz (RMS) del TIE filtrado, donde un filtro paso banda está centrado en una frecuencia de  $0,42/\tau$ .

### 10.5.1 Gamas de medición y de los intervalos de observación

A fin de soportar las especificaciones de TDEV de las distintas Recomendaciones UIT-T, deberá ser posible medir la TDEV en una gama de intervalos de observación, de:

0,05 s a 10 000 s

La gama máxima de los resultados calculados de la TDEV deberá ser por lo menos de:

10 000 ns

(que corresponde a 10 veces la especificación máxima definida en UIT-T G.813 [9], por ejemplo).

NOTA – El periodo máximo de medición, T, para TDEV( $\tau$ ) es doce veces el intervalo de observación (es decir,  $T = 12\tau$ ), de conformidad con UIT-T G.813 [9], UIT-T G.812 [8] y UIT-T G.811 [7].

### 10.5.2 Precisión del algoritmo de cálculo

A veces, el algoritmo de cálculo de la TDEV puede separarse funcionalmente de la medición del TIE, en cuyo caso se aplicarán al algoritmo autónomo los siguientes requisitos de precisión.

Cuando se aplica al cálculo de la TDEV un algoritmo dotado de un conjunto de datos de medición de TIE determinado, el error de sus resultados deberá encontrarse dentro de un cierto valor con respecto a los valores calculados con arreglo a la fórmula del estimador estándar que se da en II.3/G.810 [6].

El error total de cálculo de la TDEV deberá ser menor que:

$\pm 2\%$  del valor de TDEV  $\pm Z_2(\tau)$

donde  $Z_2(\tau)$  es el especificado en el cuadro 15 y  $\tau$  el intervalo de observación.

**Cuadro 15/O.172 – Error fijo ( $Z_2$ ) del algoritmo de cálculo de TDEV**

$Z_2(\tau)$ (ns)	Intervalo de observación, $\tau$ (s)
0,06	$0,05 \leq \tau \leq 100$
$0,0006 \tau$	$100 < \tau \leq 1000$
0,6	$1000 < \tau \leq 10000$

NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta UIT-T G.811 [7].

Para verificar la precisión de un algoritmo de cálculo de TDEV autónomo, puede utilizarse la fuente de ruido de TIE que se describe en el apéndice V.

### 10.5.3 Precisión del resultado de la medición

El error total de la medición (es decir, incluidos el error de la medición del TIE y el error del algoritmo de cálculo de TDEV) deberá ser menor que:

$\pm 7\%$  del valor de TDEV  $\pm Z_4(\tau)$

donde  $Z_4(\tau)$  es el especificado en el cuadro 16 y  $\tau$  el intervalo de observación.

**Cuadro 16/O.172 – Error fijo ( $Z_4$ ) del resultado de la medición de TDEV**

$Z_4(\tau)$ (ns)	Intervalo de observación, $\tau$ (s)
0,36	$0,05 \leq \tau \leq 100$
$0,0036 \tau$	$100 < \tau \leq 1000$
3,6	$1000 < \tau \leq 10\ 000$
NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta UIT-T G.811 [7].	

## 10.6 Medición del desplazamiento de frecuencia

Se puede proporcionar la capacidad para medir el desplazamiento de frecuencia, según se define a continuación.

El desplazamiento de frecuencia es la primera derivada de fase con respecto al tiempo. La función de transferencia del proceso de derivación aumenta proporcionalmente a la frecuencia con la que varía el desplazamiento de frecuencia. Por consiguiente, se debe limitar la anchura de banda de medición. La anchura de banda de medición es controlada por el periodo de tiempo para el cual se calcula el desplazamiento de frecuencia a partir de un conjunto de valores  $x_i$  del TIE.

El desplazamiento de frecuencia fraccional (en ns/s) medido durante un periodo  $T$  está definido por:

$$y(n\tau_0) = \frac{6}{N\tau_0} \sum_{i=1}^N x_{n+i} \left[ \frac{2i}{N^2 - 1} - \frac{1}{N - 1} \right]$$

donde:

$\tau_0$  es el intervalo de muestreo en segundos,

$N$  es el número de muestras de fase en el periodo de medición,

$T = N\tau_0$  es el periodo de medición en segundos,

$t = n\tau_0$  es el tiempo al comienzo del periodo de medición,

$x_i$  son las muestras de fase en ns.

NOTA – Esta medición atenúa los componentes del desplazamiento de frecuencia que varían a frecuencias mayores de  $0,55/T$ . El usuario debe escoger el valor de  $T = N\tau_0$  de manera que se atenúe el ruido y pasen las frecuencias que interesan.

### 10.6.1 Gama de medición

En apoyo de las especificaciones de medición del desplazamiento de frecuencia de diversas Recomendaciones UIT-T, deberá poderse medir el desplazamiento de frecuencia en una gama de periodos de medición de por lo menos:

$$0,05 \text{ s} \leq T \leq 10\ 000 \text{ s.}$$

La gama máxima de los resultados del desplazamiento de frecuencia obtenidos será de por lo menos:

$$75\ 000 \text{ ns/s}$$

(lo que corresponde a 10 veces la especificación máxima de UIT-T G.813 [9]).

### 10.6.2 Precisión del algoritmo de cálculo

A veces, el algoritmo de cálculo del desplazamiento de frecuencia se puede separar funcionalmente de la medición del TIE. En ese caso, se aplican al algoritmo autónomo los siguientes requisitos de precisión.

Un algoritmo utilizado para calcular el desplazamiento de frecuencia al que se proporciona un determinado conjunto de datos de mediciones del TIE, dará resultados con un cierto error, respecto de los valores calculados con la fórmula estándar que figura en 10.6.

El error total de cálculo del desplazamiento de frecuencia deberá ser inferior a:

$$\pm 2\% \text{ del valor del desplazamiento de frecuencia } \pm Z_5(T)$$

donde  $Z_5(T)$  se indica en el cuadro 17 y T es el periodo de medición.

**Cuadro 17/O.172 – Error fijo ( $Z_5$ ) del algoritmo de cálculo del desplazamiento de frecuencia**

$Z_5(T)$ (ns/s)	Periodo de medición, T (s)
0,0055	$0,05 \leq T \leq 1000$
0,0002	$T > 1000$
NOTA – Estos requisitos han fijado teniendo en cuenta UIT-T G.811 [7].	

### 10.6.3 Precisión del resultado de la medición

El error total de medición (es decir, incluido el error de una medición de TIE y el error del algoritmo de cálculo del desplazamiento de frecuencia) deberá ser inferior a:

$$\pm 7\% \text{ del valor del desplazamiento de frecuencia } \pm Z_6(T)$$

donde  $Z_6(T)$  se especifica en el cuadro 18 y T es el periodo de medición.

**Cuadro 18/O.172 – Error fijo ( $Z_6$ ) del resultado de la medición del desplazamiento de frecuencia**

$Z_6(T)$ (ns/s)	Periodo de medición, T (s)
0,033	$0,05 \leq T \leq 1000$
0,0012	$T > 1000$
NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta UIT-T G.811 [7].	

### 10.7 Velocidad de deriva de frecuencia

Se puede proporcionar la capacidad para medir el desplazamiento de frecuencia, según se define a continuación.

La velocidad de deriva de frecuencia es la segunda derivada de la fase con respecto al tiempo. La función de transferencia del proceso de obtención de la segunda derivada aumenta proporcionalmente al cuadrado de la frecuencia con la que varía la velocidad de deriva de frecuencia. Por consiguiente, se debe limitar la anchura de banda de medición. La anchura de banda de medición se controla por el periodo de tiempo durante el cual se calcula la velocidad de deriva de frecuencia a partir de un conjunto de valores  $x_i$  del TIE.

La velocidad de deriva de frecuencia (en ns/s<sup>2</sup>) medida en un periodo  $T$  está definida por:

$$D(n\tau_0) = \frac{60}{N\tau_0^2} \sum_{i=1}^N x_{n+i} \left[ \frac{6i^2}{N^4 - 5N^2 + 4} - \frac{6i}{N^3 - N^2 - 4N + 4} + \frac{1}{N^2 - 3N + 2} \right]$$

donde:

$\tau_0$  es el intervalo de muestreo en segundos,

$N$  es el número de muestras de fase en el periodo de medición,

$T = N\tau_0$  es el periodo de medición en segundos,

$t = n\tau_0$  es el tiempo en que comienza el periodo de medición,

$x_i$  son las muestras de fase en ns.

NOTA – Esta medición atenúa los componentes de la velocidad de deriva de frecuencia que varían a frecuencias mayores que  $0,8/T$ . El usuario debe escoger el valor de  $T = N\tau_0$  de manera que se atenúe el ruido y pasen las frecuencias que interesan.

### 10.7.1 Gama de medición

A fin de soportar las especificaciones de medición de la velocidad de deriva de frecuencia de diversas Recomendaciones UIT-T, la velocidad de deriva de frecuencia deberá poderse medir en una gama de periodos de medición de por lo menos:

$$0,05 \text{ s} \leq T \leq 10\,000 \text{ s}.$$

La gama máxima de los resultados de la velocidad de deriva de frecuencia calculados será de por lo menos:

$$0,06 \text{ ns/s}^2$$

(lo que corresponde a 10 veces la especificación máxima de UIT-T G.813 [9]).

### 10.7.2 Precisión del algoritmo de cálculo

A veces, el algoritmo de cálculo de la velocidad de deriva de frecuencia se puede separar funcionalmente de la medición del TIE. En ese caso, se aplican al algoritmo autónomo los siguientes requisitos de precisión.

Un algoritmo utilizado para calcular la velocidad de deriva de frecuencia a la que se proporciona un determinado conjunto de datos de medición del TIE, dará resultados con un cierto error, de los valores calculados con la fórmula estándar presentada en 10.7.

El error total del cálculo de la velocidad de deriva de frecuencia deberá ser inferior a:

$$\pm 2\% \text{ del valor de la velocidad de deriva de frecuencia } \pm Z_7(T)$$

donde  $Z_7(T)$  se indica en el cuadro 19 y  $T$  es el periodo de medición.

**Cuadro 19/O.172 – Error fijo ( $Z_7$ ) del algoritmo de cálculo de la velocidad de deriva de frecuencia**

$Z_7(T)$ (ns/s <sup>2</sup> )	Periodo de medición, T (s)
$0,5 \cdot T^{-2}$	$0,05 < T < 2500$
$8 \cdot 10^{-8}$	$T > 2500$
NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta UIT-T G.812 [8].	

### 10.7.3 Precisión del resultado de la medición

El error total de medición (es decir, incluido el error de una medición de TIE y el error introducido por el algoritmo de cálculo de la velocidad de deriva de frecuencia) deberá ser inferior a:

$$\pm 7\% \text{ del valor de la velocidad de deriva de frecuencia } \pm Z_8(T)$$

donde  $Z_8(T)$  se especifica en el cuadro 20 y  $T$  es el periodo de medición.

**Cuadro 20/O.172 – Error fijo ( $Z_8$ ) del resultado de la medición de la velocidad de deriva de frecuencia**

$Z_8(T)$ (ns/s <sup>2</sup> )	Periodo de medición, $T$ (s)
$T^{-2}$	$0,05 < T < 2500$
$1,6 \cdot 10^{-7}$	$T > 2500$
NOTA – Estos requisitos se han fijado teniendo en cuenta UIT-T G.812 [8].	

## 11 Función de generación de ruido de fluctuación lenta de fase de la TDEV

Puede proporcionarse la capacidad de generar ruido de fluctuación lenta de fase TDEV para las mediciones de la tolerancia a fluctuación lenta de fase y las mediciones de transferencia de la fluctuación lenta de fase, conforme a la descripción en UIT-T G.812 [8] y UIT-T G.813 [9]. Para lograr que las mediciones sean suficientemente precisas, representativas y coherentes, se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- El generador de ruido TDEV deberá producir una señal de prueba dentro de  $\pm 20\%$  de la plantilla de tolerancia de ruido aplicable a la entrada de TDEV.
- La asimetría  $S$  y la curtosis  $K$  del ruido de fluctuación lenta de fase de la TDEV generado deben satisfacer las expresiones:

$$-0,2 \leq S(\tau, T) \leq 0,2$$

y

$$2,5 \leq K(\tau, T) \leq 3,5$$

para  $\tau \leq 10\,000$  segundos y  $T \geq 12\tau$ , donde  $\tau$  es el periodo de integración y  $T$  es el periodo de medición. Esos parámetros se definen en el anexo C.

- La señal de prueba deberá ser determinística y repetible, lo que significa que la señal es capaz de comenzar en el mismo punto de la función de tiempo de la señal.

En el apéndice II.2/G.812 [8] se presenta un ejemplo de un algoritmo de implementación adecuado para generar una señal de ruido de fluctuación lenta de fase de TDEV.

El apéndice II.1/G.812 [8] contiene información adicional sobre la aplicación de la señal de ruido de fluctuación lenta de fase de TDEV.

NOTA – La señal puede superar los límites correspondientes de la plantilla de tolerancia del MTIE. Puesto que para una interfaz de entrada se deben cumplir los dos requisitos de TDEV y MTIE, los límites de la TDEV pueden ser más restrictivos y, por consiguiente, puede tolerarse que se superen los valores del MTIE. El margen máximo por el que podrán excederse los límites del MTIE quedan en estudio.

## 12 Ambiente de funcionamiento

Se deberán cumplir los requisitos de calidad de funcionamiento cuando los aparatos de medida funcionen en las condiciones climáticas especificadas en 2.1/O.3 [15].

## ANEXO A

### Señales de prueba estructuradas para la medición de la fluctuación de fase

#### A.1 Introducción

Es importante definir las señales de prueba que han de utilizarse al probar la fluctuación de fase. Resulta de especial importancia cuando se prueban sistemas ópticos SDH, puesto que el sistema de aleatorización no limita la longitud de las pasadas de ceros/unos que pueden existir en la señal de línea, es decir el periodo de tiempo máximo sin ninguna transición de datos en la señal aleatorizada. UIT-T G.707 [3] contiene información adicional sobre la estructura de la señal SDH y la aleatorización de la cabida útil.

Por ejemplo, si el tráfico en una señal STM-N emula el esquema de aleatorización, aparecerán muchos octetos de todos ceros/unos en la señal de línea codificada. Puesto que los casos extremos se darán raras veces, y como resultará muy difícil que un aparato de medida de la fluctuación de fase continúe realizando mediciones precisas en estas condiciones, es importante que se defina una señal representativa del caso más desfavorable a los efectos de especificación del aparato de pruebas.

##### A.1.1 Condiciones de prueba de cabida útil

Las cabidas útiles concatenadas proporcionan el escenario del caso más desfavorable para las señales de prueba STM-N. Para señales concatenadas de relleno masivo con una PRBS de  $2^{23} - 1$  que rellena el contenedor, el resultado de aleatorizar estos datos es una ejecución del caso más desfavorable de 30 ceros/unos idénticos consecutivos (es decir, se tratará de 30 periodos de reloj sin transiciones en la señal de línea). Para las cabidas útiles no concatenadas generadas por aparatos de prueba SDH, intercalación de octetos de los contenedores VC-4 reduce la longitud máxima de las pasadas producidas.

##### A.1.2 Condiciones de octetos de tara SDH

Al seleccionar el contenido binario de los octetos J0 y Z0 y de los octetos reservados para uso nacional que están excluidos del proceso de aleatorización de la señal STM-N ha de prestarse atención para que no se produzcan largas secuencias de "1" ó "0".

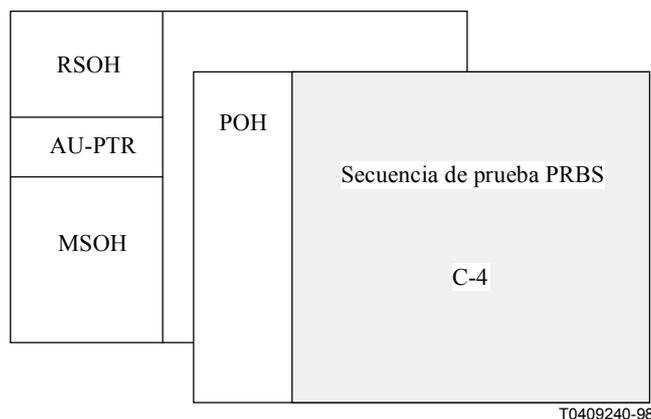
El contenido de estos octetos de tara se fijará al esquema "10101010" ( $AA_H$ ).

#### A.2 Estructura de las señales de prueba para STM-N

##### A.2.1 Señal STM-1

La estructura de la señal de prueba STM-1 que se ilustra en la figura A.1, se compone de una secuencia de prueba PRBS de una longitud de  $2^{23} - 1$  bits de conformidad con UIT-T O.150 [16], que se aplica a todos los octetos del contenedor C-4.

NOTA – Esto es equivalente a la estructura 1 de señal de prueba (TSS1, *test signal structure 1*) definida en el anexo C/O.181 [18].



**Figura A.1/O.172 – Estructura de la señal de prueba para la comprobación de la fluctuación de fase de la interfaz STM-1**

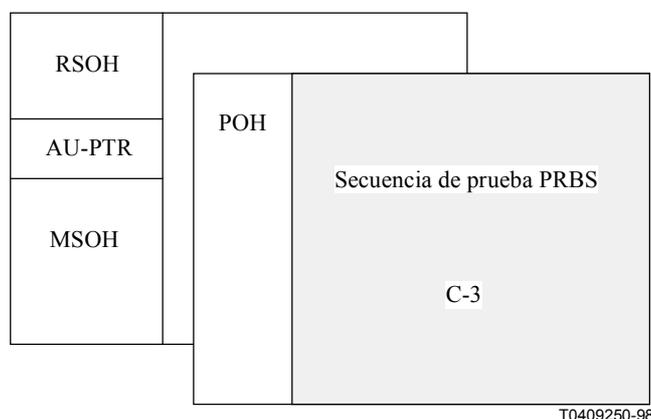
### A.2.2 Señal STM-N ( $N \geq 4$ )

Deberá utilizarse la señal de prueba TSS1 descrita en A.2.1.

Los (N-1) contenedores de cabida útil C-4 que no contienen la señal de prueba deberán contener un esquema de octetos todos "0" o todos "1", o pueden contener un VC-4 no equipado, definido en UIT-T G.783 [5].

### A.2.3 Señal STM-0

La estructura de la señal de prueba STM-0 que se ilustra en la figura A.2 consiste en una secuencia de prueba PRBS de  $2^{23} - 1$  bits de longitud conforme con UIT-T O.150 [16], que se aplica a todos los octetos del contenedor C-3.

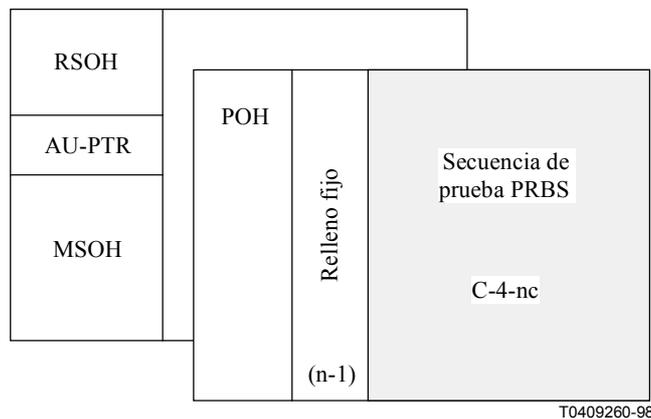


**Figura A.2/O.172 – Estructura de la señal de prueba para la comprobación de la fluctuación de fase de la interfaz STM-0**

## A.3 Estructura de la señal de prueba para señales STM-N concatenadas

### A.3.1 Señal STM-N ( $N \geq 4$ )

La estructura de la señal de prueba STM-N que se ilustra en la figura A.3 consiste en una secuencia de prueba PRBS de  $2^{23} - 1$  bits de longitud conforme con UIT-T O.150 [16], que se aplica a todos los octetos del contenedor concatenado C-4-nc.



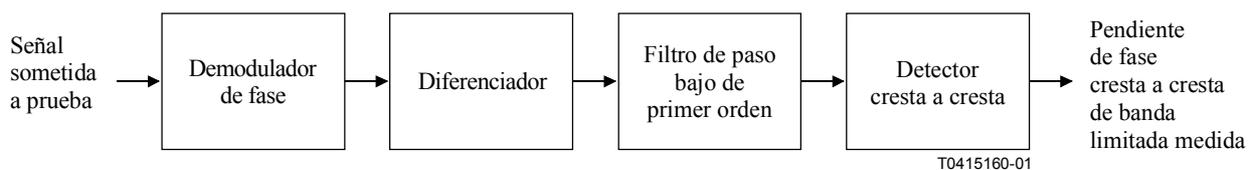
**Figura A.3/O.172 – Estructura de la señal de prueba para la comprobación de la fluctuación de fase de la interfaz STM-N concatenada**

## ANEXO B

### Definición de error de pendiente de fase cresta a crestade banda limitada

Cuando se utiliza una modulación de fase sinusoidal para aplicar un esfuerzo al bucle de enganche de fase (PLL, *phase-locked loop*), el esfuerzo es proporcional a la fase cresta a cresta cuando la frecuencia de modulación es mayor que la anchura de banda del PLL, y es proporcional a la pendiente de fase cresta a cresta cuando la frecuencia de modulación es menor que la anchura de banda. La distorsión de la modulación sinusoidal generada puede producir un error adicional en la pendiente de fase. En la cláusula 8.6.2 se especifican los límites del error de pendiente de fase.

La pendiente de fase se mide mediante un procedimiento funcionalmente equivalente al que se ilustra en la figura B.1. El diferenciador halla la pendiente de la fase y el filtro de paso bajo es de primer orden con una frecuencia de corte de  $f_{3dB}$ , siendo  $f_{3dB} = 2 \cdot f_3 \pm 10\%$ , y  $f_3$  se define en el cuadro 3 para señales de línea SDH y en el cuadro 3a para señales afluentes SDH.



**Figura B.1/O.172 – Función de medición de la pendiente de fase**

Si la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase generada fuese una senoide perfecta con una amplitud de fase cresta a cresta (en UIpp) exactamente igual al "valor fijado" y una frecuencia de modulación de  $f_m$ , la pendiente de fase cresta a cresta medida a través de un filtro de paso bajo de primer orden sería:

$$\text{pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada ideal} = \frac{(\text{valor fijado}) \cdot 2\pi f_m}{\sqrt{1 + (f_m / f_{3dB})^2}}$$

Como en general el valor real de la amplitud de fase no es igual al valor fijado de la amplitud de fase, la frecuencia de modulación real no es igual a  $f_m$  y la modulación no tiene la forma de una senoide perfecta, la pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada medida no será igual a la pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada ideal antes indicada. La diferencia entre la pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada medida y la pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada ideal se define como el error de pendiente de fase cresta a cresta de banda limitada.

## ANEXO C

### Especificación de distribución para la generación de ruido de fluctuación lenta de fase de TDEV

Sea  $x_i$  una secuencia en forma de ruido (muestreada a intervalos  $\tau_0$ ). Sea  $y_i$  una secuencia integrada, definida como una función de un intervalo de integración  $\tau = n \cdot \tau_0$ , como sigue:

$$y_i(\tau) = \sum_{j=1}^n x_{i+j}$$

El  $r$ -ésimo momento central de  $y_i(\tau)$  para un periodo de medición  $T = N \cdot \tau_0$  se define como:

$$m_r(\tau, T) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i(\tau) - \mu]^r$$

donde la media es:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i(\tau)$$

La asimetría  $S$  y la curtosis  $K$ , como funciones del intervalo de integración  $\tau$  y del periodo de medición  $T$  se definen por las siguientes expresiones:

$$S(\tau, T) = \frac{m_3(\tau, T)}{m_2^{1.5}(\tau, T)}, \quad K(\tau, T) = \frac{m_4(\tau, T)}{m_2^2(\tau, T)}$$

Una secuencia  $x_i$  cumple los requisitos para la generación de ruido de fluctuación lenta de fase de TDEV si

$$-0,2 \leq S(\tau, T) \leq 0,2$$

y

$$2,5 \leq K(\tau, T) \leq 3,5$$

para  $\tau \leq 10\,000$  segundos y  $T \geq 12\tau$ . Obsérvese que para una distribución gaussiana  $S = 0$  y  $K = 3$ .

## APÉNDICE I

### Directrices relativas a la medición de la fluctuación de fase en sistemas SDH

El apéndice I/O.171 [17], "Directrices relativas a la medida de la fluctuación de fase", si bien se refiere a los sistemas PDH, puede también consultarse en lo que se refiere a las directrices sobre los principios generales de medición de la fluctuación de fase en los sistemas SDH.

## APÉNDICE II

### Directrices relativas a la medición de la fluctuación lenta de fase en sistemas SDH

#### II.1 Mediciones de la fluctuación lenta de fase

##### II.1.1 Consideraciones generales sobre las configuraciones de medición de la fluctuación lenta de fase

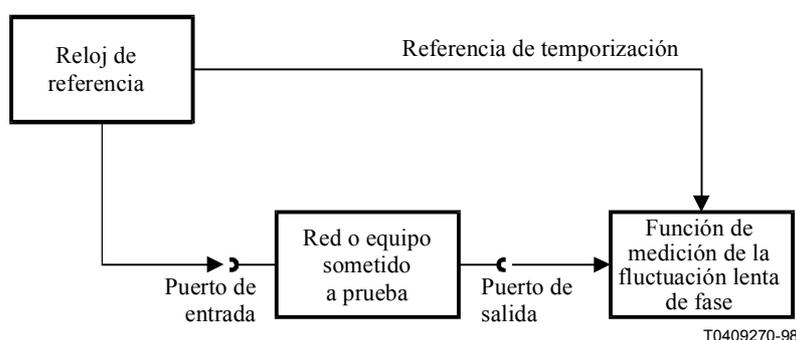
Debido a la baja frecuencia de las variaciones de fase que van a evaluarse (véase la definición en la cláusula 3), la fluctuación lenta de fase es una magnitud que exige una configuración de prueba especial. Cuando se llevan a cabo mediciones de la fluctuación de fase, la señal de temporización de referencia necesaria normalmente se produce localmente, utilizando un bucle de enganche de fase (PLL) en el aparato de prueba; se obtiene a partir del valor promedio de la fase de la señal que va a medirse. Para las medidas de fluctuación lenta de fase no puede disponerse de un bucle de enganche de fase de estas características.

Por consiguiente, las mediciones de fluctuación lenta de fase exigen siempre una señal de reloj de referencia externa con la estabilidad adecuada.

Las cláusulas II.1.2 y II.1.3 dan información sobre configuraciones de prueba para realizar mediciones de fluctuación lenta de fase, de acuerdo con UIT-T G.810 [6].

##### II.1.2 Mediciones de fluctuación lenta de fase sincronizadas

La figura II.1 muestra en forma general el diagrama de bloques funcional necesario para llevar a cabo mediciones de fluctuación lenta de fase sincronizadas.

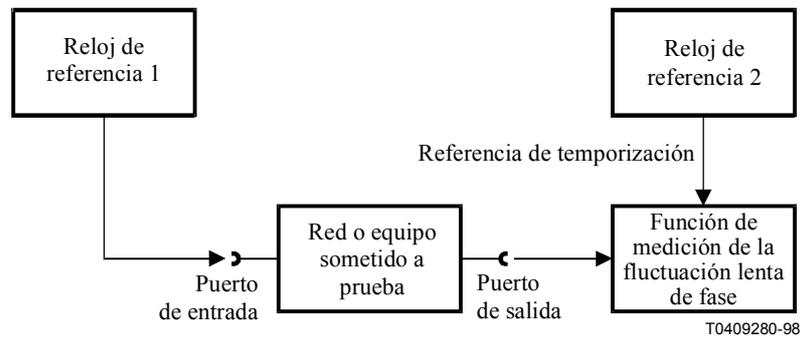


**Figura II.1/O.172 – Configuración para mediciones de fluctuación lenta de fase sincronizadas**

Esta configuración puede aplicarse si las señales de temporización necesarias para realizar la medición pueden obtenerse de un reloj de referencia común. Ello significa que de esta forma sólo pueden realizarse las mediciones en bucle (donde los puertos de entrada y salida de la unidad sometida a prueba son accesibles en el mismo punto). En esta disposición, el resultado de la medición no se ve afectado por las variaciones de fase del reloj de referencia. Por consiguiente, los requisitos relativos a la estabilidad del reloj de referencia no son muy estrictos y pueden ser satisfechos por instrumentos de prueba portátiles.

### II.1.3 Mediciones de fluctuación lenta de fase no sincronizadas

En la figura II.2 se representa el diagrama de bloques para las mediciones de fluctuación lenta de fase no sincronizadas.

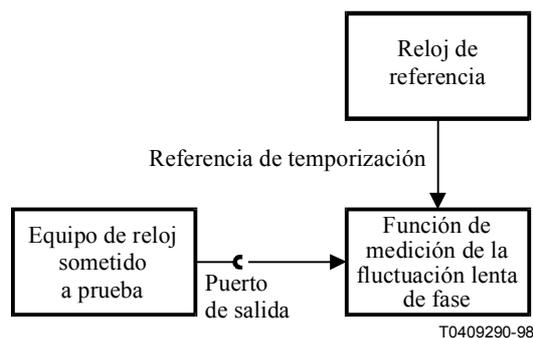


**Figura II.2/O.172 – Configuración para las mediciones de fluctuación lenta de fase no sincronizadas**

Esta configuración es aplicable a las mediciones de la fluctuación lenta de fase cuando los puertos de entrada y de salida de la red o el equipo sometido a prueba no se encuentran disponibles en el mismo punto (por ejemplo, mediciones de extremo a extremo). En este montaje, el resultado de una medición se ve afectado por cualquier deriva de frecuencia/fase de los dos relojes que intervienen en la medición. Ello significa que la estabilidad de los dos relojes debe ser mejor, al menos por un orden de magnitud, que la cantidad que va a medirse. Es posible que tales relojes de referencia no puedan ir incorporados en un instrumento de prueba portátil, en cuyo caso se requiere sincronización con una referencia externa.

### II.2 Mediciones de la estabilidad de la señal de reloj

Si va a medirse la estabilidad de una señal de reloj, el montaje de medición es similar al descrito en II.1.3. Se ilustra en la figura II.3.

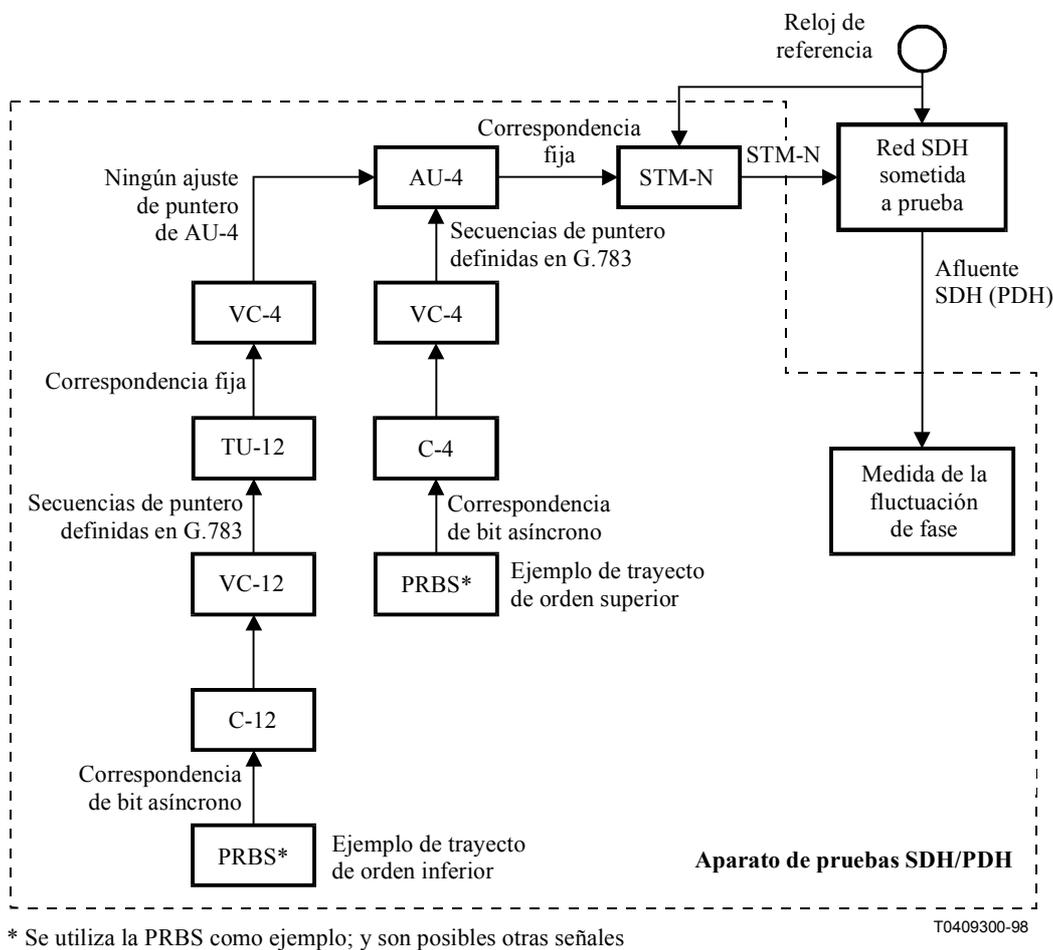


**Figura II.3/O.172 – Configuración de medición de la estabilidad de la señal de reloj**

También en esta configuración, el resultado de la medición se ve afectado por cualquier deriva de la frecuencia o fase de la señal de reloj de referencia utilizado en la medida. En este caso deben hacerse las mismas consideraciones que en II.1.3.

**Directrices relativas a la generación de las secuencias de prueba de puntero**

Mediante el siguiente texto y el diagrama de bloques funcionales de la figura III.1 se describen las líneas generales de un método de generación de secuencias de prueba de puntero definido en UIT-T G.783 [5] y descrito en 8.4.1. La figura no describe una implementación concreta.



**Figura III.1/O.172 – Diagrama de bloques funcionales de la generación de secuencias de prueba de puntero**

Para generar una secuencia de prueba de puntero de UIT-T G.783 [5], en lo que respecta a las capacidades del aparato de pruebas, la configuración de la prueba y el usuario del aparato de pruebas hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Se deben sincronizar el elemento de red y el aparato de pruebas SDH/PDH a partir del mismo reloj de referencia, con objeto de eliminar los eventos de justificación de puntero no controlados que afectarían a los resultados.
- En la medición la fluctuación de fase combinada de los punteros y la correspondencia, debe ser posible establecer la frecuencia de la secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS, *pseudo random binary sequence*) PDH dentro de las gamas de desviación PDH definidas en UIT-T G.703 [2].
- En la medición de la fluctuación de fase de la correspondencia solamente debe ser posible suprimir las acciones de justificación de puntero.

- d) Para generar la secuencia de relleno de bits para la correspondencia de bits asíncronos deben poderse generar las justificaciones de una sola polaridad a intervalos regulares. El proceso de correspondencia deberá ajustarse a 15.2.3.1/G.783 [5].
- e) La generación de eventos de justificación de puntero deberá ser independiente del proceso de correspondencia.
- f) Para crear secuencias de pruebas de puntero TU-m de orden inferior se debe fijar el puntero de AU-n de orden superior.
- g) Las "secuencias de puntero" y las funciones de "correspondencia de bits" conllevan desplazamientos de frecuencia entre los relojes que temporizan los diversos bloques funcionales.

## APÉNDICE IV

### Respuesta de la función de medición de la fluctuación de fase total

#### IV.1 Introducción

En la cláusula 9.3.2 se especifican los filtros para la medición de la fluctuación de fase de afluentes SDH. Estas especificaciones se formulan en términos de límites de los parámetros de filtro individuales tales como la frecuencia de corte a  $-3$  dB, la tolerancia de frecuencia, la ondulación de la banda de paso, etc.

Estos parámetros hacen suponer que existen algunos límites equivalentes en las respuestas en frecuencia totales de la función de medición de la fluctuación de fase. En este apéndice se ilustra el modo en que pueden combinarse los parámetros de filtro individuales dentro de una respuesta en frecuencia única cuyas características están acotadas por límites de la plantilla.

#### IV.2 Parámetros del filtro de medición

En el cuadro IV.1 se resumen los parámetros del filtro de medición y sus definiciones. Si en las descripciones siguientes de los límites de la plantilla no se especifica el valor de un parámetro concreto, deberá utilizarse el valor por defecto dado en el cuadro IV.1.

**Cuadro IV.1/O.172 – Resumen de los parámetros de la especificación del filtro de medición**

Parámetro del filtro de medición	Definición del parámetro
$n$	Orden del filtro ( $n = 1$ significa primer orden; $n = 3$ , tercer orden).
$f_x$	Frecuencia nominal de corte a $-3$ dB, o anchura de banda.
$a$	Tolerancia de la frecuencia de corte fraccional ( $\pm$ ). Valor por defecto: no se especifica.
$f_p$	Frecuencia del segundo polo del filtro. Valor por defecto: 0 para paso alto; $\infty$ para paso bajo.
$g$	Tolerancia de ganancia plana fraccional de 9.3.2 c).
$r$	Ondulación de la banda de paso ( $\pm$ ) en dB. Valor por defecto: 0.
$c$	Atenuación máxima mínima en dB. Valor por defecto: no se especifica.

### IV.3 Límites de la plantilla para la respuesta del filtro de medición paso alto

Los límites superior e inferior de la plantilla para la respuesta en frecuencia son los  $Upper(f)$  y  $Lower(f)$  se definen a continuación. Estas plantillas se aplican a la gama de frecuencias  $f < 10 f_x$ .

$$Upper(f) = \begin{cases} U(f)+r, & f > f_x \\ -c, & U(f) < -c \\ U(f), & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

donde:

$$U(f) = 20 \cdot \log \left[ \frac{(1+g)f^n}{\sqrt{f^{2n} + ((1-a)f_x)^{2n}}} \right] \quad [IV-1]$$

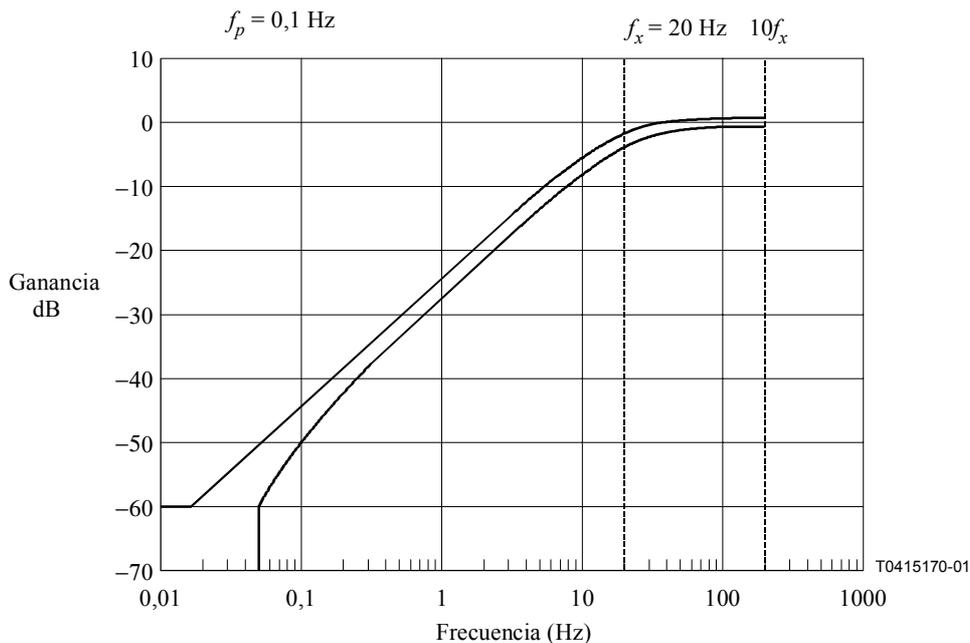
$$Lower(f) = \begin{cases} L(f)-r, & f > f_x \\ -\infty, & L(f) < -c \\ L(f), & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

donde:

$$L(f) = 20 \cdot \log \left[ \frac{(1-g)f^n}{\sqrt{f^{2n} + ((1+a)f_x)^{2n}}} \cdot \frac{f}{\sqrt{f^2 + f_p^2}} \right] \quad [IV-2]$$

#### IV.3.1 Filtro paso alto para la medición de la fluctuación de fase de afluentes SDH

A título de ejemplo, el filtro de medición de la fluctuación de fase de afluentes SDH especificado para 2048 kbit/s tiene los parámetros  $n = 1$ ,  $f_x = 20$  Hz,  $a = 0,1$ ,  $f_p = 0,1$  Hz,  $g = 0,07$ ,  $r = 0$  y  $c = 60$  dB. Los límites superior e inferior de la plantilla para la respuesta en frecuencia de la función de medición de la fluctuación de fase son entonces los que se ilustran en la figura IV.1.



**Figura IV.1/O.172 – Límites de la plantilla del filtro paso alto en 20 Hz para la medición de la fluctuación de fase a 2048 kbit/s**

En general, cuando la respuesta de la función de medición de la fluctuación de fase de un aparato de prueba se encuentra en la plantilla superior o en la inferior, el error de medición (cresta a cresta o valor eficaz) se encuentra en su valor máximo; otras respuestas de función de medición darán menos error. La superposición de  $g = -0,07$  con  $a = +0,10$  o de  $g = +0,07$  con  $a = -0,10$  conduce a una extensión de los puntos de cruce de los límites de la plantilla con el nivel  $-3\text{dB}$ . Por consiguiente, los límites de la plantilla para el nivel  $-3\text{dB}$  pueden superar los límites  $a = \pm 10\%$  especificados para la frecuencia nominal de corte de  $-3\text{dB}$ .

## APÉNDICE V

### Verificación de los algoritmos de cálculo de MTIE y de TDEV

#### V.1 Descripción funcional de la fuente de ruido de TIE

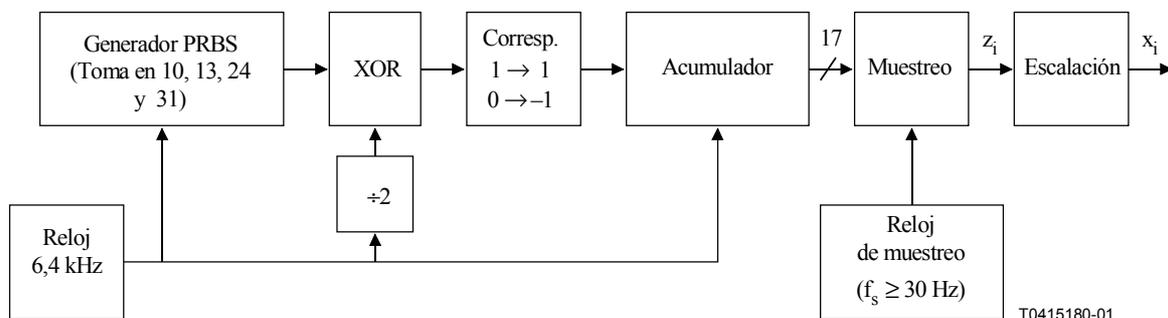
Para verificar la precisión de los algoritmos de cálculo de MTIE y TDEV autónomos (véanse 10.3.2 y 10.4.2) se puede utilizar una fuente de ruido TIE definida.

Las especificaciones de la precisión de los algoritmos de cálculo de MTIE y TDEV (véanse 10.3.2 y 10.4.2) se aplican a todas las posibles formas de onda de TIE a partir de las cuales se calculan el MTIE y la TDEV. Como no resulta práctico probar muchas formas de onda, para la evaluación se puede utilizar un simple generador de secuencia de TIE. Esta secuencia deberá tener una densidad espectral de potencia  $1/f^2$  y una función de distribución de probabilidad que sea aproximadamente gaussiana (que satisfaga los criterios del anexo C).

#### V.2 Primer ejemplo de generado de ruido de TIE

En la figura V.1 se representa un generador de ruido de TIE que satisface esos criterios. Se basa en un generador de secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS) con una longitud de 31 etapas. La salida del generador PRBS es una secuencia pseudoaleatoria de unos y ceros. La salida del generador de TIE es una serie de números  $x_i$  a una velocidad  $f_s$ , donde el algoritmo sometido a prueba proporciona a los números alguna ponderación en nanosegundos (ns), y  $f_s$  es la inversa del intervalo de muestreo previsto por el algoritmo (no inferior a 30 Hz).

Obsérvese que aunque la frecuencia del reloj del sistema es 6,4 kHz, los números  $x_i$  se generan a una velocidad inferior,  $f_s$ , mediante submuestreo. La secuencia de este generador de ruido de TIE se repite después de 671 000 segundos. Los números  $z_i$  antes de la escalación tienen una gama dinámica de 99 123 cresta a cresta. El factor de escalación en la figura V.1 se escoge de manera que equilibre la ponderación del LSB del algoritmo sometido a prueba, para que la gama dinámica de la salida  $x_i$  corresponda a 50 000 ns cresta a cresta.



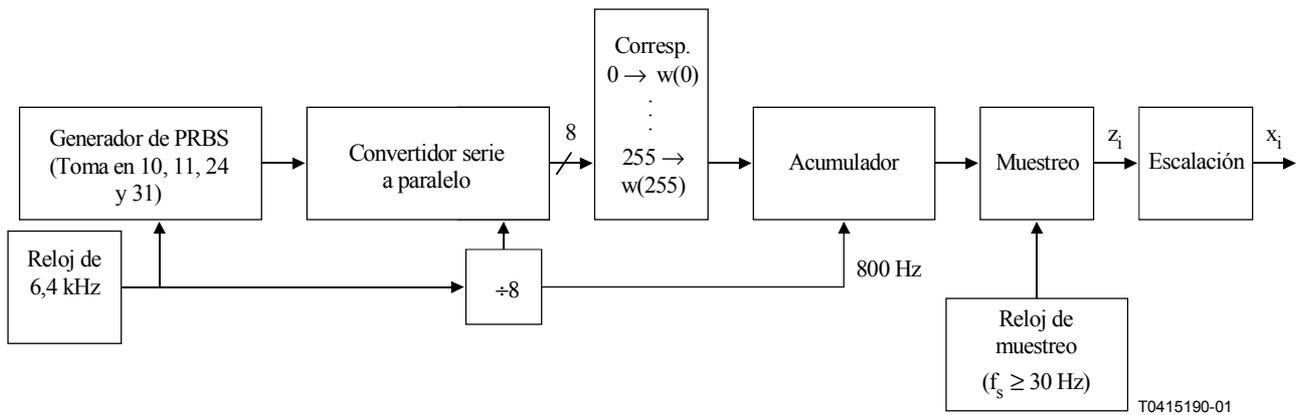
**Figura V.1/O.172 – Fuente de ruido TIE utilizada para verificar los algoritmos de cálculo de MTIE y TDEV**

### V.3 Segundo ejemplo de generador de ruido de TIE

En la figura V.2 se representa otro posible generador de TIE para probar los algoritmos de cálculo de MTIE y TDEV. Este ejemplo difiere del de la figura V.1, principalmente en la función de correspondencia, donde los  $w(n)$  son números de tipo "coma flotante", comprendidos entre  $-2,884$  y  $2,884$ , definidos por:

$$\frac{n+0,5}{256} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{w(n)} e^{-0,5t^2} dt$$

El esquema de salida  $x_i$  tiene un periodo de repetición de 335 500 segundos y la gama dinámica de  $z_i$  antes de la escalación es de 64 167 cresta a cresta. El factor de escalación en la figura V.2 se escoge de manera que se equilibre con la ponderación de LSB del algoritmo sometido a prueba, para que la gama dinámica de la salida  $x_i$  corresponda a 50 000 ns cresta a cresta.



**Figura V.2/O.172 – Otra posible fuente de ruido TIE utilizada para verificar los algoritmos de cálculo de MTIE y TDEV**

## 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	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, 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
<b>Serie O</b>	<b>Especificaciones de los aparatos de medida</b>
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