

UIT-T

G. 8262/Y.1362

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

(01/2015)

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

Aspectos relativos a los protocolos en modo paquete
sobre la capa de transporte – Objetivos de sincronización,
calidad y disponibilidad

SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA
INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO
INTERNET Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN

Aspectos del protocolo Internet – Transporte

**Características de temporización del reloj
subordinado de los equipos síncronos de
Ethernet**

Recomendación UIT-T G.8262/Y.1362

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

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN MULTIMEDIOS – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
Aspectos relativos al protocolo Ethernet sobre la capa de transporte	G.8000–G.8099
Aspectos relativos al protocolo MPLS sobre la capa de transporte	G.8100–G.8199
Objetivos de sincronización, calidad y disponibilidad	G.8200–G.8299
Gestión de servicios	G.8600–G.8699
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

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

Recomendación UIT-T G.8262/Y.1362

Características de temporización del reloj subordinado de los equipos síncronos de Ethernet

Resumen

La Recomendación UIT-T G.8113.1/Y.1372.1 describe los requisitos de los dispositivos de temporización utilizados en los equipos de red que utilizan Ethernet síncrona. En la presente Recomendación se definen los requisitos de los relojes, a saber, el ancho de banda, la exactitud de frecuencia, el régimen autónomo y la generación de ruido.

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T G.8262/Y.1362	2007-08-13	15	11.1002/1000/9190
1.1	ITU-T G.8262/Y.1362 (2007) Amd.1	2008-04-29	15	11.1002/1000/9417
1.2	ITU-T G.8262/Y.1362 (2007) Amd.2	2010-01-13	15	11.1002/1000/10432
2.0	ITU-T G.8262/Y.1362	2010-07-29	15	11.1002/1000/10909
2.1	ITU-T G.8262/Y.1362 (2010) Amd.1	2012-02-13	15	11.1002/1000/11523
2.2	ITU-T G.8262/Y.1362 (2010) Amd.2	2012-10-29	15	11.1002/1000/11814
3.0	ITU-T G.8262/Y.1362	2015-01-13	15	11.1002/1000/12389

Palabras clave

Reloj, fluctuación de fase, fluctuación lenta de fase, sincronización.

* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <http://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) 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.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

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 en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2016

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

		Página
1	Alcance	1
2	Referencias	2
3	Definiciones	2
4	Siglas y acrónimos	2
5	Convenios	3
6	Exactitud de frecuencia.....	3
	6.1 EEC-Opción 1	3
	6.2 EEC-Opción 2	4
7	Gamas de enganche, de retención y de desenganche	4
	7.1 Gama de enganche.....	4
	7.2 Gama de retención	4
	7.3 Gama de desenganche	4
8	Generación de ruido.....	4
	8.1 Fluctuación lenta de fase en modo enganchado	5
	8.2 Fluctuación lenta de fase no enganchada	7
	8.3 Fluctuación de fase	7
9	Tolerancia al ruido.....	9
	9.1 Tolerancia a la fluctuación lenta de fase (<i>wander</i>).....	9
	9.2 Tolerancia a la fluctuación de fase (<i>jitter</i>).....	12
10	Transferencia de ruido	14
	10.1 EEC-Opción 1	14
	10.2 EEC-Opción 2	14
11	Respuesta transitoria y funcionamiento en régimen autónomo	16
	11.1 Respuesta transitoria de fase de corta duración.....	16
	11.2 Respuesta transitoria de fase de larga duración (régimen autónomo).....	17
	11.3 Respuesta de fase a interrupciones de la señal de entrada.....	19
	11.4 Discontinuidad de fase	19
12	Interfaces.....	20
	12.1 Interfaces de sincronización externas	21
	Apéndice I – Elementos de red híbridos que utilizan interfaces STM-N y Ethernet (ETY) ...	22
	Apéndice II – Relación entre los requisitos contenidos en la presente Recomendación y los de otras Recomendaciones fundamentales relativas a la sincronización	23
	Apéndice III – Lista de interfaces Ethernet aplicables a Ethernet síncrona.....	24
	Apéndice IV – Consideraciones relativas a Ethernet síncrona por 1000BASE-T y 10GBASE-T	28
	Apéndice V – Consideraciones para medir la transferencia de ruido de relojes EEC-Opción 2.....	30
	Bibliografía	31

Introducción

El método de Ethernet síncrona se refiere método distribuido del reloj de referencia primario (PRC) o del reloj de tiempo de referencia primario (PRTC) (por ejemplo, basado en el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS)) o al método maestro-esclavo utilizando una capa física síncrona (por ejemplo, ETY, STM-N). Estos métodos se utilizan ampliamente sincronizar redes del enlace de conexión (*backhaul*) móvil y de multiplexación por división en el tiempo (TDM).

Recomendación UIT-T G.8262/Y.1362

Características de temporización del reloj subordinado de los equipos síncronos de Ethernet

1 Alcance

En la presente Recomendación se describen los requisitos mínimos de los dispositivos de temporización utilizados para sincronizar equipos de red que emplean Ethernet síncrona. Se da soporte a la distribución del reloj basada en métodos de códigos en línea de red síncrona (por ejemplo, Ethernet síncrona).

La presente Recomendación permite el buen funcionamiento de red cuando la temporización de los equipos de Ethernet síncrona (EEC) (Opción 1 u 2) proviene de otro reloj de equipo de red o de un reloj de mayor calidad.

En esta Recomendación se incluyen también los requisitos de exactitud del reloj, transferencia de ruido, funcionamiento en régimen libre, tolerancia a ruido y generación de ruido. Estos requisitos se aplican en condiciones ambientales normales especificadas para el equipo.

Esta Recomendación contiene dos opciones para Ethernet síncrona. La primera, denominada "EEC-Opción 1", se aplica a los equipos de Ethernet síncrona concebidos para interfuncionar con redes optimizadas para la jerarquía 2048-kbit/s. Estas redes permiten la cadena de referencia de sincronización más desfavorable especificada en la Figura 8-5 de [ITU-T G.803]. La segunda opción, denominada "EEC-Opción 2", se aplica a equipos de Ethernet síncrona diseñados para interfuncionar con redes optimizadas para la jerarquía 1544-kbit/s. La cadena de referencia de sincronización para estas redes se define en la cláusula II.3 de [ITU-T G.813].

El reloj esclavo de los equipos de Ethernet síncrona debe cumplir todos los requisitos específicos para una opción y no deben mezclarse los requisitos de las opciones 1 y 2 de EEC. En las cláusulas donde se especifica un requisito, los requisitos son comunes a las dos opciones. Se pretende armonizar en el futuro las Opciones 1 y 2 de EEC. La finalidad de Ethernet síncrona es lograr la interoperatividad de las actuales redes de sincronización basadas en [ITU-T G.813].

Se ha de poner especial cuidado en el caso del interfuncionamiento entre las redes de Ethernet síncrona basadas en EEC-Opción 1 y las redes de Ethernet síncrona basadas en la EEC-Opción 2.

Algunos elementos de red (NE) de Ethernet síncrona pueden disponer de un reloj de mayor calidad. La presente Recomendación permite el buen funcionamiento de la red cuando la temporización proviene de otro equipo de Ethernet síncrona (como opción), de un reloj de equipo SDH (SEC) o de un reloj de mayor calidad. Para las redes de Ethernet síncrona se recomienda la distribución de temporización jerárquica. La temporización no debe pasar de la Ethernet síncrona en régimen libre/autónomo a un reloj de mayor calidad, dado que éste no debe ajustarse a la señal de Ethernet síncrona en condiciones de avería.

Ciertos equipos Ethernet, como los regenerados/repetidores, deben disponer de la capacidad de pasar la temporización para su transmisión por la Ethernet síncrona. Estos equipos quedan pendientes de estudio.

Para más información sobre Ethernet síncrona véase [ITU-T G.781], [ITU-T G.8261] y [ITU-T G.8264].

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y demás referencias contienen disposiciones que, por referencia a las mismas en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. En la fecha de publicación, las ediciones citadas estaban en vigor. Todas las Recomendaciones y demás referencias están sujetas a revisión, por lo que se alienta a los usuarios de esta Recomendación a que consideren la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las Recomendaciones y demás referencias que se indican a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T vigentes. La referencia a un documento en el marco de esta Recomendación no confiere al mismo carácter de Recomendación.

- [UIT-T G.703] Recomendación UIT-T G.703 (2001), *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas*.
- [UIT-T G.781] Recomendación UIT-T G.781 (1999), *Funciones de capas de sincronización*.
- [UIT-T G.803] Recomendación UIT-T G.803 (2000), *Arquitectura de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona (SDH)*.
- [UIT-T G.810] Recomendación UIT-T G.810 (1996), *Definiciones y terminología para redes de sincronización*.
- [UIT-T G.811] Recomendación UIT-T G.811 (1997), *Características de temporización de los relojes de referencia primarios*.
- [UIT-T G.812] Recomendación UIT-T G.812 (2004), *Requisitos de temporización de relojes subordinados adecuados para utilización como relojes de nodo en redes de sincronización*.
- [UIT-T G.813] Recomendación UIT-T G.813 (2003), *Características de temporización de relojes subordinados de equipos de la jerarquía digital síncrona (SDH)*.
- [UIT-T G.825] Recomendación 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 (SDH)*.
- [UIT-T G.8261] Recomendación UIT-T G.8261/Y.1361 (2008), *Aspectos de la temporización y la sincronización en las redes de paquetes*.
- [UIT-T G.8264] Recomendación UIT-T G.8264/Y.1364 (2008), *Distribución de temporización mediante redes de paquetes*.
- [UIT-T G.8272] Recomendación UIT-T G.8272 (2015), *Características de temporización de los relojes de referencia primarios*.
- [IEEE 802.3] IEEE Standard 802.3 (2012), *IEEE Standard for Ethernet*.

3 Definiciones

Los términos y definiciones utilizados en la presente Recomendación figuran en [ITU-T G.810].

4 Siglas y acrónimos

En la presente Recomendación se utilizan las siguientes siglas y acrónimos:

- BITS Fuente de temporización integrada, (*building integrated timing source*)
- BPSK Modulación binaria por desplazamiento de fase, (*binary phase shift keying*)
- CSMA/CD Acceso múltiple por detección de portadora y con detección de colisiones (*carrier sense multiple access with collision detection*)

DSL	Línea digital de abonado (<i>digital subscriber line</i>)
EC	Reloj de equipo (<i>equipment clock</i>)
EEC	Reloj de equipo de Ethernet síncrona (<i>synchronous ethernet equipment clock</i>)
ESMC	Canal de mensajes de sincronización de Ethernet (<i>ethernet synchronization message channel</i>)
ETH	Red de capa MAC Ethernet (<i>ethernet mac layer network</i>)
ETY	Red de capa PHY Ethernet (<i>ethernet phy layer network</i>)
GNSS	Sistema mundial de navegación por satélite (<i>global navigation satellite system</i>)
MAC	Control de acceso al medio (<i>media access control</i>)
MTIE	Error máximo de intervalo de tiempo (<i>maximum time interval error</i>)
NE	Elemento de red (<i>network element</i>)
NRZ	Sin retorno a cero (<i>non-return to zero</i>)
OAM	Operación, administración y mantenimiento (<i>operations, administration and maintenance</i>)
PAM	Modulación por amplitud de impulsos (<i>pulse amplitude modulation</i>)
PHY	Física (capa) (<i>physical (layer)</i>)
ppm	Partes por millón (<i>parts per million</i>)
PRC	Reloj de referencia primario (<i>primary reference clock</i>)
PRTC	Reloj del tiempo de referencia primario (<i>primary reference time clock</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SEC	Reloj de equipo SDH (<i>SDH equipment clock</i>)
SSM	Canal de mensajes de sincronización (<i>synchronization message channel</i>)
SSU	Suministro de sincronización (<i>synchronization supply unit</i>)
STM-N	Módulo N de transporte síncrono (<i>synchronous transport module-n</i>)
TDEV	Desviación temporal (<i>time deviation</i>)
TDM	Multiplexación por división en el tiempo (<i>time division multiplexing</i>)
UI	Intervalo unitario (<i>unit interval</i>)
UTC	Tiempo universal coordinado (<i>coordinated universal time</i>)

5 Convenios

Ninguno.

6 Exactitud de frecuencia

6.1 EEC-Opción 1

En condiciones de régimen libre, la exactitud de frecuencia de salida de EEC no debe ser superior a 4,6 ppm con respecto a una referencia trazable a un reloj [ITU-T G.811] o [ITU-T G.8272].

NOTA – El intervalo de tiempo para esta exactitud queda en estudio. Se han propuesto valores de un mes y de un año.

6.2 EEC-Opción 2

En condiciones de régimen autónomo prolongado, la exactitud de la frecuencia de salida de los diferentes tipos de relojes nodo no debe rebasar los 4,6 ppm con respecto a una referencia trazable a un reloj de referencia primario, durante un periodo T de un año.

NOTA – El periodo T se aplica después de 30 días de funcionamiento sincronizado continuo.

7 Gamas de enganche, de retención y de desenganche

7.1 Gama de enganche

7.1.1 EEC-Opción 1

La gama de enganche mínima debe ser $\pm 4,6$ ppm, cualquiera que sea el desplazamiento interno de la frecuencia del oscilador.

7.1.2 EEC-Opción 2

La gama de enganche mínima debe ser ± 20 ppm, cualquiera que sea el desplazamiento de frecuencia interno del oscilador.

7.2 Gama de retención

7.2.1 EEC-Opción 1

La gama de retención para la EEC-Opción 1 no es obligatoria.

7.2.2 EEC-Opción 2

La gama de retención para la EEC-Opción 2 debe ser $\pm 4,6$ ppm, cualquiera que sea el desplazamiento de frecuencia interno del oscilador.

7.3 Gama de desenganche

7.3.1 EEC-Opción 1

La gama de desenganche requiere ulterior estudio. Se ha propuesto un valor mínimo de $\pm 4,6$ ppm.

7.3.2 EEC-Opción 2

No se especifica la gama de desenganche.

8 Generación de ruido

La generación de ruido de un EEC representa la magnitud de ruido de fase producida a la salida cuando hay una señal de referencia de entrada ideal o el reloj está en estado de régimen libre. Para fines prácticos de prueba, una referencia adecuada supone un nivel de calidad de funcionamiento por lo menos 10 veces más estable que los requisitos de salida. La capacidad del reloj de limitar este ruido es descrita por su estabilidad de frecuencia. El error máximo de intervalo de tiempo (MTIE) y la desviación de tiempo (TDEV) son útiles para caracterizar la generación de ruido.

MTIE y TDEV se miden a través de un filtro de medición de paso bajo de primer orden de 10 Hz equivalente, en un tiempo de muestreo máximo τ_0 de 1/30 segundos. El periodo de medición mínimo para TDEV es doce veces el periodo de integración ($T = 12 \tau$).

8.1 Fluctuación lenta de fase en modo enganchado

8.1.1 EEC-Opción 1

Cuando el EEC está en el modo de funcionamiento enganchado sincronizado con una referencia sin fluctuación lenta de fase, el MTIE medido utilizando la configuración de reloj sincronizada definida en la Figura 1A de [ITU-T G.810] debe tener los límites indicados en el Cuadro 1, si la temperatura es constante (dentro de $\pm 1^\circ\text{K}$).

Cuadro 1 – Generación de fluctuación lenta de fase (MTIE) para la EEC-Opción 1 con temperatura constante

Límite de MTIE [ns]	Intervalo de desviación τ [s]
40	$0,1 < \tau \leq 1$
$40 \tau^{0,1}$	$1 < \tau \leq 100$
$25,25 \tau^{0,2}$	$100 < \tau \leq 1000$

El requisito resultante se muestra mediante la línea de trazo grueso en la Figura 1.

Cuando se incluyen los efectos de la temperatura, el margen para la contribución total de MTIE de un solo EEC aumenta en los valores indicados en el Cuadro 2.

Cuadro 2 – Generación de fluctuación lenta de fase (MTIE) adicional para la EEC-Opción 1 con efectos de temperatura

Margen MTIE adicional [ns]	Intervalo de observación τ [s]
$0,5 \tau$	$\tau \leq 100$
50	$\tau > 100$

Los requisitos resultantes se muestran mediante la línea de trazo fino en la Figura 1.

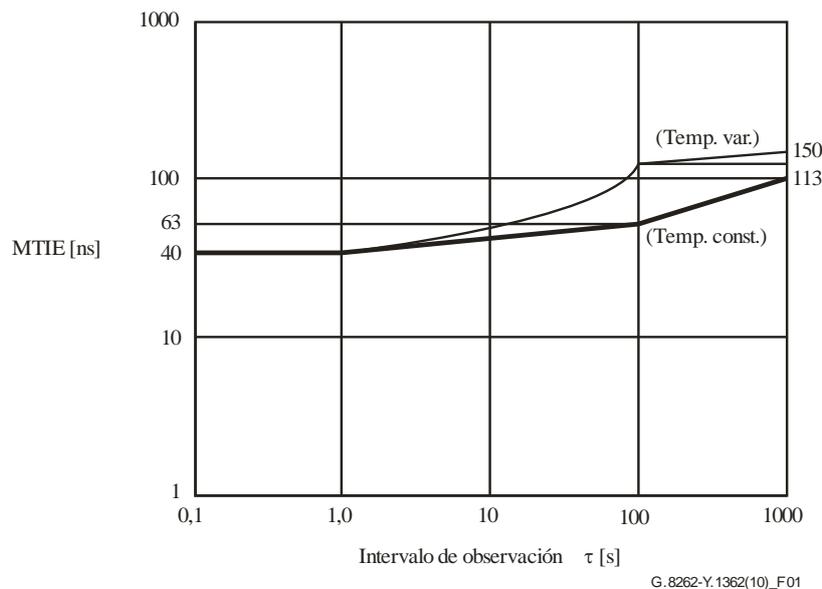


Figura 1 – Generación de fluctuación lenta de fase (MTIE) para la EEC-Opción 1

Cuando el SEC está en el modo de funcionamiento enganchado, la TDEV medida utilizando la configuración de reloj sincronizada definida en la Figura 1a de [ITU-T G.810] debe tener los límites indicados en el Cuadro 3, si la temperatura es constante (dentro de $\pm 1^\circ\text{K}$):

Cuadro 3 – Generación de fluctuación lenta de fase (TDEV) para la EEC-Opción 1 con temperatura constante

Límite de TDEV [ns]	Intervalo de observación τ [s]
3,2	$0,1 < \tau \leq 25$
$0,64 \tau^{0.5}$	$25 < \tau \leq 100$
6,4	$100 < \tau \leq 1000$

Los requisitos resultantes se muestran en la Figura 2.

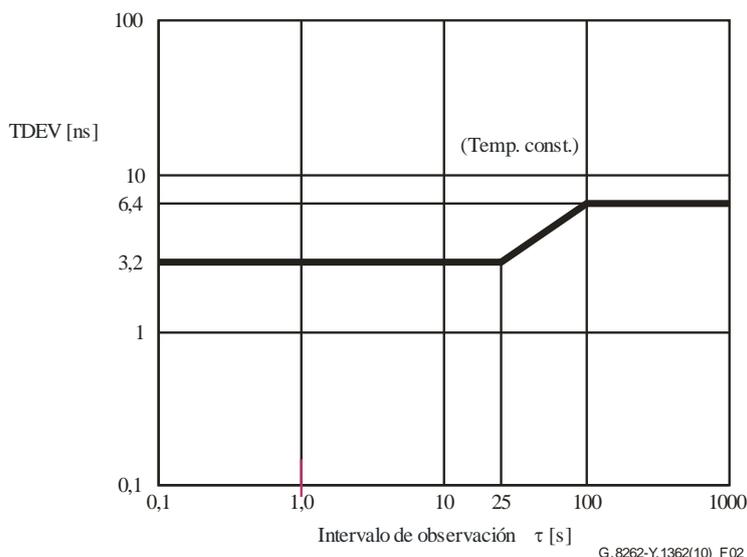


Figura 2 – Generación de fluctuación lenta de fase (TDEV) para la EEC-Opción 1 con temperatura constante

El margen para la contribución total de TDEV de un solo EEC cuando se tienen en cuenta los efectos de la temperatura queda pendiente de estudio.

8.1.2 EEC-Opción 2

Cuando el EEC está en el modo de funcionamiento enganchado sincronizado a una referencia libre de fluctuación lenta de fase, el MTIE y la TDEV medidos a la salida con temperatura constante ($\pm 1^\circ\text{K}$) estarán por debajo de los límites indicados en los Cuadros 4 y 5, respectivamente.

Cuadro 4 – Generación de fluctuación lenta de fase (MTIE) para la EEC-Opción 2 con temperatura constante

Límite de MTIE [ns]	Intervalo de observación τ [s]
20	$0,1 < \tau \leq 1$
$20 \tau^{0.48}$	$1 < \tau \leq 10$
60	$10 < \tau \leq 1000$

Cuadro 5 – Generación de fluctuación lenta de fase (TDEV) para la EEC-Opción 2 con temperatura constante

Límite de TDEV [ns]	Intervalo de observación τ [s]
$3,2 \tau^{-0,5}$	$0,1 < \tau \leq 2,5$
2	$2,5 < \tau \leq 40$
$0,32 \tau^{0,5}$	$40 < \tau \leq 1000$
10	$1000 < \tau \leq 10\ 000$

Los requisitos resultantes se muestran en las Figuras 3 y 4.

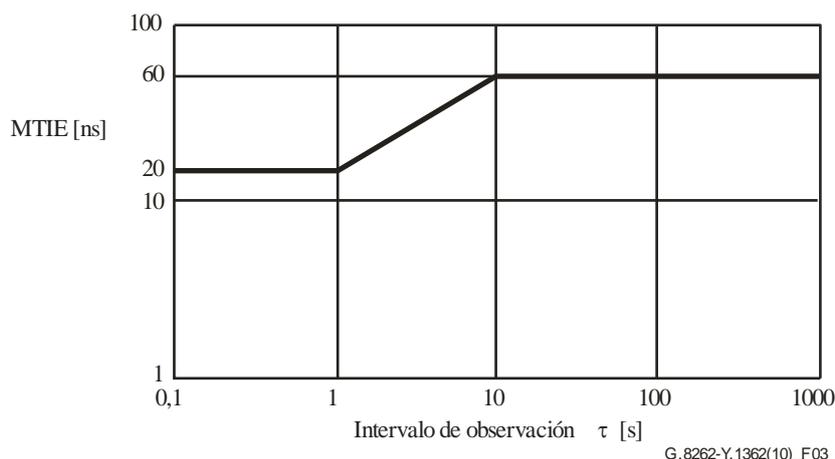


Figura 3 – Generación de fluctuación lenta de fase (MTIE) para la EEC-Opción 2 con temperatura constante

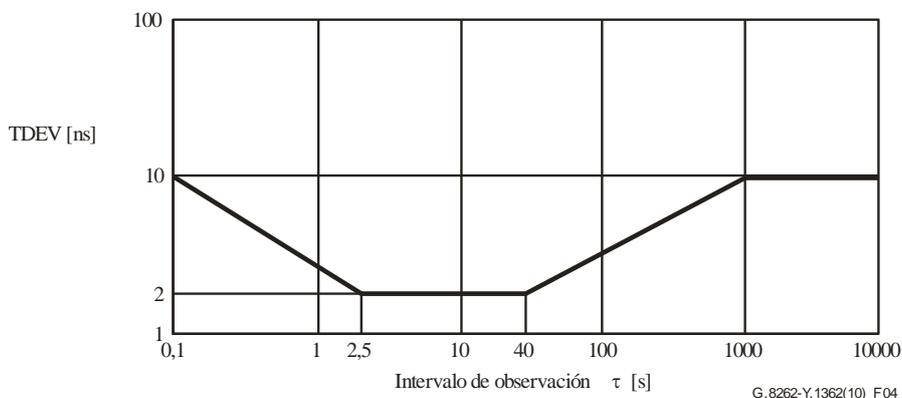


Figura 4 – Generación de fluctuación lenta de fase (TDEV) para la EEC-Opción 2 con temperatura constante

8.2 Fluctuación lenta de fase no enganchada

Cuando un reloj no está enganchado a una referencia de sincronización, los componentes de ruido aleatorio son despreciables comparados con un efecto determinístico como el desplazamiento de frecuencia inicial. En consecuencia, los efectos de la fluctuación lenta de fase no enganchada se incluyen en la cláusula 11.2.

8.3 Fluctuación de fase

Aunque la mayoría de los requisitos indicados en la presente Recomendación son independientes de la interfaz de salida en la cual se miden, éste no es el caso para la producción de fluctuación de fase; los requisitos para la generación de fluctuación de fase utilizan las Recomendaciones existentes que

tienen diferentes límites para velocidades de interfaz diferentes. Estos requisitos se indican separadamente para las interfaces indicadas en la cláusula 12.

8.3.1 EEC-Opción 1 y EEC-Opción 2

Fluctuación lenta de fase de salida en la interfaz Ethernet síncrona:

Cuando no hay fluctuación de fase a la entrada en la interfaz de sincronización, la fluctuación de fase intrínseca en las interfaces de salida de Ethernet síncrona en un intervalo de 60 segundos no debe exceder de los límites indicados en el Cuadro 6.

Cuadro 6 – Generación de fluctuación de fase de Ethernet síncrona para EEC-Opción 1 y EEC-Opción 2

Interfaz	Filtro de medición	Amplitud cresta a cresta (UI)
1G (Notas 1, 2, 4, 5)	2,5 kHz a 10 MHz	0,50
10G (Notas 1, 3, 4, 5)	20 kHz a 80 MHz	0,50
25G (Notas 1, 4, 5, 6)	20 kHz a 200 MHz	1,2

NOTA 1 – No hay requisitos específicos de fluctuación de banda superior para Ethernet síncrona. Deberán satisfacerse los requisitos pertinentes de fluctuación de fase de la norma IEEE 802.3 además de los requisitos específicos de la fluctuación de fase en banda ancha de Ethernet síncrona de este cuadro. En [IEEE 802.3] se definen metodologías de medición. La aplicabilidad de estas metodologías de medición en un entorno de red de sincronización queda pendiente de estudio.

NOTA 2 – 1G incluye interfaces 1000BASE-KX, -SX, -LX; las interfaces multipista quedan pendientes de estudio.

NOTA 3 – 10G incluye interfaces 10GBASE-SR/LR/ER, 10GBASE-LRM, 10GBASE-SW/LW/EW y multipista que constan de 10G pistas, incluidas 40GBASE-KR4/CR4/SR4/LR4 and 100GBASE-CR10/SR10.

NOTA 4 – 25G incluye interfaces multipista que constan de pistas 25G, inclusive 100GBASE-LR4/ER4

NOTA 5 – 1G: (1000BASE-KX, -SX, -LX) 1 UI = 0,8 ns
 10G (10GBASE-SR/LR/ER, -LRM, 40GBASE-KR4/CR4/SR4/LR4, 100GBASE-CR10/SR10): 1 UI = 96,97 ps
 10G (10GBASE-SW/LW/EW): 1 UI = 100,47 ps
 25G (100GBASE-LR4/ER4): 1 UI = 38,79 ps

NOTA 6 – la amplitud cresta a cresta de la fluctuación de fase para pista 25G se aumenta de 0,5 UI a 1,2 UI, es decir, por un factor de 2,4. A fin de compensar este incremento, la frecuencia vértice de paso alto utilizada para 10G debe incrementarse en primer lugar por un factor de 2,5 a fin de tener en cuenta el aumento de la velocidad de línea de 10G y luego disminuirse por un factor de 2,4 para tener en cuenta el aumento en amplitud. De este modo se obtiene una frecuencia vértice de paso alto de 20,833 kHz, que por comodidad se ha redondeado por debajo a 20 kHz; este redondeo a un valor inferior es ligeramente más estricto.

Fluctuación de fase de salida en las interfaces 2048 kHz, 2048 kbit/s, 1544 kbit/s y STM-N:

La generación de fluctuación de fase para las interfaces a 2048 kHz y 2048 kbit/s, y para la interfaz del módulo-N de transporte síncrono (STM-N) se definen para la Opción 1 en la cláusula 7.3 de [ITU-T G.813].

La generación de fluctuación de fase para la interfaz 1544-kbit/s y para las interfaces STM-N se definen para la Opción 2 en la cláusula 7.3 de [ITU-T G.813].

9 Tolerancia al ruido

La tolerancia de ruido de un EEC indica el nivel de ruido de fase mínimo a la entrada del reloj que éste debe soportar mientras:

- el reloj se mantiene dentro de los límites de funcionamiento prescritos. Estos límites exactos quedan en estudio;
- no produce ninguna alarma;
- no hace que el reloj conmute de referencia;
- no hace que el reloj pase al régimen autónomo.

En general, la tolerancia al ruido del EEC es la misma que el límite de red para la interfaz de sincronización a fin de mantener un rendimiento aceptable. Sin embargo, el límite de la red de sincronización puede diferir según la aplicación. Por consiguiente, a fin de determinar la tolerancia al ruido del EEC, debe utilizarse el límite de red correspondiente al caso más desfavorable. En el Apéndice I de [ITU-T G.813] se explican los diferentes límites de red.

Las tolerancias de fluctuación lenta de fase y de fluctuación de fase indicadas en las cláusulas 9.1 y 9.2 corresponden a los niveles más desfavorables que debe soportar la interfaz que transporta sincronización. La señal TDEV utilizada para una prueba de conformidad se debe generar añadiendo fuentes de ruido gaussiano blanco, cada una de las cuales ha sido filtrada para obtener el tipo de ruido apropiado con la amplitud adecuada.

MTIE y TDEV se miden a través de un filtro de paso bajo de primer orden de 10 Hz equivalente, en un tiempo de muestreo máximo de τ_0 de 1/30 segundos. El periodo de medición mínimo para TDEV es doce veces el periodo de integración ($T = 12 \tau$).

9.1 Tolerancia a la fluctuación lenta de fase (*wander*)

9.1.1 EEC-Opción 1

La tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada del EEC expresada en límites de MTIE y TDEV se indica en los Cuadros 7 y 8, respectivamente.

Cuadro 7 – Tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada (MTIE) para la EEC-Opción 1

Límite de MTIE [μ s]	Intervalo de observación τ [s]
0,25	$0,1 < \tau \leq 2,5$
$0,1 \tau$	$2,5 < \tau \leq 20$
2	$20 < \tau \leq 400$
$0,005 \tau$	$400 < \tau \leq 1000$

Cuadro 8 – Tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada (TDEV) para la EEC-Opción 1

Límite de TDEV [ns]	Intervalo de observación τ [s]
12	$0,1 < \tau \leq 7$
$1,7 \tau$	$7 < \tau \leq 100$
170	$100 < \tau \leq 1000$

Los requisitos resultantes se muestran en las Figuras 5 y 6.

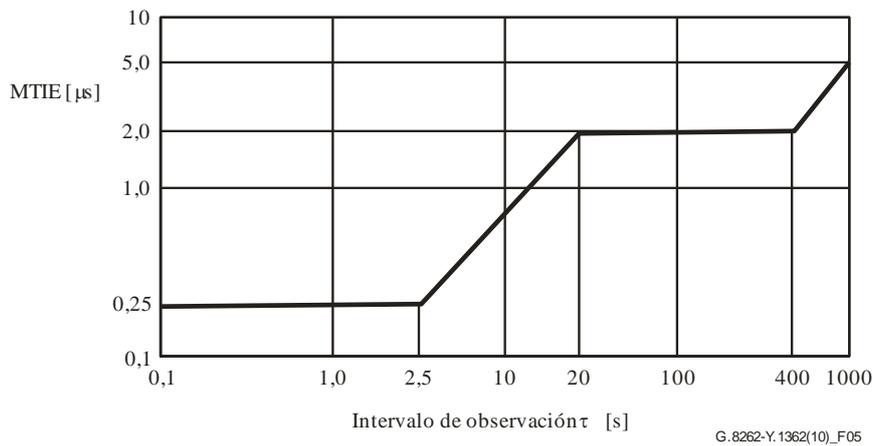


Figura 5 – Tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada (MTIE) para la EEC-Opción 1

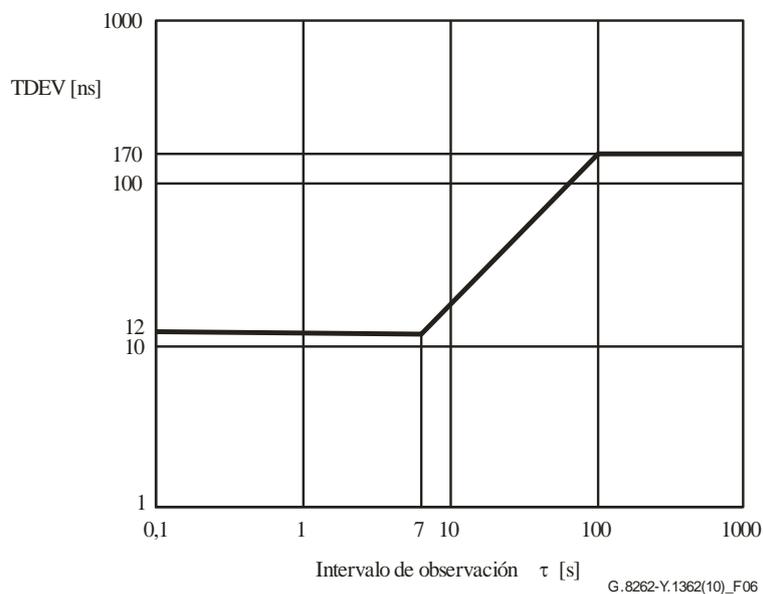


Figura 6 – Tolerancia de fluctuación lenta de fase a la entrada (TDEV) para la EEC-Opción 1

Se están estudiando señales de prueba adecuadas que verifican la conformidad con la curva de la Figura 6. Se pueden utilizar señales de prueba con una variación de fase sinusoidal, de acuerdo con los niveles indicados en el Cuadro 9, a fin de verificar conformidad con la curva de la Figura 5.

Cuadro 9 – Límite inferior de la fluctuación sinusoidal máxima tolerable a la entrada para la EEC-Opción 1

Amplitud de la fluctuación lenta de fase cresta a cresta			Frecuencia de la fluctuación lenta de fase				
A_1 [μ s]	A_2 [μ s]	A_3 [μ s]	f_4 [mHz]	f_3 [mHz]	f_2 [mHz]	f_1 [Hz]	f_0 [Hz]
0,25	2	5	0,32	0,8	16	0,13	10

Los requisitos resultantes se muestran en la Figura 7.

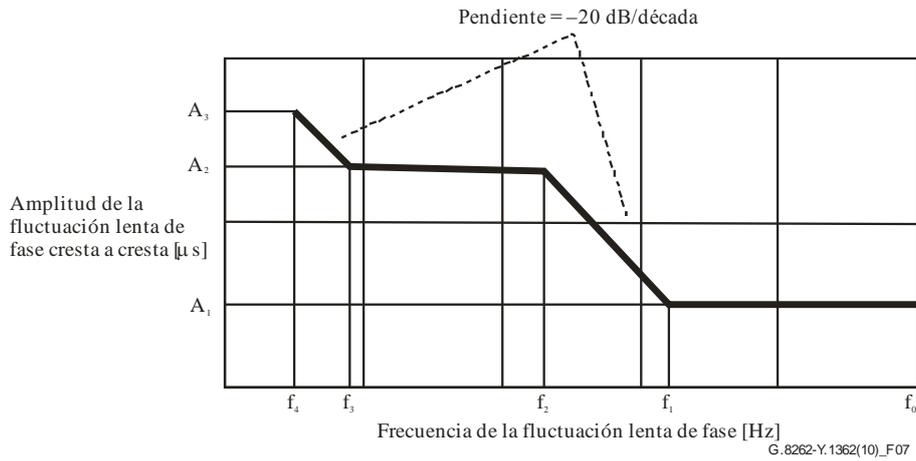


Figura 7 – Límite inferior de la fluctuación sinusoidal máxima tolerable a la entrada para la EEC-Opción 1

9.1.2 EEC-Opción 2

En el Cuadro 10 se especifica la tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada del SEC expresada en TDEV.

Cuadro 10 – Tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada (TDEV) para la EEC-Opción 2

Límite de TDEV [ns]	Intervalo de observación τ [s]
17	$0,1 < \tau \leq 3$
$5,77 \tau$	$3 < \tau \leq 30$
$31,6325 \tau^{0,5}$	$30 < \tau \leq 1000$

El requisito resultante se muestra en la Figura 8. No se ha definido un requisito expresado en MTIE.

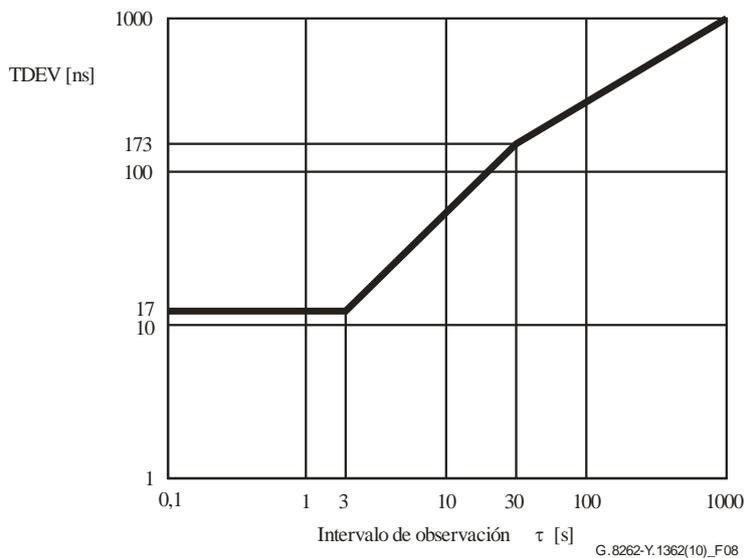


Figura 8 – Tolerancia a la fluctuación lenta de fase a la entrada (TDEV) para la EEC-Opción 2

9.2 Tolerancia a la fluctuación de fase (*jitter*)

9.2.1 EEC-Opción 1 y EEC-Opción 2

Tolerancia a la fluctuación de fase en las interfaces de Ethernet síncrona:

En el Cuadro 11 y en la Figura 9 se muestra el límite inferior de la máxima fluctuación de fase tolerable a la entrada de las interfaces 1G Ethernet para EEC-Opción 1 y EEC-Opción 2.

Cuadro 11 – Tolerancia a la fluctuación de fase en banda ancha de las interfaces 1G de Ethernet síncrona para EEC-Opción 1 y EEC-Opción 2

Amplitud cesta a cresta de la fluctuación de fase (UI)	Frecuencia f (Hz)
312,5	$10 < f \leq 12,1$
$3750 f^{-1}$	$12,1 < f \leq 2,5 \text{ k}$
1,5	$2,5 \text{ k} < f \leq 50 \text{ k}$

NOTA – Las interfaces 1G son 1000BASE-KX, -SX, -LX; las interfaces multipista quedan pendientes de estudio.

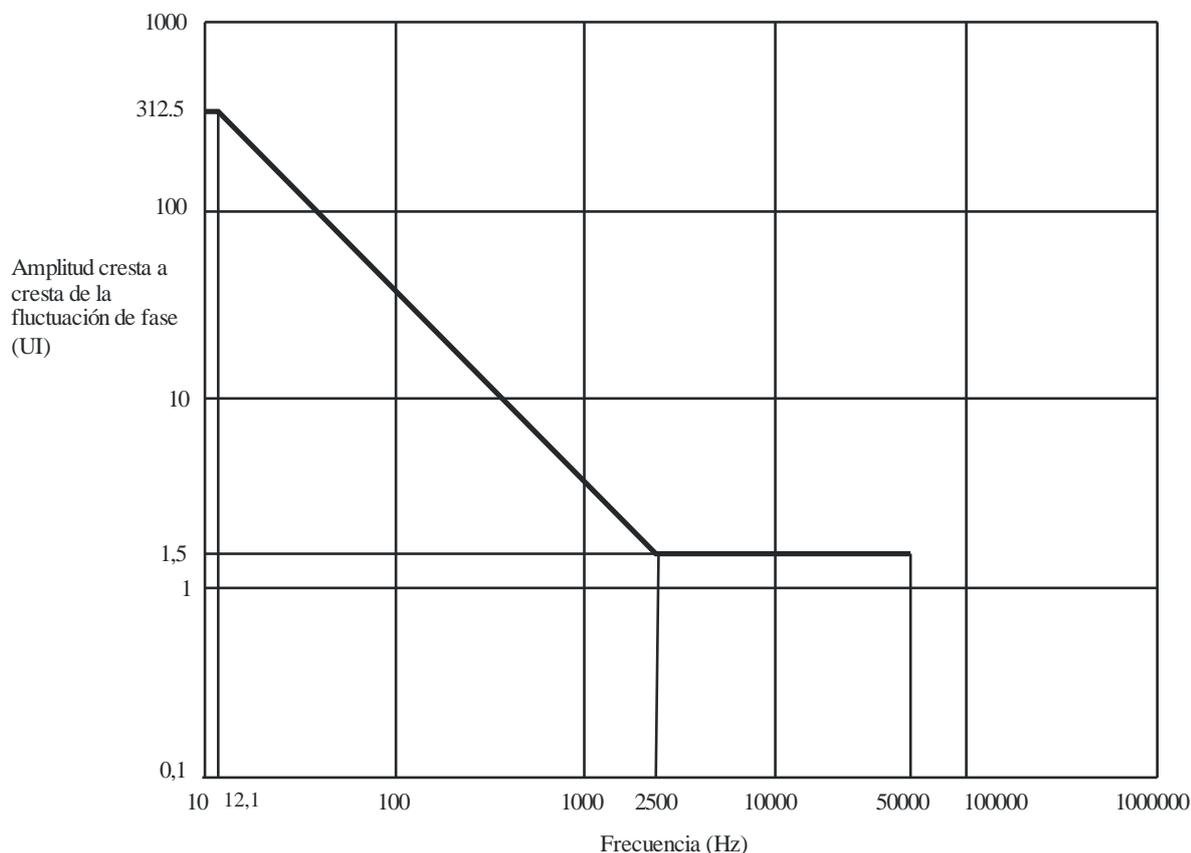


Figura 9 – Tolerancia a la fluctuación de fase en banda ancha de las interfaces 1G de Ethernet síncrona para EEC-Opción 1 y EEC-Opción 2

NOTA 1 – Deberán satisfacerse los requisitos pertinentes de fluctuación de fase de la norma IEEE 802.3 además de los requisitos específicos de la fluctuación de fase de banda ancha de Ethernet síncrona.

NOTA 2 – A efectos de pruebas, la tolerancia a la fluctuación de fase de alta frecuencia y la generación de señales de prueba para interfaces de tráfico Ethernet por encima de 637 kHz se especifican en [IEEE 802.3].

NOTA 3 – La pendiente por encima de 50 kHz es de 20 dB/década. Los valores reales entre 50 kHz y 637 kHz quedan pendientes de estudio, ya que los métodos de medición de [IEEE 802.3] y del UIT-T no son totalmente comparables. La información sobre la especificación de la UIT de la fluctuación lenta de fase figura en el Apéndice I de [ITU-T G.825].

En el Cuadro 12 y la Figura 10 se indica el límite inferior de la fluctuación de fase máxima tolerable a la entrada de las interfaces 10G Ethernet para EEC-Opción 1 y EEC-Opción 2.

Cuadro 12 – Tolerancia a la fluctuación de fase de banda ancha de la interfaz 10G de Ethernet síncrona para EEC-Opción 1 y EEC-Opción 2

Amplitud cesta a cresta de la fluctuación de fase (UI)	Frecuencia f (Hz)
2488	$10 < f \leq 12,1$
$30000 f^{-1}$	$12,1 < f \leq 20 \text{ k}$
1,5	$20 \text{ k} < f \leq 40 \text{ k}$

NOTA – 10G comprende las interfaces 10GBASE-SR/LR/ER, 10GBASE-LRM, 10GBASE-SW/LW/EW y multipista que constan de pistas 10G incluidas 40GBASE-KR4/CR4/SR4/LR4 y 100GBASE-CR10/SR10.

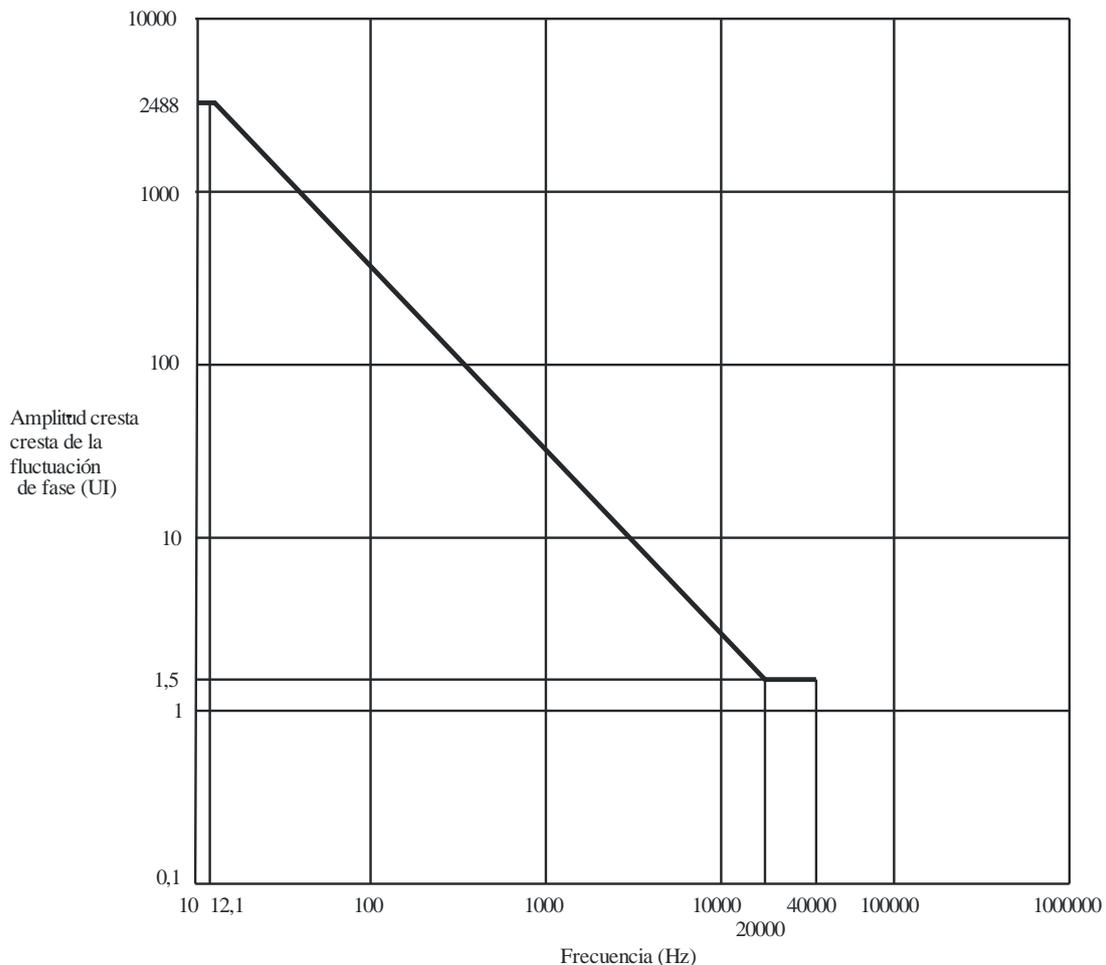


Figura 10 – Tolerancia a la fluctuación de fase en banda ancha de la interfaz 10G de Ethernet síncrona para EEC-Opción 1 and EEC-Opción 2

NOTA 4 – Deberán satisfacerse los requisitos pertinentes de fluctuación de fase de la norma IEEE 802.3 además de los requisitos específicos de la fluctuación de fase de banda ancha de Ethernet síncrona.

NOTA 5 – Los métodos de medición de [IEEE 802.3] y del UIT-T no son totalmente comparables. La información sobre la especificación de la UIT de la fluctuación lenta de fase figura en el Apéndice I de [ITU-T G.825].

En el Cuadro 13 se indica el límite inferior de la fluctuación de fase máxima tolerable a la entrada de las interfaces 25G Ethernet para EEC-Opción 1 y EEC-Opción 2.

Cuadro 13 – Tolerancia a la fluctuación de fase en banda ancha de la interfaz 25G de Ethernet síncrona para EEC-Opción 1 and EEC-Opción 2

Amplitud cesta a cresta de la fluctuación de fase (UI)	Frecuencia f (Hz)
6445	$10 < f \leq 11,17$
$72000 f^{-1}$	$11,17 < f \leq 20 \text{ k}$
3,6	$20 \text{ k} < f \leq 100 \text{ k}$
NOTA – 25G incluye interfaces multipista que constan de pistas of 25G incluida 100GBASE-LR4/ER4.	

Tolerancia la fluctuación de fase de las señales 2048 kHz, 2048 kbit/s, 1544 kbit/s y las interfaces STM-N:

En la cláusula 8.2 of [ITU-T G.813] se define el límite inferior de la fluctuación de fase máxima tolerable para las señales 2048 kHz y 2048 kbit/s para la Opción 1.

En la cláusula 8.2 of [ITU-T G.813] se define el límite inferior de la fluctuación de fase máxima tolerable para sincronización externa a 1544 kbit/ para la Opción 2.

El límite inferior de la fluctuación de fase máxima tolerable para las interfaces STM-N se define en [ITU-T G.825].

10 Transferencia de ruido

La característica de transferencia del EEC determina sus propiedades con respecto a la transferencia de excursiones de la fase de entrada con respecto a la fase de la portadora. El EEC se puede considerar como un filtro de paso bajo para las diferencias entre la fase de entrada real y la fase de entrada ideal de la referencia. Los anchos de banda mínimo y máximo permitidos para este comportamiento del filtro de paso bajo se basan en las consideraciones descritas en el Apéndice II de [ITU-T G.813] y se indican a continuación.

En la banda pasante, la ganancia de fase del EEC debe ser menor que 0,2 dB (2,3%). Esto se aplica a un modelo de EEC lineal. Sin embargo, este modelo no debe restringir la implementación.

10.1 EEC-Opción 1

El mínimo ancho de banda necesario para el EEC es 1 Hz. El máximo ancho de banda necesario para el EEC es 10 Hz.

10.2 EEC-Opción 2

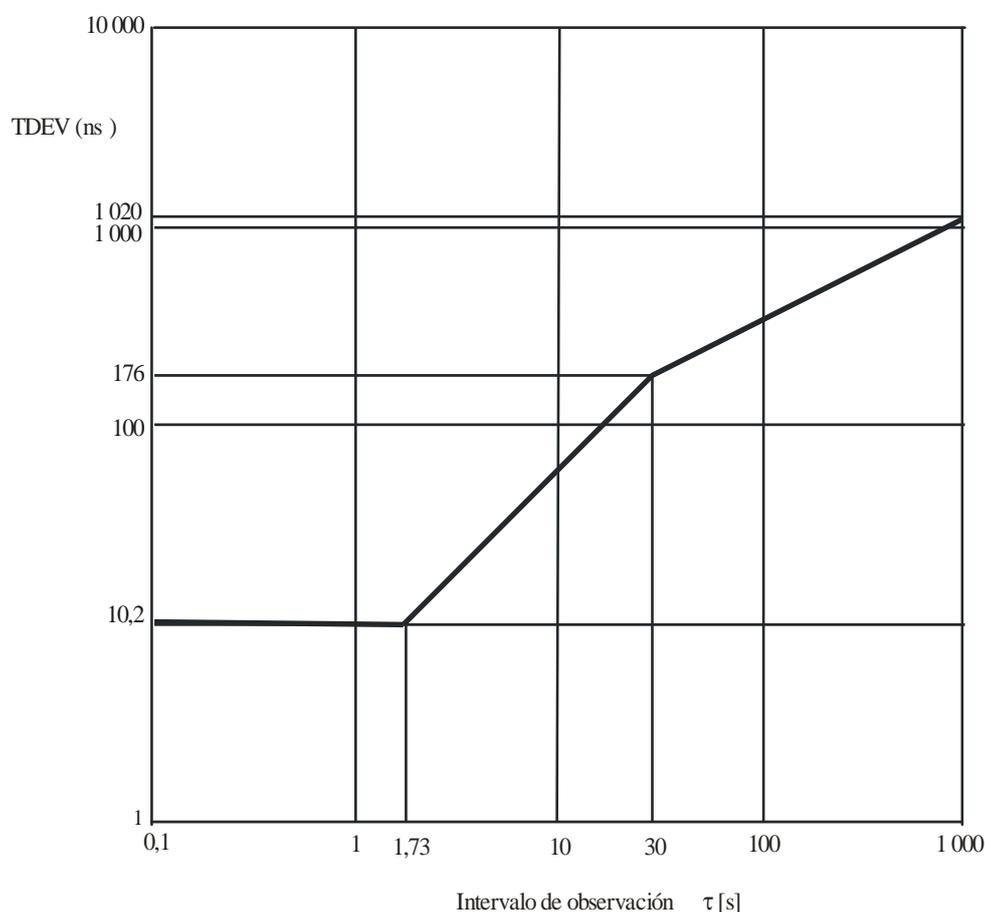
El elemento de red SDH o de Ethernet síncrona, cuando tiene como referencia una señal de temporización STM-N que se ajusta a la curva TDEV de entrada de la Figura 8 y del Cuadro 10, producirá señales que satisfacen los límites TDEV de salida en el siguiente Cuadro 14.

**Cuadro 14 – Transferencia de fluctuación lenta de fase para EEC-Opción 2
(máxima fluctuación lenta de fase de salida cuando la fluctuación
a la entrada se corresponde con el Cuadro 10)**

Límite de TDEV [ns]	Intervalo de observación τ [s]
10,2	$0,1 < \tau \leq 1,73$
$5,88 \tau$	$1,73 < \tau \leq 30$
$32,26 \tau^{0,5}$	$30 < \tau \leq 1000$

El requisito resultante se muestra en la curva de la Figura 11. La finalidad de estas curvas es garantizar que el ancho de banda máximo del EEC sea 0,1 Hz. Estas curvas no se deben utilizar para verificar la cresta de la ganancia de fase. No hay un requisito para un ancho de banda mínimo.

TDEV se mide a través de un filtro paso bajo de primer orden de 10 Hz equivalente en un tiempo de muestreo máximo τ_0 de 1/30 segundos. El periodo de medición mínimo para TDEV es doce veces el periodo de integración ($T = 12 \tau$).



**Figura 11 – Transferencia de la fluctuación lenta de fase para EEC-Opción 2
(fluctuación lenta de fase máxima a la salida cuando la fluctuación
a la entrada se ajusta a la Figura 8)**

NOTA – Los valores de esta curva de transferencia son un 2% mayores que los de la curva de la Figura 8 en la banda pasante.

Las curvas de las Figuras 8 y 11 se utilizan para verificar la tolerancia a la fluctuación de fase y medir la transferencia de TDEV, respectivamente; no representan el límite de fluctuación de fase de red necesario para cumplir el requisito de acumulación de la fluctuación lenta de fase de la carga útil. En la práctica, esto no causa pérdida de sincronización en el EEC, ya que el límite de tolerancia a la

fluctuación lenta de fase en la Figura 11 está comprendido dentro de la banda pasante del reloj de EEC-Opción 2. Sin embargo, sí causa una mayor acumulación de fluctuación lenta de fase.

11 Respuesta transitoria y funcionamiento en régimen autónomo

Los requisitos de esta cláusula se aplican a las situaciones en las que la señal de entrada se ve afectada por perturbaciones o fallos de transmisión (por ejemplo, interrupciones breves, conmutación entre diferentes señales de sincronización, pérdida de referencia, etc.) que resultan en transitorios de fase a la salida del EEC. La capacidad de resistir a las perturbaciones es necesaria para evitar defectos o fallos de transmisión. Los fallos y perturbaciones de transmisión son condiciones comunes en el entorno de transmisión.

Se recomienda que todos los movimientos de fase en la salida del EEC se mantengan dentro de los niveles descritos en las siguientes cláusulas.

Las mediciones de MTIE para relojes de EEC-Opción 2 se efectúan a través de un filtro paso bajo de primer orden de 100 Hz equivalente.

11.1 Respuesta transitoria de fase de corta duración

11.1.1 EEC-Opción 1

Este requisito responde al funcionamiento del reloj cuando se pierde la referencia de entrada (seleccionada) debido a un fallo en el trayecto de referencia y se dispone simultáneamente, o poco después de la detección del fallo, de una segunda señal de entrada de referencia asociada al mismo reloj de referencia (por ejemplo, en casos de restablecimiento autónomo). En estos casos, la referencia se pierde como máximo durante 15 segundos. La variación de fase a la salida, con respecto a la referencia de entrada antes de que se perdiese, está limitada por los siguientes requisitos:

El error de fase no deberá exceder de $\Delta t + 5 \times 10^{-8} \times S$ segundos en cualquier periodo S hasta 15 segundos. Δt representa dos saltos de fase que se pueden producir durante la transición al entrar en el estado de régimen libre y al salir de éste y ambos no deben exceder de 120 ns con una desviación de frecuencia temporal de no más de 7,5 ppm.

En la Figura 12 se resume el requisito total resultante. Esta figura intenta trazar el movimiento de fase del caso más desfavorable atribuible a un conmutador de reloj de referencia de EEC. Los relojes pueden cambiar de estado más rápidamente que lo que se muestra aquí. En el Apéndice II de [ITU-T G.813] figura información complementaria sobre los requisitos de esta característica.

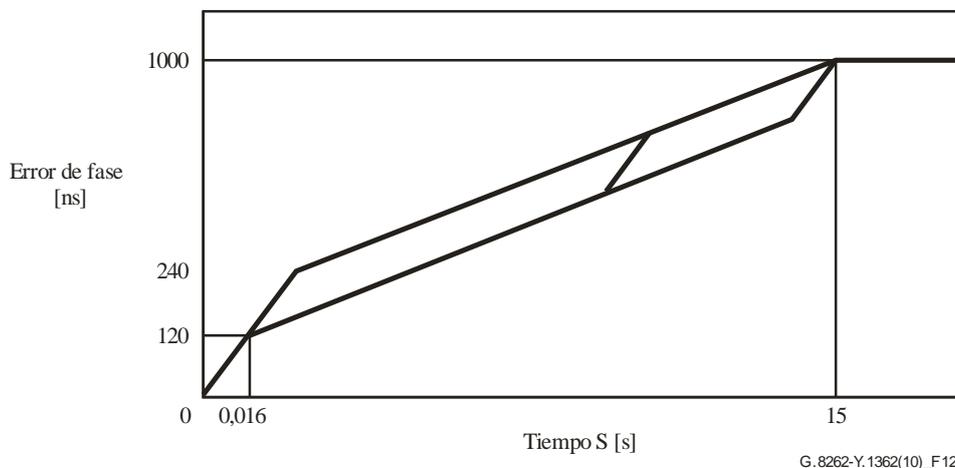


Figura 12 – Transitorio de fase máximo a la salida debido a conmutación de referencia para la EEC-Opción 1

La Figura 12 muestra dos saltos de fase en el transitorio de conmutación de reloj. El primer salto refleja la respuesta inicial a una pérdida de la fuente de referencia de sincronización y la entrada subsiguiente en régimen autónomo. La magnitud de este salto corresponde a una desviación de frecuencia inferior a 7,5 ppm durante menos de 16 ms. Después de 16 ms, el movimiento de fase está limitado a permanecer por debajo de la línea con una pendiente de 5×10^{-8} para restringir la actividad del puntero. El segundo salto, que se produce dentro de 15 segundos después de pasar al régimen autónomo, tiene en cuenta en la conmutación a la referencia secundaria. Los mismos requisitos se aplican para este salto. Después del segundo salto, el error de fase debe permanecer constante e inferior a $1 \mu\text{s}$.

NOTA – La excursión de fase a la salida, cuando se conmuta entre referencias que no es trazable al mismo reloj de referencia primario (PRC), queda en estudio.

Cuando se pierde la señal de sincronización a la entrada durante más de 15 segundos, se aplican los requisitos indicados en cláusula 11.2.

11.1.2 EEC-Opción 2

Durante las operaciones de reconfiguración del reloj (por ejemplo, conmutación de referencia), la salida del reloj debe satisfacer el requisito de MTIE indicado en la cláusula 11.4.2.

11.2 Respuesta transitoria de fase de larga duración (régimen autónomo)

Este requisito limita las excursiones máximas de la señal de temporización de salida. Además, limita la acumulación del movimiento de fase durante las degradaciones de la señal de entrada o perturbaciones internas.

11.2.1 EEC-Opción 1

Cuando el EEC pierde todas sus referencias, se dice que pasa al estado de régimen autónomo. El error de fase, ΔT , a la salida del EEC con respecto a la entrada en el momento de pérdida de referencia no deberá rebasar del siguiente límite durante un periodo de $S > 15 \text{ s}$:

$$\Delta T(S) = \{(a_1 + a_2)S + 0,5bS^2 + c\} \quad [\text{ns}]$$

siendo:

$$\begin{aligned} a_1 &= 50 \text{ ns/s (véase la Nota 1)} \\ a_2 &= 2\,000 \text{ ns/s (véase la Nota 2)} \\ b &= 1,16 \times 10^{-4} \text{ ns/s}^2 \text{ (véase la Nota 3)} \\ c &= 120 \text{ ns (véase la Nota 4)} \end{aligned}$$

Este límite está sujeto a una desviación de frecuencia máxima de $\pm 4,6$ ppm. El comportamiento para $S < 15 \text{ s}$ se define en la cláusula 11.1.

NOTA 1 – El desplazamiento de frecuencia a_1 representa un desplazamiento de frecuencia inicial correspondiente a 5×10^{-8} (0,05 ppm).

NOTA 2 – El desplazamiento de frecuencia a_2 tiene en cuenta las variaciones de temperatura después que el reloj haya pasado al régimen autónomo y corresponde a 2×10^{-6} (2 ppm). Si no hay variaciones de temperatura, el término $a_2 S$ no deberá contribuir al error de fase.

NOTA 3 – La deriva b se debe al envejecimiento: $1,16 \times 10^{-4} \text{ ns/s}^2$ corresponde a una deriva de frecuencia de 1×10^{-8} /día (0,01 ppm/día). Este valor se obtiene a partir de las características típicas de envejecimiento después de 10 días de funcionamiento continuo. No se pretende medir este valor cada día porque predominará el efecto de la temperatura.

NOTA 4 – El desplazamiento de fase c tiene en cuenta cualquier cambio de fase adicional que pueda surgir durante la transición al entrar en el estado de régimen autónomo.

En la Figura 13 se resume el requisito global resultante para temperatura constante (es decir, cuando el efecto de la temperatura es despreciable).

$$\Delta T(S) = \left(a_1 S + \frac{b}{2} S^2 + c \right) \quad [\text{ns}]$$

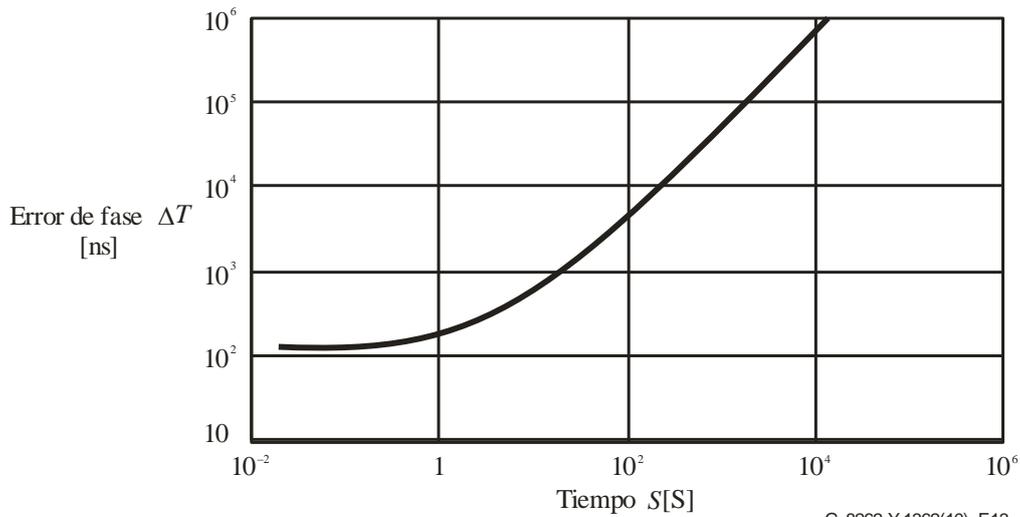


Figura 13 – Error de fase admisible para EEC-Opción 1 que funciona en régimen autónomo a temperatura constante

11.2.2 EEC-Opción 2

Cuando el EEC pierde todas sus referencias, pasa al estado de régimen autónomo. El error de fase, ΔT , a la salida del reloj esclavo en el momento en que se pérdida de referencia no deberá rebasar el siguiente límite durante un periodo de S segundos:

$$|\Delta T(S)| \leq \{ (a_1 + a_2)S + 0,5bS^2 + c \} \quad [\text{ns}]$$

La derivada de $\Delta T(S)$, el desplazamiento de frecuencia fraccionaria, debe cumplir lo siguiente durante cualquier periodo de S segundos:

$$\left| d(\Delta T(S))/dS \right| \leq \{ a_1 + a_2 + bS \} \quad [\text{ns/s}]$$

La segunda derivada de $\Delta T(S)$, la deriva de frecuencia fraccionaria, debe cumplir lo siguiente durante cualquier periodo de S segundos:

$$\left| d^2(\Delta T(S))/dS^2 \right| \leq d \quad [\text{ns/s}^2]$$

Al aplicar los anteriores requisitos a la derivada de $\Delta T(S)$ y a la segunda derivada de $\Delta T(S)$, el periodo S debe comenzar después de que haya transcurrido todo transitorio asociado a la entrada en régimen autónomo. Durante este periodo transitorio, se aplican los requisitos de la cláusula 11.4.2.

NOTA 1 – a_1 representa el desplazamiento inicial de frecuencia a temperatura constante (± 1 K).

NOTA 2 – a_2 representa las variaciones de temperatura después de que el reloj haya entrado en régimen autónomo. Si no se producen variaciones de temperatura, el término $a_2 S$ no debería contribuir al error de fase.

NOTA 3 – b representa la deriva media de frecuencia debida al envejecimiento. Este valor se obtiene a partir de las características típicas de envejecimiento después de 60 días de funcionamiento continuo. No se pretende medir este valor cada día porque predominará el efecto de la temperatura.

NOTA 4 – El desplazamiento de fase c tiene en cuenta cualquier cambio de fase adicional que pueda surgir durante la transición al entrar en el estado de régimen autónomo.

NOTA 5 – d representa la velocidad de deriva temporal de frecuencia a temperatura constante máxima permitida durante el régimen libre. Ahora bien, no es necesario que d y b sean iguales. Obsérvese que durante algunos periodos, especialmente los breves, este parámetro puede ser difícil de comprobar y el valor medido quizá no tenga significado.

En el Cuadro 15 se muestra la especificación de error de fase admisible para EEC-Opción 2.

Cuadro 15 – Especificación de la respuesta transitoria durante el funcionamiento en régimen autónomo

	EEC-Opción 2
Se aplica a	$S > \text{TBD}$
a_1 [ns/s]	50
a_2 [ns/s]	300
b [ns/s ²]	$4,63 \times 10^{-4}$
c [ns]	1 000
d [ns/s ²]	$4,63 \times 10^{-4}$
TBD: por determinar.	

11.3 Respuesta de fase a interrupciones de la señal de entrada

11.3.1 EEC-Opción 1

Para interrupciones breves de las señales de sincronización entrantes que no originan conmutación de referencia, la variación de fase de salida no deberá rebasar los 120 ns, con un desplazamiento de frecuencia máximo de 7,5 ppm durante un periodo máximo de 16 ms.

11.3.2 EEC-Opción 2

Queda pendiente de estudio.

11.4 Discontinuidad de fase

11.4.1 EEC-Opción 1

En los casos de prueba interna infrecuente u otras perturbaciones internas (pero excluidos los fallos importantes del soporte físico, por ejemplo, los que originarían conmutaciones de protección del equipo de reloj) del reloj del equipo de Ethernet síncrona, se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- la variación de fase en cualquier periodo S (ms) de hasta 16 ms no deberá exceder de $7,5 S$ ns;
- la variación de fase durante cualquier periodo S (ms) de 16 ms hasta 2,4 s no deberá exceder de 120 ns;
- para periodos mayores que 2,4 s, la variación de fase para cada intervalo de 2,4 s no deberá exceder de 120 ns con un desplazamiento temporal no superior a 7,5 ppm hasta un total de 1 μ s.

11.4.2 EEC-Opción 2

En los casos de prueba interna infrecuente u operaciones de reajuste con el reloj esclavo, el transitorio de fase a la salida del EEC-Opción 2 debe cumplir las especificaciones MTIE indicadas en el Cuadro 16.

Cuadro 16 – MTIE a la salida debido a la conmutación de referencia/ operaciones de reajuste para EEC-Opción 2

Límite de MTIE [ns]	Intervalo de observación τ [s]
No especificado	$\tau \leq 0,014$
$7,6 + 885 \tau$	$0,014 < \tau \leq 0,5$
$300 + 300 \tau$	$0,5 < \tau \leq 2,33$
1 000	$2,33 < \tau$

Este requisito de MTIE se ilustra en la Figura 14.

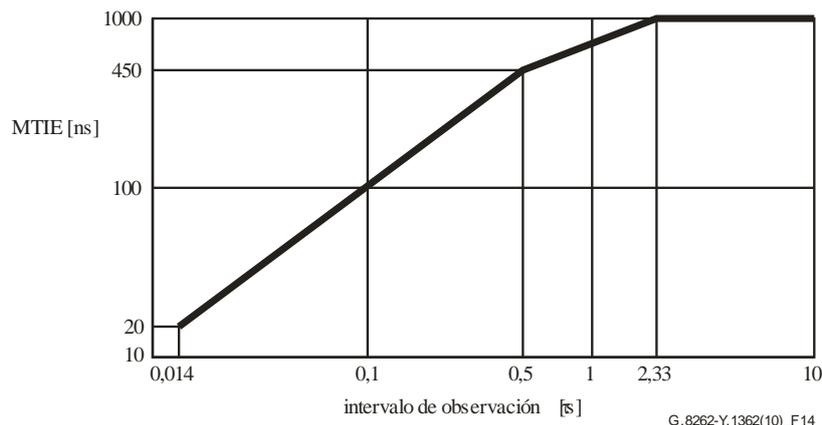


Figura 14 – MTIE a la salida debido a la conmutación de referencia/ operaciones de reajuste para EEC-Opción 2

12 Interfaces

Los requisitos de esta Recomendación se relacionan con los puntos de referencia internos de los elementos de red (NE) en los que está insertado el reloj y, por consiguiente no están necesariamente disponibles para medición o análisis por el usuario. En consecuencia, el funcionamiento del EEC no se define en estos puntos de referencia internos, sino en las interfaces externas del equipo.

Las interfaces de entrada y salida de sincronización para el equipo Ethernet en los que el EEC puede estar integrado son:

- interfaces 1544-kbit/s con arreglo a [ITU-T G.703];
- interfaces externas 2048-kHz con arreglo a [ITU-T G.703];
- interfaces 2048-kbit/s con arreglo a [ITU-T G.703];
- interfaces de tráfico STM-N (para elementos de red híbridos);
- interfaz 64-kHz con arreglo a [ITU-T G.703];
- interfaces externas 6312-kHz con arreglo a [ITU-T G.703];
- interfaces de Ethernet síncrona.

Obsérvese que las interfaces indicadas pueden no existir en todos los equipos. Estas interfaces deben cumplir los requisitos de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase definidos en la presente Recomendación.

Las interfaces de cobre Ethernet permiten el modo semidúplex y las colisiones en una línea que podría silenciar las señales y destruir la temporización; por consiguiente, las interfaces Ethernet síncronas sólo deben funcionar en modo dúplex total y tener un tren de bits continuo.

NOTA – En aras de la interoperatividad con los equipos de red existentes, las interfaces de entrada y salida de los relojes de red externos pueden opcionalmente emplear el canal de mensajes de sincronización (SSM).

12.1 Interfaces de sincronización externas

La sincronización de equipo Ethernet exigirá dar soporte a diversos tipos de interfaces de sincronización externas que permitan obtener la sincronización a partir de un reloj SSU/BITS [ITU-T G.812], de la salida de un reloj de equipo SDH (SEC) [ITU-T G.813] o de otro equipo de Ethernet síncrona como se especifica en la presente Recomendación.

Los principales objetivos son:

- ofrecer una fácil migración desde las arquitecturas de distribución de sincronización existentes basadas en la transmisión de la jerarquía digital síncrona (SDH) a futuras arquitecturas de sincronización basadas en el transporte Ethernet a escala de operador con un EEC integrado;
- garantizar que la sincronización (frecuencia) se transporte en la capa física donde no está sujeta a degradaciones de la carga.

En el Cuadro 17 se muestra el tipo de interfaz externa.

Cuadro 17 – Tipo de interfaz externa

Tipo de interfaz externa	Soporte
Basada en [ITU-T G.703] 2,048 MHz/2,048 Mbit/s 1,544 MHz/1,544 Mbit/s	Arquitectura tradicional/inicial de frecuencia NOTA – Permite la transición de la arquitectura tradicionales basada en SDH a la arquitectura Ethernet síncrona inicial a escala de operador que reutilice la funcionalidad existente de unidad de suministro de sincronización (SSU)
Ethernet síncrona (velocidad por determinar)	Requisito inicial de frecuencia

Los demás tipos de interfaz externa quedan pendientes de estudio.

NOTA – El soporte por Ethernet síncrona de la transferencia de tiempo (es decir, tiempo y frecuencia) queda pendiente de estudio.

Apéndice I

Elementos de red híbridos que utilizan interfaces STM-N y Ethernet (ETY)

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

Los relojes EEC pueden admitir la utilización de elementos de red (NE) híbridos en cualquier lugar de la cadena de sincronización, como se muestra en el Apéndice XII de [ITU-T G.8261]. La Figura I.1 ilustra un elemento de red híbrido y las relaciones de sincronización entre el reloj del equipo (EC) y las interfaces STM-N y ETY.

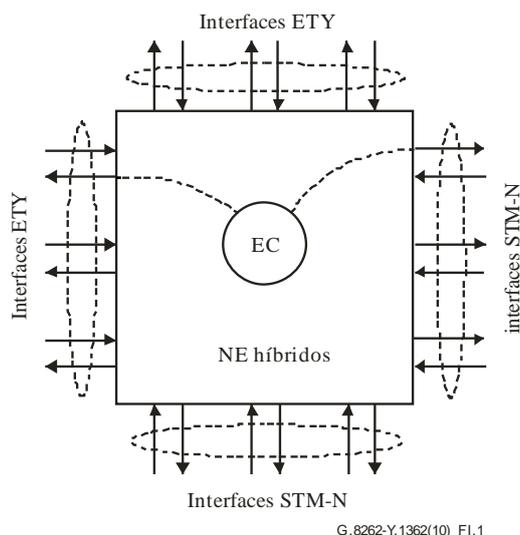


Figura I.1 – NE híbridos que utilizan las interfaces STM-N y Ethernet (ETY)

En el caso de los NE híbridos, la transferencia de temporización puede realizarse desde cualquier interfaz de entrada hacia cualquier tipo de interfaz de salida, como se indica en el Cuadro I.1.

Cuadro I.1 – Combinación de puertos de entrada y salida para la distribución de temporización

Entrada de temporización	Salida de temporización
STM-N	STM-N
STM-N	ETY
STM-N	T4
ETY	STM-N
ETY	ETY
ETY	T4
T3	STM-N
T3	ETY

La utilización de interfaces ETY para la distribución de temporización y la utilización de NE híbridos no debe requerir la modificación de los NE SDH o los relojes (PRC, SSU) desplegados, por ejemplo, no se requiere un nuevo punto código SSM para las interfaces STM-N interfaces. El punto código "0000" tampoco debe utilizarse.

Apéndice II

Relación entre los requisitos contenidos en la presente Recomendación y los de otras Recomendaciones fundamentales relativas a la sincronización

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

El presente apéndice se describe la relación entre los requisitos de funcionamiento del reloj contenidos en el cuerpo principal de la presente Recomendación y los de otras Recomendaciones fundamentales relativas a la sincronización que están en fase de desarrollo o se han elaborado en el marco de la Cuestión 13 (Sincronización de redes y calidad de funcionamiento de la distribución de señales horarias) de la Comisión de Estudio 15 del UIT-T.

En la presente Recomendación se describen los requisitos de calidad de funcionamiento para los relojes de Ethernet síncrona. El concepto básico de Ethernet síncrona se describe en [ITU-T G.8261], la primera Recomendación UIT-T que trata de los aspectos relativos a la sincronización de red aplicables a las redes de paquetes.

Los relojes descritos en esta Recomendación, cuando se integran en elementos de red Ethernet, permiten transferir temporización trazable de red por la capa física de Ethernet. En este contexto, la capa física de Ethernet se define en [IEEE 802.3].

Los requisitos de calidad de funcionamiento en esta Recomendación se obtienen de Recomendaciones existentes. Los requisitos de EEC-Opción 1 se basan en el reloj de la Opción 1 de [ITU-T G.813] y los de EEC-Opción 2 se basan en el reloj de tipo IV de [ITU-T G.812], desplegado en un elemento de red SDH.

Los dos relojes EEC ofrecen prestaciones similares, pero se han concebido para utilizarse en redes optimizadas para la jerarquía 2-Mbit/s (Opción 1) o para la jerarquía 1544-kbit/s (Opción 2). Como los relojes EEC son coherentes con los relojes de elemento de red SDH utilizado en la distribución de frecuencia, el diseño de la red de sincronización no exigirá cambio alguno a las actuales prácticas de ingeniería de red.

Las redes de sincronización se basan en general en la distribución de sincronización SDH descrita en [ITU-T G.803]. La distribución de sincronización ajustarse a prácticas regionales específicas a fin de satisfacer los requisitos fundamentales de calidad de funcionamiento y los límites de las interfaces de red [b-ITU-T G.823] o [b-ITU-T G.824] para la jerarquía 2048-kbit/s o 1544-kbit/s, respectivamente. Tanto [b-ITU-T G.823] como [b-ITU-T G.824] son trazables a los objetivos de tasa de deslizamiento fundamentales de [b-ITU-T G.822].

Los relojes EEC se especifican con el objetivo de funcionar de manera coherente con las redes de sincronización existentes. El EEC Opción 1 puede desplegarse en la red de distribución de sincronización de manera exactamente idéntica a SEC de [ITU-T G.813], mientras que el EEC Opción 2 puede desplegarse como los relojes existentes de tipo IV de [ITU-T G.812].

Apéndice III

Lista de interfaces Ethernet aplicables a Ethernet síncrona

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

En el Cuadro III.1 se indican todas las interfaces Ethernet enumeradas en [IEEE 802.3]. Se especifican las interfaces Ethernet que son válidas para el funcionamiento de Ethernet síncrona. Pueden existir otras interfaces, ya que la lista no es exhaustiva y puede actualizarse.

Al generar esta lista se ha tomado en consideración lo siguiente.

CSMA/CD

[IEEE 802.3] especifica dos modos de funcionamiento: semidúplex y dúplex completo.

Las interfaces Ethernet originales se desarrollaron para una solo medio que compartían múltiples estaciones extremo que utilizan acceso múltiple por detección de portadora y con detección de colisiones (CSMA/CD). Muchas interfaces emplean medios separados (o portadoras separadas) para la comunicación bidireccional entre estaciones extremo. La utilización del modo semidúplex en tales servidores de medios punto a punto bidireccionales sirve para simular el comportamiento del modo tradicional de medios compartidos. En todos los casos, no existe diferencia en el comportamiento PHY entre los modos semidúplex y dúplex completo. La funcionalidad semidúplex se controla en la subcapa de control de acceso al medio (MAC) y sólo afecta al transporte por paquetes en la capa 2 y superiores.

Las interfaces denominadas CSMA/CD pueden utilizarse para Ethernet síncrona en todos los casos donde los medios se transmiten punto a punto.

Señal constante

La interfaz debe transportar permanentemente una señal.

Esta señal debe codificarse de modo que se garanticen las transiciones a fin de que el reloj pueda recuperarse. Para ello se recurre a la codificación 64B/66B en algunas interfaces 10G; a la señalización DSQ-128 (2 x 2 pares, PAM-16) para 10G por pares de cable trenzados; a la codificación 8B/10B en algunas interfaces 1G y 10G por 4 canales de fibra o cobre; a la codificación 4D-PAM-5 para 1G por interfaces de pares de cobre trenzados; a la codificación 4B/5B para algunas interfaces 100M; y a la MLT-3 para 100M por interfaces de pares de cobre trenzados.

Todas las capas físicas (PHY) punto a punto IEEE 802.3 que funcionan a velocidades de 100 Mbit/s o mayores utilizan señalización constante.

Maestro/esclavo

Algunas interfaces bidireccionales están diseñadas para disponer de un lado, designado reloj maestro y que actúa como generador del reloj, y otro lado denominado esclavo, que está forzado a recuperar el reloj.

Esta configuración sólo permite emplear Ethernet síncrona unidireccional. Estas condiciones pueden anunciarse bajo la supervisión del proceso de canal de mensajes de sincronización Ethernet (ESMC), definido en [ITU-T G.8264] donde se presentan las interfaces reducidas de Ethernet síncrona. Para tales interfaces, la resolución maestro/esclavo se debe forzar en la gestión de la estación como se define en la correspondiente cláusula de [IEEE 802.3], de conformidad con la arquitectura de red de sincronización. El estado de la interfaz reducida ESMC se debe sincronizar con el estado de maestro/esclavo.

Dos ejemplos del funcionamiento del reloj en modo maestro/esclavo son 1000BASE-T y 10GBASE-T.

Autonegociación

El mecanismo de autonegociación definido por algunas configuraciones de la capa física (PHY) se utiliza para encontrar el modo de funcionamiento mutuamente utilizado para dos asociados en el momento de inicio del enlace. El algoritmo siempre favorece una velocidad mayor respecto a una velocidad inferior y dúplex completo respecto de semidúplex. Dado que la negociación se produce al iniciar del enlace, debe ser compatible con Ethernet síncrona pero quizá no lo sea con el plan de distribución de sincronización. Obsérvese que la negociación es una opción para algunos tipos PHY y la velocidad y modo dúplex PHY admitidas puede quedar determinada por la gestión.

Obsérvese que hay algunos casos en los que la autonegociación podría aparecer durante el funcionamiento, por ejemplo, durante una actualización. La autonegociación no debe repercutir en las velocidades y los relojes para ser compatibles con Ethernet síncrona.

Bucle físico

Todas las funcionalidades del bucle físico especificadas en los enlaces dúplex completos que interrumpen el enlace para prueba/verificación "en el servicio" no son compatibles con Ethernet síncrona. Así, sólo deben estar autorizadas durante la configuración del enlace.

Punto a multipunto

Algunas interfaces PHY están concebidas para funcionar en modo punto a multipunto por redes ópticas pasivas. Dichos enlaces utilizan señalización intermitente en el sentido ascendente pero pueden resultar adecuadas para Ethernet síncrona unidireccional.

Otros casos

Algunos de los tipos PHY más antiguos son raramente utilizados y no es necesario tomarlos en consideración, por ejemplo los dos tipos PHY definidos para la línea digital de abonado (DSL).

Cuestiones de implementación

Algunas interfaces transmiten señales por fibras o cables paralelos. Estas interfaces utilizan una sola fuente de reloj para todas las pistas físicas, pero el reloj recuperado (y el punto de referencia para poner el sello de tiempo) puede variar en función de la definición de funcionamiento multipista. No ha quedado claro en este punto si se necesitará otra definición para el funcionamiento de Ethernet síncrona por estas interfaces.

Habida cuenta de las consideraciones anteriores, en el Cuadro III.1 se indican las interfaces PHY especificadas por [IEEE 802.3] y se indican las que podrían considerarse para la compatibilidad de Ethernet síncrona, las que no deben considerarse y las que sólo son unidireccionales.

Cuadro III.1 – Lista de interfaces Ethernet admisibles para Ethernet síncrona

PHY	Descripción	Cláusula de [IEEE 802.3]	Codificación	Apta para Ethernet síncrona
10BASE2	10 Mbit/s coaxial	10	Manchester, intermitente	No
10BASE5	10 Mbit/s coaxial	8	Manchester, intermitente	No (Nota 1)
10BASE-F	10 Mbit/s fibra	15	NRZ, intermitente	No
10BASE-FP	10 Mbit/s fibra, estrella	16	NRZ, intermitente	No (Nota 1)
10BASE-T	10 Mbit/s TP cobre	14	Manchester, intermitente	No

Cuadro III.1 – Lista de interfaces Ethernet admisibles para Ethernet síncrona

PHY	Descripción	Cláusula de [IEEE 802.3]	Codificación	Apta para Ethernet síncrona
100BASE-BX10	100 Mbit/s fibra bidir	58, 66	4B/5B	Sí
100BASE-FX	100 Mbit/s fibra	24, 26	4B/5B	Sí
100BASE-LX10	100 Mbit/s fibra	58, 66	4B/5B	Sí
<i>100BASE-T2</i>	<i>100 Mbit/s TP cobre</i>	<i>32</i>	<i>PAM-5</i>	<i>No (Nota 1)</i>
<i>100BASE-T4</i>	<i>100 Mbit/s TP cobre</i>	<i>23</i>	<i>8B6T</i>	<i>No (Nota 1)</i>
100BASE-TX	100 Mbit/s TP cobre	24, 25	MLT-3	Sí
1000BASE-BX10	1 Gbit/s fibra bidir.	59, 66	8B/10B	Sí
1000BASE-CX	1 Gbit/s twinax	39	8B/10B	Sí
1000BASE-KX	1 Gbit/s plano anterior	70	8B/10B	Sí
1000BASE-LX	1 Gbit/s fibra	38	8B/10B	Sí
1000BASE-PX	1 Gbit/s PON	38	8B/10B	Unidireccional
1000BASE-SX	1 Gbit/s fibra	38	8B/10B	Sí
1000BASE-T	1 Gbit/s TP cobre	40	4D-PAM5	Unidireccional (Nota 2)
<i>10BROAD36</i>	<i>10 Mbit/s coax</i>	<i>11</i>	<i>BPSK</i>	<i>No (Nota 1)</i>
10GBASE-CX4	10 Gbit/s 4x twinax	54	8B/10B	Sí
10GBASE-ER	10 Gbit/s fibra	49, 52	64B/66B	Sí
10GBASE-EW	10 Gbit/s fibra	50, 52	64B/66B	Sí
10GBASE-KR	10 Gbit/s plano anterior	72	64B/66B	Sí
10GBASE-KX4	10 Gbit/s 4x plano anterior	71	8B/10B	Sí
10GBASE-LR	10 Gbit/s fibra	49, 52	64B/66B	Sí
10GBASE-LRM	10 Gbit/s fibra	68	64B/66B	Sí
10GBASE-LW	10 Gbit/s fibra	50, 52	64B/66B	Sí
10GBASE-LX4	10 Gbit/s 4λ fibra	50, 52	8B/10B	Sí
10GBASE-SR	10 Gbit/s fibra	49, 52	64B/66B	Sí
10GBASE-SW	10 Gbit/s fibra	50, 52	64B/66B	Sí
10GBASE-T	10 Gbit/s TP cobre	55	DSQ-128	Sí (Nota 3)

Cuadro III.1 – Lista de interfaces Ethernet admisibles para Ethernet síncrona

PHY	Descripción	Cláusula de [IEEE 802.3]	Codificación	Apta para Ethernet síncrona
10PASS-TS	>10 Mbit/s DSL	61, 62	DMT	No
<i>1BASE-5</i>	<i>1 Mbit/s TP cobre</i>	<i>12</i>	<i>Manchester</i>	<i>No (Nota 1)</i>
2BASE-TL	>2 Mbit/s DSL	61, 63	PAM	No
10/1GBASE-PR	10 Gbit/s/1 Gbit/s PON	76	64B/66B/8B/10B	Unidireccional
10GBASE-PR	10 Gbit/s PON	76	64B/66B	Unidireccional
40GBASE-KR4	40 Gbit/s 4x plano anterior	84	64B/66B	Sí
40GBASE-CR4	40 Gbit/s 4x twinax	85	64B/66B	Sí
40GBASE-SR4	40 Gbit/s 4x fibra	86	64B/66B	Sí
40GBASE-LR4	40 Gbit/s 4λ fibra	87	64B/66B	Sí
100GBASE-CR10	100 Gbit/s 10x twinax	85	64B/66B	Sí
100GBASE-SR10	100 Gbit/s 10x fibra	86	64B/66B	Sí
100GBASE-LR4	100 Gbit/s 4λ fibra	88	64B/66B	Sí
100GBASE-ER4	100 Gbit/s 4λ fibra	88	64B/66B	Sí

NOTA 1 – Estas filas (en cursivas) están obsoletas.

NOTA 2 – La transferencia de ruido no se mide en las interfaces temporizadas en bucle.

NOTA 3 – 10GBASE-T puede soportar señales de doble maestro o maestro/esclavo (es decir, Ethernet síncrona unidireccional).

Apéndice IV

Consideraciones relativas a Ethernet síncrona por 1000BASE-T y 10GBASE-T

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

Ethernet síncrona exige que se configuren los correspondientes parámetros de sincronización de los elementos de red (por ejemplo, enlace seleccionado como posible referencia de sincronización, prioridad) con arreglo al plan de sincronización de red.

A continuación se analizan las interfaces 1000BASE-T y 10GBASE-T, ya que en éstas la dirección de temporización puede resultar incompatible con el plan de sincronización de red debido a la configuración de la relación maestro-esclavo definida por [IEEE 802.3].

NOTA – Lo siguiente se aplica a las interfaces unidireccionales (desde el punto de vista de la sincronización). La aplicación de reglas similares a enlaces en un anillo donde la cadena de sincronización tiene que invertirse queda pendiente de estudio.

A continuación se utiliza el siguiente convenio:

- maestro/esclavo del reloj: estado maestro o esclavo de IEEE 802.3.
- maestro/esclavo de sincronización: estado maestro o esclavo de la cadena de temporización de sincronización UIT-T G.8264

Para permitir la adecuada configuración de SyncE por los enlaces 1000BASE-T y 10GBASE-T, la capa Ethernet PHY podría configurarse de manera manual o con autonegociación.

Si se emplea configuración manual, el operador debe configurar correctamente los parámetros maestro/esclavo del reloj de los puertos PHY de conformidad con el plan de sincronización de red, de modo que los posibles relojes para esclavos de sincronización sean esclavos de reloj y los puertos maestros de sincronización sean maestros de reloj. La utilización de configuración manual, si no se efectúa debidamente, puede causar un fallo y la consiguiente pérdida de conexión de tráfico con el equipo.

Por ejemplo, si por error ambos extremos se fuerzan a ser maestros, se produce un fallo de configuración (véase el Cuadro 40-5 – Resolución de configuración maestro-esclavo de 1000BASE-T en [IEEE 802.3]).

Si se emplea autonegociación, el elemento de red evita los anteriores posibles problemas, impidiendo así que el enlace deje de funcionar.

NOTA – En este caso, aun cuando los puertos PHY no se configuren con arreglo al plan de sincronización de red, la autonegociación puede fracasar al intentar obtener la sincronización de la red nominal (sin indicar dicha discrepancia de temporización) pero no pondrá en peligro la posibilidad de obtener tráfico Ethernet nominal, y se podrán tomar medidas ulteriores para corregir la configuración del puerto PHY.

A continuación se describe una posible secuencia de pasos que se han de seguir cuando se recurre a la autonegociación.

NOTA – Se supone que estas interfaces de Ethernet síncrona se configuran en el modo de funcionamiento síncrono:

- 1) Todos los puertos 1000BASE-T y 10GBASE-T deben permitir la autonegociación.
- 2) La autonegociación se inicia:
 - En el caso de 1000BASE-T, todos los puertos se configurarán con el Bit 9,12 = 0 (autonegociación – no forzada). Si un puerto interviene en el plan de sincronización de red, el puerto que debe actuar de maestro de sincronización debe configurarse con el Bit 9,10 = 1 (Cuadro 40-3 en [IEEE 802.3]) y el puerto que debe actuar de esclavo de

sincronización debe configurarse con Bit 9,10 = 0. Si no se dispone de detalles sobre el plan de sincronización de red, los puertos se deben configurar con 9,10 = 1. La configuración se realiza con arreglo al Cuadro 40-5 en [IEEE 802.3] ("El dispositivo con el valor SEED más elevado se configura como MAESTRO, si no como ESCLAVO"). Cuando sí se disponen de detalles sobre el plan de sincronización de red y los puertos configurados con Bit 9,10 = 1 como estado por defecto preferido, se puede modificar el 9,10 en el esclavo de sincronización únicamente, por lo general en el trayecto de datos del enlace descendente (véase el punto 4 *infra*).

NOTA – Disponer de puertos con el Bit 9,10 = 0 como estado por defecto preferido requiere la modificación del Bit 9.10 en el lado del maestro de sincronización únicamente, obteniéndose un resultado similar. La presente Recomendación sugiere una configuración por defecto para facilitar la interoperatividad.

- En el caso de 10GBASE-T, todos los puertos habrán de configurarse con el Bit U11= 0 (véase el Cuadro 55-11 en [IEEE 802.3]). Si un puerto está implicado en el plan de sincronización de red, el puerto que debe actuar de maestro de sincronización debe configurarse con Bit U13 = 1 (dispositivo multipuerto, véase el Cuadro 55-11 en [IEEE 802.3]) y el puerto que debe actuar de esclavo de sincronización debe configurarse con Bit U13 = 0 (dispositivo de un solo puerto, véase el Cuadro 55-11 en [IEEE 802.3]). Si los detalles en el plan de sincronización de red no están disponibles, los puertos deben configurarse con Bit U13 = 1.

Cuando se dispone de detalles sobre el plan de sincronización de red y los puertos configurados con bit U13 =1 como estado por defecto preferido, se puede modificar el Bit U13 en el esclavo de sincronización únicamente, por lo general en el trayecto de datos descendente (véase el punto 4 *infra*).

NOTA – Disponer de puertos con el Bit U13 = 0 como estado por defecto preferido requiere la modificación del Bit U13 en el lado del maestro de sincronización únicamente, obteniéndose un resultado similar. La presente Recomendación sugiere una configuración por defecto para facilitar la interoperatividad.

- 3) Debe realizarse configuración de los parámetros de sincronización de red en el nodo con arreglo al plan de sincronización de red y se debe verificar después de que el maestro/esclavo de reloj de los puertos 1000BASE-T o 10GBASE-T se haya completado. Llegado este punto, los enlaces en los nodos que son esclavos de reloj pueden configurarse como candidatos de sincronización (si así lo exige el plan de sincronización de red).
- 4) Si el plan de sincronización de red está disponible sólo después de que se haya completado el procedimiento de maestro/esclavo de reloj, y si el puerto 1000BASE-T o 10GBASE-T no es el esclavo de reloj, puro debe ser el posible esclavo de sincronización según el plan de sincronización de red ("esclavo de sincronización"), este puerto deberá iniciar un cambio de dirección de reloj (como parte de la configuración del candidato de sincronización) mediante las herramientas definidas en el Cuadro 40-3 (1000BASE-T) y el Cuadro 55-11 (10GBASE-T) de [IEEE 802.3]. En particular:

- en el caso de 1000BASE-T, para este puerto, Bit 9.10 = 0
- en el caso de 10GBASE-T, para este puerto, Bit U13 = 0

NOTA 1 – Todo cambio en los parámetros de autonegociación IEEE 802.3 causará un reinicio de la interfaz, produciendo un fallo del enlace durante cierto tiempo (que puede llegar a varios segundos).

NOTA 2 – Cuando no se siguen debidamente estos pasos (por ejemplo, algunos de los nodos se han configurado manualmente), podría ser necesaria una alarma específica a fin de notificar al operador para que tome las medidas necesarias.

Apéndice V

Consideraciones para medir la transferencia de ruido de relojes EEC-Opción 2

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

La transferencia de ruido de un reloj EEC se comporta generalmente como un sistema de segundo orden. Los principales parámetros que afectan a la acumulación de fluctuación lenta de fase en la red son el ancho de banda de transferencia y los picos de ganancia admisibles.

Un método común para medir la transferencia de ruido para las redes de la Opción 2 consiste en utilizar mediciones de la desviación TDEV. Dado que la tolerancia del reloj se mide utilizando una señal que cumple el límite de red TDEV, al medir la TDEV de salida se obtiene una idea del filtrado que produce el reloj. Alguna consideración es necesaria para acomodar los picos de ganancia. Para el EEC-Opción 2, el de salida TDEV aumenta en aproximadamente un 2% a fin de reflejar la ganancia adecuada.

El TDEV de salida no debe rebasar la curva de la Figura 11 cuando la señal de referencia se encuentra al nivel de ruido dado por la curva de tolerancia TDEV especificada en la Figura 8 de la presente Recomendación.

El ancho de banda del reloj es aproximadamente el punto de ruptura observable en un tiempo de observación de 3 segundos. En el Apéndice I de [ITU-T G.812] se detalla la relación aproximada entre el ancho de banda del reloj y la TDEV.

Obsérvese que, según [b-ITU-T O.174], quizá sea necesario tener en cuenta las fuentes adicionales de errores de medición si se utiliza esta metodología para verificar las características de transferencia. Según [b-ITU-T O.174], la precisión necesaria de generación de ruido TDEV del equipo de medición es de sólo el 20%; por consiguiente, la amplitud del ruido debe calibrarse meticulosamente antes de medir la función de transferencia del reloj.

En algunos casos, la utilización de señales sinusoidales aplicadas a la entrada y medidas a la salida puede resultar adecuada para determinar las características de transferencia del reloj, como se especifica para los relojes de la Opción 1. Dado que la ganancia de transferencia permitida en el equipo sujeto a prueba es de sólo un 2%, se debe prestar atención a la exactitud del equipo de medición y del método de prueba. La especificación de este método queda pendiente de estudio.

La curva de transferencia de ruido TDEV de salida para los relojes EEC-Opción 2 figura en el Cuadro 13. La TDEV resultante se muestra en la curva de la Figura 11.

Bibliografía

- [b-ITU-T G.783] Recomendación UIT-T G.783 (2006), *Características de los bloques funcionales del equipo de la jerarquía digital síncrona.*
- [b-ITU-T G.801] Recomendación UIT-T G.801 (1988), *Modelos de transmisión digital.*
- [b-ITU-T G.822] Recomendación UIT-T G.822 (1988), *Objetivos de tasa de deslizamientos controlados en una conexión digital internacional.*
- [b-ITU-T G.823] Recomendación 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.*
- [b-ITU-T G.824] Recomendación 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.*
- [b-ITU-T G.8010] Recomendación UIT-T G.8010/Y.1306 (2004), *Arquitectura de redes de capa Ethernet.*
- [b-ITU-T O.174] Recomendación UIT-T O.174 (2009), *Aparato de medida de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona.*
- [b-ITU-T Q.551] Recomendación UIT-T Q.551 (2002), *Características de transmisión de las centrales digitales.*

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y
**INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET Y
 REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN**

INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN	
Generalidades	Y.100–Y.199
Servicios, aplicaciones y programas intermedios	Y.200–Y.299
Aspectos de red	Y.300–Y.399
Interfaces y protocolos	Y.400–Y.499
Numeración, direccionamiento y denominación	Y.500–Y.599
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.600–Y.699
Seguridad	Y.700–Y.799
Características	Y.800–Y.899
ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET	
Generalidades	Y.1000–Y.1099
Servicios y aplicaciones	Y.1100–Y.1199
Arquitectura, acceso, capacidades de red y gestión de recursos	Y.1200–Y.1299
 Transporte	Y.1300–Y.1399
Interfuncionamiento	Y.1400–Y.1499
Calidad de servicio y características de red	Y.1500–Y.1599
Señalización	Y.1600–Y.1699
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.1700–Y.1799
Tasación	Y.1800–Y.1899
Televisión IP sobre redes de próxima generación	Y.1900–Y.1999
REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN	
Marcos y modelos arquitecturales funcionales	Y.2000–Y.2099
Calidad de servicio y calidad de funcionamiento	Y.2100–Y.2199
Aspectos relativos a los servicios: capacidades y arquitectura de servicios	Y.2200–Y.2249
Aspectos relativos a los servicios: interoperabilidad de servicios y redes en las redes de la próxima generación	Y.2250–Y.2299
Mejoras de las NGN	Y.2300–Y.2399
Gestión de red	Y.2400–Y.2499
Arquitecturas y protocolos de control de red	Y.2500–Y.2599
Redes basadas en paquetes	Y.2600–Y.2699
Seguridad	Y.2700–Y.2799
Movilidad generalizada	Y.2800–Y.2899
Entorno abierto con calidad de operador	Y.2900–Y.2999
REDES FUTURAS	Y.3000–Y.3499
COMPUTACIÓN EN LA NUBE	Y.3500–Y.3999

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

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
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 multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Terminales y métodos de evaluación subjetivos y objetivos
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, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación