

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

L.1310

(08/2014)

SERIE L: MEDIO AMBIENTE Y TIC, CAMBIO CLIMÁTICO, CIBERDESECHOS, EFICIENCIA ENERGÉTICA, CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS CABLES Y DEMÁS ELEMENTOS DE PLANTA EXTERIOR

Métrica y métodos de medición de la eficiencia energética para los equipos de telecomunicaciones

Recomendación UIT-T L.1310

Recomendación UIT-T L.1310

Métrica y métodos de medición de la eficiencia energética para los equipos de telecomunicaciones

Resumen

En la Recomendación UIT-T L.1310 se definen los procedimientos de pruebas de medición de la eficiencia energética y los perfiles de medición necesarios para evaluar la eficiencia energética de los equipos de telecomunicaciones.

Se definen también los métodos de medición de la eficiencia energética y los valores de referencia para equipos de red de telecomunicaciones y equipos de interconexión de redes pequeños.

Gracias a las mediciones se pueden comparar los equipos de una misma clase, por ejemplo, equipos que utilizan las mismas tecnologías.

La comparación entre equipos de clases distintas queda fuera del alcance de esta Recomendación.

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T L.1310	2012-11-06	5	11.1002/1000/11639
2.0	ITU-T L.1310	2014-08-22	5	11.1002/1000/12205
3.0	ITU-T L.1310	2017-07-29	5	11.1002/1000/13284

Palabras clave

Eficiencia energética, metodología, métrica

* 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 2017

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	1
3 Definiciones.....	2
3.1 Términos definidos en otros documentos.....	2
3.2 Términos definidos en la presente Recomendación	2
4 Siglas y acrónimos.....	2
5 Convenios	4
6 Definición de métricas.....	4
6.1 Consideraciones generales.....	4
6.2 Jerarquía de la eficiencia energética.....	4
6.3 Eficiencia proporcional a la carga	5
6.4 Robustez de las métricas	5
6.5 Métricas y modularidad de equipos.....	5
7 Metodología de prueba general	6
7.1 Condiciones medioambientales	6
7.2 Condiciones eléctricas	6
7.3 Requisitos de metrología	6
8 Factor de informe.....	7
9 Equipos DSLAM, MSAM, GPON y GEPON.....	7
9.1 Métrica para equipos DSLAM, MSAM, GPON y GEPON.....	7
9.2 Metodologías de prueba de equipos para tecnologías de acceso de banda ancha.....	8
10 Tecnologías de acceso inalámbrico	9
10.1 Métricas para tecnologías de acceso inalámbrico	9
10.2 Metodologías de prueba para tecnologías de acceso inalámbrico.....	10
11 Encaminadores y conmutadores Ethernet.....	10
11.1 Métrica para encaminadores y conmutadores Ethernet.....	10
11.2 Metodologías de pruebas para encaminadores y conmutadores de paquetes (Ethernet, MPLS, etc.).....	11
12 Métrica de la eficiencia energética para dispositivos de red pequeños	11
12.1 Métrica para dispositivos de red pequeños.....	11
12.2 Metodologías de prueba para dispositivos de red pequeños	11
13 Multiplexores/conmutadores de transporte WDM/TDM/OTN	12
13.1 Métrica para multiplexores/conmutadores de transporte WDM/TDM/OTN.....	12
13.2 Metodologías de prueba para multiplexores/conmutadores de transporte WDM/TDM/OTN.....	12

	Página
14 Equipos convergentes ópticos y de paquetes.....	12
14.1 Métrica para equipos convergentes ópticos y de paquetes.....	12
14.2 Metodologías de prueba para equipos convergentes ópticos y de paquetes...	13
Anexo A – Métrica y metodologías de medición para equipos convergentes ópticos y de paquetes con funciones de señales de paquetes y señales TDM	14
A.1 Definición de equipo	14
A.2 Métrica de la eficiencia energética	16
A.3 Metodología de medición	17
Anexo B – Métrica y metodologías de medición para equipos convergentes ópticos y de paquetes con funciones de señales de paquetes, señales TDM y señales WDM.....	19
B.1 Definición de equipos.....	19
B.2 Métrica de la eficiencia energética	20
B.3 Metodología de medición	22
Apéndice I – Métrica alternativa para tecnologías de acceso alámbrico	25
I.1 Equipo de red DSLAM y MSAN	25
I.2 Equipo de red GPON OLT	26
I.3 Equipo de red GEPON OLT.....	26
Apéndice II – Métrica alternativa para encaminadores y conmutadores	27
II.1 Encaminadores y conmutadores que admiten el modo en espera (inactivo)..	27
II.2 Metodología de medición	28
II.3 Encaminadores y conmutadores que admiten estados energéticos explícitos.....	28
Bibliografía	29

Introducción

Por lo general, la eficiencia energética es la relación entre dos valores de consumo energético diferentes que llevan la misma unidad funcional (es decir, la relación entre trabajo útil (energía) y trabajo total (energía)). No es fácil aplicar esta definición a un sistema de telecomunicaciones porque ésta no tiene en cuenta la calidad de funcionamiento de telecomunicaciones del equipo medido.

Por consiguiente, a efectos de la presente Recomendación, la eficiencia energética se definirá como la relación entre la unidad funcional específica de una parte de equipo (es decir, el trabajo útil de telecomunicaciones) y el consumo energético de ese equipo. Por ejemplo, cuando el tiempo de transmisión y la anchura de banda de frecuencias se mantienen constantes, se considera que un sistema de telecomunicaciones que puede transportar más datos (en bits) con menos energía (en julios) es más eficiente energéticamente.

Por consiguiente, debe definirse una métrica que permita evaluar la calidad de funcionamiento de un elemento de equipo con respecto a su consumo energético.

A fin de facilitar la medición de la métrica, se suele medir la potencia en lugar del consumo energético, ya que ambas cantidades están correlacionadas por el tiempo.

Recomendación UIT-T L.1310

Métrica y métodos de medición de la eficiencia energética para los equipos de telecomunicaciones

1 Alcance

En la presente Recomendación se especifican los principios y conceptos de la métrica de eficiencia energética y los métodos de medición para equipos de red de telecomunicaciones.

En la presente Recomendación también se especifican los principios y conceptos de la métrica de eficiencia energética y los métodos de medición para pequeños equipos de red utilizados en el hogar y en pequeñas empresas.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y demás referencias contienen disposiciones que, por referencia a las mismas en este texto, constituyen disposiciones de esta 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, como documento autónomo, el rango de Recomendación.

- [ATIS-0600015.02.2009] ATIS-0600015.02.2009, *Energy Efficiency for Telecommunication Equipment: Methodology for Measurement and Reporting – Transport Requirements.*
- [ATIS-0600015.03.2013] ATIS-0600015.03.2009, *Energy Efficiency for Telecommunications Equipment: Methodology for Measurement and Reporting for Router and Ethernet Switch Products.*
- [ETSI ES 203 215] ETSI ES 203 215 V1.2.1 (2011), *Environmental Engineering (EE) Measurement Methods and Limits for Power Consumption in Broadband Telecommunication Networks Equipment.*
- [ETSI TS 102 706] ETSI TS 102 706 V1.3.1 (2013-07), *Environmental Engineering (EE) Measurement method for energy efficiency of wireless access network equipment.*
- [ISO 14040] ISO 14040:2006, *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.*
- [ISO/IEC 17025] ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.*

3 Definiciones

3.1 Términos definidos en otros documentos

Ninguno.

3.2 Términos definidos en la presente Recomendación

En la presente Recomendación se definen los siguientes términos:

3.2.1 modo activo: En los pequeños equipos de red, es el modo operacional en el que todos los puertos (WAN y LAN) están conectados, con por lo menos una conexión Wi-Fi, si está disponible una función Wi-Fi.

3.2.2 energía: "Capacidad de realizar un trabajo". En los sistemas de telecomunicaciones, cuya fuente de energía principal es la electricidad, la energía se mide en julios.

3.2.3 unidad funcional (basada en [ISO 14040]): Representación de calidad de funcionamiento del sistema analizado. Por ejemplo, para equipos de transporte, la unidad funcional es el volumen de información transmitido, la distancia a la que se transporta y su velocidad de Gbit/s. Esta expresión se utiliza ocasionalmente para indicar una producción o un trabajo útiles.

3.2.4 modo reposo: En los pequeños equipos de red, significa lo mismo que el modo activo pero sin tráfico de datos de usuario (no es un tráfico cero, ya que está presente tráfico que soporta servicio y protocolo), aunque está preparado para ser utilizado (U1 en la parte de encaminadores).

3.2.5 modo de baja potencia (espera): En los pequeños equipos de red, significa un estado que se produce cuando el dispositivo no detecta actividad del usuario durante un determinado periodo de tiempo y reduce el consumo energético. En este estado ningún puerto LAN de usuario está conectado; la Wi-Fi está activa pero ningún cliente está conectado. El puerto WAN puede estar inactivo. El dispositivo se reactiva al detectar la conexión de un puerto o dispositivo de usuario.

3.2.6 pequeño dispositivo de red: Dispositivo de red con configuración de hardware fija concebido para la utilización en hogares o pequeñas oficinas, con menos de 12 puertos. Este dispositivo puede tener una funcionalidad inalámbrica. La funcionalidad inalámbrica no se considera un puerto.

4 Siglas y acrónimos

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

ADSL2+	Transceptores para línea de abonado digital asimétrica 2 de anchura de banda ampliada
AMDC	Acceso Múltiple por División de Código
BSC	Controlador de estaciones de base
BTS	Estación transceptora de base
CA	Corriente alterna
CC	Corriente continua
DSLAM	Multiplexor de acceso de línea de abonado digital
EDGE	Velocidades de datos mejoradas para la evolución de las GSM
EER	Clasificación de eficacia energética
FP	Factor de potencia
GEAPON	Red óptica pasiva Ethernet con capacidad de gigabits
GPON	Red óptica pasiva con capacidad de gigabits

GSM	Sistema Mundial para Comunicaciones Móviles
HSPA	Acceso de alta velocidad por paquetes
IF	Interfaz
IMIX	Tráfico Internet MIX
LAN	Red de área local
LTE	Evolución a largo plazo
MAC	Control de acceso a los medios
MPLS	Conmutación por etiquetas multiprotocolo
MSAN	Nodo de acceso multiservicio
NNI	Interfaz red-red
OADM	Multiplexor óptico de adición/sustracción
OC	Portadora óptica
OLT	Terminación de línea óptica
ONT	Terminación de red óptica
OTN	Red de transporte óptica
OTU	Unidad de transporte óptica
OXC	Transconexión óptica
P2P	Punto a punto
PON	Red óptica pasiva
PONIF	Interfaz de red óptica pasiva
POTS	Servicio telefónico tradicional
PSU	Unidad de alimentación eléctrica
ROADM	Multiplexor óptico de adición/sustracción reconfigurable
RBS	Estación de base radioeléctrica
RNC	Controlador de red radioeléctrica
SDH	Jerarquía digital síncrona
SONET	Red óptica síncrona
STM	Módulo de transporte síncrono
SW	Conmutador
TDM	Multiplexación por división en el tiempo
TEER	Clasificación de eficiencia energética de telecomunicaciones
UNI	Interfaz usuario-red
VDSL2	Línea digital de abonado a muy alta velocidad binaria
WAN	Red de área extensa
WCDMA	Acceso múltiple por división de código de banda ancha
WDM	Multiplexación por división de longitud de onda
WiMAX	Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas

5 Convenios

En la presente Recomendación la expresión "consumo energético" se utiliza para describir la transformación de la energía recibida en la unidad funcional y residuos en sistemas de telecomunicaciones.

A todos los efectos prácticos, se supone que los dispositivos de sistemas de telecomunicaciones actúan como entidades únicas, con una métrica que estima la eficiencia total de la energía recibida en todo el dispositivo de telecomunicaciones.

En la presente Recomendación, la expresión "eficiencia energética" se utiliza para describir la capacidad de un sistema de telecomunicaciones de minimizar el desperdicio energético, aunque también se podía haber utilizado "potencia eficaz".

6 Definición de métricas

6.1 Consideraciones generales

La métrica de la eficiencia energética se suele definir como la relación entre la unidad funcional y la energía necesaria para proporcionar la unidad funcional. Cuanto más elevado es el valor de la métrica, mayor es la eficiencia del equipo.

También puede utilizarse la métrica inversa, energía dividida por unidad funcional.

Los puntos siguientes contienen definiciones de métricas detalladas y metodologías de prueba para diversos equipos de telecomunicación.

La clasificación de eficacia energética (*energy efficiency rating*, EER) es una métrica generalmente definida como una unidad funcional dividida por la energía utilizada. Varios tipos de equipos tienen sus propias definiciones de EER.

6.2 Jerarquía de la eficiencia energética

Una métrica de eficiencia energética se puede definir a nivel de red, a nivel de equipo/sistema y a nivel de componente. En la presente Recomendación sólo se considera obligatoria la métrica a nivel de equipo/sistema. La métrica a nivel de componente sólo se indica como sugerencia y no es obligatoria.

Se está estudiando la métrica a nivel de red.

6.2.1 Eficiencia energética a nivel de red

Las métricas a nivel de red se utilizan para evaluar la eficiencia energética de la totalidad o parte de una red (p. ej., la red de acceso de un operador). Se suelen utilizar para evaluar la red del operador para uso interno o para llevar a cabo una evaluación medioambiental. En esta Recomendación se considera que métrica a nivel de red abarca no un solo producto, sino una red de telecomunicación compuesta de equipos de interconexión diferentes.

6.2.2 Eficiencia energética a nivel de equipo/sistema

Las métricas a nivel de equipo/sistema se utilizan esencialmente para comparar equipos de telecomunicaciones de la misma tecnología. Sirven para evaluar la eficiencia energética global a nivel de equipo/sistema, que se considera una "sola caja" o "sola entidad" desde el punto de vista de la medición.

6.2.3 Eficiencia energética a nivel de componente

Las métricas a nivel de componente se pueden utilizar para el diseño, desarrollo y fabricación de equipos energéticamente eficientes. Consideran el equipo como una "caja abierta" y evalúan la calidad de eficiencia energética de sus componentes individuales. Medir y prender la eficiencia energética o el consumo energético de cada componente del equipo ayuda a identificar los obstáculos y componentes esenciales de un sistema con respecto al ahorro de energía. Debe tenerse en cuenta que esos tipos de métricas puede conducir a suboptimizaciones a menos que se consideren en el contexto de la eficiencia energética global del equipo.

6.3 Eficiencia proporcional a la carga

Hay clases de equipos de telecomunicación (p. ej. conmutadores de multiplexación por división en el tiempo (TDM)), en los que la unidad funcional es estacionaria y no cambia durante la fase de uso activo.

No obstante, un gran número de dispositivos de telecomunicación funcionan en condiciones de carga variable en las que el valor medido de una unidad funcional puede fluctuar en función de la demanda de los usuarios.

Lo ideal sería que los dispositivos de telecomunicación pudieran reducir su consumo energético proporcionalmente a la unidad funcional producida. Ahora bien, este objetivo plantea distintas dificultades y oportunidades a la hora de reconocer y responder a los periodos de baja utilización.

A fin de capturar esas capacidades, cuando están disponibles, en la presente Recomendación se define la EER como una métrica ponderada proporcional a la carga.

6.4 Robustez de las métricas

Para permitir comparaciones de equipos fiables basadas en métricas, éstas deben obtenerse de manera estrictamente conforme a la documentación del UIT-T y a los documentos de normalización referenciados.

Siempre que no sea posible la aplicación completa de la presente Recomendación por motivos tecnológicos (p. ej. nuevas tecnologías que podrían no estar abarcadas o podrían dificultar las mediciones), los fabricantes pueden declarar un valor métrico. Esas métricas declaradas deberían ser identificadas y diferenciadas claramente de un valor obtenido mediante metodologías de medición normalizadas.

6.5 Métricas y modularidad de equipos

Los equipos de telecomunicaciones están generalmente disponibles en diseño fijo y modular. En este último caso, los equipos de telecomunicaciones pueden estar configurados de distintas maneras, que pueden afectar sus clasificaciones de eficiencia. En toda la presente Recomendación se recomienda el planteamiento siguiente de la modularidad:

- 1) Las métricas para sistemas de telecomunicación modulares se obtendrán utilizando las disposiciones y configuraciones más comunes. Las métricas se comunicarán junto con la configuración de equipo de telecomunicaciones utilizada.
- 2) Las métricas para otras configuraciones de equipos de telecomunicación pueden obtenerse utilizando métricas obtenidas de configuraciones parciales. Esta metodología se describe en los procedimientos de medición pertinentes (por ejemplo, en [ATIS-0600015.02.2009] se llama "método modular" y en [ETSI ES 203 215] se llama "método alternativo").

7 Metodología de prueba general

7.1 Condiciones medioambientales

7.1.1 Temperatura

El equipo debe ser evaluado a una temperatura ambiente de $25\pm 3^{\circ}\text{C}$. El equipo propiamente dicho debe permanecer en línea o funcionar a esa temperatura ambiente durante no menos de tres horas antes de la prueba. No se permiten cambios de temperatura ambiente hasta que esté terminada la prueba.

Para ciertos tipos de equipos se necesitan mediciones adicionales a fin de probar la eficiencia energética a temperaturas superiores/inferiores indicadas en los requisitos detallados específicos del equipo.

7.1.2 Humedad

El equipo debería evaluarse con una humedad relativa del 30% al 75%.

7.1.3 Presión atmosférica

El equipo debería evaluarse con una presión atmosférica de 860 a 1060 hPa. No se admiten flujos de aire orientados salvo para ambientación normal de la sala, centro de datos o refrigeración de bastidores.

7.2 Condiciones eléctricas

7.2.1 Corriente continua

La corriente continua (CC) que alimenta el equipo será de $-55,5$ a $-52,5$ V ($-54 \pm 1,5$ V).

7.2.2 Tensión alterna y frecuencia

La alimentación del equipo (todas las alimentaciones activas) tendrá la tensión nominal especificada $\pm 5\%$ y la frecuencia especificada $\pm 1\%$. Si el equipo puede funcionar con tensiones nominales diferentes, la medición se efectuará con una de las tensiones nominales especificadas.

Un adaptador externo de corriente alterna (CA)/CC se considera parte integrante del equipo.

NOTA – El UIT-T está elaborando Recomendaciones sobre adaptadores CA/CC. El adaptador CA/CC debe ser conforme a esas Recomendaciones, en su caso.

7.3 Requisitos de metrología

Cada alimentación de energía activa debe tener el potenciómetro (corriente) instalado en la línea de alimentación con una precisión deseada no inferior a $\pm 1\%$ del nivel de potencia real. El potenciómetro debe incluir corrección para el factor de potencia (FP) en las alimentaciones CA. En caso contrario, será necesario registrar también el FP en el informe de medición. Todos los cálculos de consumo energético se basan en el promedio de múltiples lecturas durante las mediciones. Los potenciómetros deben ser capaces de producir no menos de 100 lecturas espaciadas regularmente durante toda la duración del ciclo de prueba.

Todos los instrumentos de medición utilizados deben haber sido calibrados por un instituto nacional de metrología homólogo, tener al día la fecha de calibrado y tener una tolerancia de medición inferior a $\pm 1\%$:

- 1) Las fuentes de alimentación utilizadas para alimentar el equipo probado deben poder proporcionar como mínimo 1,5 veces la potencia nominal del equipo probado.

- 2) Los instrumentos de medición de potencia (como voltímetros, amperímetros o analizadores de potencia) tendrán una resolución de 0,5% o superior. Los instrumentos de medición de corriente alterna tendrán las características mínimas siguientes:
- i) una frecuencia mínima de muestreo de digitalización de 40 kHz
 - ii) circuitos de entrada con una anchura de banda mínima de 80 kHz
 - iii) capacidad de leer con precisión formas de onda con factores de cresta de hasta por lo menos 5
 - iv) corrección de factor de potencia e informe.

8 Factor de informe

En la presente Recomendación no se refrenda ningún formato de informe específico. Los requisitos generales para informes de prueba figuran en [ISO/CEI 17025].

Conviene señalar sin embargo que los resultados compilados con este método están destinados a ser reproducibles. Por este motivo, la información mínima (además de las mediciones reales) comunicada deberá incluir la documentación siguiente:

- Todas las versiones de software, revisiones de tarjetas de hardware y configuraciones del dispositivo utilizadas durante la prueba. Deben divulgarse todos los comandos aplicados al equipo a efectos de reconfiguración estática o consultas de tiempo de ejecución efectuadas durante la prueba.
- Instrumento de generación/medición de tráfico, tensión real en las alimentaciones eléctricas y condiciones ambientales (medioambientales) en el lugar de prueba.
- Debe describirse toda la configuración de prueba, incluida la topología, la elección de estructura de carga ofrecida y acciones de prueba en una gama de elecciones posibles.

9 Equipos DSLAM, MSAM, GPON y GEPON

9.1 Métrica para equipos DSLAM, MSAM, GPON y GEPON

En este punto se definen las métricas a nivel de equipo para multiplexor de acceso de línea de abonado digital (DSLAM), nodo de acceso multiservicio (MSAN), red óptica pasiva con capacidad de gigabits (GPON) y red óptica pasiva Ethernet con capacidad de gigabits (GEPON). Este punto abarca en particular lo siguiente:

- Equipos DSLAM
- Equipos MSAN
- Equipos de terminación de línea óptica (OLT) GPON y GEPON.

Para estas tipologías de equipos la métrica más comúnmente utilizada es P_{puerto} , que considera el número de puertos con una carga fija como una unidad funcional.

Se supone que esa métrica se refiere a una configuración totalmente equipada teniendo en cuenta las tarjetas de línea con la misma tecnología (p. ej., todas las tarjetas de transceptores para línea de abonado digital asimétrica 2 de anchura de banda ampliada (ADSL2+), todas las tarjetas de línea de abonado digital de muy alta velocidad (VDSL2), todas las tarjetas GPON, y todas las tarjetas del servicio telefónico tradicional (*plain old telephone service*, POTS). Además, esas tarjetas de línea deben referirse al mismo perfil/estado.

Los equipos con tarjetas de línea que funcionan con perfiles/estados diferentes se caracterizarán por valores de métricas diferentes para cada perfil/estado específico.

$$P_{\text{puerto}} = P_{\text{EQ}} / N_{\text{puertos}} \text{ [W/puerto]} \quad (9-1)$$

siendo:

P_{EQ} la potencia (en vatios) de un equipo de red alámbrica totalmente equipado con todas sus tarjetas de línea que funcionan en un perfil/estado específico (p. ej. todas las líneas de abonado VDSL2 en estado L0, todas las líneas de abonado VDSL2+ en estado L2).

$N_{puertos}$ el número máximo de puertos servidos por el equipo de red de banda ancha probado.

9.2 Metodologías de prueba de equipos para tecnologías de acceso de banda ancha

En este punto se definen procedimientos de medición para tecnologías de acceso fijo de banda ancha.

9.2.1 Equipos de red DSLAM y MSAN

Para metodologías de prueba, configuración y establecimiento de equipos, se aplicará la metodología que figura en el punto 5.2 de [ETSI ES 203 215], con la modificación de las condiciones de medición generales presentadas en el punto 7 de la presente Recomendación.

9.2.2 Equipos de red GPON OLT

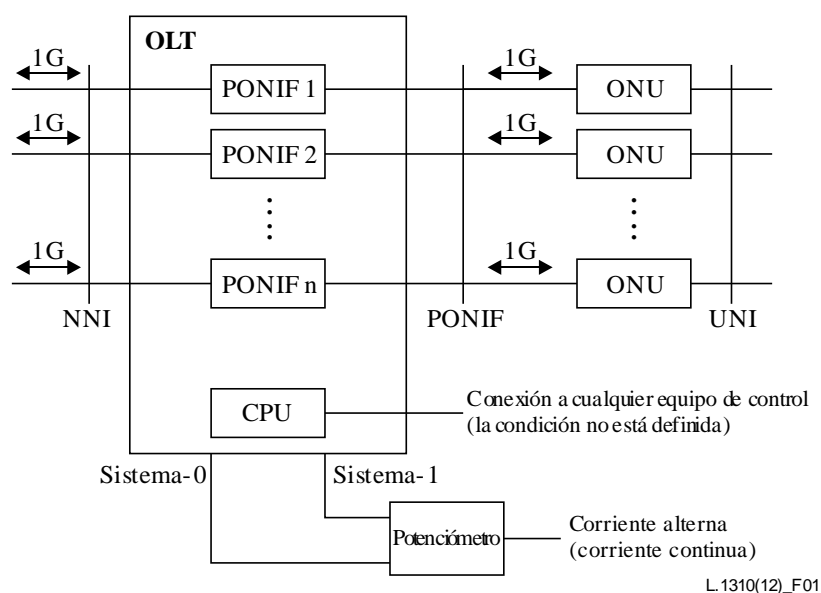
Para metodologías de prueba, configuración y establecimiento de equipos, se aplicará la metodología que figura en el punto 5.2 de [ETSI ES 203 215], con la modificación de las condiciones de medición generales presentadas en el punto 7 de la presente Recomendación.

9.2.3 Equipos de red GEPON OLT

Para OLT se utiliza 1 Gbit/s para el lado de interfaz red-red (NNI) y el lado de red óptica pasiva (PON), y las tres posiciones siguientes del factor de carga:

- 1) factor de carga al 100%: estado en el que tramas de 64 bytes fluyen continuamente (sin interrupción)
- 2) factor de carga al 50%: estado en el que tramas de 512 bytes fluyen el 50% del tiempo
- 3) factor de carga al 0%: estado en el que no fluyen tramas.

Además, al estipular el factor de carga se utilizará el factor de carga especificado en el lado de entrada de datos (NNI o interfaz usuario-red (UNI)), véase la Figura 9-1.



L.1310(12)_F01

Figura 9-1 – Descripción de equipos GEPON OLT

$$P_{EQ} = (\text{potencia con 100\% de carga} + \text{potencia con 50\% de carga} + \text{potencia con 0\% de carga})/3 \quad (9-2)$$

10 Tecnologías de acceso inalámbrico

Las tecnologías de acceso inalámbrico comprenden las siguientes tecnologías de acceso radioeléctrico: sistema mundial de comunicaciones móviles (GSM)/velocidades de datos mejoradas para la evolución de las GSM (EDGE), acceso múltiple por división de código (AMDC), AMDC de banda ancha (WCDMA), Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (WiMAX) y evolución a largo plazo (LTE).

Una red de acceso inalámbrica consta de más de un elemento, una estación de base radioeléctrica (RBS), un controlador, etc.

Una RBS es un componente de red que presta servicio a uno o varios sectores y tiene interfaces de radiofrecuencias con estaciones móviles a través de la interfaz radioeléctrica, e interfaces metálicas u ópticas con una infraestructura de red alámbrica (controlador de estaciones de base (BSC), controlador de red radioeléctrica (RNC) o entidad de gestión de la movilidad). En la presente Recomendación, la RBS puede ser una estación transceptora de base (BTS) (para GSM/EDGE y cdma2000), un NodoB (para WCDMA/acceso de alta velocidad por paquetes (HSPA)), un eNodoB (para LTE) o una estación de base (para WiMAX). La funcionalidad de controlador en una RBS tiene interfaces con la red central o el simulador de red central.

Dado que el consumo energético de una RBS es la parte dominante del consumo energético total de una red de acceso inalámbrico, en la presente Recomendación se aborda como calcular la eficiencia energética de las RBS teniendo en cuenta únicamente el consumo energético de la RBS al definir la potencia total de las redes de acceso inalámbrico.

En la presente Recomendación sólo se considera la métrica para RBS.

Ahora bien, dado que las funcionalidades ubicadas externamente a la RBS en la red central pueden afectar a la potencia y la "unidad útil" de la RBS, también se han tenido en cuenta esas funcionalidades.

Se han definido modos de carga bajos, medios y altos para el perfil de utilización de RBS. El modo reposo y la carga máxima se han omitido intencionalmente por los motivos siguientes:

- El modo reposo es un estado muy poco utilizado en una renta radioeléctrica práctica. Una RBS transmite como mínimo un canal piloto y un canal de radiodifusión.
- La carga máxima se suele evitar en el diseño de la red. Puede producirse en casos excepcionales unas cuantas veces al año. Si la carga máxima se alcanza repetidas veces el operador pondrá al día la capacidad.
- La prueba de modos adicionales aumenta la complejidad y el tiempo de prueba sin proporcionar información adicional significativa, y tendrá escasas repercusiones en el consumo energético medio.

10.1 Métricas para tecnologías de acceso inalámbrico

Las métricas para RBS están definidas en términos de cobertura o en términos de tráfico y están definidas en [ETSI TS 102 706].

[ETSI TS 102 706] contiene la definición de métricas independientes y dependientes del tráfico, llamadas respectivamente métodos de medición estático y dinámico.

10.2 Metodologías de prueba para tecnologías de acceso inalámbrico

Para metodologías de prueba, configuración y establecimiento de equipos, se aplicará la metodología de [ETSI TS 102 706], con la modificación de las condiciones de medición generales presentadas en la cláusula 7 de la presente Recomendación.

11 Encaminadores y conmutadores Ethernet

11.1 Métrica para encaminadores y conmutadores Ethernet

La métrica adoptada para encaminadores y conmutadores dependen del caudal total del equipo; en [ATIS-0600015.03.2013] se explica el caudal total, las topologías de prueba y los patrones de tráfico.

En la presente cláusula se aborda el equipo clasificado como encaminadores de empresa, de proveedor de servicio y de sucursal, y equipos de conmutador Ethernet.

La métrica propuesta es:

$$EER = T_i / P_w \quad [\text{Mbit/ss/W}] \quad (11-1)$$

siendo:

T_i caudal ponderado

P_w potencia ponderada (velocidad de consumo energético)

$$T_i = a \times T_{u1} + b \times T_{u2} + c \times T_{u3} \quad (11-2)$$

$$P_w = a \times P_{u1} + b \times P_{u2} + c \times P_{u3} \quad (11-3)$$

siendo:

(a, b, c) = coeficientes de ponderación relativos a los niveles de utilización, donde $a + b + c = 1$; véanse los Cuadros 11.1 y 11.2.

(P_{u1} , P_{u2} , P_{u3}) = potencia medida a los respectivos niveles de utilización

(T_{u1} , T_{u2} , T_{u3}) = caudal medido a los respectivos niveles de utilización; véanse los Cuadros 11.1 y 11.2.

Cuadro 11.1 – Definiciones de clase, parámetros de cálculos de EER y perfiles de carga para equipos de encaminamiento

Clase	Utilización representativa	% de uso para medir energía, u_1 , u_2 , u_3	Factores de ponderación a, b, c	Perfil de tráfico simple IMIX
Encaminador de acceso	1-3%	0, 10, 100	$a=0,1$, $b=0,8$, $c=0,1$	(IPv4)
Encaminador limítrofe	3-6%	0, 10, 100	$a=0,1$, $b=0,8$, $c=0,1$	IPv4/6/MPLS
Encaminador troncal	20-30%	0, 30, 100	$a=0,1$, $b=0,8$, $c=0,1$	IPv4/6/MPLS

Cuadro 11.2 – Definiciones de clase, parámetros de cálculos de EER y perfiles de carga para equipos de conmutación Ethernet

Clase	Utilización representativa	% de uso para medir energía, u1, u2, u3	Factores de ponderación a, b, c	Perfil de tráfico simple IMIX, unidifusión
Acceso	1-3%	0, 10, 100	a=0,1, b=0,8, c=0,1	Ethernet
Acceso a alta velocidad	5-8%	0, 10, 100	a=0,1, b=0,8, c=0,1	Ethernet
Distribución/ Agregación	10-15%	0, 10, 100	a=0,1, b=0,8, c=0,1	Ethernet
Troncal	15-20%	0, 30, 100	a=0,1, b=0,8, c=0,1	Ethernet
Centro de datos	12-18%	0, 30, 100	a=0,1, b=0,8, c=0,1	Ethernet

La metodología íntegra para pruebas se describe en [ATIS-0600015.03.2013]. Los factores de ponderación a, b, c se establecen mediante [ATIS-0600015.03.2013] teniendo en cuenta la distribución media del tráfico a lo largo del día.

11.2 Metodologías de pruebas para encaminadores y conmutadores de paquetes (Ethernet, MPLS, etc.)

Para metodologías de prueba, configuración y establecimiento de equipos, se aplicará la metodología de [ATIS-0600015.03.2009], con la modificación de las condiciones de medición generales presentada en la cláusula 7 de la presente Recomendación.

12 Métrica de la eficiencia energética para dispositivos de red pequeños

12.1 Métrica para dispositivos de red pequeños

La métrica adoptada para dispositivos de red pequeños destinados a uso doméstico o en una oficina pequeña es:

$$EER = \frac{0.35T_{idle} + 0.5T_{lowpower} + 0.15T_{Maximum}}{0.35P_{idle} + 0.5P_{lowpower} + 0.15P_{Maximum}} \quad (\text{Mbit/s/W}) \quad (12-1)$$

Para interfaces con caudal (T) sensible a la distancia, éste se define así:

$$T = 0,5 (T_{20\% \text{ de máx distancia}} + T_{80\% \text{ de máx distancia}}) \quad (12-2)$$

Caudal: para equipos de red pequeños, es la máxima velocidad de datos mantenida entre los puertos de la red de área extensa (WAN) y la red de área local (LAN) en el sentido entrante.

Velocidad de línea: para equipos de red pequeños, es el máximo número posible de bits transmitidos o recibidos.

La potencia se promediará en 5 minutos, tomando medidas cada 30 segundos. Durante la potencia inactiva, se enviará la señal IP ping a través de la interfaz del usuario.

12.2 Metodologías de prueba para dispositivos de red pequeños

La metodología de referencia que se utilizará para medir el caudal máximo se describe en la cláusula 6.4.1 de [ATIS-0600015.03.2013] para las configuraciones de "red/enlace ascendente" y "acceso/enlace descendente".

Con referencia a la cláusula 6.5 de [ATIS-0600015.03.2009], la metodología de prueba es la siguiente:

Etapa 1: Cualificación

El equipo de red pequeño se medirá siguiendo el método descrito en la cláusula 6.5.1 de [ATIS-0600015.03.2013].

Etapa 2: Carga total

El equipo de red pequeño se medirá siguiendo el método descrito en la cláusula 6.5.2 de [ATIS-0600015.03.2009].

Etapa 3: Utilización

Esta etapa de [ATIS-0600015.03.2013] no será aplicable al equipo de red pequeño.

Etapa 4: Carga en reposo

El equipo de red pequeño se medirá siguiendo el método descrito en la cláusula 6.5.3 de [ATIS-0600015.03.2009].

Etapa 5: Baja potencia (espera)

Dependiendo de la implementación, el modo de baja potencia (espera) deberá o no activarse. La potencia se medirá y registrará durante un periodo de 15 minutos después de la activación del modo; se calculará la potencia media y se utilizará en la ecuación 12-1.

El fabricante declarará cómo activar el modo de baja potencia (espera), por ejemplo, desconectando el puerto LAN.

La modalidad de activación se registrará en el informe de pruebas.

13 Multiplexores/conmutadores de transporte WDM/TDM/OTN

13.1 Métrica para multiplexores/conmutadores de transporte WDM/TDM/OTN

La métrica para equipos de transporte, excluidos los equipos radioeléctricos de microondas, se define en [ATIS-0600015.02.2009].

13.2 Metodologías de prueba para multiplexores/conmutadores de transporte WDM/TDM/OTN

Para metodologías de prueba, configuración y establecimiento de equipos, se aplicará la metodología indicada en [ATIS-0600015.02.2009], con la modificación de las condiciones de medición generales presentada en la cláusula 7 de la presente Recomendación.

14 Equipos convergentes ópticos y de paquetes

14.1 Métrica para equipos convergentes ópticos y de paquetes

La métrica para equipos convergentes ópticos y de paquetes con funciones de señales TDM y señales de paquetes se define en el Anexo A.

La métrica para equipos convergentes ópticos y de paquetes con funciones de señales de paquetes, señales TDM y señales WDM (multiplexación por división de longitud de onda) se define en el Anexo B.

14.2 Metodologías de prueba para equipos convergentes ópticos y de paquetes

14.2.1 Metodologías de prueba para equipos convergentes ópticos y de paquetes con funciones de señales de paquetes y señales TDM

Para metodologías de prueba, configuración y establecimiento de equipos, se aplicará la metodología descrita en el Anexo A, con la modificación de las condiciones de medición generales presentada en la cláusula 7 de la presente Recomendación.

14.2.2 Metodologías de prueba para equipos convergentes ópticos y de paquetes con funciones de señales de paquetes, señales TDM y señales WDM

Para metodologías de prueba, configuración y establecimiento de equipos, se aplicará la metodología descrita en el Anexo B, con la modificación de las condiciones de medición generales presentada en la cláusula 7 de la presente Recomendación.

Anexo A

Métrica y metodologías de medición para equipos convergentes ópticos y de paquetes con funciones de señales de paquetes y señales TDM

(Este anexo forma parte integrante de la presente Recomendación.)

A.1 Definición de equipo

Por equipo convergente óptico y de paquetes I se entiende todo tipo de equipo de transporte que transporta (conmuta) diversos tipos de señales, como señales de paquetes y señales TDM.

A continuación se definen estos tipos de señales:

Señales de paquetes: señales que incluyen una dirección MAC (control de acceso a los medios) que se retransmite por la capa 2 de ISO OSI (capa de enlace de datos) o una dirección IP que se retransmite por la capa 3 de ISO OSI (capa de red) o una etiqueta con información de encaminamiento.

Señales TDM: señales TDM, como señales de módulo de transporte síncrono (STM)-n/OC-n/unidad de transporte óptica (OTU)-n definidas en la jerarquía digital síncrona (SDH)/red óptica síncrona (SONET)/red de transporte óptica (OTN), así como señales analógicas que contienen imágenes o voz por líneas telefónicas.

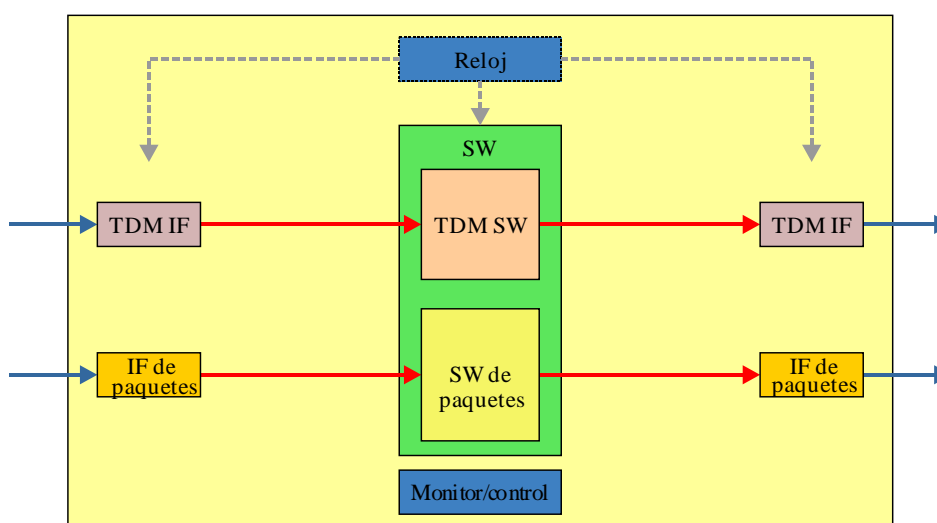
El alcance de la presente Recomendación comprenderá los siguientes cuatro modelos de configuración.

Modelo I: configuración en la que las señales TDM y las señales de paquetes en ambos sentidos se conmuta de manera independiente.

Modelo II: configuración en la que algunas señales TDM se convierten en paquetes y se conmutan en el conmutador de paquetes, o algunas señales de paquetes se desempaquetan y se conmutan en el conmutador TDM.

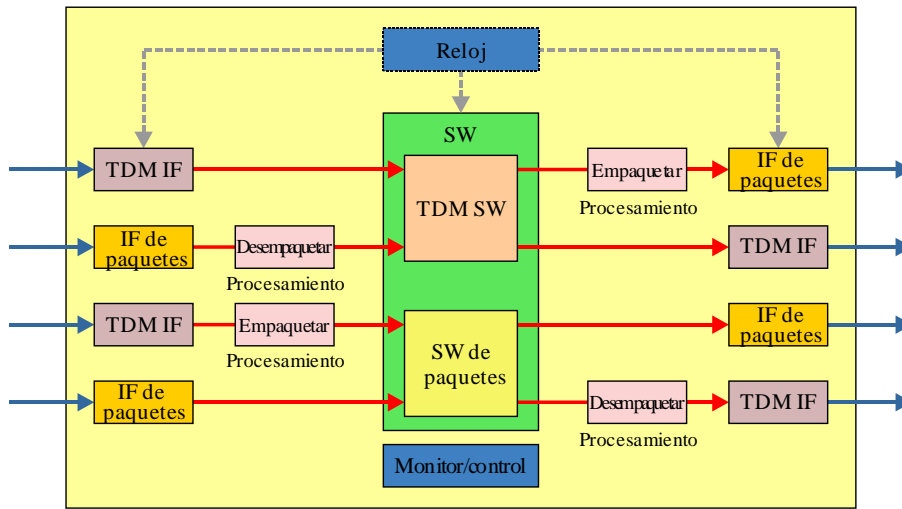
Modelo III: configuración en la que todas las señales TDM se convierten en señales de paquetes y se conmutan en el conmutador de paquetes.

Modelo IV: configuración en la que todas las señales de paquetes se desempaquetan y se conmutan en el conmutador TDM.



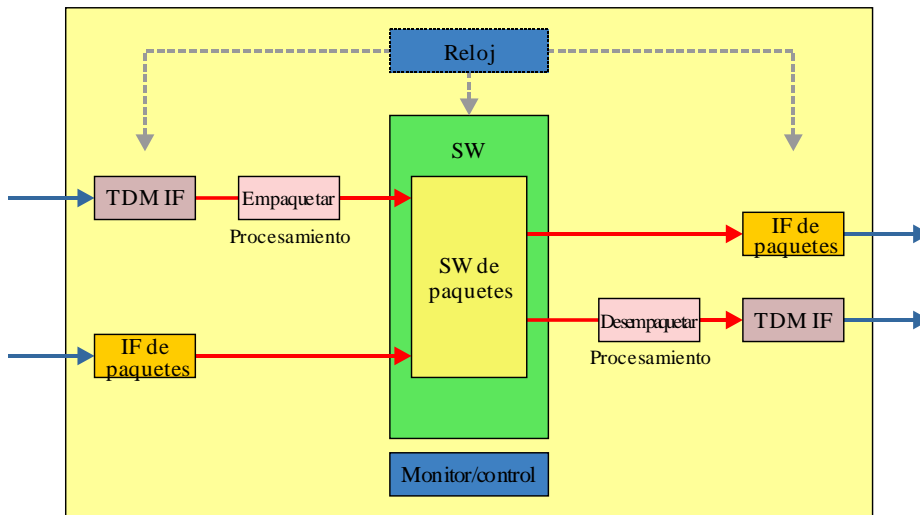
L.1310(14)_FA.1

Figura A.1 – Configuración de equipo convergente óptico y de paquetes I (Modelo I)



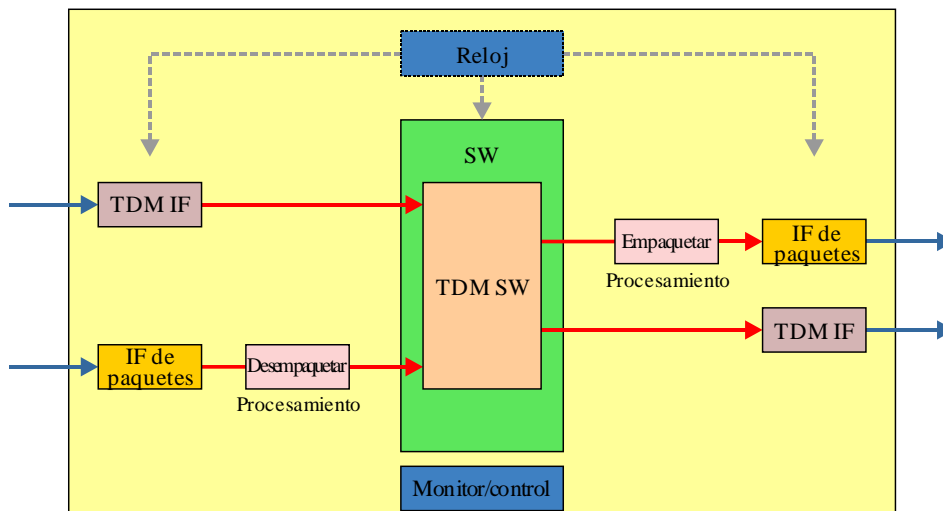
L.1310(14)_FA.2

Figura A.2 – Configuración de equipo convergente óptico y de paquetes (Modelo II)



L.1310(14)_FA.3

Figura A.3 – Configuración de equipo convergente óptico y de paquetes (Modelo III)



L.1310(14)_FA.4

Figura A.4 – Configuración de equipo convergente óptico y de paquetes (Modelo IV)

A.2 Métrica de la eficiencia energética

La métrica para equipos de paquetes convergente será el máximo caudal por consumo eléctrico medio.

La métrica (tasa de eficiencia energética de telecomunicaciones (TEER)) designada por ATIS (Alianza para Soluciones Industriales de Telecomunicaciones) para el equipo de transporte es:

$$\begin{aligned} \text{TEER}_{\text{CERT}} &= D_{\text{TEER}} / P_{\text{TEER-CERT}} \\ &= \Sigma D_i / \{(P_{\text{CERT-0}} + P_{\text{CERT-50}} + P_{\text{CERT-100}})/3\} \end{aligned} \quad (\text{A-1})$$

siendo:

$\text{TEER}_{\text{CERT}}$: TEER certificado medido en una configuración específica

D_{TEER} : velocidad total de datos (bps)

$P_{\text{TEER-CERT}}$: consumo eléctrico medido (W)

D_i : velocidad de datos (bps) en una determinada interfaz i

$P_{\text{CERT-0}}$: consumo eléctrico medido (W) a una utilización de tráfico de datos del 0%

$P_{\text{CERT-50}}$: consumo eléctrico medido (W) a una utilización de tráfico de datos del 50%

$P_{\text{CERT-100}}$: consumo eléctrico medido (W) a una utilización de tráfico de datos del 100%

En los equipos convergentes ópticos y de paquetes con funciones de paquetes y TDM se añaden tarjetas de interfaz, dependiendo del volumen de utilización de datos. Por consiguiente, en general:

$$(P_{\text{CERT-0}} + P_{\text{CERT-50}} + P_{\text{CERT-100}})/3 \doteq (P_{\text{CERT-0}} + P_{\text{CERT-100}})/2 \quad (\text{A-2})$$

En la práctica, la $\text{TEER}_{\text{CERT}}$ para los equipos convergentes ópticos y de paquetes será:

$$\begin{aligned} \text{TEER}_{\text{CERT}} &= \Sigma D_i / \{(P_{\text{CERT-0}} + P_{\text{CERT-100}})/2\} \\ &= \text{Máximo caudal/consumo eléctrico medio} \end{aligned} \quad (\text{A-3})$$

a) El máximo caudal para equipos convergentes ópticos y de paquetes I es:

$$= \sqrt{(A^2 + B^2)}/2 \quad (\text{A-4})$$

siendo:

A: máximo caudal (Gbps) de funciones de paquetes

(velocidad del puerto (Gbps) × número de puertos × número de intervalos)

B: máximo caudal (Gbps) de funciones TDM

(velocidad del puerto (Gbps) × número de puertos × número de intervalos)

b) El consumo eléctrico medio para equipos convergentes ópticos y de paquetes I

$$= (P_{\text{repose}} + P_{\text{máx}}) / 2 \quad (\text{A-5})$$

siendo:

P_{repose} : consumo eléctrico (W) del equipo total sin caudal de datos con componentes mínimos y configuración de trayecto

$P_{\text{máx}}$: consumo eléctrico (W) de todo el equipo durante la transmisión de la señal principal con máxima configuración de componentes

La métrica del equipo convergente óptico y de paquetes I es:

$$\text{EER} = \sqrt{(A^2 + B^2)}/2 / \{(P_{\text{repose}} + P_{\text{máx}}) / 2\} \quad (\text{A-6})$$

A.3 Metodología de medición

En la presente cláusula se definen los procedimientos de medición para equipos ópticos convergentes I.

a) Interfaz

i) Selección de la interfaz

Seleccionar la interfaz en la que la capacidad de transmisión calculada utilizando la siguiente fórmula sea máxima para TDM y/o paquetes.

Capacidad de transmisión: velocidad del puerto (Gbps) \times N° de puertos \times N° de intervalos

ii) Patrones de combinación de funciones

Para la interfaz TDM y de paquetes, realizar medidas seleccionando el patrón configurable en el lado NNI/interfaz de red de usuario (UNI) a partir de lo siguiente:

- TDM (NNI), TDM (UNI)
- TDM (NNI), paquetes (UNI)
- paquetes (NNI), TDM (UNI)
- paquetes (NNI), paquetes (UNI)

Seleccionar el patrón para el que se obtenga el máximo caudal para TDM/paquetes, respectivamente.

iii) Interfaz para medir la configuración $P_{\text{máx}}$

Utilizar la interfaz seleccionada en i) y configurarla utilizando el máximo intervalo/máximo puerto.

iv) Interfaz para medir la configuración P_{reposo}

Utilizar la interfaz seleccionada en i) y configurarla utilizando 1 intervalo/1 puerto de I/O.

En el caso de modelos en anillo, configurarla con un trayecto en un solo lado o convertir el resultado a una configuración 1 intervalo/1 puerto.

v) Configuración para redundancia

No se especifica la interfaz. Cuando se utiliza una interfaz, calcular la capacidad de transmisión con la interfaz redundante como parte de la unidad principal.

No se especifican los componentes comunes (será posible no tener componentes comunes).

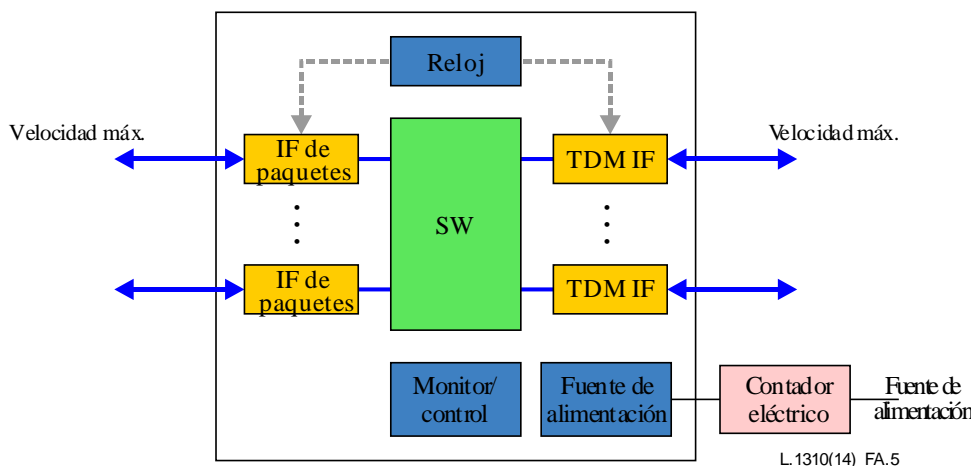


Figura A.5 – Ejemplo de configuración de máximos componentes para medir $P_{\text{máx}}$

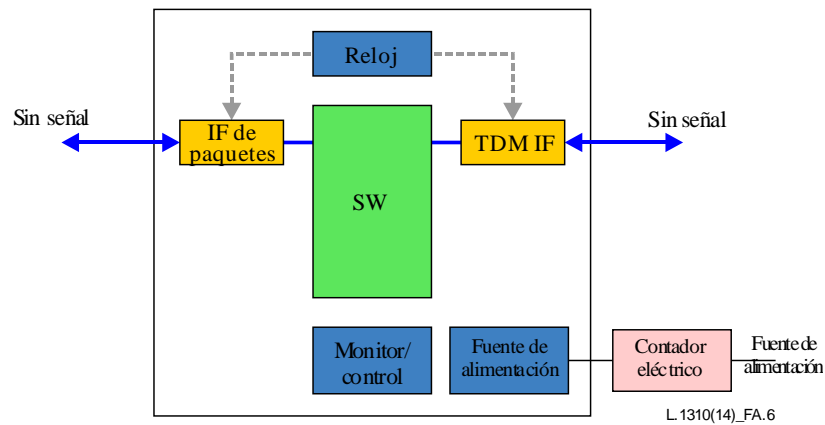


Figura A.6 – Ejemplo de configuración con mínimos componentes y trayecto para medir P_{reposo}

- b) Carga de transmisión
 - i) Carga de transmisión para medir $P_{\text{máx}}$
Máxima velocidad cuando se configura a capacidad máxima.
 - ii) Carta de transmisión para medir P_{reposo}
Estado sin transmisiones cuando se configura con trayectos mínimos a capacidad mínima.
- c) Condiciones ambientales
Las condiciones ambientales se definen en la cláusula 7.
- d) Tensión de prueba
La tensión de prueba se define en la cláusula 7.
- e) Número de equipos medidos
No se estipula el número de equipos que se ha de medir, pero si se miden varios se indicará el valor medio.
- f) Número de mediciones
No se estipula el número de mediciones, pero si se efectúan varias, se indicará el valor medio.
- g) Precisión de la medición
No se estipula.

Anexo B

Métrica y metodologías de medición para equipos convergentes ópticos y de paquetes con funciones de señales de paquetes, señales TDM y señales WDM

(Este anexo forma parte integrante de la presente Recomendación.)

B.1 Definición de equipos

Por equipo convergente óptico y de paquetes II se entiende todo tipo de equipo de transporte que transporta (conmuta) diversos tipos de señales, como señales de paquetes, señales TDM y señales WDM.

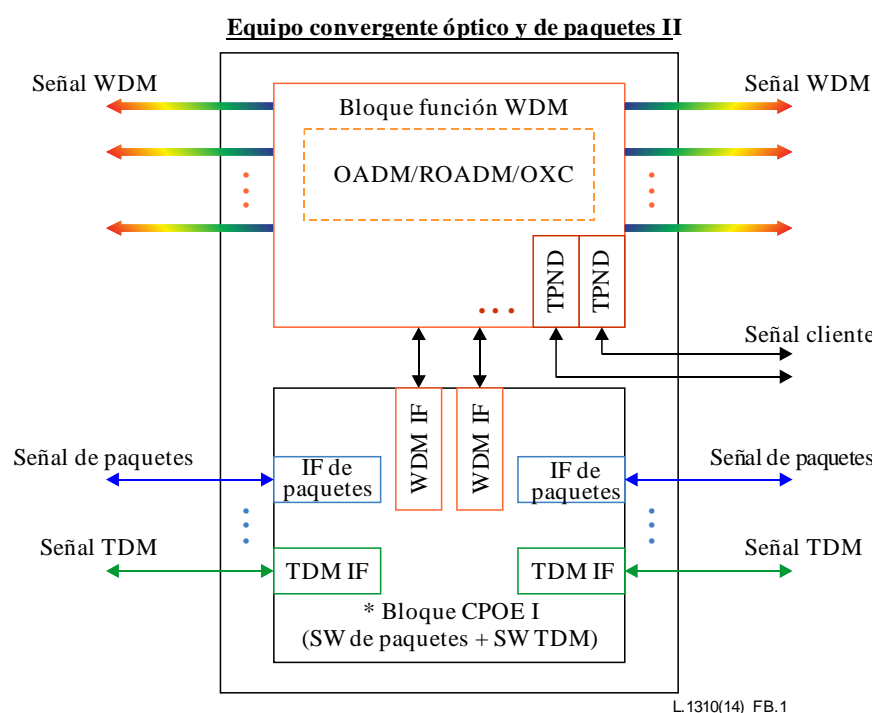
A continuación se definen estos tipos de señales:

Señales de paquetes: señales que incluyen una dirección MAC que se retransmite por la capa 2 de ISO OSI (capa de enlace de datos) o una dirección IP que se retransmite por la capa 3 de ISO OSI (capa de red) o una etiqueta con información de encaminamiento.

Señales TDM: señales TDM como señales STM-n/OC-n/OTU-n definidas en SDH/SONET/OTN, así como señales analógicas que contienen imágenes o voz por líneas telefónicas.

Señales WDM: señales WDM que multiplexan varias señales ópticas con diferentes longitudes de onda.

El alcance de la presente Recomendación comprenderá el siguiente modelo de configuración:



*CPOE I: Equipo convergente óptico y de paquetes

Figura B.1 – Configuración del equipo convergente óptico y de paquetes II

El equipo convergente óptico y de paquetes II puede estar formado por varios equipos convergentes ópticos y de paquetes I.

B.2 Métrica de la eficiencia energética

La métrica para equipos de paquetes convergentes será el máximo caudal por consumo eléctrico medio.

La métrica (TEER) designada por ATIS para equipos de transporte es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{TEER}_{\text{CERT}} &= D_{\text{TEER}} / P_{\text{TEER-CERT}} \\ &= \sum D_i / \{(P_{\text{CERT-0}} + P_{\text{CERT-50}} + P_{\text{CERT-100}})/3\} \end{aligned} \quad (\text{B-1})$$

siendo:

$\text{TEER}_{\text{CERT}}$: TEER certificado medido en una configuración específica

D_{TEER} : velocidad total de datos (bps)

$P_{\text{TEER-CERT}}$: consumo eléctrico medido (W)

D_i : velocidad de datos (bps) en una determinada interfaz i

$P_{\text{CERT-0}}$: consumo eléctrico medido (W) a una utilización de tráfico de datos del 0%

$P_{\text{CERT-50}}$: consumo eléctrico medido (W) a una utilización de tráfico de datos del 50%

$P_{\text{CERT-100}}$: consumo eléctrico medido (W) a una utilización de tráfico de datos del 100%

En los equipos convergentes ópticos y de paquetes con funciones de paquetes, TDM y WDM se añaden tarjetas de interfaz, dependiendo del volumen de utilización de datos. Por consiguiente, en general,

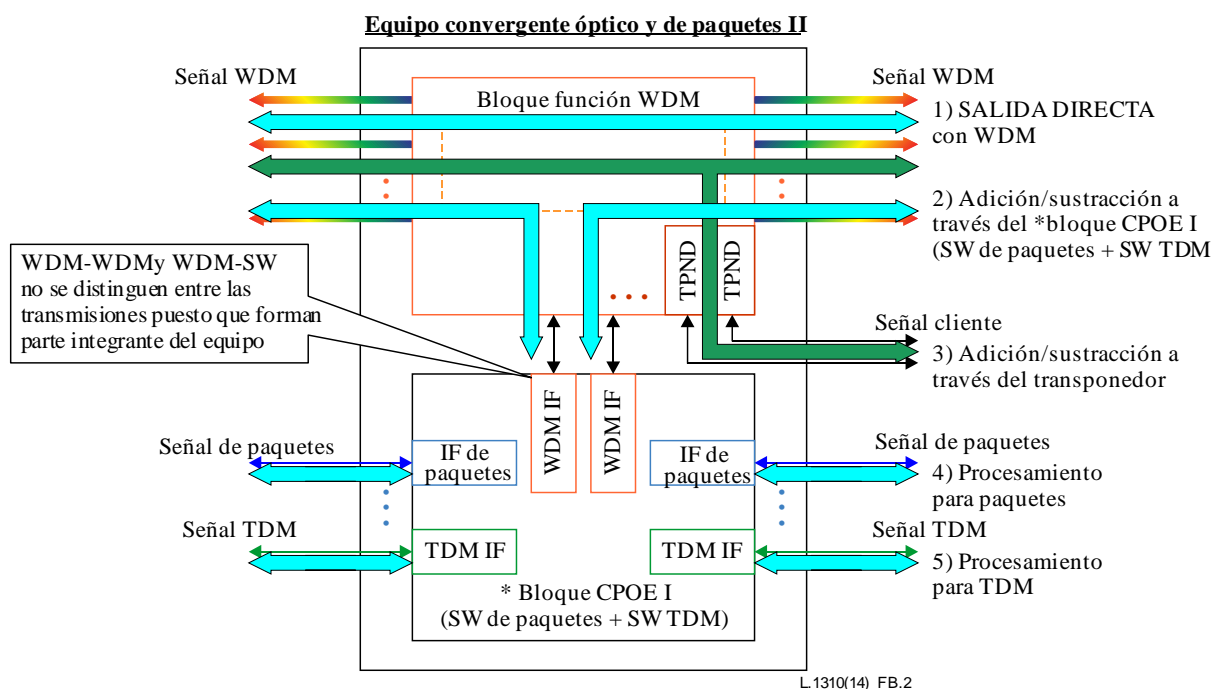
$$(P_{\text{CERT-0}} + P_{\text{CERT-50}} + P_{\text{CERT-100}})/3 \doteq (P_{\text{CERT-0}} + P_{\text{CERT-100}})/2 \quad (\text{B-2})$$

En la práctica, la $\text{TEER}_{\text{CERT}}$ para los equipos convergentes ópticos y de paquetes con función de señales WDM será:

$$\begin{aligned} \text{TEER}_{\text{CERT}} &= \sum D_i / \{(P_{\text{CERT-0}} + P_{\text{CERT-100}})/2\} \\ &= \text{Máximo caudal/consumo eléctrico medio} \end{aligned} \quad (\text{B-3})$$

a) El máximo caudal para equipos convergentes ópticos y de paquetes II es

El diagrama de tráfico para equipos convergentes ópticos y de paquetes es el siguiente:



*CPOE I: Equipo convergente óptico y de paquetes I

Figura B.2 – Definición de caudal para el equipo convergente óptico y de paquetes II

Cuadro B.1 – Características del tráfico de equipos convergentes ópticos y de paquetes incluidos en los cálculos del caudal

Trayecto	Caudal utilizado para calcular el factor de calidad	Notas
(1) Transmisión como WDM (no alterado)	–	No incluido, dado el pequeño consumo eléctrico de las partes OADM/ROADM/OXC
(2) Adición/sustracción del WDM a SW/TDM SW de paquetes	Caudal de la señal WDM (C) × velocidad de adición/sustracción (α)	
(3) Adición/sustracción del WDM al transpondedor	–	No incluido, ya que no es una función importante de los equipos convergentes ópticos y de paquetes II
(4) Parte de procesamiento de paquetes	Caudal de la señal de paquetes (A)	
(5) Parte de procesamiento TDM	Caudal de la señal TDM (B)	

siendo:

- A: caudal máximo (Gbps) de funciones de paquetes
(velocidad del puerto (Gbps) × N° de puertos × N° de intervalos)
- B: caudal máximo de la función TDM (Gbps)
(velocidad del puerto (Gbps) × N° de puertos × N° de intervalos)
- C: caudal máximo de la función WDM (Gbps)
(velocidad del puerto (Gbps) × N° de puertos × N° de intervalos)
- α : velocidad de adición/sustracción de la función WDM

La velocidad de adición/sustracción variará según el estado de actividad, siendo máxima la capacidad del equipo para $\alpha = 1$.

A fin de maximizar la utilización de las características de los equipos convergentes ópticos y de paquetes II, el equipo deberá configurarse de modo que el tráfico de señales WDM que fluyen en la parte del equipo convergente óptico y de paquetes I sea máximo y las condiciones de A, B, C y α sean $C \times \alpha = A + B$.

NOTA – Para más información sobre las formulas, véase [b-Ecology Guideline].

- Máximo caudal del equipo convergente óptico y de paquetes con funciones de paquetes, TDM y WDM.

$$\text{Caudal máximo} = \sqrt{[A^2 + B^2 + (C \times \alpha)^2]/3} \quad (\text{B-4})$$

Por otra parte, si no admite funciones de paquete o TDM, se aplicará lo siguiente:

- Máximo caudal del equipo convergente óptico y de paquetes con funciones de paquetes y WDM.

$$\text{Caudal máximo} = \sqrt{[A^2 + (C \times \alpha)^2]/2} \quad (\text{B-5})$$

- Máximo caudal del equipo convergente óptico y de paquetes con funciones TDM y WDM.

$$\text{Caudal máximo} = \sqrt{[B^2 + (C \times \alpha)^2]/2} \quad (\text{B-6})$$

b) El consumo eléctrico medio para el equipo convergente óptico y de paquetes II

$$= (P_{\text{reposo}} + P_{\text{máx}}) / 2 \quad (\text{B-7})$$

siendo:

P_{reposo} : consumo eléctrico (W) de todo el equipo sin caudal de datos y con componentes mínimos y configuración del trayecto (Parte WDM: 1 longitud de onda, máxima frecuencia (ej.: 1 onda \times 100 Gbps))

$P_{\text{máx}}$: consumo eléctrico (W) de todo el equipo durante la transmisión de señales principales y con la configuración del número máximo de componentes (parte WDM: longitud de onda completa, máxima frecuencia (ej.: 80 ondas \times 100 Gbps))

El consumo eléctrico medio se medirá a partir del consumo eléctrico en la configuración para la máxima capacidad de transmisión.

La métrica del equipo convergente óptico y de paquetes II es:

$$\text{EER} = \sqrt{[A^2 + B^2 + (C \times \alpha)^2]/3} / \{(P_{\text{reposo}} + P_{\text{máx}})/2\} \quad (\text{B-8})$$

B.3 Metodología de medición

En la presente cláusula se definen los procedimientos de medición para equipos ópticos convergentes II.

a) Interfaz

i) Selección de la interfaz

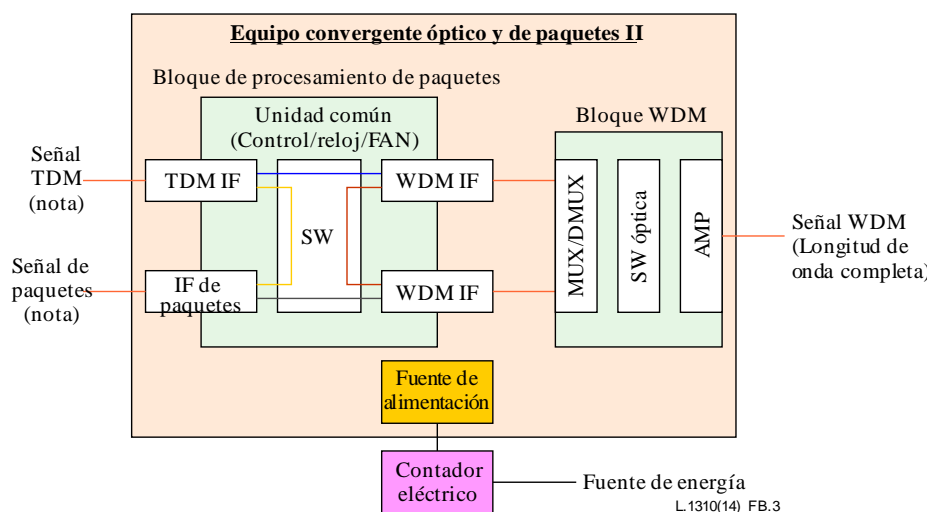
Seleccionar la interfaz en la que el caudal de la parte WDM ($C \times \alpha$) sea equivalente a la suma de los caudales de las partes de paquetes y TDM (A+B) y, en la medida de lo posible, las señales WDM que se añaden/eliminan.

ii) Patrones de combinación de funciones

Para las interfaces TDM, de paquetes y WDM, realizar medidas seleccionando el patrón configurable en los lados NNI/UNI a partir de lo siguiente

- WDM (NNI), TDM y paquetes (UNI)

- WDM (NNI), TDM (UNI)
 - WDM (NNI), paquetes (UNI)
- iii) Interfaz para medir la configuración $P_{\text{máx}}$
Utilizar la interfaz seleccionada en i) y configurarla utilizando el máximo caudal.
- iv) Interfaz para medir la configuración P_{reposo}
Utilizar la interfaz seleccionada en i) y configurarla incluyendo 1 trayecto con la parte WDM.
- v) Configuración para redundancia
No se especifica interfaz en la configuración para redundancia. Cuando se configura para redundancia, se calcula el factor de calidad considerando la interfaz redundante como parte de la unidad principal.



NOTA – El caudal de las funciones TDM y de paquetes están a su máximo, y todas las señales WDM pueden añadirse/eliminarse.

Figura B.3 – Ejemplo de configuración de máximos componentes para medir $P_{\text{máx}}$

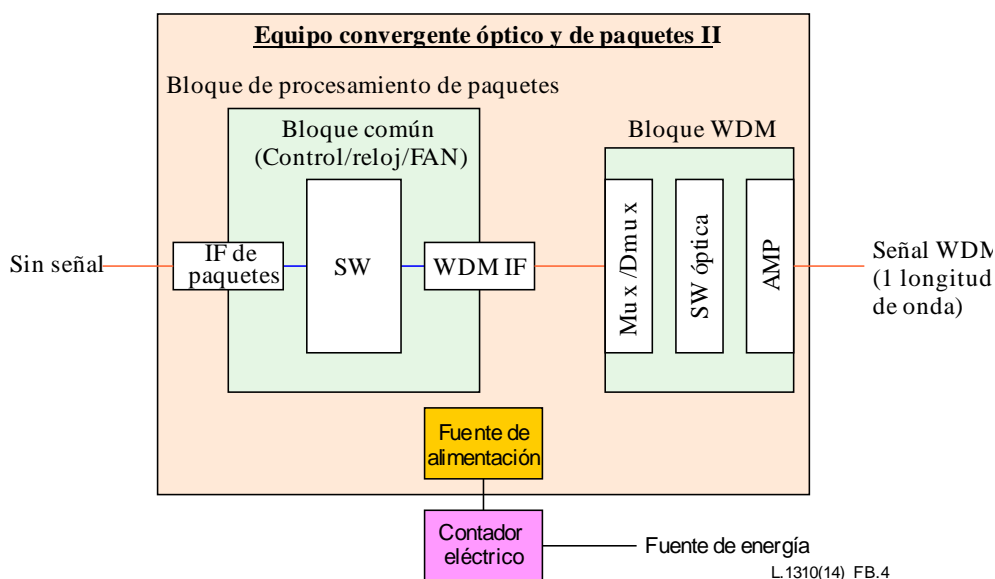


Figure B.4 – Ejemplo de configuración con mínimos componentes y trayecto para medir P_{reposo}

- b) Carga de transmisión
 - i) Carga de transmisión para medir $P_{\text{máx}}$
Máxima velocidad cuando se configura a capacidad máxima
 - ii) Carta de transmisión para medir P_{reposo}
Estado sin transmisiones cuando se configura con trayectos mínimos a capacidad mínima
- c) Condiciones ambientales
Las condiciones ambientales se definen en la cláusula 7.
- d) Tensión de prueba
La tensión de prueba se define en la cláusula 7.
- e) Número de equipos medidos
No se estipula el número de equipos que se ha de medir, pero si se miden varios se indicará el valor medio.
- f) Número de mediciones
No se estipula el número de mediciones, pero si se efectúan varias, se indicará el valor medio.
- g) Precisión de la medición
No se estipula.

Apéndice I

Métrica alternativa para tecnologías de acceso alámbrico

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

En el presente Apéndice se describe una métrica alternativa disponible para tecnologías de acceso inalámbrico (incluidas MSAN, DSLAM, GPON OLT y GEPON OLT).

EER: Esta métrica considera la máxima velocidad binaria de salida por línea a diferentes estados de tráfico como unidad funcional (carga variable → métrica relacionada con el tráfico).

$$EER_{avg} = T_{OSavg} / P_{avg} [\text{Mbps/W}] \quad (\text{I-1})$$

siendo:

T_{OSavg} velocidad binaria de salida por línea de abonado, es decir, la velocidad binaria de salida ponderada para el abonado (en Mbit/s) del equipo de red de banda ancha en los diferentes estados de funcionamiento posibles (si se implementa) (L0, L2, L3).

$$T_{OSavg} = aT_{OS1} + bT_{OS2} + cT_{OS3} \quad (\text{I-2})$$

P_{avg} consumo eléctrico ponderado (en vatios) por línea del equipo de red de banda ancha en los diferentes estados posibles (si se implementa)

$$P_{avg} = aP_1 + bP_2 + cP_3 [\text{W}] \quad (\text{I-3})$$

donde:

(a, b, c) son coeficientes de ponderación seleccionados de modo que $(a + b + c) = 1$

P_1, P_2, P_3 son mediciones de potencia (en vatios) de equipo de red de banda ancha totalmente equipado que funciona en distintas condiciones de tráfico, que se definen a continuación.

I.1 Equipo de red DSLAM y MSAN

Para este equipo, la potencia se mide en una longitud de bucle fija definida para cualquier tecnología.

Los valores de los parámetros a, b y c guardan relación con la distribución del tráfico durante el día.

Estos valores se establecen teniendo en cuenta la distribución del tráfico descrita en [ETSI ES 203 215].

P_1, P_2 y P_3 son las mediciones de potencia (en vatios) del equipo de red de banda ancha totalmente equipado que funciona en los estados L0, L2 y L3 (respectivamente) y recabadas conforme a la cláusula 9.2.1.

Los valores se indican en el Cuadro I.1; dependen del modo de energía disponible en el equipo.

Cuadro I.1 – Definición del factor de ponderación para DSLAM y MSAN

Modo de potencia disponible	Factores de ponderación a, b, c
L0, L2, L3	a=0,15; b=0,06; c=0,79
L0, L2	a=0,2; b=0,8; c=0
L0	a=1; b=0; c=0

Los factores de ponderación a, b y c se obtienen a partir del Cuadro B.1 en el Anexo B de [ETSI ES 203 215] teniendo en cuenta la distribución media del tráfico a lo largo del día.

I.2 Equipo de red GPON OLT

Para el equipo GPON OLT, EER es un indicador del volumen de tráfico transportado por cada vatio de potencia en una configuración totalmente equipada.

Dado que la potencia del alimentador OLT típico no está directamente relacionada con la longitud de la fibra óptica, no es necesario definir la longitud de la fibra óptica de referencia.

$$EER = (\text{velocidad binaria por puerto}) / P_{\text{puerto}} [\text{Gbps/W}] \quad (\text{I-4})$$

siendo:

"velocidad binaria por puerto" la velocidad de datos activos en el sentido descendente expresado en Gbit/s

P_{puerto} el correspondiente consumo eléctrico unitario (en vatios) del equipo

I.3 Equipo de red GEPON OLT

Para el equipo GEPON OLT, EER es un indicador de la cantidad de puertos disponibles para cada vatio de potencia en una configuración totalmente equipada.

Para OLT, se utiliza un valor que divide el consumo eléctrico medio para el OLT (montaje completo), medido utilizando la entrada CC si el equipo está alimentado con una fuente CC y CA si la fuente de alimentación es CA, por el número total de líneas (número total de puertos de interfaz (IF) × número de derivadores PON).

$$EER = \text{número total de puertos IF/potencia media} [\text{línea/W}] \quad (\text{I-5})$$

siendo:

potencia media = (potencia al 100% de carga + potencia al 50% + potencia al 0% de carga)/3.

NOTA – Es posible obtener la métrica del número de líneas de abonado multiplicando la EER definida por el número de derivadores (por ejemplo, 32).

Apéndice II

Métrica alternativa para encaminadores y conmutadores

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

En este Apéndice se describen algunas métricas alternativas disponibles para encaminadores y conmutadores.

II.1 Encaminadores y conmutadores que admiten el modo en espera (inactivo)

Esta métrica sólo es aplicable a los encaminadores y conmutadores que pueden entrar al modo en espera.

La métrica propuesta es:

$$EER = T_i/P_i \quad [\text{Mbit/s/W}] \quad (\text{II-1})$$

siendo:

$$P_i = c \times P_{\text{máx}} + b \times P_{\text{típico}} + a \times P_{\text{reposito}} + d \times P_{\text{espera}} \quad [\text{W}] \quad (\text{II-2})$$

T_i el caudal ponderado

$$T_i = c \times T_{\text{máx}} + b \times T_{\text{típico}} + a \times T_{\text{reposito}} \quad (\text{II-3})$$

($T_{\text{máx}}$, $T_{\text{típico}}$, T_{reposito}) = caudal medido a los respectivos niveles de utilización

siendo:

- $P_{\text{máx}}$ potencia a la máxima carga de tráfico en tiempo real; la máxima carga de tráfico en este caso se define como la máxima velocidad mantenida, equivalente al 100% de carga (u_3 en [ATIS-0600015.03.2013])
 - $P_{\text{típico}}$ potencia a la carga de tráfico típica en tiempo real; la carga de tráfico típica en este caso se define como 30% o 10% de carga, dependiendo del tipo de equipo (u_2 en [ATIS-0600015.02.2009])
 - P_{reposito} potencia en estado reposo en tiempo real; el estado reposo se define en este caso como 0% de carga (u_1 en [ATIS-0600015.02.2009])
 - P_{espera} potencia en modo espera en tiempo no real, aplicable exclusivamente a equipos que disponen del modo en espera
- c el factor de ponderación para el estado de máxima carga en tiempo real,
 - b el factor de ponderación para el estado de carga típica en tiempo real,
 - a el factor de ponderación para el estado de carga en reposo en tiempo real,
 - d el factor de ponderación para el modo reposo en tiempo no real,
- $$a + b + c + d = 1$$

Los valores de los parámetros a, b, c y d se definen en el Cuadro II.1 para encaminadores y en el Cuadro II.2 para conmutadores. Estos parámetros se han obtenido de [ATIS-0600015.03.2013] añadiendo el "nuevo" estado de modo en espera (relacionado con el coeficiente d) para una distribución media del tráfico a lo largo del día.

Los valores de a, b, c y d deberán complementarse con datos; el modo en espera/inactivo puede utilizarse en un número reducido de dispositivos de red, pero sólo cuando no han conectado nada a la conexión de red del dispositivo. Para este grupo de encaminadores/conmutadores, el tráfico esperado es casi el del modo reposo.

Cuadro II.1 – Definición de los factores de ponderación para encaminadores

Clase	Utilización representativa	% de utilización para mediciones de energía, u1, u2, u3	Factores de ponderación a, b, c, d
Encaminador de acceso con modo en espera	1-3%	0, 10, 100	a=0,15, b=0,25, c=0,15, d=0,45

Cuadro II.2 – Definición de los factores de ponderación para conmutadores

Clase	Utilización representativa	% de utilización para mediciones de energía, u1, u2, u3	Factores de ponderación a, b, c, d
Encaminador de acceso con modo en espera	1-3%	0, 10, 100	a=0,15, b=0,25, c=0,15, d=0,45

II.2 Metodología de medición

La metodología de medición estará en consonancia con [ATIS-0600015.02.2009], salvo lo indicado en la cláusula 7 y el modo en espera que se define a continuación.

Medición de potencia para el modo en reposo

Con cada uno de los puertos del equipo funcionando en modo en espera durante 20 minutos, registrar la potencia media de entrada durante 15 minutos.

II.3 Encaminadores y conmutadores que admiten estados energéticos explícitos

Definiciones

Estado energético: modo de funcionamiento que reduce el rendimiento y el consumo de energía. El estado energético es un modo de funcionamiento estático e independiente del tráfico. La transición entre estados energéticos no es instantánea y puede conllevar una demora que puede dar lugar a una pérdida del tráfico excedente.

Ciclo de trabajo: tiempo en cada modo energético durante un determinado periodo de tiempo, días, semanas, etc.

EE_{NRT}: eficiencia energética para equipos sin ajuste en tiempo real para el tráfico (estados energéticos explícitos).

Para calcular la EE_{NRT}, se definen tres puntos de medición que se corresponden con distintos estados energéticos de la unidad sujeta a prueba (UUT):

- 1) S0 – pleno rendimiento
- 2) S1 – rendimiento del 30%
- 3) S2 – rendimiento del 10%

Un ciclo de trabajo de muestra se define como una fracción de tiempo durante la cual son aplicables los niveles de tráfico planificados. El nivel 0 se utilizará para el 55% del ciclo de trabajo, el nivel 2 para el 25% y el nivel 3 para el 20%.

$$EE_{NRT} = (0,55T_{S0} + 0,25T_{S1} + 0,2T_{S2}) / (0,55P_{S0} + 0,25P_{S1} + 0,2P_{S2}) [\text{Gbps/W}] \quad (\text{II-3})$$

siendo:

T_{S0}, T_{S1}, T_{S2} el caudal en los tres puntos de medición

P_{S0}, P_{S1}, P_{S2} la potencia en los tres puntos de medición.

Bibliografía

- [b-Ecology Guideline] Ecology Guideline For the ICT Industry (Version 5).
http://www.tca.or.jp/information/pdf/ecoguideline/guideline_eng_5.pdf

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales
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	Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás 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	Calidad de la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales
Serie Q	Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas
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, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación