



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.989.2

(11/2001)

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

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y
redes locales

**Transceptores para el funcionamiento en red de
líneas telefónicas – Requisitos del formato de
cabida útil y de la capa de enlace**

Recomendación UIT-T G.989.2

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 |
| EQUIPOS DE PRUEBAS | G.500–G.599 |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN | 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 |
| Generalidades | G.900–G.909 |
| Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica | G.910–G.919 |
| Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s | G.920–G.929 |
| Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas | G.930–G.939 |
| Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF | G.940–G.949 |
| Sistemas de línea digital | G.950–G.959 |
| Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI | G.960–G.969 |
| Sistemas en cables submarinos de fibra óptica | G.970–G.979 |
| Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales | G.980–G.989 |
| Redes de acceso | G.990–G.999 |
| CALIDAD DE SERVICIO Y DE DE TRANSMISIÓN | G.1000–G.1999 |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN | G.6000–G.6999 |
| EQUIPOS TERMINALES DIGITALES | G.7000–G.7999 |
| REDES DIGITALES | G.8000–G.8999 |

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

Recomendación UIT-T G.989.2

Transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas – Requisitos del formato de cabida útil y de la capa de enlace

Resumen

En esta Recomendación se especifican procedimientos para la capa de enlace y un formato de cabida útil en transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas (PNT). Se supone que se utilizan los procedimientos de control de acceso a medio (MAC) y encapsulado definidos en la Rec. UIT-T G.989.1.

Los requisitos de esta Recomendación están destinados a garantizar el interfuncionamiento entre dispositivos diferentes y se han escrito teniendo en mente la conformidad del transceptor, aunque se hayan establecido algunos requisitos mínimos de calidad de funcionamiento para los receptores.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.989.2, preparada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 29 de noviembre de 2001.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

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

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

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

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

© UIT 2002

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 |
| 4 | Abreviaturas | 2 |
| 5 | Especificación de la capa física | 3 |
| 5.1 | Visión general | 3 |
| 5.2 | Modulación | 4 |
| 5.2.1 | Frecuencia portadora y tolerancia..... | 4 |
| 5.2.2 | Filtros de transmisión..... | 4 |
| 5.2.3 | Respuesta de símbolos del transmisor | 4 |
| 5.2.4 | Correspondencia de símbolos | 5 |
| 5.2.5 | Codificador de constelación..... | 5 |
| 5.3 | Formato de las tramas | 9 |
| 5.3.1 | Orden de los bits | 10 |
| 5.3.2 | Definición de control de trama | 10 |
| 5.3.3 | Trama Ethernet | 12 |
| 5.3.4 | CRC-16 | 13 |
| 5.3.5 | Relleno | 13 |
| 5.3.6 | Aleatorizador | 13 |
| 5.4 | Requisitos mínimos del dispositivo | 14 |
| 5.5 | Impedancia de entrada del transceptor..... | 14 |
| 5.5.1 | Pérdida de retorno pasabanda | 14 |
| 5.5.2 | Impedancia de entrada de banda eliminada | 14 |
| 6 | Especificación del protocolo de capa de enlace..... | 16 |
| 6.1 | Visión general | 16 |
| 6.2 | Formato básico de trama de capa de enlace..... | 16 |
| 6.2.1 | Formato corto..... | 17 |
| 6.2.2 | Formato largo..... | 18 |
| 6.2.3 | Orden de transmisión..... | 19 |
| 6.3 | Función de control de negociación de velocidad..... | 19 |
| 6.3.1 | Formato de trama de control de petición de velocidad (RRCF)..... | 19 |
| 6.3.2 | Visión general de la negociación de la velocidad en el cuadro | 21 |
| 6.3.3 | Funcionamiento del emisor..... | 22 |
| 6.3.4 | Funcionamiento del receptor | 23 |
| 6.4 | Función de integridad del enlace | 24 |
| 6.5 | Anuncio de capacidades y estado | 27 |

| | Página |
|---------|--|
| 6.5.1 | Trama de control CSA 29 |
| 6.5.2 | Banderas de estado, configuración, opción y prioridad..... 29 |
| 6.5.3 | Anuncio de capacidades y estado – Términos y parámetros 30 |
| 6.5.4 | Parámetros de estado del conjunto de estado y prioridad 30 |
| 6.5.5 | Funcionamiento del protocolo de anuncio de capacidades y estado 31 |
| 6.5.6 | Selección de modo de red basada en CurrentInUseSet..... 33 |
| 6.5.7 | Prioridades 33 |
| 6.5.8 | Correspondencia de prioridades y LARQ..... 34 |
| 6.5.9 | Recorrespondencia de prioridad basada en CurrentInUseSet..... 34 |
| 6.6 | LARQ: Protocolo de petición de repetición automática limitada 35 |
| 6.6.1 | Formatos de trama – Encabezamientos de encapsulación 36 |
| 6.6.2 | LARQ – Visión general 41 |
| 6.6.3 | Funcionamiento del emisor..... 43 |
| 6.6.4 | Funcionamiento del receptor 45 |
| 6.7 | Formatos específicos de proveedor..... 49 |
| 6.8 | Perfil mínimo de soporte del protocolo de enlace 50 |
| 6.8.1 | Limitaciones de las estaciones de perfil mínimo 50 |
| 6.8.2 | Soporte completo de compatibilidad hacia adelante para tramas de protocolo de enlace de formato corto y largo 50 |
| 6.8.3 | Soporte completo de selección de velocidad e integridad del enlace 51 |
| 6.8.4 | Soporte mínimo de LARQ..... 51 |
| 6.8.5 | Soporte de sólo recepción para CSA 51 |
| 6.8.6 | Prioridad para las tramas transmitidas 51 |
| 6.8.7 | Prioridad para las tramas recibidas 51 |
| 6.8.8 | Requisitos adicionales para las estaciones de perfil completo 51 |
| Anexo A | – Calidad de funcionamiento del receptor 52 |
| A.1 | Sensibilidad..... 52 |
| A.1.1 | Señal máxima..... 52 |
| A.1.2 | Sensibilidad mínima 52 |
| A.2 | Inmunidad a la interferencia de banda estrecha..... 52 |
| A.2.1 | Interferencia de modo diferencial 52 |
| A.2.2 | Interferencia de modo común 53 |
| A.3 | Margen del sistema 53 |
| A.3.1 | Degradación de atenuación 54 |
| A.3.2 | Degradación de ruido blanco aditivo 54 |
| A.3.3 | Degradación de interferencia de banda estrecha..... 54 |
| A.3.4 | Requisitos de ruido impulsivo 55 |
| A.3.5 | Margen dinámico del sistema de canales..... 55 |
| A.3.6 | Inmunidad a la señal de llamada telefónica..... 56 |

| | |
|--|----|
| Anexo B – Bucles de prueba de la red | 56 |
| B.1 Modelo de hilos | 56 |
| B.2 Bucles de prueba | 57 |

Recomendación UIT-T G.989.2

Transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas – Requisitos del formato de cabida útil y de la capa de enlace

1 Alcance

Esta Recomendación define la modulación de cabida útil, el formato de las tramas de cabida útil, y los protocolos de la capa de enlace de los transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas (PNT, *phoneline networking transceiver*) con las siguientes características:

- Velocidades de transmisión de cabida útil en la capa PHY de 4 a 32 Mbit/s, con una velocidad de caudal efectiva nominal equivalente a 10BASE-T Ethernet, y con provisión de velocidades más elevadas en futuras Recomendaciones.
- Transceptores adaptables en velocidad que optimizan las velocidades de datos y las tasas de errores de paquetes para condiciones de canal dinámicamente variables sobre una base de paquetes.
- Una técnica de modulación que proporciona una comunicación robusta sobre canales muy selectivos en frecuencia.
- Petición de repetición automática limitada facultativa (LARQ, *limited automatic repeat request*) que oculta los errores de ruido impulsivo.
- Compatibilidad hacia atrás con los dispositivos PNT existentes en el campo.
- Compatibilidad con otros servicios de líneas telefónicas tales como POTS, V.90/V.92, RDSI y G.992.2.
- Utiliza los procedimientos MAC y de encapsulación definidos en la Rec. UIT-T G.989.1.

2 Referencias

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

- Recomendación UIT-T G.989.1 (2001), *Transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas – Principios fundamentales*.
- ISO/CEI 8802-3:2000, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*.
- ISO/CEI 15802-3:1998, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Common specifications – Part 3: Media Access Control (MAC) Bridges*.
- IEEE 802.1Q-1998, *IEEE standard for local and metropolitan area networks: Virtual Bridged Local Area Networks*.

3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

3.1 paquete de difusión: Un paquete con la dirección de destino todos "unos" (FF FF FF FF FF FF₁₆).

3.2 anuncio de capacidades y estado: Un protocolo de control de capa de enlace que se utiliza para difundir información de estado entre estaciones con baja tara.

3.3 fragmento de colisión: La secuencia de transmisión fija, que consta de preámbulo, encabezamiento de trama, DA, SA, ET y EOF.

3.4 secuencia fin de trama: La secuencia de 4 símbolos que se añade a la trama de capa física, y que consta de los primeros cuatro símbolos de la secuencia TRN.

3.5 ethernet: Redes de tipo ISO/CEI 8802.

3.6 integridad del enlace: Proceso que deriva una indicación al usuario de que la interfaz está unida a la línea telefónica y que puede detectar al menos otra estación.

3.7 prioridad de nivel de enlace: La clase de prioridad de software asociada con el paquete de capa de enlace. Este valor se puede hacer corresponder cuando se convierte a/desde la prioridad PHY.

3.8 prioridad capa física: La prioridad absoluta de 3 bits utilizada por el control de acceso a medio de la Rec. UIT-T G.989.1 para establecer la preferencia de las tramas en espera de ser transmitidas por el canal. La prioridad 7 tiene preferencia sobre la prioridad 0.

3.9 auto-paradiafonía: NEXT de otros sistemas del mismo tipo.

3.10 margen del sistema: Un conjunto de valores de niveles de degradación en los cuales un receptor no excederá una tasa de errores de trama en un bucle de prueba dado.

3.11 trama CS válida: La mínima señal de transmisión aceptable para las aplicaciones de detección de portadora y detección de colisión.

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

| | |
|---------|--|
| BEB | Retroceso exponencial binaria (<i>binary exponential backoff</i>) |
| CSA | Anuncio de capacidades y de estado (<i>capability and status announcement</i>) |
| CSMA/CD | Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisión (<i>carrier sense multiple access with collision detection</i>) |
| DA | Dirección de destino (<i>destination address</i>) |
| DFPQ | Prioridad imparcial distribuida de puesta en cola de espera (<i>distributed fair priority queuing</i>) |
| EOF | Fin de trama (<i>end of frame</i>) |
| FDQAM | QAM por diversidad de frecuencia (<i>frequency diverse QAM</i>) |
| FER | Tasa de errores de trama (<i>frame error rate</i>) |
| HCS | Secuencia de verificación de encabezamiento (<i>header check sequence</i>) |
| JEDEC | Joint Electron Device Engineering Council |
| LARQ | Petición de repetición automática limitada (<i>limited automatic repeat request</i>) |
| LSB | Bit menos significativo (<i>least significant bit</i>) |

| | |
|------|---|
| MAC | Control de acceso a medio (<i>medium access control</i>) |
| MII | Interfaz independiente de los medios (<i>media independent interface</i>) |
| MSB | Bit más significativo (<i>most significant bit</i>) |
| NEXT | Paradiafonía (<i>near-end crosstalk</i>) |
| NID | Dispositivo de interfaz de red (<i>network interface device</i>) |
| PAR | Relación valor de cresta/valor medio (<i>peak to average ratio</i>) |
| PDU | Unidad de datos de protocolo (<i>protocol data unit</i>) |
| PE | Codificación de cabida útil (<i>payload encoding</i>) |
| PHY | Capa física (<i>physical layer</i>) |
| POTS | Servicio telefónico ordinario (<i>plain old telephone service</i>) |
| ppm | Partes por millón |
| QAM | Modulación de amplitud en cuadratura (<i>quadrature amplitude modulation</i>) |
| rms | Valor cuadrático medio (<i>root mean square</i>) |
| SA | Dirección de origen (<i>source address</i>) |
| SI | Inicialización del aleatorizador (<i>scrambler initialization</i>) |
| TCP | Protocolo de control de transmisión (<i>transmission control protocol</i>) |

5 Especificación de la capa física

En la figura 1 se ilustra una visión orientada a la funcionalidad del modelo del sistema de referencia. En la Rec. UIT-T G.989.1 se definen las funciones MAC y PHY de G.989.1. En la presente Recomendación se definen las funciones de los protocolos PHY de cabida útil y de capa de enlace.

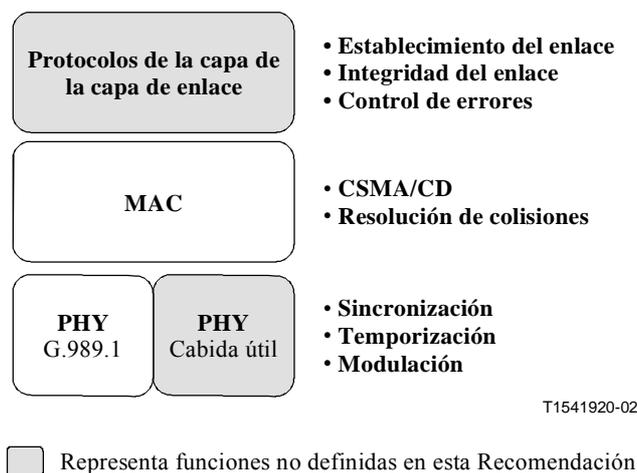


Figura 1/G.989.2 – Representación funcional del modelo de referencia

5.1 Visión general

Esta Recomendación define el contenido de una trama PNT encapsulada mediante un encabezamiento y una cola de G.989.1, es decir, esa porción de una trama PNT a continuación del octeto FT de G.989.1, y antes del delimitador EOF de G.989.1.

En 5.2 se define la modulación utilizada por la cabida útil de PNT. En 5.3 se define el formato de las tramas.

5.2 Modulación

La trama G.989.2 utilizará la modulación de amplitud en cuadratura (QAM, *quadrature amplitude modulation*).

La velocidad de símbolos bidimensional será de 4 000 000 de símbolos/s, con una tolerancia de $\pm 0,01\%$.

5.2.1 Frecuencia portadora y tolerancia

La frecuencia portadora será 7 MHz.

El reloj de portadora estará enganchado al reloj de símbolos.

5.2.1.1 Fluctuación de fase del reloj

La fluctuación de fase rms del reloj del transmisor será menor que 70 ps, valor promediado en una ventana deslizante de 10 μ s.

5.2.2 Filtros de transmisión

Se aplicará filtrado de transmisión suficiente para satisfacer la máscara PSD definida en la Rec. UIT-T G.989.1. Específicamente, para la correspondencia de símbolos 4D (véase 5.2.4.1), el filtro de transmisión no será más estrecho que el utilizado para la correspondencia de símbolos 2D.

NOTA 1 – La utilización de un filtro de transmisión amplio para la correspondencia de símbolos 4D produce redundancia en el dominio de la frecuencia. La utilización de esta técnica "FDQAM" incrementa la solidez de los canales degradados selectivos en frecuencia.

NOTA 2 – Los requisitos de escala de 5.2.5.3 producen niveles de salida de potencia ligeramente diferentes para distintas codificaciones de constelación. Los valores PE de 1 ó 2 (véase 5.3.2.3) producen la potencia de transmisión más elevada.

5.2.2.1 Rizado pasabanda

El rizado entre 4,75 y 6,25 MHz y entre 8,0 y 9,25 MHz será menor que 2,0 dB.

5.2.3 Respuesta de símbolos del transmisor

La magnitud de salida del transmisor estará limitada en la parte superior por la siguiente máscara temporal (véase la figura 2). La respuesta se medirá en una carga de 100 Ω entre los conductores de punta y anillo en la interfaz W1 del transmisor (véase la cláusula 4/G.989.1). La salida antes de $t = 0$ y después de $t = 5,0 \mu$ s será menor que 0,032% de la amplitud de cresta.

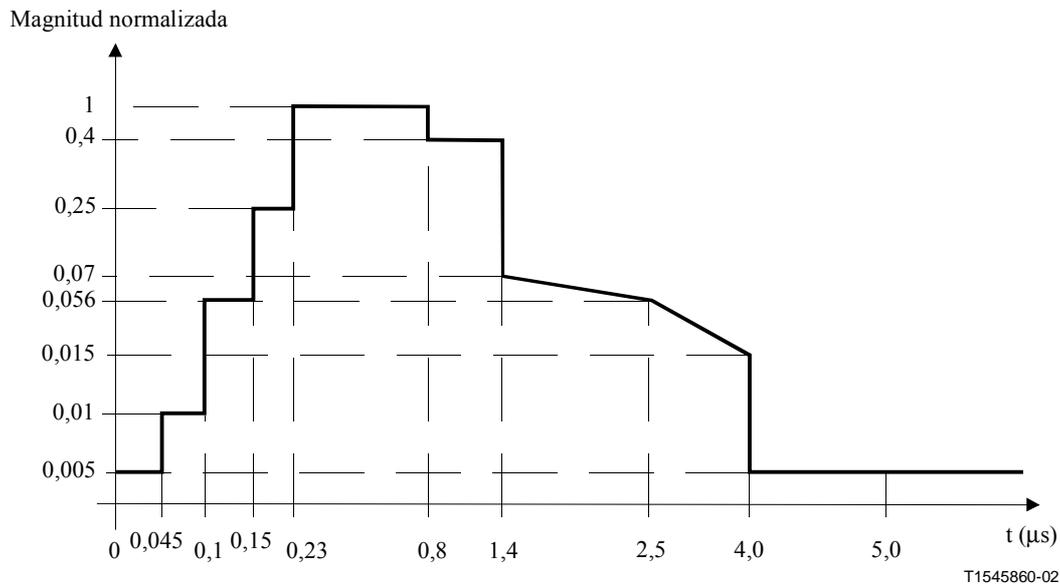


Figura 2/G.989.2 – Máscara de magnitud de la respuesta de símbolos de transmisor

5.2.4 Correspondencia de símbolos

Todas las tramas G.989.2 utilizarán la correspondencia de símbolos 4D definida en 5.2.4.1. Facultativamente, una porción de la trama G.989.2 puede utilizar la correspondencia de símbolos 2D definida en 5.2.4.2.

5.2.4.1 Correspondencia de símbolos 4D

Cada símbolo 4D constará de dos intervalos consecutivos de símbolos QAM bidimensionales. El primer símbolo QAM se modulará con 2 a 8 bits de datos utilizando la codificación de constelación de 5.2.5. El segundo intervalo de símbolos se transmitirá con amplitud cero.

5.2.4.2 Correspondencia de símbolos 2D

Cada símbolo 2D constará de un solo símbolo QAM, modulado con 2 a 8 bits de datos utilizando la codificación de constelación de 5.2.5.

5.2.4.3 Transición 2D a 4D

Cuando se conmuta de una correspondencia de símbolos 2D a 4D dentro de una trama G.989.2 dada, se transmitirá un símbolo adicional de amplitud cero inmediatamente después del último símbolo 2D e inmediatamente antes del primer símbolo 4D.

5.2.5 Codificador de constelación

5.2.5.1 Correspondencia de bits a símbolos

Los bits entrantes se agruparán en intervalos de símbolos de N bits, donde $2 \leq N \leq 8$. Cada grupo de N bits se hará corresponder con un símbolo 2D como se ilustra en las figuras 3 a 9. Los valores de símbolos se representan con los bits ordenados de manera que el bit más a la derecha sea el primer bit en el tiempo y el bit más a la izquierda el último bit en el tiempo.

Todas las constelaciones excepto para 3 bits por símbolo están en una rejilla cuadrada uniforme, y todas las constelaciones son simétricas con respecto a los ejes real e imaginario. Los puntos de constelación de 3 bits por símbolo están igualmente espaciados alrededor de un círculo de igual amplitud.

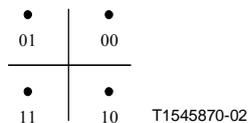


Figura 3/G.989.2 – 2 bits por símbolo

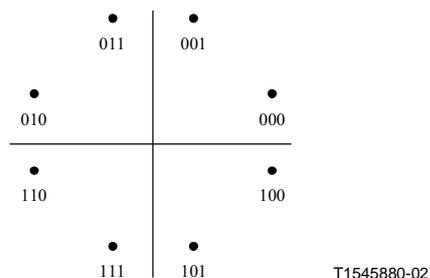


Figura 4/G.989.2 – 3 bits por símbolo

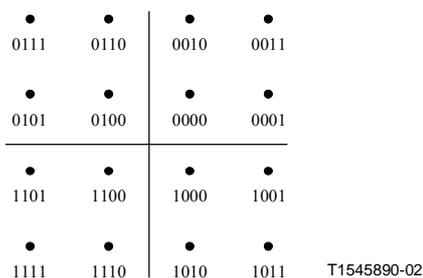


Figura 5/G.989.2 – 4 bits por símbolo

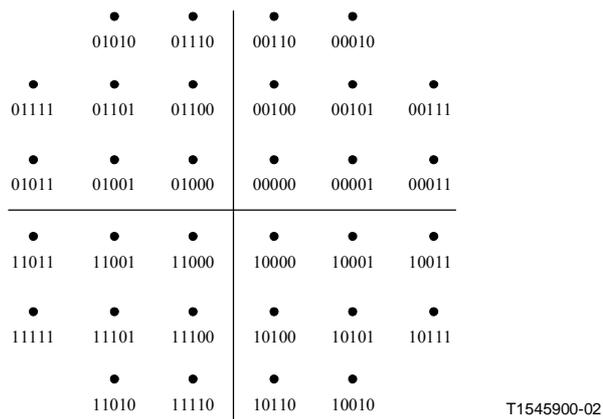


Figura 6/G.989.2 – 5 bits por símbolo

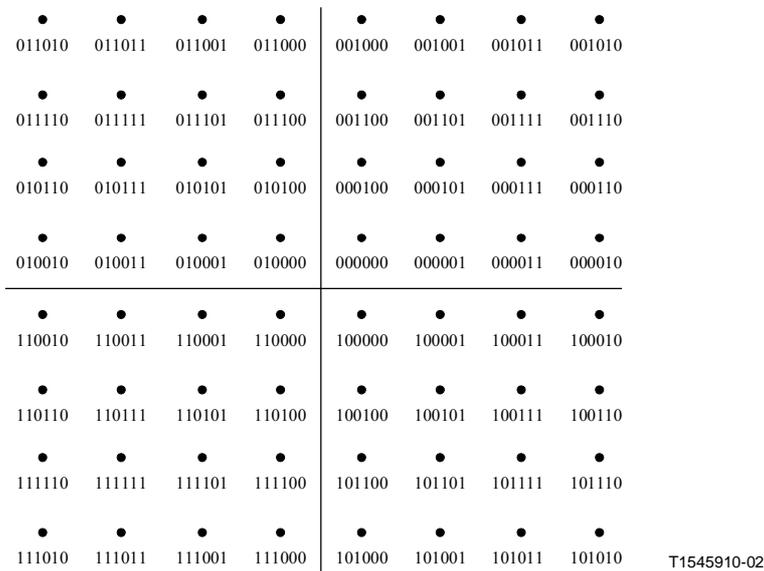
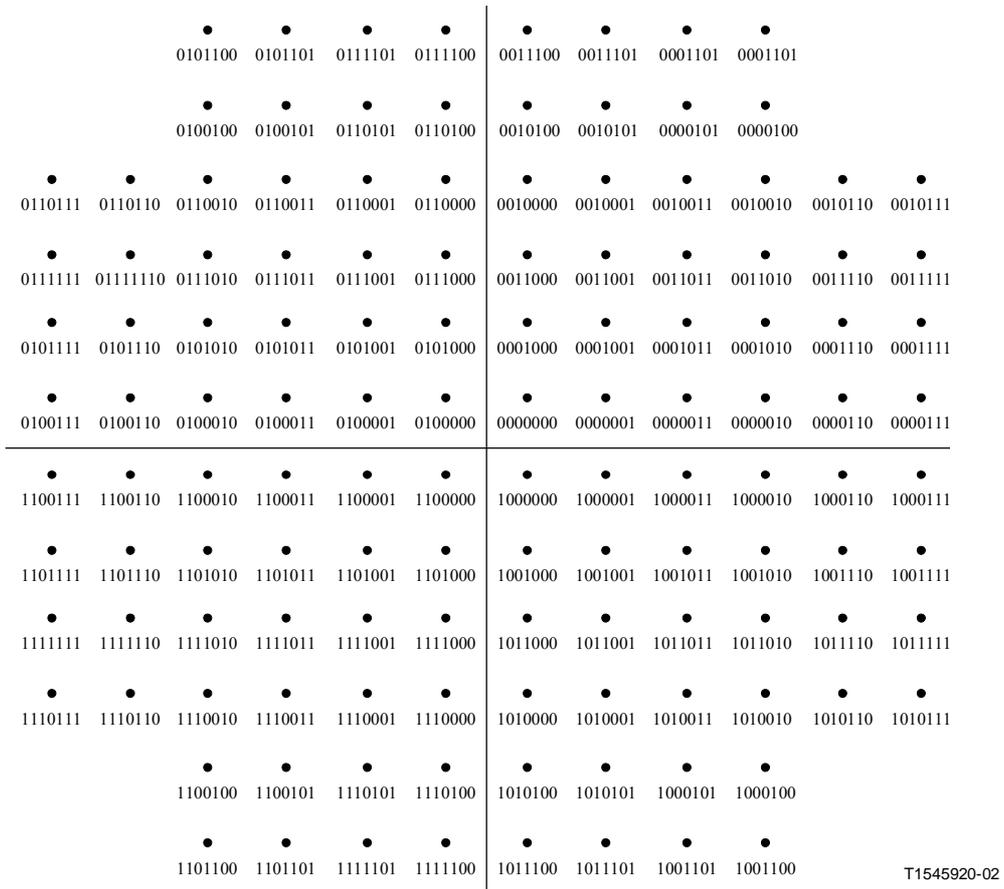
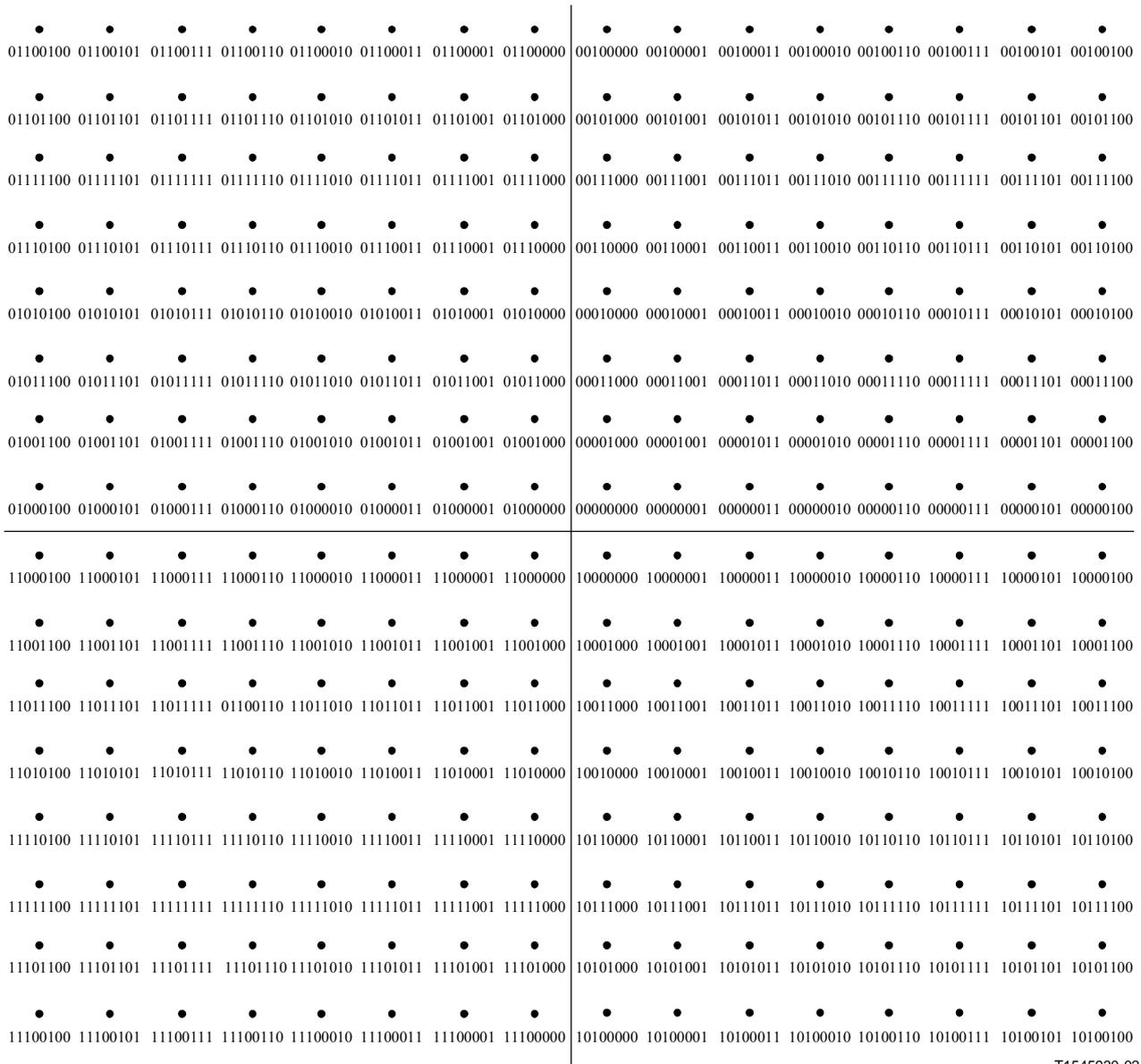


Figura 7/G.989.2 – 6 bits por símbolo



T1545920-02

Figura 8/G.989.2 – 7 bits por símbolo



T1545930-02

Figura 9/G.989.2 – 8 bits por símbolo

5.2.5.2 Transiciones de correspondencia de símbolos

Las transiciones de correspondencia de símbolos dentro de una trama G.989.2 se producirán en una frontera de octetos de bits de datos, en las transiciones de correspondencia de símbolos 2D y 4D o en las transiciones de correspondencia de bits por símbolo. Si el número de bits de datos que se hacen corresponder con el símbolo inmediatamente precedente a tal transición es menor que el valor actual de N, se añadirá un número suficiente de bits de valor cero a los bits de datos con objeto de completar este último símbolo en la secuencia.

5.2.5.3 Escala

La escala relativa de las diferentes constelaciones se da en el cuadro 1. Se aplicará una escala a los puntos de constelación que haga que los puntos de referencia tengan los valores, indicados dentro de una tolerancia de distancia mínima de $\pm 4\%$.

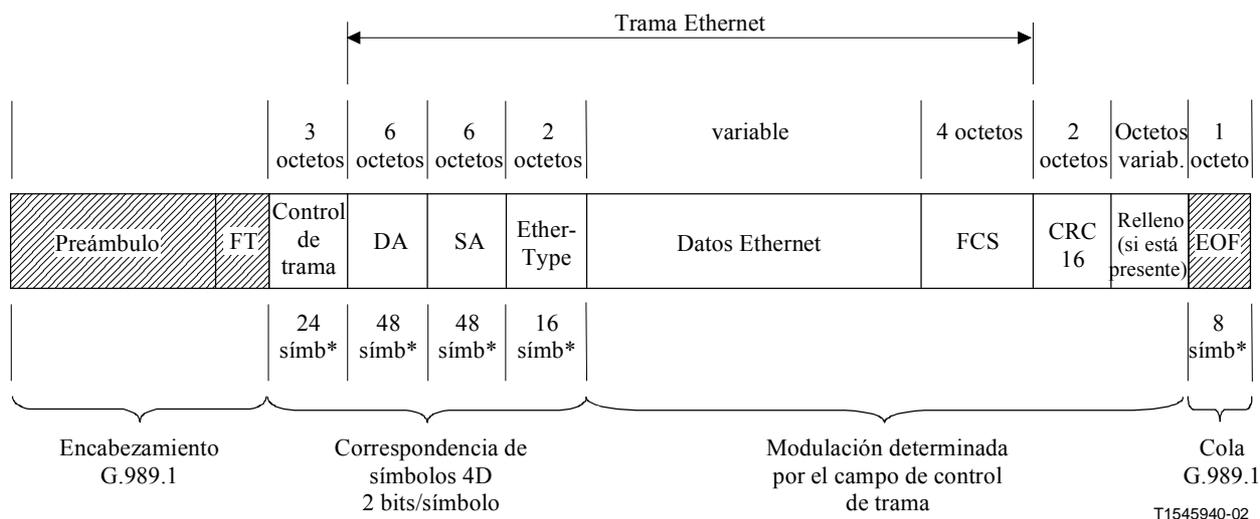
Cuadro 1/G.989.2 – Puntos de referencia de constelación

| Bits por símbolo | Punto de referencia | Amplitud de correspondencia 4D | Amplitud de correspondencia 2D |
|--|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 2 | 00 | 1 | $\frac{1}{\sqrt{2}}$ |
| 3 | 000 | 1 | $\frac{1}{\sqrt{2}}$ |
| 4 | 0000 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3\sqrt{2}}$ |
| 5 | 00000 | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4\sqrt{2}}$ |
| 6 | 000000 | $\frac{1}{7}$ | $\frac{1}{7\sqrt{2}}$ |
| 7 | 0000000 | $\frac{1}{9}$ | $\frac{1}{9\sqrt{2}}$ |
| 8 | 00000000 | $\frac{1}{15}$ | $\frac{1}{15\sqrt{2}}$ |
| NOTA – Se aplica una escala a los puntos de constelación que haga que los puntos más alejados tengan aproximadamente igual magnitud. | | | |

5.3 Formato de las tramas

La cabida útil PHY de cada trama física se formatea como una trama de nivel de enlace tipo Ethernet. Además, la trama Ethernet está precedida por un campo de control de trama de 3 octetos, y seguida por un campo CRC-16 de 2 octetos y, posiblemente un campo de relleno de longitud variable.

El formato de la trama se ilustra en la figura 10. Consta de una sección de encabezamiento a baja velocidad binaria, una sección de datos a velocidad variable, y una cola a baja velocidad. Algunas partes de la trama no están aleatorizadas, como se indica en 5.3.6.



* Número de símbolos 2D en este campo

Definido en otras Recomendaciones PNT

Figura 10/G.989.2 – Formato de trama PHY

5.3.1 Orden de los bits

Si no se indica otra cosa, todos los campos serán transmitidos con el octeto más significativo en primer lugar, y con el LSB dentro de cada octeto transmitido en primer lugar. El LSB dentro de un campo se designa como bit N.º 0. Los diagramas representan los bit u octetos más significativos a la izquierda.

5.3.2 Definición de control de trama

El campo de control de trama es un campo de 24 bits definido en el cuadro 2.

Cuadro 2/G.989.2 – Campo de control de trama

| Campo | N.º de bit | Bit | Descripción |
|-------|------------|-----|--|
| RSVD | 23 | 1 | Reservado. Este campo será fijado a cero por el transmisor, y el receptor lo ignorará. |
| PRI | 22:20 | 3 | Prioridad (0-7) |
| SI | 19:16 | 4 | Inicialización del aleatorizador |
| PE | 15:8 | 8 | Codificación de cabida útil |
| HCS | 7:0 | 8 | Secuencia de verificación de encabezamiento |

Por consiguiente, con el orden de los bits definido en 5.3.1, el campo de control de trama se transmite en el orden que se ilustra en la figura 11.

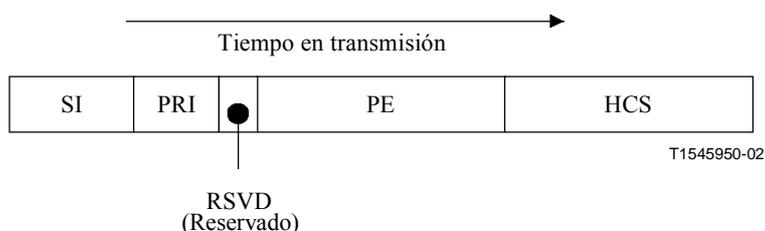


Figura 11/G.989.2 – Orden del campo de control de trama

5.3.2.1 Bit de inicialización del aleatorizador

Este campo de cuatro bits se fijará al valor utilizado para inicializar el aleatorizador, como se describe en 5.3.6.

5.3.2.2 Prioridad

Prioridad designa el mecanismo de prioridad MAC. El valor de prioridad PHY (PRI) de 3 bits se fijará al nivel de prioridad G.989.1 de la trama.

En las estaciones PNT que no implementan clase de servicio, el campo PRI será ignorado en recepción, y se transmitirá fijado a 1.

5.3.2.3 Codificación de cabida útil

Este campo determina la codificación de constelación de la porción a velocidad binaria variable de la cabida útil de PNT. Los valores se definen como sigue en el cuadro 3.

Cuadro 3/G.989.2 – Codificación de cabida útil

| Valor | Interpretación |
|---|--|
| 0 | Modo no normalizado |
| 1 | Correspondencia de símbolos 4D, 2 bits por símbolo |
| 2 | Correspondencia de símbolos 4D, 3 bits por símbolo |
| 3 | Correspondencia de símbolos 4D, 4 bits por símbolo |
| 4 | Correspondencia de símbolos 4D, 5 bits por símbolo |
| 5 | Correspondencia de símbolos 4D, 6 bits por símbolo |
| 6 | Correspondencia de símbolos 4D, 7 bits por símbolo |
| 7 | Correspondencia de símbolos 4D, 8 bits por símbolo |
| 8 | Modo no normalizado |
| 9 | Correspondencia de símbolos 2D, 2 bits por símbolo |
| 10 | Correspondencia de símbolos 2D, 3 bits por símbolo |
| 11 | Correspondencia de símbolos 2D, 4 bits por símbolo |
| 12 | Correspondencia de símbolos 2D, 5 bits por símbolo |
| 13 | Correspondencia de símbolos 2D, 6 bits por símbolo |
| 14 | Correspondencia de símbolos 2D, 7 bits por símbolo |
| 15 | Correspondencia de símbolos 2D, 8 bits por símbolo |
| 16-256 | Reservado para utilización del UIT-T |
| NOTA – Los receptores deben descartar las tramas cuyo valor PE no comprendan. | |

5.3.2.4 Secuencia de verificación de encabezamiento (HCS, *header check sequence*)

Una verificación por redundancia cíclica (CRC, *cyclic redundancy check*) de 8 bits se calcula como una función de la secuencia de 128 bits (no aleatorizada) en orden de transmisión, comenzando con el campo FT G.989.1 y terminando con el campo SA Ethernet, con los ceros sustituidos por el campo HCS aún no calculado. La codificación se define mediante el siguiente polinomio generador:

$$G(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + 1 \quad (5-1)$$

Matemáticamente, el valor CRC correspondiente a una trama dada se define por el siguiente procedimiento:

- 1) Se complementan los primeros 8 bits de la secuencia de bits de entrada en orden de transmisión (es decir, el campo FT G.989.1).
- 2) Los 128 bits de la secuencia en orden de transmisión se consideran entonces los coeficientes de un polinomio $M(x)$ de grado 127. (El primer bit del campo FT corresponde al término x^{127} y el último bit del campo SA corresponde el término x^0 .)
- 3) $M(x)$ se multiplica por x^8 y se divide por $G(x)$, produciendo un resto $R(x)$ de grado ≤ 7 .
- 4) $R(x)$ se multiplica por $H(x)$ para producir $N(x)$, donde $H(x)$ se define como $H(x) = x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$.
- 5) $N(x)$ se divide por $G(x)$, produciendo un resto $R'(x)$ de grado ≤ 7 .
- 6) Los coeficientes de $R'(x)$ se consideran una secuencia de 8 bits.
- 7) La secuencia de bits se complementa y el resultado es CRC'.

Los 8 bits de CRC' se colocan en el campo HCS de manera que x^7 es el LSB del octeto y x^0 es el MSB del octeto. (Los bits de la CRC' se transmiten por tanto en el orden $x^7, x^6, \dots, x^1, x^0$.)

NOTA 1 – Aunque la HCS está inserta en el tren de bits protegido, se calcula de manera que el tren de 128 bits resultante proporcione capacidades de detección de errores idénticas a las de un tren de 120 bits con una CRC agregada de 8 bits. Debe señalarse que la secuencia de 128 bits resultante, considerada como los coeficientes de un polinomio de grado 127, cuando se divide por $G(x)$, producirá siempre un resto igual a $x^7 + x^6 + x + 1$.

NOTA 2 – Debido a que todos los campos cubiertos por la HCS se transmiten con una correspondencia de símbolos 4D y de 2 bits por símbolo, esos campos deberían recibirse correctamente en muchos casos cuando la cabida útil se recibe con error. La HCS puede utilizarse en unión de estadísticas de error de decisión flexible para determinar con alta probabilidad si el encabezamiento se recibió correctamente. Este conocimiento puede ser útil para optimizar la calidad de funcionamiento de los algoritmos ARQ y/o de negociación de velocidad.

5.3.3 Trama Ethernet

Los campos de bits que comienzan con el campo DA y terminan con el campo FCS en la figura 10 son idénticos a los campos correspondientes descritos en ISO/CEI 8802-3, y se designan como la trama Ethernet de nivel de enlace.

NOTA 1 – Una trama Ethernet ISO/CEI 8802-3 tiene un preámbulo Ethernet y bits delimitadores de trama de inicio (SFD, *start-frame-delimiter*) prefijados a la trama de nivel de enlace; estos bits no están presentes en las tramas PNT.

NOTA 2 – Se pretende que las direcciones MAC Ethernet asignadas se utilicen para la dirección de destino (DA, *destination address*) y la dirección de origen (SA, *source address*).

La trama Ethernet consta de un número entero de octetos.

El formateado y los procedimientos para el contenido de la trama Ethernet se describen con más detalle en la cláusula 6.

5.3.4 CRC-16

Una verificación por redundancia cíclica (CRC) de 16 bits se calcula como una función del contenido de la trama Ethernet (no aleatorizada) en orden de transmisión, comenzando con el primer bit del campo DA y terminando con el último bit del campo FCS. La codificación se define mediante el siguiente polinomio generador.

$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \quad (5-2)$$

Matemáticamente, el valor CRC correspondiente a una trama dada se define mediante el siguiente procedimiento:

- 8) Se complementan los primeros 16 bits de la trama en orden de transmisión.
- 9) Los n bits de la trama en el orden de transmisión se consideran entonces los coeficientes de un polinomio $M(x)$ de grado $n-1$. (El primer bit del campo de la dirección de destino corresponde al término $x^{(n-1)}$ y el último bit del campo FCS corresponde al término x^0 .)
- 10) $M(x)$ se multiplica por x^{16} y se divide por $G(x)$, produciendo un resto $R(x)$ de grado ≤ 15 .
- 11) Los coeficientes de $R(x)$ se consideran una secuencia de 16 bits.
- 12) La secuencia de bits se complementa y el resultado es la CRC.

Los 16 bits de la CRC se colocan en el campo CRC-16 de manera que x^{15} es el bit menos significativo del primer octeto, y el término x^0 es el bit más significativo del último octeto. (Los bits de la CRC se transmiten en el orden $x^{15}, x^{14}, \dots, x^1, x^0$.)

NOTA – La CRC-16, en unión de la FCS de Ethernet, proporciona mayor protección contra los errores no detectados que la FCS sola. Esto se debe a factores de entorno que a menudo producen una tasa de errores de trama (FER, *frame error rate*) varios órdenes de magnitud superior a la de Ethernet, haciendo la FCS insuficiente por sí misma.

5.3.5 Relleno

Las cabidas útiles PNT que utilizan la correspondencia de símbolos 2D incluirán un campo de relleno que consta de un número entero de octetos.

El último octeto del campo de relleno se fija a un valor, designado como PAD_LENGTH, el cual es igual al número de octetos del campo de relleno, menos uno. Los octetos del campo de relleno precedente se fijan todos a un valor cero.

PAD_LENGTH se fijará a un valor tal que el tiempo de transmisión de la trama, desde el comienzo del preámbulo G.989.1 hasta el último símbolo del delimitador EOF de G.989.1, sea al menos 92,5 μ s.

Las cabidas útiles PNT que utilizan exclusivamente la correspondencia de símbolos 4D, no incluirán un campo de relleno.

NOTA – El campo de relleno asegura que se puede distinguir un fragmento de colisión de una trama válida por la longitud de transmisión detectada por la función de detección de portadora que se define en la Rec. UIT-T G.989.1. Un ejemplo de fórmula adaptada para generar PAD_LENGTH es $\max(102-N,0)$, donde N es el número de octetos de DA a FCS, inclusive.

5.3.6 Aleatorizador

El contenido de la cabida útil PNT se aleatorizará utilizando el aleatorizador sincronizado en tramas que se ilustra en la figura 12. La aleatorización comenzará con el 9º bit transmitido del campo de control de trama (es decir, el primer bit PE), y continuará hasta el último bit de CRC-16 (o el último bit del campo de relleno si está presente), inclusive.

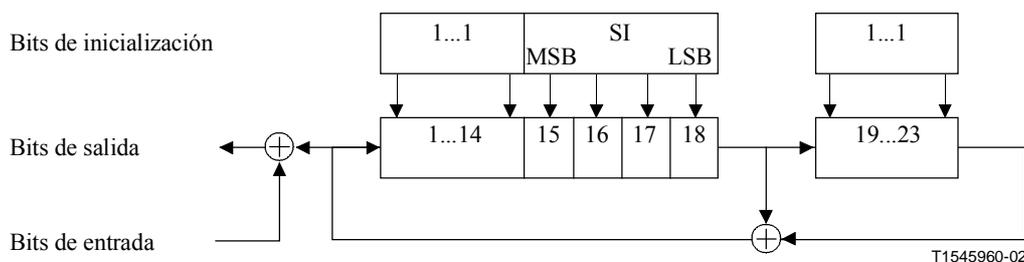


Figura 12/G.989.2 – Aleatorizador de datos

El aleatorizador utiliza el siguiente polinomio generador.

$$G(x) = x^{23} + x^{18} + 1 \quad (5-3)$$

Los bits 15 a 18 del registro de desplazamiento se inicializarán con un número aleatorio de 4 bits. Este valor se colocará en el subcampo SI definido en 5.3.2.1 en un orden tal que la posición 15 del registro es el MSB (bit 19 de control de trama) y el bit 18 es el LSB (bit 16 del control de trama).

NOTA – La utilización de un estado inicial aleatorio del aleatorizador produce una densidad de potencia espectral uniforme (PSD, *power spectral density*) medida sobre múltiples tramas similares. Esto elimina el problema de tonos en la PSD de paquetes sucesivos altamente correlacionados. Con objeto de alcanzar este objetivo, los valores de SI deben distribuirse uniformemente.

5.4 Requisitos mínimos del dispositivo

El dispositivo G.989.2 debe ser capaz como mínimo de transmitir y recibir tramas moduladas con correspondencia de símbolos 4D.

Los transmisores deben ser capaces como mínimo de transmitir todas las constelaciones desde 2 hasta 8 bits por símbolo (valores PE 1-7). Los receptores deben ser capaces como mínimo de recibir todas las constelaciones desde 2 hasta 6 bits por símbolo (valores PE 1-5).

NOTA – Los dispositivos G.989.2 pueden hacerse funcionar también en un modo interoperable con dispositivos PNT existentes no normalizados de baja velocidad en el campo. Este funcionamiento queda fuera del alcance de la presente Recomendación.

5.5 Impedancia de entrada del transceptor

5.5.1 Pérdida de retorno pasabanda

La pérdida de retorno media del transceptor con respecto a una carga resistiva de 100 ohmios excederá de 12 dB entre 4,75 y 9,25 MHz. Este requisito se aplica al transceptor energizado o en modo baja potencia (transmisor desenergizado). La pérdida de retorno media con respecto a una carga resistiva de 100 ohmios excederá de 6 dB entre 4,75 y 9,25 MHz con el transceptor desenergizado.

5.5.2 Impedancia de entrada de banda eliminada

La magnitud de la impedancia de entrada será mayor que 10 ohmios entre 0 y 30 MHz y estará conforme con la siguiente máscara de límite inferior (véase el cuadro 4).

**Cuadro 4/G.989.2 – Máscara de límite inferior
de impedancia de entrada**

| Gama de frecuencias (kHz) | Impedancia mínima (ohmios) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 0 < f ≤ 0.285 | 1 M |
| 0.285 < f ≤ 2.85 | 100 k |
| 2.85 < f ≤ 28.5 | 10 k |
| 28.5 < f ≤ 95 | 4.0 k |
| 95 < f ≤ 190 | 2.0 k |
| 190 < f ≤ 285 | 1.4 k |
| 285 < f ≤ 380 | 1.0 k |
| 380 < f ≤ 475 | 850 |
| 475 < f ≤ 570 | 700 |
| 570 < f ≤ 665 | 600 |
| 665 < f ≤ 760 | 525 |
| 760 < f ≤ 855 | 450 |
| 855 < f ≤ 950 | 400 |
| 950 < f ≤ 1000 | 350 |
| 1000 < f ≤ 1400 | 175 |
| 1400 < f ≤ 2300 | 100 |
| 2300 < f ≤ 2850 | 50 |
| 2850 < f ≤ 3085 | 25 |
| 3085 < f ≤ 3725 | 10 |
| 3725 < f ≤ 3935 | 25 |
| 3935 < f ≤ 4000 | 50 |
| 10 000 < f ≤ 10 450 | 40 |
| 10 450 < f ≤ 10 925 | 25 |
| 10 925 < f ≤ 13 125 | 10 |
| 13 125 < f ≤ 14 175 | 25 |
| 14 175 < f ≤ 16 800 | 50 |
| 16 800 < f ≤ 21 000 | 100 |
| 21 000 < f ≤ 30000 | 50 |

Este requisito se aplica al tranceptor energizado, en modo baja potencia (transmisor desenergizado), o no energizado.

NOTA – La figura 13 muestra un ejemplo de la impedancia de entrada de un tranceptor conforme.

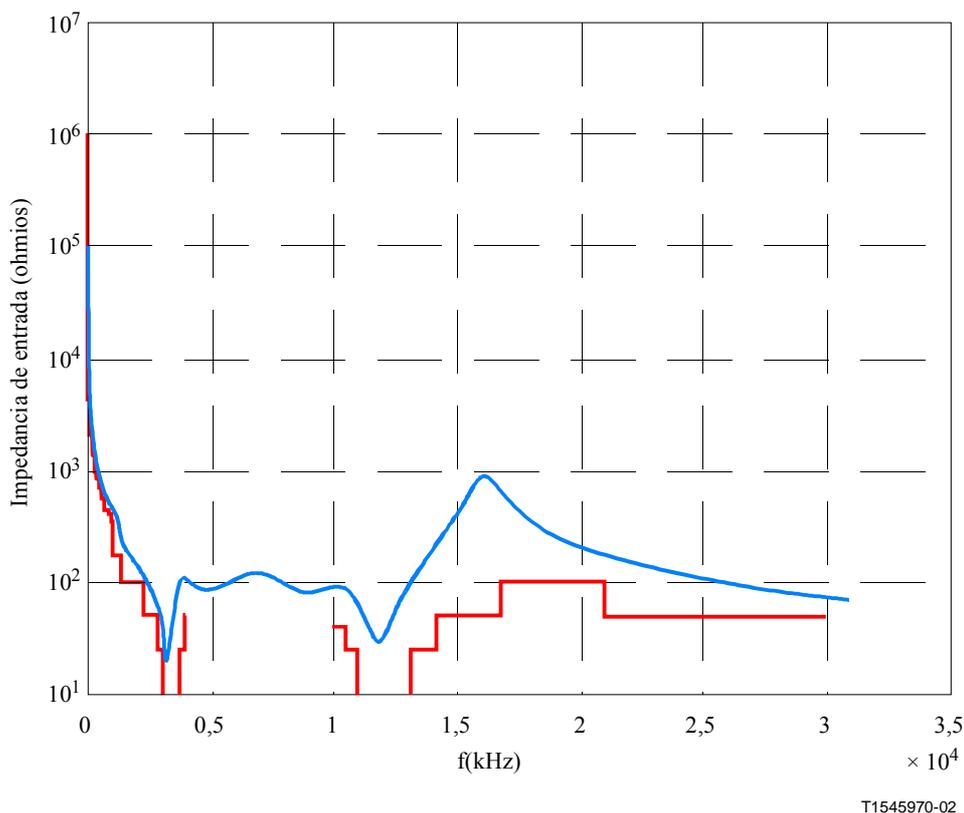


Figura 13/G.989.2 – Ejemplo de impedancia de entrada (informativo)

6 Especificación del protocolo de capa de enlace

6.1 Visión general

Esta cláusula define los procedimientos para implementar las siguientes funciones de control de enlace:

- Negociación de velocidad.
- Integridad del enlace.
- Anuncio de capacidades.
- Petición de repetición automática limitada (LARQ).

Estas funciones de enlace utilizan tramas de control para transportar los mensajes de protocolo entre las estaciones. Esta Recomendación incluye un mecanismo normalizado para el control de red de capa de enlace y la encapsulación. Las tramas de control son tramas de capa de enlace de datos que se identifican por el Ethertype con valor $886C_{16}$ en el campo tipo/longitud de la trama, y se distinguen con mayor detalle mediante los subtipos individuales. Las tramas de control de enlace no son vistas por la capa 3 (IP) de la pila de red, y no se puentean entre segmentos de red PNT.

6.2 Formato básico de trama de capa de enlace

Existen dos formatos básicos de una trama de control de enlace: un subtipo corto y un subtipo largo. El formato de subtipo corto se puede utilizar para las tramas de control cuando la cantidad de información de control es menor que 256 octetos. El formato de subtipo largo se utiliza para las tramas de control cuando la cantidad de información de control excede de 255 octetos.

NOTA – Las tramas de control y encapsulación descritas en esta Recomendación utilizan el formato de subtipo corto.

6.2.1 Formato corto

Cuadro 5/G.989.2 – Trama de control de enlace de formato corto

| Campo | Longitud | Explicación |
|---|-----------------|---|
| DA | 6 octetos | Dirección de destino Ethernet |
| SA | 6 octetos | Dirección de origen Ethernet |
| Ethertype | 2 octetos | 886C ₁₆ |
| SSType | 1 octeto | 0 No normalizado 1 Trama de control de petición de velocidad 2 Trama corta de integridad de enlace 3 Anuncio de capacidades 4 LARQ 5 Tipo de formato corto específico de proveedor 6-127 Reservados para utilización futura del UIT-T (Véase nota) |
| SSLength | 1 octeto | Número de octetos de información de control, comenzando con el campo SSVersion (o el primer octeto a continuación de SSSLength si no está definido como versión SSVersion) y terminando con el segundo (último octeto del campo Ethertype siguiente. Mínimo es 2 y máximo es 255. |
| SSVersion | 1 octeto | Número de versión de la información de control |
| Datos | 0-252 octetos | Información de control |
| Ethertype siguiente | 2 octetos | Ethertype/longitud del protocolo de capa siguiente, 0 si no existe ninguno |
| Relleno | 41-0 octetos | Relleno requerido para satisfacer el mínimo si datos <41 octetos |
| FCS | 4 octetos | Secuencia de verificación de trama |
| NOTA – Los valores tipo SSType 128-255 corresponden al subtipo largo. | | |

El campo SSVersion especifica qué versión de formato de la información de control se utiliza. Esto permite la ampliación futura de cada SSType.

Los receptores verificarán la longitud SSSLength para asegurar que existe suficiente información de control. Las versiones del formato de trama más recientes, compatibles hacia atrás, pueden contener campos de datos fijos adicionales, pero para la compatibilidad hacia atrás deben contener los campos fijos especificados en formatos anteriores.

Los receptores interpretarán todas las tramas SSType soportadas utilizando la SSVersion soportada más reciente que es menor que o igual a la SSVersion indicada en la trama recibida. Serán ignorados los campos desconocidos. Los datos encapsulados de las SSVersions no soportadas (las más recientes) de las tramas SSType de encapsulación soportadas se pasarán a la capa superior.

El campo Ethertype siguiente se requiere para todos los encabezamientos de trama de control de enlace de formato corto. Entre otras cosas, éste soporta compatibilidad hacia atrás permitiendo que los receptores quiten siempre los encabezamientos de capa de enlace de formato corto. Si el campo Ethertype siguiente es cero, la trama es entonces del tipo de control básico y debería eliminarse después del procesamiento de la información de control que contiene. El campo Ethertype siguiente es siempre los últimos dos octetos del encabezamiento de control. La posición del campo Ethertype siguiente en la trama se determinará utilizando el campo SSSLength con objeto de asegurar la compatibilidad hacia adelante.

Si el campo Ethertype siguiente es distinto de cero, la trama es entonces una trama de control de *encapsulación*. Una trama de datos encapsulada es una trama de control de encapsulación con cualquier campo Ethertype siguiente que no concuerde con 0000₁₆ u 886C₁₆. Los receptores G.989.2 serán capaces de suprimir al menos un encabezamiento de trama de control de enlace de formato corto de encapsulación de cualquier trama de datos encapsulada recibida. Las versiones futuras de esta Recomendación pueden requerir el procesamiento de múltiples encabezamientos en tramas de datos encapsuladas, como podría ocurrir si se insertase una trama de control de petición de velocidad en (es decir montada sobre) una trama de datos regular con un encabezamiento LARQ. Cuando se restringe el Ethertype siguiente mediante la especificación al valor 0000₁₆ para una trama de control de capa de enlace específica SStype o LStype, no se permite entonces la encapsulación de tramas de datos cuando se utiliza ese tipo de trama de control de capa de enlace. El único tipo de trama de control de enlace que soporta la encapsulación de tramas de datos es la trama LARQ.

Si el receptor no comprende el SStype (un hecho anunciado posiblemente a través de futuras opciones CSA), la trama será entonces ignorada. Obsérvese que se requiere que todos los nodos comprendan el SSTYPE LARQ (aunque no se requieren para implementar LARQ). Debido a que el SSTYPE LARQ es el único SSTYPE autorizado para encapsular las cabidas útiles de datos, las transmisiones G.989.2 no producirán nunca cabidas útiles desechadas debido a valores SSTYPE no familiares.

El encabezamiento y la cola de las tramas Ethernet normales están sombreadas en gris, con objeto de resaltar los formatos de las tramas de información de control.

6.2.2 Formato largo

Cuadro 6/G.989.2 – Trama de protocolo de enlace de formato largo

| Campo | Longitud | Explicación |
|---------------------|----------------------|---|
| DA | 6 octetos | Dirección de destino Ethernet |
| SA | 6 octetos | Dirección de origen Ethernet |
| Ethertype | 2 octetos | 0886C ₁₆ |
| LStype | 2 octetos | 32768 Reservados para utilización futura del UIT-T 32769 De formato largo específicos de proveedor 32770 a 65535 Reservados para utilización futura del UIT-T |
| LSLength | 2 octetos | Número de octetos de información de control, comenzando con el campo SSVersion (o el primer octeto a continuación de SSLength si no está definido como SSVersion) y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. Mínimo es 2 y máximo 65535 |
| LSVersion | 1 octeto | Número de versión de la siguiente información de protocolo |
| Datos | LSLength – 3 octetos | Datos dependientes del protocolo LStype |
| Ethertype siguiente | 2 octetos | Ethertype/longitud del protocolo de capa siguiente, 0 si no existe ninguno |
| Relleno | 42-0 octetos | Relleno a tamaño mínimo si es necesario |
| FCS | 4 octetos | Secuencia de verificación de trama |

Se utiliza una LSVersion, similar a la SSVersion, para los subtipos de formato largo. Se requiere un campo Ethertype siguiente para todos los subtipos de formato largo. Si el receptor no comprende los subtipos de formato largo (valores LStype) (un hecho anunciado posiblemente a través de futuras opciones CSA) la trama será entonces ignorada. Los requisitos de procesamiento con respecto a la

compatibilidad hacia adelante, desechando los tipos de tramas desconocidos con el Ethertype siguiente = 0000₁₆, y la supresión de los encabezamientos de formato largo con Next_Ethertype ≠ 0000₁₆, son idénticos a los de los encabezamientos de trama de control de formato corto.

6.2.3 Orden de transmisión

El orden de transmisión de los campos de trama es de arriba a abajo en cada cuadro.

Dentro de un campo, el octeto más significativo es el primer octeto del campo a transmitir, con el LSB de cada octeto transmitido en primer lugar. Los octetos subsiguientes dentro de un campo se transmiten en orden decreciente de importancia.

Cuando los subcampos se representan en cualquier cuadro, el orden mostrado es decreciente en importancia de arriba a abajo del cuadro.

6.3 Función de control de negociación de velocidad

La función de negociación de velocidad en una estación de destino utiliza tramas de control de petición de velocidad (RRCF, *rate request control frame*) para proporcionar información a una estación de origen en cuanto a la codificación de cabida útil que la estación de origen deberá utilizar para codificar tramas futuras enviadas a este destino, y para generar tramas de prueba para ayudar al receptor en la selección de la banda más apropiada a utilizar.

NOTA – La política que utiliza la estación de destino para seleccionar la codificación de cabida útil deseada, y la que utiliza para decidir cuándo transmitir tramas de control de petición de velocidad, quedan fuera del alcance de esta Recomendación. En general, la codificación utilizable es función de la calidad del canal entre origen y destino; esto generalmente difiere entre cada par de estaciones dependiendo de la topología del conexionado y de las degradaciones específicas del canal.

6.3.1 Formato de trama de control de petición de velocidad (RRCF)

El RRCF especifica una constelación máxima (bits por símbolo) que el receptor (ReqDA) desea utilizar en un modo dado, e indica qué modos se soportan. La modulación de cabida útil se define en 5.2. (Véase el cuadro 7.)

Cuadro 7/G.989.2 – Definición de una trama de control de petición de velocidad

| Campo | Longitud | Significado |
|-----------|-----------|---|
| DA | 6 octetos | Dirección de destino Ethernet |
| SA | 6 octetos | Dirección de origen Ethernet |
| Ethertype | 2 octetos | 886C ₁₆ |
| SSType | 1 octeto | = 1 |
| SSLength | 1 octeto | Número de octetos de información de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. El valor mínimo de SSLength es 8 para SSVersion 0. |
| SSVersion | 1 octeto | = 0 |
| OpCode | 1 octeto | Código de funcionamiento para este mensaje de control. Véanse las definiciones en el cuadro 9. |
| ModeNum | 1 octeto | El número de modo se especifica en este campo de control. Cada modo tiene un descriptor de dos octetos. <ul style="list-style-type: none"> – El modo 1 indica la correspondencia de símbolos 4D. – El modo 2 indica la correspondencia de símbolos 2D. Las estaciones G.989.2 ignorarán los valores de modo distintos de 1 y 2. |

Cuadro 7/G.989.2 – Definición de una trama de control de petición de velocidad

| Campo | Longitud | Significado |
|---------------------|-----------------|---|
| NumAddr | 1 octeto | Número de direcciones especificadas en la cabida útil de este mensaje de control. NumAddr puede ser cero. Siempre se utiliza la SA en el encabezamiento Ethernet y se designa en las siguientes cláusulas como RefAddr0. |
| Mode1_PE | 1 octeto | Correspondencia de símbolos 4D, portadora de 7 MHz: valor PE que debería utilizarse para enviar datos cuando se selecciona el modo de correspondencia de símbolos 4D. Los valores 1 a 7, inclusive, son los únicos válidos. |
| Mode1_rank | 1 octeto | El orden de clasificación de la preferencia ReqDAs para este modo. 1 es la preferencia más alta, y para los otros modos se asignan valores de clasificación sucesivamente más grandes, ningún modo tendrá la misma clasificación que otro. |
| Mode2_PE | 1 octeto | Facultativo, solamente está presente si ModeNum = 2. Correspondencia de símbolos 2D, portadora de 7 MHz: si está incluido, este campo es el valor PE que se debería utilizar para enviar datos cuando se selecciona el modo de correspondencia de símbolos 2D. (0, 9..15) son los únicos valores válidos. |
| Mode2_rank | 1 octeto | Facultativo, solamente está presente si ModeNum = 2. Orden de clasificación de la preferencia ReqDAs para este modo. |
| RefAddr1 | 6 octetos | Facultativo. Presente si NumAddr \geq 1. La segunda dirección MAC para la cual se especifican las velocidades, solamente se permiten los tipos de dirección difusión y multidifusión. |
| RefAddr2 | 6 octetos | Facultativo. Presente si NumAddr \geq 2. La tercera dirección MAC para la cual se especifican las velocidades. Solamente se permiten los tipos de dirección difusión y multidifusión. |
| • • • | | [ejemplares adicionales de RefAddr, hasta que el número de los campos RefAddr es igual a NumAddr]. |
| Siguiente Ethertype | 2 octetos | = 0 |
| Relleno | | Para alcanzar minFrameSize si se requiere. |
| FCS | 4 octetos | Secuencia de verificación de trama. |

Las estaciones G.989.2 ignorarán los valores de modo posteriores a ModeNum = 2. Si un receptor no especifica un modo en una RRCF, o especifica PE de 0 para un modo, los transmisores no utilizarán entonces ese modo. Los modos solamente pueden ser no especificados si no sigue otro modo de información.

Los campos ModeNum y NumAddr se colocan cercanos entre sí de manera que todos los campos fijos puedan referenciarse a desplazamientos conocidos en la trama.

El cuadro 8 describe los valores asignados que pueden aparecer en los asientos de descripción de modo en la trama de control de petición de velocidad.

Cuadro 8/G.989.2 – Valores PE para las tramas de control de petición de velocidad

| PE | Velocidad de datos | Significado |
|----|--------------------|---|
| 0 | N/A | No normalizado |
| 1 | 4 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 4D, QAM, 2 bits por símbolo |
| 2 | 6 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 4D, QAM, 3 bits por símbolo |
| 3 | 8 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 4D, QAM, 4 bits por símbolo |
| 4 | 10 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 4D, QAM, 5 bits por símbolo |
| 5 | 12 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 4D, QAM, 6 bits por símbolo |
| 6 | 14 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 4D, QAM, 7 bits por símbolo |
| 7 | 16 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 4D, QAM, 8 bits por símbolo |
| 8 | N/A | No normalizado |
| 9 | 8 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 2D, QAM, 2 bits por símbolo |
| 10 | 12 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 2D, QAM, 3 bits por símbolo |
| 11 | 16 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 2D, QAM, 4 bits por símbolo |
| 12 | 20 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 2D, QAM, 5 bits por símbolo |
| 13 | 24 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 2D, QAM, 6 bits por símbolo |
| 14 | 28 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 2D, QAM, 7 bits por símbolo |
| 15 | 32 Mbit/s | Correspondencia de símbolos 2D, QAM, 8 bits por símbolo |

El cuadro 9 describe los valores que pueden aparecer en el asiento OpCode en la trama de control de petición de velocidad.

Cuadro 9/G.989.2 – Valores OpCode para las tramas de control de petición de velocidad

| OpCode | Significado |
|--------|----------------------------------|
| 0 | Petición de cambio de velocidad |
| 1 | Petición de prueba de velocidad |
| 2 | Respuesta de prueba de velocidad |
| 3-255 | Reservado |

6.3.2 Visión general de la negociación de la velocidad en el cuadro

Se utilizan los siguientes términos para describir los procedimientos de negociación de velocidad:

Especificación de modo Una codificación de cabida útil (PE, *payload encoding*) y la clasificación asociada con un modo dado. Un **modo** es una combinación única de correspondencia de símbolos y velocidad de símbolos. En esta Recomendación se definen dos modos.

Canal lógico, canal Un flujo de tramas desde el emisor a uno o más receptores por un solo segmento de red, que consta de todas las tramas con una sola combinación de DA y SA.

Receptor Una estación que recibe tramas enviadas por un determinado canal. Si el destino es una dirección unidifusión existe como máximo un **receptor**. Si el destino es una dirección de grupo (incluyendo difusión), puede haber muchos **receptores**.

| | |
|-----------------------------------|--|
| PE de receptor | La PE preferida a utilizar sobre este canal, determinada por el receptor . |
| RRCF | Trama de control de petición de velocidad. Enviada desde el receptor al emisor para efectuar un cambio en la PE. |
| RefAddr0 | La SA en el encabezamiento Ethernet de la trama RRCF. Ésta es la DA del receptor (para el canal) y siempre es utilizada por el emisor del canal como la primera RefAddr procesada. |
| RefAddr1..RefAddr<n> | Otras direcciones, incluidas las direcciones de difusión y multidifusión para las cuales el receptor indica la información de velocidad al emisor . La dirección de estación del receptor del canal (RefAddr0) no debería colocarse en la lista de RefAddr adicionales. NOTA – Resulta necesario al menos un campo RefAddr para soportar la negociación de velocidad para las direcciones de difusión y de multidifusión, ya que éstas no pueden utilizarse como la dirección de origen en el encabezamiento Ethernet. |
| Emisor | La estación emisora para un canal, generalmente la estación que posee la dirección MAC de origen. |
| PE del emisor | La PE preferida asociada con un canal, visto desde el emisor . |

6.3.2.1 Canales

La negociación de velocidad se define sobre canales lógicos simplex. Se define un canal separado para cada combinación de DA y SA Ethernet. No existe un procedimiento de establecimiento de canal explícito. Se define implícitamente un nuevo canal cuando se recibe un paquete desde una nueva SA o se envía a una nueva DA. Cada canal tiene un solo **emisor** pero puede tener múltiples **receptores**. Los **receptores** funcionan independientemente.

6.3.2.2 RRCF de transmisión

Las tramas de control de petición de velocidad (RRCF) (todas OpCodes) deben enviarse con una prioridad correspondiente a la prioridad 7 de capa de enlace. Las RRCF no deberán enviarse nunca con una prioridad 6 de capa de enlace. Las RRCF pueden enviarse con una prioridad de capa de enlace inferior, desde el conjunto [5, 4, 3, 0]. Sin embargo, la prioridad de capa de enlace de una RRCF nunca será menor que la prioridad de capa de enlace más alta recibida en los últimos 2 s desde la estación a la cual se está enviando la RRCF. Las peticiones de cambio de velocidad (OpCode = 0) se enviarán siempre con una correspondencia QAM de símbolos 4D a 2 bits por símbolo (PE = 1). La selección de la codificación para las tramas de petición de prueba de velocidad y las tramas de respuesta de prueba de velocidad se describe más adelante.

6.3.2.3 Temporizador de intervalos

Cada estación debería mantener un temporizador con un periodo de 128 s. No deberá intentarse la sincronización de este temporizador entre estaciones. El temporizador no debe modificarse con la recepción o transmisión de ninguna trama. El temporizador de intervalo se utiliza al determinar qué nodos han estado transmitiendo activamente hacia direcciones de multidifusión y de difusión (véase 6.3.3.2) y cuándo deben enviarse las RRCF restantes con referencia a las direcciones de multidifusión y de difusión (véase 6.3.4.1).

6.3.3 Funcionamiento del emisor

6.3.3.1 Emisor – Trama de datos de transmisión

El emisor mantendrá un cuadro de información del estado de los canales lógicos. Esta información incluye el tipo de nodo (por ejemplo, G.989.2 o desconocido), la PE del transmisor y la PE del

receptor para cada modo en el que se ha especificado esta información. Cuando se envía una trama, el emisor determinará la PE del transmisor a partir del cuadro. Si es necesario, se puede efectuar el asiento de un nuevo canal en el cuadro con una PE de emisor por defecto o PE = 1.

6.3.3.2 Emisor – Petición de cambio de velocidad de recepción (RRCF OpCode 0)

Por cada una de las RefAddr en la RRCF, comenzando con RefAddr0, la SA de la trama RRCF, la estación actualizará la PE del emisor de conformidad con la especificación de modo en la RRCF. Si no existe información de estado del canal lógico para RefAddr0, la estación deberá crear un nuevo asiento de estado del canal lógico e inicializar la PE del transmisor de conformidad con la especificación de modo en la RRCF. Si no existe información de estado de canal lógico para las RefAddr adicionales, la estación podrá bien ignorar esas direcciones o crear nuevos asientos de estado del canal lógico e inicializar la PE del emisor de conformidad con la especificación de modo en la RRCF.

Para las direcciones de multidifusión y difusión, los emisores deberán utilizar una velocidad que sea aceptable por todos los nodos que están activamente a la escucha de esa dirección. Las estaciones emisoras pueden hacer cumplir una PE mínima que utilizarán para transmitir hacia un canal de multidifusión dado, con base en información de nivel de aplicación respecto a QoS. Es deseable transmitir a la más alta velocidad soportada por el canal. Por consiguiente, si una RefAddr es una dirección de multidifusión o la dirección de difusión, el emisor deberá utilizar el valor PE que produzca la velocidad binaria bruta más elevada, la cual no será mayor que cualquiera de las especificaciones de banda proporcionadas por los nodos que están activamente a la escucha de esa dirección. Los oyentes de multidifusión activos se definirán como cualquier estación que haya, en cualquiera de los últimos dos intervalos de 128 s, ya sea:

- enviado cualquier trama a la dirección de multidifusión; o
- enviado una RRCF a esta estación con la dirección de multidifusión indicada en la lista RefAddr.

Los oyentes de difusión activos se definirán como cualquier estación que haya, en cualquiera de los últimos dos intervalos de 128 s, ya sea:

- enviado cualquier trama a la dirección de difusión; o
- enviado una RRCF a esta estación con la dirección de difusión indicada en la lista RefAddr.

6.3.3.3 Emisor – Trama de petición de prueba de velocidad de recepción (RRCF OpCode 1)

Para cada modo soportado, el emisor generará una trama de respuesta de prueba de velocidad (RRCF OpCode 2) al solicitante codificada utilizando la codificación de cabida útil especificada. El contenido de la RRCF deberá ser la información de estado del canal lógico actual.

Se requiere soporte solamente de tramas de petición de prueba de velocidad en las estaciones que implementan ambos modos 1 y 2. Las estaciones que implementan solamente el modo 1 pueden descartar las tramas de petición de prueba de velocidad recibidas y no enviar respuesta.

6.3.3.4 Emisor – Nodos G.989.2 activos

Un nodo G.989.2 activo es cualquier estación desde la cual se ha recibido una trama válida en cualquiera de los últimos dos intervalos de 128 s.

6.3.4 Funcionamiento del receptor

6.3.4.1 Receptor – Recepción de una trama

Los receptores emplearán medios para limitar los números de RRCF generadas. Se utilizarán los procedimientos definidos en esta cláusula, o un procedimiento alternativo que no genere más RRCF que el procedimiento aquí descrito.

Las estaciones interesadas en la recepción de tramas de una dirección de multidifusión específica o de la dirección de difusión proporcionarán un mecanismo que asegure que se recuerde a todas las fuentes de las tramas enviadas a esa dirección de multidifusión (o la dirección de difusión, según convenga) el deseo de este nodo de recibir tramas dirigidas a esa dirección al menos una vez cada 128 s (véase 6.3.3.2).

6.3.4.2 Receptor – Trama de petición de prueba de la velocidad de emisión (RRCF OpCode 1)

Periódicamente, pero a una velocidad que no excederá de una vez cada 128 s (excepto como se indica más adelante), un receptor puede enviar una trama de petición de prueba de velocidad a un transmisor para probar si el canal puede soportar una banda diferente. Las codificaciones de banda representan las codificaciones a las cuales el receptor querría que el emisor generase tramas de prueba. La NumAddr se fijará a 0 en las tramas de petición de prueba de velocidad.

Las tramas de petición de prueba de velocidad deben enviarse codificadas a la velocidad actual negociada para el canal del receptor al emisor.

Solamente se requiere soporte de tramas de petición de prueba de velocidad en las estaciones que implementan bandas adicionales posteriores a la banda 1. Las estaciones que aplican solamente la banda 1 no necesitan proporcionar un mecanismo para generar tramas de petición de prueba de velocidad.

6.3.4.3 Receptor – Trama de respuesta de prueba de velocidad de recepción (RRCF OpCode 2)

Al recibo de una trama de respuesta de prueba de velocidad, el receptor debe utilizar las estadísticas de demodulación para esta trama, y cualesquiera tramas de respuesta de prueba de velocidad recibidas previamente que utilicen esta codificación, para tomar una decisión en cuanto a la capacidad del canal para soportar la codificación de banda probada. Si la decisión es que el canal no es capaz de soportar la codificación de banda probada, el receptor no generará otra trama de petición de prueba de velocidad al menos durante 128 s. Si la decisión es que el canal es capaz de soportar la codificación de banda probada, el receptor puede repetir la prueba para recabar más datos a una velocidad máxima de una trama de petición de prueba de velocidad cada segundo, con un máximo de 16 pruebas adicionales. En este momento, el receptor debe generar una petición de cambio de velocidad hacia el transmisor especificando la nueva codificación de banda.

Solamente se requiere soporte de tramas de respuesta de prueba de velocidad en las estaciones que implementen bandas adicionales posteriores a la banda 1. Las estaciones que implementan solamente la banda 1 pueden descartar silenciosamente las tramas de respuesta de prueba de velocidad recibidas.

6.4 Función de integridad del enlace

El propósito de la función de integridad del enlace es proporcionar un medio para que la estación determine si es capaz de recibir tramas de al menos otra estación en la red. En ausencia de otro tráfico, una estación transmite periódicamente una trama de control de integridad del enlace (LICF, *link integrity control frame*) a la dirección MAC de difusión, con el intervalo entre tales transmisiones gobernado por el método descrito a continuación.

Todas las estaciones implementarán la siguiente función para asegurar que, con alta probabilidad, dentro de cualquier intervalo de 1 s habrá, ya sea:

- al menos una LICF enviada a la dirección MAC de difusión desde esta estación, o
- al menos un paquete direccionado a la dirección MAC de difusión recibido desde cada una de al menos otras dos estaciones.

Además, todas las estaciones enviarán al menos una LICF cada 64 s.

El método se describe a continuación:

- Las estaciones deberán ser capaces de generar tramas de integridad del enlace aun en el modo inactivo o en el modo durmiente. Mientras estén en el modo durmiente o inactivo, las estaciones que no quieren o no pueden ser despertadas no deben enviar tramas de integridad del enlace.
- Un paquete de enlace puede ser cualquier trama de difusión recibida con un encabezamiento FCS válido. Se recomienda que solamente las tramas LICF se traten como paquetes de enlace G.989.2.
- Cada estación mantiene un temporizador de funcionamiento libre con un periodo de 1 s. No deberá haber intentos para sincronizar este temporizador entre las estaciones. El temporizador no debe ser modificado por ninguna transición de estado de enlace o por la recepción de cualquier trama. Este temporizador es la fuente del evento de fin de temporización utilizado en el cuadro de estados de integridad del enlace que se muestra más adelante.
- Cada estación mantiene un contador FORCE_SEND de 6 bits que se inicializa con un valor aleatorio entre 30 y 63. Este valor de inicialización puede seleccionarse una vez al arranque del nodo y utilizarse para cada reinicialización del contador FORCE_SEND, o bien puede seleccionarse un nuevo valor aleatorio por cada reinicialización del contador FORCE_SEND.
- Cada estación tiene un registro (SA1) que puede ser fijado desde la SA de un paquete de enlace recibido.
- Se debe enviar una LICF con una prioridad correspondiente a la prioridad 7 de la capa de enlace.
- La PE para una LICF se determinará accediendo a la información del canal lógico RRCF para el canal de difusión. Una excepción a este criterio es si las tramas de integridad del enlace no se envían con el valor PE de difusión negociado actualmente, y en ese caso se enviarán con PE = 1. Esto permite a las estaciones en modo durmiente o inactivo mantener el estado activo en la red. La recepción de una trama de integridad del enlace con PE = 1 no provocará la transmisión de una RRCF.
- Cada estación enviará una trama de control de integridad del enlace (LICF) con el formato ilustrado en el cuadro 11, de conformidad con el diagrama de estados de la figura 14.

NOTA – Mientras estén en el modo durmiente o inactivo, las estaciones efectuarán el procesamiento de integridad del enlace y de despertador en todos los paquetes recibidos. No es necesario ningún procesamiento adicional de los paquetes recibidos. Cualquier procesamiento de gestión de potencia pertinente se efectuará en tramas de datos LARQ y no LARQ y se entiende que deben descartarse las tramas no WoLAN (despertar con LAN).

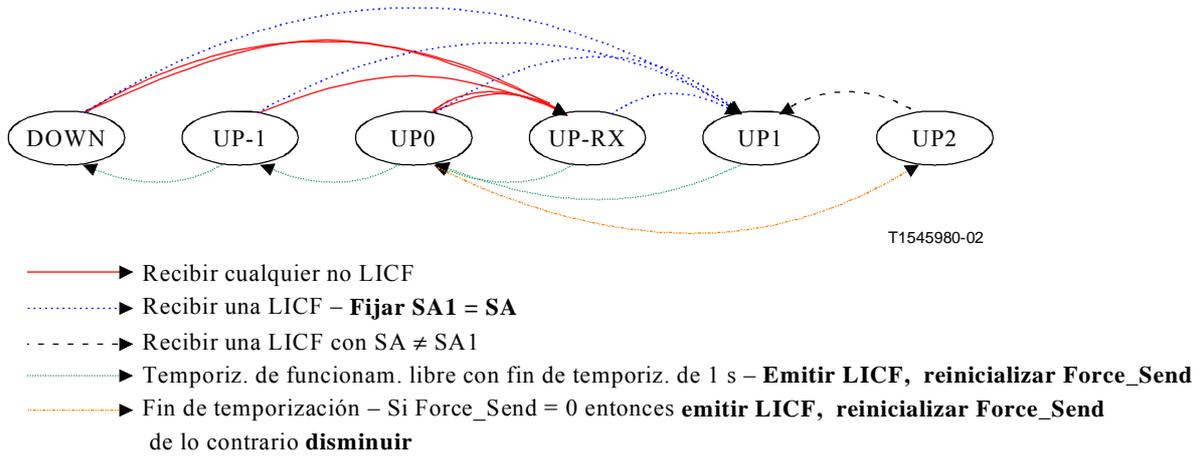


Figura 14/G.989.2 – Diagramas de estado de integridad del enlace

La figura 14 da una imagen gráfica de las transiciones de estado, con cierta pérdida de detalle, incluida la omisión de eventos que no provocan transiciones de estado (y no tienen acciones asociadas), y la caída de múltiples eventos en una sola transición con una descripción más compleja de la acción.

El cuadro 10 es un cuadro de estados completo, con las acciones asociadas. El evento de fin de temporización es la expiración periódica de un temporizador de funcionamiento libre de 1 segundo.

Cuadro 10/G.989.2 – Máquina de estados finitos de integridad del enlace

| | INHABILITADO (DOWN) | Habilitado-1 (UP-1) | Habilitado-0 (UP0) | Habilitado-RX (UP-RX) | Habilitado-1 (UP1) | Habilitado-2 (UP2) |
|---------------------------------------|---|---|---|--|--|--|
| Recibir cualquier no LICF | Habilitado-RX (ninguno) | Habilitado-RX (ninguno) | Habilitado-RX (ninguno) | Habilitado-RX (ninguno) | Habilitado-1 (ninguno) | Habilitado-2 (ninguno) |
| Recibir LICF con SA = SA1 | Habilitado-1 Fijar SA1← SA | Habilitado-1 Fijar SA1← SA | Habilitado-1 Fijar SA1← SA | Habilitado-1 Fijar SA1← SA | Habilitado-1 (ninguno) | Habilitado-2 (ninguno) |
| Recibir LICF con SA ≠ SA1 | Habilitado-1 Fijar SA1← SA | Habilitado-1 Fijar SA1← SA | Habilitado-1 Fijar SA1← SA | Habilitado-1 Fijar SA1← SA | Habilitado-2 (ninguno) | Habilitado-2 (ninguno) |
| Fin de temporización Force_Send = 0 | INHABILITADO Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send | INHABILITADO Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send | Habilitado-1 Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send | Habilitado-0 Transmitir LICF, reinicializar Force_Send | Habilitado-0 Transmitir LICF, reinicializar Force_Send | Habilitado-0 Transmitir LICF, reinicializar Force_Send |
| Fin de temporización y Force_Send > 0 | INHABILITADO Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send | INHABILITADO Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send | Habilitado-1 Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send | Habilitado-0 Transmitir LICF, reinicializar Force_Send | Habilitado-0 Transmitir LICF, reinicializar Force_Send | Habilitado-0 disminuir Force_Send |

^{a)} Los dispositivos que pueden transmitir utilizando más de una dirección de origen MAC (por ejemplo, un puente) deben transmitir una trama de petición de CSA a la dirección de difusión en lugar de enviar una LICF para los casos indicados en el cuadro.

NOTA 1 – Estado inicial: INHABILITADO, Force_Send inicializado: $30 \leq \text{Force_Send} \leq 63$.

NOTA 2 – Se indica el estado de integridad del enlace cuando se está en cualquier estado salvo INHABILITADO.

Cuadro 11/G.989.2 – Trama corta de integridad del enlace

| Campo | Longitud | Significado |
|---------------------|-----------------|--|
| DA | 6 octetos | Dirección de destino Ethernet = FF FF FF FF FF FF ₁₆ |
| SA | 6 octetos | Dirección de origen Ethernet |
| Ethertype | 2 octetos | 886C ₁₆ |
| SSType | 1 octeto | = 2 |
| SSLength | 1 octeto | Número de octetos de información de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. El mínimo es 4 para SSVersion 0. |
| SSVersion | 1 octeto | = 0 |
| LI_pad | 1 octeto | Se ignora a la recepción. |
| Ethertype siguiente | 2 octetos | = 0 |
| Relleno | 40 octetos | Cualquier octeto de valor |
| FCS | 4 octetos | |

6.5 Anuncio de capacidades y estado

Esta cláusula define los procedimientos para la negociación en toda la red, el descubrimiento de capacidades y el anuncio de estado. Se basa en anuncios de difusión periódicos, denominados anuncios de capacidades y estado (CSA, *capabilities and status announcement*) enviados en tramas de control CSA (CSACF, *CSA control frame*). Las banderas de estado definidas permiten la determinación de la versión G.989.2 de una estación, la capacidad de prestaciones facultativas, la utilización de prioridad de capa de enlace, así como la comunicación de instrucciones de configuración de la red.

El propósito del protocolo es distribuir a todas las estaciones el conjunto completo de banderas de estado en uso sobre la red, de manera que las estaciones puedan tomar decisiones funcionales basadas en tales banderas sin interacción ulterior.

Las estaciones utilizarán la trama de control CSA descrita en el cuadro 12 y las definiciones de las banderas CSA del cuadro 13. Las estaciones emitirán una trama de control CSA una vez por minuto o cuando debido a un cambio en el estado actual de la estación se requiera el anuncio de nuevas banderas (o suprimidas).

Cuadro 12/G.989.2 – Trama de anuncio de capacidades y estado

| Campo | Longitud | Significado |
|--------------|-----------------|---|
| DA | 6 octetos | Dirección de destino Ethernet = FF FF FF FF FF FF ₁₆ |
| SA | 6 octetos | Dirección de origen Ethernet, que no necesariamente corresponde con la dirección MAC a la cual se aplica el contenido de la trama (véase CSA_SA). |
| Ethertype | 2 octetos | 886C ₁₆ |
| SSType | 1 octeto | = 3 |
| SSLength | 1 octeto | Números de octetos de información de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. El mínimo es 32 para SSVersion 0 |
| SSVersion | 1 octeto | = 0 |

Cuadro 12/G.989.2 – Trama de anuncio de capacidades y estado

| Campo | Longitud | Significado |
|---------------------|-----------------|---|
| CSA_ID_Space | 1 octeto | Identifica el espacio de registro de CSA_MFR_ID 0 No especificado 1 JEDEC 2 PCI 3-255 Reservado para utilización del UIT-T |
| CSA_MFR_ID | 2 octetos | ID del fabricante del HW: Identifica el fabricante de la implementación del controlador PHY, asignado por la entidad identificada en CSA_ID_Space. El propósito de este campo más el número de parte y revisión es identificar las implementaciones PHY específicas. Éste no es un identificador de placa o de nivel o de ensamblado. |
| CSA_Part_No | 2 octetos | Número de parte del fabricante del HW: El número de parte del chip del controlador PHY. |
| CSA_Rev | 1 octeto | Revisión del HW. |
| CSA_Opcode | 1 octeto | 0 Anuncio 1 Petición |
| CSA_MTU | 2 octetos | Tamaño máximo en octetos de la PDU de nivel de enlace que acepta este receptor, el valor por defecto es de 1526 octetos. 1526 es el valor mínimo que indicará una estación G.989.2. |
| CSA_SA | 6 octetos | Dirección MAC de la estación para la cual son aplicables las capacidades y el estado. |
| CSA_pad | 2 octetos | Reservado para la versión 0. Se emitirá como 0, y será ignorado a la recepción. Crea alineación de campo a los límites de la PALABRA de 32 bits. |
| CSA_CurrentTxSet | 4 octetos | Banderas de configuración, más todos los estados en uso actual para esta estación. Las definiciones de banderas se especifican en el cuadro 13. |
| CSA_OldestTxSet | 4 octetos | Una copia de las banderas TX "más antiguas" de estas estaciones, a partir del periodo que termina al menos un periodo (minuto) antes. Las definiciones de bandera se especifican en el cuadro 13. |
| CSA_CurrentRxSet | 4 octetos | La unión de banderas recientes recibidas de otras estaciones. Las definiciones de banderas se especifican en el cuadro 13. |
| Siguiente Ethertype | 2 octetos | = 0 |
| Relleno | | Relleno para alcanzar minFrameSize si es necesario. |
| FCS | 4 octetos | |

Una estación que envía una trama de control CSA para anunciar un cambio de estado enviará una segunda copia de la CSACF más reciente después de un corto intervalo de la primera, ya que siempre existe la posibilidad de que una trama se pierda debido a cambios temporales en el canal, ruido impulsivo, etc. El intervalo debe seleccionarse aleatoriamente (no simplemente fijarlo), y elegirlo de la gama 1 a 1000 μ s, inclusive.

Las tramas de control CSA se envían con una prioridad correspondiente a la prioridad 7 de capa de enlace.

Las tramas de control CSA se envían siempre a la dirección de difusión (FF FF FF FF FF FF₁₆).

La PE para una trama de control CSA se determinará accediendo a la información de canal lógico RRCF para el canal de difusión.

Se define un OpCode (código de funcionamiento) de petición para permitir que una estación reúna rápidamente información completa sobre todas las estaciones. Al recibo de una trama de control CSA con el OpCode de petición, una estación transmitirá un mensaje CSA actual después de un intervalo corto, utilizando el mismo mecanismo (y los parámetros) que retarda la segunda copia de los anuncios CSA, como se describió anteriormente.

6.5.1 Trama de control CSA

El cuadro 12 define el formato de una trama de control de anuncio de capacidades y estado. Los tres primeros campos posteriores al encabezamiento de Ethernet comprenden el encabezamiento normalizado para las tramas de control de formato corto.

6.5.2 Banderas de estado, configuración, opción y prioridad

El cuadro 13 contiene las banderas que se utilizan para CSA_CurrentTxSet, CSA_OldestTxSet, y CSA_CurrentRxSet en las tramas de control de anuncio de capacidades y de estado.

Cuadro 13/G.989.2 – Banderas CSA

| Octeto | Campo | Longitud | Descripción |
|-----------------------|---|----------|--|
| Banderas0 (Flags0) | TxPriority7 | 1 | La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 7 LL. (Siempre fijada) |
| | TxPriority6 | 1 | La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 6 LL. |
| | TxPriority5 | 1 | La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 5 LL. |
| | TxPriority4 | 1 | La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 4 LL. |
| | TxPriority3 | 1 | La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 3 LL. |
| | TxPriority2 | 1 | La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 2 LL. |
| | TxPriority1 | 1 | La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 1 LL. |
| | TxPriority0 | 1 | La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 0 LL. (siempre fijada) |
| Banderas1 (Flags1) | Reservado | 7 | Será enviada como 0 e ignorada por las estaciones de recepción. |
| | Soporta la correspondencia del símbolo 2D | 1 | Esta estación soporta las codificaciones de cabida útil de correspondencia de símbolos 2D. |
| | Reservado | 8 | Será enviada como 0 e ignorada por las estaciones G.989.2 cuando se reciba. |
| Banderas2 (Flags2) | G.989.2 | 1 | Modo G.989.2 |
| Banderas3 (Flags3) | Reservado | 4 | Se enviará como 0 y será ignorada por las estaciones de recepción. |
| | Versión G.989.2 | 3 | 000 Reservado 001 Reservado 010 G.989.2 011-111 Reservado |

Se soportan 32 bits de banderas para anunciar la información de estado y configuración. Las banderas se dividen en tres grupos básicos: banderas de selección de modo, opciones soportadas, y anuncios de prioridad de capa de enlace TX en uso. Estas banderas se añaden al estado general tan pronto como se anuncian, y se suprimen cuando ninguna estación las anuncia, bien sea por supresión explícita o por aplicación a las mismas de fin de temporización. Se anunciará una prioridad de capa de enlace TX en uso por un periodo de uno o dos minutos después de que realmente se envía la trama con la prioridad, hasta que el mecanismo de envejecimiento provoque que se suprima de CurrentTxSet.

El **conjunto por defecto** de banderas de estados, utilizado para inicializar el **NewTxSet** (definido más adelante), se define como las prioridades 0 y 7, la versión G.989.2 de la estación, y cualesquiera opciones soportadas.

6.5.3 Anuncio de capacidades y estado – Términos y parámetros

6.5.3.1 Periodo de capacidades y estado (periodo CS)

La información de estado no continua expira después de un intervalo de tiempo básico de un minuto. Cada estación tiene un temporizador de repetición fijado a este intervalo. Los temporizadores en las diferentes estaciones no están sincronizados, y en general se debe evitar la sincronización. La descripción que sigue designa el tiempo entre una expiración de este temporizador y la siguiente como un "periodo". El periodo "actual" designa el tiempo desde la expiración más reciente del temporizador.

Se envía una trama CSA al final de cada intervalo.

6.5.3.2 Variables

Las descripciones de esta cláusula utilizan las siguientes variables:

| | |
|---|---|
| DeleteSet | Valor calculado utilizado para detectar información de estado recientemente suprimida. |
| NewRxFlags, ReallyNewRxFlags | Valores calculados utilizados para detectar nuevas banderas de estado. |
| CSP_Timer | Temporizador de funcionamiento libre con un periodo de 60 s. |
| RetransmitTimer | Un temporizador de una sola acción, fijado a un intervalo aleatorio en la gama de 1 ms a 1000 ms, inclusive, después del envío de un CSA en el cual CSA_CurrentTxSet y CSA_OldestTxSet son diferentes, o cuando se recibe un CSA con el CSA_Opcode fijado a 1 (petición). Este temporizador se cancela si se envía un segundo CSA como resultado de la expiración de CSP_Timer. |

6.5.4 Parámetros de estado del conjunto de estado y prioridad

Cada estación mantiene cinco conjuntos básicos de información sobre estado y prioridad. Además, se definen tres conjuntos compuestos adicionales como la unión de dos o más de los conjuntos básicos.

| | |
|----------------------|---|
| NewTxSet | El conjunto de banderas anunciado durante el periodo CS actual, actualizado inmediatamente cuando se utiliza una nueva prioridad de capa de enlace o cuando se fija un nuevo estado inestable. Cuando expira el CSP_Timer, se da a CurrentTxSet el valor de NewTxSet, y NewTxSet se reinicia al conjunto por defecto . |
| PreviousTxSet | El conjunto de banderas que se anunció durante el periodo CS previo (el valor final de NewTxSet a partir del periodo CS previo). |

| | |
|------------------------|--|
| OldestTxSet | El conjunto de banderas presentadas del PreviousTxSet al final del periodo CS previo (el valor de PreviousTxSet del periodo CS previo). Las banderas presentes en OldestTxSet y faltantes en PreviousTxSet no fueron utilizadas o detectadas activamente (por el emisor) durante un periodo CS completo y serán suprimidas. Este conjunto se envía en tramas CSA como CSA_OldestTxSet. |
| NewRxSet | <p>La unión de todas las banderas CSA_CurrentTxSet recibidas en los CSA de otras estaciones durante el periodo CS actual. Se recoge en PreviousRxSet al expirar el CSP_Timer, y a continuación se reinicializa al conjunto vacío (0).</p> <p>Una bandera de estado inestable (una de las banderas de prioridad) de este conjunto puede suprimirse ulteriormente si la única estación que anunció previamente esa bandera deja de utilizarla. La supresión del CurrentTxSet de esa estación se advierte por diferencia con su OldestTxSet. El hecho de que era el único emisor se advierte por ausencia de la bandera en el CurrentRxSet de esa estación, indicando que no recibió la bandera de ninguna otra estación.</p> <p>Si una bandera se suprime de NewRxSet, debe suprimirse también de PreviousRxSet.</p> |
| PreviousRxSet | El conjunto de banderas anunciado recibido durante el periodo CS previo (el valor final de NewRxSet desde el periodo CS previo). Se puede suprimir una bandera de este conjunto, como se describe en NewRxSet más arriba. |
| CurrentTxSet | El conjunto de banderas anunciado durante el periodo CS más cualesquiera nuevas banderas de estado y de prioridad (o banderas con cambios de configuración/opciones) utilizado durante el periodo CS actual, es decir la unión de PreviousTxSet y NewTxSet. Este conjunto se envía en tramas CSA como CSA_CurrentTxSet. |
| CurrentRxSet | La unión de NewRxSet y PreviousRxSet. Este conjunto se envía en tramas CSA como CSA_CurrentRxSet. |
| CurrentInUseSet | La unión de CurrentTxSet y CurrentRxSet. Este conjunto se utiliza para determinar el modo funcional de la estación y para modificar la correspondencia entre la prioridad LL de la trama y la utilización de la prioridad PHY actual. |

6.5.5 Funcionamiento del protocolo de anuncio de capacidades y estado

6.5.5.1 Trama de nueva transmisión – Detección de prioridad

El protocolo CSA no procesa directamente las tramas de transmisión. Cuando está en uso el protocolo LARQ (estaciones de perfil completo), el CSA examina la **prioridad LL** de la trama cuando se envía normalmente al controlador.

- a) Si la **prioridad LL** no existe aún en NewTxSet, añádase a este último.
- b) Si la **prioridad LL** no existe aún en NewTxSet y tampoco está en PreviousTxSet, en ese caso se envía una nueva trama de control CSA con el CSA_Opcode fijado a 0 (anuncio), y arránquese el temporizador de retransmisión. Si el temporizador ya estaba en funcionamiento, se cancela y se reinicializa. Actualícese la función de correspondencia de prioridad PHY actual para el controlador.

6.5.5.2 Trama de control CSA de recepción

El receptor puede necesitar salvar una copia de algunos o todos los CSA más recientes desde cada estación como un modo simple de rastrear las capacidades y el estado de otras estaciones.

- a) Regístrense (facultativamente) las banderas de estado y opciones del CSA_CurrentTxSet en un cuadro indexado mediante la dirección CSA_SA. Las banderas de opciones se utilizan para seleccionar la utilización de funciones facultativas entre pares de estaciones que aplican las mismas opciones.
- b) Si el CSA_Opcode en la trama es 1 (petición), arránquese entonces el temporizador de retransmisión. Si el temporizador ya está funcionando se recomienda que se deje hacerlo, a pesar de que esto no se requiere y se permite la cancelación seguida del rearranque.
- c) Si CSA_CurrentTxSet tiene una bandera que ya no existe en NewRxSet, añádase entonces la bandera a NewRxSet, y verifíquese para determinar si esta bandera no está presente en PreviousRxSet. Las expresiones booleanas correspondientes son como sigue:

$$\text{NewRxFlags} = \text{CSA_CurrentTxSet} \wedge \overline{\text{NewRxSet}} \quad (6-1)$$

$$\text{NewRxSet} = \text{NewRxSet} \vee \text{NewRxFlags} \quad (6-2)$$

$$\text{ReallyNewFlags} = \text{NewRxFlags} \wedge \overline{\text{PreviousRxSet}} \vee \overline{\text{CurrentRxSet}} \quad (6-3)$$

- d) Compare CSA_OldestTxSet con CSA_CurrentTxSet. Si se ha suprimido una bandera, y si falta también esa bandera en CSA_CurrentRxSet, suprimase entonces la bandera de NewRxSet, y de PreviousRxSet. Las expresiones booleanas correspondientes son como sigue:

$$\text{DeleteSet} = \text{CSA_OldestTxSet} \wedge \overline{\text{CSA_CurrentTxSet}} \wedge \overline{\text{CSA_CurrentRxSet}} \quad (6-4)$$

$$\text{NewRxSet} = \text{NewRxSet} \wedge \overline{\text{DeleteSet}} \quad (6-5)$$

$$\text{PreviousRxSet} = \text{PreviousRxSet} \wedge \overline{\text{DeleteSet}} \quad (6-6)$$

$$\text{CurrentRxSet} = \text{NewRxSet} \vee \text{PreviousRxSet} \quad (6-7)$$

- e) Si ReallyNewFlags o DeleteSet son distintos de cero, actualícese entonces el modo de red y la correspondencia de prioridad, como resulte necesario.

NOTA – Los símbolos "∨" y "∧" especifican funciones "OR" y "AND" lógicas de bits, respectivamente.

6.5.5.3 Fin de temporización CSP_Timer

Cuando ocurre un fin de temporización CSP_Timer significa que ha comenzado un nuevo periodo CS. Se presentan los diversos conjuntos de estado, recalculense los conjuntos compuestos, y envíese un CSA. Fíjese el RetransmitTimer, si resulta necesario.

- OldInUseSet = CurrentInUseSet.
- Desplácese NewRxSet a PreviousRxSet.
- Fíjese NewRxSet a 0 (conjunto vacío).
- Desplácese PreviousTxSet a OldestTxSet.
- Desplácese NewTxSet a PreviousTxSet.
- Fíjese NewTxSet al conjunto por defecto, que consta de la versión G.989.2 de esta estación, banderas de configuración actuales si existen (normalmente ninguna), opciones soportadas actualmente, y el conjunto de prioridad por defecto {0,7}.

- Actualícese CurrentTxSet, CurrentRxSet, y CurrentInUseSet.

$$\text{CurrentRxSet} = \text{NewRxSet} \vee \text{PreviousRxSet} \quad (6-8)$$

$$\text{CurrentTxSet} = \text{NewTxSet} \vee \text{PreviousTxSet} \quad (6-9)$$

$$\text{CurrentInUseSet} = \text{CurrentRxSet} \vee \text{CurrentTxSet} \quad (6-10)$$

- Envíese una trama CSA con el CSA_Opcode fijado a 0 (anuncio), incluyendo las banderas actualizadas.
- Si CSA_CurrentTxSet y CSA_OldestTxSet en la trama CSA recién enviadas eran diferentes, arránquese el RetransmitTimer. Si el temporizador estaba funcionando previamente, entonces cancélese y rearránquese.
- Si se han suprimido una o más banderas de estado, recalculése entonces el modo de funcionamiento de red y/o la función de correspondencia de prioridad debido al cambio de las banderas de estado. Se debe recalcular modo/correspondencia si CurrentInUseSet no es igual a OldInUseSet.

6.5.5.4 Fin de temporización de retransmisión

Si expira el RetransmitTimer, envíese una trama CSA actual para esta estación con el CSA_Opcode fijado a 0 (anuncio). No se rearranca el temporizador.

6.5.6 Selección de modo de red basada en CurrentInUseSet

Las banderas de selección de modo del protocolo CSA son útiles para facilitar la compatibilidad con modos privados, y para futuras versiones de la Rec. UIT-T G.989.3.

6.5.7 Prioridades

Existe un costo de ancho de banda máximo alcanzable ligeramente menor asociado con las prioridades PHY inferiores en el protocolo MAC G.989.2 si se emplea un esquema de correspondencia por defecto de capa de enlace a prioridades de capa PHY. Este costo puede resultar especialmente oneroso si solamente se transporta en la red tráfico de baja prioridad. Por consiguiente, el protocolo CSA incluye procedimientos para la recorrespondencia de las prioridades de capa de enlace inferiores con las prioridades de capa PHY superiores cuando ninguna estación en la red está enviando tráfico marcado para esas prioridades elevadas.

La elección de la prioridad de capa física (PHY, *physical layer*) para una trama dada se basa en su prioridad de capa de enlace (LL, *link layer*) asignada. La correspondencia por defecto de la prioridad LL a la prioridad PHY se especifica en 6.5.7.3. La prioridad LL de una trama en el emisor debe transmitirse a la estación receptora a fin de permitir la recuperación apropiada del protocolo de capa de enlace en el receptor. Esto requiere ya sea una correspondencia fija, uno a uno, de prioridades LL a PHY, o algún mecanismo para transportar la prioridad LL dentro de cada trama. El protocolo LARQ, definido en 6.6, transporta la prioridad LL asignada de una estación transmisora a una estación receptora, proporcionando el mecanismo requerido, con lo que se crea la oportunidad para aplicar correspondencias de prioridad LL a PHY, no por defecto lo cual a su vez, permite un ancho de banda máximo alcanzable más elevado.

NOTA – Una estación puede utilizar facultativamente un encabezamiento IEEE 802.1Q para transmitir la prioridad LL. Sin embargo, es improbable que las estaciones que no soportan encabezamientos IEEE 802.1Q comprendan las tramas que incluyen tales encabezamientos. Tales tramas pueden no ser apropiadamente recibidas por todos los destinatarios pretendidos a menos que se determine que todos los receptores de la trama soportan la utilización de encabezamientos IEEE 802.1Q.

6.5.7.1 Tramas de transmisión – Elección de la prioridad física

Cuando se produce la asignación de una prioridad de capa física a la trama, debe haberse ya realizado cualquier cambio a la función de recorrespondencia de prioridad PHY debido a la utilización de una nueva prioridad. La estación debe utilizar la prioridad PHY recorrespondida para transmitir la trama (incluyendo la colocación de este valor en el encabezamiento de control de trama) a menos que la trama no tenga encabezamiento LARQ, en cuyo caso se debe utilizar la correspondencia de LL a PHY por defecto.

6.5.7.2 Prioridades de las tramas recibidas

La prioridad LL de las tramas recibidas indicadas a los protocolos de capas superiores (antes de cualquier reasignación debida a un encabezamiento LARQ o IEEE 802.1Q) se determinará utilizando la correspondencia de prioridad PHY a LL por defecto, excepto que las estaciones de perfil mínimo deberán indicar la prioridad de todas las tramas como LL 0. El mecanismo que garantiza una prioridad LL correcta para las tramas recibidas es el restablecimiento de la prioridad LL del encabezamiento LARQ (o facultativamente, de IEEE 802.1Q). El procesamiento del encabezamiento LARQ se efectúa siempre después de la asignación de la prioridad LL por defecto en el trayecto de recepción.

6.5.7.3 Correspondencia por defecto de capa de enlace a capa física

La especificación IEEE 802.1p (incorporada en ISO/CEI 15802-3:1998) coloca la prioridad por defecto (no asignada/mejor servicio posible) por encima de ambas prioridades 1 y 2, cuando está en uso un sistema de prioridad de 8 niveles. Por lo tanto, la prioridad de capa de enlace 0 se hará corresponder por encima de ambas LL 1 y LL 2 para la asignación de prioridad de capa física por defecto. El IEEE 802.1p designa el nivel 7 de prioridad para el control de red y el nivel 6 de prioridad para el tráfico que requiere latencia $<10 \mu\text{s}$ (típicamente caracterizado como tráfico de tipo voz). Sin embargo, en las redes G.989.3, el nivel 7 de prioridad PHY se reservará para el tráfico que requiere latencia menor que $10 \mu\text{s}$, y el tráfico de control de red se redirige al nivel 6 de prioridad PHY. La prioridad 5 del nivel de enlace se reservará para el tráfico que requiere latencia menor que $100 \mu\text{s}$. Así, la correspondencia por defecto para las prioridades LL a PHY incluye el intercambio de las prioridades 6 y 7.

Para las tramas transmitidas, el conjunto de las prioridades LL [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] se hace corresponder por defecto en ese orden al siguiente conjunto de prioridades PHY [2, 0, 1, 3, 4, 5, 7, 6].

Para las tramas recibidas, las prioridades PHY [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] a las prioridades LL [1, 2, 0, 3, 4, 5, 7, 6] se hacen corresponder, por defecto.

6.5.8 Correspondencia de prioridades y LARQ

La recorrespondencia de prioridad PHY se efectúa por debajo de LARQ en la pila de protocolos, y no se aplica al campo de prioridad en el encabezamiento LARQ (o facultativamente, IEEE 802.1Q). No se efectuará recorrespondencia de prioridad PHY sobre las tramas de datos (las que no son tramas de control de enlace) a menos que se haya agregado un encabezamiento LARQ (o facultativamente, IEEE 802.1Q) con la prioridad LL original. La recorrespondencia de prioridad PHY se efectúa sobre las tramas de control de enlace.

6.5.9 Recorrespondencia de prioridad basada en CurrentInUseSet

Sin correspondencia de prioridad, una estación pasaría la **prioridad LL** original al transmisor, donde ese valor se utilizaría para seleccionar la prioridad PHY asociada de la correspondencia por defecto. Con la recorrespondencia de prioridad, se incrementan las **prioridades PHY asignadas por defecto** para hacer uso de prioridades PHY más elevadas que de lo contrario no se utilizarían. La función de recorrespondencia es simple. Para cada prioridad PHY **P** que corresponde a una prioridad LL en uso, la nueva prioridad **P'** a utilizar es esa prioridad incrementada por el número de

prioridades más elevadas no utilizadas. Por ejemplo, si están en uso [1, 3, 4, 7], la prioridad 4 se incrementará entonces por 2 a 6, ya que existen dos prioridades superiores no utilizadas (5, 6). Los cuadros 14 y 15 contienen algunos ejemplos que deberían aclarar esto (incluida la traducción LL a PHY por defecto). Las columnas de los cuadros representan las **prioridades LL** antes de la correspondencia. La sección de la izquierda ilustra algunos conjuntos de prioridades en uso, y la sección de la derecha representa la nueva prioridad PHY que debería utilizar el controlador en cada caso.

Cuadro 14/G.989.2 – Correspondencia por defecto de prioridad LL a prioridad TX PHY

| | | | | | | | | Prioridad LL TX | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Prioridades en uso CurrentInUse Priorities (cualquiera) | | | | | | | | Prioridades PHY TX por defecto | | | | | | | |
| a | n | y | t | x | s | e | t | 2 | 0 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 6 |

Cuadro 15/G.989.2 – Recorrespondencia directa de prioridad LL a prioridad TX PHY

| | | | | | | | | Prioridad LL TX | | | | | | | |
|--|---|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Prioridades en uso CurrentInUse Priorities (LL) | | | | | | | | Prioridades recorrespondidas TX PHY | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | 7 | 6 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 0 | | | | | | 6 | 7 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 7 | 6 |
| 0 | 1 | | | 4 | | | 7 | 5 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 0 | | | 3 | | 5 | 6 | 7 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 5 | 7 | 6 |

Los asientos sombreados representan correspondencias que ningún transmisor debería estar utilizando. Sin embargo, si existe alguna posibilidad de una implementación emitiendo con una correspondencia anticuada, o envíe una prioridad que no ha sido incluida en la correspondencia, entonces debe utilizar siempre la prioridad de la siguiente correspondencia válida inferior.

A continuación se proporciona un ejemplo en detalle. Si la CurrentInUse, es [0, 1, 4, 7], entonces el conjunto correspondiente de prioridades PHY en uso es [2, 0, 4, 6]. A continuación se incrementa cada una por el número de prioridades más elevadas faltantes: 2→5, 0→4, 4→6 y 6→7. Para estar seguros, cualquier prioridad PHY no utilizada también se hace recorresponder al nuevo valor de la siguiente prioridad en uso inferior, arrojando: 1→4, 3→5, 5→6, 7→7.

De esta manera las prioridades LL en uso [0, 1, 4, 7] resultan en la transmisión de las prioridades PHY [5, 4, 6, 7]. Una correspondencia completa para todas las prioridades LL añade los valores recorrespondidos sobrantes a las prioridades por omisión que corresponden a las prioridades LL no utilizadas: LL [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] arroja PHY [5, 4, 4, 5, 6, 7, 7].

6.6 LARQ: Protocolo de petición de repetición automática limitada

La petición de repetición automática limitada (LARQ) es un protocolo que reduce la tasa de errores efectiva cuando ocurren errores de trama. Su principal distinción de protocolos similares basados en números de secuencia es que no garantiza una entrega fiable de cada trama, sino que oculta los

errores en la capa física mediante la retransmisión rápida de tramas. El objetivo es mejorar significativamente la utilización de las redes que puedan, al menos ocasionalmente, tener tasas de errores de tramas (FER) de 1 en 10^{-2} o peores. Los protocolos tales como TCP son conocidos por su pobre calidad de rendimiento cuando la FER es demasiado alta, y otras aplicaciones, tales como multimedios sobre capas de transporte con flujo continuo, son susceptibles de dar un pobre rendimiento debido a condiciones de FER elevadas.

El protocolo proporciona un mecanismo de acuse de recibo negativo (NACK) para que los receptores soliciten la retransmisión de las tramas que faltan o se recibieron con errores. No existe un mecanismo de acuse de recibo positivo. No existe un mecanismo explícito de establecimiento de conexión o desconexión. Un mecanismo de recordatorio da a los receptores una segunda oportunidad para detectar las tramas faltantes cuando hay espaciamentos relativamente largos (en tiempo) entre tramas.

LARQ funciona como una capa de adaptación entre la capa de enlace (capa 2) y la capa de red IP (capa 3).

Las estaciones implementarán LARQ por "canal LARQ", donde un canal LARQ se identifica mediante el triplete {dirección de origen, dirección de destino, prioridad}. Las estaciones pueden habilitar o inhabilitar dinámicamente el procesamiento LARQ en un canal, en función de la información sobre tasas de errores de trama en la red. Sin embargo, se recomienda que LARQ se deje habilitado todo el tiempo, por ser bastante baja la tara de procesamiento por paquete, y la complejidad asociada con la habilitación e inhabilitación del protocolo (incluida la determinación de los parámetros apropiados) probablemente no compense la ganancia de calidad de funcionamiento.

Las estaciones deben implementar el LARQ, y si lo hacen, utilizarán los formatos de trama de control especificados y deben emplear los procedimientos recomendados que se definen más adelante.

Las estaciones que no añaden encabezamientos LARQ (o facultativamente, IEEE 802.1Q) no harán corresponder las prioridades PHY, y tratarán todo el tráfico recibido como "mejor servicio posible", esto es, se asignará a todo el tráfico la prioridad 0 de capa de enlace.

Las estaciones pueden decidir añadir encabezamientos LARQ en las tramas transmitidas con la bandera LARQ_NoRtx fijada a 1. Esta bandera indica que la estación no retransmite tramas para este canal, pero añadir el encabezamiento LARQ permite a la estación utilizar la correspondencia de prioridad PHY ya que la prioridad LL de las tramas recibidas satisfactoriamente será restablecida a partir del encabezamiento LARQ.

Todas las estaciones serán capaces de suprimir encabezamientos LARQ de las tramas recibidas (desencapsulando las cabidas útiles originales). Además, si la implementación soporta múltiples prioridades LL en el procesamiento de su protocolo de recepción, restablecerá entonces la prioridad LL a partir del encabezamiento LARQ si alguno está presente. Si una estación no implementa LARQ, descartará entonces las tramas de control LARQ y descartará además las tramas marcadas como retransmisiones en el encabezamiento LARQ.

6.6.1 Formatos de trama – Encabezamientos de encapsulación

El texto a continuación utiliza los términos "insertar" y "suprimir" cuando se tratan los encabezamientos LARQ. La definición formal del formato de trama LARQ proporciona un campo Ethertype siguiente que contiene el valor Ethertype de la trama original. En la práctica, ocurrirá generalmente que las tramas LARQ se crearán insertando los 8 octetos que comienzan con el Ethertype 886C₁₆ en la trama original entre la dirección de origen del encabezamiento Ethernet y el Ethertype de la trama original. El Ethertype de la trama original se vuelve a reetiquetar como el campo Ethertype siguiente de la trama final.

NOTA – El encabezamiento LARQ transporta la prioridad LLC a través de la red. La utilización de los encabezamientos IEEE 802.1Q no se requiere para esta función, y no se requieren controladores G.989.2 para soportar la utilización de encabezamientos IEEE 802.1Q para transmitir prioridad.

Cuadro 16/G.989.2 – Trama de control de recordatorio LARQ

| Campo | Longitud | Significado |
|--------------------|-----------------|---|
| DA | 6 octetos | Dirección de destino Ethernet |
| SA | 6 octetos | Dirección de origen Ethernet |
| Ethertype | 2 octetos | 886C ₁₆ |
| SSType | 1 octeto | = 4 |
| SSLength | 1 octeto | Número de octetos de información de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Etherype siguiente. SSLength es 6 para SSVersion 0 |
| SSVersion | 1 octeto | = 0 |
| Datos LARQ_hdr | 3 octetos | Datos de encabezamiento de control LARQ con LARQ_Ctl bit = 1, LARQ_NACK = 0 |
| Etherype siguiente | 2 octetos | = 0 |
| Relleno | 38 octetos | |
| FCS | 4 octetos | Secuencia de verificación de trama |

Cuadro 17/G.989.2 – Trama de control NACK LARQ

| Campo | Longitud | Significado |
|--------------------|-----------------|--|
| DA | 6 octetos | Dirección de destino Ethernet |
| SA | 6 octetos | Dirección de origen Ethernet |
| Ethertype | 2 octetos | 886C ₁₆ |
| SSType | 1 octeto | = 4 |
| SSLength | 1 octeto | Número de octetos de información de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Etherype siguiente. SSLength es 12 para las tramas Nack con SSVersion 0 |
| SSVersion | 1 octeto | = 0 |
| Datos LARQ_hdr | 3 octetos | Datos de encabezamiento de control LARQ con LARQ_Ctl bit = 1, LARQ_NACK = 1..7 |
| NACK_DA | 6 octetos | Dirección de destino original |
| Etherype siguiente | 2 octetos | = 0 |
| Relleno | 32 octetos | |
| FCS | 4 octetos | Secuencia de verificación de trama |

Cuadro 18/G.989.2 – Trama de encapsulación LARQ

| Campo | Longitud | Significado |
|--------------------|----------------------|---|
| DA | 6 octetos | Dirección de destino (a partir de la PDU Ethernet original) |
| SA | 6 octetos | Dirección de origen (a partir de la PDU Ethernet original) |
| Ethertype | 2 octetos | 886C ₁₆ |
| SStype | 1 octeto | = 4 |
| SSLength | 1 octeto | Número de octetos de información de control, comenzando con el campo SSVersión y terminando con el segundo (último) octeto del campo Etherype siguiente. SSLength es 6 para SSVersión 0 = 6 |
| SSVersion | 1 octeto | = 0 |
| Datos LARQ_hdr | 3 octetos | Datos de encabezamiento de encapsulación LARQ (con LARQ_Ctl bit = 0) |
| Etherype siguiente | 2 octetos | A partir de la PDU Ethernet original |
| Cabida útil | Mínimo 46 octetos | A partir de la cabida útil de la PDU Ethernet original |
| FCS | 4 octetos | Secuencia de verificación de trama |

Cuadro 19/G.989.2 – Datos de encabezamiento LARQ_Encapsulation

| Octeto | Campo | Longitud | Significado |
|---------------|---------------|-----------------|---|
| Flags0 | LARQ_Mult | 1 bit | Bandera de retransmisión múltiple. 0 en la transmisión original de una trama de datos. Para tramas retransmitidas (LARQ_Rtx = 1), fijese al valor de LARQ_Mult en la trama NACK que provocó la retransmisión. Esta bandera puede ser utilizada por los receptores para medir los tiempos de ida y vuelta asociados con el proceso miss/nack/receive-rtx |
| | LARQ_Rtx | 1 bit | 0 para la primera transmisión de una trama, 1 si la trama se retransmite. Las estaciones que no implementan LARQ descartarán cualquier trama de datos si este bit es 1 |
| | LARQ_NewSeq | 1 bit | 1 si se ha reinicializado el espacio de número de secuencia para el canal, y a los números de secuencia antiguos no se les debe asignar nack, 0 de lo contrario |
| | LARQ_NoRtx | 1 bit | 0 si la aplicación soporta retransmisión, 1 si solamente la prioridad es significativa. Puede utilizarse sobre una base por canal |
| | LARQ_Ctl | 1 bit | "0" cuando se encuentra en formato de encapsulación |
| | Prioridad | 3 bits | Prioridad de capa de enlace de esta trama |
| Flags1_Seq0 | Reservado | 4 bits | Reservado, será 0 |
| | LARQ_seq_high | 4 bits | Los 4 bits superiores del número de secuencia |
| Seq1 | LARQ_seq_low | 8 bits | Los 8 bits inferiores del número de secuencia |

La aplicación exacta de los bits LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq y LARQ_NoRtx requiere explicación ulterior que se encuentra en el cuadro 20.

Cuadro 20/G.989.2 – Bits LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq, LARQ_NoRtx

| LARQ_Rtx | LARQ_NewSeq | LARQ_NoRtx | Interpretación |
|-----------------|--------------------|-------------------|--|
| 0 | 0 | 0 | <p>Transmisión normal por un canal activo.</p> <p>Esta combinación se utiliza para la primera transmisión de una trama por un canal LARQ activo.</p> <p>El receptor de esta trama debe enviar los NACK para los números de secuencia anteriores que se determinaron faltantes cuando se recibió esta trama, o para esta trama, si la misma tiene un error CRC pero el encabezamiento LARQ parece estar en secuencia para el canal.</p> |
| 0 | 0 | 1 | <p>Utilizado para la primera transmisión de una trama que no será retransmitida en respuesta a un NACK.</p> <p>El emisor debe utilizar esta combinación cuando no salva la trama para retransmisión en respuesta a un NACK recibido.</p> <p>Si un receptor mantiene su estado, debería enviar esta trama cuando ha recibido tramas de todos los números de secuencia previos o ha abandonado los intentos de recibir tramas de todos los números de secuencia previos.</p> |
| 0 | 1 | 0 | <p>Utilizado para la primera transmisión de una trama con un nuevo espacio de número de secuencia.</p> <p>El emisor utiliza esta combinación cuando no existen tramas salvadas para el canal, exceptuando esta trama.</p> <p>El receptor debe enviar todas las tramas para este canal hasta la siguiente capa, debido a que ya no existe la posibilidad de recibir ninguna otra trama con números de secuencia previos. El receptor de esta trama debe enviar un NACK para esta trama, si la misma tiene un error CRC pero el encabezamiento LARQ parece estar en secuencia para el canal.</p> |
| 0 | 1 | 1 | <p>Utilizado para la primera transmisión de una trama con un nuevo espacio de número de secuencia que no será retransmitida en respuesta a un NACK.</p> <p>El emisor utiliza esta combinación cuando no existen tramas salvadas para el canal.</p> <p>El receptor debe enviar todas las tramas para este canal hasta la siguiente capa, debido a que ya no existe la posibilidad de recibir ninguna trama con números de secuencia previos.</p> |

Cuadro 20/G.989.2 – Bits LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq, LARQ_NoRtx

| LARQ_Rtx | LARQ_NewSeq | LARQ_NoRtx | Interpretación |
|-----------------|--------------------|-------------------|---|
| 1 | 0 | 0 | <p>Retransmisión de una trama para este canal.</p> <p>El emisor utiliza esta combinación para enviar una trama que ha sido transmitida antes, y para la cual un NACK provocará una retransmisión adicional.</p> <p>El receptor aceptará esta trama si no es un duplicado. Si el receptor no está manteniendo el estado para el canal, esta trama debe descartarse entonces porque sería imposible determinar el carácter duplicado de la trama. El receptor de esta trama debe enviar un NACK para esta trama, si la misma tiene un error CRC pero el encabezamiento LARQ parece estar en secuencia para el canal.</p> |
| 1 | 0 | 1 | <p>Retransmisión de una trama para este canal.</p> <p>El emisor utiliza esta combinación para enviar una trama que ha sido transmitida antes, pero no ha sido salvada para retransmisión en respuesta a la recepción de un NACK.</p> <p>El receptor aceptará esta trama si no es un duplicado. Si el receptor no está manteniendo el estado para el canal, esta trama debe entonces descartarse debido a que sería imposible determinar el carácter duplicado de la trama.</p> |
| 1 | 1 | 0 | <p>Retransmisión de una trama para este canal.</p> <p>El emisor utiliza esta combinación cuando no existen tramas más antiguas salvadas para el canal, exceptuando esta trama.</p> <p>El receptor aceptará esta trama si no es un duplicado. Si el receptor no está manteniendo el estado para el canal, esta trama debe entonces descartarse debido a que sería imposible determinar el carácter duplicado de la trama. El receptor debe enviar esta trama y todas las tramas más antiguas para este canal hasta la siguiente capa, debido a que ya no existe la posibilidad de recibir ninguna trama con números de secuencia previos. El receptor de esta trama debe enviar un NACK para esta trama, si la misma tiene un error CRC pero el encabezamiento LARQ parece estar en secuencia para el canal.</p> |
| 1 | 1 | 1 | <p>Retransmisión de una trama para este canal.</p> <p>El emisor utiliza esta combinación cuando no existen tramas más antiguas salvadas para el canal.</p> <p>El receptor aceptará esta trama si no es un duplicado. Si el receptor no mantiene el estado para el canal, esta trama debe entonces descartarse debido a que sería imposible determinar el carácter duplicado de la trama. El receptor debe enviar esta trama y todas las tramas más antiguas para este canal hasta la siguiente capa, debido a que ya no existe la posibilidad de recibir ninguna trama con números de secuencia previos.</p> |

Cuadro 21/G.989.2 – Datos de encabezamiento de control LARQ

| Octeto | Campo | Longitud | Significado |
|---------------|---------------|-----------------|--|
| Flags0 | LARQ_Mult | 1 bit | Bandera de retransmisión múltiple. 0 en el primer Nack enviado para un número de secuencia dado, 1 en todos los Nack retransmitidos. |
| | LARQ_NACK | 3 bits | Cuenta de los NACK. Si es 0 en la trama de control LARQ, éste es entonces un recordatorio. |
| | LARQ_Ctl | 1 bit | Se fija a 1 para el formato de datos de encabezamiento de control LARQ. |
| | Prioridad | 3 bits | Prioridad de capa de enlace de esta trama. |
| Flags1_Seq0 | Reservado | 4 bits | Reservado, será 0. |
| | LARQ_seq_high | 4 bits | Los 4 bits superiores del número de secuencia |
| Seq1 | LARQ_seq_low | 8 bits | Los 8 bits inferiores del número de secuencia. |

6.6.2 LARQ – Visión general

Se utilizan los siguientes términos para describir los procedimientos LARQ:

- trama de control** Trama generada por un módulo de protocolo LARQ que solamente contiene un encabezamiento de protocolo LARQ como su cabida útil.
- Número de secuencia actual** El nuevo número de secuencia más recientemente recibido para un canal.
- Trama de datos** Cualquier trama Ethernet normal de las capas de protocolo superiores (a LARQ). Una estación habilitada con LARQ encapsula la cabida útil original de una trama Ethernet insertando un encabezamiento LARQ (encabezamiento de control de forma corta con datos LARQ_hdr) entre la dirección de origen y el resto de la trama antes de que la misma pase al controlador para su transmisión por la red.
- Temporizador de olvido** Mecanismo dependiente de la implementación que permite a un receptor reinicializar el espacio de número de secuencia de un canal cuando el número de secuencia recibido no es el siguiente esperado (**número de secuencia actual** + 1). Un segundo es un valor por defecto sugerido.
- temporizador de retención, temporizador de pérdida** Mecanismo de temporización que depende de la implementación y que limita el tiempo durante el cual un receptor retendrá una trama recibida mientras espera la retransmisión de una trama faltante. Conceptualmente, existe un temporizador de este tipo por número de secuencia faltante. El intervalo del temporizador es **intervalo de retención máximo**.
- canal lógico, canal** Flujo de tramas desde un emisor a uno o más receptores en un solo segmento de red que consta de todas las tramas con una combinación única de dirección de destino, dirección de origen y prioridad de capa de enlace.
- NACK, Nack, nack** Indicación de un receptor a un emisor solicitando la retransmisión de una o más tramas. También, acción de proporcionar tal indicación. Por ejemplo "la asignación de nack a un número de secuencia" lo que significa enviar una indicación NACK.

| | |
|-------------------------------------|---|
| Temporizador NACK | Mecanismo de temporización dependiente de la implementación utilizado por un receptor para retransmitir los NACK para los números de secuencia faltantes. Conceptualmente, existe un temporizador de ese tipo por número de secuencia faltante y por cada canal lógico . El temporizador se rearranca cada vez que se envía un NACK para un número de secuencia. El intervalo del temporizador es el intervalo de retransmisión de NACK . |
| nuevo | Un número de secuencia nuevo es aquel cuya diferencia con el número de secuencia actual para el canal, que modula el tamaño del espacio de número de secuencia y se considera como un entero con signo, es mayor que 0. En particular, los números (actual + 1) a (actual + 2047). |
| antiguo | Un número de secuencia antiguo es aquel cuya diferencia con el número de secuencia actual para el canal, que modula el tamaño del espacio de número de secuencia y se considera como un entero con signo, es menor que o igual a 0. En particular, los números (actual – 2048) a (actual) son antiguos. Obsérvese, sin embargo, que la mayoría de los números de secuencia antiguos también están fuera de secuencia. |
| fuera de secuencia | Se considera fuera de secuencia cualquier número de secuencia que cae fuera de una gama razonable, antiguo o nuevo, del número de secuencia actual para un canal lógico. Se recomienda que se utilice más o menos dos veces el valor de MaximumSaveLimit (se define más adelante) como la "gama razonable" cuando se verifica el estado fuera de secuencia. |
| receptor | Estación que recibe tramas enviadas por un canal determinado. Si la dirección de destino es una dirección unidifusión hay al menos un receptor. Si la dirección de destino es una dirección de grupo (incluyendo difusión), puede haber entonces muchos receptores. |
| recordatorio | Trama de control enviada por el emisor del canal con el número de secuencia utilizado más recientemente para un canal que ha estado inactivo durante un intervalo de recordatorio después de su trama de datos más reciente. |
| temporizador de recordatorio | Mecanismo de temporización dependiente de la implementación utilizado por un emisor para generar una trama de recordatorio después de un periodo de inactividad de un canal. El temporizador se rearranca cada vez que se transmite una nueva trama de datos. Conceptualmente, existe un temporizador de este tipo por canal. El intervalo del temporizador es el intervalo de recordatorio . |
| temporizador de salvado | Mecanismo de temporización dependiente de la implementación y que limita el tiempo durante el cual un emisor salvará una trama en espera de peticiones de retransmisión. El intervalo del temporizador es el intervalo de salvado máximo . |
| emisor | La estación emisora de un canal, generalmente la estación a la que pertenece la dirección MAC de origen. |
| números de secuencia | Los números de secuencia son mantenidos separadamente para cada canal lógico por el emisor. |

6.6.2.1 Canales

LARQ se define para funcionamiento por canales lógicos símplex. Se define un canal lógico separado para cada combinación de dirección de destino Ethernet, dirección de origen Ethernet y prioridad de capa de enlace. No existe un procedimiento de establecimiento de canal explícito. Se define implícitamente un nuevo canal cuando una estación decide enviar tramas encapsuladas LARQ para una nueva combinación de DA, SA y prioridad de capa de enlace. La estación que envía tales tramas (generalmente el propietario de la SA, excepto en el caso de un puente enmascarado como SA) es el **emisor** del canal. Cada canal tiene un solo **emisor**. Cualquier estación que recibe las tramas y procesa los encabezamientos LARQ es un **receptor**. Puede haber cualquier número de **receptores**. Los **receptores** operan independientemente.

6.6.3 Funcionamiento del emisor

6.6.3.1 Variables y parámetros

Las siguientes cláusulas hacen uso de los siguientes parámetros:

| | |
|---|---|
| Número de secuencia de emisión | El número de secuencia de la trama de datos transmitida más recientemente. |
| Intervalo del temporizador de recordatorio | Un intervalo fijo. El valor por defecto es 50 μ s. Los valores inferiores incrementarán la tara de los recordatorios en la carga de la red, mientras que los valores superiores incrementarán el retardo de las tramas de fin de secuencia que requieren retransmisión. Las implementaciones no deben utilizar valores fuera de la gama 25-75 μ s, basado en tiempos de salvado y retención máximos de 150 μ s. |
| Intervalo de retransmisión mínimo | Intervalo utilizado para evitar retransmisiones demasiado frecuentes de una sola trama. Resulta más importante para canales multidifusión. El valor por defecto es 10 μ s. |
| Límite de salvado máximo | Número máximo de tramas que serán salvadas para un solo canal lógico. Es dependiente de la implementación y varía con la velocidad de tramas máxima que se espera que soporte el emisor. Los valores de 100 o mayores pueden ser útiles para aplicaciones de alta velocidad tales como vídeo. |
| Intervalo de salvado máximo | Tiempo máximo que el emisor salvará normalmente una trama para posible retransmisión. El valor por defecto es 150 μ s. |

6.6.3.2 Emisor – Nuevo canal

Selecciónense parámetros dependientes de la implementación, si es necesario.

Selecciónese un valor inicial de **número de secuencia de emisión**.

6.6.3.3 Emisor – Transmisión de nueva trama de datos

Accédase a la información de estado de canal lógico para la DA, SA y la prioridad de capa de enlace de la trama.

Incrementétese el **número de secuencia de transmisión**, módulo 4096 (el tamaño del espacio de número de secuencia).

Constrúyase el encabezamiento LARQ con el nuevo valor de **número de secuencia de emisión**, y la bandera de retransmisión múltiple fijada a 0. El campo de prioridad en el encabezamiento LARQ se fija al valor de prioridad de capa de enlace especificado para la trama. Si no se especifica prioridad, la prioridad se fijará entonces a 0. El método de especificación de la prioridad y la

elección del valor son dependientes de la implementación y quedan fuera del alcance de esta Recomendación.

Insértese un encabezamiento LARQ (formato de trama de control de forma corta con datos LARQ_hdr) entre la SA y el campo Ethertype/longitud de la trama original. La nueva trama es ocho bytes más larga que la original.

Sálvese una copia de la trama.

Envíese la trama.

Rearranquese el **temporizador de recordatorio** para el canal.

Arránquese un **temporizador de almacenamiento** para el número de secuencia. Cuando no se aplican otras limitaciones de recursos, una estación emisora deberá salvar normalmente una trama por un **intervalo de salvado máximo**, el cual corresponde al **intervalo de retención máximo** utilizado por los receptores LARQ.

NOTA – La prioridad de la capa de enlace para la trama se determina de manera dependiente de la implementación, por ejemplo, examinando la prioridad IEEE 802.1p (ISO/CEI 15802-3) pasada junto con los paquetes en ciertas implementaciones del controlador.

6.6.3.4 Emisor – Procesamiento de una trama de control NACK

La prioridad y la dirección de destino original (NACK_DA) se leen en el encabezamiento NACK LARQ.

Accédase a la información de estado de canal lógico para el canal emisor, donde la DA del canal es la NACK_DA y la SA del canal es la DA Ethernet de la trama de control NACK.

La cuenta de NACK en el encabezamiento LARQ indica la cantidad de números de secuencia solicitados para su retransmisión. El primer número de secuencia indicado es el valor número de secuencia en el encabezamiento NACK, seguido por los siguientes números de secuencia (cuenta de NACK – 1). Por cada número de secuencia indicado que comience con el primero:

- Si ya no hay disponible una copia de la trama original, pásese al siguiente número de secuencia.
- Si la retransmisión más reciente de la trama está dentro del **intervalo de retransmisión mínimo** del tiempo actual, pásese al siguiente número de secuencia.
- Prepárese una copia de la trama original con su encabezamiento LARQ original para su retransmisión.
- Cópiese el valor de la bandera de retransmisión múltiple del encabezamiento NACK en el encabezamiento LARQ de la trama a retransmitir.
- Fíjese la bandera LARQ_Rtx a 1.
- Envíese la trama retransmitida.

No se envíe una retransmisión si una trama de control NACK recibida contiene un error.

6.6.3.5 Emisor – Expiración del temporizador de recordatorio

Si expira el **temporizador de recordatorio**, créese una trama de control de recordatorio, con el número de secuencia fijado al valor actual del número de secuencia de emisión para el canal. La prioridad para la trama de control de recordatorio es la misma que la prioridad para el canal.

Envíese la trama.

No se reorganice el **temporizador de recordatorio** para el canal.

6.6.3.6 Emisor – Expiración del temporizador de salvado

El **temporizador de salvado** es dependiente de la implementación. Su propósito es fijar un límite superior del tiempo que serán salvadas las tramas largas por un emisor para su posible retransmisión. Si el límite fijado es demasiado alto, pueden malgastarse recursos de anfitrión salvando tramas que nunca serán retransmitidas.

Este temporizador se implementa conceptualmente por número de secuencia. Libérense cualesquiera recursos asociados con la trama salvada.

6.6.3.7 Emisor – Gestión de recursos

Una implementación de LARQ requiere una atención cuidadosa de la gestión de recursos. Los recursos incluyen las memorias intermedias utilizadas para salvar copias de datos para su retransmisión, las memorias intermedias y otros recursos utilizados para gestionar el reordenamiento de las tramas con objeto de incorporar retransmisiones y los diversos temporizadores utilizados para gobernar el comportamiento apropiado y el funcionamiento eficiente del protocolo. La gestión de recursos es dependiente de la implementación. Sin embargo, se recomiendan las siguientes directrices.

Las copias de tramas salvadas deben guardarse durante el **intervalo de salvado máximo** (el valor por defecto es 150 μ s), a pesar de otras consideraciones.

El **límite de salvado máximo**, que es el número máximo de tramas salvadas para cualquier canal, debe ser una función de la velocidad máxima a la que pueden ser generadas las nuevas tramas. Los dispositivos muy lentos podrían salvar sólo un par de tramas utilizables para retransmisión. Un dispositivo de alta velocidad que sirva los trenes de vídeo podría salvar 100 o más tramas para un solo canal.

Los emisores que almacenan relativamente pocas tramas son más susceptibles de recibir tramas de control NACK para números de secuencia que ya no pueden ser retransmitidos. Tal comportamiento es ineficiente, pero no provoca otros problemas.

6.6.4 Funcionamiento del receptor

6.6.4.1 Variables y parámetros del canal

La descripción que sigue del funcionamiento correcto del protocolo utiliza las siguientes variables. La aplicación real puede variar en tanto el comportamiento permanece sin cambios.

Número de secuencia actual El número de secuencia más reciente recibido en un encabezamiento LARQ para el canal, ya sea en una trama de datos o en una trama de control de recordatorio.

Número de secuencia faltante más antiguo El número de secuencia más antiguo para una trama aún no recibida que no se ha declarado perdida.

Intervalo de retención máximo El intervalo más largo durante el cual será retenida una trama en espera de una trama faltante anterior. El valor por defecto es utilizar el mismo del **intervalo de salvado máximo**, que es de 150 μ s.

Límite de recepción máximo El número máximo de tramas que puede almacenar un receptor mientras espera una trama faltante anterior. El valor por defecto debe ser normalmente el mismo que el **límite de salvado máximo**.

Intervalo de retransmisión NACK Intervalo después del cual un receptor retransmitirá una trama de control Nack para un número de secuencia faltante, previendo que se perdieron tramas de control Nack o retransmisiones de tramas de datos anteriores. El valor por defecto para las implementaciones fijas es 20 μ s.

6.6.4.2 Receptor – Nuevo canal

Cuando se recibe una trama de datos con un encabezamiento LARQ o una trama de control de recordatorio LARQ con una nueva combinación de DA, SA y prioridad de capa de enlace, el receptor inicializará la información de estado para un nuevo canal.

El elemento fundamental de la información de estado es el **número de secuencia actual** para el canal. El **número de secuencia actual** se inicializa al número de secuencia inmediatamente precedente al que encuentra en el encabezamiento LARQ de la trama recibida. Esta asignación se lleva a cabo antes del procesamiento de la trama recibida y hace que la trama que aparece sea la siguiente trama de datos esperada o el recordatorio de la siguiente trama de datos esperada.

6.6.4.3 Receptor – Trama de datos LARQ o de recordatorio

Examínese la información de estado de canal basada en las DA y SA Ethernet en la trama recibida más la prioridad de capa de enlace del encabezamiento LARQ. (Si es necesario, establézcase un nuevo canal.)

Si el número de secuencia recibido de la trama recibida está fuera de secuencia, puede reiniciarse el estado del canal. Si el número de secuencia (antes de la reiniciación) es antiguo, y si ha expirado el temporizador de olvido, el espacio de secuencia puede fijarse entonces al valor del número de secuencia de la trama recibida.

Si el número de la secuencia recibida es más reciente que el **número de la secuencia actual** (después de cualquier reiniciación de espacio de número de secuencia) deben ejecutarse entonces los nuevos pasos de procesamiento de número de secuencia indicados a continuación, o en otro caso ejecutarse los antiguos pasos de procesamiento de número de secuencia.

6.6.4.4 Receptor – Tramas LARQ con CRC u otros errores

Para una mejor calidad de funcionamiento, las implementaciones deben permitir que el módulo de protocolo LARQ procese las tramas con error, tales como aquéllas con errores CRC de cabida útil. Esto permitirá que las indicaciones Nack se envíen rápidamente ya que el receptor no tendrá necesidad de esperar la siguiente trama para detectar la pérdida. Al mismo tiempo, proporciona una segunda oportunidad para detectar tramas perdidas al final de una secuencia, cuando un recordatorio posterior sería la única protección.

Si se utilizan tramas con errores, será solamente para detectar un grupo muy pequeño de números de secuencia faltantes para un canal existente (se recomienda una trama faltante solamente). En particular, si la trama con errores parece tener un encabezamiento LARQ válido, y la dirección MAC de origen, la dirección MAC de destino, y la prioridad de encabezamiento LARQ de la trama concuerdan con un canal lógico existente, y si el número de secuencia es (**número de secuencia actual** + 1), debe tratarse entonces esta trama como una trama de control de recordatorio para propósitos de procesamiento. Obsérvese que las tramas de control de recordatorio siempre se desechan después del procesamiento.

En el resto de los casos, deséchese la trama con errores sin procesamiento ulterior. No se establezca un nuevo canal si la trama tiene un error. No se envíe una retransmisión si una trama de control Nack tiene un error. No se reinicie un canal (para propósitos de numeración de secuencia) para una trama con errores.

6.6.4.5 Receptor – Número de secuencia nuevo

Si la trama tiene un error indicado por un controlador de capa inferior, tal como un error CRC, y el número de secuencia de la trama no es ningún otro que (**número de secuencia actual** + 1), deséchese entonces la trama sin procesamiento ulterior. En otro caso, procésese la trama como una trama de control de recordatorio.

Si la diferencia entre el número de secuencia nuevo de la trama recibida y el número de secuencia faltante más antiguo es mayor que (**límite de recepción máximo** – 1), repítanse entonces los siguientes pasos hasta que se alcance el límite aceptable.

- Cancélese el **temporizador de retransmisión Nack** y el **temporizador de trama perdida** para el número de secuencia faltante más antiguo.
- Si existe una trama salvada para el siguiente número de secuencia, en ese caso entréguese las tramas en secuencia a la siguiente capa por encima hasta que se alcance el siguiente número de secuencia con una trama faltante [el cual puede ser el siguiente número de secuencia esperado para el canal (**número de secuencia actual** + 1)]. El valor del campo prioridad del encabezamiento LARQ para cada trama se entrega a la siguiente capa junto con cada trama asociada. El método de especificación de prioridad para la siguiente capa es dependiente de la implementación y queda fuera del alcance de esta Recomendación.

Si el número de secuencia es el siguiente número de secuencia esperado (**número de secuencia actual** + 1) y la trama es una buena trama de datos y no existen números de secuencia faltantes más antiguos, envíese entonces la trama hasta la siguiente capa.

Si el número de secuencia es más reciente que (**número de secuencia actual** + 1), o si es un recordatorio para (**número de secuencia actual** + 1), envíense entonces una o más tramas de control Nack solicitando la retransmisión de la trama o tramas faltantes.

- La dirección de destino para el Nack es la dirección de origen de la trama recibida. La dirección de origen es la dirección MAC de esta estación. La dirección de destino de la trama recibida se coloca en el campo dirección de destino original (NACK_DA) en el encabezamiento de la trama de control Nack LARQ. La bandera de retransmisión múltiple se fija a 0. El [primer] número de secuencia faltante se coloca en el campo de número de secuencia. La prioridad para la trama de control NACK es la misma que la prioridad para el canal.
- Si hay que enviar múltiples tramas de control Nack, se enviará primero el número de secuencia más reciente.
- Por cada número de secuencia faltante se arranca un **temporizador de retransmisión Nack**, y se fija para que expire en el tiempo actual más el **intervalo de retransmisión Nack**.
- Por cada número de secuencia faltante, se arranca un **temporizador de trama perdida**, y se fija para que expire en el tiempo actual más el **intervalo de retención máximo**.

Si la trama es una buena trama de datos y no se entregó a la siguiente capa, sálvese.

Si la trama es una trama de recordatorio (o una trama de datos con errores), deséchese.

Adelántese el **número de secuencia actual** al número de secuencia en la trama recibida.

6.6.4.6 Receptor – Número de secuencia antiguo

Si el número de secuencia es el mismo o más antiguo que el **número de secuencia actual**, no generará entonces tramas de control, aunque puede desecharse, retenerse o enviarse hasta la siguiente capa superior, provocando posiblemente que también se envíen otras tramas retenidas. Esto puede provocar la cancelación de un **temporizador de retransmisión Nack** o **temporizador de trama perdida** asociado con ese número de secuencia.

- Si la trama no es una buena trama de datos (por ejemplo una CRC mala) o su número de secuencia es más antiguo que la trama faltante más antigua, o si ya ha sido recibida (ésta es una retransmisión duplicada), o si es una trama de recordatorio, deséchese entonces la trama y evítese el procesamiento ulterior para esta trama.

- Cancélese el **temporizador de retransmisión Nack** y el **temporizador de trama perdida** para el número de secuencia.
- Si la secuencia no es el número de secuencia faltante más antiguo, sálvese entonces la trama.
- Si el número de secuencia es el número de secuencia faltante más antiguo, entréguese entonces la trama hasta la siguiente capa superior. Si existe una trama salvada para el siguiente número de secuencia, entréguese entonces las tramas en secuencia a la capa por encima hasta que se alcance el siguiente número de secuencia con una trama faltante (que puede ser el siguiente número de secuencia esperado para el canal). El valor del campo de prioridad del encabezamiento LARQ para cada trama se entrega a la siguiente capa junto con cada trama asociada. El método de especificación de prioridad a la siguiente capa es dependiente de la implementación y queda fuera del alcance de esta Recomendación.

6.6.4.7 Receptor – Expiración del temporizador de retransmisión Nack

Si expira un **temporizador de retransmisión Nack**, envíese entonces otra trama de control Nack para el número de secuencia asociado. La prioridad para la trama de control Nack es la misma que la prioridad para el canal. A múltiples números de secuencia se les puede asignar Nack al mismo tiempo, si sus temporizadores expiran en tiempos similares.

La bandera de retransmisión múltiple se fija a 1 para las tramas de control Nack enviadas como resultado de la expiración del temporizador de retransmisión.

Aunque no existe un límite explícito en el número de tramas de control Nack enviadas para un número de secuencia particular, obsérvese que el temporizador Nack se cancela si la trama se recibe o si el número de secuencia se declara perdido.

6.6.4.8 Receptor – Expiración del temporizador de trama perdida

El temporizador de trama perdida es dependiente de la implementación. Su propósito es establecer un límite superior para determinar cuánto tiempo se retendrán las tramas antes de que se reenvíen cuando una trama está realmente perdida. Si el límite fijado es demasiado alto, los recursos de red pueden malgastarse en tramas de control NACK enviadas para tramas que el emisor en el canal no retransmitirá nunca. Además, pueden también verse involucrados temporizadores de transporte de capas superiores. El valor por defecto de 150 ms es firmemente sugerido como un límite superior.

A la expiración, el número de secuencia se declara perdido, produciéndose la cancelación del **temporizador de retransmisión Nack** y del **temporizador de trama perdida** para el número de secuencia. Si existe una trama salvada para el siguiente número de secuencia, envíese entonces tramas en secuencia hasta que se alcance el siguiente número de secuencia con una trama faltante (que puede ser el siguiente número de secuencia esperado para el canal).

Si los **temporizadores de trama perdida** para múltiples números de secuencia expiran al mismo tiempo, los temporizadores se procesan entonces en secuencia de los más antiguos a los más nuevos.

6.6.4.9 Receptor – Temporizador de olvido

El temporizador de olvido es un mecanismo dependiente de la implementación que permite a un receptor reiniciar el espacio de número de secuencia de un canal cuando un número de secuencia recibido no es el siguiente esperado (**número de secuencia actual** + 1) y ha expirado un intervalo relativamente largo desde la última trama recibida por el canal. Una vez expirado, un receptor aceptará cualquier número de secuencia inusual como siguiente número de secuencia esperado, permitiendo reiniciaciones no detectadas de otras estaciones, desconexión de la red, etc. La definición de "número de secuencia inusual" es dependiente de la implementación, pero generalmente significa cualquier número de secuencia antiguo o cualquier número de secuencia

nuevo que no esté cercano al número de secuencia actual, donde "cercano" es 1 o algún otro entero pequeño. Se sugiere un valor por defecto de un segundo.

6.6.4.10 Receptor – Gestión de recursos

En general, el receptor decidirá establecer límites superiores en el número de tramas retenidas por canal y el número de tramas retenidas a través de los canales. Los límites pueden variar según la prioridad del canal.

Los intervalos de temporizador pueden variar según factores tales como la prioridad del canal, o intervalos medidos para retransmisiones exitosas.

La descripción anterior sugiere temporizadores de número por secuencia. Esto es solamente para propósitos descriptivos, y no implica ningún mecanismo de implementación.

6.7 Formatos específicos de proveedor

Los siguientes dos tipos de trama permiten ampliaciones específicas de proveedor (cuadros 22 y 23). El subtipo específico de proveedor de formato corto permite mensajes de control cortos y encabezamientos de encapsulación, mientras que el subtipo de formato largo permite ampliaciones que requieren mensajes más largos.

Cuadro 22/G.989.2 – Trama corta específica de proveedor

| Campo | Longitud | Significado |
|---------------------|---------------|--|
| DA | 6 octetos | Dirección de destino Ethernet |
| SA | 6 octetos | Dirección de origen Ethernet |
| Ethertype | 2 octetos | 886C ₁₆ |
| SSType | 1 octeto | = 5 |
| SSLength | 1 octeto | Número de octetos de información de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. SSLength será ≥ 6 para SSVersion 0. |
| SSVersion | 1 octeto | = 0 |
| OUI de proveedor | 3 octetos | Un identificador único organizacionalmente asignado por ISO/CEI (IEEE) |
| Datos de control | 0-249 octetos | Datos de control específicos de proveedor |
| Ethertype siguiente | 2 octetos | = Ethertype siguiente si se trata de un formato de encapsulación, o 0 si no se trata de una trama encapsulada |
| Relleno | 0-38 octetos | Octeto de cualquier valor |
| FCS | 4 octetos | |

Cuadro 23/G.989.2 – Trama larga específica de proveedor

| Campo | Longitud | Significado |
|---------------------|-----------------|--|
| DA | 6 octetos | Dirección de destino |
| SA | 6 octetos | Dirección de origen |
| Ethertype | 2 octetos | 886C ₁₆ |
| LSType | 2 octetos | = 32769 |
| LSLength | 2 octetos | Número de octetos de información de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength será >6 para LSVersion 0. |
| LSVersion | 1 octeto | = 0 |
| OUI de proveedor | 3 octetos | Un identificador único organizacionalmente asignado por ISO/CEI (IEEE) |
| Datos de control | 1-65531 octetos | Datos específicos de proveedor |
| Ethertype siguiente | 2 octetos | = Ethertype siguiente si se trata de un formato de encapsulación, o 0 si no se trata de una trama encapsulada |
| Relleno | 40-0 octetos | Si se necesita para formar una trama de tamaño mínimo. Debe ser 0 |
| FCS | 4 octetos | |

6.8 Perfil mínimo de soporte del protocolo de enlace

El perfil mínimo de soporte del protocolo de enlace permite implementaciones menos complejas de esta Recomendación. Aunque cada uno de los protocolos componentes trata una función importante en el funcionamiento de la red, es posible implementar un soporte mínimo para algunos de los protocolos más complejos y mantener compatibilidad con implementaciones totalmente funcionales, sin menoscabo de la calidad de funcionamiento general de otras estaciones. Se utilizará el nombre corto de perfil mínimo en la descripción que sigue. La alternativa es el soporte completo de todos los protocolos de enlace, denominado perfil completo de soporte del protocolo de enlace, o perfil completo para abreviar.

6.8.1 Limitaciones de las estaciones de perfil mínimo

Una estación de perfil mínimo puede enviar solamente tráfico de datos con el mejor servicio posible, y tratará todo el tráfico recibido igualmente como mejor servicio posible. Una estación de perfil mínimo no puede anunciar ni utilizar prestaciones facultativas que puedan definirse en el futuro. Debido a la carencia de soporte para LARQ, una estación de perfil mínimo puede ver drásticamente reducido su caudal de red.

6.8.2 Soporte completo de compatibilidad hacia adelante para tramas de protocolo de enlace de formato corto y largo

Una estación de perfil mínimo será capaz de manejar todas las tramas de protocolo de enlace G.989.2, esto es, aquellas marcadas con el Ethertype 886C₁₆ en el encabezamiento Ethernet de la trama recibida. Esto incluye la eliminación de las tramas de control con subtipos desconocidos y la desencapsulación de tramas de datos con subtipos desconocidos. Se utilizará el campo de longitud para ubicar el campo Next_Ethertype con objeto de determinar si las tramas son tramas de control o de datos (encapsuladas).

6.8.3 Soporte completo de selección de velocidad e integridad del enlace

Una estación de perfil mínimo implementará la función normalizada de integridad del enlace G.989.2, incluida la supresión de las LICF.

Una estación de perfil mínimo aplicará el conjunto completo de funciones de selección de velocidad.

6.8.4 Soporte mínimo de LARQ

Una estación con perfil mínimo tratará apropiadamente las tramas con encabezamientos LARQ. Desechará las tramas de control recibidas y suprimirá apropiadamente los encabezamientos LARQ de las tramas de datos. Adicionalmente, si el encabezamiento LARQ en una trama de datos tiene fijada la bandera de retransmisión, se desechará entonces la trama con objeto de evitar tramas duplicadas o deterioradas.

Una estación de perfil mínimo debe añadir encabezamientos LARQ a las tramas de datos a transmitir, fijando la prioridad a 0 y la bandera LARQ_NORtx a 1 en los encabezamientos LARQ.

Si se añaden encabezamientos LARQ, la estación mínima utilizará la correspondencia de prioridad por defecto.

6.8.5 Soporte de sólo recepción para CSA

Una estación de perfil mínimo está a la escucha de las tramas de control CSA y efectúa la selección de modo según las banderas de configuración recibidas. En particular, utiliza la unión de CSA_CurrentTxSet y CSA_CurrentRxSet como el conjunto de las banderas en uso. Una estación de perfil mínimo no envía tramas de control CSA, por lo que no puede nunca anunciar prestaciones facultativas, ni utilizar prioridades que no sean por defecto.

6.8.6 Prioridad para las tramas transmitidas

Además de las tramas de control, una estación de perfil mínimo enviará solamente tramas de datos normales utilizando la prioridad por omisión asignada a QOS de mejor servicio posible/no especificada. El valor de prioridad de capa de enlace para esta QOS es 0. Si la estación no está añadiendo encabezamientos LARQ, las tramas de datos se enviarán entonces utilizando la prioridad de capa física por defecto para la prioridad de capa de enlace 0. (Es decir, utilizará la prioridad de capa física 2.) Si se añaden encabezamientos LARQ como se especificó antes, el campo de prioridad de encabezamiento LARQ se fija entonces a 0 y la estación utiliza nuevamente la función de recorrespondencia por defecto para las prioridades de capa de enlace a fin de determinar la prioridad de capa física real a utilizar para la prioridad de capa de enlace 0. (Es decir, utilizará la prioridad de capa física 2.)

6.8.7 Prioridad para las tramas recibidas

Una estación de perfil mínimo debe solamente indicar prioridad LL 0, si se indica alguna, para las tramas recibidas, independientemente de la prioridad de capa física o del valor de prioridad en un encabezamiento LARQ.

6.8.8 Requisitos adicionales para las estaciones de perfil completo

Como soporte de las estaciones de perfil mínimo, se requiere además una pequeña adición a la especificación CSA para las estaciones de perfil completo. Cualquier estación que no está enviando tramas CSA, pero que se determina que sea una estación G.989.2 de resultados del tráfico recibido de esa estación, se trata como si anunciase un conjunto por defecto de banderas de estado, sin incluir opciones soportadas, solamente la prioridad LL 0 en uso, y el funcionamiento G.989.2.

Anexo A

Calidad de funcionamiento del receptor

A.1 Sensibilidad

El receptor cumplirá los requisitos de esta cláusula para las tramas recibidas con una tolerancia de frecuencia de reloj de ± 100 ppm.

A.1.1 Señal máxima

El receptor detectará tramas de una tensión de cresta de hasta -6 dBV entre conductores de punta y anillo a una tasa de errores de trama no mayor que 10^{-4} con ruido gaussiano blanco aditivo a una PSD menor que -140 dBm/Hz, medida en el receptor.

A.1.2 Sensibilidad mínima

El receptor detectará tramas de 1518 octetos codificadas con PE = 1 con una tensión eficaz tan baja como 2,5 mV a una tasa de errores de trama no mayor que 10^{-4} . La tensión eficaz se calcula solamente a lo largo del tiempo durante el cual está presente la señal.

El receptor detectará no más de 1 en 10^4 tramas de 1518 octetos, PE = 1 con una tensión eficaz menor que 1,0 mV.

Ambos criterios suponen ruido gaussiano blanco aditivo a una PSD menor que -140 dBm/Hz, medida en el receptor, y se supone además un canal plano.

A.2 Inmunidad a la interferencia de banda estrecha

El receptor demodulará tramas con cabida útil codificada a PE = 5 y a PE = 13 (si está implementada), y una tensión eficaz diferencial tan baja como 20 mV (medida en el encabezamiento), con ruido gaussiano blanco aditivo con una PSD de hasta -130 dBm/Hz a la entrada del receptor, a una tasa de errores de trama menor que 10^{-4} , en presencia de los interferentes citados en esta cláusula.

A.2.1 Interferencia de modo diferencial

Los requisitos de esta cláusula se cumplirán en presencia de cualquier interferente de tono único con características de frecuencia y nivel que caen dentro de las gamas indicadas en el cuadro A.1:

Cuadro A.1/G.989.2 – Amplitudes de los interferentes metálicos

| Gama de frecuencias (MHz) | Nivel máximo cresta a cresta del interferente (Voltios) |
|---------------------------|---|
| 0,01-0,1 | 6,0 |
| 0,1-0,6 | 3,3 |
| 0,6-1,7 | 1,0 |
| 1,7-4,0 | 0,1 |
| 7,0-7,3 | 0,1 |
| 10,0-10,15 | 0,1 |
| 14,0-14,35 | 0,28 |
| 18,068-18,168 | 0,5 |

Cuadro A.1/G.989.2 – Amplitudes de los interferentes metálicos

| Gama de frecuencias (MHz) | Nivel máximo cresta a cresta del interferente (Voltios) |
|----------------------------------|--|
| 21,0-21,45 | 0,5 |
| 24,89-24,99 | 0,5 |
| 28,0-29,7 | 0,5 |

Se especifica la tensión aplicada entre punta y anillo a la entrada del transceptor.

A.2.2 Interferencia de modo común

Los requisitos de esta cláusula se cumplirán en presencia de cualquier interferente de tono único con características de frecuencia y nivel que caen dentro de las gamas indicadas en el cuadro A.2:

Cuadro A.2/G.989-2 – Amplitudes del interferente longitudinal

| Gama de frecuencias (MHz) | Nivel máximo cresta a cresta del interferente (Voltios) |
|----------------------------------|--|
| 0,01-0,1 | 20,0 |
| 0,1-0,6 | 20,0 |
| 0,6-1,7 | 10,0 |
| 1,7-4,0 | 2,5 |
| 7,0-7,3 | 2,5 |
| 10,0-10,15 | 2,5 |
| 14,0-14,35 | 5,0 |
| 18,068-18,168 | 5,0 |
| 21,0-21,45 | 5,0 |
| 24,89-24,99 | 5,0 |
| 28,0-29,7 | 5,0 |

Se especifica la tensión aplicada entre la derivación central de un transformador de prueba y tierra, a la entrada del transceptor.

NOTA – El rechazo de modo común del transformador de prueba utilizado para insertar la señal debe exceder de 60 dB hasta 100 MHz.

A.3 Margen del sistema

Se utilizarán diez bucles de prueba, indicados en el anexo B, para verificar la calidad de funcionamiento del receptor. Se aplicarán las siguientes degradaciones en cada bucle de prueba: atenuación (plana) adicional, ruido gaussiano blanco aditivo, interferentes de banda estrecha, y ruido impulsivo de 120 Hz ("ruido de pequeña variación").

La tasa de errores de trama (FER) especificada para cada asiento en el cuadro se conseguirá para la codificación de cabida útil especificada a un nivel de degradación mayor que el representado en el asiento del cuadro.

Se define también un requisito de margen del sistema para un solo canal con variación en el tiempo.

Un asiento de "-" en un cuadro indica que no existe requisito en las condiciones especificadas.

A.3.1 Degradación de atenuación

El valor del atenuador indicado en el cuadro A.3 es la atenuación adicional aplicada en serie con el bucle alámbrico especificado.

Cuadro A.3/G.989.2 – Valores de atenuación adicionales

| Prueba | Valor del atenuador de degradación requerido (dB) | | | | | |
|---------------------------|---|----|----|----|----|----|
| | Número de bucle | | | | | |
| | 1 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 |
| PE = 1 FER = 10^{-2} | 34 | 16 | 22 | 11 | 12 | 18 |
| PE = 1 FER = 10^{-3} | 33 | 15 | 21 | 10 | 11 | 17 |
| PE = 5 FER = 10^{-2} | 30 | 9 | 18 | 6 | 8 | – |
| PE = 5 FER = 10^{-3} | 29 | 8 | 17 | 5 | 7 | – |

A.3.2 Degradación de ruido blanco aditivo

Potencia de ruido blanco a un valor del atenuador de 0 dB (cuadro A.4): -70 dBm/Hz. La salida del atenuador de ruido se añadirá al receptor. Para el bucle 1, se dispondrá una atenuación de canal plano de 20 dB en serie con el bucle.

Cuadro A.4/G.989.2 – Valores de atenuación de ruido blanco

| Prueba | Valor del atenuador de degradación requerido (dB) | | | | | |
|---------------------------|---|----|----|----|----|----|
| | Número de bucle | | | | | |
| | 1 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 |
| PE = 1 FER = 10^{-2} | 42 | 40 | 36 | 46 | 43 | 39 |
| PE = 1 FER = 10^{-3} | 43 | 41 | 37 | 47 | 44 | 40 |
| PE = 5 FER = 10^{-2} | 58 | 57 | 53 | 63 | 60 | – |
| PE = 5 FER = 10^{-3} | 59 | 58 | 54 | 64 | 61 | – |

A.3.3 Degradación de interferencia de banda estrecha

Amplitud cresta a cresta de interferencia de banda estrecha a un valor del atenuador de 0 dB (cuadro A.5): 2,0 voltios a 7,0 y 7,3 MHz. Se aplica ruido gaussiano blanco simultáneamente a un nivel de -135 dBm/Hz.

Cuadro A.5/G.989.2 – Valores de atenuación de interferencia de banda estrecha

| Prueba | Valor del atenuador de degradación requerido (dB) | | | | | |
|---------------------------|---|----|----|----|----|----|
| | Número de bucle | | | | | |
| | 1 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 |
| PE = 1 FER = 10^{-2} | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| PE = 1 FER = 10^{-3} | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| PE = 5 FER = 10^{-2} | 26 | 30 | 26 | 32 | 30 | – |
| PE = 5 FER = 10^{-3} | 26 | 31 | 26 | 33 | 31 | – |

A.3.4 Requisitos de ruido impulsivo

Amplitud cresta a cresta de ruido impulsivo a un valor del atenuador de 0 dB (cuadro A.6): 3,0 voltios. Se aplica ruido gaussiano blanco simultáneamente a un nivel de -135 dBm/Hz. El impulso se definirá como dos ciclos de una onda cuadrada de 5,0 MHz sumados con cuatro ciclos de una onda cuadrada de 7,0 MHz.

Cuadro A.6/G.989.2 – Valores de atenuación de ruido impulsivo

| Prueba | Valor del atenuador de degradación requerido (dB) | |
|---------------------------|---|---|
| | Número de bucle | |
| | 2 | 9 |
| PE = 1 FER = 10^{-2} | 3 | 3 |
| PE = 1 FER = 10^{-3} | 3 | 3 |
| PE = 5 FER = 10^{-2} | 3 | – |
| PE = 5 FER = 10^{-3} | 3 | – |

A.3.5 Margen dinámico del sistema de canales

El sistema no recibirá más de 5 tramas de 1518 octetos con error de entre 3000 cuando se envían a una velocidad de 5 tramas por periodo de 10 μ s por el bucle #2 en las siguientes condiciones:

- Durante esta prueba, el condensador de 330 pF que termina uno de los elementos se conmutará al bucle y se desconmutará del mismo una vez cada segundo. Es decir, se utilizará una terminación de circuito abierto durante un periodo de 1 s cada 2 s.
- Se añadirá en el receptor ruido blanco a un nivel de -140 dBm/Hz.
- La PE será de 5 (6 bits/símbolo).

NOTA – La conmutación y desconmutación de un condensador en el bucle simula una transición de conmutación del cuelgue y descuelgue en un teléfono común.

A.3.6 Inmunidad a la señal de llamada telefónica

Los dispositivos G.989.2 son útiles para funcionar en presencia de un evento de señal de llamada telefónica procedente de una central telefónica.

Cuando está sujeta a la señal de llamada telefónica simulada como se representa en la figura A.1, la tasa de errores de trama del dispositivo para tramas de 1518 octetos codificados con PE = 1 no excederá de 0,1%.

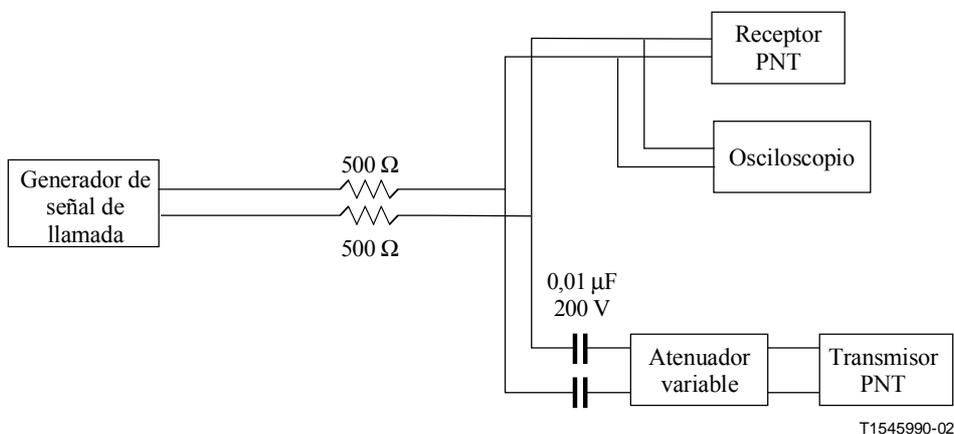


Figura A.1/G.989.2 – Condiciones de señal de llamada telefónica

La señal de llamada simulada consistirá en una onda sinusoidal de 20 Hz con un nivel de $90 V_{\text{rms}}$ superpuesto sobre un nivel de polarización de corriente continua (c.c.) de $-52 V$. La señal de llamada tendrá un ciclo continuo activada/desactivada con un tiempo de activación de 2 s y un tiempo de desactivación de 4 s.

NOTA – Se requieren los dos condensadores de $0,01 \mu\text{F}$ de la figura A.1 para aislamiento de c.c., ya que muchos atenuadores tienen baja impedancia de c.c. que podría reducir significativamente la tensión de llamada.

Anexo B

Bucles de prueba de la red

Se definen diez bucles de prueba para la evaluación de la calidad de funcionamiento de los receptores PNT. Este anexo incluye la especificación de los tipos de hilos y las topologías.

B.1 Modelo de hilos

Los conductores "de cuadretes", "de cuatro hilos planos" y "UTP-5" son representativos de los hilos telefónicos típicos de interiores.

En las simulaciones, se utiliza el siguiente modelo para generar los parámetros primarios R, L, G, y C en función de la frecuencia:

$$R(f) = \sqrt[4]{R_o^4 + a \cdot f^2}$$

$$L(f) = \frac{l_0 + l_\infty \cdot \left(\frac{f}{f_m}\right)^b}{1 + \left(\frac{f}{f_m}\right)^b}$$

$$G(f) = g_0 \cdot f^{g_e}$$

$$C(f) = c_\infty + \frac{c_0}{f^{c_e}}$$

En el cuadro B.1 que sigue se presenta el conjunto de parámetros para cada uno de los tipos de hilos utilizados en B.2. Se supone que $R(f)$ está en unidades de ohmios/km, $L(f)$ en unidades de mH/km, $G(f)$ en unidades de μ Mhos/km, y $C(f)$ en unidades de μ F/km.

Cuadro B.1/G.989.2 – Parámetros modelos de los hilos

| Parámetro modelo | Cable de cuadretes | 4 hilos planos | UTP-5 |
|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| r_0 | 252,58 | 399,6273 | 172,2 |
| a | 0,164 | 0,470 | 0,173 |
| l_0 | 0,763 | 0,789 | 0,613 |
| b | 0,493 | 0,406 | 0,516 |
| l_∞ | 0,576 | 0,592 | 0,446 |
| f_m | $239,8 \times 10^3$ | $432,9 \times 10^3$ | $310,6 \times 10^3$ |
| g_0 | 0,0268 | 0,322 | 0,000175 |
| g_e | 0,547 | 0,467 | 0,540 |
| c_0 | 0,075 | 0,0248 | 0 |
| c_∞ | 0,044 | 0,0427 | 0,0516 |
| c_e | 0,152 | 0,0758 | 0 |

B.2 Bucles de prueba

En los siguientes diagramas (figuras B.1 a B.10), los elementos no terminados se marcan como "abierto". Los elementos terminados por resistencias están marcados con el valor de resistencia en ohmios. Los elementos terminados por condensadores están marcados con el valor de capacitancia en picofaradios.

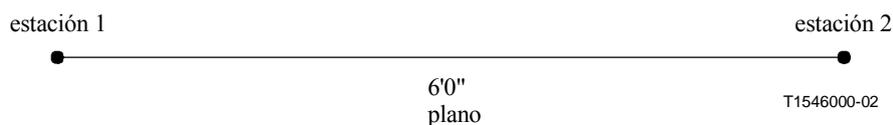


Figura B.1/G.989.2 – Bucle de prueba N.º 1

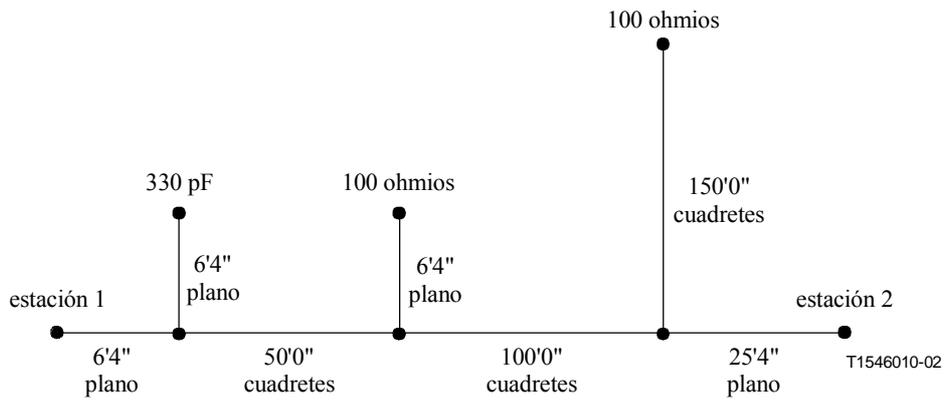


Figura B.2/G.989.2 – Bucle de prueba N.º 2

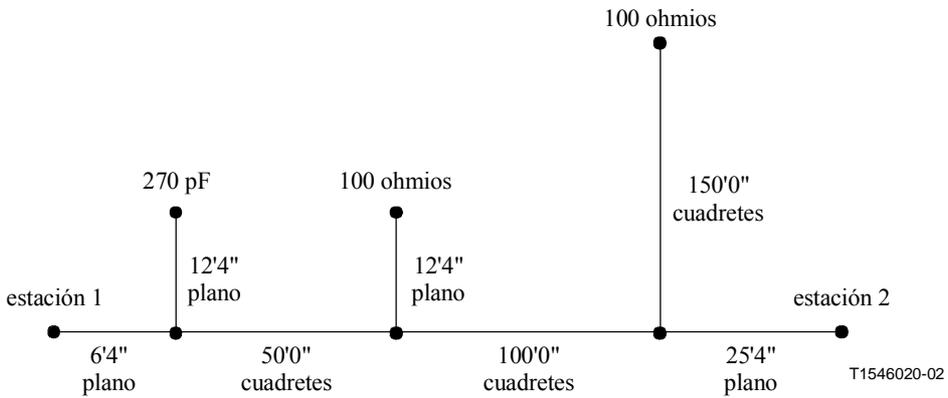


Figura B.3/G.989.2 – Bucle de prueba N.º 3

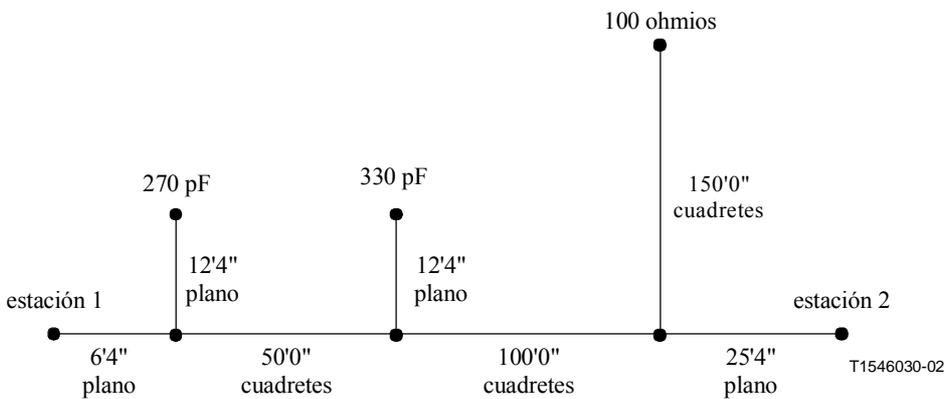


Figura B.4/G.989.2 – Bucle de prueba N.º 4

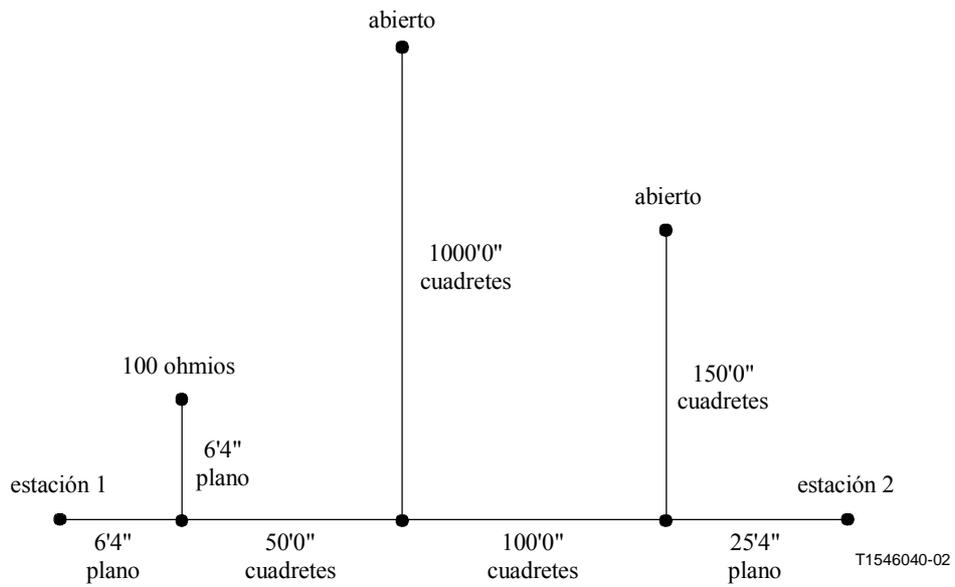


Figura B.5/G.989.2 – Bucle de prueba N.º 5

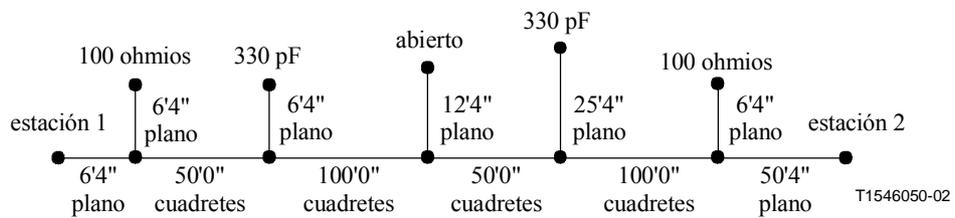


Figura B.6/G.989.2 – Bucle de prueba N.º 6

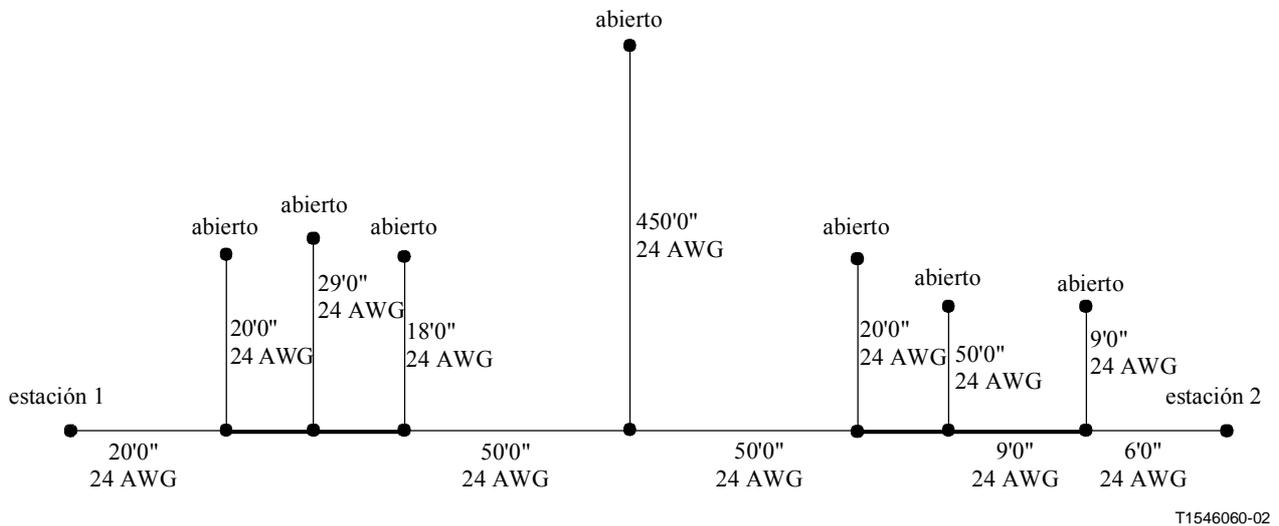


Figura B.7/G.989.2 – Bucle de prueba N.º 7

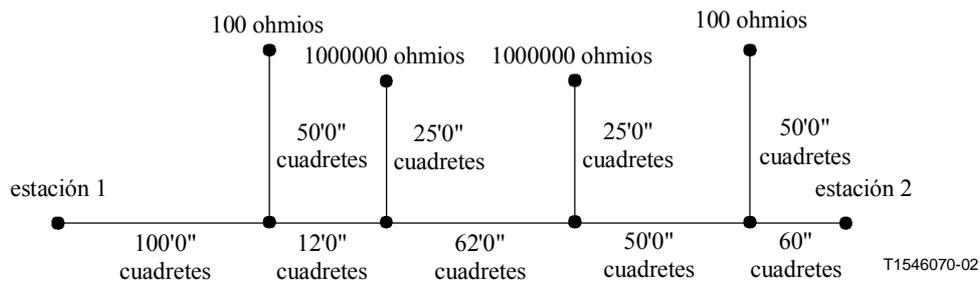


Figura B.8/G.989.2 – Bucle de prueba N.º 8

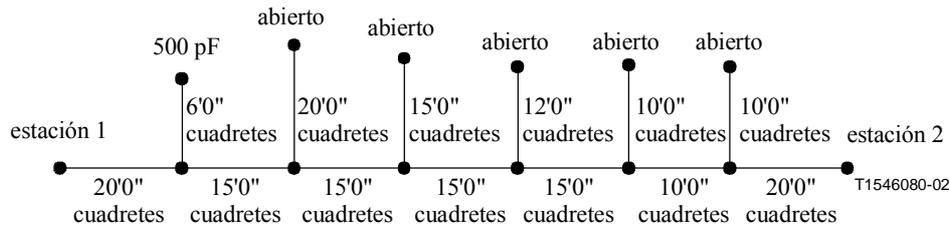


Figura B.9/G.989.2 – Bucle de prueba N.º 9

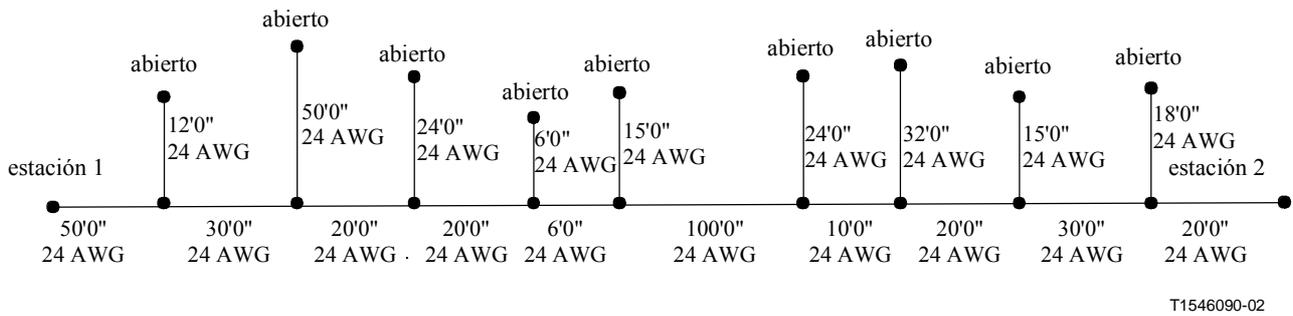


Figura B.10/G.989.2 – Bucle de prueba N.º 10

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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