

# UNA RED DE COMUNICACIONES MÁS INTELIGENTE PARA LA RED ELÉCTRICA INTELIGENTE

Transformación de la red eléctrica inteligente con redes ópticas de paquetes basadas en Ethernet

## Introducción

A medida que las compañías de servicios eléctricos evolucionan a la red eléctrica inteligente, necesitan una evolución equiparable de la red de comunicaciones subyacente. Una red flexible y preparada para los desafíos del futuro resulta crítica para alcanzar los objetivos comerciales de la compañía de servicios públicos y para garantizar que las aplicaciones de red eléctrica inteligente funcionen de manera segura y confiable. Sin embargo, la mayoría de las redes de las compañías de servicios no están preparadas para el desafío, y algunas soluciones de red de próxima generación pueden ser muy engorrosas y costosas cuando se implementan a gran escala.

La red eléctrica inteligente requiere una red avanzada que:

- Ofrezca servicios de datos y voz críticos para las operaciones y administración de la red eléctrica inteligente
- Cumpla con los mayores requerimientos de rendimiento, ancho de banda, seguridad, consolidación y soporte para aplicaciones heredadas

- Mejore la flexibilidad, confiabilidad, seguridad y eficiencia de todos los elementos de la red eléctrica inteligente
- Permita monitoreo, automatización y optimización de las operaciones de la red eléctrica

Las redes actuales de las compañías de servicios públicos, basadas en tecnología SONET/SDH, son difíciles y costosas de mantener, y no pueden satisfacer las necesidades a largo plazo de una red eléctrica inteligente. Además, muchas compañías de servicios públicos necesitarán reemplazar múltiples redes superpuestas para propósitos específicos que fueron creadas para el soporte de dispositivos heredados y de requerimientos específicos de TI y de las operaciones.

Continuar invirtiendo en estas redes heredadas no es viable para la transición hacia la red eléctrica inteligente. En cambio, las compañías de servicios deben considerar opciones de redes de comunicaciones de próxima generación que les ayude a ellas y a sus clientes a aprovechar plenamente los beneficios de la red eléctrica inteligente, como se muestra en la Figura 1.

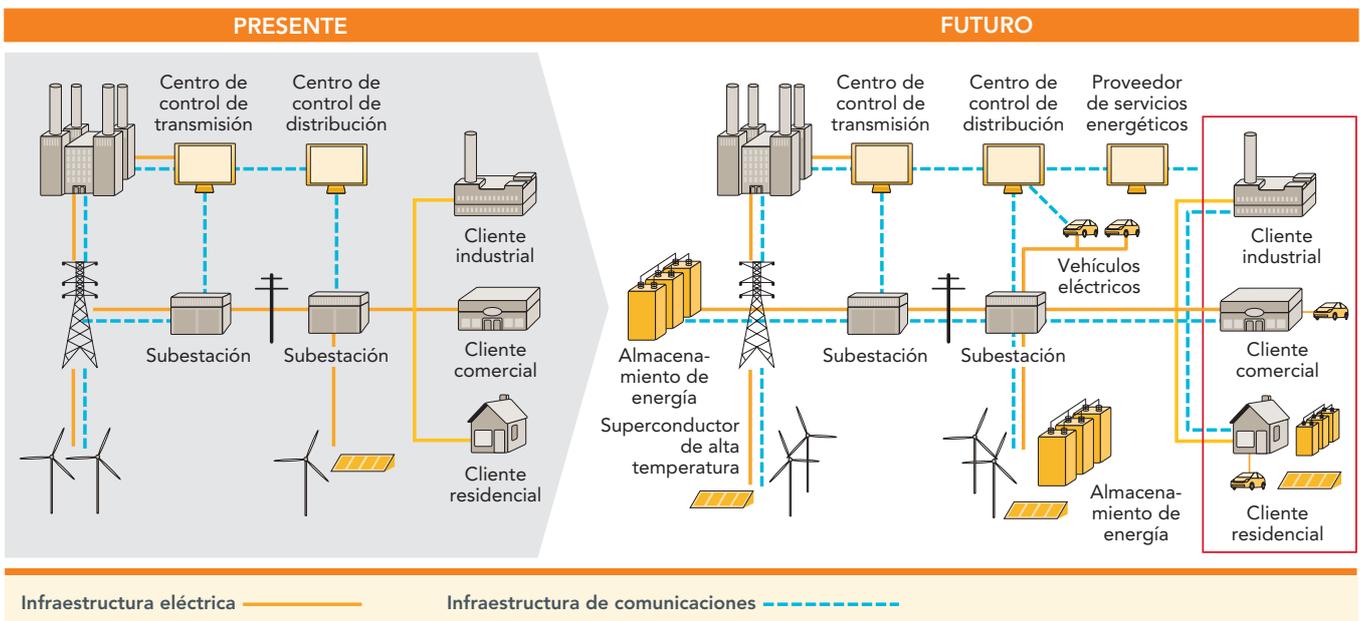


Figura 1. En una red eléctrica inteligente, la red permite comunicaciones entre sistemas en cualquier nivel, dentro de la red eléctrica de la compañía de servicios y la infraestructura TI y externamente con los clientes

### Soporte de comunicaciones clave para una red eléctrica inteligente

Una red de comunicaciones optimizada para una red eléctrica inteligente puede admitir funciones como:

- Agregar y suministrar datos desde los medidores de los clientes hasta el centro de control, lo cual permite lecturas de medidores en tiempo real o casi en tiempo real y programas de administración de datos de los medidores
- Conectar el equipo de automatización y los dispositivos electrónicos inteligentes (Intelligent Electronic Devices, IED) utilizados en los sistemas de control y optimización de la red eléctrica inteligente
- Proveer datos de la subestación críticos y sensibles a latencia para programas de monitoreo y diagnóstico para mayor confiabilidad de la red eléctrica

### Alternativas para la arquitectura de la red de comunicaciones

Las redes IP/MPLS generalmente son la elección de facto para actualizar una red heredada y muchas compañías de servicios desconocen que tienen la posibilidad de elegir cómo diseñar una red de próxima generación. La premisa es que, como otras redes empresariales están basadas en IP, la única opción es crear una mejor red IP basada en enrutadores que utilice servicios de conmutación de etiquetas de múltiples protocolos (MPLS).

En la actualidad, muchos operadores de redes de misión crítica en el mundo están cambiando a la tecnología determinista de óptica de paquetes. Sin embargo, algunos equipos TI de las compañías de servicios pueden dudar en considerar la tecnología de óptica de paquetes debido a dos conceptos erróneos acerca de su diseño y de sus capacidades en comparación con una red enrutada.

El primer concepto erróneo es que todos los servicios de red están cambiando a IP, entonces lo mejor es enrutar todo el tráfico. En la red de una compañía de servicios, no todo el tráfico es IP y la conmutación óptica de paquetes generalmente es más eficiente para manejar múltiples tipos de tráfico. Mientras que la capa de servicios puede incluir direcciones IP, no existe motivo para cargar la capa de transporte de paquetes con enrutamiento IP innecesario.

Además, IP por sí solo es una tecnología sin conexiones, lo cual hace que la importante tarea de diseñar el tráfico sea inexacta y engorrosa. Aunque la tarea puede simplificarse de alguna manera mediante herramientas para diseño de tráfico IP, este esfuerzo agrega complejidad innecesaria a las operaciones de red.

Por último, si bien el enrutamiento es importante, puede resultar innecesariamente costoso y complejo si se implementa en todos los sitios de la red. Por ejemplo, la necesidad de configurar manualmente cada uno de los enrutadores contribuye al crecimiento lineal de los costos operativos a medida que se implementa cada nuevo dispositivo. En cambio, es más

sencillo y menos costoso conmutar el tráfico de datos a través de una capa de transporte inferior, determinista y más confiable.

El segundo concepto erróneo es que el enrutamiento IP reduce los costos y simplifica la arquitectura global de la red al eliminar capas de red inferiores (capa 0, capa 1, capa 2). En realidad, las capas inferiores tienen una ventaja porque pueden aumentar la eficiencia y disponibilidad de la red y también alojar el tráfico no enrutado generado por algunas aplicaciones de la compañía de servicios.

El objetivo final de la conmutación óptica de paquetes es ofrecer más escalabilidad y resiliencia de red, a menor costo por unidad de bit que una red enrutada.

### La red óptica de paquetes: cómo funciona

La arquitectura de una red óptica de paquetes integra una capa óptica ágil, basada en multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) de capa 0, con una capa de red de transporte óptico (OTN) de capa 1 y una capa de paquetes Carrier Ethernet de capa 2. Esta arquitectura permite el envío del tráfico de las aplicaciones como longitudes de onda, intervalos de tiempo, o paquetes mediante la capa de red más económica.

En su esencia, la conmutación óptica de paquetes converge todos los elementos de transporte en una sola plataforma que opera en las capas 0 a 2,5. En comparación, un enrutador IP opera solo en la capa 3. No todo el tráfico es enrutado por IP, y muchos servicios de red pueden beneficiarse con la conmutación en las capas inferiores, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. La tecnología de óptica de paquetes opera en las capas 0-2,5 para manejar en forma rentable múltiples tipos de tráfico de red

Otra ventaja de estas capas inferiores es que proveen transporte de paquetes orientado a las conexiones en lugar de transporte IP sin conexión. El transporte orientado a la conexión – ya sea si usa longitudes de onda, conexiones OTN o túneles Ethernet – posee características deterministas para asignación de ancho de banda, rutas a través de la red y mediciones de extremo a extremo. Este diseño permite operaciones de transporte de paquetes mucho más simples y más previsibles, en especial para el diseño del tráfico, el mantenimiento y la resolución de problemas.

Al utilizar capas inferiores, la red puede adaptar las soluciones para distintos escenarios de operaciones. Por ejemplo, un escenario mantiene las capas separadas e implementa

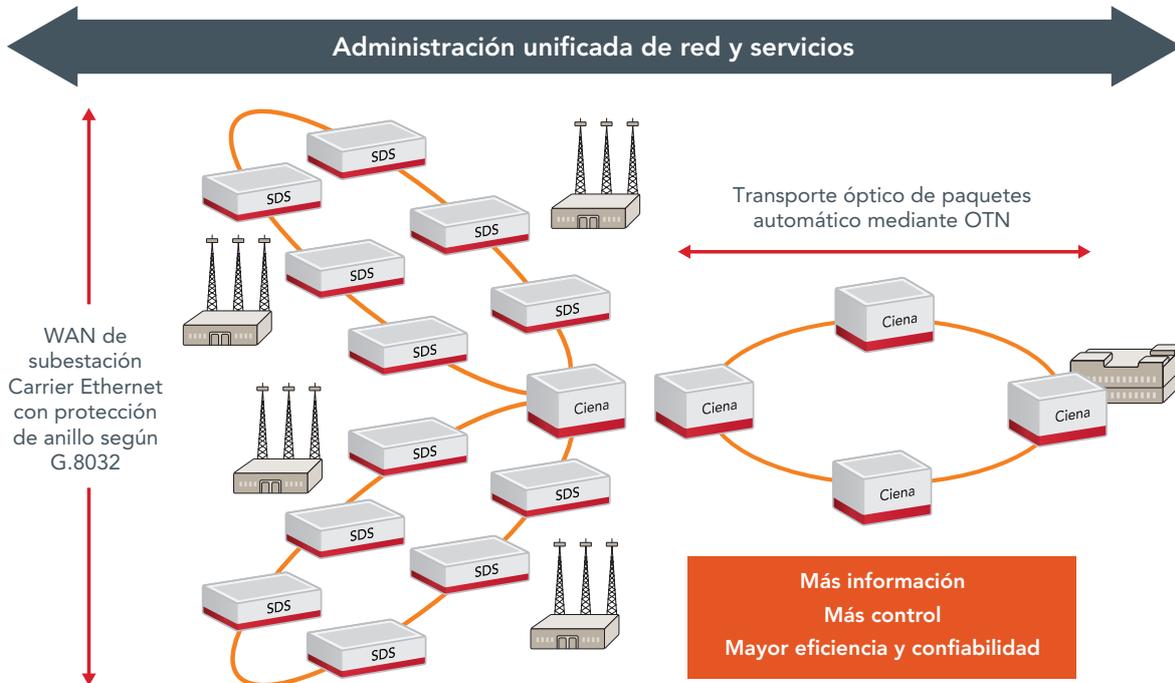


Figura 3. Arquitectura de una red de agregación de subestaciones, basada en Carrier Ethernet, que interopera con una red de transporte de paquetes de núcleo mediante OTN

anillos puros de subestación Carrier Ethernet de capa 2, como se muestra en la Figura 3. Este escenario también usa una red de núcleo de óptica de paquetes que transporta el tráfico Ethernet de subestación y también de otros protocolos, como datos de almacenamiento de canal de fibra, entre los centros de datos de la compañía de servicios.

Otro escenario extiende una red óptica de paquetes a las subestaciones para transportar tráfico de paquetes Ethernet y IP junto con circuitos de multiplexación por división de tiempo (TDM) heredados. En ambos casos, el enfoque combinado de la tecnología de óptica de paquetes permite un diseño de red que agrega y conmuta tráfico en la capa más eficiente y más económica en las redes de subestaciones y núcleo.

### Acerca del ancho de banda óptico programable con OTN

OTN es una tecnología de transporte óptico muy versátil que puede reemplazar las redes de transporte SONET/SDH limitadas y costosas. Siendo una tecnología de capa 1, OTN admite múltiples servicios sobre sistemas de transporte óptico de manera eficiente, económica y confiable. Crea una forma de aislar la red frente a las cambiantes necesidades de tráfico por medio de capacidades de ancho de banda programable.

OTN ofrece tres funciones clave para el ancho de banda programable en la capa WDM: posee contenedores que pueden transportar cualquier protocolo; permite compartir longitudes de onda en forma eficiente; y permite la conmutación y el agrupamiento de tráfico en toda la red. En conjunto, estas funciones hacen que el ancho de banda de una capa WDM sea más programable en términos de formato, tamaño, y enrutamiento de múltiples tipos de tráfico.

OTN y SONET/SDH establecen las correspondencias de los protocolos en contenedores de tráfico. En una red

SONET/SDH, esos contenedores tienen todos el mismo tamaño, pero no siempre se llenan con datos, lo cual crea un sistema de transporte ineficiente.

En una OTN, esos contenedores pueden transportar cualquier protocolo de datos en cualquier combinación, y el tamaño de los contenedores puede ajustarse al tráfico específico y a los requerimientos de transporte, como se muestra en la Figura 4. Esta programabilidad de OTN se traduce en eficiencia global de la red, y significa que OTN puede ofrecer anchos de banda muy altos a medida que las compañías de servicios públicos escalan para enfrentar el crecimiento de los datos.

OTN también admite la separación segura y simple del tráfico de las operaciones críticas de la red eléctrica del tráfico TI y corporativo cuando se transportan sobre la misma red de fibra.

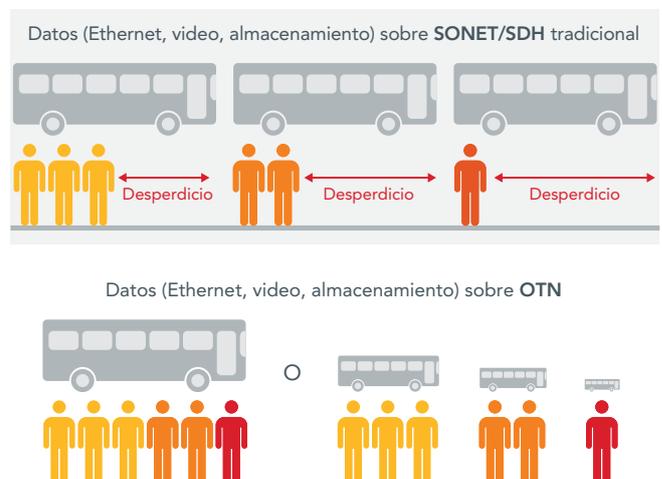


Figura 4. La programabilidad OTN permite el uso mucho más eficiente del ancho de banda de la red

## Acerca de Carrier Ethernet

Carrier Ethernet es la tecnología de comunicaciones de capa 2 en una red óptica de paquetes. Brinda todos los beneficios de la red de área local (LAN) Ethernet (ubicua, simple, rápida, confiable, de costo sumamente bajo) a las exigentes redes de área amplia (WAN). También ofrece confiabilidad, capacidad de administración y características de previsibilidad comparables a las de las soluciones de red convencional de una compañía de servicios públicos.

Carrier Ethernet se define mediante cinco atributos técnicos significativos que lo distinguen de LAN Ethernet: servicios estandarizados, escalabilidad, confiabilidad, calidad de servicio (QoS), y administración de servicios. Estos atributos imitan el rol de Ethernet dentro de LAN pero transforman Carrier Ethernet en una tecnología apropiada para la implementación en una WAN. Además, así como Ethernet funciona con IP en la LAN empresarial, Carrier Ethernet funciona con IP en la WAN.

Carrier Ethernet es una evolución rentable de TDM en las redes de distribución y de subestaciones porque es compatible con aplicaciones IP y con IED nuevos y basados en Ethernet. También evita los problemas de latencia y de seguridad de la capa 3.

Por estas razones, las compañías de servicios públicos se sienten atraídas por Carrier Ethernet para controlar costos y garantizar que los procesos comerciales puedan escalar en forma efectiva, manteniendo al mismo tiempo la seguridad y el control de las funciones operativas y TI críticas.

## Ventajas de la red óptica de paquetes

La combinación de las tecnologías de óptica y de paquetes ofrece dos ventajas fundamentales. En primer lugar, los datos ubicados en IP, Ethernet y en TDM heredada pueden coexistir en la misma red WDM óptica. Segundo, las tecnologías de óptica de paquetes mejoran la eficiencia de la red mediante atributos como agregación de paquetes, QoS y uso eficiente del ancho de banda.

La tecnología de óptica de paquetes conserva varios de los beneficios de los servicios de transporte heredados, incluyendo operaciones y administración ya conocida, rendimiento determinista, resiliencia, alta disponibilidad y baja latencia. Estos beneficios aumentan con los atributos clave de eficiencia de la tecnología de paquetes, entre ellos los bajos costos, el soporte para múltiples servicios, eficiencia de ancho de banda y flexibilidad, y asignaciones QoS.

La tecnología óptica de paquetes constituye el nexo entre las redes SONET/SDH heredadas y las redes OTN/Carrier Ethernet de próxima generación al admitir en forma eficiente una combinación de tráfico sin inversión redundante. La compañía de servicios públicos puede pasar al tráfico combinado con el tiempo, simplemente dejando de usar los circuitos heredados y aumentando el uso de los servicios basados en Ethernet.

Además de estos beneficios globales de una red óptica de paquetes, la tecnología Carrier Ethernet ofrece varias ventajas clave para la red de comunicaciones de la red eléctrica inteligente de una compañía de servicios:

- **Simplicidad.** Carrier Ethernet es fácil de implementar con provisionamiento automatizado y prueba y verificación remotas de la activación. Como las fallas pueden detectarse y aislarse de manera remota y es más sencillo efectuar cambios, la administración y el mantenimiento de la red reducen las exigencias sobre el equipo de operaciones de red de una compañía de servicios públicos.
- **Menores costos.** Carrier Ethernet permite la convergencia de todos los servicios de comunicaciones sobre una infraestructura de red común, lo cual simplifica enormemente las operaciones y los costos de controles.
- **Mayor seguridad y control de la red.** Una capa de seguridad inherente se encuentra incorporada a Carrier Ethernet porque no es un protocolo enrutable, entonces el monitoreo de direcciones no es una preocupación. Al usar el encapsulado de datos basado en Ethernet, la compañía de servicios puede garantizar que el tráfico llegue a su destino correcto.
- **Ancho de banda flexible y escalable.** A diferencia de las tecnologías TDM que están basadas en aumentos fijos de ancho de banda, Ethernet tiene escalabilidad muy granular que permite ajustes dinámicos para los requerimientos de capacidad para cada sitio.
- **Herramientas avanzadas de operaciones, administración y mantenimiento (OAM).** Carrier Ethernet soporta un conjunto muy variado de herramientas OAM basadas en estándares que brindan capacidades avanzadas para monitoreo y administración de la red. Estas herramientas proporcionan a las compañías de servicios públicos mejor visibilidad del estado y rendimiento de sus conexiones de red.
- **Baja latencia.** Las aplicaciones de automatización de red eléctrica inteligente y de subestaciones demandan latencia de red extremadamente baja, medida en milésimas de segundos. Esta alta sensibilidad a la latencia presenta uno de los principales desafíos para las redes MPLS basadas en IP, las cuales sufren jitter, congestión, pérdida de paquetes y retransmisiones. En cambio, la conectividad Carrier Ethernet puede diseñarse para ser muy determinista. Su baja latencia también hace que Carrier Ethernet sea una opción viable para los protocolos sensibles al tiempo usados en aplicaciones de misión crítica como la teleprotección.
- **Flujos de tráfico determinista.** Carrier Ethernet permite diseñar el tráfico, lo cual garantiza la ruta específica que el flujo de paquetes tomará a través de la red. Estos enlaces de ruta, junto con las rutas de backup, pueden planificarse para garantizar la resiliencia de transmisión con conmutación por error inferior a 50 milésimas de segundos.
- **Transparencia de protocolos.** A diferencia de los servicios de red privada virtual (VPN) basada en IP, las VPN Ethernet pueden admitir protocolos de aplicaciones heredados que todavía pueden ser utilizados por una compañía de servicios públicos. Este soporte se logra mediante la configuración sencilla del tráfico en las tramas de capa 2 que atraviesan la red en forma transparente, sin conversiones o procesamiento adicionales.

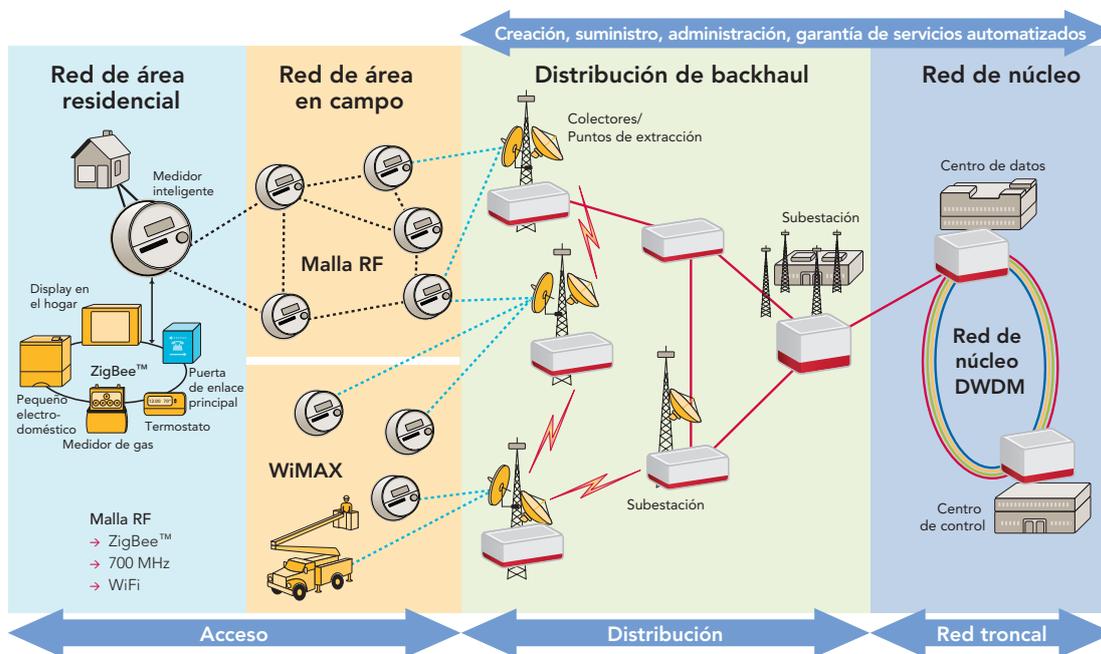


Figura 5. Arquitectura de referencia para una red óptica de paquetes para el soporte de comunicaciones de una red eléctrica inteligente

### Arquitectura de óptica de paquetes de referencia para la red de comunicaciones de una red eléctrica inteligente

La Figura 5 muestra la arquitectura de óptica de paquetes de referencia de Ciena para comunicaciones de red eléctrica inteligente de extremo a extremo, dividida en cuatro dominios de red por distritos.

El dominio de red del área residencial usa una red alámbrica o inalámbrica dentro del hogar de un cliente para transferir información entre la red eléctrica y los dispositivos del cliente como displays, computadoras, dispositivos de administración de energía, y medidores inteligentes.

El dominio de red en el área de campo soporta el suministro de información bidireccional entre medidores inteligentes y colectores de datos o puntos de acceso. Esta red puede ser alámbrica o inalámbrica y puede ser de propiedad de la compañía de servicios públicos o de un proveedor de servicios externo.

Los siguientes dos dominios – las redes troncales de núcleo y de backhaul – cubren la mayor parte de los sistemas críticos de transmisión, distribución y control de la red eléctrica. Estos dominios tienen los más rigurosos requerimientos de red, entre ellos alta disponibilidad, escalabilidad, baja latencia, interoperatividad y seguridad.

La red de backhaul conecta todos los puntos de recopilación de datos de una compañía de servicios públicos – como los colectores de datos de medidores inteligentes y las subestaciones de transmisión y distribución – hasta los centros de control de operaciones centrales. Esta red generalmente usa una combinación de fibra de alta capacidad, comunicaciones por microondas inalámbrica y circuitos de telecomunicaciones alquilados.

La red troncal de núcleo contiene nodos de alta capacidad que interconectan los centros de control de una compañía

de servicios, los centros de datos y las redes de subestación de distribución. Esta red normalmente tiene una topología de malla o anillo que permite conexiones entre cualquier dispositivo.

Las redes de núcleo y backhaul admiten operaciones críticas de la red eléctrica como los sistemas de control y monitoreo SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Estas redes también conectan los equipos en campo para automatizar la distribución de energía, incluyendo las unidades de telemetría remotas (RTU) y los IED como disyuntores, reconectores, interruptores, condensadores y transformadores, que permiten el monitoreo o el control de manera remota.

### Migrar la infraestructura heredada para la automatización de subestaciones

La automatización de subestaciones es un elemento clave en la transformación de la infraestructura de una compañía de servicios públicos en red eléctrica inteligente. El estándar 61850 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) especifica los requerimientos de red para el soporte de información y aplicaciones para la automatización de subestaciones. En principio, este estándar permitirá una infraestructura más simple y más unificada para la red de la subestación, basada en Ethernet, con costos reducidos y mejor confiabilidad.

Sin embargo, la tarea de migrar de una subestación heredada a una subestación de próxima generación prometida por IEC 61850 es un desafío. Muchas compañías de servicios públicos no se han comprometido plenamente con el estándar debido a su necesidad de continuar con el soporte de interfaces TDM de red heredadas sobre equipos no compatibles con IEC 61850.

Es importante comprender que la migración al estándar IEC 61850 no obliga al reemplazo de los protocolos ya implementados. Pueden implementarse soluciones que

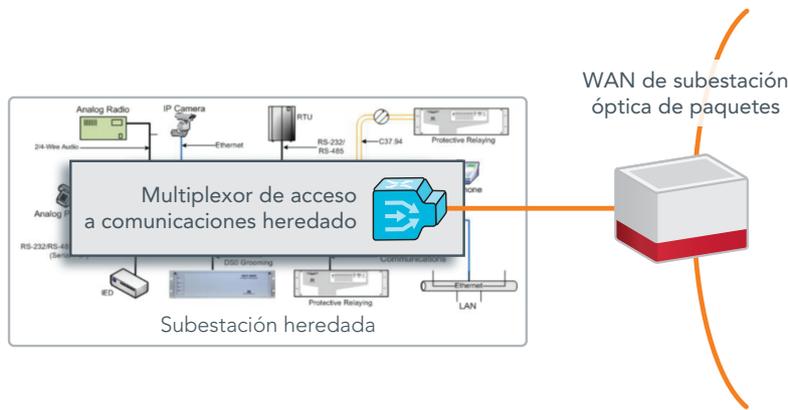


Figura 6. Las redes ópticas de paquetes permiten transporte de datos convergente entre y dentro de las subestaciones y centros de control

permitan agregar a la red partes del estándar IEC 61850 mientras se continúa utilizando los protocolos heredados. Con el plan adecuado, las compañías de servicios públicos pueden modernizar a su propio ritmo, usando comunicaciones ópticas de paquetes como la tecnología puente entre los protocolos heredados y los protocolos de paquetes.

La Figura 6 muestra un enfoque para ese desafío de migración de protocolos heredados. Para la subestación, la red debe admitir una larga lista de protocolos heredados instalados, además de los dispositivos IP/Ethernet más nuevos. La compañía de servicios puede planificar reemplazar los dispositivos SCADA heredados por IED Ethernet modernos.

En este ejemplo, se usa un multiplexor de subestación especialmente diseñado para agregar las interfaces TDM y en serie de baja velocidad, luego transferir una interfaz Ethernet LAN a la red de backhaul de paquetes. En este punto, las funcionalidades ópticas de paquetes permiten transporte de datos convergente, resiliente y fácil de manejar entre las subestaciones y los centros de control.

### Un modelo más inteligente para redes de comunicaciones para la red eléctrica inteligente

Ciena ofrece un enfoque más inteligente para modernizar las redes de las compañías de servicios públicos, como una alternativa fácil de gestionar, robusta y rentable a las redes SONET/SDH y IP/MPLS enrutadas. Aunque las arquitecturas de óptica de paquetes pueden ser nuevas para el sector de las compañías de servicios públicos, estas tecnologías tienen probada eficacia en exigentes redes de línea fija e inalámbricas en todo el mundo. Las redes ópticas de paquetes ofrecen a las compañías de servicios públicos los beneficios de costos operativos y de capital más bajos, comportamiento más determinista, y beneficios previsibles para múltiples servicios de red.

Con una mirada hacia el futuro, las soluciones de Ciena tienen soporte para actualizaciones directas de 1 G de ancho de banda a 10 G y 100 G. Esta sencilla escalabilidad será cada vez más importante a medida que la información aumenta para convertirse en la piedra angular de la

transformación del negocio y de las operaciones de una compañía de servicios públicos.

Con los componentes básicos de DWDM, OTN y tecnología Carrier Ethernet de Ciena, como también una administración unificada, las compañías de servicios pueden adaptar sus redes en evolución para cualquier paradigma operativo de la red eléctrica inteligente.

### Velco implementa una red óptica de paquetes a nivel estatal

Velco es una compañía de servicios eléctricos a nivel estatal que administra un sistema de transmisión de electricidad de 1045 kilómetros que conecta 20 compañías de distribución eléctrica en todo Vermont. El entorno de red actual de la compañía estaba basado en una infraestructura de fibra SONET OC-48 heredada y T1 alquiladas con conexión a las subestaciones. Dentro de las subestaciones, se usaba una variedad de dispositivos para multiplexar servicios heredados como sistemas telefónicos TDM, dispositivos de voz análogos y RTU y dispositivos SCADA heredados.

Para su red de próxima generación, Velco está usando una solución de red óptica de paquetes a nivel estatal de IBM y Ciena. Esta red ofrece costos operativos más bajos con mayor rendimiento, escalabilidad e interoperatividad con todas las compañías de distribución eléctrica conectadas a Velco. La nueva red también permite a Velco cumplir con los actuales requerimientos operativos como transmisión de tráfico, SCADA, voz y datos empresariales y una infraestructura de medición avanzada. Al implementar los nuevos programas de red eléctrica inteligente, la compañía de energía puede administrar la red con poco personal.

Ciena puede realizar cambios periódicamente en los productos o en las especificaciones que se presentan en este documento sin previo aviso. Copyright © 2014 Ciena® Corporation. Todos los derechos reservados. WP159\_es\_LA 9.2014