

Cabeamento Estruturado em Infraestruturas Críticas

Índice

Padrões e Conceitos

- Principais Padrões para Data Centers
 - Estandards ANSI/TIA-942-B

Requisitos de Infraestrutura Física

- Principais Espaços
- Níveis ou Taxas de um Centro de Dados
 - Redundância
 - Novas diretrizes
 - Disponibilidade

Topologías

- Topología reducida.
- Topología Básica.
- Topología distribuida.
- Topologías de conexão MDA-EDA
 - Cabeamento centralizado
 - T.o.R. (Top of Rack). Parte superior do Rack
 - E.o.R. (End of Row). Extremidade da fila
 - M.o.R. (Meio de la fila)

Identificação

- Esquema de identificação do espaço do piso falso
- Esquema de identificação para racks e armários
- Esquema de identificação para painéis de conexão
 - Identificador do painel de conexão
 - Identificador de porta do painel de conexão
 - Identificador de conectividade entre painéis de conexão
- Identificador de cabos e patch cords

Conceitos de Sistemas Pré-conectorizados

Conector MPO (Multi-fibra Push On)

Adaptador MPO

Normas de conectores MPO

MPO - 16

Conectores MPO base 8/12/16/24/32

Draft IEEE 802.3bs 400GBASE-SR16

Polaridade

Estándar ANSI/TIA-568-C

Cabo de conversão dúplex para multifibra

Módulo de conversão dúplex para multifibra

Componentes para canais dúplex em links multifibra

Componentes para canais multifibra

Polaridade para canais dúplex Método A

Polaridade para canais multifibra Método A

Polaridade para canais dúplex Método B

Polaridade para canais multifibra Método B

Polaridade para canais dúplex Método C

Polaridade para canais multifibra Método C

Soluções Pré-conectorizadas Multifibra

Especificações de Fibra Óptica

Suporte a Aplicações Ethernet em FO Multimodo Dúplex

Suporte a Aplicações Ethernet em FO Multimodo Multifibra

Cordões de Conversão

Transição de 12 para 8 F.O em conexões MPO

Padrões e Conceito

Os Data Centers são infraestruturas críticas e complexas que demandam soluções de vários fornecedores e diversas habilidades para sua gestão. É essencial que tenham metas muito claras que minimizem qualquer risco. Para isso, uma boa planificação, uma operação eficaz e a melhor manutenção são fundamentais. O objetivo final de todo esse processo é alcançar uma alta disponibilidade, reduzindo ao máximo os períodos de inatividade

Fundamentos em um Data Center

Há várias coisas fundamentais para um Data Center (DC) e torná-lo altamente confiável:

- Desempenho, Performance e Altas Velocidades de Transmissão
- Alta Densidade e Eficiência Operativa para Reduzir a Conta de Energia
- Gestão de Ativos e Capacidades (DCIM)

Modelos de Data Center

- Empresas privadas e administrações públicas
- Internet (provedores de serviços e operadoras telefônicas)
- Colocação (gerenciam espaço físico para seus clientes)
- Hospedagem (serviços para minimizar o investimento em hardware e software, atendendo a uma variedade de clientes e sendo de propriedade de um provedor de serviços que vende serviços de dados e Internet, como hospedagem de sites ou VPN para vários clientes).
- Hiperscale (provedores de grandes volumes de conteúdo).

Para manter os equipamentos funcionando de maneira confiável, mesmo sob as piores circunstâncias, todos os centros de dados são construídos com as seguintes infraestruturas de suporte:

- Fornecimento de energia e backup
- Controle de temperatura e ambiental
- Sistemas para fogo e fumaça
- Segurança física
- Conectividade com redes externas
- NOC (Centro de Operações de Rede)
- Cabeamento Estruturado

Principais Normas para Data Centers.

ANSI/TIA-942-B

Padrão de Infraestrutura de Telecomunicações para Data Centers. Revisão do 942-A

ANSI/BICSI 002-2019

Melhores Práticas de Design e Implementação de Data Centers

EN 50600-1

Tecnologia da Informação - Instalações e Infraestruturas de Data Centers - Parte 1: Conceitos Gerais

ISO/IEC 11801-5:2017

Tecnologia da Informação - Cabeamento Genérico para Instalações de Cliente Parte 5: Data Centers (antiga ISO/IEC 24764).

EN 50173-5:2018

Tecnologia da Informação - Sistemas de Cabeamento Genérico - Parte 5: Espaços do Data Center

EN 50600-2-4:2015

Information Technology – Data Center Facilities and Infrastructures – Partes 2 a 4: Infraestrutura de Cabeamento de Telecomunicações

Estandars ANSI/TIA-942-B

Com o objetivo de auxiliar os data centers a projetar infraestruturas que atendam às necessidades atuais e futuras, a norma atualizada inclui várias mudanças substanciais em relação à versão anterior.

Especifica os requisitos mínimos para a infraestrutura de telecomunicações do Data Center e da sala de computadores, incluindo os Data Centers corporativos de inquilinos únicos ou múltiplos. As topologias especificadas neste documento aplicam-se a Data Centers de qualquer tamanho. Além disso, apresenta recomendações de classificação de infraestrutura no que diz respeito a redundância e disponibilidade, topologias, distâncias, cabeamento, requisitos para a construção física, identificação e gestão.

Requirements

Adição de Cabeamento Cat 8.

Cabeamento recomendado CAT.6A ou superior. A conexão direta EDA (Área de Distribuição da Zona) foi reduzida de 10 m para 7 m. O primeiro passo consiste em determinar se os recursos disponíveis na organização têm o conhecimento.

Cabeamento pré-conectorizado

Recomendação de cabeamento pré-conectorizado. Inclui conectores estilo MPO de 16 e 32 fibras como um tipo adicional de conector para a terminação de mais de duas fibras. Os conectores de 16 e 32 fibras foram padronizados quando ANSI/TIA-604-18 foi publicado

Identificação, roteamento e gestão

Inclui recomendação para a identificação, roteamento e gestão dos cabos, possibilitando a adição e remoção de cabos sem interromper as conexões adjacentes

Cabo OM5

OM5 foi adicionado como um tipo permitido e recomendado de fibra óptica multimodo (fibra multimodo de banda larga). O padrão TIA-492.AAAE especifica fibra OM5, projetada para suportar multiplexação de comprimento de onda curto.

Outros

Pode-se utilizar cabos coaxiais ANSI/TIA-568.4-D e conectores do tipo 'F', e são feitas referências a outras normas, incluindo revisões e diretrizes de temperatura e umidade.

Requisitos de infraestrutura física

Espaços principais

Conforme a ANSI/TIA-942-B, os espaços ou áreas principais de um Data Center são

Sala de entrada (EF)

A sala de entrada é um espaço destinado à interconexão entre o cabeamento estruturado do Data Center e o cabeamento proveniente dos operadores de telecomunicações

Área de Distribuição Principal (MDA)

Inclui a conexão cruzada principal, que é o ponto de distribuição central para o cabeamento estruturado do Data Center. É uma área crítica onde são realizadas as principais manobras

Área de Distribuição Intermediária (IDA)

Espaço para a conexão cruzada intermediária, que é o ponto de distribuição secundário do cabeamento estruturado em uma sala de servidores. Assim como a MDA, é uma área crítica onde são realizadas manobras a partir da sala de servidores onde está instalada.

Área de Distribuição Horizontal (HDA)

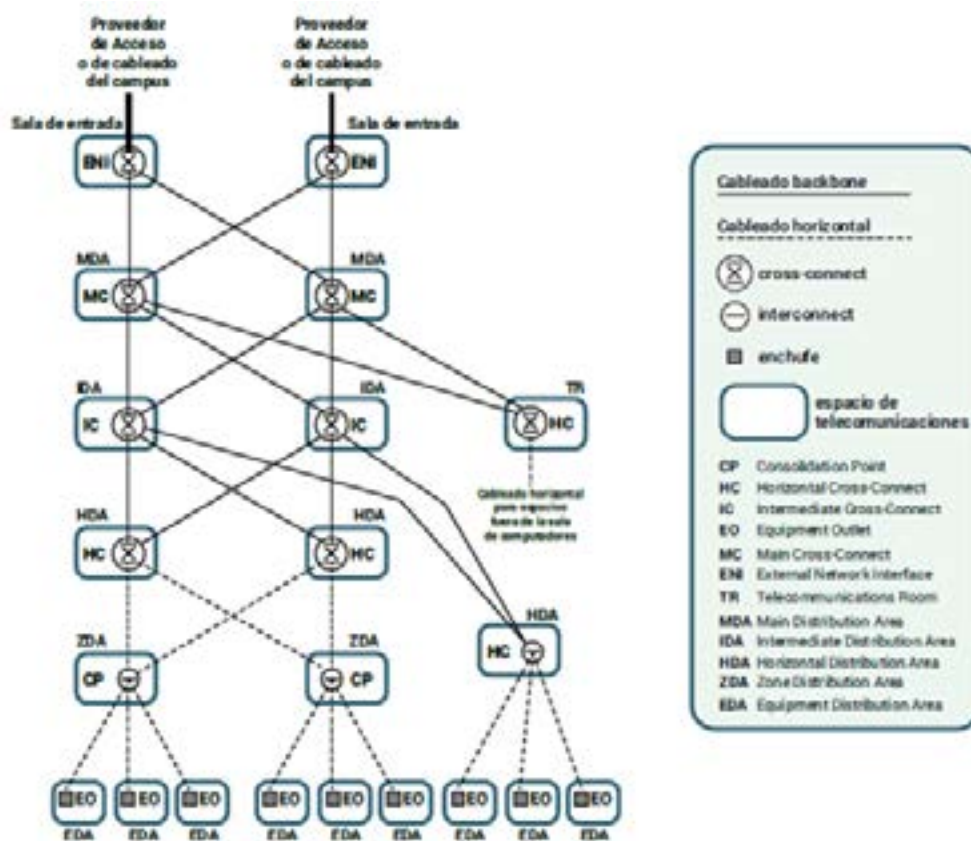
Utilizada para a conexão de áreas de equipamentos. Inclui a conexão cruzada horizontal (HC) e o equipamento intermediário.

Área de Zona de Distribuição (ZDA)

Ponto de interconexão opcional para cabeamento horizontal. Posicionado entre o HDA e o EDA, permite uma configuração rápida e frequente, geralmente utilizado em uma instalação de piso elevado. Adiciona flexibilidade ao Data Center.

Área de Distribuição de Equipamentos (EDA)

Espaço para equipamentos terminais (servidores, armazenamento) e equipamentos de comunicação de dados ou voz (switches, centrais)



Elementos funcionais de uma infraestrutura de cabeamento estruturado para Data Center

Níveis ou índices de um Centro de Dados

Relaciona-se com os níveis de disponibilidade da infraestrutura.

- As classificações por níveis foram originalmente definidas pelo The Uptime Institute.
- Lida com os sistemas críticos do centro de dados.
- Os sistemas críticos podem ter classificações diferentes.
- As classificações podem ser degradadas à medida que a carga no centro de dados aumenta ao longo do tempo

Redundância

Para reduzir o tempo de inatividade do Data Center e dos dados da empresa, a redundância também é um requisito previsto na norma. O Anexo F da norma ANSI/TIA-942-B estabelece uma série de regras aplicáveis para classificar um Data Center, chamadas de 'Rated'. A classificação considera quatro níveis (rated) independentes para os sistemas de: Telecomunicações, Eletricidade, Arquitetura e Mecânica. Essas classificações estão relacionadas à disponibilidade do Data Center e podem diferir em cada uma das áreas citadas.



Source: ANSI/TIA-942-B

O propósito deste tópico é manter as características essenciais do Data Center em termos de disponibilidade, confiabilidade, segurança, resistência e redundância necessárias para sua classificação. ANSI/TIA-942-B define as seguintes classificações:

- Data Center Nível 1: Básico.
- Data Center Nível 2: Componentes redundantes.
- Data Center Nível 3: Manutenção recorrente com operação.
- Data Center Nível 4: Tolerância a falhas.”

Nível I - Básico

- Caminho único para potência e distribuição de frio
- Nenhum componente redundante. Puede no tener falso suelo.
- Pode não ter piso falso. Suscetível a descontinuidade devido a atividades planejadas e não planejadas.
- 28.8 horas de tempo de inatividade anual

Nível II - Componentes Redundantes

- Caminho único para potência e distribuição de frio
- Componentes redundantes.
- Possui piso falso.
- Ligeiramente menos suscetível a descontinuidades em comparação com o Nível I.
- 22.0 horas de tempo de inatividade anual.”

Nível III - Manutenção Recorrente com Operação

- Múltiplos caminhos de potência e distribuição de frio. Apenas 1 caminho ativo.
- Componentes redundantes.
- Deixa uma margem para qualquer atividade planejada na infraestrutura do site sem interferir na operação do hardware dos servidores.
- 1.6 horas de tempo de inatividade anual.”

Nível IV - Tolerante a Falhas

- Múltiplos caminhos ativos para potência e distribuição de refrigeração.
- Componentes redundantes
- Todo o hardware dos servidores deve ter entradas duplas de potência.
- Pode suportar pelo menos um pior caso, falha não planejada ou evento sem nenhum impacto crítico de carga.
- 0.4 horas de tempo de inatividade anual

Níveis de um Centro de Dados

RENDIMIENTO	TIER I	TIER II	TIER III	TIER IV
Disponibilidad	99,67%	99,79,749%	99,98%	100,00%
Tiempo parada (horas /año)	28,8	22,68	1,57	0,4
Centro de operaciones	No requerido	No requerido	Requerido	Requerido
Acceso redundante proveedor de servicios	No requerido	No requerido	Requerido	Requerido
Camino redundante de backbone	No	No	Si	Si
Cableado horizontal redundante	No	No	No	Opcional
UPS redundante	N	N+1	N+1	2N
Sistema supresor de gases	No	No	Clean agent FM200 Intergen	Clean agent FM200 Intergen

Nível 1. Requisito de Telecomunicações

- Cabeamento, racks, gabinetes e caminhos atendem aos requisitos do TIA-942
- Há um caminho de entrada do provedor de acesso para as instalações
- Um caminho único para todo o cabeamento
- Rotulagem recomendada de acordo com ANSI/TIA/EIA-606-A e anexo B.

- Todos os requisitos do Nível 1.
- Possui 2 vias do provedor de acesso às instalações.
- Roteadores e switches têm fontes de alimentação e processadores redundantes.
- Aborda a vulnerabilidade da entrada de serviço ao edifício.

Nível 3. Requisitos de Telecomunicações

-
- Todos os requisitos do Nível 2.
- Ser atendido por pelo menos 2 provedores de acesso.
- Uma sala de entrada secundária.
- Caminhos do backbone redundantes.
- Múltiplos roteadores e switches para redundância.
- Aborda a vulnerabilidade de um único provedor de acesso.

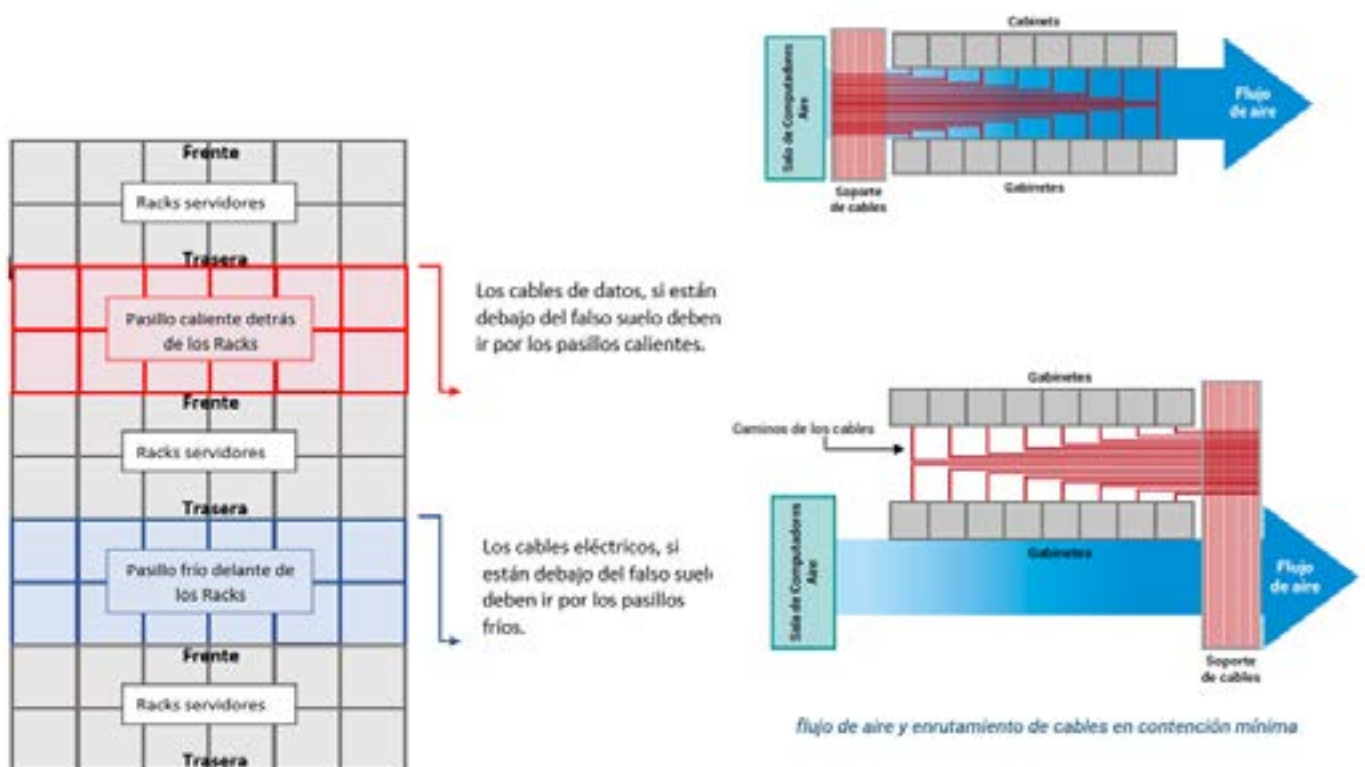
Nível 4. Requisito de Telecomunicações

-
- Todos os requisitos do Nível 3.
- Cabeamento do backbone redundante.
- O cabeamento do backbone deve ser canalizado ou ter armadura de interbloqueio.
- Área de distribuição secundária opcional.
- Cabeamento horizontal redundante opcional.

RENDIMIENTO	TIER I	TIER II	TIER III	TIER IV
Camino de entrega	1	1	1 Activo 1 Pasivo	2 Activos
Componentes redundantes	N	N+1	N+1	2(N+1) o S+S
Componentes redundantes	Tal vez ninguno	Sistemas	Sistemas, energía y algún otro	Todos
Proporción de espacio de soporte a suelo	20%	30%	80-90%	100%
Ultimos Watt/ft ²	20-30	40-50	100-150	150+
Primer año de despliegue	1965	1970	1985	1995
Tiempo parada IT (horas/año)	28,8	22,68	1,57	0,4
Soporte de potencia	UPS	UPS+Gen	UPS+Gen	UPS+Gen
Critical path support requires	Shutdown	Shutdown	Auto	Auto
Coste por ft ²	\$450	\$600	\$900	\$1.100

Novas Diretrizes

A revisão ANSI/TIA 942 B transformou as tendências de sustentabilidade e eficiência energética em premissas mais claras. Onde existem racks e gabinetes (especialmente gabinetes com alta densidade térmica), o objetivo é economizar de maneira racional a energia elétrica das Unidades de Distribuição de Energia (PDU) e do ar-condicionado, conforme mostrado abaixo..

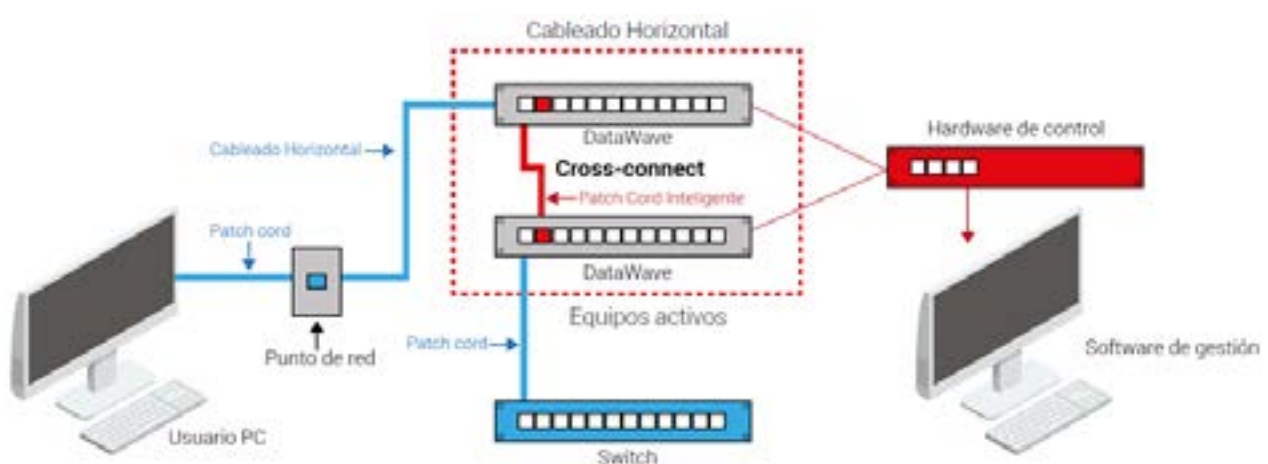


Recomendações sobre a posição do canal e a organização da Infraestrutura de Cabeamento

Disponibilidade

Além dos critérios de redundância mencionados anteriormente nos Data Centers, os seguintes tópicos complementam o sistema de garantia de disponibilidade de acordo com os padrões relacionados em cada tema (capítulos ANSI/TIA-942-B):

- **Requisitos de Instalação do Cabeamento:** Os requisitos de instalação do ANSI/TIA-568.0-D, além de outras cláusulas desta norma, devem ser seguidos para estar em conformidade com os códigos e regulamentos aplicáveis.
- **Exigência de Desempenho do Cabeamento:** Os requisitos de desempenho de transmissão das normas ANSI/TIA-568.2-D, ANSI/TIA-568.3-D e ANSI/TIA-568.4-D são os requisitos mínimos que devem ser atendidos.
- **Cabeamento para Pontos de Acesso Sem Fio:** Deve ser previsto cabeamento para atender à rede de acesso sem fio, de acordo com ANSI/TIA TSB-162-A.
- **Cabeamento para Sistemas de Antena Distribuída:** O cabeamento para sistemas de antenas distribuídas deve seguir as diretrizes ANSI/TIA TSB-5018.
- **PoE sobre Cabeamento Estruturado de Cobre:** Siga as diretrizes ANSI/TIA TSB-184-A. Para essa aplicação, estão disponíveis cabos certificados UL444 com suporte a PoE 100W (IEEE 802.3bt, PoE Type 4, DC @ 100W) para suportar televisores e laptops.
- **Conexão à Terra e Vinculação:** A conexão à terra e outras conexões devem atender aos requisitos do ANSI/TIA-607-C.
- **Detecção de Incêndios:** Barreiras de proteção ou vedação contra incêndios devem estar em conformidade com ANSI/TIA-569-D e regulamentações locais.
- **Segurança Física:** A segurança física da infraestrutura de telecomunicações deve atender aos requisitos do ANSI/TIA-5017.



Sistema de cabeamento inteligente AIM

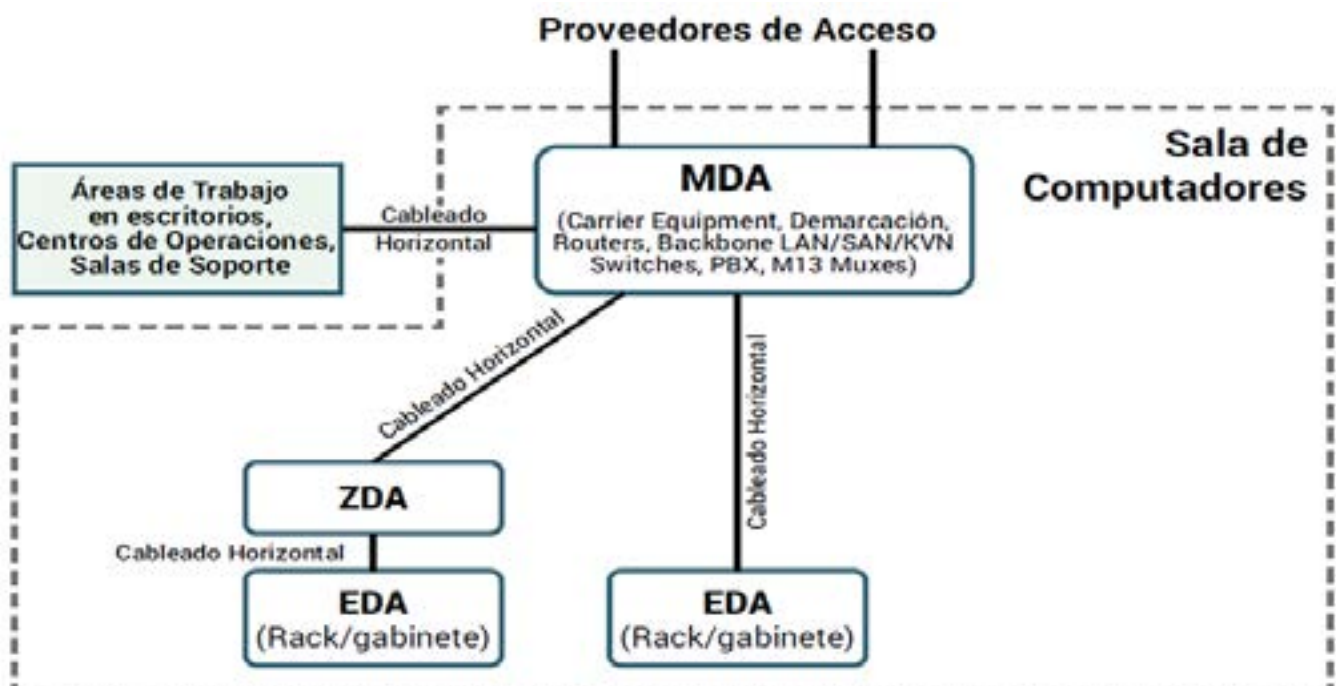
- **Gestão:** A gestão de telecomunicações deve atender aos requisitos do ANSI/TIA-606-C e também cumprir com os requisitos das normas AIM, a saber
 - **ANSI/TIA-5048:** Sistemas de Gestión Automatizada de Infraestructuras (AIM).
 - **ISO/IEC-18598:** Sistemas de Gestión Automatizada de Infraestructuras (AIM) - Requisitos, Intercambio de Datos y Aplicaciones.
 - Essas normas definem o sistema AIM, suas funções, segurança, montagem, hardware e software, bem como quais devem ser suas saídas e com quais sistemas deve se integrar, tais como: sistemas de Serviço de Campo, NOC (Centro de Operações de Rede), Inventário, Provisionamento de Portas, etc..

Topologías

O padrão apresenta três topologias de acordo com os seguintes esquemas.

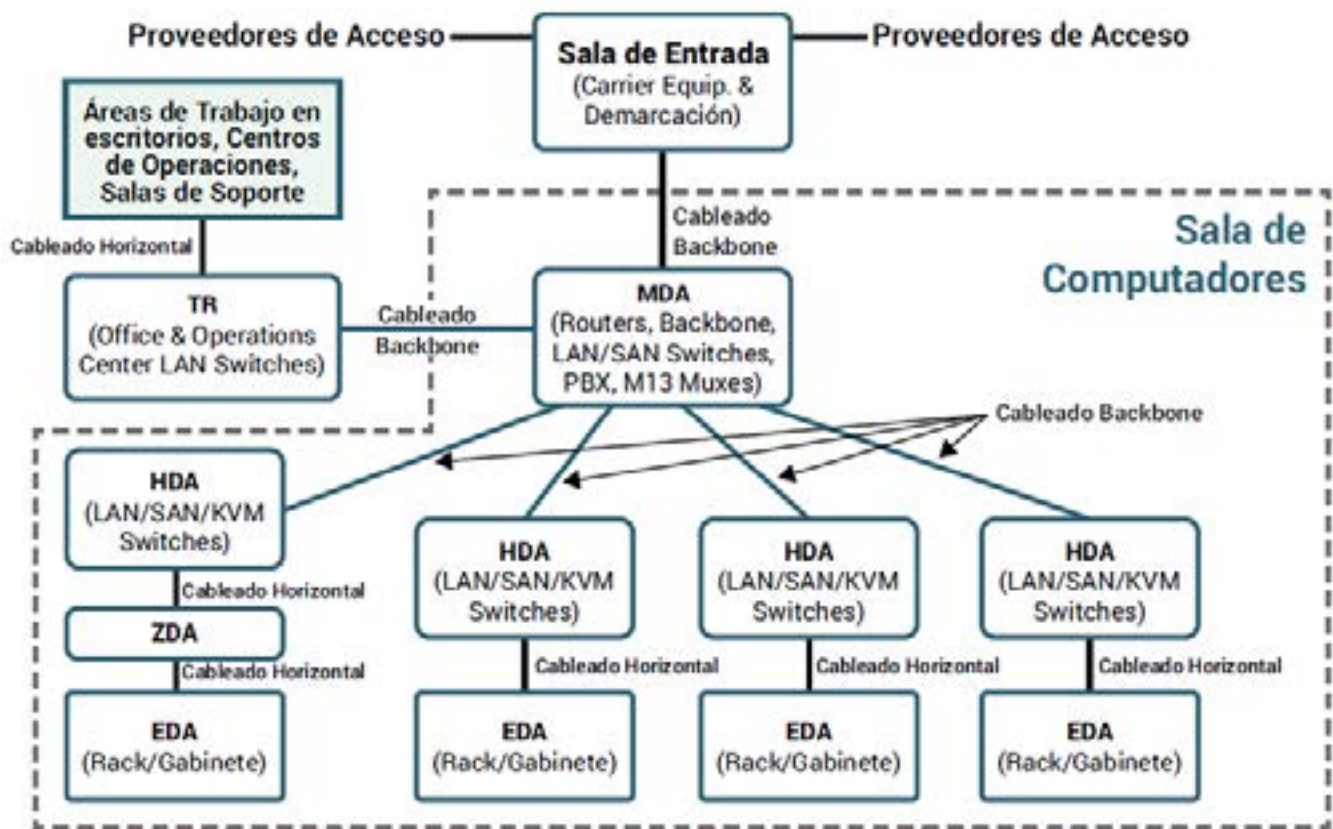
Topologia reduzida

Possui uma única MDA que consolida as áreas principais de interconexão cruzada e horizontais. A sala de telecomunicações também pode ser consolidada na MDA.



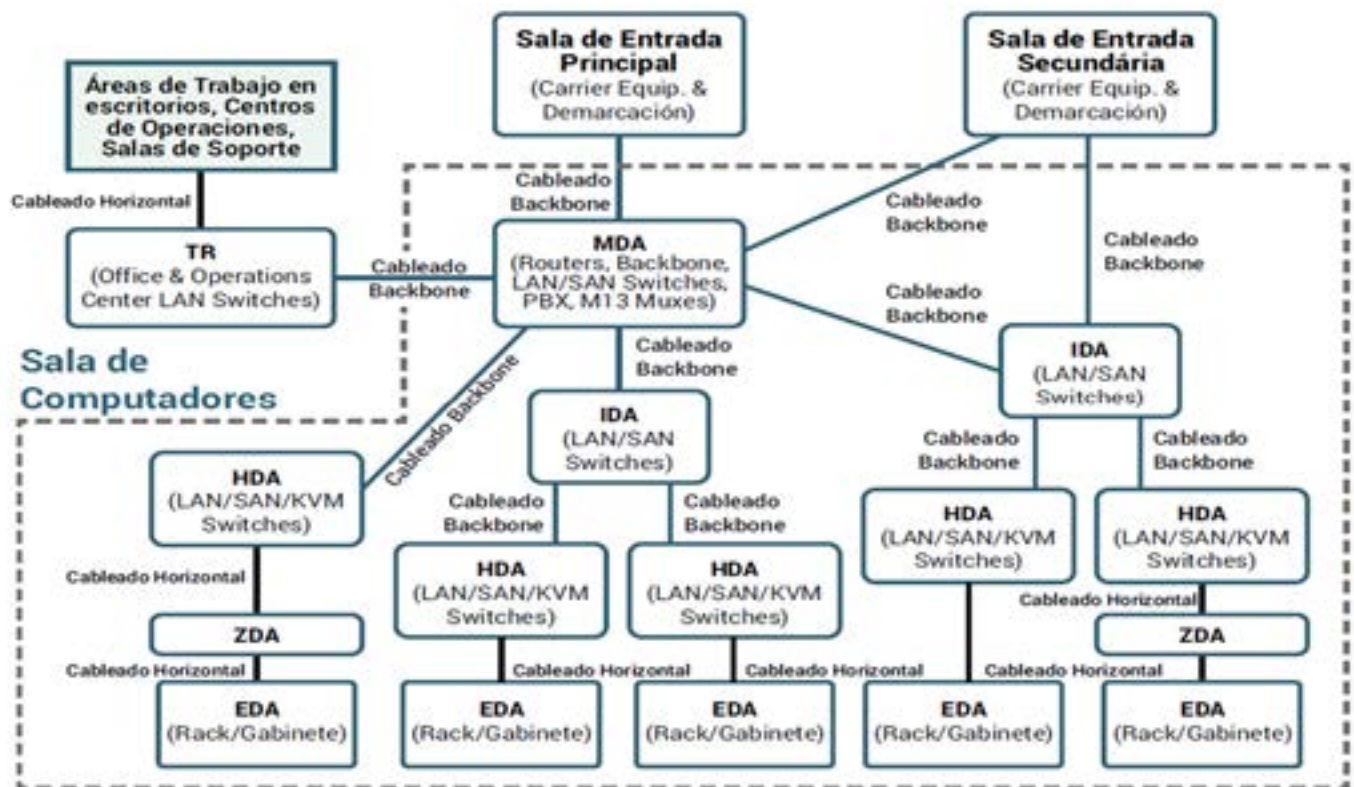
Topología básica

Inclui uma única sala de entrada, uma ou mais salas de telecomunicações, um MDA e múltiplos HDAs.



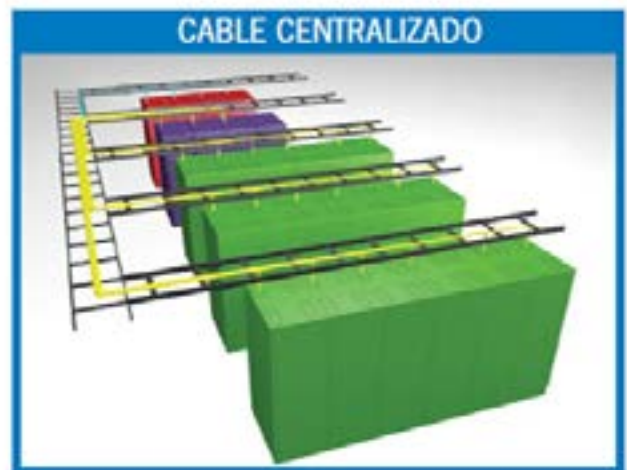
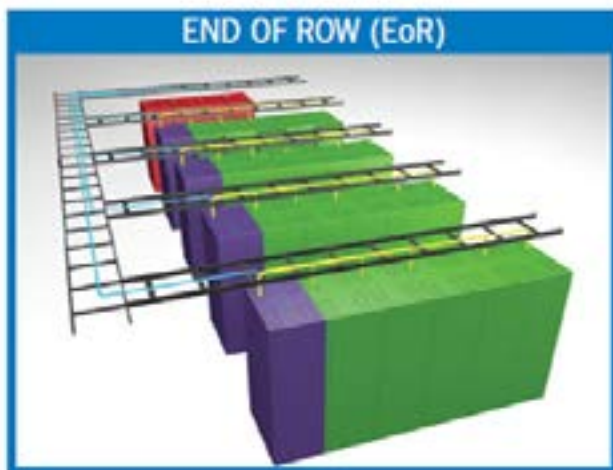
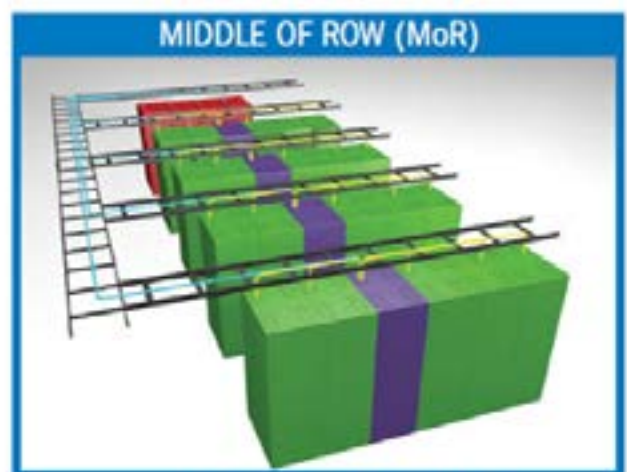
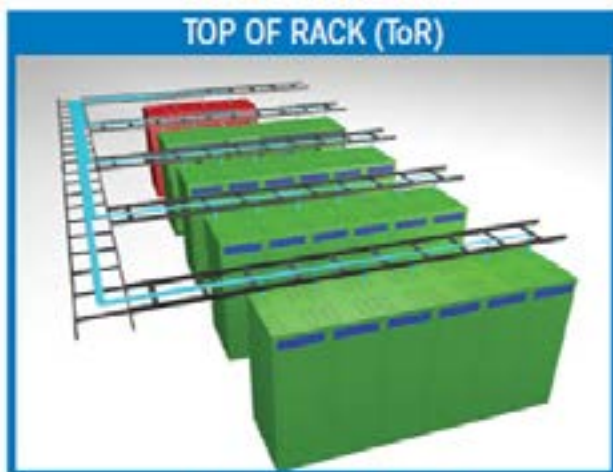
Topología distribuida

Os Grandes Data Centers que necessitam de áreas de Interconexão Cruzada Intermediárias (IDA), múltiplas Salas de Telecomunicações e múltiplas salas de entrada.



Topologias de Conexão MDA-EDA

Para que todos os equipamentos existentes na área MDA se conectem aos equipamentos na área EDA, independentemente do tamanho do Data Center, várias topologias podem ser usadas, cada uma com suas vantagens e desvantagens. Abaixo, você pode verificar os detalhes das principais topologias aplicadas nos Data Centers atuais.



Cabeamento Centralizado

Na topologia centralizada ou conectada diretamente, na área principal (MDA), há um equipamento de rede central, e este está conectado aos servidores que estão na área EDA.

Vantagens

- Menor custo em comparação com as arquiteturas distribuídas.
- Simples de projetar, implementar e manter.
- Minimiza gargalos na rede.
- Uso otimizado de portas.
- Administração simplificada de dispositivos.
- Maior flexibilidade para topologias de interconexão ou conexão cruzada.
- Como todos os switches e outros equipamentos de rede estão centralizados, minimiza a quantidade de portas de equipamentos ativos necessárias para o projeto.
- Simplifica a administração do cabeamento e dos equipamentos de rede ativos.
- Permite sistemas de monitoramento e administração inteligentes (A.I.M.).
- Reduz a quantidade de módulos de monitoramento, módulos de administração e portas de backbone de switches: “mais capacidade em menos caixas”.
- Reduz o consumo de energia, redundância e necessidades de refrigeração.
- Reduz o comprimento dos cabos dos equipamentos, mesmo se houver portas de ativos espelhadas para uma configuração de conexão cruzada.

Desvantagens

- Elevada quantidade de cabos no MDA.
- Cabos sobrepostos no MDA e na infraestrutura principal.
- Dificuldades no design da infraestrutura devido à alta densidade do cabeamento estruturado óptico e de cobre.
- Não escalável.
- Mais conexões cruzadas para administrar e manter.
- Maior número de links de cabeamento em comparação com outras opções (ToR)

T.o.R. (Top of Rack) - Parte superior do Rack

Cada rack de equipamentos do EDA possui um equipamento de rede (switch) em sua parte superior, e as conexões aos servidores são feitas diretamente a partir deste switch, usando cabos curtos ou cabos ativos (AOC ou DAC). O HDA não é utilizado nessa configuração.

Vantagens

- A maioria das vezes, utiliza o cabeamento de maneira mais eficiente.
- Uso eficiente do espaço.
- Boa escalabilidade.
- Melhoria na gestão do cabeamento.
- Fácil interconexão de servidores e switches ToR.
- Incorporação rápida de novos equipamentos.
- Muito baixa densidade de cabeamento, o que reduz a necessidade de espaço sobre o piso elevado.
- Instalação rápida.
- Reduz o espaço necessário para os racks de distribuição de cabeamento.

Desvantagens

- As interfaces e cabos de conexão dos servidores para os switches ToR não têm uma relação custo-benefício tão atrativa quanto os patch-cords de cabeamento estruturado.
- Mais opções para gerenciar equipamentos de rede ativos.
- Agregação de tráfego (switches de agregação ou distribuição).
- Maior quantidade de portas STP.
- Maior tráfego de servidor para servidor.
- Maior custo dos ativos (switches).
- Riscos na gestão térmica.
- Criação de hotspots.
- Excesso de equipamentos e portas de rede.
- Administração e manutenção separadas em cada rack com switch ToR, o que aumenta a complexidade da rede e reduz a confiabilidade.
- Flexibilidade limitada aos serviços oferecidos pelos switches ToR.
- Segmentação de rede apenas por meios virtuais (VLAN, Fabric SAN), o que pode ser contrário à política de segurança da informação existente no cliente.
- Requisitos adicionais de climatização e alimentação em cada rack com switch ToR.
- Implementação de esquemas de alta disponibilidade difíceis e onerosos.
- Requer muitos links e recursos redundantes, como fontes de alimentação, módulos de administração e portas de backbone.
- A menos que as redes estejam 100% integradas, devem ser complementadas com outros esquemas de cabeamento para SAN, redundâncias, consoles, redes de segurança e administração, etc.
- Não permite monitoramento nem administração inteligente do cabeamento para conexões de servidores.

E.o.R. (End of Row) - Fim da Fileira

O rack HDA está centralizado na fileira de racks de servidores e o cabeamento de rede horizontal atende a todos os racks EDAs de maneira equidistante.

Vantagens

- Menor número de cabos em relação à arquitetura de conexão direta entre HDA e MDA.
- Muito boa escalabilidade.
- Fácil interconexão entre servidores e dispositivos de rede.
- Inserção rápida de novo hardware em racks e na rede.
- Muito baixa densidade de cabeamento, reduzindo o espaço necessário na infraestrutura abaixo do piso elevado.
- Instalação rápida.
- É necessário pouco espaço nos racks de distribuição de cabeamento.
- Interfaces e cabos de ativação (patch-cords) para servidores com boa relação custo-benefício.

Desvantagens

- Muitos switches e portas de rede distribuídos pelo Data Center.
- A administração e a manutenção separadas em cada rack EDA com ToR causam aumento na complexidade e redução na confiabilidade da rede.
- Flexibilidade limitada aos serviços oferecidos pelo switch ToR.
- Segmentação de redes apenas por meios virtuais (VLAN, Fabric SAN) pode contradizer as políticas de segurança existentes.
- Necessidades adicionais de energia e climatização por rack EDA.
- A implementação de esquemas de alta disponibilidade (redundância) torna-se difícil e cara.
- Requer um grande número de links e recursos redundantes, como fontes de alimentação, módulos de administração e portas de backbone.

- A menos que as redes estejam 100% integradas, devem ser complementadas com outros esquemas de cabeamento para SAN, redundâncias diretas, consoles, redes de segurança, etc.
- Não permite monitoramento nem administração inteligente do cabeamento para conexões de servidores.

M.o.R. (Meio da Fila)

O rack HDA está centrado na fila do rack de servidores, e o cabeamento de rede horizontal atende a todos os racks EDAs de maneira equidistante.

Vantagens

- Cabeamento com menor comprimento físico.
- Menor quantidade de cabos em relação à arquitetura de conexão direta.
- Melhora a escalabilidade.
- Relativamente fácil de implementar a interconexão de servidores aos ativos de rede. Rápida incorporação de novos equipamentos.
- Muito baixa densidade de cabeamento, reduzindo a necessidade de espaço abaixo do piso elevado ou na infraestrutura.
- Instalação rápida.
- Espaço reduzido para racks de distribuição de cabeamento.
- As interfaces e os cabos de conexão dos servidores (patch-cords) têm boa relação custo-benefício.
- Não requer muitas portas de rede, como na arquitetura ToR.

Desvantagens

- Maior custo de ativos (switches) no rack (MoR).
- Aumento da sobrecarga de gestão.
- Excesso significativo de equipamentos e portas de rede.
- Administração e manutenção separadas para cada grupo de racks.
- Flexibilidade limitada aos serviços oferecidos pelo switch MoR.
- Segmentação de redes apenas por meio virtual (VLAN, Fabric SAN), o que pode contradizer políticas de segurança da informação existentes.
- Necessidades adicionais de climatização e consumo energético em cada grupo de racks.

“As topologías definem como serão os links lógicos e físicos dos equipamentos de rede para o tráfego de informações e as conexões dos equipamentos. Na arquitetura de rede, é definido como os equipamentos serão conectados, considerando uma divisão em camadas para uma melhor gestão”

Identificação

Esquema de identificação do espaço do piso falso.

O espaço do piso deve seguir a grade do centro de dados. A maioria dos centros de dados exigirá pelo menos duas letras e dois dígitos numéricos para identificar cada telha de 600 mm x 600 mm (ou 2 pés x 2 pés). Em tais centros de dados, as letras serão AA, AB, AC... AZ, BA, BB, BC... e assim por diante.

Esquema de identificação para racks e armários.

Todos os racks, gabinetes ou armários devem ser etiquetados na parte frontal e traseira. Nas salas de computadores com pisos elevados, etiquete os gabinetes e racks usando a grade do centro de dados. Cada rack e gabinete deve ter um identificador único baseado nas coordenadas das telhas do piso. Se os gabinetes tiverem mais de uma telha, a localização da grade para os gabinetes pode ser determinada usando a mesma esquina em cada gabinete (por exemplo, a esquina frontal direita). A parte numérica do ID incluirá zeros à esquerda. Portanto, o gabinete cuja esquina frontal direita é a telha AJ05 será chamado AJ05.

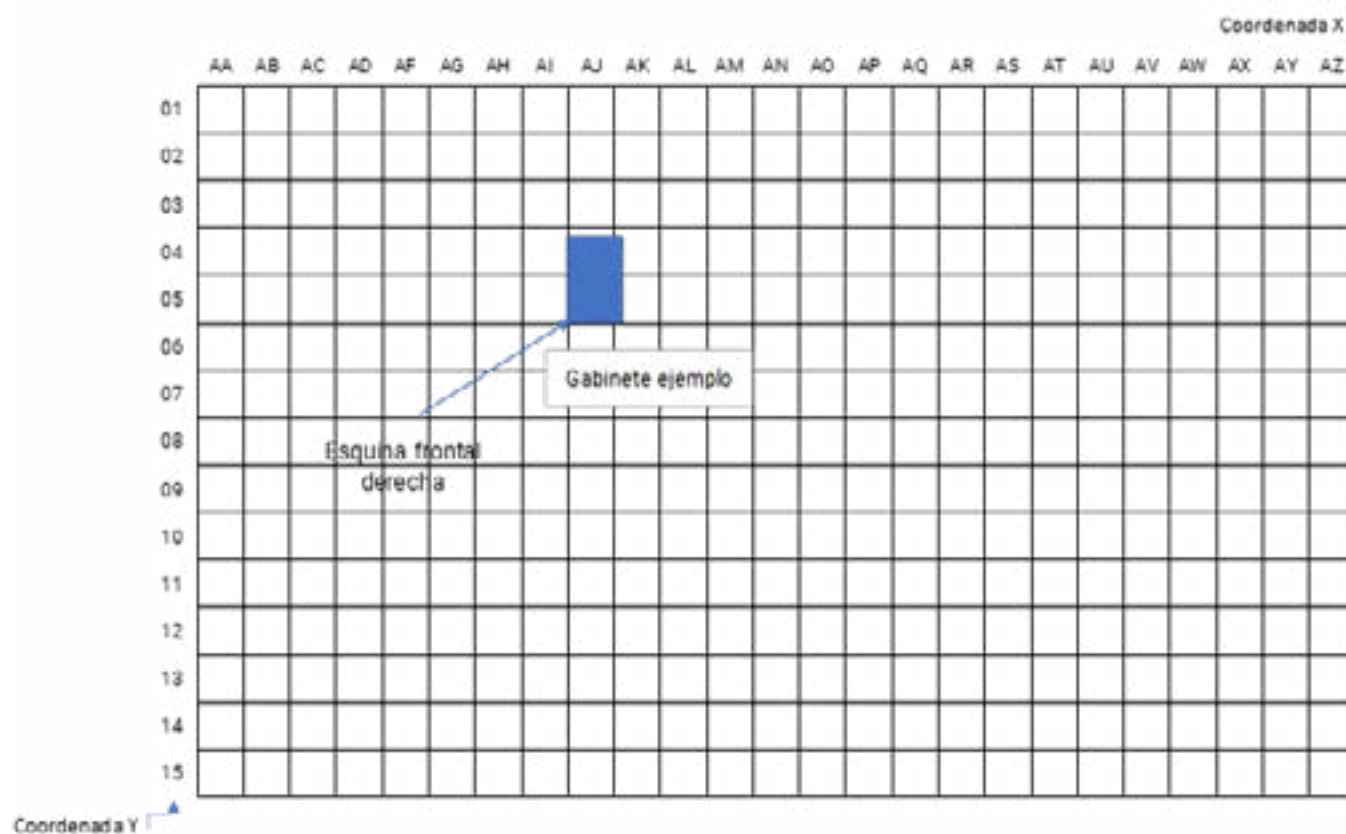
Em data centers com vários andares, o número do andar deve ser adicionado como prefixo ao número do gabinete. Por exemplo, 3AJ05 para o gabinete cuja esquina frontal direita está na telha AJ05 no terceiro andar do centro de dados. Abaixo está um esquema de gerenciamento de espaço do piso de exemplo.:

nx1Y1

Onde:

n = Quando o espaço do centro de dados está presente em mais de um andar em um edifício, um ou mais caracteres numéricos designam o andar em que o espaço está localizado.

1Y1 = Um ou dois caracteres alfanuméricos seguidos por dois caracteres alfanuméricos que designam a localização na grade do espaço do piso onde se encontra a esquina frontal direita do rack ou gabinete. Na figura, o armário de amostras está em AJ05.



Exemplo de etiquetagem de rack ou gabinete

Nas salas de computadores sem piso elevado, utilize o número da fila e a posição dentro da fila para identificar cada rack e gabinete. Nomes e números do armário ou bastidor dentro da sala.

Esquema de identificação para painéis de conexão.

Identificador do painel de conexões.

O esquema de identificação dos painéis de conexão deve incluir o nome do armário ou bastidor e um ou mais caracteres que indiquem a posição do painel de conexão no armário ou bastidor. Os painéis de administração de cabos horizontais não contam ao determinar a posição do painel de conexão. Se um bastidor tiver mais de 26 painéis, serão necessários dois caracteres para identificar o painel de conexão. Abaixo está um esquema de administração de painel de patch de amostra:

x1y1-a

Onde:

a = Um ou dois caracteres que designam a localização do painel de conexão dentro do gabinete ou bastidor x1y1, começando na parte superior do armário ou bastidor. Consulte a figura para ver a designação típica do painel de patch de cobre.

Identificador de porta do painel de conexão

Identificador de porta do painel de conexão:

x1y1-an

Onde:

n = Um a três caracteres que designam a porta em um painel de conexão. Para painéis de conexão de cobre, de dois a três caracteres numéricos. Para os painéis de conexão de fibra, um caractere alfabético, que identifica o painel de conectores localizado dentro do painel de conexão, começando sequencialmente de "A" excluindo "I" e "O", seguido por um ou dois caracteres numéricos que designam um fio de fibra.

Assim, o quarto porta do segundo painel do gabinete 3AJ05 pode ser chamado de 3AJ05-B04.

Identificador de conectividade entre painéis de conexão.

Os painéis de conexão devem ser etiquetados com o identificador do painel de conexão e os identificadores de porta do painel de conexão, seguidos pelo identificador do painel de conexão e os identificadores de porta do painel de conexão dos painéis de conexão ou saídas no outro extremo dos cabos.

A seguir, apresenta-se um esquema de administração de conectividade de painel de conexão de amostra:

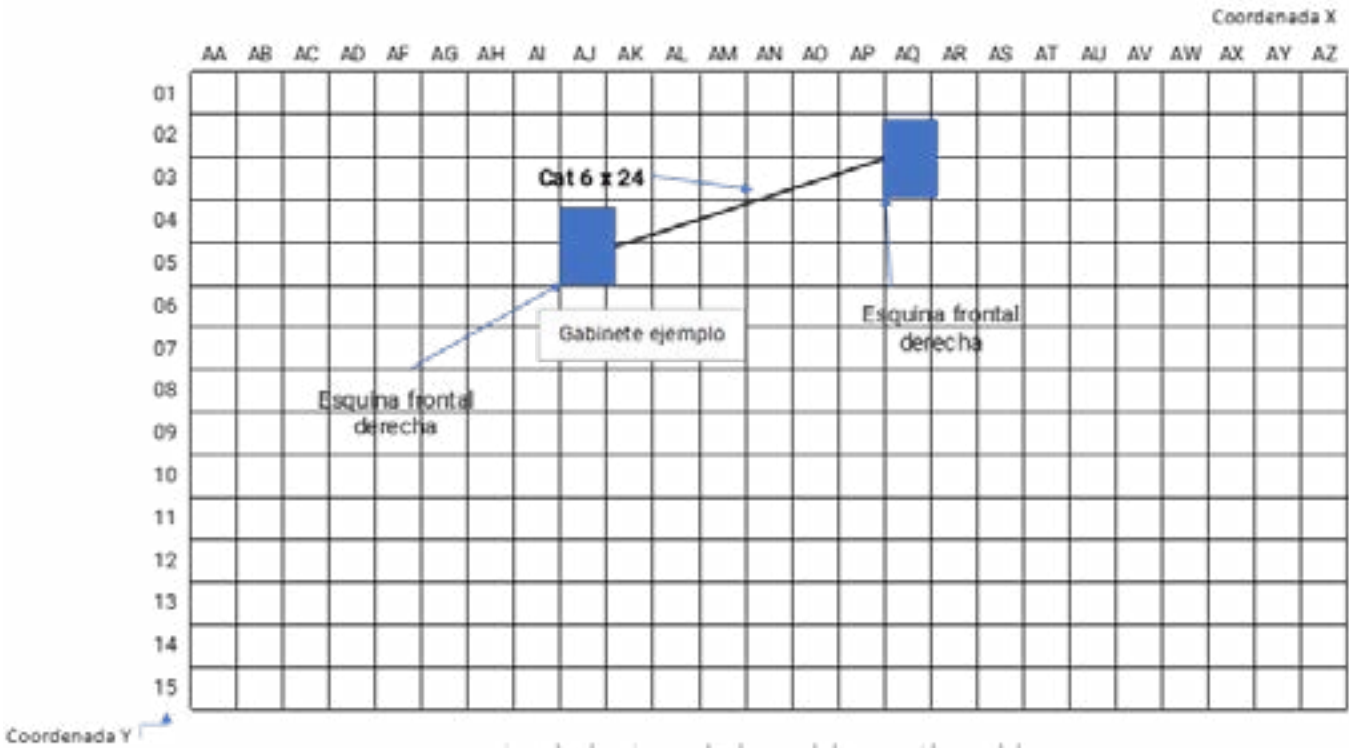
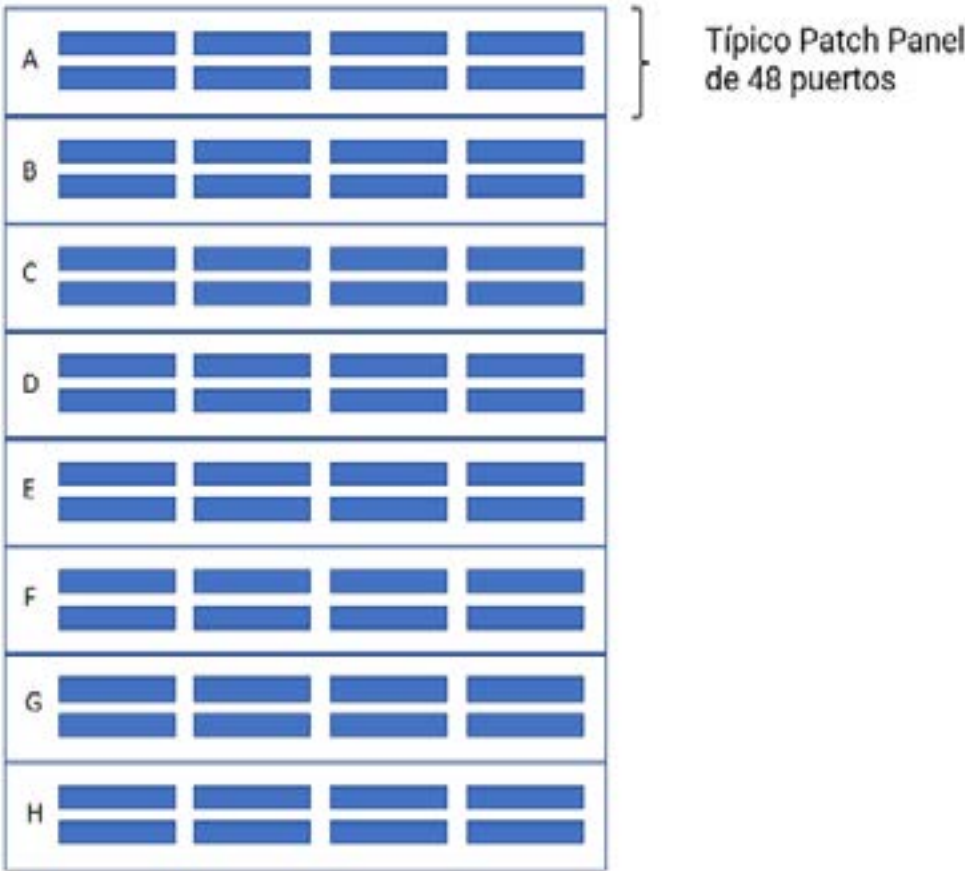
p1 a p2

Onde:

p1 = Rack ou gabinete da extremidade próxima, sequência do painel de conexão e intervalo de números de porta.

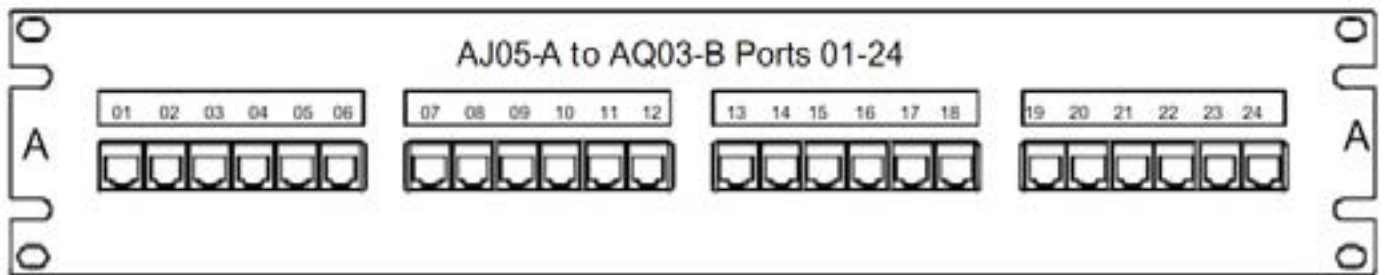
p2 = Rack ou gabinete da extremidade remota, sequência do painel de conexão e intervalo de números de porta.

Considere complementar as etiquetas de cabo ANSI/TIA/EIA-606-A com números de sequência ou outros identificadores para simplificar a resolução de problemas. Por exemplo, o painel de conexão de 24 portas com 24 cabos de categoria 6 do MDA para o HDA1 poderia incluir a etiqueta mencionada anteriormente, mas também poderia incluir a etiqueta "MDA para HDA1 Cat 6 UTP 1 - 24



Exemplo de rotulação de painel de conexão modular. 1

Por exemplo, a figura a seguir mostra um rótulo para um painel de conexão modular de 24 posições com 24 cabos de categoria 6 que interconectam o gabinete AJ05 ao AQ03, conforme mostrado na figura anterior.



Exemplo de rotulação de painel de conexão modular 2.

Identificador de cabos e chicotes.

Os cabos e chicotes devem ser etiquetados em ambas as extremidades com o nome da conexão em ambos os extremos do cabo. Considere os cabos de conexão codificados por cores por aplicação e tipo. Abaixo está um esquema de gerenciamento de cabos de amostra e cabos de conexão.

p1n / p2n

Onde:

p1n = O rack ou gabinete no extremo próximo, a sequência do painel de conexões e o designador de porta atribuído a esse cabo.

p2n = O rack ou gabinete no extremo remoto, a sequência do painel de conexões e o designador de porta atribuído a esse cabo. Por exemplo, o cabo conectado à primeira posição do painel de conexões mostrado na figura anterior pode conter a seguinte etiqueta: AJ05-A01 / AQ03-B01, e o mesmo cabo no gabinete AQ03 teria a seguinte etiqueta: AQ03-B01 / AJ05-A01.

Componentes de Conectividade Multifibra

Vivemos em um ambiente altamente conectado, gerando um grande volume de informações, o que leva a um crescimento no tráfego da rede global, bem como ao armazenamento de dados em redes sociais, Internet das Coisas, indústria, entre outros. O Data Center deve estar preparado para suportar todo esse tráfego, que tende a aumentar exponencialmente. A infraestrutura de cabeamento deve utilizar componentes específicos, especialmente desenvolvidos para permitir a grande quantidade de dados presentes nesse ambiente.

Neste capítulo, veremos quais são os componentes indispensáveis para construir uma infraestrutura de rede de Data Center, seus principais parâmetros e configurações.

Conceitos de Sistemas Pré-conectorizados.

Os sistemas de cabeamento estruturado que empregam cabos pré-conectorizados em fábrica são recomendados para aplicações plug-and-play, onde a facilidade de instalação é primordial. Comumente utilizados em enlaces ópticos, esses sistemas possibilitam a montagem de enlaces sem a necessidade de fusões entre componentes.

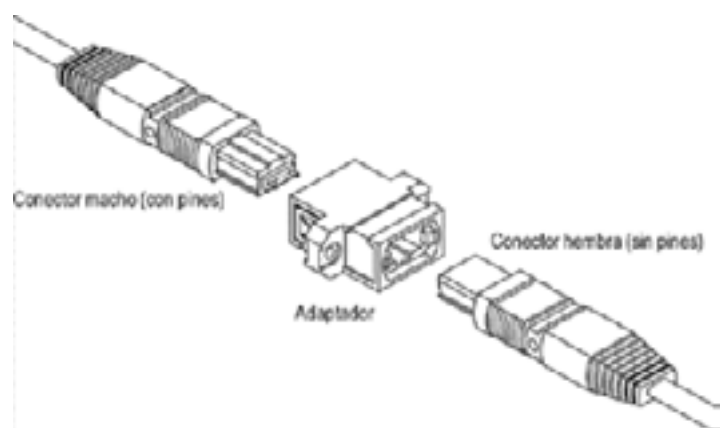
Principais vantagens.

- Flexibilidade e modularidade, com otimização do espaço físico.
- Escalabilidade e facilidade de expansão sem degradação da qualidade.
- Rapidez e facilidade na instalação e reconfiguração.
- Manuseio simples, não são necessárias ferramentas especiais.
- Alto desempenho em conexões.
- É projetado para suportar as taxas de transmissão de dados atuais e futuras.

Para garantir todos os benefícios oferecidos por um sistema pré-conectorizado, é necessário analisar a topologia necessária e escolher os componentes corretos para atender aos requisitos da aplicação que será suportada.

Conector MPO (Multi-Fibra Push On).

Conectores, cabos e cordões para dois ou mais fios de fibra óptica. Também conhecidos como tipo Array (TIA). As normas para data centers ISO/IEC 24764 e ANSI/TIA-942-B especificam conectores MPO para interfaces com mais de dois fios de fibra óptica. São conectores ópticos multifibra que podem conter de 04 a 72 fibras ópticas em um único conector. Inicialmente, sua aplicação visava otimizar a espinha dorsal óptica, substituindo a passagem de vários cabos de uma ou duas fibras. Atualmente, há um novo enfoque no desenvolvimento de aplicações para 40 Gbps e 100 Gbps, assim como novas aplicações para 200 Gbps e 400 Gbps em fibras ópticas multimodo e em transceptores com conectores MPO. Atualmente, as aplicações mais utilizadas incluem conectores de 12 e 24 fibras. Estão disponíveis em versões macho (com pinos guia) ou fêmea (sem pinos guia), e sempre deve haver uma conexão entre um elemento “macho” e um elemento “fêmea”..



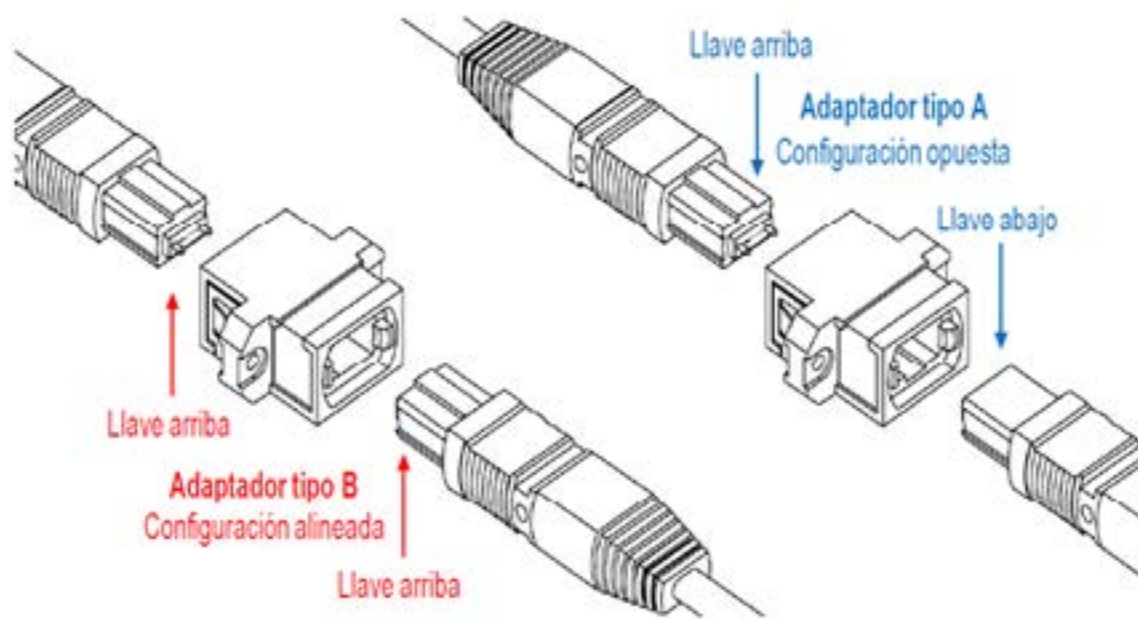
Adaptador MPO

Os adaptadores MPO são elementos que se alinham entre dois conectores MPO. Eles têm polaridade de acordo com a posição do ressalto de encaixe do conector.

Considerando que os conectores MPO devem ser compatíveis em gênero e polaridade, o funcionamento adequado de um canal óptico MPO depende da combinação correta dessas duas variáveis para ser funcional.

Para facilitar o design do canal óptico e garantir compatibilidade com redes legadas (que podem ter gêneros e polaridades diferentes dos produtos fornecidos atualmente), foi desenvolvido o conector MPO Universal. Esse conector permite alterar o gênero do conector de macho para fêmea e vice-versa, e a polaridade de key-up/key-down para a troca de gênero do conector MPO de macho para fêmea e vice-versa.

Além do benefício de maior flexibilidade no design e manutenção dos canais ópticos MPO, há ganho na gestão dos componentes ópticos, devido ao menor número de peças necessárias.

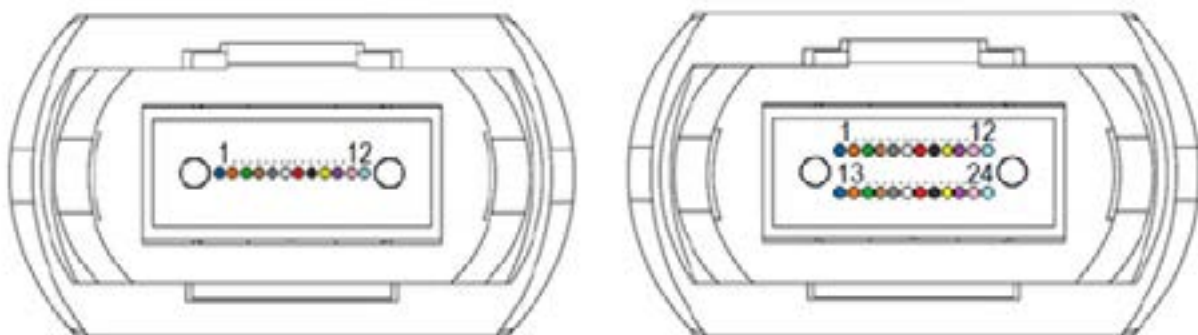


Normas de Conectores MPO

IEC 61754-7-1 (2014), interfaces de conectores de fibra óptica - Parte 7-1: Família de conectores Tipo MPO - Uma fila de fibras.

IEC 61754-7-2 (2014), Interfaces de conectores de fibra óptica - Parte 7-2: Família de conectores Tipo MPO - Duas filas de fibras.

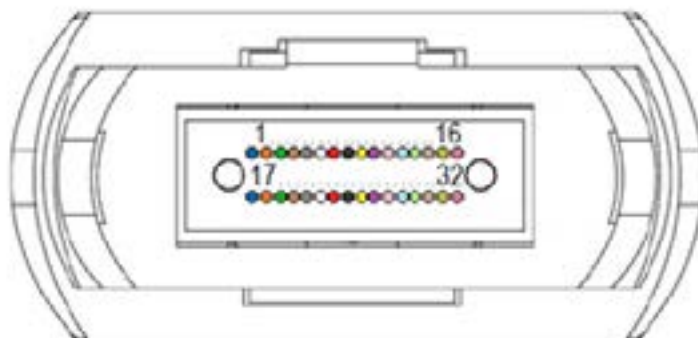
TIA-604-5-E (2015), Padrão de Interoperabilidade de Conectores Ópticos de Fibra - Tipo MPO.



MPO-16

IEC CD 61754-7-3, Interfaces de conectores de fibra óptica - Parte 7-3: Família de conectores Tipo MPO - Duas filas de fibras, 16 fibras de largura.

TIA-604-18 (2015), Padrão de Interoperabilidade de Conectores Ópticos de Fibra - Tipo MPO-16 fibras.



Conectores MPO Base 8/12/16/24/32

O desenvolvimento de equipamentos com conectores MPO trouxe a possibilidade de transmissões paralelas usando múltiplas fibras. Isso otimiza o número de transceptores em equipamentos com maior capacidade de transmissão.

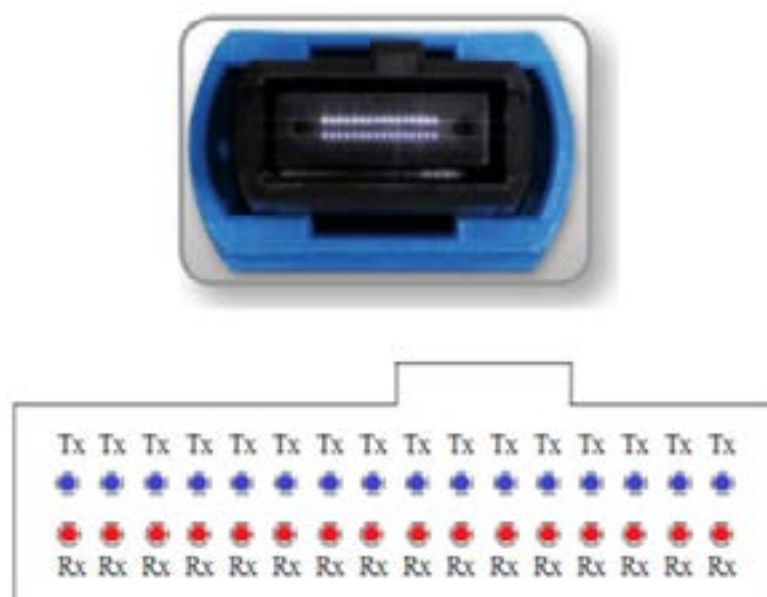
O uso de conectores MPO com 12 e 24 fibras ópticas para transmissão paralela de 8 fibras (4 fibras transmissoras e 4 fibras receptoras) e 20 fibras (10 fibras transmissoras e 10 fibras receptoras), respectivamente, acaba desperdiçando recursos, impactando na infraestrutura e na densidade de portas nos DIOs (Distribuidores Internos Ópticos). Portanto, o que é chamado de Base 8 foi criado com conectores MPO de 8 fibras.

Além disso, existem outros padrões de transmissão para aplicações de 200 Gbps e 400 Gbps, e até mesmo 800 Gbps, com conectores de 16 e 32 fibras, que estão sendo normalizados.

Draf IEEE 802.3bs 400GBase-SR16

Atribuições de linhas ópticas.

As 16 linhas ópticas de transmissão e 16 de recepção de 400GBASE-SR16 ocuparão as posições que são mostradas na figura ao olhar dentro do receptáculo MPO (MDI) com a função de ranhura do conector na parte superior. A interface contém 32 linhas ativas. As linhas ópticas de transmissão ocupam as 16 posições superiores. As linhas ópticas de recepção ocupam as 16 posições inferiores.

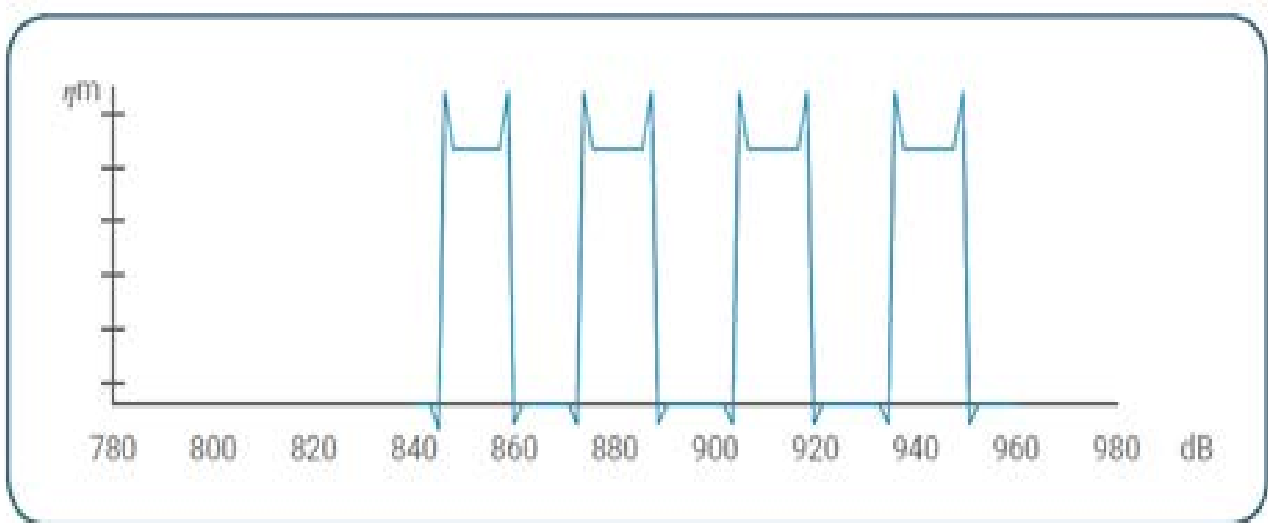


Até recentemente, OM3 e OM4 (fibra multimodo otimizada para laser [LOMMF]) eram as principais opções para cabos de fibra multimodo que suportavam os protocolos 10G, 40G e 100G Ethernet, InfiniBand e Fibre Channel.

No entanto, à medida que os requisitos de largura de banda aumentam mais rápido do que a curva de tecnologia do transceptor baseado em VCSEL, torna-se mais caro para os sistemas de cabeamento de fibra óptica suportarem a migração para as velocidades Ethernet da próxima geração. Por exemplo, no rascunho do padrão IEEE 802.3bs, foi especificado o 400GBASE-SR16 para reutilizar a tecnologia 100GBASE-SR4, mas exige um novo conector MPO-32 em vez de um conector MPO-12. (na imagem acima: Interface 400GBASE-SR16 (MPO-32)).

Uma alternativa potencial: fibra multimodo de banda larga. A fibra multimodo de banda larga (WBMMF) é um desenvolvimento da ANSI/TIA que pode lidar com as crescentes velocidades de dados e a infraestrutura necessária para suportar uma largura de banda maior. Ela utiliza comprimentos de onda para aumentar a capacidade de cada fibra em pelo menos quatro vezes, permitindo pelo menos um aumento de quatro vezes na velocidade de dados (ou uma redução de quatro vezes na quantidade de fibras necessárias para atingir uma determinada velocidade de dados). Em vez de usar quatro fibras independentes para transmitir quatro sinais ópticos, os sinais podem ser enviados por uma fibra através de quatro janelas operacionais independentes.

O ANSI/TIA-492AAAE, o novo padrão de fibra multimodo de banda larga, foi aprovado para publicação em junho de 2016 após um estudo industrial de 20 meses realizado por um grupo de trabalho especial da TIA dentro do TR-42.11 (Subcomitê de Sistemas Ópticos) e TR-42.12 (Subcomitê de Cabos e Fibras Ópticas). A Organização Internacional de Normalização/Comissão Eletrotécnica Internacional (ISO/IEC) decidiu recentemente a nomenclatura para o cabo de fibra multimodo de banda larga: OM5. Este novo padrão de cabo de fibra já foi mencionado pelo grupo de trabalho IEEE 802.3 para o desenvolvimento de padrões Ethernet da próxima geração.



Janelas de transmissão para fibras ópticas multimodo OM5

À medida que a largura de banda da fibra OM5 aumenta, as transmissões de 40 Gbps ou 100 Gbps podem ser realizadas sobre um único par de fibras utilizando diferentes comprimentos de onda (850 nm, 880 nm, 910 nm e 940 nm). Uma aplicação como 100GBASE-SWDM4, por exemplo, pode realizar quatro transmissões de 25 Gbps sobre um par de fibras em diferentes comprimentos de onda. Isso significa uma redução quadruplicada na quantidade de fibra óptica necessária, menos uso de infraestrutura e facilidade de gerenciamento.

No futuro, também será possível alcançar velocidades de 200 Gbps e 400 Gbps com transmissões através de um único par de fibras ópticas. Sem dúvida, a tecnologia SWDM de fibra óptica OM5 abre novas perspectivas para o uso de aplicações 40G, 100G, 200G e 400G, com um melhor aproveitamento da infraestrutura, equipamentos e otimização do espaço nos Data Centers. A fibra óptica OM5 confirma a tendência de evolução da capacidade de transmissão das fibras multimodo.

Fiber cable type ISO/IEC 11801	Glass fiber specification to TIA-452AAAx	Core diameters (mm)	Max refractive index difference	Minimum modal bandwidth (MHz·Km)						Maximum glass fiber attenuation (dB/km) TIA-492AAAx IEC 60793-2-30				Maximum fiber cable attenuation (dB/km) TIA 568-B-C ISO/IEC 11801				IEEE 802.3 link Distance				
				Overfilled launch (OFL) bandwidth			Effective modal bandwidth											10G-SR	10G-R	40G-SR4 & 40G-R4	100G-SR4 & 100G-R4*	
				850nm	910nm	1300nm	850nm	910nm	940nm	850 nm	910 nm	1300 nm	850 nm	910 nm	1300 nm							
OM3	TIA-492AAAB	42.5	0.02	200		500				3.2			0.8	1.5	1.5		27m	33m				
OM2	TIA-492AAAB	50	0.03	500		500				3			1	1.5	1.5		550m	82m				
OM3	TIA-492AAAC	50	0.01	1500		500	2000			2.5			0.8	1.0	1.5		300m	300m	70m	70m		
OM4	TIA-492AAD	50	0.01	3500		500	4700			2.5			0.8	1.0	1.5		400m	150m	200m	200m		
OM5	TIA-492AAAE (WB-MMC)	50	0.01	3500		500	4700	2470		2.5	1.8		0.8	1.0	2.3	1.5	no spec	400m	100m	100m	100m	

Polaridade

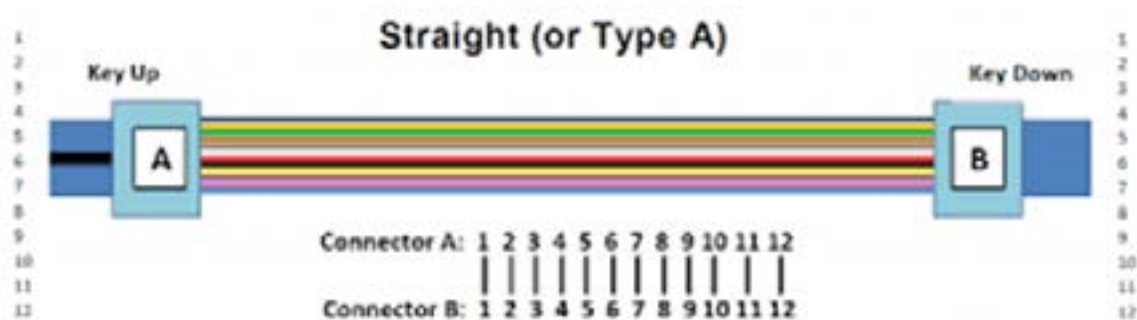
Todos os métodos de conectividade óptica têm o mesmo propósito: criar uma rota de comunicação entre a porta de transmissão de um equipamento e a porta de recepção do outro equipamento. Existem diferentes formas de alcançar isso, mas elas não são interoperáveis. Portanto, a escolha deve ser feita com cuidado e mantida a mesma configuração ao longo da vida útil da instalação.

A seguir, apresentamos os padrões reconhecidos pela ANSI/TIA-568.3-D.

Padrão ANSI/TIA-568-C.

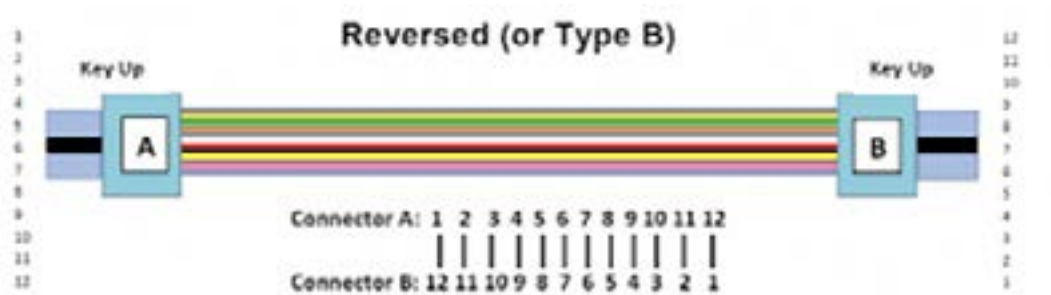
O padrão ANSI/TIA-568-C reconhece três métodos para configurar a transmissão em paralelo:

TIPO A



Os cabos MPO-MPO do TIPO A, a fibra 1 em uma extremidade representa a fibra 1 na outra extremidade.

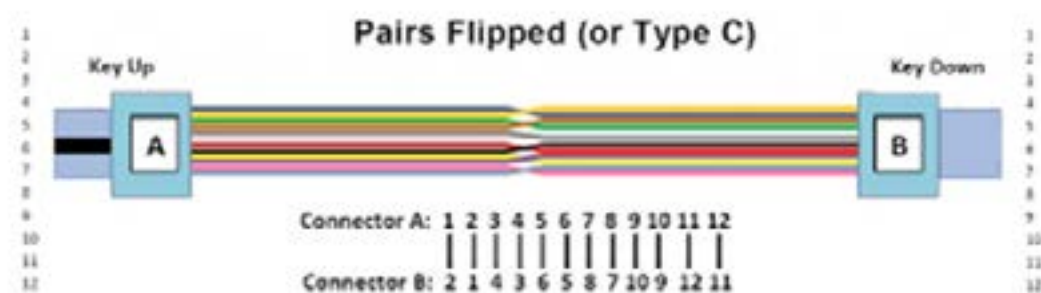
TIPO B



Os cabos MPO-MPO do Tipo B, a fibra 1 em uma extremidade representa a fibra 12 na outra extremidade. Neste caso, ocorre uma inversão completa das fibras.

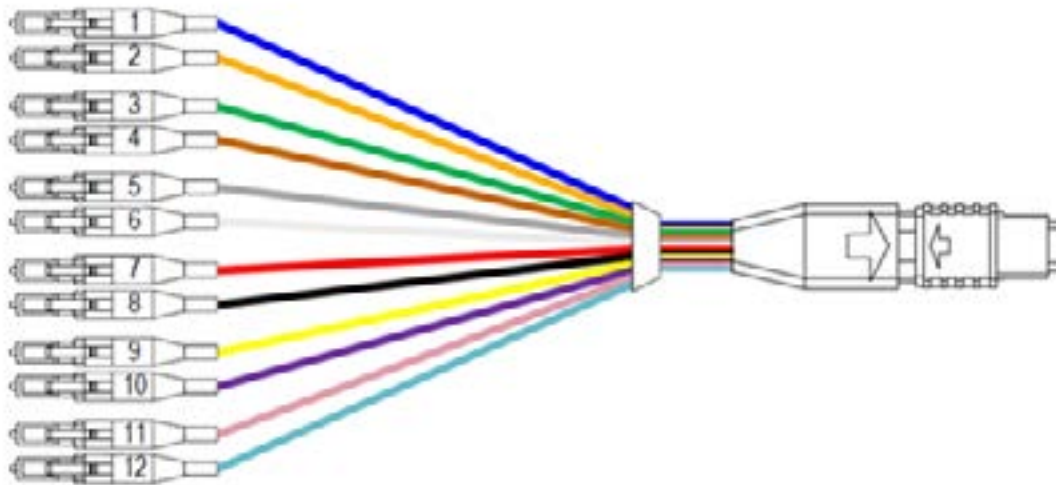
TIPO C

Os cabos MPO-MPO do TIPO C, a fibra 1 em uma extremidade representa a fibra 2 na outra extremidade. A inversão ocorre apenas por “par” de fibras (ou seja, considera-se a fibra 1 e 2 como um par de fibras ou um canal óptico).

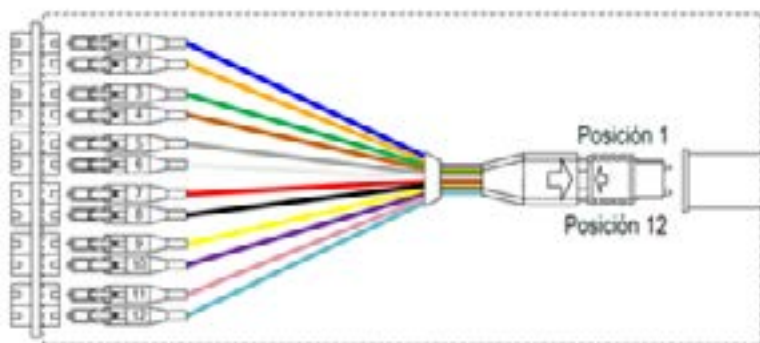


Com todos os elementos do cabeamento do tipo B, as futuras migrações de redes de 1/10G para redes de 40/100G ou 200/400G ou futuras velocidades tornam-se simplificadas e, portanto, podem-se aplicar produtos que são padrões de fornecimento. Estes incluem protocolos ainda não aprovados pelo IEEE, tais como: 40G BiDI, 40G SWDM e 100G SWDM, e novos protocolos de transmissão: 800 Gbps, 1,6 Tbps.

Cabo de conversão duplex para multifibra.



Módulo de conversão duplex para multifibra.



Método A: Inversión no cabo. Requer cabos diferentes para canais duplex e canais paralelos.

Método B: Inversão no módulo. Requer módulos diferentes para canais duplex. Ideal para suporte de canais paralelos.

Método C: Inversão no tronco. Cabos e módulos idênticos para canais duplex e cabos diferentes para canais paralelos.

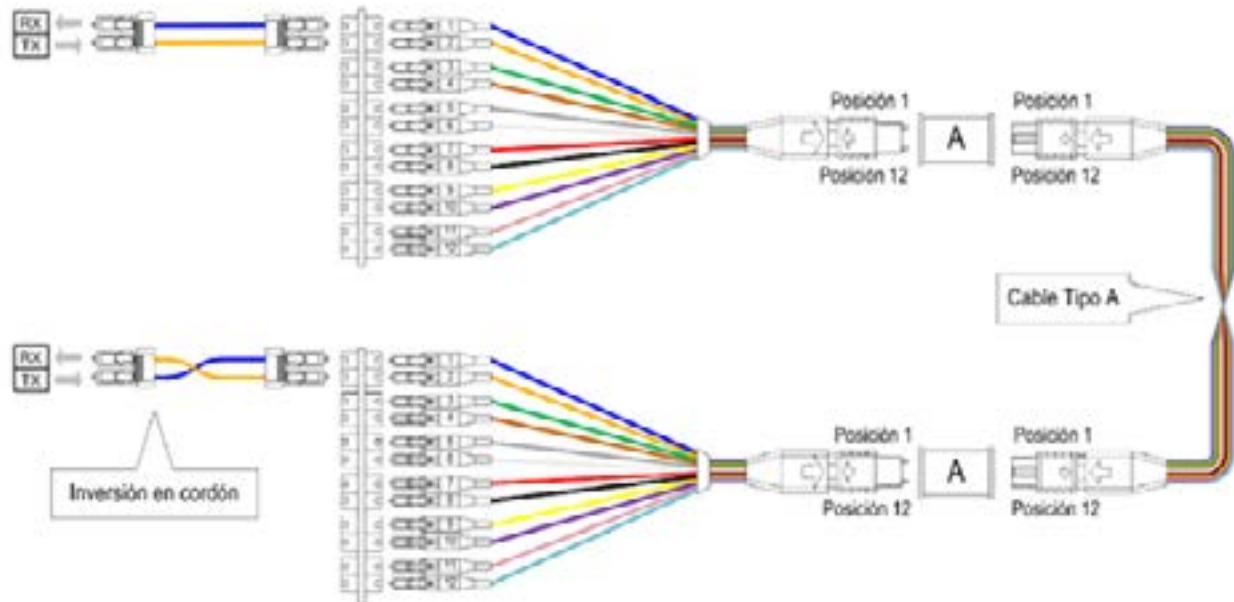
Componentes para canais duplex em links multifibra.

MÉTODO	CORDONES	CONVERSIÓN	ADAPTADORES	CABLE
A	Uno A-B y Uno A-A	Estándar	Tipo A alineado	Tipo A
B	A-B	Uno estándar y otro con par invertido	Tipo B opuesto	Tipo B
C	A-B	Estándar	Tipo A alineado	Tipo C (par invertido)

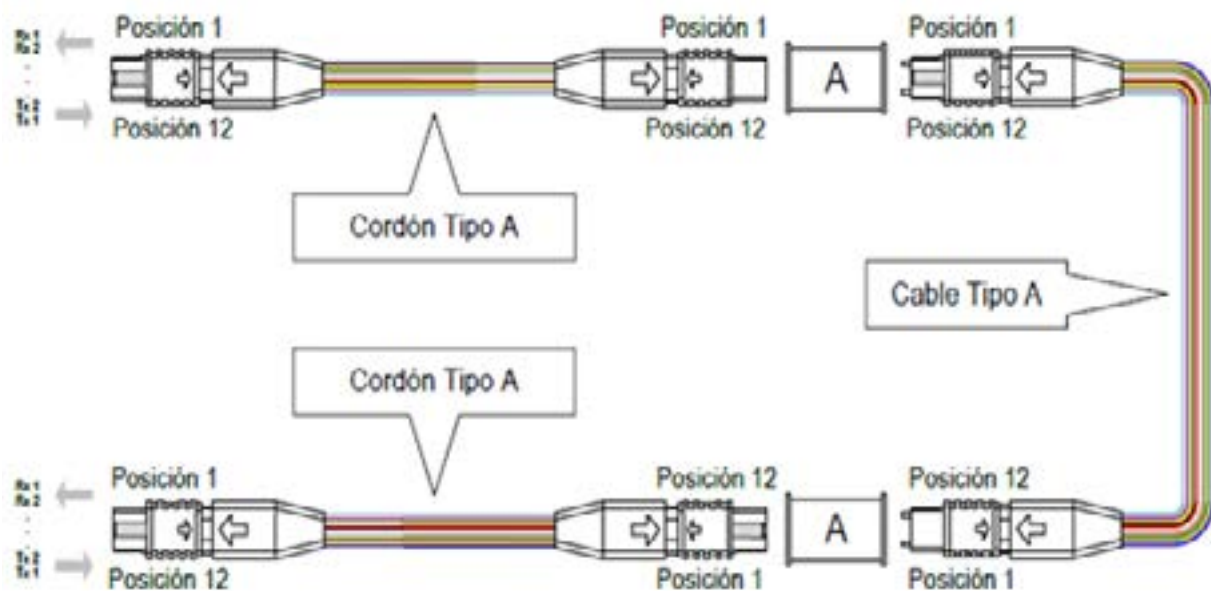
Componentes para canais multifibra.

MÉTODO	CORDONES	ADAPTADORES	CABLE
A	Uno tipo A y uno Tipo B	Tipo A alineado	Tipo A
B	Tipo B	Tipo B opuesto	Tipo B
C	Uno Tipo B y uno Tipo C	Tipo A alineado	Tipo C (par invertido)

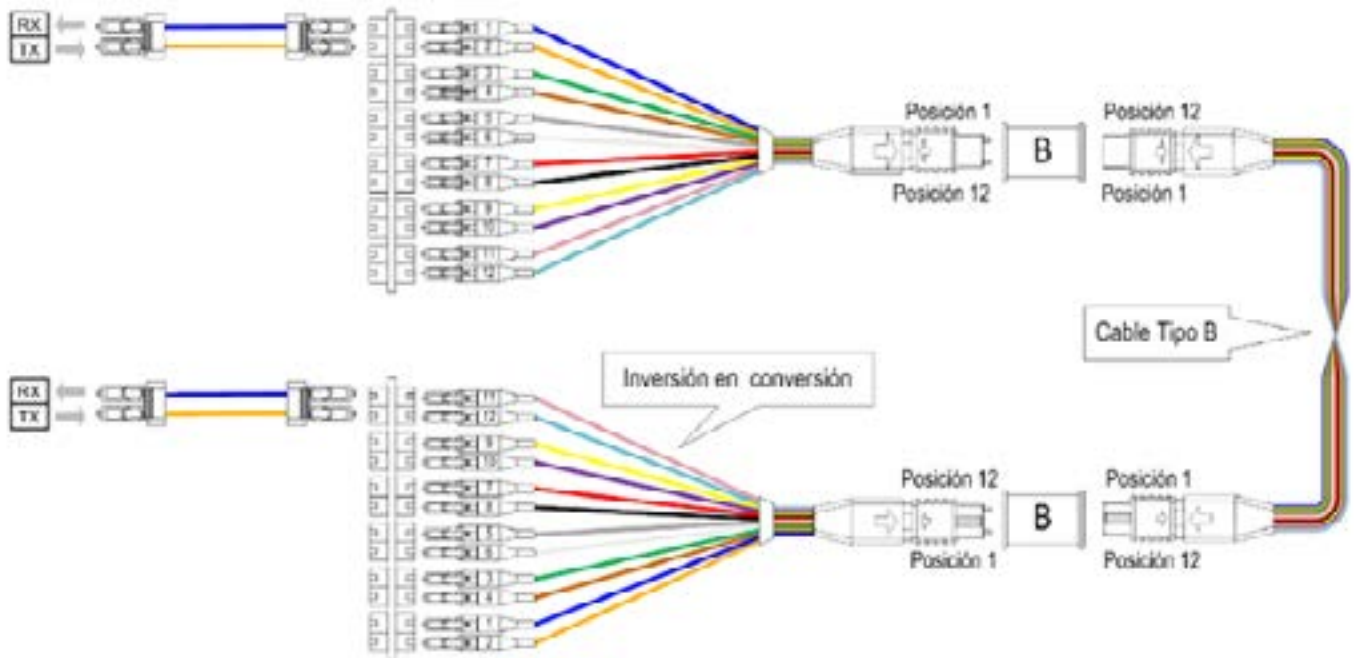
Polaridade para canais duplex Método A.



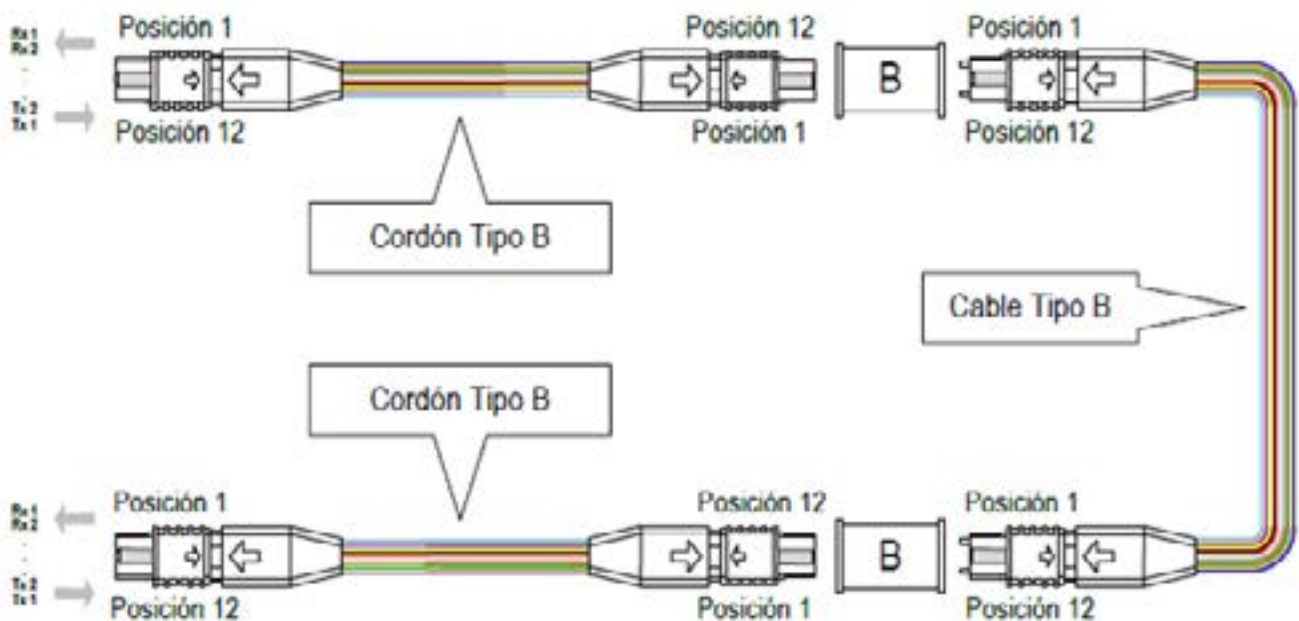
Polaridade para canais multifibra Método A



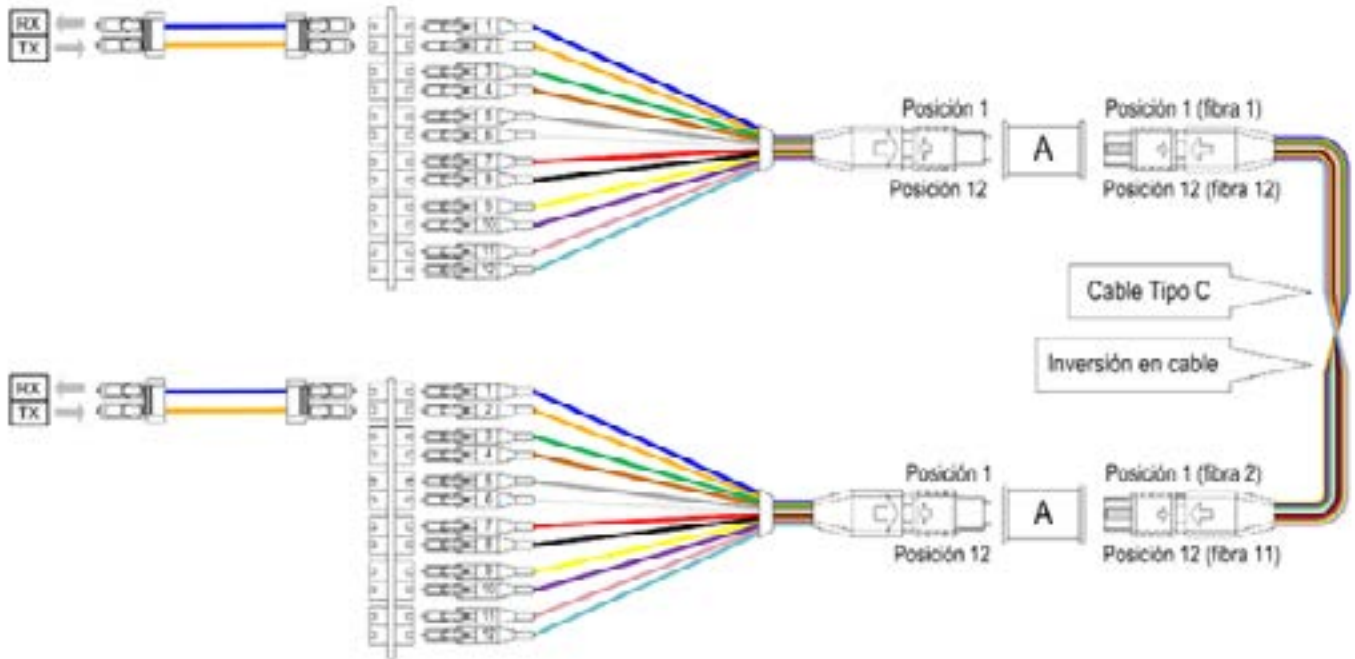
Polaridade para canais dúplex Método B



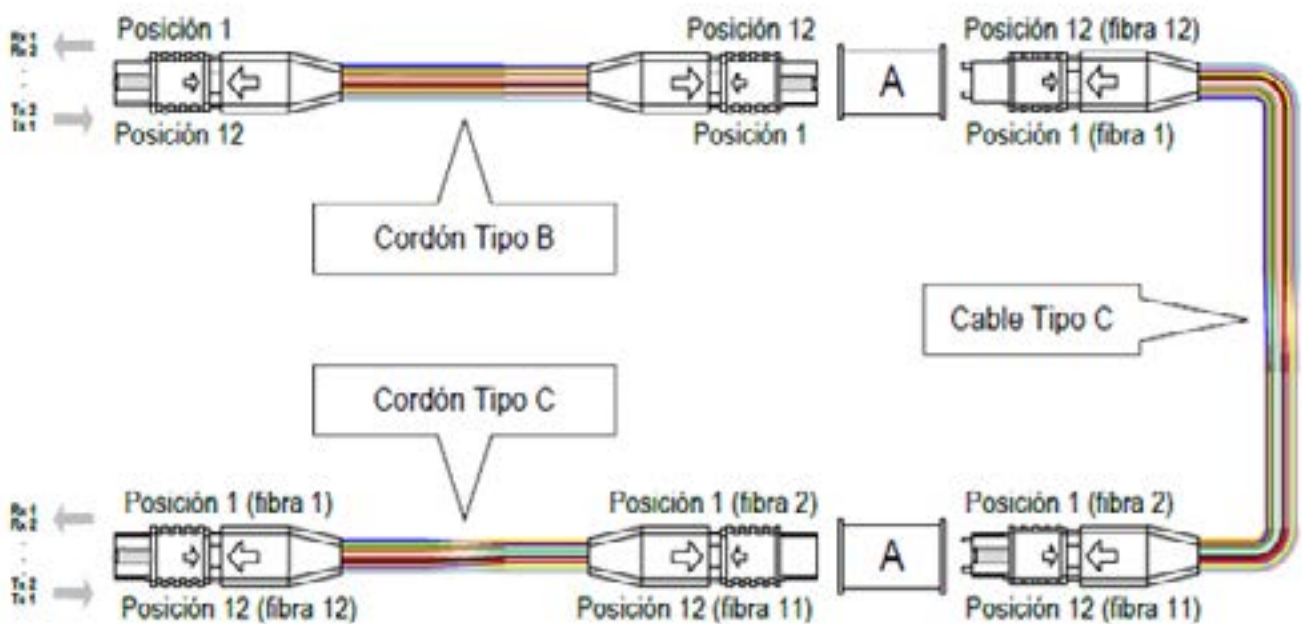
Polaridade para canais multifibra Método B



Polaridade para canais dúplex Método C



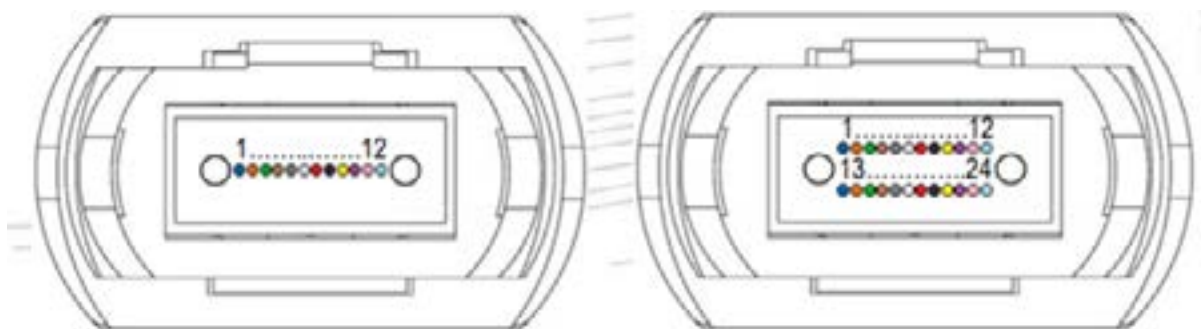
Polaridade para canais multifibra Método C

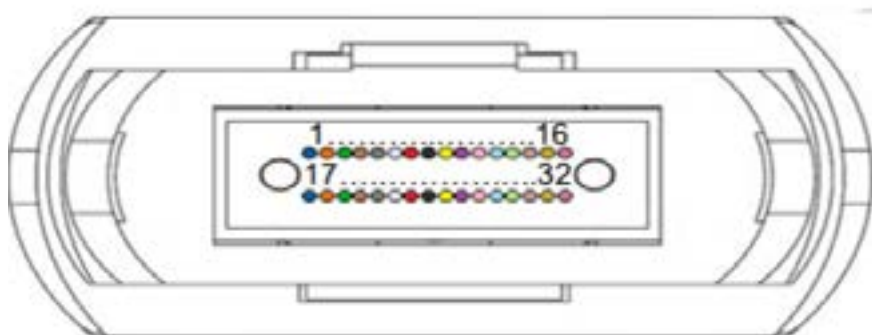


Para canais com duas ou mais conexões, é necessário verificar

- O padrão macho/fêmea para todas as conexões MPO.
- As polaridades dos produtos, levando em consideração que, para a transmissão em 40G, é necessário ter um número ímpar ou 100% de componentes TIPO B no canal.
- Estimativa da perda óptica do canal ou Loss Budget, que é a soma das perdas de inserção (IL [dB]) dos componentes ópticos passivos presentes no canal de acordo com ANSI/TIA-568-3.D.

De acordo com a representação padrão ANSI/TIA-568-3.D., os canais que utilizam um par de fibras ópticas, como 1/10G/40G BiDi/40G SWDM4 (QSFP+) e 100GSWDM4 (QSFP28), podem ser configurados da seguinte forma:





Type MPO connector family - Two fiber rows 16 fiber wide

Soluções pré-conectorizadas multifibra.

Solução de cabos troncais MPO (MTP) e módulos MPO para aplicação LC. Ideal para data centers, tem as seguintes vantagens:

- Consistência, uniformidade e qualidade de terminação
- 100% terminados e testados em fábrica
- Não requer terminação no campo
- Reduz o tempo de instalação
- Reduz falhas
- Migração de 10G para 40G/100G



Ilustración 24 Latiguillo MPO a 4 LC dúplex



Latiguillo MPO a MPO, OM4

Especificações de Fibra Óptica.

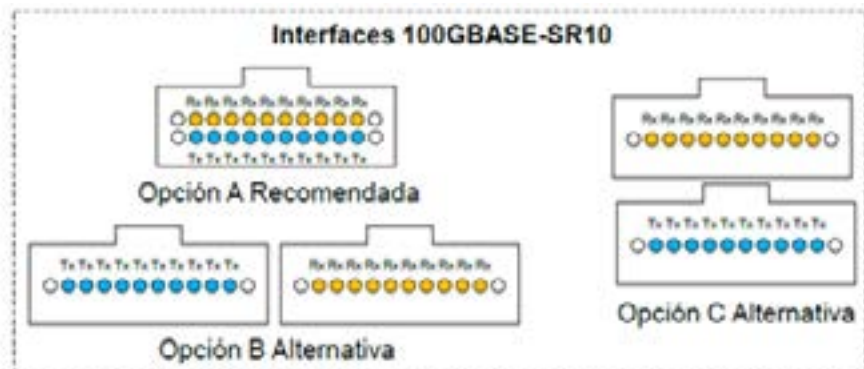
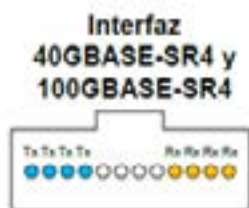
Categoría de fibra óptica	Longitud de onda (nm)	Atenuación máxima (dB/Km)	Ancho de Banda Modal Mínimo sobrellenado (MHZ-KM)	Ancho de Banda Modal Mínimo efectivo (MHZ-KM)
Multimodo OM3-50/125um	850	3.5	1500	200
	1300	1.5	500	No Se requiere
Multimodo OM4 50/125 um	850	3.5	3500	4700
	1300	1.5	500	No Se requiere
Multimodo OM5 50/125 um	850	3.0	3500	4700
	953	2.3	1850	2040
	1300	1.5	500	
Monomodo OS1a	1310	1.0	-	-
	1383	1.0	-	-
	1550	1.0	-	-
Monomodo OS2	1310	0.4	-	-
	1383	0.4	-	-
	1550	0.4	-	-

Suporte de Aplicações Ethernet em FO Multimodo Duplex.

Aplicación	Longitud de onda (nm)	OM1	OM2	OM3	OM4
1000BASE-SX	850	2.6 dB	3.6 dB	(Ver 1 GFC)	(Ver 1 GFC)
		275 m	550 m		
1000BASE-LX	1300	2.3	2.3 dB	2.3 dB	2.3 dB
		550 m	550 m	550 m	550 m
10GBASE-S	850	2.4 dB	2.3 dB	2.6 dB	2.9 dB
		33 m	82 m	300 m	400 m
10GBASE-LX4	1300	2.5 dB	2.0 dB	2.0 dB	2.0 dB
		300m	300 m	300 m	300 m
10GBASE-LRM	1300	1,9 dB	1.9 dB	1.9 dB	1.9 dB
		220 m	220 m	220 m	220 m
25GBASE-SR	850			1.8 dB	1.9 dB
				70 m	100 m

Suporte de Aplicações Ethernet em FO Multimodo Multifibra

Aplicación	Longitud de onda	Nº Fibras	OM3	OM4
40GBASE-SR4	850 nm	8	1.9 dB	1.5 dB
			100 m	150 m
Multimodo OM4 50/125 µm	850 nm	8	1.8 dB	1.9 dB
			70 m	100 m
Multimodo OM5 50/125 µm	850 nm	20	1.9 dB	1.5 dB
			100 m	150 m



Cordões de Conversão.

Permitem maior densidade e menor perda do que os módulos de conversão.

Cabo de remendo MTP 2:3 para 40GBASE-SR4 e 100GBASE-SR4.



Cabo MTP 1:2 para 100GBASE-SR10.



Cabo MTP para 4 LC duplex (Agregação de Link 40G).



Redução de 12 para 8 fibras ópticas em conexões MPO.

A conectividade MPO de 12 fibras surgiu em meados dos anos 90 e contribuiu para o desenvolvimento da infraestrutura em centros de dados. É uma tecnologia divisível para suporte de aplicações duplex. No entanto, os novos protocolos SR4 e QSFP+/QSFP28 são baseados em interfaces de 8 fibras - NÃO 12.

- **40GBASE-SR4** (4 para transmissão e 4 para recepção a 10 Gb/s).
- **100GBASE-SR4** (4 para transmissão e 4 para recepção a 25 Gb/s).
- **Multimodo e monomodo** paralelo em desenvolvimento para velocidades de 200G e 400G, também utilizando uma base de 8 fibras.
- **Os canais nas normas atuais e emergentes**, de 10G a 400G, são divididos em 2 ou 8 fibras, NÃO em 12.

Ao utilizar conectividade de 12 fibras para aplicações de 8 fibras, 33% das fibras ficam sem uso. Para alcançar 100% de utilização com a conectividade de 12 fibras, são necessários módulos ou cabos de conversão 2:3 (Dois MPO de 12 fibras para três conectores MPO de 8 fibras).

Os módulos ou cabos de conversão adicionam complexidade e atenuação à conexão. Os módulos introduzem mais material e maior perda devido a uma conexão extra.

Quando utilizamos 8 fibras ou múltiplos de 8:

Vantagens

- Alcança 100% de utilização da fibra sem a necessidade de cabos ou módulos de conversão complexos e dispendiosos.
-
- Desempenho muito superior aos módulos de conversão, que adicionam maior atenuação ao canal, limitando a distância suportada e o número de conexões.
-
- Oferece a forma mais simples de migração de 10G para 40G/100G. Pode ser usado em aplicações de portas duplex e paralelas.