

**MANUAL TÉCNICO PARA SELECCIÓN CABLEADO DE COBRE EN  
SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES PARA EDIFICIOS COMERCIALES Y  
ADMINISTRATIVOS**

WILMAR ESNEYDER CARVAJAL GALINDO  
JOAN SEBASTIÁN COMETA COLORADO

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ  
2016

**MANUAL TÉCNICO PARA SELECCIÓN CABLEADO DE COBRE EN  
SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES PARA EDIFICIOS COMERCIALES Y  
ADMINISTRATIVOS**

WILMAR ESNEYDER CARVAJAL GALINDO  
JOAN SEBASTIAN COMETA COLORADO

**Tesis para obtener el título de especialista en telecomunicaciones**

**Director**

**Álvaro Escobar Escobar**

Director Especialización Telecomunicaciones

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ  
2016

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma de jurado**

---

**Firma de jurado**

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos, por la unión familiar permanente ante cualquier situación, por su apoyo y motivación para finalizar mis proyectos de vida. A ellos Gracias.

Joan S. Cometa

A Dios porque sin él nada de esto sería posible, a mi familia porque se han sido un motor importante para realizar todo lo que en la vida me propongo. A todos gracias.

Esneyder Carvajal

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo a Dios. A mi familia, especialmente a mis padres, Martha Cecilia Colorado y Gabriel Cometa; por la formación ética y moral, su grandioso ejemplo académico inculcado desde mi niñez.

Agradezco a GZ ingeniería, empresa en la cual laboro, y a mis compañeros de trabajo, quienes me han aportado conocimientos y experiencias a lo largo de mi vida profesional.

Joan S. Cometa

A Dios por permitirme tomar este camino, a mi familia por su apoyo y dedicación en mi formación a mi novia por motivarme a salir adelante.

Esneyder Carvajal

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN _____	19
INTRODUCCIÓN _____	20
1. JUSTIFICACIÓN _____	21
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	23
3. OBJETIVOS _____	24
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>24</b>
4. DISEÑO METODOLÓGICO _____	25
<b>4.1 ÁMBITO</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2 ALCANCE</b> .....	<b>25</b>
<b>4.3 METODOLOGÍA</b> .....	<b>25</b>
5. MARCO TEÓRICO _____	27
<b>5.1 CABLEADO ESTRUCTURADO</b> .....	<b>27</b>
5.1.1 Historia _____	27
5.1.2 Normas Internacionales para cableado estructurado TIA e ISO _____	27
5.1.3 Definición _____	31
5.1.4 Elementos principales de una red de cableado estructurado _____	31
5.1.4.1 Cableado horizontal _____	31
5.1.4.2 Características de tx y pruebas de desempeño _____	31
5.1.4.3 Características mecánicas y eléctricas de los cables para cableado horizontal _____	34

5.1.4.4 Cableado de backbone _____	35
5.1.4.5 Cuarto de telecomunicaciones _____	36
5.1.4.6 Sistemas de tierra de telecomunicaciones _____	36
5.1.4.7 Puesto de trabajo _____	38
5.1.4.8 Administración de sistema de cableado estructurado _____	40
5.1.4.9 Tipo de cableado _____	43
<b>5.2 FIBRA ÓPTICA.....</b>	<b>44</b>
5.2.1 Estructura de la fibra _____	44
5.2.2 Principio de reflexión _____	45
5.2.3 Refracción de la luz _____	46
5.2.4 Fibras ópticas multi-modo _____	47
5.2.5 Fibras ópticas mono-modo _____	48
5.2.6 Tipos de fibra _____	49
5.2.7 Especificaciones de la fibra _____	50
5.2.7.1 Atenuación _____	50
5.2.7.2 Ancho de banda _____	51
5.2.8 Tipos de conectores _____	53
5.2.9 Utilización de la fibra _____	54
5.2.9.1 Planta externa _____	55
5.2.9.2 Planta Interna _____	55
<b>5.3 EQUIPOS ACTIVOS .....</b>	<b>56</b>
 6.TIPOS Y SERVICIOS DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES _____	 62
<b>6.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>62</b>
<b>6.2 MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>62</b>
<b>6.3 INFRAESTRUCTURA DE RED .....</b>	<b>65</b>
6.3.1 Medio de Transmisión _____	65
6.3.1.1 Cable de cobre par trenzado _____	65
6.3.1.2 Fibra óptica mono-modo y multi-modo _____	70

6.3.2 Terminación o salida de telecomunicaciones _____	76
6.3.3 Equipos _____	76
<b>6.4 SERVICIOS Y APLICACIONES DE RED .....</b>	<b>83</b>
6.4.1 Telefonía IP _____	84
6.4.1.1 Calculo de Ancho de Banda VoIP _____	85
6.4.2 CCTV (Cámaras y video) _____	88
6.4.3 Correo electrónico _____	91
6.4.4 Servidor de archivos compartidos _____	92
6.4.5 Acceso a internet _____	93
<b>6.5 TIPOS DE REDES .....</b>	<b>95</b>
6.5.1 Redes de telecomunicación para oficinas comerciales. (Tipo 1) _____	95
6.5.1.1 Descripción _____	95
6.5.1.2 Medio de transmisión _____	96
6.5.1.3 Esquema de conexión _____	96
6.5.1.4 Equipos _____	99
6.5.2 Redes de Telecomunicaciones para la industria. (Tipo 2) _____	101
6.5.2.1 Descripción _____	101
6.5.2.2 Medios de transmisión _____	102
6.5.2.3 Esquema de conexión _____	103
6.5.2.4 Equipos _____	104
6.5.3 Redes de telecomunicaciones para centros de cómputo. (Tipo 3) _____	106
6.5.3.1 Descripción: _____	106
6.5.3.2 Medios de transmisión _____	107
6.5.3.3 Esquema de conexión _____	110
6.5.3.4 Equipos _____	113
6.5.4 Redes de servicios, sistema para seguridad electrónica (CCTV, control de acceso, etc.), control para automatización o BMS para edificios.(Tipo 4) _____	114
6.5.4.1 Descripción _____	114
6.5.4.2 Medio de transmisión _____	116

6.5.4.3 Topología de conexión _____	117
6.5.4.4 Equipos _____	124
7. PROPUESTA SELECCION DE MEDIO DE TRANSMISION _____	125
<b>7.1 ESPECIFICACIONES MEDIOS DE TRANSMISIÓN (FIBRA Y COBRE)</b> .....	<b>125</b>
7.1.1 Cable de cobre _____	125
7.1.2 Cable de Fibra Óptica _____	129
<b>7.2 EQUIPOS DE RED.....</b>	<b>134</b>
<b>7.3 MEDIO DE TRANSMISIÓN PARA TIPOS DE REDES.....</b>	<b>135</b>
7.3.1 Tipo 1: Redes de telecomunicación para oficinas comerciales. _____	136
7.3.2 Tipo 2: Redes de Telecomunicaciones para la industria _____	139
7.3.3 Tipo 3: Redes de telecomunicaciones para centros de cómputo _____	141
7.3.4 Tipo 4: Redes de servicios, sistema para seguridad electrónica (CCTV, control de acceso, etc), control para automatización o BMS (Building Management System) de edificios _____	143
<b>7.4 FICHAS TECNICAS DE CABLEADO FIBRA COBRE.....</b>	<b>145</b>
<b>7.5 NUEVAS ALTERNATIVAS PARA 40 GBPS USANDO CABLE DE          COBRE .....</b>	<b>150</b>
8. CONCLUSIONES _____	151
BIBLIOGRAFÍA _____	153

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación de desempeño de las normas de la industria de canales .....	32
Tabla 2. Tamaño del cuarto de telecomunicaciones .....	36
Tabla 3. Longitud de cable de cobre desde el área de trabajo hasta una MUTOA. ....	40
Tabla 4. Tipos de fibra, características y aplicaciones .....	49
Tabla 5. Clasificación fibra óptica multi-modo ISO 11801 .....	71
Tabla 6. Descripción general de las especificaciones de los sistemas PoE y PoE Plus (PoE+) .....	81
Tabla 7. Cálculos para los tamaños de la carga útil de voz .....	85
Tabla 8. N° de canales * 100kbps = ancho de banda necesario .....	87
Tabla 9. Consumo de los diferentes servicios en Mbps .....	94
Tabla 10. Clasificación fibra óptica multi-modo ISO 11801 .....	130

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Niveles de cableado reconocidos por la TIA y la ISO .....	29
Cuadro 2. Evolución de la norma IEEE para cable de cobre par trenzado. ....	30
Cuadro 3. Características constructivas para cable de cobre .....	34
Cuadro 4. Características eléctricas y de desempeño .....	35
Cuadro 5. IEEE 802.3 cable par trenzado .....	66
Cuadro 6. Comparativo Cable 6A/Clase EAUTP Y STP .....	69
Cuadro 7. Aplicaciones de cableado estructurado. ....	70
Cuadro 8. Clasificación fibra óptica mono-modo ISO 11801 .....	72
Cuadro 9. Clasificación de cable de fibra según NEC-NFPA .....	73
Cuadro 10. Evolución del estándar IEEE 802.3 .....	74
Cuadro 11. Cable utilizado en cada versión del estándar .....	75
Cuadro 12. Aplicaciones 40 y 100 Gigabit Ethernet .....	76
Cuadro 13. Transceptor 100 BASE-LX Mini-GBICSFP Cisco .....	80
Cuadro 14. Especificaciones técnicas tarjeta de red (NIC) .....	83
Cuadro 15. Explicación de términos carga útil de voz .....	86
Cuadro 16. Especificaciones técnicas de equipos .....	100
Cuadro 17. Especificaciones técnicas de equipos usados en la industria.....	105
Cuadro 18. Aplicaciones de cableado estructurado .....	108
Cuadro 19. Equipos y características .....	114
Cuadro 20. Categorías o clases definidas en los estándares de cableado ...	126
Cuadro 21. Evolución de la norma IEEE para cable par trenzado cobre .....	126
Cuadro 22. Soporte de aplicaciones cable de cobre .....	127
Cuadro 23. Categorías y clases de cable de cobre .....	128
Cuadro 24. Categorías de cableado disponibles, dependiendo del tipo de chaqueta exterior.....	129
Cuadro 25. Evolución del estándar IEEE 802.3 para fibra óptica .....	130
Cuadro 26. Clasificación fibra óptica mono-modo ISO 11801 .....	131
Cuadro 27. Clasificación de cable de fibra según NEC-NFPA .....	132
Cuadro 28. 40/100 Gigabit Ethernet.....	133

Cuadro 29. Criterios de selección del canal de comunicaciones.....	133
Cuadro 30. Especificaciones de equipos según el tipo de red .....	134
Cuadro 31. Categorías de cableado de cobre y fibra .....	137
Cuadro 32. Fibra disponible con las especificaciones de ancho de banda, velocidad de transmisión y distancias máximas .....	138
Cuadro 33. Categorías aptas con los anchos de banda disponibles y las aplicaciones que soporta.....	139
Cuadro 34. Medios de transmisión aptos y reconocidos .....	142
Cuadro 35. Medios de transmisión y la implementación para aplicaciones de 40 y 100Gbps. ....	143

## LISTADEFIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema estándar cableado backbone .....	35
Figura 2. Esquema general de sistema de puesta a tierra de telecomunicaciones.....	38
Figura 3. Esquema para identificación y administración clase 1 .....	42
Figura 4. Esquema para identificación y administración clase 2 .....	42
Figura 5. Esquema para identificación y administración clase 3 .....	43
Figura 6. Estructura de la fibra .....	45
Figura 7. Principios de Reflexión.....	46
Figura 8. Refracción de la luz.....	47
Figura 9. Fibra multi-modo .....	48
Figura 10. Fibra mono-modo.....	48
Figura 11. Atenuación de la fibra.....	50
Figura 12. Ancho de banda .....	52
Figura 13. Análisis de distribución de la potencia modal.....	52
Figura 14. Conectores de fibra .....	54
Figura 15. Cisco Catalyst 6800 Series Switches.....	57
Figura 16. Cisco Catalyst 6500 Series Switches.....	57
Figura 17. Cisco Catalyst 4500 Series Switches-X .....	58
Figura 18. Cisco Catalyst 3850 conmutador de fibra óptica Modelos.....	58
Figura 19. Cisco Catalyst 3850 Series .....	59
Figura 20. Cisco Catalyst 3650 Series .....	60
Figura 21. Cisco Catalyst 2960-X y la serie XR.....	60
Figura 22. Cable 6A/Clase EA UTP y STP.....	68
Figura 23. Esquema de conexión común entre equipos .....	77
Figura 24. Transceptor marca D-Link.....	79
Figura 25. Transceptor marca Cisco .....	80
Figura 26. Tarjeta de red (NIC) .....	82
Figura 27. Conexión para usuarios, norma TIA 568 y la ISO 11801 .....	97
Figura 28. Conexión entre HC y puesto de trabajo común.....	98

Figura 29. Distancia entre el HC y el punto de consolidación .....	98
Figura 30. Niveles Jerárquicos .....	99
Figura 31. Elementos de terminación para ambientes industriales .....	103
Figura 32. Esquema de conexión tipo 2 .....	104
Figura 33. Conexión de equipos a redes Ethernet .....	104
Figura 34. Tendencia en velocidades de transmisión centros de cómputo ...	108
Figura 35. Solución de fibra óptica para centros de cómputo con conectores MTP.....	109
Figura 36. Ejemplo de la topología básica del centro de datos de TIA-942 ..	110
Figura 37. Topología para el cableado horizontal .....	111
Figura 38. Tipología para el cableado backbone.....	112
Figura 39. Diagrama de conexión típico Backbone .....	112
Figura 40. Conexión típica de un Switch Core .....	113
Figura 41. Topología de conexión BAS.....	117
Figura 42. Protocolo SCADA.....	120
Figura 43. Protocolo BACnet.....	121
Figura 44. Protocolo LonWorks .....	122
Figura 45. Red LonWorks.....	123
Figura 46. Redes de telecomunicación para oficinas comerciales .....	136
Figura 47. Distancias máximas del cable backbone.....	138
Figura 48. Esquema de conexión tipo 2 .....	140
Figura 49. Elementos de terminación para ambientes industriales .....	141
Figura 50. Tendencia en velocidades de transmisión centros de cómputo ...	142
Figura 51. Cable Cat. 6 UTP marca AMP.....	145
Figura 52. Cable Cat. 6A UTP (Sin Blindaje) marca SIEMON.....	146
Figura 53. Cable Cat. 6A F/UTP marca AMP .....	147
Figura 54. Cable cat. 7A.....	147
Figura 55. Cable de fibra óptica Indoor Multimodo Marca Furukawa .....	148
Figura 56. Cable de fibra óptica Armada Multimodo Marca Furukawa .....	148
Figura 57. Cable de fibra con terminación MTP marca ELITE .....	149
Figura 58. Carretes y conectores MTP.....	149

## GLOSARIO

**ADMINISTRACIÓN:** "Método etiquetado, documentación y guías de utilización necesarios para realizar acciones, añadir elementos e introducir cambios en infraestructuras de telecomunicaciones"<sup>1</sup>

**ANCHO DEBANDA:** "Rango de frecuencias, normalmente consistentes en la diferencia entre los límites superiores e inferiores del rango, expresado en Hz. Se utiliza para indicar la capacidad potencial de un medio, dispositivo o sistema. En el caso de cableado de cobre o fibra óptica, el ancho de banda se reduce a medida que los cables se hacen más largos"<sup>2</sup>.

**ÁREA DE TRABAJO:** "Un espacio del edificio donde los ocupantes interactúan con el equipo terminal de telecomunicaciones"<sup>3</sup>.

**ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LAS TELECOMUNICACIONES (TIA):** "Asociación de estándares que publican estándares de telecomunicaciones y otros documentos"<sup>4</sup>.

**ATENUACIÓN:** "La reducción de la magnitud de la potencia de transmisión de una señal entre distintos puntos, expresada como la relación de salida a entrada. Se miden en dB, y normalmente a una frecuencia específica para el cable o a un ancho de banda concreto para la fibra óptica. La potencia de señal puede ser corriente o voltaje"<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> BICSI, A Telecommunications Association. Manual de Métodos de Distribución de Telecomunicaciones, Tomo 1. Tampa, Florida. 1ª Edición. 2002 BICSI

<sup>2</sup> Ibid., capítulo 3 p. 2.

<sup>3</sup> Ibid., capítulo 3 p. 3.

<sup>4</sup> Ibid., capítulo 3 p. 76

<sup>5</sup> Ibid., capítulo 3 p. 4.

BIT: "Abreviatura para dígito binario. Unidad básica de la comunicación entre computadores"<sup>6</sup>.

BLINDAJE (SHIELD): "Capa metálica colocada alrededor de un conductor o grupo de conductores"<sup>7</sup>.

CABLEADO: "Cualquier combinación de cables de telecomunicaciones de cobre o de fibra óptica, cables de conexión y de equipos, y el hardware de conexión"<sup>8</sup>.

CABLEADO DEL BACKBONE: "Es el cable utilizado para proporcionar interconexiones entre cuartos de entrada de servicios de edificio, cuartos de equipo y cuartos de telecomunicaciones"<sup>9</sup>.

CABLEADO ESTRUCTURADO: "Sistema de cableado genérico para instalaciones de telecomunicaciones, independiente de la aplicación. El sistema de cableado usualmente incorpora cables UTP categoría 5e categoría 6 en el cableado horizontal, y una combinación de cables UTP y fibra óptica en el sistema medular (backbone)"<sup>10</sup>.

CABLEADO HORIZONTAL: "La porción de sistema de cableado que se extiende desde la estación de trabajo (salida/conector de telecomunicaciones) hasta la conexión cruzada horizontal en el cuarto de telecomunicaciones. Las instalaciones de conectores y conexiones cruzadas en el cuarto de telecomunicaciones se consideran parte del cableado horizontal"<sup>11</sup>.

CABLE DE FIBRA ÓPTICA: "Cable constituido por fibras de vidrio protegidas con recubrimiento plástico. Algunas veces se incluye alambre metálico como elemento para dar mayor resistencia mecánica"<sup>12</sup>.

---

<sup>6</sup>ORTRONICS. Curso de Certificación Ingenieros, Diseñadores y Especificadores en Cableado Estructurado CAT 6, 6A, 10G. En: Curso Bogotá Agosto 2011. Memorias Legrand.

<sup>7</sup>Ibid., sección 2 p. 9.

<sup>8</sup>BICSI, A., Op. Cit., capítulo 3 p. 9.

<sup>9</sup>SISCOMTEL PERÚ S.A.C. Sistema de Comunicaciones y Telecomunicaciones. Cableado vertical o de Backbone. Consultado 2016. Disponible en: (<http://siscomtelperu.com.pe/cableado-vertical-backbone>).

<sup>10</sup>ORTRONICS, Op. Cit., sección 2 p. 10.

<sup>11</sup>Ibid., sección 2 p. 10.

<sup>12</sup>Ibid., sección 2 p. 9.

**CABLE TRENZADO:**"Cable multi-conductor que contiene dos o más conductores de cables trenzados de manera que se cancele la interferencia eléctrica"<sup>13</sup>.

**CABLE TRONCAL:** "El termino tronco se refiere al cable de distribución personal. El tronco típico comienza en la cabeza del cable y termina en el extremo más lejano del cable de alimentación."<sup>14</sup>.

**CAMPUS:** "Los edificios y terrenos de un complejo, por ejemplo una universidad, colegio, parque industrial o instalación militar"<sup>15</sup>.

**CANAL:** "Un circuito de cableado horizontal que consiste en un máximo de cinco metros de cable de equipos en el área de trabajo, la salida/conector de telecomunicaciones, un máximo de 90 m de cable horizontal, dos bloques o paneles de conexión, y 5 m de cordón de conexión y cable de equipos en el cuarto de comunicaciones"<sup>16</sup>.

**CCTV:**"Los sistemas de CCTV están conformados básicamente por una serie de cámaras de tecnología CCD o ICCD fijas o con movimiento, ocultas o discretas y sus respectivos monitores"<sup>17</sup>.

**IEEE (THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS):** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas.

**MBPS:** "Megabits (Millones de bits) por segundo"<sup>18</sup>.

**NEXT (NEAR END CROSSTALK):**"Ruido o interferencia electromagnética no deseada que se presenta en un par de cobre y que proviene de otro. Se mide en el

---

<sup>13</sup>BICSI, A., Op. Cit., capítulo 3 p. 9.

<sup>14</sup>BICSI, A., Op. Cit., capítulo 3 p. 9.

<sup>15</sup>ORTRONICS, Op. Cit., sección 2 p. 10.

<sup>16</sup>Ibid., sección 2 p. 10.

<sup>17</sup>AXIS COMMUNICATIONS. Formación y Asistencia Técnica. Prepare su sistema de video vigilancia en red. Consultado 2016. Disponible en: (<http://www.axis.com/co/es/learning/web-articles/prepare-your-network-video-surveillance-system/index>).

<sup>18</sup>BICSI, A., Op. Cit., capítulo 3 p. 69.

punto cercano, si se toma como referencia la dirección en que viaja la señal original"<sup>19</sup>.

PATCH PANEL: "Dispositivo utilizado para establecer conexiones cruzadas, para facilitar la administración del sistema de cableado"<sup>20</sup>.

RED DE DATOS: "Sistema interconectado de ordenadores, periféricos y software sobre el que se reciben y envían comandos, archivos y mensajes"<sup>21</sup>.

TOPOLOGÍA: "Arreglo físico o lógico de un sistema de telecomunicaciones"<sup>22</sup>.

UTP:"Cable de par trenzado sin blindaje"<sup>23</sup>.

---

<sup>19</sup> Ibid., capítulo 3 p. 70.

<sup>20</sup> ORTRONICS, Op. Cit., sección 2 p. 18.

<sup>21</sup> BICSI, A., Op. Cit., capítulo 3 p. 45.

<sup>22</sup> ORTRONICS, Op. Cit., sección 2 p. 20.

<sup>23</sup> Ibid., sección 2 p. 6.

## RESUMEN

En el presente trabajo se describen las características y aplicaciones de los proyectos de telecomunicaciones para diferentes ambientes, incluyendo redes de cableado para oficinas comerciales, centros de cómputo, soluciones para cableado de automatización y redes de datos en entornos industriales. También se revisan las tendencias actuales y las condiciones para implementar proyectos de este tipo. El resultado de este documento es un manual que facilita la elección correcta del canal de comunicaciones, teniendo en cuenta los requerimientos de ancho de banda y velocidades de transmisión actuales y futuros que deben soportar las redes de datos. Este manual se fundamenta con las aplicaciones o plataformas descritas en el estándar **IEEE 802.3** y las normas de cableado **TIA 568** e **ISO 11801**, así como la norma para infraestructuras de centros de cómputo **TIA 942**.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación hace referencia a la elaboración de una herramienta enfocada a mejores prácticas, en cuanto a rendimiento y elección de infraestructura pasiva del sistema de telecomunicaciones para proyectos en ambientes de oficinas comerciales, centros de cómputo, redes de datos en la industria y redes para sistemas de automatización.

De hecho, el objetivo principal es elaborar un manual que permita a los oferentes y usuarios de infraestructura de TI (Tecnologías de la Información), encontrar de manera confiable la solución que más se acomode a sus necesidades. Teniendo en cuenta las variables de desempeño más importantes, exigencias y avances tecnológicos del sector TI y sin dejar de lado la normativa vigente, se busca que el manual propuesto sea alternativa de fiabilidad y funcionalidad para la obtención de mejores resultados y aumento de la productividad de las empresas.

## 1. JUSTIFICACIÓN

La evolución de las redes de transmisión de datos y los servicios convergentes que se aplican a los sistemas de telecomunicaciones en los diferentes espacios, junto a los nuevos y diferentes requerimientos de infraestructura de los equipos terminales (PC, cámaras, impresoras, Access Point, TV, etc.), ha provocado que los fabricantes del componente pasivo de la red tengan en su portafolio de productos, gran variedad de alternativas para cumplir y satisfacer las nuevas exigencias del mercado. Además ha producido una continua actualización de los estándares y normativas aplicables a los proyectos de las tecnologías de la información.

El desarrollo del mercado de la infraestructura pasiva (medio de transmisión), ha estado acorde a esos cambios y en consonancia, con la mejor oferta a los usuarios, en índices de desempeño y garantía de protección de obsolescencia tecnológica. En esas medidas comerciales, generalmente la captura del cliente y el marketing del producto están por encima de la asistencia técnica y efectiva para el usuario.

En este panorama de oferta y necesidades reales a los usuarios, surgen varios interrogantes que se pretenden resolver en la presente investigación; ¿el mercado y los nuevos desarrollos ofrecen lo que el cliente realmente necesita?, ¿Los nuevos desarrollos de infraestructura de cableado están acordes a la evolución de los equipos activos de la red?, ¿las tarjetas de red (NIC) de los equipos cliente soportarán y aprovecharán las bondades del cableado estructurado?

Entre las alternativas para resolver estos interrogantes se hace necesario conocer a fondo y en detalle las características técnicas de desempeño del medio de transmisión, los productos ofrecidos por los diferentes fabricantes en equipos y cableado, la relación que existe entre ancho de banda y velocidad de transmisión para cableado, equipos activos y equipos terminales, y los nuevos desarrollos de estos fabricantes para aplicaciones futuras. También es importante conocer la evolución del estándar Ethernet IEEE 802.3, las normas internacionales TIA 568C (Telecommunications Cabling Standard) y la ISO 11801 (Information Technology Generic Cabling Systems), que dará un soporte técnico con las normativas internacionales actuales en el mundo de la TI.

En esa vía, la presente investigación está orientada a establecer una respuesta al usuario, para que tenga a la mano un manual técnico que intenta superar los catálogos y manuales de soporte específico por marca o material, con una opción que permita a los administradores de TI seleccionar la infraestructura adecuada de cableado estructurado para sus redes, identificando con claridad, las necesidades técnicas para las aplicaciones y los equipos a instalar.

En resumen, es atender a los usuarios encargados de la tarea expuesta de tal manera, que puedan optimizar los costos de sus proyectos y obtener el mejor resultado en la relación costo beneficio de las nuevas instalaciones sin sobredimensionar la infraestructura.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las tendencias de los servicios convergentes y la evolución de las redes de transmisión de datos, han comprendido nuevos requerimientos de los parámetros de desempeño de ancho de banda y velocidad de transmisión y han proyectado nuevos desarrollos por parte de los fabricantes de cableado estructurado, para ofrecer nuevas categorías que soporten las aplicaciones actuales y futuras frente a altos niveles de desempeño en ancho de banda y velocidades de transmisión.

Pero, ¿los nuevos parámetros de desempeño realmente son necesarios para el correcto funcionamiento de las nuevas aplicaciones?, ¿La infraestructura física (cableado) está preparada para las exigencias de las velocidades de transmisión de los equipos activos?, ¿Las tarjetas de red (NIC) soportan los requerimientos de las aplicaciones?

Para dar respuesta a los interrogantes anteriores, se precisa analizar detalladamente la relación que existe entre ancho de banda y velocidad de transmisión, desde el punto de vista de los medios de transmisión (cable de par trenzado y fibra óptica), equipos activos (Switch) y equipos terminales (PC, cámaras, AP). Este análisis debe estar soportado con los estándares y normativas internacionales para soluciones de sistema de telecomunicaciones; TIA 568, ISO 11801, TIA 942 e IEEE 802.3.

Por otra parte, los interrogantes para proyectos de implementación de sistema de telecomunicaciones en los diferentes espacios o ambientes, nuevos o remodelaciones; serán alrededor de ¿Cómo los administradores de TI pueden mejorar los procesos de selección de infraestructura de red para actualización o nuevos proyectos, sin recurrir a los fabricantes y su parcialidad por la especificidad de las marcas y obviamente con características de mercadeo?

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un manual técnico como herramienta que facilite el proceso de selección de la infraestructura tecnológica, enfocada a cableado estructurado y fibra óptica para proyectos de oficinas comerciales, centros de cómputo, aplicaciones industriales y sistemas de seguridad y automatización e incluya una variedad de las especificaciones técnicas de los fabricantes de productos (cable y equipos) y los estándares y normativas vigentes que apliquen.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Entender la relación que existe entre ancho de banda y velocidad de transmisión aplicada a redes de transmisión de datos.
- Analizar los estándares IEEE que aplican para las redes de telecomunicaciones en diferentes ambientes o espacios, haciendo énfasis en los parámetros de ancho de banda y velocidad de transmisión.
- Analizar la norma TIA 568 y la ISO 11801 para definir los niveles de cableado estandarizados, sus parámetros de desempeño y su aplicación.
- Estudiar y conocer la evolución de las tarjetas de red (NIC) de los equipos terminales (PC, Cámaras, A.P., Impresoras, etc.), así como de los equipos activos de las redes de datos. Lo anterior haciendo énfasis a la velocidad de transmisión de datos.

## **4. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1 ÁMBITO**

La presente investigación tiene como objetivo orientar a todo el personal involucrado en el mantenimiento, la administración, el diseño, el soporte de las redes de datos de área local (LAN) al interior de edificios empresariales, o en espacios enfocados a la industria. Teniendo en cuenta necesidades presentes y futuras, el manual ayudará a seleccionar la tecnología de red de datos adecuada, que para proyectos nuevos, adecuaciones o actualizaciones de infraestructura tecnológica.

### **4.2 ALCANCE**

Es una investigación enfocada a conocer los diferentes parámetros que se utilizan para el diseño e implantación de redes de datos para oficinas comerciales, centros de cómputo, espacios industriales y redes para seguridad y automatización; involucrando equipos activos (Switch), y los equipos terminales (PC, Impresoras, teléfonos IP, cámaras, etc.). La información se recopila en un documento técnico que facilitará a todo el personal involucrado en redes LAN, y acorde a sus necesidades técnicas y económicas, la selección adecuada del canal de comunicaciones, mostrando las aplicaciones de los diferentes medios de transmisión (fibra óptica, cable de cobre) que actualmente se comercializan.

El documento del manual es un soporte técnico confiable porque se fundamenta tanto en las normas y recomendaciones internacionales TIA, ISO e IEEE que se aplican para soluciones de telecomunicaciones de diferentes espacios físicos, como en las especificaciones técnicas de los fabricantes de equipos y cable

### **4.3 METODOLOGÍA**

La investigación es de tipo descriptivo, cuando realiza un análisis de los datos y realidades del sector, respecto al cableado y sus características. En algún

momento del proceso de investigación, es de tipo correlacional porque considera que las relaciones establecidas entre las variables, favorecen el resultado en un proceso de mejores prácticas para la elección del medio de transmisión en diferentes espacios.

La propuesta es deductiva, cuando las normas y estándares se generan de forma general para llegar a la elaboración de un manual aplicable a la perspectiva de la realidad específica del sector; de este modo el enfoque que se le da al documento es cualitativo.

Finalmente, se destaca que la conceptualización del documento está basada en el análisis documental de normas y estándares de cableado, cuyas fuentes de información son documentos encontrados en la web, normas internacionales de cableado ANSI/TIA/EIA, revistas, documentación técnica y otros documentos de estudio.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 CABLEADO ESTRUCTURADO

**5.1.1 Historia.** Al inicio de los años 80, al interior de las empresas, las comunicaciones se manejaban de manera independiente y especial para cada equipo; la telefonía, los computadores y los diferentes dispositivos debían contar con una infraestructura exclusiva para su operación, esto provocaba dificultades en la administración y en la escalabilidad de las diferentes redes.

En febrero de 1980 el IEEE inició el proyecto para estandarizar el funcionamiento de las redes de área local, que facilitaría la interoperación de los diferentes productos de los fabricantes, logrando así libre competencia y precios bajos que beneficiarían al usuario final. El proyecto se denominó 802, recibió 3 propuestas para especificar y estandarizar las redes LAN por parte de varios fabricantes. A Ethernet, una de ellas, se le asignó el subcomité 802.3 CSMA/CD (Ethernet). La propuesta fue aprobada como estándar en junio de 1983, considerando como medio físico únicamente cable coaxial grueso, el estándar se denominó 802.3 10BASE 5.

El primer acercamiento a nivel de estandarización donde se mencionó el cable de par trenzado no apantallado, UTP, fue el 802.3e 1 BASE5 o StarLan, que funcionaba a 1 Mbps y fue publicado en 1987. En 1990 se estandarizó 10 BASE T que funcionaba a 10 Mbps, utilizando cable de par trenzado no apantallado.

Paralelo a la evolución del estándar IEEE 802.3 para redes de área local usando cable UTP, se desarrollaban normativas internacionales de cableado de telecomunicaciones para edificios comerciales, lo que permitía el diseño e implementación de redes de cableado estructurado. Inicialmente se usaban para estas aplicaciones normas y recomendaciones propietarias de fabricantes, pero al poco tiempo se crearon las normas independientes. En 1991 se publicó la primera norma, la EIA/TIA 568 (Telecommunications Cabling Standard) aplicada a América, más adelante se publicó la norma homologa Europea, la ISO 11801 (Information Technology Generic Cabling Systems). Ambas son las normas de cableado estructurado más usadas en la actualidad.

**5.1.2 Normas Internacionales para cableado estructurado TIA e ISO.** Para regular y estandarizar las tecnologías de la información, se conformaron diferentes grupos de investigación y desarrollo especializado en el cumplimiento de las normativas conforme los avances tecnológicos de la industria.

Para el caso particular de los medios de transmisión de la capa física del modelo OSI (Open System Interconnection), se crearon las siguientes organizaciones internacionales: La Organización Internacional para la Estandarización (ISO), El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y La Asociación de Industrias de las Telecomunicaciones (EIA/TIA).

Los comités de la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA), adscritos a ANSI (American National Standards Institute) y a la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), son líderes en el desarrollo de normas para cableado estructurado, medios de transmisión más usados para conexiones cliente-servidor en proyectos de infraestructura tecnológica para edificios comerciales. Los miembros de estos comités realizan un trabajo conjunto con los comités de desarrollo de aplicaciones; IEEE 802.3 para Ethernet, con el fin de garantizar que los nuevos niveles de cableado soporten técnicamente los avances tecnológicos de la transmisión de señales de los equipos activos de la red (Switch, Router).

Para cableado estructurado aplican las siguientes normas; la 568, para la TIA, (Telecommunications Cabling Standard), y la 11801 para ISO (Information Technology Generic Cabling Systems). Estas normas son similares en recomendaciones, requerimientos y especifican topologías genéricas de instalación y diseño que se caracterizan por una "categoría" (TIA) o "clase" (ISO) de desempeño de transmisión en función del ancho de banda. Los grados de cableado reconocidos por TIA e ISO se relacionan en el Cuadro 1, elaborado por SIEMON<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> THE SIEMON COMPANY. Desmitificación de las Especificaciones de Cableado De Categoría 5e a 7A. Octubre 2009. Consultado 2016. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/07-10-09-demystifying.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/07-10-09-demystifying.asp)).

**Cuadro 1. Niveles de cableado reconocidos por la TIA y la ISO**

Clasificaciones equivalentes de las normas TIA e ISO.				
Ancho de banda	TIA (componentes)	TIA (cableado)	ISO (componentes)	ISO (cableado)
1 - 100 MHz	Categoría 5e	Categoría 5e	Categoría 5e	Clase D
1 - 250 MHz	Categoría 6	Categoría 6	Categoría 6	Clase E
1 - 500 MHz	Categoría 6A	Categoría 6A	Categoría 6A	Clase EA
1 - 600 MHz	sin especificar	sin especificar	Categoría 7	Clase F
1- 1000 MHz	sin especificar	sin especificar	Categoría 7A	Clase FA
<b>Fuente</b> Página Web SIEMONCOMPANY. Desmitificación de las Especificaciones de Cableado De Categoría 5e a 7A.				

Desde su aparición hasta los años 90, estas normas han presentado numerosos cambios y actualizaciones, conforme los avances tecnológicos y los nuevos requerimientos de infraestructura para suplir las necesidades actuales y futuras de los usuarios de red.

El estándar IEEE 802.3 se ha encargado de la estandarización de los métodos de establecimiento de comunicación física a través de redes LAN y bajo esas consideraciones se implementan y operan estas redes.

La IEEE 802.3 define las aplicaciones de la red en función de la velocidad de transmisión, determinando el rendimiento de la infraestructura física (cableado). Adicional a la capa 1 del modelo OSI, también especifica el acceso al medio, que es la parte inferior de la capa 2 (Enlace de datos), encargada de la encapsulación de los datos y control de acceso al medio. En la presente investigación solo se analizó la parte de la norma referente al medio de transmisión, como cable coaxial, cable par trenzado y fibra óptica, como componentes fundamentales a ser determinados por los usuarios a favor de la garantía del soporte de cableado y conforme a necesidades.

En el Cuadro 2 se presenta la evolución de la norma IEEE 802.3 en función de la velocidad de transmisión para cable de cobre par trenzado.

**Cuadro 2. Evolución de la norma IEEE para cable de cobre par trenzado.**

Evolución de norma IEEE 802.3				
Año de publicación	Nombre	Descripción	Velocidad	Longitud
1985	802.3a	Primer IEEE, 10BASE2 a 10 Mbit/s sobre coaxial fino (thinnet o cheapernet).	10 Mbps por medios compartidos.	200 metros
1990	802.3i	10BASE-T 10 Mbit/s sobre par trenzado no blindado (UTP).	10 Mbps halfduplex por cables trenzados.	150 metros
1995	802.3u	100BASE-TX, 100BASE-T4, 100BASE-FX Fast Ethernet a 100 Mbit/s con auto-negociación de velocidad.	100 Mbps halfduplex por cables trenzados.	100 metros
1997	802.3x	Full Duplex (Transmisión y recepción simultáneos) y control de flujo.	100 Mbps Full duplex por cables trenzados.	100 metros
1999	802.3ab	1000BASE-T Ethernet de 1 Gbit/s sobre par trenzado no blindado.	1000 Mbps Full duplex por pares trenzados.	100 metros
2006	802.3an	10GBASE-T Ethernet a 10 Gbit/s sobre par trenzado no blindado (UTP).	10000 Mbps Full duplex por pares trenzados.	100 metros
En desarrollo	802.3ba.	40 Gbs sobre fibra óptica.		

**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

El modelo Half Dúplex realiza la transmisión de datos en ambos sentidos, pero no simultáneamente, pues solo una de las 2 estaciones puede transmitir en un instante de tiempo. El modelo Full Dúplex considera la transmisión de datos en ambos sentidos y, simultánea entre receptor y transmisor que es el método de comunicación más eficiente y aconsejable para los sistemas de comunicaciones.

Los equipos activos de la red (Switch, router) definen las velocidades de transmisión de las redes LAN y son los dispositivos encargados de direccionar los datos únicamente hacia el equipo destino y surgen con el desarrollo del estándar IEEE 802.3u 100 BASE-TX. Los switches mejoraron el rendimiento de las redes de datos y la aparición de las comunicaciones Full Dúplex desarrollaron el estándar Ethernet trabajando a velocidades de 1 Gbps, así como las nuevas actualizaciones.

La velocidad de transmisión provista por los equipos activos, para soportar las tarjetas de red (NIC) deben tener la capacidad de traducir, codificar y decodificar la información enviada a través de la red física, sin dejar de lado las características de desempeño del medio de transmisión.

La información descrita anteriormente, respecto a la norma para construcción y mejores prácticas para la instalación del cableado estructurado planteado en la norma TIA 568, junto a la estandarización de los métodos de acceso al medio y el desempeño de la red en función de la velocidad de transmisión definida en estándar IEEE 802.3, las diferentes categorías de cableado estandarizadas disponibles en el mercado, las velocidades de transmisión de las tarjetas de red (NIC) y los equipos activos (switches y router); no se encuentran consolidadas en un documento técnico que facilite a los administradores de TI la selección de la mejor alternativa de la infraestructura de red considerando costos y beneficios de la solución.

**5.1.3 Definición.** Un sistema de cableado estructurado que se aplica para soluciones de conectividad de redes LAN en edificaciones, es un conjunto de elementos pasivos que funciona como medio de transporte alámbrico o inalámbrico, por el cual se envía y recibe información. Los componentes principales se describen a continuación:

**Salida de telecomunicaciones:** Conector terminal que se instala en el puesto de trabajo y se conecta al cableado horizontal. Normalmente el conector es RJ-45 de 8 pines.

**Patch panel:** Elemento de conexión cruzada que se usa como puente entre el equipo activo (Switch) y el cableado horizontal.

**Cordón de equipos (Patchcord):** Son los cordones de conexión de equipos. Se usan para la conexión del equipo terminal a la salida de telecomunicaciones en puesto de trabajo y el switch al patchpanel. Normalmente la distancia de estos cables no supera los 5 metros.

**Canalización asociada:** Todo el conjunto de ducterías, bandejas y canaletas necesarias para el funcionamiento de la solución de cableado estructurado.

#### **5.1.4 Elementos principales de una red de cableado estructurado**

**5.1.4.1 Cableado horizontal.** Es el medio físico empleado para el transporte de información desde el cuarto de telecomunicaciones de piso a cada puesto de trabajo. Es el elemento objeto de la presente investigación y se especifica por categorías o niveles de desempeño.

**5.1.4.2 Características de tx y pruebas de desempeño.** El comportamiento óptimo en las transmisiones de datos usando cable de cobre par trenzado depende de varios factores: la distancia, el ancho de banda, la velocidad de transmisión y las interferencias externas del medio. Para determinar el

comportamiento del canal de comunicaciones instalado se usan equipos de medición o Testers, y son pruebas que se realizan en campo y dependen del tipo de cable usado, UTP o F/UTP. En la Tabla 1 elaborada por SIEMON<sup>25</sup>, se pueden observar los parámetros mínimos de desempeño dependiendo de la categoría de cableado estructurado.

**Tabla 1. Comparación de desempeño de las normas de la industria de canales**

	Categoría 5e clase D	Categoría 6/ Clase E	Categoría 6A clase EA	Clase F	Clase FA
<b>Rango de frecuencia (MHz)</b>	1-100	1-250	1-500	1-600	1-1000
<b>Pérdida de inserción (dB)</b>	24.0	21.3 (21.7)	20.9	20.8	20.3
<b>Pérdida NEXT (dB)</b>	30.1	39.9	39.9	62.9	65.0
<b>Pérdida PSNEXT (dB)</b>	27.1	37.1	37.1	59.9	62.0
<b>ACR (dB)</b>	6.1	18.6	18.6	42.1	46.1
<b>PSACR (dB)</b>	3.1	15.8	15.8	39.1	41.7
<b>ACRF1) (dB)</b>	17.4	23.3	23.3 (25.5)	44.4	47.4
<b>PSACRF2) (dB)</b>	14.4	20.3	20.3 (22.5)	41.4	44.4
<b>Pérdida de retorno (dB)</b>	10.0	12.0	12.0	12.0	12.0
<b>Pérdida PSANEXT (dB)</b>	n/s	n/s	60.0	n/s	67.0
<b>PSAACRF (dB)</b>	n/s	n/s	37.0	n/s	52.0
<b>TCL (dB)</b>	n/s	n/s	20.3	20.3	20.3
<b>ELTCTL (dB)</b>	n/s	n/s	0.5 (0) 3)	0	0
<b>Retardo de propagación (ns)</b>	548	548	548	548	548
<b>Diferencia de retardos (ns)</b>	50	50	50	30	30

**Fuente** Página Web SIEMON COMPANY. Desmitificación de las Especificaciones de Cableado De Categoría 5e a 7A.

En los parámetros de medición se encuentran:

- **Mapa de alambrado:** prueba que determina la correcta terminación de cada uno de los conductores en las salidas o conectores de telecomunicaciones en ambos extremos del cable (Cuarto técnico y área de trabajo).

<sup>25</sup>Ibid., p. 9.

- **Longitud:** medición que establece la longitud física del canal de comunicaciones instalado y se realiza usando la velocidad nominal de propagación (NVP) del conductor, parámetro que se debe programar en el Tester y es diferente para cada categoría de cableado y cada fabricante.
- **Pérdidas de Inserción o Atenuación:** El total de la señal de un circuito de extremo a extremo es diferente para las distintas categorías de cableado y los dos tipos de circuitos, pero el canal de comunicaciones o enlace es permanente. Este parámetro era usado en las versiones obsoletas del estándar TIA 568.
- **NEXT (NearEndCrosstalk):** mide la cantidad de ruido que se genera en uno de los pares del cable cuando se inyecta señal de prueba en otro par. La prueba es diferente para cada categoría de cableado y los dos tipos de circuitos, enlace permanente o canal de comunicaciones. Para la validez de la prueba, se deben medir todos los pares comparándolos con el resto y el peor comportamiento debe superar los requisitos mínimos de rendimiento.
- **ELFEXT (FarEndCrosstalk):** Al igual que NEXT toma en cuenta efectos de inducción de las señales transmitidas en uno de los pares de un cable sobre los otros pares. La diferencia con NEXT es el punto de la medición porque para calcular el FEXT se inyecta la señal en un extremo y la medición se realiza en el otro extremo del cable FarEnd. Para el ELFEXT se suma la pérdida de inserción de cada par al valor de FEXT que se calculó anteriormente para el mismo par.
- **Perdida de retorno:** Esta prueba mide la presencia de ecos eléctricos en cada uno de los pares del cable. Este fenómeno se produce cuando la señal que viaja por el medio físico y pasa por elementos de determinación, paneles de conexión, conectores de telecomunicaciones o a un empalme con suficiente potencia; ocasiona que parte de la señal se devuelva, produciendo pérdidas en la señal entrante. Las normas de cableado como la TIA 568 recomienda que el enlace permanente debe tener una distancia mínima de 15m para mitigar este fenómeno, aunque algunos fabricantes de cableado garantizan un óptimo funcionamiento a distancias inferiores a los 10m.
- **Diafonía:** Es un fenómeno que se produce cuando parte de una señal que se transporta en un cable par trenzado genera interferencia a otros pares del mismo cable, o a cables de igual naturaleza. La diafonía se mide como la atenuación existente entre un cable de par trenzado que genera interferencia y el cable afectado por esta interferencia, por lo que también se denomina atenuación de diafonía.
- **Retardo de propagación:** El tiempo que tarda la señal en llegar al otro extremo. Se espera que no supere un máximo.
- **Variación del retardo (DelaySkew):** Es la diferencia de retardo de propagación de la señal que hay de un par a otro. Comienza a medirse a partir de Cat. 5e para redes Gigabit. Se espera que no supere un máximo.

**5.1.4.3 Características mecánicas y eléctricas de los cables para cableado horizontal.** Algunos de los aspectos más comunes que afectan la transmisión de información en cables UTP son las pérdidas de señal que se presentan por efectos resistivos del cable y es mayor a altas frecuencias (Atenuación) e interferencias indeseables de otros pares telefónicos y dentro del mismo par (Diafonía).

En este apartado se pretende dar a conocer las características eléctricas y mecánicas que deben cumplir los cables multipar de 100 Ω (UTP o FTP), para su aplicación en las redes de cableado estructurado y así disminuir los problemas presentados en las redes LAN como son la diafonía y la atenuación.

La transmisión está limitada en distancia, ancho de banda y tasa de datos. También cabe destacar que la atenuación es una función fuertemente dependiente de la frecuencia. La interferencia y el ruido externo también son factores importantes, por eso se utilizan coberturas externas y el trenzado.

Los cables de 100Ω permitidos para las redes de cableado estructurado de telecomunicaciones se clasifican en categorías, de acuerdo a la frecuencia máxima hasta la cual están especificadas sus características de transmisión, esto se puede observar en los Cuadros 3 y 4, tomados de la tesis de Miguel Patiño<sup>26</sup>.

**Cuadro 3. Características constructivas para cable de cobre**

Característica	Valor
Diámetro máximo del conductor aislado	1.22 m <sup>x</sup>
Blindaje alrededor de los pares opcional	Opcional
Número de pares del cable horizontal	4
Diámetro máximo del cable horizontal	UTP = 6.35 mm; FTP = 7.4mm
Radio mínimo de curvatura: cableado horizontal ya instalado	UTP = 8 veces el diámetro del cable UTP FTP = 8 veces el diámetro del cable FTP
Resistencia de ruptura mínima para cable Horizontal <sup>xx</sup>	400N
<sup>x</sup> Algunos conectores aceptan diámetros sobre aislamiento máximo de 1.0 mm.	
<sup>xx</sup> Este límite se establece para evitar que las características físico-eléctricas del cable se degraden durante la instalación afectando su desempeño.	
<b>Fuente</b> Tesis de PATIÑO TÉLLEZ, Miguel Ángel. Características de cables de cobre y accesorios de conexión para redes de área local.	

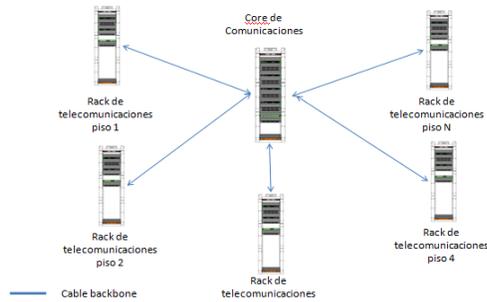
<sup>26</sup> PATIÑO TÉLLEZ, Miguel Ángel: Características de Cables de Cobre y Accesorios de Conexión para Redes de Área Local. Tesis para obtener el título de ingeniero México, Junio de 2012, 62 pág. Instituto Superior de Mecánica y Eléctrica. Consultado 2015. Disponible en: (<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14912/ic%20104%2012.pdf?sequence=1>).

#### Cuadro 4. Características eléctricas y de desempeño

<b>Velocidad de Propagación Máxima (NVP)</b>	0.69	0.69
<b>Resistencia Máxima DC</b>	29 $\Omega$ /1000ft.	9.4 $\Omega$ /100m.
<b>Resistencia Máxima DC Típica</b>	25 $\Omega$ /1000ft	8.2 $\Omega$ /100m.
<b>Resistencia Máxima DC desbalanceada</b>	<3%	<3%
<b>Capacidad Nominal @1kHz.</b>	15 nF/1000ft.	4.9 nF/100m
<b>Espesor físico</b>	22 a 24AWG	22 a 24 AWG
<b>Peso</b>	22 lbs./1000ft	3.2 kg/100m
<b>Díámetro exterior</b>	0.22pulgadas	5.6mm
<b>PE Espesor de aislamiento</b>	0.008pulgadas	0.2mm
<b>PVC Espesor de cubierta</b>	0.022pulgadas	0.6mm
<b>Máxima tensión detracción</b>	25lbs	11 kg (110N)
<b>Mínima tensión de ruptura</b>	90lbs.	41 kg (400N)
<b>Rango de temperatura de operación</b>	-4° a 140°F	-20° a 60°C
<b>Fuente</b> Tesis de PATIÑO TÉLLEZ, Miguel Ángel. Características de cables de cobre y accesorios de conexión para redes de área local		

**5.1.4.4 Cableado de backbone.** Es el cableado utilizado para la comunicación de los diferentes cuartos de telecomunicaciones de los pisos de un edificio con el cuarto principal, donde se aloja el core de comunicaciones o para comunicación entre edificio en el caso de campus. Normalmente se utiliza una topología en estrella desde el cuarto de equipos a cada cuarto de telecomunicaciones. La Figura 1 muestra una topología estándar de cableado de backbone.

**Figura 1. Esquema estándar cableado backbone**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

**5.1.4.5 Cuarto de telecomunicaciones.** Es un espacio cerrado designado para alojar equipos de telecomunicaciones, donde se realiza la terminación del cableado horizontal que llega a los puestos de trabajo o equipos. En este espacio se realiza la conexión cruzada horizontal.

*Conexión Cruzada Horizontal:* Proporciona el acceso al cableado horizontal desde el cableado troncal y el equipo de telecomunicaciones usando cordones de conexión (patchcord) y son conectados en equipos de terminación en ambos extremos.

El cuarto de telecomunicaciones se considera como un espacio de servicios de TI de los pisos de un edificio, tales como: datos, voz, video, etc. El diseño de los cuartos espacios dependen principalmente del tamaño del edificio, espacio del piso que recibirá el servicio, necesidad de los ocupantes, servicio de telecomunicaciones usado y los requerimiento futuros.

La función principal de este espacio es brindar la interconexión de una manera estructurada del puesto de trabajo en el mismo piso a otros pisos por medio de cableado de backbone.

El cuarto de telecomunicaciones se debe dimensionar de acuerdo a la Tabla 2 de la TIA 569<sup>27</sup> que se muestra a continuación:

**Tabla 2. Tamaño del cuarto de telecomunicaciones**

Área servida		Tamaño del cuarto de telecomunicaciones	
Metros <sup>2</sup>	Pies <sup>2</sup>	Metros <sup>2</sup>	Pies <sup>2</sup>
1000	10000	3X3.4	10X11
800	8000	3X2.8	10X9
500	5000	3.0X2.2	10X7

**Fuente** ANSI/TIA/EIA-569, Commercial Building Standards for Telecommunications Pathways and Spaces

**5.1.4.6 Sistemas de tierra de telecomunicaciones.** El sistema de puesta a tierra para proyectos de cableado estructurado de edificios comerciales se debe diseñar, planificar e instalar de acuerdo a las recomendaciones descritas en la norma J-STD 607A. La infraestructura del sistema de puesta a tierra se compone de 5 elementos principales que se describen a continuación:

<sup>27</sup> AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Commercial Building Standards for Telecommunications Pathways and Spaces. ANSI/TIA/EIA-569.

- **Conductor de unión para telecomunicaciones (Bonding Conductor, BC):** Es un conductor de cobre utilizado para unir la barra principal de telecomunicaciones (TMGB) con el sistema de puesta a tierra principal del sistema de potencia de energía.

- **Barra principal de puesta a tierra para telecomunicaciones (Telecommunications Main Grounding Busbar, TMGB):** La barra TMGB sirve como una extensión dedicada de electrodos de puesta a tierra del edificio para servir a la infraestructura de telecomunicaciones. La TMGB sirve también para la conexión central con el sistema medular TBB (Telecommunications Bonding Backbone). La ubicación típica para la instalación del TMGB es el cuarto de Entrance Facility (EF) o lo más cercano a la subestación eléctrica donde se encuentra la malla de tierra general del edificio. Solo debe existir un TMGB por edificación.

- **Sistema modular de puesta a tierra para telecomunicaciones (Telecommunications Bonding Backbone, TBB):** Es un conductor que conecta todas las barras de puesta a tierra para telecomunicaciones (TGBs) con la barra principal de puesta a tierra para telecomunicaciones (TMGB). El TBB se extiende a lo largo del edificio usando las canalizaciones del sistema backbone de telecomunicaciones, y se conecta a todos los TGBs en todos los cuartos de telecomunicaciones y de equipos. Este conductor debe ser instalado sin empalmes, pero deben ser mínimos, identificados y accesibles en el evento que se requieran.

- **Barra de puesta a tierra de telecomunicaciones (Telecommunications Grounding Busbar, TGB):** Es un punto de conexión para la puesta a tierra de los sistemas y equipos de telecomunicaciones que se alojan en un espacio del cuarto de telecomunicaciones y cuarto de equipos.

- **Telecommunications Bonding Backbone Interconnecting Bonding Conductor (TBBIBC):** Es un conductor usado para unir dos conductores TBB de diferentes torres ubicadas en el mismo edificio.

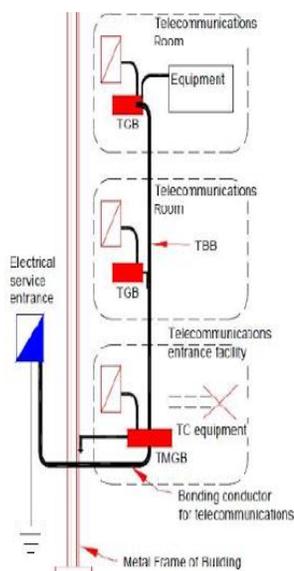
Los elementos y sistemas que se deben considerar en el sistema de puesta a tierra de telecomunicaciones son: Rack o gabinete, sistema de canalización asociado y elementos metálicos al interior del cuarto.

En la Figura 2 se muestra el esquema general del sistema de puesta a tierra, el cual es tomado del estándar TIA 607-B<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup>AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications in Commercial Buildings. ANSI/TIA/EIA-607.

**Figura 2. Esquema general de sistema de puesta a tierra de telecomunicaciones**



**Fuente** ANSI/TIA/EIA-607, Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications in Commercial Buildings.

**5.1.4.7 Puesto de trabajo.** O área trabajo (WAs) es el espacio al interior del edificio donde se ubican los equipos terminales que son manipulados por los usuarios para las diversas aplicaciones con la red de datos. Estos espacios deben ser diseñados de tal manera que supla las necesidades de los ocupantes y los equipos que allí se alojarán. Entre los equipos que más se utilizan en estos espacios, sin limitarse a ellos, son: teléfonos análogos e IP, equipos de fax, módems, computadores portátiles o de escritorio, impresoras, cámaras, etc., que requieren de conexión con el cableado horizontal por medio de los cordones de equipos o patchcord.

Cada área de trabajo debe estar servida como mínimo por una salida/conector de telecomunicaciones y como efecto práctico se puede considerar un espacio cada 10 metros como promedio para el área de trabajo.

Para la ubicación de la salida de telecomunicaciones en el área de trabajo se recomienda seguir los siguientes lineamientos prácticos:

- que la ubicación de la salida de telecomunicaciones este lo más próxima a la salida eléctrica del equipo a servir (1 m).
- que la salida este ubicada a una altura de 30cm sobre el nivel del piso, aunque la altura depende en gran medida del mueble donde se instalarán los equipos o de las necesidades del usuario.

- En espacios donde el acceso al sistema de canalización es restringido, se recomienda instalar como mínimo dos salidas de telecomunicaciones con flexibilidad para la ubicación de los equipos.

Muchos edificios comerciales y los mobiliarios se diseñan para que las necesidades de los usuarios sean fácilmente reconfigurados a medida que evolucionen las necesidades del negocio de las empresas. Así se abre la necesidad de diseños del sistema de telecomunicaciones versátiles a favor de esos cambios: Las soluciones más usadas son: Salidas de telecomunicaciones de multiusuario/MUTOAs y puntos de consolidación.

Las MUTOAs se deben instalar en sitios permanentes del edificio como paredes de concreto o columnas estructurales de la edificación. En ningún caso se debe instalar en espacio de cielo falso, piso elevado o en general en ningún espacio que presente acceso restringido. Típicamente una MUTOA incluye facilidad para ocho, máximo doce, áreas de trabajo donde los equipos se conectan directamente a la MUTOA por medio de cordones de equipos o patchcord. El cableado horizontal se extiende desde la MUTOA hasta la conexión cruzada de los cuartos de telecomunicaciones.

Para permitir que los cordones de equipos se extiendan más de 5m (16 pies), se han tomado las medidas necesarias para cada aplicación de acuerdo a la Tabla 3, tomada de la TIA 569<sup>29</sup>, y se calcula con la siguiente fórmula.

$$C = \frac{102 - H}{1.2}$$

$$W = c \leq 22m \text{ (72 pies)}$$

Dónde:

C= Longitud combinada máxima de los cables de equipos (cordón de área de trabajo y los cordones de parcheo).

W = Longitud máxima de los cordones del área de trabajo.

H= Longitud del cable horizontal.

---

<sup>29</sup> AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Commercial Building Standards for Telecommunications Pathways and Spaces. ANSI/TIA/EIA-569

**Tabla 3.** Longitud de cable de cobre desde el área de trabajo hasta una MUTOA.

Longitud de cable horizontal	Máxima longitud de cordones del área de trabajo	Máxima longitud combinada de los cordones del área de trabajo, y cables de equipos
H	W	C
90 m (295 Pies)	5 m (16 Pies)	10 m (33 Pies)
85 m (279 Pies)	9 m (30 Pies)	14 m (46 Pies)
80 m (262 Pies)	13 m (4 Pies)	18 m (59 Pies)
75 m (246 Pies)	17 m (57 Pies)	22 m (72 Pies)
70 m (230 Pies)	22 m (72 Pies)	27m (89 Pies)

**Fuente** ANSI/TIA/EIA-569, Commercial Building Standards for Telecommunications Pathways and Spaces.

La longitud del canal de comunicaciones se reduce a medida que el cable horizontal se hace más corto, porque los cordones de equipos son fabricados con cable multifilar que generan más atenuación que el cable sólido. Se recomienda no exceder 22 m en el cordón de área de trabajo.

Los puntos de consolidación son conexiones intermedias entre el enlace permanente que se extiende desde la conexión cruzada en los cuartos de telecomunicaciones hasta la salida de telecomunicaciones en el área de trabajo. La terminación en el área de trabajo se debe hacer en conector estándar de telecomunicaciones. Los puntos de consolidación (CP) son ideales cuando la zona que sirve está en constante movimiento por las necesidades del negocio, evitando así el cambio del enlace permanente completo. Estos puntos se deben ubicar a una distancia no menor a 15 m del cuarto de telecomunicaciones para evitar las pérdidas por retorno.

A diferencia de las MUTOAs, los puntos de consolidación se pueden instalar bajo piso elevado o en cielo falso, aunque se recomienda que la instalación se realice en paredes o columnas. Cada punto de consolidación debe ser diseñado para servir máximo a una sola zona de telecomunicaciones que está definida en el estándar TIA 569A como un área de piso útil entre 34 m<sup>2</sup> y 82 m<sup>2</sup>. Este criterio de diseño también se debe aplicar en las soluciones usando MUTOAs. Los puntos de consolidación, al igual que las MUTOAs deben ser diseñados para servir máximo a 12 áreas de trabajo.

**5.1.4.8 Administración de sistema de cableado estructurado.** Para la administración de los sistemas de cableado estructurado para edificios comerciales, aplica lo que se especifica en el estándar TIA 606A (Estándar de la administración para infraestructura Comercial de Telecomunicaciones), que en su última versión establece cuatro clases para administración de cableado

estructurado dependiendo del tamaño y las características de la infraestructura de telecomunicaciones que se implementará. El estándar especifica los formatos de etiquetado en los cuartos de telecomunicaciones y salidas, y reconoce la importancia de documentar la infraestructura de telecomunicaciones, con el fin de optimizar y facilitar la administración del proyecto en todo su ciclo de vida; incluyendo movimientos de puntos y salidas nuevas. El objetivo es mantener en todo momento la información actualizada de los proyectos, de tal manera que se conozca el estado real de la infraestructura de telecomunicaciones.

El estándar para administración de infraestructura de telecomunicaciones TIA 606A tiene en cuenta componentes de cableado estructurado, como: cable, jack, patchcord y salidas de telecomunicaciones. A nivel de espacio incluye cuartos de telecomunicaciones, cuarto de equipos y sistema de canalizaciones y ductos.

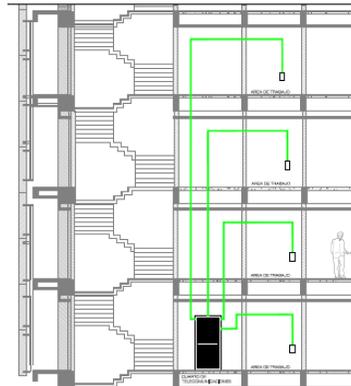
A continuación se describen las cuatro clases de administración definidas en el estándar TIA 606A.

**Clase 1:** Se define para una red de comunicaciones pequeña, la cual está servida por un solo cuarto de telecomunicaciones (TR) o cuarto de equipos, razón por la cual, no existen backbone en esta clase. Los identificadores para este tipo de clase son los siguientes:

- **Identificador para espacio de telecomunicaciones:** Se asigna un único identificador en el edificio, con el formato  $fs$ , en donde  $f$  es un carácter numérico que indica el piso donde se ubica el espacio de telecomunicaciones y  $s$  es un carácter alfanumérico único que identifica el espacio de telecomunicaciones.
- **Identificador para enlace horizontal:** Se asigna un identificador único a cada enlace horizontal que debe tener el formato  $fs-an$ , donde  $fs$  es el identificador del espacio de telecomunicaciones,  $a$  se compone de 1 o 2 caracteres que identifican de forma única un panel de conexión o grupo de paneles con puertos numerados secuencialmente  $yn$ , 2 o 4 caracteres que designa el puerto en un patch panel.
- **Identificador para TMGB:** Se debe asignar un identificador único a la barra principal de telecomunicaciones con el formato  $fs-TMGB$ , donde  $fs$  identifica el espacio de telecomunicaciones y  $TMGB$  es la porción del identificador designada para la barra principal de telecomunicaciones.
- **Identificador para TGB:** Se debe asignar un identificador único a cada barra de puesta a tierra de telecomunicaciones de formato  $fs-TGB$ , donde  $fs$  identifica el espacio de telecomunicaciones y  $TGB$  es la porción del identificador designada para la barra de puesta a tierra de telecomunicaciones.

En la Figura 3 se muestra el esquema básico para esta aplicación.

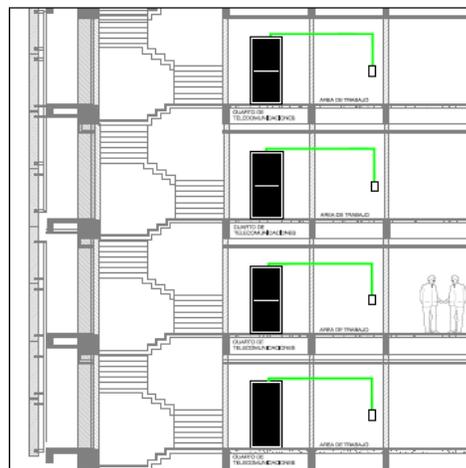
**Figura 3. Esquema para identificación y administración clase 1**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

**Clase 2:** Esta clase utiliza múltiples cuartos o espacios de telecomunicaciones en un edificio (TR, s) conectados a través de cable backbone. Para la administración de un sistema clase 2 (Figura 4), el principal elemento adicional es el sistema medular o backbone, el cual debe tener un único identificador dentro del edificio. El formato de identificación debe ser *fs1-fs2*, en donde *fs1* es un identificador del espacio de telecomunicaciones que contiene la terminación de uno de los extremos del cableado medular y *fs2* es un identificador del espacio de telecomunicaciones que contiene la terminación del otro extremo del cableado medular.

**Figura 4. Esquema para identificación y administración clase 2**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

**Clase 3:** Esta clase se conforma por múltiples edificios en un campus, cada uno con múltiples cuartos de telecomunicaciones. Adicional a las clases 1 y 2, en esta clase se agrega un elemento que corresponde a la conexión de planta externa. El formato de identificación para este cable es único y debe ser  $(b1-fs1)-(b2-fs2)-n$ , en donde  $b1-fs1$  es el identificador de edificio e identificador para espacio de telecomunicaciones, en el cual es terminado uno de los extremos del cable medular;  $b2-fs2$  es el identificador de edificio e identificador para espacio de telecomunicaciones, en el cual es terminado el otro extremo del cable medular y  $n$  es un identificador único de cable con un extremo terminado en el espacio designado por  $b1-fs1$  y el otro extremo terminado en el espacio designado por  $b2-fs2$ , esto se puede observar en la Figura 5.

**Figura 5. Esquema para identificación y administración clase 3**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

**Clase 4:** Estos sistemas son formados por múltiples campus, cada uno con múltiples edificios. Aplican los mismos formatos definidos anteriormente en las clases 1, 2 y 3. Esta es la clase con el nivel más alto definida en el estándar TIA 606 A y ejemplo de ella es la conexión de redes entre ciudades.

**5.1.4.9 Tipo de cableado.** Las normas de cableado estructurado TIA 568 e ISO 11801 especifican el diseño y la instalación con una categoría o clase de desempeño en el canal de comunicación. Entre las categorías que se usan actualmente y se referencian en las normas están: Categoría **3, 5e, 6, 6A, 7 y 7A**, cada una de ellas cumpliendo parámetros de desempeño diferentes y son aplicables a soluciones específicas.

En la actualidad existen varios fabricantes como SIEMON, AMP, ORTRONICS, SYSTIMAX, LEVITON, entre otros que ofrecen diversas soluciones de cableado estructurado acorde a las necesidades de los usuarios. Estos fabricantes cumplen y garantizan la operación de la aplicación acorde al estándar IEEE 802.3 y la compatibilidad con categorías inferiores.

## 5.2 FIBRA ÓPTICA

Una red de área local (LAN) o una red empresarial (“edificio y campus”) conecta usuarios hasta una distancia de 2 a 5 km y abarca la conectividad del edificio, así como el cableado entre edificios o de campus. El cableado de fibra óptica se utiliza principalmente para la conectividad a mayores distancias y con mayor ancho de banda, mientras que el cableado de cobre de par trenzado ofrece, por lo general, la conexión para el usuario o a los dispositivos finales. Este cableado de cobre puede soportar conectividad de red hasta una distancia de 100 m. El cableado de fibra óptica es el medio preferido para distancias más allá de los 100 m, como los cables del troncal de edificios o campus.

Los edificios por lo general cuentan con dos sub-sistemas de cableado: el horizontal y vertical. La investigación se adapta a la norma EIA/TIA 568 que indica la fibra óptica 62.5/125  $\mu\text{m}$  a utilizar para el cableado horizontal y la fibra óptica 62.5/125  $\mu\text{m}$  multi-modo y la fibra óptica 8.3/125  $\mu\text{m}$  mono-mod para los sistemas de cableado vertical <sup>30</sup>.

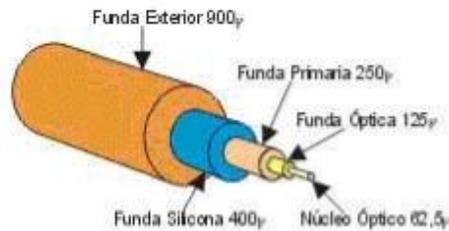
**5.2.1 Estructura de la fibra.** Una fibra óptica (en realidad, un cable de fibra óptica está compuesto por una o más fibras, cada una con su correspondiente recubrimiento). Tal como se observa en la Figura 6 (figura tomada de la web)<sup>31</sup>, consta de varios componentes colocados de forma concéntrica. Desde el centro hasta el exterior del cable de fibra óptica se encuentra en su orden: el núcleo, un revestimiento, una cubierta, unas fibras de refuerzo y una vaina exterior.

---

<sup>30</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Proyecto Nacional de Fibra Óptica. Consultado 2015. Disponible en: (<http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>).

<sup>31</sup> GÓMEZ G., Roberto. Línea de Transmisión por Fibra Óptica. Octubre 2013. Consultado 2016. Disponible en: (<http://es.slideshare.net/magssrl/si3-fibra-optica>).

**Figura 6. Estructura de la fibra**



**Fuente**GÓMEZ G. Roberto. Línea de Transmisión por fibra óptica.

El núcleo es el medio físico que transporta las señales ópticas de datos desde la fuente de luz al dispositivo de recepción y se trata de una sola fibra continua de vidrio ultra-puro de cuarzo o dióxido de silicio de diámetro muy pequeño, entre 10 y 300 micrones ( $\mu\text{m}$ ) (10-6m). Cuanto mayor es el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que el cable puede transportar. Precisamente, los cables de fibra óptica se clasifican en función de su diámetro. Los tres tamaños disponibles más usuales son los de 50  $\mu\text{m}$ , 62.5  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ .

El revestimiento o aislante de vidrio que rodea el núcleo tiene un índice refractante distinto, de forma que actúa como capa reflectante y consigue que las ondas de luz que intentan escapar del núcleo sean reflejadas y retenidas en este.

La cubierta protectora o recubrimiento, añade varias capas de plástico con el fin de absorber los posibles shocks y proporcionan una protección extra contra las curvaturas excesivas del cable, es decir, preservar la fuerza de la fibra. Este recubrimiento también se mide en micrones ( $\mu\text{m}$ ) y su diámetro puede estar entre 250  $\mu\text{m}$  y los 900  $\mu\text{m}$ .

El conjunto de fibras de refuerzo envolventes pretende proteger el núcleo de posibles aplastamientos o excesivas tensiones durante la instalación del cable<sup>32</sup>.

**5.2.2 Principio de reflexión.** Cuando un rayo luminoso incide sobre la superficie de separación en medio de dos sustancias, una fracción de la misma se refleja. La proporción de la luz reflejada es función del ángulo que forma el rayo de luz incidente con la perpendicular a la superficie de separación de los medios (Figura 7). Por rayo de luz se entiende, la trayectoria dentro de la cual se extiende la energía luminosa. El rayo luminoso es reflejado y su ángulo de reflexión  $\theta_2$  que este forma con la perpendicular a la superficie de separación de la sustancia es:

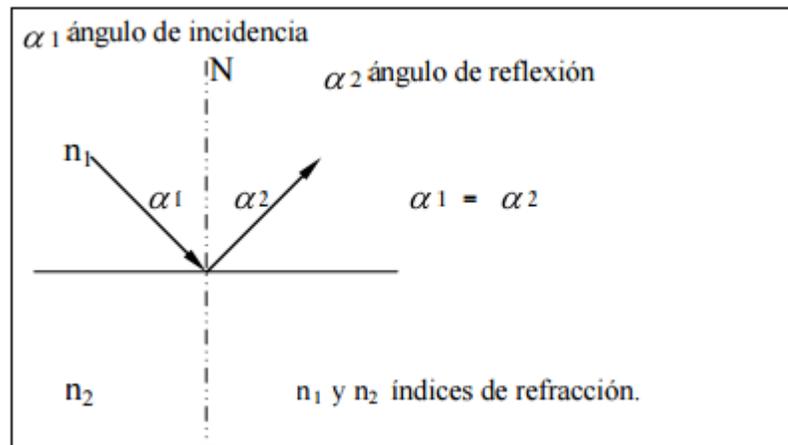
<sup>32</sup>COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Op. cit., p. 1.

El rayo incidente, el reflejado y la perpendicular a la superficie de separación de los medios, se encuentran en un mismo plano.

El rayo reflejado se halla en el semiplano opuesto en relación con el rayo luminoso incidente y la perpendicular a la superficie de separación de las sustancias.

El ángulo formado por el rayo incidente con la perpendicular, y el ángulo reflejado con la perpendicular son iguales<sup>33</sup>.

**Figura 7. Principios de Reflexión**



**Fuente** Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Proyecto Nacional de Fibra Óptica.

**5.2.3 Refracción de la luz.** Si un rayo luminoso incide con un ángulo de modo oblicuo desde una sustancia ópticamente menos densa (aire) a otra más densa (vidrio), su dirección de propagación se quiebra y su trayectoria continúa en la segunda sustancia con un ángulo de refracción, diferente al de incidencia (Figura 8).

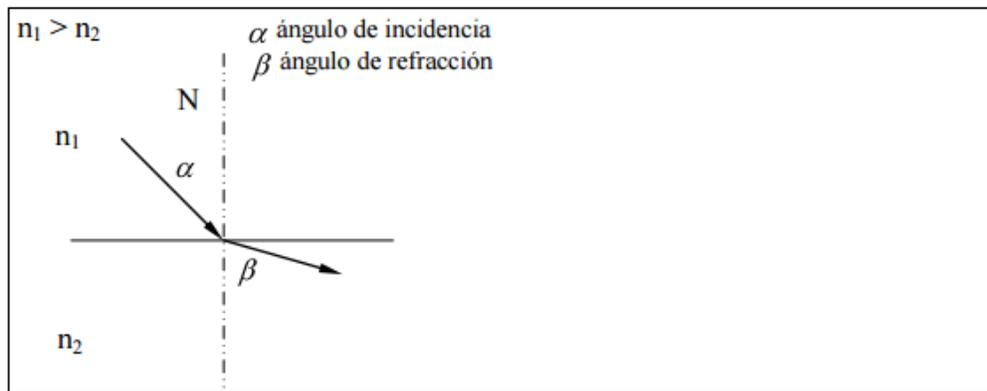
Para una sustancia isotópica, o sea un medio o material que presenta idénticas propiedades en todas sus direcciones, vale la ley de refracción de Snell. El cociente entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de

<sup>33</sup> HERNANDEZ SUÁREZ, Rodrigo D.; MONTEJO MELGAREJO, Valeria S.; PEREZ VERTTI, Daniel. ¿Cómo Funciona la Fibra Óptica? Consultado 2015. Disponible en: (<https://www.emaze.com/@ACQWTCTQ/Fibra>).

refracción es constante e igual a la relación de las velocidades de la luz  $C_1/C_2$  en ambas sustancias<sup>34</sup>.

$$\frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \beta} = \frac{C_1}{C_2} \text{ Ley de Snell}$$

**Figura 8. Refracción de la luz**



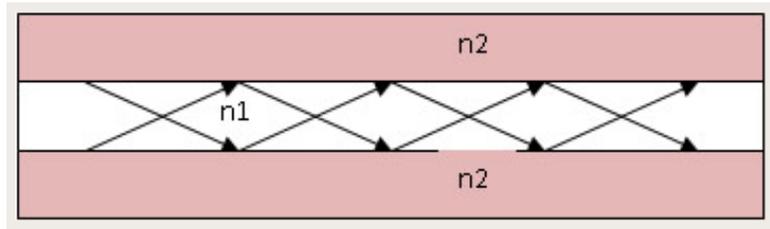
**Fuente** Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Proyecto Nacional de Fibra Óptica.

**5.2.4 Fibras ópticas multi-modo.** Según el MINTIC en su proyecto nacional de fibra óptica, las fibras ópticas multi-modo son aquellas fibras que pueden guiar y transmitir varios rayos de luz por el efecto de reflexión (varios modos de propagación) a través del núcleo de la fibra óptica (Figura 9). Estas fibras ópticas son fabricadas a base de vidrio y son utilizadas para aplicaciones de cortas distancias en soluciones donde no existen trayectos mayores de 2 kilómetros, y se adaptan muy bien a soluciones de tipo empresarial y campus universitarios, entre otras<sup>35</sup>.

<sup>34</sup> Ibid., p. 4.

<sup>35</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Op. cit., p. 4.

**Figura 9. Fibra multi-modo**



**Fuente** Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Proyecto Nacional de Fibra Óptica.

**5.2.5 Fibras ópticas mono-modo.** Según el MINTIC en su proyecto nacional de fibra óptica, las fibras ópticas mono-modo son aquellas fibras que, por su diseño, pueden guiar y transmitir un solo rayo de luz a través del eje de la fibra óptica, siendo la longitud de onda del mismo tamaño del núcleo, por lo que se denomina 'mono-modo' (único modo de propagación) (Figura 10). Esta fibra óptica permite lograr grandes distancias, para alcanzar un alto cubrimiento y una alta capacidad de transmisión de información<sup>36</sup>.

**Figura 10. Fibra mono-modo**



**Fuente** Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Proyecto Nacional de Fibra Óptica.

"Estas fibras ópticas son normalmente utilizadas por los operadores de comunicaciones en el mundo para el despliegue de las redes ópticas de cubrimiento metropolitano, regional y nacional. Según la tecnología que se implemente para la transmisión de información, se pueden alcanzar distancias de miles de kilómetros y permitir enviar terabits de información"<sup>36</sup>.

---

<sup>36</sup>Ibid. p. 4.

**5.2.6 Tipos de fibra.** De acuerdo con el tipo de aplicación que se requiera, la capacidad de información a transmitir y el precio; en el mercado se pueden encontrar cables de fibra que se adaptan a cualquier tipo de necesidad. En la Tabla 4 se observan las diferentes fibras que se encuentran en el mercado según la FOA<sup>37</sup>.

**Tabla 4.** Tipos de fibra, características y aplicaciones

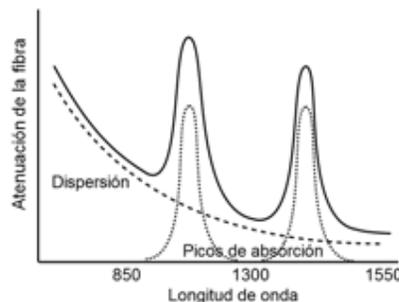
Núcleo/revestimiento ( <i>cladding</i> )	Atenuación	Ancho de banda	Aplicaciones/notas
<b>Multi-modo de índice gradual</b>			
	<b>@850/1300 nm</b>	<b>@850/1300 nm</b>	
50/125 micrones (OM-2)	3/1 dB/Km	500/500 MHz-Km	Para láser para redes LAN GbE
50/125 micrones (OM-3)	3/1 dB/Km	2000/500 MHz-Km	Optimizada para VCSEL de 850 nm
50/125 micrones (OM-4)	3/1 dB/Km	4700/500 MHz-Km	Optimizada para VCSEL de 850 nm >10Gb/s
62.5/125 micrones (OM-1)	3/1 dB/Km	160-200/500 MHz-Km	Fibra para red LAN (FDDI)
100/140 micrones	3/1 dB/Km	150/300 MHz-Km	Obsoleto
<b>Mono-modo</b>			
	<b>@1310/1550 nm</b>	<b>@1310/1550 nm</b>	
9/125 micrones (OS-1, B1.1, o G.652)	0.4/0.25 dB/Km	~100 Terahertz	Fibra estándar mono-modo, telecomunicaciones/TV por cable, redes LAN de larga distancia y alta velocidad.
9/125 micrones (OS-2, B1.3, o G.652)			Fibra de "pico de agua reducido" (LWP)
9/125 micrones (B2, o G.653)	0.4/0.25 dB/Km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazado (DSF)
9/125 micrones (B1.2, o G.654)	0.4/0.25 dB/Km	~100 Terahertz	Fibra con corte desplazado (CSF)
9/125 micrones (B4, o G.654)	0.4/0.25 dB/Km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada no nula (NZ-DSF)
<b>Multi-modo</b>			
<b>De índice escalonado</b>	<b>@850 nm</b>	<b>@850 nm</b>	
200/240 micrones	4-6 dB/Km	50 MHz-Km	Núcleo de vidrio con revestimiento ( <i>cladding</i> ) de plástico
Redes LAN y enlaces de baja velocidad			
<b>Fibra óptica de plástico (POF)</b>	<b>@650 nm</b>	<b>@650 nm</b>	
1 mn	~1 dB/m	~5 MHz-Km	Enlaces de corta distancia y de baja velocidad & vehículos
<b>Fuente</b> Página Web The Fiber Optic Association, INC. Guide to Fiber Optics and Premises Cabling.			

<sup>37</sup> THE FIBER OPTIC ASSOCIATION, INC. Guide to Fiber Optics and Premises Cabling. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.thefoa.org/ESP/Fibra\\_optica.htm](http://www.thefoa.org/ESP/Fibra_optica.htm)).

**5.2.7 Especificaciones de la fibra.** Las especificaciones más usuales son: tamaño (diámetros de núcleo y del revestimiento -cladding- en micrones); coeficiente de atenuación (dB/km en la longitud de onda adecuada) y ancho de banda (MHz-km) para fibras multi-modo; y dispersión cromática y de modo de polarización para fibras mono-modo. A pesar de que los fabricantes tienen en cuenta otras especificaciones para el diseño y la producción de la fibra según los estándares de la industria, como la apertura numérica (el ángulo de aceptación de la luz en la fibra), la ovalidad (cuán circular es la fibra), la concentricidad del núcleo y del revestimiento (cladding), etc., éstas no suelen afectar a los usuarios que precisan comprar o instalar fibras<sup>38</sup>.

**5.2.7.1 Atenuación.** "La especificación principal de la fibra óptica es la atenuación, que significa pérdida de potencia óptica. El coeficiente de atenuación es el que expresa la atenuación de una fibra óptica y puede definirse como la pérdida de la fibra por unidad de longitud (en dB/km). La atenuación de la fibra varía considerablemente según la longitud de onda de la luz"<sup>39</sup>, esto se puede observar en la Figura 11.

**Figura 11. Atenuación de la fibra**



**Fuente** Página Web The Fiber Optic Association, INC. Guide to Fiber Optics and Premises Cabling.

"La atenuación es el resultado de dos factores: absorción y dispersión. La primera ocurre porque las moléculas presentes en el vidrio absorben la luz y la convierten en calor. La principal fuente de absorción son los residuos de iones de hidroxilo ( $\text{OH}^+$ ) y de dopantes que se utilizan para modificar el índice de refracción del vidrio. Esta absorción ocurre en longitudes de onda independientes, determinadas

<sup>38</sup>Ibid. p. 5.

<sup>39</sup>Ibid. p. 5.

por los elementos que absorben la luz. La absorción de OH<sup>+</sup> predomina y ocurre más notoriamente en 1000 nm, 1400 nm y por encima de 1600 nm<sup>40</sup>.

La mayor causa de la atenuación es la dispersión. La dispersión ocurre cuando la luz choca con átomos individuales en el vidrio y éste es anisotrópico. La luz que se dispersa en ángulos fuera de la apertura numérica de la fibra se absorberá en el revestimiento (cladding) o se reflejará hacia la fuente. La dispersión también es una función de la longitud de onda, inversamente proporcional a la longitud de onda de la luz elevada a la cuarta. Por lo tanto, si se duplica la longitud de onda de la luz, las pérdidas por dispersión se reducen a la mitad en relación a la cuarta potencia o a la dieciseisava parte.

Por ejemplo, la pérdida de la fibra multi-modo es mucho mayor en 850 nm (llamada longitud de onda corta) de 3 dB/km, mientras que en 1300 nm (llamada longitud de onda larga) es de sólo 1 dB/km; lo que significa que en 850 nm, la mitad de la luz se pierde en 1 km, mientras que en 1300 nm sólo se pierde el 20%.

En consecuencia, para transmisiones de larga distancia es recomendable utilizar la mayor longitud de onda posible para lograr una atenuación mínima y una distancia máxima entre los repetidores. La absorción y la dispersión en conjunto producen una curva de atenuación de una fibra estándar de vidrio, tal como se ilustró en la Figura 11.

Los sistemas de fibra óptica transmiten en las "ventanas" creadas entre las bandas de absorción a 850 nm, 1300 nm y 1550 nm, para las que la física también permite fabricar fácilmente láseres y detectores. La fibra de plástico tiene una banda de longitud de onda más reducida, por lo que su utilidad práctica se limita a fuentes LED de 660 nm.

La atenuación de las fibras multi-modo de índice gradual también depende de cómo se transmite la luz a través de la fibra, lo que se denomina distribución de potencia modal. El ancho de banda también está influenciado por esta distribución de potencia modal<sup>41</sup>.

**5.2.7.2 Ancho de banda.** La capacidad de transmisión de información de la fibra multi-modo está limitada por dos componentes de la dispersión: modal y cromática. La dispersión modal ocurre porque el perfil del índice de la fibra multi-modo no es perfecto; el perfil de índice gradual teóricamente permite que todos los modos tengan la misma velocidad de grupo o velocidad de tráfico a lo largo de la fibra. Dado que la cubierta exterior del núcleo tiene un índice de refracción menor que la de la parte central del núcleo, los modos de orden

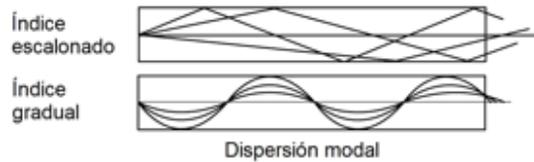
---

<sup>40</sup>Ibid. p. 5.

<sup>41</sup>Ibid. p. 6.

superior aumentan su velocidad a medida que se alejan del centro del núcleo, y así compensan las mayores longitudes de las trayectorias (Figura 12)<sup>42</sup>.

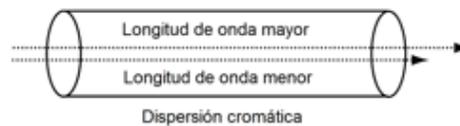
**Figura 12. Ancho de banda**



**Fuente**Página Web The Fiber Optic Association, INC. Guide to Fiber Optics and Premises Cabling.

En una fibra ideal, todos los modos tendrían la misma velocidad de grupo (rapidez) y no existiría la dispersión modal, pero en las fibras reales, el perfil del índice es una aproximación gradual y no se transmiten todos los modos de forma perfecta, por lo que puede existir dispersión modal. Debido a que los modos de orden superior tienen desviaciones mayores, la dispersión modal de una fibra (y en consecuencia su ancho de banda de láser) tiende a ser muy sensible a las condiciones modales en la fibra. El ancho de banda de una fibra en particular es proporcional a la longitud de la fibra, dado que la dispersión ocurre a lo largo de toda la fibra. Sin embargo, el ancho de banda de fibras más largas se degrada de forma no lineal ya que los modos de orden superior se atenúan más. La Figura 13 ilustra un análisis de los efectos de la distribución de la potencia modal<sup>43</sup>.

**Figura 13. Análisis de distribución de la potencia modal**



**Fuente**Página Web The Fiber Optic Association, INC. Guide to Fiber Optics and Premises Cabling.

<sup>42</sup>Ibid. p. 6.

<sup>43</sup>Ibid. p. 6.

"El segundo factor que incide en el ancho de banda de la fibra es la dispersión cromática, que afecta tanto a la fibra multi-modo como a la mono-modo. Sabiendo que un prisma propaga el espectro de la luz incidente, ya que la luz viaja a diferentes velocidades según su color y en consecuencia se refracta en ángulos diferentes"<sup>44</sup>.

La forma usual de expresar este fenómeno es el índice de refracción del vidrio que depende de la longitud de onda. Por lo tanto, una fibra con perfil de índice gradual fabricada cuidadosamente sólo puede optimizarse para una sola longitud de onda, generalmente cerca de 1300 nm, y la luz de otros colores sufrirá dispersión cromática. Incluso, la luz en el mismo modo sufrirá dispersión si tiene diferentes longitudes de onda.

La dispersión cromática es un gran problema con fuentes LED en fibra multi-modo, porque tienen un espectro de emisión ancho, a diferencia de los láseres que concentran la mayor parte de su luz en un rango espectral angosto. Los sistemas como el FDDI (Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra), que se basan en emisores LED superficiales de espectro ancho, sufren tal intensidad de dispersión cromática que la transmisión se limita a sólo 2 km de fibra de 62.5/125.

La dispersión cromática también afecta enlaces largos en sistemas con fibra mono-modo, incluso con láser, por lo que la fibra y las fuentes están optimizadas para reducir la dispersión cromática en transmisiones de larga distancia.

Los sistemas con fibra mono-modo ahora son más veloces y de mayor distancia, y debido a ello, otro factor de dispersión ha cobrado importancia: la dispersión por modo de polarización (PMD). Este tipo de dispersión ocurre por las diferencias de velocidad de la luz polarizada que se propaga dentro de la fibra. La dispersión por PMD es difícil de probar porque es sensible a la tensión física aplicada sobre el cable, en cuyo caso, puede cambiar. Por ejemplo, en los casos en que la velocidad de viento afecta los cables aéreos; incluso es difícil probarla con los métodos de comprobación de la fibra que utilizan los diferentes fabricantes de equipos de comprobación<sup>45</sup>.

**5.2.8 Tipos de conectores.** Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se hallan los que se observan en la Figura 14 (encontrados en la web)<sup>46</sup>:

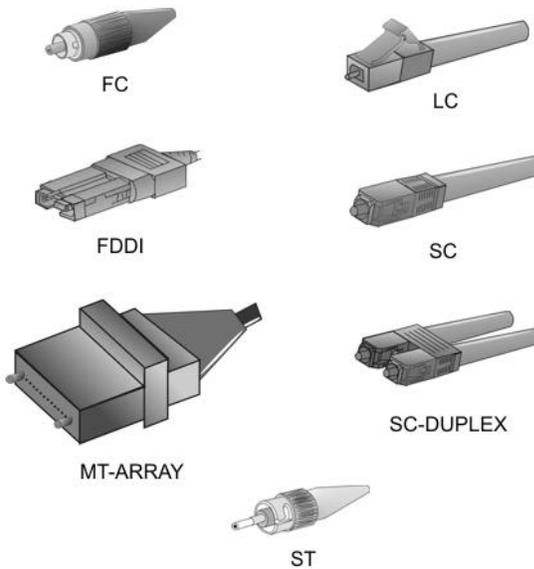
---

<sup>44</sup>Ibid. p. 6.

<sup>45</sup>Ibid. p. 2.

<sup>46</sup>WIKIMEDIA COMMONS ORG. Tipos de Conectores de la Fibra Óptica. Enero 2007. Consultado 2015. Disponible en: ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tipos\\_conectores\\_fibra\\_optica.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tipos_conectores_fibra_optica.jpg)).

**Figura 14. Conectores de fibra**



**Fuente** Página Web Wikimedia. Tipos de Conectores de la Fibra Óptica.

FC, se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.

FDDI, se usa para redes de fibra óptica.

LC y MT-Array, se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.

SC y SC-Dúplex, se utilizan para la transmisión de datos.

ST o BFOC, se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad<sup>47</sup>.

**5.2.9 Utilización de la fibra.** Según la FOA (The Fiber Optic Association, Inc. [FOA]) existen aplicaciones a las que se puede integrar la fibra óptica dependiendo de su adecuación si es a nivel interno o externo del edificio. A continuación se presentan la clasificación de algunos servicios y las aplicaciones que comúnmente funcionan en cada clasificación<sup>48</sup>.

---

<sup>47</sup> Ibid. p. 2.

<sup>48</sup> THE FIBER OPTIC ASSOCIATION, INC. Diseño de la Red de Fibra Óptica. Consultado 2016. Disponible en: (<http://www.thefoa.org/ESP/Diseno.htm>).

**5.2.9.1 Planta externa.** Casi todos los cables del sistema de telefonía son de fibra óptica, excepto los sistemas de telecomunicaciones que aún utilizan el cobre para la conexión final hasta el hogar. Las empresas de CATV utilizan un cable coaxial de alto rendimiento dentro de los hogares, pero este se conecta a una red troncal (backbone) de fibra óptica. La red troncal (backbone) de internet está compuesta por fibra en su totalidad. La mayoría de los edificios comerciales que están en áreas muy pobladas reciben conexiones directas de fibra por parte de los proveedores de servicios de comunicación. Las ciudades utilizan la fibra mono-modo para conectar los edificios municipales, a las cámaras de vigilancia, a las señales de tránsito y, algunas veces, ofrecen conexiones comerciales y residenciales basadas en este tipo de fibra. Incluso las torres de antenas de celulares que están junto a las autopistas y en los edificios altos suelen tener conexiones de fibra. Las áreas remotas, como África central, dependen de las comunicaciones satelitales ya que los cables son demasiados costosos para recorrer grandes distancias con relación al poco volumen de tráfico que existe.

En general, diseñar aplicaciones de larga distancia o en planta externa implica elegir un cableado de fibra mono-modo sobre todos los otros medios de transmisión. La mayoría de estos sistemas están diseñados para cubrir distancias y soportar velocidades que imposibilitarían el uso de cualquier medio que no sea la fibra mono-modo. Ocasionalmente, existen otras opciones más rentables, por ejemplo, si una empresa posee dos edificios en los lados opuestos de una autopista, sería más fácil utilizar una red óptica inalámbrica con línea de visión o de radio ya que tiene un costo de instalación más bajo y es más fácil obtener los permisos correspondientes<sup>48</sup>.

**5.2.9.2 Planta Interna.** Los argumentos acerca de la fibra, el cobre o la red inalámbrica se centran en el cableado en planta interna. La experiencia de un siglo y medio en el cableado de sistemas de comunicaciones basados en el cobre le brinda a los usuarios una familiaridad con el cobre que los vuelve escépticos con respecto a todos los otros medios de transmisión. Además, en muchos casos, el cobre demostró ser una opción válida. La mayoría de los sistemas de gestión de la construcción utilizan cableados de cobre exclusivos, por ejemplo, el cableado de un termostato y los sistemas de audio o de altavoz.

Los sistemas de control de seguridad y de acceso, seguramente los más económicos, aún dependen del cable de cobre coaxial, aunque los edificios de alta seguridad como las instalaciones gubernamentales y militares suelen pagar el costo adicional que trae aparejado la fibra, ya que es más segura.

Los sistemas de vigilancia son cada vez más habituales en los edificios, en especial en los edificios gubernamentales, los bancos y otros edificios en los que se considera que puede estar en riesgo la seguridad.

Las conexiones de cable coaxial son habituales en enlaces cortos, y quienes están a favor de los cableados estructurados afirman que es posible instalar cámaras en distancias limitadas por medio de cables UTP de par trenzado no

blindados de categoría 5e o 6, como las redes de computadoras. Sin embargo, la fibra se convirtió en una elección mucho más habitual. Además de ofrecer una mayor flexibilidad para la ubicación de la cámara debido a su capacidad de permitir mayores distancias, el cableado de fibra óptica es mucho más pequeño y liviano. Esto facilita la instalación, en especial en edificios antiguos, como los aeropuertos, o en edificios grandes en los que puede haber espacios disponibles que ya están ocupados por varias generaciones de cableados de cobre<sup>49</sup>.

### 5.3 EQUIPOS ACTIVOS

Los switches y routers son dispositivos activos de la red y de ellos depende en gran parte el correcto funcionamiento de los dispositivos conectados en la misma red o permiten la comunicación de esta con otras redes.

Los Switches se utilizan para conectar varios dispositivos a través de la misma red dentro de un edificio u oficina. Por ejemplo, un switch puede conectar sus computadoras, impresoras y servidores, creando una red de recursos compartidos. El switch actuaría de controlador, permitiendo a los diferentes dispositivos compartir información y comunicarse entre sí. Mediante el uso compartido de información y la asignación de recursos, los switches permiten ahorrar dinero y aumentar la productividad.

Existen dos tipos básicos de switches: administrados y no administrados. Los switches no administrados funcionan de forma automática y no permiten realizar cambios. Los equipos en redes domésticas suelen utilizar switches no administrados.

Los switches administrados permiten su programación. Esto proporciona una gran flexibilidad porque el switch se puede supervisar y ajustar de forma local o remota, para proporcionarle control sobre el desplazamiento del tráfico en la red y quién tiene acceso a la misma.

A continuación, en las Figuras 15 a la 21 se presentan algunos switches de CISCO<sup>50</sup> con sus características más relevantes:

---

<sup>49</sup>Ibid. p. 3.

<sup>50</sup>CISCO SYSTEMS, INC. Switches Cisco para campus y Distribución. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.cisco.com/c/es\\_mx/products/switches/index.html](http://www.cisco.com/c/es_mx/products/switches/index.html)).

**Figura 15. CISCO Catalyst 6800 Series Switches**



**Fuente**Página Web CISCO Systems, INC. Switches CISCO para campus y distribución.

***CISCO Catalyst 6800 Series Switches***

Optimizado para los servicios 1 y 10 Gbps.

Capacidad de la ranura superior de hasta 880 Gbps.

Capacidad de conmutación de hasta 11,4 Tb.

Operaciones simplificadas con catalizador acceso instantáneo.

**Figura 16. CISCO Catalyst 6500 Series Switches**



**Fuente**Página Web CISCO Systems, INC. Switches CISCO para campus y distribución.

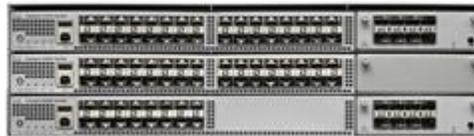
### ***CISCO Catalyst 6500 Series Switches***

Virtual Switching System para la capacidad de recuperación.

Módulos de servicios integrados para apoyo inalámbrico, análisis de redes y seguridad.

80 Gbps por cada ranura de capacidad, 180 Gbps por ranura.

**Figura 17. CISCO Catalyst 4500 Series Switches-X**



**Fuente** Página Web CISCO Systems, INC. Switches CISCO para campus y distribución.

### ***CISCO Catalyst 4500 Series Switches-X***

Rentable, switch de agregación fijo pequeña.

Las características de alta disponibilidad para reducir el tiempo de inactividad.

Escalas con hasta 800 Gbps de capacidad de conmutación.

Hasta 40 puertos 1G / 10G.

**Figura 18. CISCO Catalyst 3850 conmutador de fibra óptica Modelos**



**Fuente** Página Web CISCO Systems, INC. Switches CISCO para campus y distribución.

### ***CISCO Catalyst 3850 conmutador de fibra óptica Modelos***

Plataforma de baja densidad de 1 GB despliegues de distribución.

12 y 24 modelos de puerto Gigabit SFP.

1 y 10 módulos de enlace ascendente GB

### **Switches CISCO data center**

### ***CISCO Catalyst 4500E Series***

Modular, Capa 2 y 3, 928 Gbps.

La tecnología multigigabit.

PoE, PoE +, UPOE.

100 puntos de acceso compatibles

**Figura 19. CISCO Catalyst 3850 Series**



**Fuente**Página Web CISCO Systems, INC. Switches CISCO para campus y distribución.

### ***CISCO Catalyst 3850 Series***

Apilables, Layer 2 y 3, 480 Gbps.

La tecnología multigigabit.

PoE, PoE +, StackPower, UPoE.

100 puntos de acceso compatibles

**Figura 20. CISCO Catalyst 3650 Series**



**Fuente** Página Web CISCO Systems, INC. Switches CISCO para campus y distribución.

***CISCO Catalyst 3650 Series***

Apilables, Layer 2 y 3, 160 Gbps.

La tecnología multigigabit.

PoE, PoE +.

50 puntos de acceso compatibles

**Figura 21. CISCO Catalyst 2960-X y la serie XR**



**Fuente** Página Web CISCO Systems, INC. Switches CISCO para campus y distribución.

***CISCO Catalyst 2960-X y la serie XR***

Apilables, Layer 2 y 3, 80 Gbps.

PoE, PoE +

Las especificaciones de los equipos mostrados anteriormente se tomaron con base a la información de la página oficial de CISCO<sup>51</sup>, uno de los fabricantes más reconocidos en la industria.

---

<sup>51</sup> CISCO SYSTEMS, INC. Switches Cisco para campus y Distribución. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.cisco.com/c/es\\_mx/products/switches/index.html](http://www.cisco.com/c/es_mx/products/switches/index.html)).

## 6. TIPOS Y SERVICIOS DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES

### 6.1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente apartado se realiza una descripción detallada de los diferentes espacios donde se implementan redes de telecomunicaciones. Abarca las redes de datos en las oficinas comerciales donde aplican cualquier proyecto en una edificación, centros de cómputo, espacios industriales y redes para la seguridad y automatización. Por otro lado, se analizan los servicios de redes que impactan directamente los requisitos de anchos de banda y velocidad de transmisión de las redes de datos. A su vez, se realiza un análisis de las topologías de conexión que aplican para cada tipo de red, así como los medios de transmisión reconocidos por las normas TIA e ISO para cada espacio. Lo anterior se relaciona directamente con el estándar IEEE 802.3 para determinar el cumplimiento del medio de transmisión, conforme la velocidad de transmisión establecida por cada usuario.

Los aspectos descritos son de gran importancia y se deben tener en cuenta a la hora de iniciar un proyecto de cableado porque dan una ruta específica para que los sistemas adquiridos sean funcionales y presenten la satisfacción de las necesidades que se tienen en determinado espacio de telecomunicaciones.

Estas consideraciones dan un punto de partida importante para el cumplimiento del objetivo de esta investigación: la elaboración de un manual técnico.

### 6.2 MARCO DE REFERENCIA

Para seleccionar un canal de comunicaciones que se ajuste a las necesidades y requerimientos de quien desea diseñar o implementar una solución de cableado estructurado para un espacio determinado, es necesario definir y conocer los tipos de proyectos o los perfiles de los usuarios que usarán las redes estructuradas.

Las normas que aplican para soluciones de cableado estructurado, como la **TIA 568C**, no definen ni diferencian aplicaciones y espacios donde se instalarán las redes de datos estructuradas, se limitan a describir soluciones para edificios comerciales en general, definiendo topologías de conexión, distancias mínimas y máximas del cableado, parámetros de desempeño, etc. Las soluciones aplican

para edificios y prácticamente cualquier tipo de proyecto de oficinas con las siguientes características:

Distancia entre edificios de hasta 3 km.

Espacio de oficinas de hasta 1000000 m<sup>2</sup>.

Densidad de hasta 50000 usuarios.

De manera general, la norma TIA 568<sup>52</sup> propone que los nuevos diseños de una red de cableado estructurado para un edificio comercial debe ser pensado para soportar aplicaciones y avances tecnológicos de 15 a 25 años; pero la situación puede cambiar de acuerdo a las necesidades reales de los usuarios, pues en la mayoría de los casos, los proyectos de cableado estructurado se implementan en edificios u oficinas rentadas.

Según el ingeniero Caro de NFC electrónica, cualquier edificio que se diseñe y construya en la actualidad debe estar provisto de un Sistema de Cableado Estructurado<sup>53</sup>. Los edificios que carecen de este sistema, normalmente tienen sistemas de cableado independiente para los servicios de comunicación necesarios en toda edificación: voz (telefonía), datos, video, seguridad, etc. Cada uno de estos sistemas maneja; cables, conectores, ductos, centros de cableado y topologías diferentes y hacen que el sistema sea muy difícil de administrar y poco flexible a la hora de hacer reconfiguraciones o adiciones.

De acuerdo a lo anterior, se define un sistema de Cableado Estructurado como Infraestructura de equipos, elementos de conexión, accesorios y cables que:

Proporcionen una interconexión física entre todas las zonas de trabajo de un edificio.

Se adapte a todos los requisitos de comunicación de un edificio (voz, datos, video, seguridad, etc.).

Permita una fácil reconfiguración y se acomode a nuevas necesidades de comunicaciones.

Se diseñe sin tener en cuenta el tipo de equipos de comunicación que se van a conectar.

Brinde confiabilidad, flexibilidad y seguridad a los sistemas de comunicación del Edificio.

Antes de mostrar la clasificación de los tipos de redes, se listan los servicios de red más comunes que operan en las redes de datos de los diferentes edificios.

---

<sup>52</sup>AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises. ANSI/TIA/EIA-568-C-0.

<sup>53</sup>CARO RIBERO, Alipio. Cableado Estructurado para Edificios Comerciales. Consultado 2015. Disponible en: ([http://www.nfcelectronica.com/files/DocTec\\_CABLEADO\\_ESTRUCTURADO.pdf](http://www.nfcelectronica.com/files/DocTec_CABLEADO_ESTRUCTURADO.pdf)).

Byron Omar Verdezoto<sup>54</sup> y Luis Fabrico Oleas Trujillo<sup>55</sup>; en cada una de sus tesis, realizan un análisis de tráfico para determinar el ancho de banda requerido para sus diseños. En este caso, fue necesario determinar tanto los servicios y aplicaciones que debían soportar la red para la interacción con los usuarios como la normal operación de las instalaciones. En uno y otro caso se determinaron los siguientes:

Telefonía IP.

Sistema CCTV y video.

Correo electrónico.

Archivos Compartidos.

Acceso a Internet

Para el cálculo de ancho de banda requerido, se realizó un análisis independiente entre los servicios que operan en la red LAN y los que dependen de acceso a Internet. Estos parámetros de tráfico de información son fundamentales para determinar el canal de comunicaciones adecuado para el diseño de una red de telecomunicaciones.

A continuación se muestran los tipos de redes dependiendo del perfil de usuario, y los espacios que sirve la red:

TIPO 1: Redes de telecomunicación para oficinas comerciales.

TIPO 2: Redes de Telecomunicaciones para la industria.

TIPO 3: Redes de Telecomunicaciones para centros de cómputo.

TIPO 4: Redes de servicios de sistemas para seguridad electrónica (CCTV, control de acceso, etc.), control para automatización o BMS (Building Management System) de edificios.

Cada uno de estos tipos de redes se diseña para ambientes diferentes con requerimientos de protección física particulares y demandas de anchos de banda especiales.

---

<sup>54</sup>VERDEZOTO VELOZ, Byron Omar. Diseño de una red LAN para el transporte de voz, datos y video para el municipio del Canton Valencia. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Marzo 2015, 164 pág. Escuela Politécnica Nacional. Consultado 2015. Disponible en: (<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10312/3/CD-6141.pdf>).

<sup>55</sup>OLEAS TRUJILLO, Luis Fabrico. Rediseño de la Infraestructura LAN de la Red de Datos del Hospital Básico de Machachi para la Integración de Servicios de Telefonía IP y Videoconferencia. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Enero 2016, 213 pág. Escuela Politécnica Nacional. Consultado 2016. Disponible en: (<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/13598/1/CD-6721.pdf>).

## 6.3 INFRAESTRUCTURA DE RED

**6.3.1 Medio de Transmisión.** En este numeral se presentan los diferentes medios de transmisión alámbricos que se usan en los tipos de proyectos de telecomunicaciones de acuerdo a lo definido anteriormente.

Los medios de transmisión guiados son los siguientes:

Cable de cobre par trenzado

Fibra óptica mono-modo y multi-modo

**6.3.1.1 Cable de cobre par trenzado.** Las normas de cableado estructurado TIA 568 e ISO 11801, especifican el diseño y la instalación con una categoría o clase de desempeño en el canal de comunicación. Entre las categorías que se usan actualmente, y se referencian en las normas, están: Categoría 3, 5e, 6, 6A, 7 y 7A, las cuales cumplen parámetros de desempeño diferentes y son aplicables a soluciones específicas.

En la actualidad existen varios fabricantes reconocidos como SIEMON, AMP, ORTRONICS, SYSTIMAX, LEVITON, entre otros, que ofrecen diversas soluciones de cableado estructurado acorde a las necesidades de los usuarios. Estos fabricantes cumplen y garantizan la operación de la aplicación acorde al estándar IEEE 802.3 y la compatibilidad con categorías inferiores.

En el Cuadro 5 se muestra el estándar IEEE 802.3 usando cable de cobre par trenzado.

**Cuadro 5. IEEE 802.3 cable par trenzado**

Nombre	Descripción	Velocidad	Longitud
802.3a	Primer IEEE, 10BASE2 10 Mbit/s sobre coaxial fino (thinnet o cheapernet). Longitud máxima del segmento 200 metros.	10 Mbps por medios compartidos	200 metros
802.3i	10BASE-T 10 Mbit/s sobre par trenzado no blindado (UTP)	10 Mbps halfduplex por cables trenzados	150 metros
802.3u	100BASE-TX, 100BASE-T4, 100BASE-FX Fast Ethernet a 100 Mbit/s con auto-negociación de velocidad.	100 Mbps halfduplex por cables trenzados	100 metros
802.3x	Full Duplex (Transmisión y recepción simultáneos) y control de flujo.	100 Mbps Full duplex por cables trenzados	100 metros
802.3ab	1000BASE-T Ethernet de 1 Gbit/s sobre par trenzado no blindado	1.000 Mbps Full duplex por pares trenzados	100 metros
802.3an	10GBASE-T Ethernet a 10 Gbit/s sobre par trenzado no blindado (UTP).	10.000 Mbps Full duplex por pares trenzados	100 metros
802.3ba.	40 Gbs sobre fibra óptica.		
<b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado			

A nivel constructivo, se ofrecen varias alternativas dependiendo de las condiciones de instalación del cableado y a las interferencias EM en el exterior. Una de ellas es la chaqueta de protección del cable, dependiendo del sitio de la instalación o de la canalización- Entre las más usadas se encuentran: CM, CMR, LS0H, CMP; cada una de ellas diseñada para entornos de instalación diferentes.

A continuación se realiza una descripción general de cada tipo de cable:

- **CM:** Es el tipo de protección de menor especificación. Este cable debe ser aprobado para usos generales de telecomunicaciones, a excepción para aplicaciones de trayectos verticales.
- **CMR:** Cumple con la misma funcionalidad del cable CM, pero con aplicaciones para trayectos verticales del cableado.
- **LS0H:** Por sus siglas LowSmoke, Zero Halogenum (Bajo en Humo, Libre de halógenos), constructivamente el cable cumple con estas propiedades. Es ideal para cualquier tipo de aplicación.
- **CMP:** Es un cable que cumple con propiedades y características de resistencia al fuego y baja emisión de humo, es ideal para aplicaciones donde se usan espacios como PLENUM de circulación de aire acondicionado.

Otro parámetro constructivo del cable, es el blindaje y entre los más conocidos se encuentran: cables sin blindaje (UTP), cables con blindaje entre pares (FTP) y blindaje completo (S/FTP).

A continuación se describen las diferentes categorías de cableado especificando sus características técnicas y aplicaciones conforme el estándar IEEE 802.3:

- **Categoría 3:** Actualmente reconocida por la norma de cableado TIA 568 versión C, con lo cual se pueden certificar instalaciones con este cableado. Se puede instalar para aplicaciones de cableado horizontales, vertical, incluso enlaces de comunicaciones troncales. Comercialmente no es muy usado, esto a su escaso ancho de banda de 16 MHz. Su aplicación se puede enfocar a sistemas de monitoreo, automatización, enlaces de detectores de alarmas, voz analógica, etc. Para la transmisión de datos usando protocolos IP, solo se podían utilizar en aplicaciones con el estándar Ethernet 10 BASE-T.

- **Categoría 5e/Clase D:** La primera publicación de los requerimientos para cable categoría 5e/Clase D se realizó en el año 2000, con el propósito de soportar aplicaciones definidas en el estándar Ethernet 1000BASE-T, utilizando los 4 pares disponibles para transmisiones bidireccionales y ancho de banda igual a categoría 5 de 100MHz.

El cable cat. 5e aún se sigue instalando y especificando para proyectos de pequeñas y medianas empresas que no demanden anchos de banda grandes y aplicaciones hasta 1000Mbps. Se debe considerar que en la actualidad la mayoría de computadores de escritorio y portátiles cuentan con interface de red Ethernet 10-100-1000 Mbps, con lo cual, si se habla de velocidad de transmisión, cat. 5e sigue siendo una buena opción.

- **Categoría 6/Clase E:** Ofrece un ancho de banda de 250 MHz que fue creado para soportar el estándar 1000BASE-TX que involucraba un protocolo de comunicación más sencillo de implementarla fabricación de los productos sería más económica ya que usaba 2 pares para transmisiones a 1000Mbps a diferencia de 1000BASE-T que usaba los 4 pares disponibles de cable. En la actualidad no existe prácticamente ningún equipo que trabaje con el estándar 1000BASE-TX, puesto que se limita al uso de cable cat. 6/Clase E.

Las redes de muchas empresas operan con cable cat. 6/Clase E con aplicaciones 1000BASE-T (1000Mbps), esto se debe a que los equipos activos (Switch, Router), y los equipos terminales (PCs, portátiles, etc.) trabajan con este estándar. Para aplicaciones superiores como 10Gbps, varios fabricantes garantizan bajo algunas condiciones de instalación, la utilización de cable cat 6/Clase E. Pero esta indicación no está recomendada por las normas de cableado TIA e ISO ni los fabricantes del producto.

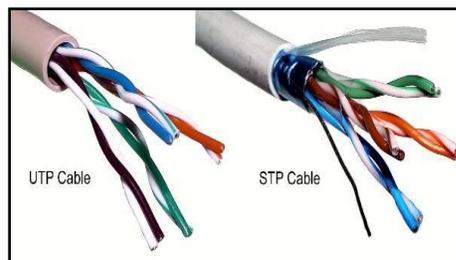
Una de las grandes ventajas del cable cat. 6/ClaseE, es que los hilos de cobre son más gruesos que el cable cat. 5e/ClaseD, con estos los sistemas y equipos PoE (PowerOver Ethernet) tienen un funcionamiento más eficiente ya que se reducen las pérdidas de energía y se reduce el calentamiento de los conductores.

- **Categoría 6A/Clase EA:** El desarrollo del cable cat. 6A se presentó con el objetivo de soportar las velocidades y aplicaciones de 10Gbps con 4 pares, a distancias de 100m y ancho de banda de 500MHz. En el año 2003 se publicó el primer estándar a 10Gbps; 10GBASE-SR y 10GBASE-LR, usando como medio de transmisión fibra óptica. En el año 2006 se hizo otro tanto con el estándar para aplicaciones de 10Gbps usando cable de par trenzado.

La primera generación de cable cat. 6A/Clase F sin apantallar UTP, a frecuencias de trabajo de 500MHz, presentó muchos inconvenientes de AlienCrosstalk (Se define Alien Crosstalk como señales no deseadas que se transmiten de un cable a otro, o de un canal de comunicaciones a otro), ocasionando interferencia y pérdida en la señal transmitida. Para controlar los problemas presentados en el cable cat. 6A UTP a causa del Alien Crosstalk, los fabricantes han mejorado la construcción del cable, desarrollando chaquetas más grandes y gruesas, las cuales mitigan la interferencia producida por cables adyacentes. Con estas mejoras constructivas, se tienen disponibles en el mercado soluciones cat. 6A/ClaseEA no apantalladas, UTP, con desempeños óptimos de AlienCrosstalk.

Adicional a la solución cat. 6A/Clase EA con mejoras constructivas para eliminar efectos de AlienCrosstalk, también existen en el mercado soluciones blindadas que eliminan este efecto. Lo anterior se logra filtrando las interferencias producidas por los cables o canales adyacentes con el sistema de puesta a tierra conectado al blindaje del cable. En la Figura 22 se muestran los 2 tipos de cable cat. 6A/Clase EA, UTP y STP<sup>56</sup>.

**Figura 22. Cable 6A/Clase EA UTP y STP**



**Fuente** Página Web REDEZONE. Guía de elección para categoría 5, 5e, 6 y 6a. 2015.

<sup>56</sup> REDEZONE. ¿Qué cable de red Ethernet debo utilizar? Guía de elección para categoría 5, 5e, 6 y 6a. Consultado 2015. Disponible en: (<http://www.redeszone.net/redes/que-cable-de-red-ethernet-debo-utilizar-guia-de-eleccion-para-categoria-5-5e-6-y-6a/>).

En el Cuadro 6 se presenta un comparativo entre cable 6A/Clase EA; UTP y STP:

**Cuadro 6. Comparativo Cable 6A/Clase EAUTP Y STP**

Especificación/Característica	Cable 6A/Clase EA UTP	Cable 6A/Clase EA STP
Diámetro de cable (Puede variar según el fabricante).	9,0 mm	7,37 mm
Comportamiento Alien Crosstalk.	Cumple con Alien Crosstalk debido a su diseño de separación de núcleo y chaquetas de recubrimiento.	Muestra Alien Crosstalk virtualmente de cero, debido a su construcción con apantallamiento de foil.
Instalación	Su mayor diámetro debe ser tomado en cuenta al calcular el llenado de ductos.	Se requiere conexión del blindaje a tierra en la punta del patch panel.
Interface en el área de trabajo	Jack modular estándar (RJ45) de 8 posiciones.	Jack modular estándar (RJ45) de 8 posiciones.
<b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado		

En cuanto a las aplicaciones, la mayoría de las redes empresariales instaladas trabajan a velocidades de transmisión de 1Gbps, debido a que gran parte del mercado de las tarjetas de red (NIC) de los PC de escritorio y equipos portátiles, así como los puertos de los Switch de borde para el cableado horizontal de puesto de trabajo, operan a 1 Gbps. Al cabo de unos años estos equipos se especificaran para aplicaciones de 10 Gbps. Donde sí se pueden aprovechar las bondades de este cable es en las conexiones backbone inter-edificio, conexión de switchcore y switch de borde, enlace de comunicaciones entre servidores y diversas aplicaciones en centros de cómputo.

- **Clase F y FA:** clases de cableado que no están reconocidas por las normas TIA, porque incluyen y exceden las especificaciones de desempeño de cat. 6A/Clase EA. La clase F trabaja con anchos de banda de 600MHz, mientras que la clase FA opera a 1000MHz. Las dos clases soportan aplicaciones de 10GBASE-T con interfaces en puesto de trabajo y conexión cruzada (Patch panel –Switch) en conector TERA especificado en la norma IEC 61076-3-104:2002.

La construcción del cable involucra un blindaje completo, es decir, blindaje de cada uno de los pares y un blindaje de todos los pares, que se especifica como SFTP (ShildeFoiledTwisted Pair) o par blindado completamente blindado (en español).

Con el aumento de ancho de banda en el cable FA a 1000MHz, es posible soportar aplicaciones de video con altas especificaciones y demandas de ancho de banda, como por ejemplo, CATV, que opera en frecuencias de hasta 862MHz. También soporta todas las aplicaciones cat. 6A/Clase EA.

En el Cuadro 7 se resumen las aplicaciones y el medio de transmisión para soportar por cada una de las categorías y clases descritas anteriormente, según SIEMON<sup>57</sup>.

**Cuadro 7. Aplicaciones de cableado estructurado.**

Cuadro de aplicaciones.					
	Categoría 5e Clase D	Categoría 6 Clase E	Categoría 6A Clase EA	Clase F	Clase FA
<b>TOKEN RING, 4/16 MBPS</b>	X	X	X	X	X
<b>10BASE-T</b>	X	X	X	X	X
<b>100BASE-T4</b>	X	X	X	X	X
<b>155 MBPS ATM</b>	X	X	X	X	X
<b>1000BASE-T</b>	X	X	X	X	X
<b>TIA/EIA-854</b>		X	X	X	X
<b>10GBASE-T</b>			X	X	X
<b>SO/IEC 14165-144</b>				X	X
<b>BroadbandCATV</b>					X

**Fuente** Página Web SIEMON COMPANY. Desmitificación de las Especificaciones de Cableado De Categoría 5e a 7A.

**6.3.1.2 Fibra óptica mono-modo y multi-modo.** La fibra óptica es uno de los medios de transmisión guiados más usados en la actualidad y está proyectada para ser el remplazo del cable par trenzado de cobre, debido a las bondades de transmisión, a los grandes anchos que se puede manejar y a la inmunidad ante la interferencia electromagnética.

La fibra óptica está compuesta por un núcleo (core) cilíndrico, un revestimiento y un recubrimiento para la protección de plástico o acrílico. El núcleo y el revestimiento se construyen comúnmente en vidrio con índices de refracción diferentes, propiedad que es la base fundamental de la transmisión de la luz del trasmisor al receptor.

Existen dos tipos de fibra óptica en el mercado; multi-modal y mono-modal. Cada una de ellas se diseña y construye para aplicaciones y entornos diferentes. Entre las aplicaciones más comunes están:

<sup>57</sup> THE SIEMON COMPANY. Op. cit., p 9.

Redes de planta externa.  
 Redes Metropolitanas.  
 Redes de datos de alta velocidad.  
 Backbone para redes LAN.  
 Conexiones de alta velocidad en Data Center.  
 Transmisión de datos en ambientes industriales.  
 Sistemas de CCTV.  
 Sistemas de T.V por cable: CATV y HDTV.

La fibra óptica multi-modo es una fibra que puede transmitir múltiples modos o propagación, donde el modo de propagación es una posible ruta que un rayo de luz puede seguir cuando viaja por la fibra óptica. Este tipo de fibra se usa comúnmente en aplicaciones de comunicación de corta distancia (hasta 3 km), y presenta un ancho de banda limitada con parámetros como la distancia. Normalmente el núcleo de esta fibra tiene como diámetro 50µm o 62.5 µm, con revestimiento de 125 µm.

Por otro lado, la fibra óptica mono-modo permite un solo modo de propagación de la luz que se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño que solo permite un modo de propagación. El tamaño del núcleo para este tipo de fibra está comprendido entre 8 µm y 10 µm con revestimiento de 125 µm. Esta fibra ofrece anchos de banda muy altos y se usa para aplicaciones donde se requieran conexiones de largas distancias.

Estos dos tipos de fibra operan en ventanas de trabajo diferente. Las ventanas de operación son los rangos de longitud de onda, en los cuales la fibra óptica presenta condiciones favorables para operar. Para la fibra óptica multi-modo las ventanas de operación son 850nm y 1300nm y para la fibra mono-modo de 1310nm y 1550nm.

El estándar ISO 11801 clasifica la fibra óptica multi-modo, de acuerdo con la atenuación y el ancho de banda. Lo anterior se muestra en la Tabla 5, tomada de las memorias del curso "Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica"<sup>58</sup>.

**Tabla 5. Clasificación fibra óptica multi-modo ISO 11801**

Categoría	Clasificación de fibra óptica multi-modo para la ISO 11801				
	Máxima atenuación (dB/km)		Mínimo ancho de banda modal (MHzx Km)		
	850nm	1300nm	Overfilled launch		Laser launch
	850nm	1300nm	850nm	1300nm	850nm
OM-1	3,5	1,5	200	500	No Especificado

<sup>58</sup>CARO RIBERO, Alipio. Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica. En: Curso Bogotá 2010. Memorias. NFC Electrónica Ltda. 221 pág.

OM-2	3,5	1,5	500	500	No Especificado
OM-3	3,5	1,5	1500	500	2000
OM-4	3,5	1,5	3500	500	4700

**Fuente**CARO RIBERO, Alipio.Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica

Para la fibra óptica mono-modo aplican los siguientes estándares Cuadro 8, tomado de las memorias del curso "Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica"<sup>59</sup>:

### **Cuadro 8. Clasificación fibra óptica mono-modo ISO 11801**

<b>Descripción de la fibra</b>	<b>ITU-T</b>	<b>ISO 11801/TIA 569 C3.</b>
Dispersión Unshifted (Fibra Mono-modo Estándar)	G.652a ; G.652b	OS-1
Low Water Peak	G.652C ; G.652d	OS-2

**Fuente**CARO RIBERO, Alipio.Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica

La G.652 (C y D) son utilizadas como fibra estándar en Telecomunicaciones y para transmisión Ethernet a Gigabit y 10 Gigabit. La denominación OS-1 es cubierta por las fibras tipo de G.652a, b, c y d. La fibra tipo OS-2 (desde 2006) fija características para las longitudes de onda; 1310 nm, 1550 nm y 1383 nm (fibras de bajo pico de agua, válidas para CWDM). Así mismo, la fibra OS-2 es de aplicación como F.O. SM para aplicaciones de larga distancia.

A nivel constructivo, existen diferentes manufacturas para el cable de fibra óptica, de acuerdo con el entorno donde se va a instalar. Cada tipo de cable posee las protecciones necesarias para soportar las condiciones ambientales y mecánicas. A continuación se listan los tipos de cable para fibra óptica:

**Cable de Patchcord:** Cable flexible para interconexión de equipos. Cada fibra tiene protección Tight Buffer de 900 µm, Strength Member (Hilos de Aramida o Kevlar) para soporte de tensión y chaqueta exterior de 1.5 o 3mm.

**Cable de distribución:** Varios hilos de fibra con protección Tight Buffer de 900 µm dentro de una chaqueta exterior, Strength Member de Aramida o Kevlar que protege el cable. Este tipo de cable se usa en el interior de los edificios, está disponible con chaquetas Plenum o PVC/Raiser. Debe ser instalada dentro de un ducto para protección.

<sup>59</sup>Ibíd., p. 62.

**Cable de fibra uso exterior armado:** Usada en instalaciones subterráneas, protección de hilo de fibra tipo Loose Tube Buffer, recubrimiento con coraza metálica corrugada para protección de roedores.

**Cable exterior dieléctrico:** Usado normalmente en instalaciones aéreas, protección de hilo de fibra Loose Tube Buffer, no posee componentes metálicos pero soporta condiciones ambientales externas con protección UV.

**Cable autoportado, Forma de "8":** Usada en instalaciones aéreas por postes, posee un mensajero de guaya incorporada con la chaqueta exterior.

**Cable autoportado Dieléctrica ADSS:** Se especifica como ADSS (All Dielectric Self Supported), completamente dieléctrica. Diseñada para aplicaciones aéreas donde no es posible instalar mensajero metálico. Se construye con doble chaqueta para soportar el peso y la tensión del cable.

**Cable de Guarda óptico OPGW:** Se utiliza para llevar fibras ópticas por el cable de guarda metálico en la parte más alta de las torres de las líneas de transmisión eléctricas y sirve como protección contra descargas atmosféricas.

**Cable Submarino:** Esta fabricado para soportar condiciones extremas para las instalaciones submarinas.

De acuerdo a lo anterior, el NEC - NFPA<sup>60</sup> (National Fire Protection Association) clasifica el cable de fibra de la siguiente manera (Cuadro 9):

**Cuadro 9. Clasificación de cable de fibra según NEC-NFPA**

Clasificación	Características
OFNG	Optical Fiber Non Conductive General Purpose
OF CG	Optical Fiber Conductive General Purpose
OFNR	Optical Fiber Non Conductive Riser
OF CR	Optical Fiber Conductive Riser
OFNP	Optical Fiber Non Conductive Plenum
OF CP	Optical Fiber Conductive Plenum
OF-LSZH	Optical Fiber Low Smoke Zero Halogenos
<b>Fuente</b> CARO RIBERO, Alipio. Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica	

Dónde:

N: Define el material conductor.

C: Define el material conductor.

G: Uso General (Necesita Ducto).

<sup>60</sup> Ibid. p. 80.

R: Raiser, Retardante al fuego.

P: Plenum, Retardante al fuego y no genera gases tóxicos.

LSZH: Baja emisión de gases tóxicos cero halógenos.

En el Cuadro 10 se muestra la evolución del estándar IEEE 802.3 aplicado a cable de fibra óptica:

**Cuadro 10. Evolución del estándar IEEE 802.3**

Estándar	Velocidad	Interfaces	Cable	Distancia máxima
Ethernet IEEE 802.3	10 Mbps	10 Base-FL	Fibra óptica multi-modo.	2 Km
Fast Ethernet IEEE 802.3u	100 Mbps	100 Base-FX	Fibra óptica multi-modo.	2 km
Gigabit Ethernet IEEE 802.3z	1000Mbps	1000 Base SX	Fibra óptica multi-modo.	220m a 550m
		1000 Base-LX	Fibra óptica multi-modo (MM) y Mono-modo (SM).	(MM): 550m (SM): 5 km
10 Gigabit Ethernet IEEE 802.3ae	10.000Mbps/ 10 Gbps	10G Base-SR/SW	Fibra óptica multi-modo laser optimizada (MM LO).	300m a 550m
		10G Base-LR/LW	Fibra óptica mono-modo (SM).	10 km
		10G Base-LX4/LW4	Fibra óptica multi-modo (MM).	300m
		10G Base-ER/EW	Fibra óptica mono-modo (SM).	40 km

**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

En el Cuadro 11 se muestra el tipo de cable utilizado en cada versión del estándar, dependiendo de la velocidad de transmisión y la distancia máxima del canal de comunicaciones. Además se presenta el tipo o categoría de fibra aplicado a cada estándar con los parámetros de distancias máxima y atenuación máxima, así como el tipo de fuente de transmisión.

**Cuadro 11. Cable utilizado en cada versión del estándar**

Estándar	Transmisor	Clasificación F.O.	Distancia máxima	Atenuación máxima
Ethernet 10 Base-FL	Transmisor LED a 850nm	OM-1	2000m	12.5 dB
		OM-2	2000m	7.8dB
Fast Ethernet 100 Base-FX	Transmisor LED a 1300nm	OM-1	2000m	11 dB
		OM-2	2000m	6.3 dB
Ethernet 1000Base-SX	Transmisores de 850nm VCSEL	OM-1	275m	2.6 dB
		OM-2	550m	3.56 dB
		OM-3	800m	3.56 dB
Ethernet 1000 Base-LX	Transmisores de 1300nm	OM-1	550m	2.35 dB
		OM-2	550m	2.35 dB
		OS-1	5km	4.7 dB
Ethernet 10G Base-SR	Transmisor serial con VCSEL de 850nm	OM-1	33m	2.5dB
		OM-2	82m	2.3 dB
		OM-3	300m	2.6 dB
		OM-4	550m	2.6 dB
Ethernet 10G Base-LR	Transmisor Laser de 1310nm	OS-1	10 km	6.2 dB
Ethernet 10G Base-LX4	Transmisor Laser de 1300nm	OM-1	300m	2.5 dB
		OM-2	300m	2.0 dB
		OM-3	300m	2.0 dB
		OS-1	10 km	6.3 dB
Ethernet 10G Base-ER	Transmisor Laser de 1550nm	OS-1	40 Km	11.4 dB

**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

Para aplicaciones de 40 Gbps y 100Gbps (Cuadro 12 tomado de las memorias del curso "Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica"<sup>61</sup>, se publica el estándar IEEE 802.3 b.a. en junio de 2010 usando cable de fibra óptica multi-modo y mono-modo.

Para la transmisión a velocidades de 40 Gbps se utilizan transmisiones en paralelo por 8 hilos de fibra óptica, 4 para TX y 4 para RX. En fibra mono-modo se usan 2 hilos de fibra óptica, una para RX y otra para TX. Para el caso de velocidades de 100 Gbps se utilizan 20 fibras en transmisiones en paralelo, 10 para TX y 10 para hRX. En fibras mono-modo se usan 2 hilos de fibra, 2 para TX y 2 para RX.

<sup>61</sup>Ibid. p. 180.

## Cuadro 12. Aplicaciones 40 y 100 Gigabit Ethernet

Interface	Velocidad	Implementación	Tipo de fibra	Distancia	Nº de hilos
40G Base- SR4	40 Gbps	4X10 Gbps (Paralelo)	OM-3	100 m	8
			OM-4	150 m	
40G Base- LR4	40 Gbps	4X10 Gbps (WDM)	OS-1	10 Km	2
100G Base-SR10	100 Gbps	10x10 Gbps (Paralelo)	OM-3	100 m	20
			OM-4	150 m	
100G Base- LR4	100 Gbps	4x25 Gbps (WDW)	OS-1	10 km	2
100G Base- ER 4	100 Gbps	4x25 Gbps (WDW)	OS-1	40 km	2

**Fuente** CARO RIBERO, Alipio. Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica

**6.3.2 Terminación o salida de telecomunicaciones.** La terminación de canal de comunicaciones depende del medio de transmisión utilizado y de la categoría definida. Para cable de par trenzado en categoría 5e, 6 y 6A, la terminación se maneja con conector tipo RJ-45, conector que está probado para trabajar máximo hasta 500 MHz, es decir soporta hasta cableado cat. 6A.

Para proyectos que demanden mayores anchos de banda existen conectores de terminación como el TERA, conector reconocido en la norma ISO 11801, que está probado para clase F hasta 600MHz, y clase FA hasta 1000MHz. Lo anterior se referencia en el White Papers 08-05-13-TERA, ventajas del sistema TERA de SIEMON.<sup>62</sup>

Para aplicaciones que involucran soluciones en fibra óptica existen diversos tipos de conectores de terminación, entre los que se destacan LC, SC, ST, FC. Los que más uso tienen en la actualidad son los LC (LucentConnector) y los SC (SubscriberConnector). Ambos conectores se usan con fibra multi-modal (MM) y mono-modal (SM).

Para aplicación de alta densidad de datos que superen los 10 Gbps, o para cableado de fibra en centros de cómputo con requerimientos de 40Gbps hasta 100Gbps; la mayoría de fabricantes de infraestructura de telecomunicaciones, como SIEMON, LEVITON, ORTRONICS, entre otros, ofrecen soluciones tipo Plug and Play con terminación de fábrica con conectores MTP, que garantizan el máximo rendimiento del canal. Las terminaciones con soluciones se manejan MTP a MTP, o MTP a LC.

La configuración de enlaces MTP están disponible de 12 a 144 hilos con saltos de 12 hilos y longitudes a medida, conector que permite alta densidad de conexiones y es muy usado en Data Center.

<sup>62</sup> THE SIEMON COMPANY. Ventajas del Sistema TERA. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.siemon.com/la/white\\_papers/08-05-13-TERA.asp](http://www.siemon.com/la/white_papers/08-05-13-TERA.asp)).

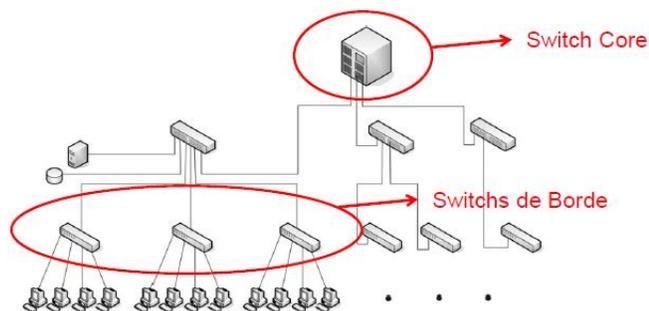
**6.3.3 Equipos.** En el entorno de una infraestructura de red son muchos los equipos que interactúan en una solución de un proyecto de telecomunicaciones, entre los cuales se encuentran los equipos activos (Switches, Router, Convertidores de medio) y los equipos terminales (PC, Cámaras, Teléfonos IP, A.P, entre otros).

Este numeral se enfocará en las especificaciones principales de los equipos activos de la red, características y las soluciones que ofrecen los fabricantes más reconocidos.

Los switches son los dispositivos encargados de la interconexión de equipos dentro de una misma red, de direccionar la información desde el equipo origen al equipo destino de la manera más eficiente posible en cuanto a la utilización de recursos. Las especificaciones técnicas de estos equipos se rigen con el estándar IEEE Ethernet 802.3, donde se especifica la topología estrella que usa estos equipos como elemento central.

Existen dos tipos de switches que interconectan las redes de telecomunicaciones. El Switch Core, también conocido como “Switch de Switches”, que se ubica en el cuarto de equipos y es el encargado de interconectar y transferir información con los equipos Switch de borde o Switch de acceso. El Switch de borde encargado de dar acceso a la red a los equipos terminales tales como (PC, Cámaras, Impresoras, Servidores, entre otros) se ubica en el cuarto de telecomunicaciones de piso. En la Figura 23 se muestra el esquema de conexión común entre estos equipos.

**Figura 23. Esquema de conexión común entre equipos**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

Las características principales de los Switches se describen a continuación:

*Puerto de conexión:* Son los elementos que permitan la conexión de los distintos equipos a la red que deben tener interface Ethernet. En el mercado existe una

amplia gama de equipos en cuanto a la cantidad de puertos que oscilan desde 4 puertos, siendo los más pequeños, hasta los cientos de puerto para aplicaciones de equipos troncales.

Los estándares Ethernet actuales admiten dos medios de transmisión, el de fibra óptica y el de cable de cobre par trenzado cuyo el plug de terminación o conector aprobado depende del medio de transmisión. Para el caso de fibra óptica, los dos conectores más usados en la actualidad son el LC y SC, donde la tendencia de la mayoría de los fabricantes de equipos es implementar conectores tipo LC. Para el caso de implementación de soluciones con cable de cobre par trenzado, el estándar Ethernet es con conector tipo RJ-45.

*Velocidad de transmisión:* Dado que los fabricantes de equipos activos (Switch) se basan en el estándar IEEE 802.3 Ethernet que admite varias velocidades de transmisión dependiendo del medio físico usado y son los Switches los que especifican las velocidades de transmisión a las que pueden trabajar los puertos para un determinado medio de transmisión. Existen equipos con puertos de red que trabajan a velocidades de 10/100 Mbps, lo cual indica el equipo opera bajo el estándar 10BASE-T con velocidad de 10 Mbps y con 100BASE-TX a velocidad de 100Mbps. Otra configuración de equipos son los que poseen puertos trabajando a 10/100/1000Mbps donde se añade el estándar 1000 BASE-T. Y los equipos más robustos y de alta gama ofrecen puertos con velocidades de transmisión de 10 Gbps bajo el estándar 10G BASE-T.

*Puertos modulares;GBIC y SFP:* Este tipo de puerto o socket comúnmente se encuentra en equipos de gama media o alta. La terminación o el tipo de conector, así como la velocidad de transmisión, dependen de las especificaciones de los módulos. Los distintos fabricantes de módulos ofrecen dos tipos de conectores, RJ-45 para el caso de cable de cobre, y conectores SC o LC para el caso de fibra óptica.

En el mercado existen dos tipos de módulos para los puertos modulares de los Switch. El primero de ellos es el GBIC (Gigabit Interface Converter); es un módulo que actúa como transmisor y receptor, su función principal es aumentar la velocidad, ofrecer flexibilidad en la elección del medio de transmisión para Gigabit Ethernet y además sirve como interface entre equipos de comunicaciones (Switch, Router, Conversor de Medios) y enlaces de fibra óptica. Posteriormente salió al mercado el módulo SFP (Small Form-Factor Pluggable), que se conoce como Mini-GBIC y ofrece tanto velocidades de Gigabit como 10 Gigabit Ethernet para fibra y cobre. Además cumple las mismas funciones que el módulo GBIC.

A continuación en las Figuras 24 y 25 se muestran las especificaciones de estos módulos de dos fabricantes diferentes (D-Link<sup>63</sup> y CISCO<sup>64</sup>):

**Figura 24. Transceptor marca D-Link**



**Fuente** Página Web D-LINK. Transceptor de fibra mono-modo Mini GBIC SFP a 1000Base-LX (hasta 80 km).

*Transceptor de fibra mono-modo Mini GBIC SFP a 1000Base-LX (hasta 80 km)*  
Puerto 1000BASE-LX (estándar IEEE 802.3z).

Conector LC dúplex.

Fluctuación muy baja.

Funcionamiento full dúplex.

Tipo de fibra: fibra mono-modo 9/125  $\mu\text{m}$  hasta 80 km.

Longitud de onda: 1550 nm.

Fuente de alimentación: 3,3 V.

Estimación de alimentación: 22 dB

Disipación de baja potencia < 700 mW.

Conectable en caliente.

Cubierta metálica para menor interferencia electromagnética

---

<sup>63</sup> D-LINK Building Networks for People. Transceptor de Fibra Mono-modo Mini GBIC SFP a 1000Base-LX (hasta 80 km). Consultado 2016. Disponible en: (<http://www.dlink.com/es/es/business-solutions/switching/network-and-switch-accessories/transceivers/dem-315gt>).

<sup>64</sup> CISCO SYSTEMS, INC. Transceptor 100 BASE-LX Mini-GBIC SFP Cisco MFEFX1 Accesorios de Red Cisco Small Business. 2008. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/interfaces-modules/mfelx1-100-base-lx-mini-gbic-sfp-transceiver/data\\_sheet\\_c78-504100\\_es.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/interfaces-modules/mfelx1-100-base-lx-mini-gbic-sfp-transceiver/data_sheet_c78-504100_es.pdf)).

**Figura 25. Transceptor marca CISCO**



**Fuente** Página Web CISCO Systems, INC. Transceptor 100 BASE-LX Mini-GBIC SFP CISCO MFEFX1 Accesorios de red Cisco Small Business.

Las especificaciones del transceptor CISCO<sup>65</sup> se encuentran en el Cuadro 13:

**Cuadro 13. Transceptor 100 BASE-LX Mini-GBICSFP Cisco**

<b>Especificaciones</b>	
Normas	SFP MSA, Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sección de Normalización de las Comunicaciones (ITU-T) G.253 Core, FDA 21 CFR 1040.10, 11 y IEC 60825-1,2
Tipo de conector	LC Dúplex
Longitud de onda típica (Tx)	1310 nm
Rango de longitud de onda (Tx)	1270 nm (min.) a 1380 nm (máx.)
Rango de longitud de onda (Rx)	1260 nm (min.) a 1570 nm (máx.)
<b>Rendimiento</b>	
Potencia de salida media	-20 dBm (min.) a -14 dBm (máx.)
Radio de extinción (Tx)	10 dB (min.)
Sensibilidad del receptor	-30 dBm (máx.)
Sobrecarga del receptor	-10 dB (min.)
<b>Entorno</b>	
Dimensiones An x Al x F	0,53 x 0,33 x 2,19 pulgadas (13 x 9 x 56 mm)
Peso de la unidad	0,63 oz. (0,018 kg)
Alimentación	1W (max.)
Certificación	FCC Parte 15 Clase B, UL, cUL, ICES-003, CB
Temperatura de funcionamiento	32 a 158 grados F (0 a 70 grados C)
Temperatura de almacenamiento	-40 grados a 185 grados F (-40 a 85 grados C)
Humedad de funcionamiento	10% a 85%, sin condensación
Humedad de almacenamiento	5% a 90%, sin condensación
<b>Contenido del paquete</b>	
Transceptor 100BASE – FX Mini – GBIC SFP Cisco MFEFX1 Guía rápida de instalación	
<b>Fuente</b> Página Web CISCO Systems, INC. Transceptor 100 BASE-LX Mini-GBIC SFP Cisco MFEFX1 Accesorios de red Cisco Small Business.	

<sup>65</sup>Ibid., p. 2

*Puertos Powerover Ethernet:* Es una tecnología que permite alimentar eléctricamente dispositivos de bajo voltaje a través de la red de datos Ethernet. La primera publicación para esta tecnología se hizo en el año 2003 con el estándar IEEE 802.3af. Un dispositivo que soporte PoE obtendrá los servicios de la red de datos y la alimentación eléctrica de un solo punto de red.

Los dispositivos que utilizan este tipo de tecnología son; los puntos de acceso Wi-Fi, cámaras de video IP, teléfonos de VoIP, sensores para control de acceso, entre otros.

El estándar actualizado para la tecnología PoE es el IEEE 802.3at, este estándar amplía la capacidad de la potencia de los puertos de los Switches llegando hasta 29.5W para los dispositivos. SIEMON, fabricante de soluciones de infraestructura de telecomunicaciones, ha publicado varios artículos donde habla sobre las bondades de la tecnología PoE y los requerimientos que deben tener las redes de datos para soportar estas aplicaciones de una manera eficiente.

SIEMON<sup>66</sup> en el White paper, Eficiencia Operativa de IEEE 802.3at PoE Plus, hace un comparativo entre IEEE 802.3af (Tipo 1 PoE) Vs IEEE 802.3at (Tipo 2 PoE), donde muestra las especificaciones de los dos sistemas (Tabla 6).

**Tabla 6.** Descripción general de las especificaciones de los sistemas PoE y PoE Plus (PoE+)

	Tipo 1 - PoE	Tipo 2 - PoE Plus
Carga mínima de cableado	Categoría 3/Clase C	Categoría 5/Clase D: 1995 con resistencia de bucle en CC < 25 Ω
Potencia máxima disponible para el dispositivo energizado	12.95 W	29.5 W
Potencia mínima en la salida del equipo de suministro de energía	15.4 W	30 W
Tensión de salida admisible del equipo de suministro de energía	44 - 57 V CC	50 - 57 V
Tensión de salida nominal del equipo de suministro de energía	48 V CC	53 V CC
Corriente máxima de CC por los cables	350 mA por par	600 mA por par
Temperatura ambiente operativa máxima	60° C	50° C
Restricciones de la instalación	Ninguna	Potencia máxima por manejo de cables de 5 kw

**Fuente** Página Web SIEMON COMPANY. Eficiencia Operativa de IEEE 802.3at PoE Plus.

<sup>66</sup> THE SIEMON COMPANY. Eficiencia Operativa de IEEE 802.3at PoE Plus. Consultado 2016. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/08-06-09-poe-and-operating-efficiency.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/08-06-09-poe-and-operating-efficiency.asp)).

En este artículo también se menciona que esta tecnología trae grandes retos para los fabricantes de cableado estructurado que deben ofrecer al mercado soluciones capaces de soportar las exigencias de tener potencia para los dispositivos terminales. Como conclusión SIEMON<sup>67</sup> afirma que los sistemas de cableado estructurado blindado, F/UTP (Parcialmente Blindado) y S/FTP (Completamente Blindado), tienen un desempeño de transmisión más estable y son más aptos que cableado UTP para admitir aplicaciones PoE.

Para los equipos o dispositivos que estarán conectados a la red de datos, es importante conocer las especificaciones de la interface de red o tarjetas de red (NIC), para este caso aplican: las Cámaras, Access point, impresoras, PC, laptop, etc. Las cámaras IP, Teléfonos IP y los Accespoint, cuentan con la disponibilidad de tecnología PoE, con lo cual se puede proveer alimentación eléctrica desde el punto de datos.

La interface de red de estos dispositivos, definen las velocidades de operación de acuerdo al estándar IEEE 802.3. En la actualidad los nuevos equipos cuentan con interface de red que soportan el estándar IEEE 802.3ab (velocidad de 1 Gbps).

En la Figura 26 y Cuadro 14 se muestra una interface de red con las especificaciones comunes que se encuentran en el mercado (figura y cuadro tomados de la web)<sup>68</sup>.

**Figura 26. Tarjeta de red (NIC)**



**Fuente** Página Web PCBOX EXPERT'S CENTER. Tarjeta De Red 10/100/1000 TP-LINK TG-3269 PCI.

---

<sup>67</sup> Ibid. p. 3.

<sup>68</sup> PCBOX EXPERT'S CENTER. Tarjeta De Red 10/100/1000 TP-LINK TG-3269 PCI. Consultado 2016. Disponible en: (<http://www.pcbox.com/productos/tpl2/tarjeta-de-red-101001000-tp-link>).

#### Cuadro 14. Especificaciones técnicas tarjeta de red (NIC)

<b>Ancho de banda</b>	
Tasa de transferencia (máx) Full duplex	1000 Mbit/s Si
<b>Otras Características</b>	
Cantidad de puertos Tipo de ranura	1 32 - bit 33/66 MHz PCI
<b>Panel trasero puertos I/O (entrada/salida)</b>	
Ethernet LAN (RJ-45) cantidad de puertos	1
<b>Puertos e interfaces</b>	
Tecnología de conectividad Interfaz de Host Interfaz Interno	Alámbrico PCI Ethernet Si
<b>Detalles técnicos</b>	
Intervalo de temperatura operativa	0 - 40 °C
Estándares de red	IEEE 802.1p, IEEE 802.1Q, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3u, IEEE 802.3x
<b>Red</b>	
Soporte de control de flujo Ethernet Tecnología de cableado Ethernet LAN, velocidad de transferencia de datos	Si Si 10/100/1000 Base (Tx) 10, 100, 1000 Mbit/s
<b>Fuente</b> Página Web PCBOX EXPERT'S CENTER. Tarjeta De Red 10/100/1000 TP-LINK TG-3269 PCI.	

#### 6.4 SERVICIOS Y APLICACIONES DE RED

En la actualidad las redes convergentes buscan que los servicios que utiliza una red estén soportados sobre una estructura que sea eficiente, confiable y durable. Los avances en tecnologías de equipos y cableado han permitido la llegada de tecnología que sea capaz de soportar voz, datos, video, audio, automatización, seguridad y otras aplicaciones sobre una sola red integrada. Esta infraestructura de red ofrece beneficios de seguridad, escalabilidad y flexibilidad para los ambientes empresariales y también industriales. En este sentido, el cable de cobre par trenzado y la fibra óptica soportan las aplicaciones y la automatización de los edificios a través de la misma red de datos sobre IP.

Así, los servicios a tener en cuenta en las redes para edificios deben hacer énfasis en sistemas de voz y datos, sistemas de audio y video, automatización del edificio, dispositivos y red inalámbrica, seguridad, entre otros. También es importante en la planificación y administración de estas redes hacer una precisión frente al ancho de banda que se requiere y tener en cuenta los medios físicos con los que se cuenta, la cantidad de información que transportará la red y los costos del

proveedor de servicios. Tecnológicamente la capacidad de las redes ha venido en aumento significativo con los nuevos desarrollos permitiendo el uso de nuevas aplicaciones.

Para esta investigación, lo mencionado permitirá determinar el ancho de banda que se requiere de acuerdo a las distintas aplicaciones, brindando información importante al momento de seleccionar las aplicaciones para la red y el ancho de banda requerido y así seleccionar de manera confiable la infraestructura de red adecuada.

El análisis de tráfico es un dato importante que se debe tener en cuenta en el momento de diseñar una red, para lo cual se hace necesario realizar cálculos exactos de datos como horas y días en los que se mueve mayor cantidad de información, conocer las diferentes aplicaciones y servicios causantes de ese tráfico con el fin de proporcionar un ancho de banda acorde a los requerimientos.

A continuación se describen las aplicaciones y servicios que hacen uso de la red y que tienen un impacto importante con el uso del ancho de banda.

**6.4.1 Telefonía IP.** La telefonía de voz sobre IP y el Protocolo de Internet (IP) cada vez son más populares entre empresas y consumidores. Para una empresa, la voz sobre IP proporciona una base para ofrecer aplicaciones de comunicaciones unificadas más avanzadas, incluyendo videoconferencias y conferencias en línea, que pueden transformar su forma de hacer negocios.

Entre las ventajas que destaca la VoIP se encuentran las siguientes:

Reducir los gastos de desplazamiento y formación mediante el uso de videoconferencias y conferencias en línea.

Actualizar su sistema telefónico de acuerdo a sus necesidades.

Tener un número de teléfono que suena a la vez en varios dispositivos, para ayudar a sus empleados a estar conectados entre sí y con sus clientes.

Reducir sus gastos telefónicos.

Utilizar una sola red para voz y datos, simplificando la gestión y reduciendo costos.

Acceder a las funciones de su sistema telefónico en casa o bien en las oficinas de sus clientes, en aeropuertos, hoteles o en cualquier parte donde haya una conexión de banda ancha.

La construcción de redes de voz en paquetes, requiere hacer varias consideraciones importantes y una correcta planificación de la capacidad. Uno de los factores más importantes a tener en cuenta en relación con un diseño de buena calidad del sistema, es el ancho de banda.

**6.4.1.1 Cálculo de Ancho de Banda VoIP.** Un ejemplo claro para el cálculo del ancho de banda se encuentra en el artículo; consumo de ancho de banda por llamada realizado por CISCO<sup>69</sup> donde se tienen en cuenta los siguientes parámetros para este diseño:

- 40 bytes para encabezados IP (20 bytes)/Protocolo de datagrama de usuario (UDP) (8 bytes)/Protocolo de transporte en tiempo real (RTP) (12 bytes).
- El Protocolo de tiempo real comprimido (cRTP) reduce los encabezados IP/UDP/RTP a 2 ó 4 bytes (cRTP no está disponible en Ethernet).
- 6 bytes para el Protocolo punto a punto de enlaces múltiples (MP) o para el encabezado de capa 2 (L2) del Foro de FrameRelay (FRF).12.
- 1 byte para el indicador de fin de trama en las tramas MP y FrameRelay.
- 18 bytes para los encabezados Ethernet L2, incluidos 4 bytes de Secuencia de verificación de tramas (FCS) o Verificación por redundancia cíclica (CRC).

En la Tabla 7 y Cuadro 15 se observan solamente los cálculos para los tamaños de la carga útil de voz según CISCO<sup>70</sup>:

**Tabla 7.** Cálculos para los tamaños de la carga útil de voz

Velocidad de bits y códec (Kbps)	Información de códec			Cálculos de ancho de banda					
	Ejemplo de tamaño del códec (bytes)	Ejemplo de intervalo del códec (ms)	Mean Opinion Score (MOS)	Tamaño de la carga útil de voz (bytes)	Tamaño de la carga útil de voz (ms)	Paquetes por segundo (PPS)	Ancho de banda de MP o FRF.12 (Kpbs)	Ancho de banda c/cRTP MP o FRF.12 (Kps)	Ancho de banda Ethernet (Kbps)
G.711 (64 Kbps)	80	10	4.1	160	20	50	82.8	67.6	87.2
G.729 (8 Kbps)	10	10	3.92	20	20	50	26.8	11.6	31.2
G.723.1 (6.3Kbps)	24	30	3.9	24	30	34	18.9	8.8	21.9
G.723.1 (5.3Kbps)	20	30	3.8	20	30	34	17.9	7.7	20.8
G.726 (32 Kbps)	20	5	3.85	80	20	50	50.8	35.6	55.2
G.726 (24 Kbps)	15	5		60	20	50	42.8	27.6	47.2
G.728 (16 Kbps)	10	5	3.61	60	30	34	28.5	18.4	31.5

**Fuente** Página Web CISCO Systems, INC. Consumo de ancho de banda por llamada Interactivo

<sup>69</sup> THE SIEMON COMPANY. CCTV y Vigilancia por Video Sobre 10G ip™. Consultado 2016. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/SD-03-08-CCTV.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/SD-03-08-CCTV.asp)).

<sup>70</sup> CISCO SYSTEMS, INC. Voz sobre IP - Consumo de Ancho de Banda por Llamada Interactivo. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295\\_bwidth\\_consume.html](http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295_bwidth_consume.html))

**Cuadro 15.** Explicación de términos carga útil de voz

<b>Velocidad de bits del códec (Kbps)</b>	Según el códec, éste es el número de bytes que es preciso transmitir por segundo para evitar una llamada de voz (velocidad de bits del códec = ejemplo de tamaño del códec/ejemplo de intervalo del códec).
<b>Ejemplo de tamaño del códec (bytes)</b>	Según el códec, éste es el número de bytes capturados por el Procesador de señales digitales (DSP) en cada ejemplo de intervalo del códec. Por ejemplo, el codificador G.729 opera en ejemplos de intervalo de 10 ms, correspondientes a 10 bytes (80 bits) por ejemplo a una velocidad de bits de 8 Kbps. (velocidad de bits del códec = ejemplo de tamaño del códec/ejemplo de intervalo del códec).
<b>Ejemplo de intervalo del códec (ms)</b>	Este es el ejemplo de intervalo en el que el códec opera. Por ejemplo, el codificador G.729 opera en ejemplos de intervalos de 10 ms, correspondientes a 10 bytes (80 bits) por ejemplo a una velocidad de bits de 8 Kbps (velocidad de bits del códec = ejemplo de tamaño del códec/ejemplo de intervalo del códec).
<b>MOS</b>	MOS es un sistema que clasifica la calidad de voz de las conexiones telefónicas. Con MOS, una amplia gama de oyentes juzga la calidad de un ejemplo de voz mediante una escala que va del 1 (mala) al 5 (excelente). Los puntajes se promedian para brindar una MOS para el códec.
<b>Tamaño de la carga útil de voz (bytes)</b>	El tamaño de la carga útil de voz representa el número de bytes (o bits) que rellenan un paquete. El tamaño de la carga útil de voz debe ser un múltiplo de ejemplo de tamaño del códec. Por ejemplo, los paquetes G.729 pueden usar 10, 20, 30, 40, 50 o 60 bytes del tamaño de la carga útil de voz.
<b>Tamaño de la carga útil de voz (ms)</b>	El tamaño de la carga útil de voz también se puede representar en términos de ejemplos del códec. Por ejemplo, un tamaño de carga útil de voz G.729 de 20 ms (dos ejemplos de códec de 10 ms) representa una carga útil de voz de 20 bytes [(20 bytes * 8) / (20 ms) = 8 Kbps].
<b>PPS</b>	PPS representa el número de paquetes que es preciso transmitir por segundo para evitar la velocidad de bits del códec. Por ejemplo, para una llamada G.729 con un tamaño de carga útil de voz por paquete de 20 bytes (160 bits), es preciso transmitir 50 paquetes por segundo [50 pps = (8 Kbps) / (160 bits por paquete)].
<b>Fuente</b> Página Web CISCO Systems, INC. Consumo de ancho de banda por llamada Interactivo.	

Para el cálculo de ancho de banda de la Voz IP se usan los siguientes cálculos matemáticos:

- Tamaño total del paquete = (encabezado L2: MP o FRF.12 o Ethernet) + (encabezado IP/UDP/RTP) + (tamaño de carga útil de voz).
- PPS = (velocidad de bits del códec) / (tamaño de la carga útil de voz).
- Ancho de banda = tamaño de paquete total \* PPS

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo de ancho de banda:

El ancho de banda requerido para una llamada G.729 (velocidad de bits del códec de 8 kbps) con cRTP, MP y la carga útil de voz predeterminada de 20 bytes es:

- Tamaño del paquete total (bytes) = (encabezado de MP de 6 bytes) + (encabezado de IP/UDP/RTP comprimido de 2 bytes) + (carga útil de voz de 20 bytes) = 28 bytes.
- Tamaño total del paquete (bits) = (28 bytes) \* 8 bits por byte = 224 bits.
- PPS = (8 kbps de velocidad de bits del códec)/(160 bits) = 50 pps

**Nota:** 160 bits = 20 bytes (carga útil de voz predeterminada) \* 8 bits por byte

Ancho de banda por llamada = tamaño del paquete de voz (224 bits) \* 50 pps = 11.2 Kbps

El ancho de banda necesario en telefonía IP depende del número de llamadas simultáneas que se quiera poder realizar. Para asegurar la máxima calidad durante las llamadas es recomendable disponer de 100Kbps de subida y de bajada por cada canal.

En caso de los particulares o pequeñas empresas que dispongan de un número de teléfono y una extensión con 1 o 2 canales bastará con disponer de 100Kbps de subida y de bajada para el servicio, aunque es recomendable tener más para poder realizar otras actividades en Internet simultáneamente.

En el caso de empresas más grandes en las que se disponen de un número superior de extensiones y de canales para poder realizar llamadas simultáneas, será necesario un mayor ancho de banda, como se muestra en la Tabla 8 (datos obtenidos de la página web Telsome<sup>71</sup>):

**Tabla 8.** N° de canales \* 100kbps = ancho de banda necesario

Número de llamadas simultáneas	Velocidad de subida y de bajada necesario	Velocidad de subida y de bajada recomendado
1	30 Kbps	100 Kbps
5	150 Kbps	500 Kbps
8	240 Kbps	800 Kbps
10	300 Kbps	1 mbps

**Fuente** Página Web TELSOME Cuánto ancho de banda necesito para telefonía IP?

<sup>71</sup> TELSOME. Cuánto ancho de banda necesito para telefonía IP? Julio 2015. Consultado 2016. Disponible en: (<https://blog.telsome.es/adsl/cuanto-ancho-de-banda-necesito-para-telefonía-ip/>).

**6.4.2 CCTV (Cámaras y video).** Los sistemas de televisión de circuito cerrado (CCTV [ClosedCircuitTelevisionSystems]) y los de vigilancia por video se están volviendo más comunes en los edificios de oficinas, estructuras externas, escuelas e incluso en las calles ciudadanas. La vigilancia se ha convertido en un componente integral de los métodos de control de acceso enriquecidos con biométricos, sistemas de rastreo de seguridad y sistemas de rastreo de acceso.

Los sistemas tradicionales CCTV requieren una infraestructura separada que utiliza cable coaxial que fue diseñado para transmisiones punto a punto de video desde una cámara hasta una grabadora en el mismo sitio.

El desarrollo de video digital permitió el progreso hacia cables de par trenzado y fibra óptica. Las secuencias de imágenes se almacenan en formato digital en servidores u otras computadoras en lugar de cintas de video, aliviando los problemas inherentes a medios magnéticos. La influencia creciente de la industria TI (Tecnologías de la Información) conduce los esfuerzos de fabricantes de cámaras, proveedores de almacenamiento y diseñadores de chips a ofrecer full motion, video en una gran variedad de plataformas.

Los parámetros que son importantes en el diseño de un sistema de CCTV tienen que ver básicamente con la capacidad de almacenamiento y por supuesto el ancho de banda, en la página web Axis Communications<sup>72</sup> se hacen algunas recomendaciones y elementos a considerar al respecto:

Número de cámaras.

Tipo de grabación elegida: continua o basada en eventos.

Número de horas al día durante las que graba la cámara.

Fotogramas por segundo.

Resolución de la imagen.

Tipo de compresión de vídeo: Motion JPEG, MPEG-4, H.264.

Entorno: complejidad de la imagen (por ejemplo, una pared gris o un bosque), condiciones de iluminación y cantidad de movimiento (una oficina o una estación de tren muy transitada).

Tiempo que se guardan las imágenes.

En un sistema de vigilancia pequeño con entre 8 y 10 cámaras, se puede usar un switch de red básico de 100 Mbit sin necesidad de tener en cuenta las limitaciones en cuanto al ancho de banda. La mayoría de las empresas pueden instalar un sistema de vigilancia de estas dimensiones usando su red existente.

---

<sup>72</sup>AXIS COMMUNICATIONS. Op. cit., p. 3.

Al instalar 10 cámaras o más, es posible realizar una estimación de la carga de la red con estos principios básicos:

Una cámara configurada para transmitir imágenes de alta calidad a velocidades de fotogramas altas usará aproximadamente 2 o 3 Mbit/s del ancho de banda de red disponible.

Con más de 12 o 15 cámaras, hay que pensar en usar un switch con una red Gigabit detrás. Cuando se utiliza un switch compatible con una red Gigabit, el servidor en el que se ejecuta el software de gestión de vídeo debe tener instalado un adaptador de red Gigabit.

Entre las tecnologías que permiten gestionar el consumo de ancho de banda, encontramos el uso de VLAN en una red con switches, calidad de servicio y grabación basada en eventos.

Para el cálculo de ancho de banda del sistema de video, se usa la siguiente expresión matemática:

**BW = Velocidad x Tamaño de cada imagen en promedio x % de actividad x 8** (Expresado en bps).

A continuación se explica cada variable, para ellos se requieren definir varios aspectos en una cámara de video digital:

*Velocidad de las imágenes:* La cantidad de cuadros se expresa en frames por segundo (FPS). Son el número de cuadros que deseo transmitir para ver en el sitio remoto. El estándar americano NTSC definió este valor en 30 FPS, sin embargo el ojo humano puede fácilmente ver a velocidades de 24 FPS sin presentar molestias. Entre menos FPS transmita, menor información envía, menor resolución dinámica obtiene y finalmente corre el riesgo de no ver el instante preciso que se necesita.

*Tamaño de cada imagen en promedio:* Se expresa en Bytes y depende del fabricante del dispositivo que envía las señales por la red, (Puede ser un DVR, o un NVR, o un encoder, o un video server o una cámara de red o IP, entre otros dispositivos).

El algoritmo de compresión que se esté usando también depende de la resolución estática de la imagen de video que se desee enviar y de la escena que se esté observando.

Entonces es el fabricante quien debe orientar sobre el tamaño promedio en bytes de un cuadro tradicional. Muchas veces se encuentran cuadros que indican parámetros de resolución y calidad versus algoritmos usados. En otras ocasiones los fabricantes tienen calculadoras en sus sitios web, que permiten averiguar con mucha exactitud estos datos dependiendo de los parámetros.

*Resolución:* Entre mayor resolución estática tenga la imagen a transmitir, mayor tamaño promedio tendrá cada cuadro, sin importar el algoritmo de compresión. Al respecto vale la pena recordar que se debe transmitir y almacenar en la mejor

resolución estática posible, preferiblemente como mínimo la resolución nativa que la cámara pueda ofrecer.

Por ejemplo si es una cámara de 520 TVL, con salida IP que nos ofrece sin recortar o reajustar el tamaño de la imagen una resolución digital D1, de 720x480 pixels, es precisamente a esa resolución como debemos almacenarla y enviarla para sacar su mejor provecho.

En el mundo análogo es normal ver que las cámaras pueden dar una resolución digital nativa bastante elevada y sin embargo las reducen a un formato VGA (4 CIF) que es 640x480 o similar, perdiendo negligentemente valiosa información que mejora la nitidez de la señal.

*Algoritmos de Compresión:* Los fabricantes están compitiendo por los mejores algoritmos y formatos de compresión. En este momento se pueden mencionar 4 de tipo genérico: JPEG, de buena calidad, pero con poco nivel de compresión; MPEG-2 de excelente calidad pero muy bajo nivel de compresión; MPEG4 Layer 2, de buena calidad y buen nivel de compresión, es el más utilizado a nivel mundial y finalmente, el MPEG4 Layer 10, mejor conocido como H.264, de buena calidad y excelente nivel de compresión. Sin embargo existen muchos otros de carácter privado (propietario) que sacan el mejor provecho de las diversas tendencias e investigaciones. Finalmente no interesa cual formato se use, lo importante es comprimir a su máxima expresión un video, sin sacrificar mucho la calidad que el ojo humano puede apreciar.

*Tipo de escena:* En este caso, el tamaño promedio de cada cuadro cambia constantemente dependiendo de cuan compleja, brillante o colorida sea la escena que forma la imagen digital. Entre más colorido exista, mas incrementa el tamaño, entre más oscura sea la escena, más aumenta, entre más bordes y cambios de color existan, más grande será el tamaño promedio<sup>73</sup>.

A continuación se presenta un ejemplo para el cálculo de ancho de banda de los sistemas de CCTV:

Resolución 640 x 480.

Nivel de compresión bajo: 8 KB

$$\text{Número de tramas} = \frac{\text{Número de bytes de imagen}}{\text{Número de bytes de datos por trama}}$$

Número de bytes de datos por trama = 2000 Bytes

$$\text{Número de tramas} = \frac{8192 \text{ Bytes}}{2000 \text{ Bytes}}$$

Número de tramas = 4,09 tramas

---

<sup>73</sup>AXIS COMMUNICATIONS. Op. cit., p. 5.

De esta manera se debe enviar cuatro tramas de 2000 y una de 192 bytes de datos por cada imagen que se transmita, sin tomar en cuenta la sobrecarga.

Bytes de sobrecarga=Número de tramasx (Bytes de cabecera+triller de cada capa)

Bytes de sobrecarga = (5 x 6 + 5 x 8 + 5 x 24 + 5 x 11 + 5 x 8) Bytes

Bytes de sobrecarga = 285 Bytes

Por lo tanto el número de bytes totales transmitidos por imagen es:

Bytes total por imagen = 8192 Bytes + 285 Bytes

Bytes total por imagen = 8477 Bytes

El ancho de banda necesario para una cámara tomando en cuenta la sobrecarga, y utilizando un valor de 10 imágenes por segundo será:

$$AB = \frac{\text{Imágenes}}{\text{seg}} \times 8477 \frac{\text{Bytes}}{\text{imagen}} \times \frac{8\text{bits}}{1 \text{ Byte}} = 678,16 \text{ Kbps}$$

El ancho de banda total del sistema de CCTV dependerá del número de cámara que se vayan a utilizar.

Ejemplo tomado de “Diseño de una red inalámbrica para interconectar la matriz de la cadena de farmacias pharmacy’s con sus diferentes sucursales ubicadas en la ciudad de Quito, E. D. E. (2006). Escuela politécnica nacional.Quito, Ecuador”.<sup>74</sup>

**6.4.3 Correo electrónico.**Un mensaje de texto en promedio tiene aproximadamente 500 palabras con una o dos imágenes comprimidas, tienen un tamaño que oscila entre 50 y 70 Kbyte y haciendo un cálculo de envío de tres correos por hora se tiene la estimación de este servicio así:

$$\text{Número de Tramas} = \frac{\text{Bytes de datos por mensaje}}{\text{Bytes de datos por trama}}$$

---

<sup>74</sup>QUINAPALLO MORALES, Juan Pablo. Diseño de una Red Inalámbrica para Interconectar la Matriz de la Cadena de Farmacias Pharmacy’s con sus Diferentes Sucursales Ubicadas en la Ciudad de Quito. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Agosto de 2006, 283 pág. Escuela Politécnica Nacional. Consultado 2015. Disponible en: (<http://docplayer.es/2229398-Escuela-politecnica-nacional.html>)

Bytes de datos por trama = 1990 Bytes

$$\therefore \text{Número de Tramas} = \frac{71680 \text{ Bytes}}{1990 \text{ Bytes}} = 36,02 \text{ Tramas}$$

Se deben enviar 36 tramas de 1990 bytes y una de 40 bytes de datos, por cada correo que se transmite; sin tomar en cuenta la sobrecarga.

Bytes de sobrecarga = Número de tramas x (bytes de cabecera + triller de cada capa)

$$\text{Bytes de sobrecarga} = (37 \times 8 + 37 \times 11 + 37 \times 24 + 37 \times 24) \text{ Bytes}$$

$$\text{Bytes de sobrecarga} = 2479 \text{ Bytes}$$

Por lo tanto el número de bytes transmitidos por mensaje es:

$$\text{Bytes total por mensaje} = 71680 \text{ Bytes} + 2479 \text{ Bytes}$$

$$\text{Bytes total por imagen} = 74159 \text{ Bytes}$$

El ancho de banda necesario para la transmisión de correo electrónico tomando en cuenta la sobrecarga será:

$$AB = \text{Número de correos por hora} \times \text{Número de bits por correo}$$

$$AB = 3 \frac{\text{correos}}{3600 \text{ segundos}} \times 74159 \frac{\text{Byte}}{\text{correo}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} = 494,39 \text{ bps}$$

$$AB = 0,494 \text{ Kbps}$$

Ejemplo tomado de "Diseño de una red inalámbrica para interconectar la matriz de la cadena de farmacias pharmacy's con sus diferentes sucursales ubicadas en la ciudad de Quito, E. D. E. (2006). Escuela politécnica nacional. Quito, Ecuador".<sup>75</sup>

**6.4.4 Servidor de archivos compartidos.** Este tráfico no es una constante y comúnmente se usa para enviar información propia entre equipos que pertenecen a la misma red. Por ejemplo, en una comunicación Cliente-Servidor donde el equipo terminal solicita y/o envía información que está almacenada en un servidor centralizado. También se genera tráfico de datos entre dos equipos terminales (PC) de la misma red compartiendo información que es enrutada por los Switch de borde.

---

<sup>75</sup>Ibíd., p. 18

Este tráfico de información se considera como Intranet.

Un ejemplo para este tráfico de información, se puede calcular asumiendo que se están compartiendo 3 archivos por cada usuario en una hora, esto tomado como dato promedio con lo cual se realizan los siguientes cálculos.

$$V_{respaldos} = \frac{5 \text{ Mbytes}}{1 \text{ archivo}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{3 \text{ archivos}}{60 \text{ minutos}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} = 33.33 \text{ Kbps}$$

Por lo cual la velocidad de transmisión necesaria será 33.33 Kbps

**Nota:** todos los cálculos que se presentan en este apartado son ejemplos que pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades propias de cada proyecto y al tráfico que se evaluó en las redes a diseñar.

**6.4.5 Acceso a internet.** La actualidad y la integración de los varios servicios a través de internet hace necesario establecer y estructurar las redes de forma que el acceso a internet y los servicios funcionen correctamente, esto está provocando la aparición de una diversidad de servicios en tiempo real con fuertes restricciones de Calidad de Servicio (QoS), como telefonía sobre IP (VoIP), juegos on-line, vídeo bajo demanda (VoD), tele-conferencia, televisión en alta definición/3D (IPTV, HDTV, 3DTV), etc. Uno de los parámetros de QoS que más preocupa a los usuarios es el ancho de banda de su conexión. Gabriel Salas<sup>76</sup> nos muestra que la Agencia de Telecomunicaciones de los Estados Unidos (FCC) en la Tabla 9 nos indica el consumo de los diferentes servicios en Mbps, con estos indicadores se tiene una herramienta para realizar los cálculos y definir así que servicio se acomoda más a las necesidades del usuario.

---

<sup>76</sup> SALAS ELY, Gabriel. ¿Qué Ancho de Banda Necesito? Abril 2013. Consultado 2016. Disponible en: (<https://elevatulimite.wordpress.com/2013/04/08/que-ancho-de-banda-necesito-por-gabriel-salas/>).

**Tabla 9.**Consumo de los diferentes servicios en Mbps

<b>Aplicación</b>	<b>Capacidad Mínima (Mbps)</b>
Email	0.5
<b>Navegación</b>	
Navegación tradicional	0.5
Páginas interactivas y videos cortos	1
Streaming de radio	Menos de 0.5
Telefonía (VoIP)	Menos de 0.5
<b>Video</b>	
Standard streaming videos	0.7
Streaming películas	1.5
Streaming películas HD	4
Video conferencia	
Video conferencia básica	1
Video conferencia HD	4
<b>Aplicación</b>	<b>Capacidad Mínima (Mbps)</b>
<b>Gaming</b>	
Juego de consola conectado a Internet	1
Juego online en HD	
<b>Fuente</b> FCC (Agencia de Telecomunicaciones de USA).	

En este sentido y teniendo en cuenta esta clasificación se pueden estimar algunas soluciones posibles de acuerdo a las aplicaciones y su consumo en ancho de banda.

**Capacidades entre 1-4 Mbps**

Aplicaciones aconsejables: Correo, navegación, streaming de música, video con definición standard, supervisión remota por video standard, telefonía vía IP.

**Capacidades entre 4-6 Mbps**

Aplicaciones aconsejables: Intercambio de archivos, IPTV (TV por Internet).

**Capacidades entre 6-10 Mbps**

Aplicaciones aconsejables: Intercambio de archivos, IPTV (TV por Internet).

Las anteriores capacidades se deben tener en cuenta solo para conexiones residenciales o edificios con poca demanda en los servicios y sus necesidades sean básicas.

#### **Capacidades entre 10-15 Mbps**

Aplicaciones aconsejables: Telemedicina (cuidado médico vía remota), Educación remota, IPTVHD (Programación de TV en HD).

#### **Capacidades entre 15-50 Mbps**

Las casas inteligentes del futuro requerirán estas capacidades para atender simultáneamente los equipos en el hogar, mientras los miembros de la misma acceden satisfactoriamente a sus aplicaciones de alta demanda.

Aplicaciones aconsejables: Supervisión remota por video HD.

#### **Capacidades superiores a 50 Mbps**

Aplicaciones aconsejables: Videoconferencia de múltiples usuarios, procesamiento de data a distancia, recolección de data a tiempo real, atención médica remota basada en imágenes<sup>77</sup>.

## **6.5 TIPOS DE REDES**

A continuación se describen los diferentes tipos de red, las aplicaciones que deben soportar, y los medios de transmisión usados para cada uno.

### **6.5.1 Redes de telecomunicación para oficinas comerciales. (Tipo 1)**

**6.5.1.1 Descripción.** Este tipo de perfil es el genérico, que aplica para cualquier tipo de oficina comercial en una edificación de determinados pisos. Las aplicaciones que debe soportar este tipo de redes salen de las definidas anteriormente (Base de datos, Correo electrónico, Archivos compartidos, Acceso a internet, Telefonía IP, CCTV).

Las normas que aplican para cableado estructurado, para la TIA, es la 568 (Telecommunications Cabling Standard) y para la ISO 11801 (Information Technology Generic Cabling Systems). Estas normas son similares en recomendaciones y requerimientos, y, especifican topologías genéricas de instalación y diseño que se caracterizan por una "categoría" o "clase" (TIA categoría, ISO clase) de desempeño de transmisión en función del ancho de banda.

---

<sup>77</sup> SALAS ELY, Gabriel. ¿Qué Ancho de Banda Necesito? Abril 2013. Consultado 2016. Disponible en: (<https://elevatulimite.wordpress.com/2013/04/08/que-ancho-de-banda-necesito-por-gabriel-salas/>).

**6.5.1.2 Medio de transmisión.** Los medios de transmisión que aplican para este perfil de proyectos son los reconocidos en la norma TIA e ISO; que para el cable de cobre par trenzado están las categorías 3, 5e, 6, 6A, 7 y 7A, y para la fibra óptica multi-modo 62.5/125µm, o 50/125µm de alto desempeño; según se especifica en el estándar 568C.3, y fibra óptica mono-modo; según se especifica en el estándar 568C.3.

En el mercado existen varios fabricantes de infraestructura de telecomunicaciones, entre los más reconocidos por su trayectoria en el medio, son: SIEMON, ORTRONICS, LEVITÓN, SYSTIMAX, PANDUIT Y AMP. Estos fabricantes ofrecen soluciones de cableado de fibra y de cobre similares, todas cumpliendo con los estándares y los lineamientos establecidos para su fabricación en las normas TIA e ISO.

Para el cableado backbone usado para la comunicación de los diferentes cuartos de telecomunicaciones de los pisos de un edificio, con el cuarto principal donde se aloja el core de comunicaciones, o para comunicación entre edificios en el caso de campus; se utiliza comúnmente cable de fibra óptica multi-modo tipo OM-3 con especificaciones para soportar aplicaciones de 10Gbps. También se puede usar cable de cobre con especificaciones de 10Gbps. El cableado de backbone para la conexión entre edificios, en el caso de campus, se recomienda la utilización de cable de fibra con especificaciones de protección exterior, esto para prevenir daños al cableado por roedores.

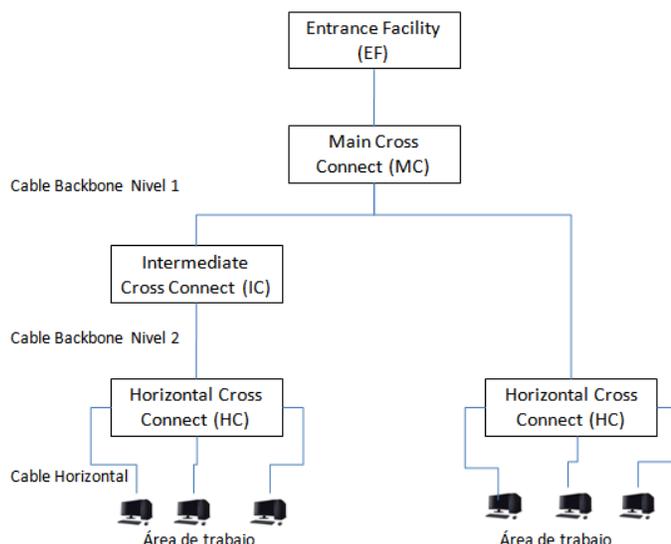
Para el cableado de comunicaciones para puesto de trabajo, se puede usar cualquier categoría reconocido por la norma TIA e ISO. Se recomienda la utilización mínimo de cable cat. 6 UTP, esto por las especificaciones de ancho de banda, ya que puede soportar velocidades de 10 Gbps.

**6.5.1.3 Esquema de conexión.** El esquema de conexión para este perfil de usuarios se sigue como lo indica la norma TIA 568<sup>78</sup> y la ISO 11801, en Figura 27 se muestra la distribución propuesta.

---

<sup>78</sup> AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises. ANSI/TIA/EIA-568-C-0.

**Figura 27. Conexión para usuarios, norma TIA 568 y la ISO 11801**



**Fuente** Estándar ANSI/TIA/EIA-568-C-0 (Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises).

A continuación se definen los elementos principales de la topología.

**EF (Entrance Facility):** Es el espacio de equipos de terminación y protección para el ingreso de cables al edificio, recibe el nombre de instalaciones de entrada, a este espacio llegan los servicios de telecomunicaciones por parte de los proveedores.

**Main Cross Connect (MC):** Es el punto de interconexión principal, es la interconexión para el primer nivel de backbone. Es el nivel más alto de una estructura jerárquica de 3 niveles que consiste de MC, IC y HC.

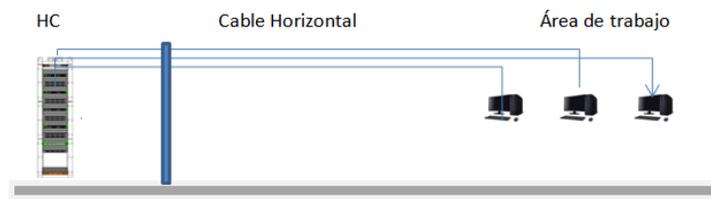
**Intermediate Cross Connect (IC):** Es la interconexión entre el primer y el segundo nivel del cableado backbone. El IC es necesario cuando los metros cuadrados del edificio son lo suficientemente grandes, o la distancia del cableado es tan larga que el edificio no puede atenderse desde solo una ubicación. También es necesario para la administración de cableado en los casos de edificio con múltiples propietarios, o en ambientes de campus.

**Horizontal Cross Connect (HC):** Es la interconexión del cableado horizontal al backbone y/o equipos, ubicado en el cuarto de telecomunicaciones de piso.

La topología de comunicación entre equipos terminales con conexión cruzada horizontal (HC), lo proponen las normas de cableado estructurado en estrella, lo cual indica que cada salida/conector de telecomunicaciones en el área de trabajo,

se conecta a una conexión cruzada horizontal en el cuarto de comunicaciones mediante el cable horizontal. Respecto a la ubicación de la conexión cruzada, se recomienda instalarla en el mismo piso que la salida/conector de telecomunicaciones. En la Figura28 se muestra la conexión entre HC y puesto de trabajo común.

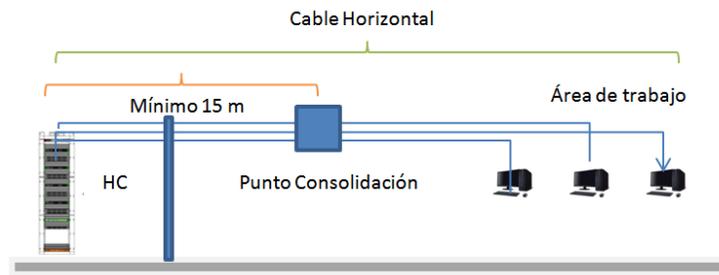
**Figura 28. Conexión entre HC y puesto de trabajo común**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

Otro tipo de conexión permitido por la norma es con puntos de transición o puntos de consolidación entre la conexión cruzada horizontal y la salida/conector de telecomunicaciones. Estos puntos permiten llevar a cabo movimientos, adiciones, y cambios sin necesidad de sustituir la totalidad del cable horizontal, sino únicamente la porción de cableado entre el punto de consolidación y el área de trabajo. Para esta conexión se debe considerar como mínimo la distancia entre el HC y el punto de consolidación de 15m. Lo anterior se muestra en laFigura29.

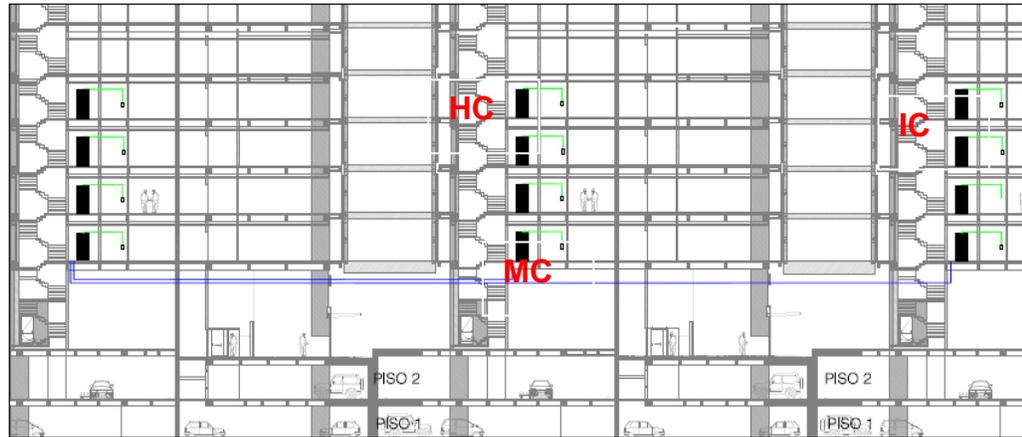
**Figura 29. Distancia entre el HC y el punto de consolidación**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

Para el caso del backbone, la norma solo permite dos niveles jerárquicos, el primero se ubica desde el MC al IC y desde este el segundo, entre el IC y el HC ubicado en los cuartos de comunicaciones de piso. (Figura 30).

**Figura 30. Niveles Jerárquicos**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

**6.5.1.4 Equipos.** Los equipos activos de la red que se instalan en los cuartos de telecomunicaciones (TR) son conocidos como switches de acceso o de borde. Este equipo proporciona conectividad y servicios a los equipos terminales a la red Ethernet. En la actualidad se instalan equipos que soporten velocidades de transmisión de 100 Mbps y la tendencia es llegar con 1 Gbps al área de trabajo. Estos equipos vienen equipados con Socket disponible para la instalación de Mini-GBICSFP de 1 Gbps, 10 Gbps y hasta 40 Gbps, estos puertos normalmente son para la comunicación backbone con el Switchcore ubicado en cuarto de telecomunicaciones principal o el centro de cómputo.

Las especificaciones técnicas de estos equipos se muestran a continuación en el Cuadro 16:

**Cuadro 16. Especificaciones técnicas de equipos**

Referencia de fabricante	Especificaciones principales
<p align="center"><b>Cisco Catalyst 2960-X Series</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 24 or 48 Gigabit Ethernet ports with line-rate forwarding performance.</li> <li>● Gigabit Small Form-Factor Pluggable (SFP) or 10G SFP+ uplinks.</li> <li>● FlexStack Plus for stacking of up to 8 switches with 80 Gbps of stack throughput (optional).</li> <li>● Power over Ethernet Plus (Poe+) support with up to 740W of PoE budget.</li> <li>● 24-port PoEfanless switch for deployment outside the wiring closet.</li> <li>● Reduced power consumption and advanced energy management features.</li> <li>● USB and Ethernet management interfaces for simplified operations.</li> <li>● Application visibility and capacity planning with integrated NetFlow-Lite.</li> <li>● LAN Base or LAN Lite Cisco IOS software features.</li> <li>● Enhanced limited lifetime warranty (E-LLW) offering next-business-day hardware replacement.</li> </ul>
<p align="center"><b>Cisco Catalyst 3650 Series Switches</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Integrated wireless controller capability with:               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Up to 40G of wireless capacity per switch (48-port models).</li> <li>◦ Support for up to 50 access points and 1000 wireless clients on each switching entity (switch or stack).</li> </ul> </li> <li>● 24 and 48 10/100/1000 data and PoE+ models with energy-efficient Ethernet (EEE) supported ports.</li> <li>● 24 and 48 100-Mbps and 1-, 2.5-, 5-, and 10-Gbps (multigigabit) Cisco UPOE models with EEE.</li> <li>● Five fixed-uplink models with four Gigabit Ethernet, two 10 Gigabit Ethernet, four 10 Gigabit Ethernet, eight 10 Gigabit Ethernet, or two 40 Gigabit Ethernet Quad Small Form-Factor Pluggable Plus (QSFP+) ports.</li> <li>● 24-port and 48-port 10/100/1000 PoE+ models with lower noise and reduced depth of 11.62 inches for shallow depth cabinets in enterprise, retail, and branch-office environments.</li> <li>● Optional Cisco StackWise-160 technology that provides scalability and resiliency with 160 Gbps of stack throughput.</li> <li>● Dual redundant, modular power supplies and three modular fans providing redundancy.</li> <li>● Support for external power system RPS 2300 on the 3650 mini SKUs for power redundancy.</li> <li>● Full IEEE 802.3at (PoE+) with 30W power on all ports in 1 rack unit (RU) form factor.</li> <li>● Cisco UPOE with 60W power per port in 1 rack unit (RU) form factor</li> <li>● Software support for IPv4 and IPv6 routing, multicast routing, modular quality of service (QoS), Flexible NetFlow (FNF) Version 9, and enhanced security features</li> <li>● Single universal Cisco IOS® Software image across all license levels, providing an easy upgrade path for software features.</li> <li>● Enhanced limited lifetime warranty (E-LLW) with next business day (NBD) advance hardware replacement and 90-day access to Cisco Technical Assistance Center (TAC) support.</li> </ul>

Referencia de fabricante	Especificaciones principales
<p style="text-align: center;"><b>Cisco Catalyst 3850 Series Switches</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Integrated wireless controller capability with: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Up to 40G of wireless capacity per switch (48-port RJ45 models)</li> <li>○ Support for up to 100 access points and 2000 wireless clients on each switching entity (switch or stack).</li> </ul> </li> <li>● 24 and 48 10/100/1000Mbps data PoE+ and Cisco UPOE models with energy-efficient Ethernet (EEE).</li> <li>● 24 and 48 100Mbps/1/2.5/5/10 Gbps Cisco UPOE models with energy-efficient Ethernet (EEE).</li> <li>● 12- and 24-port 1 Gigabit Ethernet SFP-based models.</li> <li>● 12- and 24-port 1/10 Gigabit Ethernet SFP+-based models</li> <li>● 48-port 1/10 Gigabit Ethernet SFP+ model with 4 fixed 40 Gigabit Ethernet QSFP+ uplinks.</li> <li>● Cisco StackWise-480 technology provides scalability and resiliency with 480 Gbps of stack throughput.</li> <li>● Cisco StackPower™ technology provides power stacking among stack members for power redundancy.</li> <li>● Five optional uplink modules[2] with 4 x Gigabit Ethernet, 2 x 10 Gigabit Ethernet, 4 x 10 Gigabit Ethernet[3], 8 x 10 Gigabit Ethernet4, or 2 x 40 Gigabit Ethernet QSFP+[4] ports.</li> <li>● Dual redundant, modular power supplies and three modular fans providing redundancy.</li> <li>● Full IEEE 802.3at (PoE+) with 30W power on all copper ports in 1 rack unit (RU) form factor.</li> <li>● Cisco UPOE with 60W power per port in 1 rack unit (RU) form factor.</li> <li>● Software support for IPv4 and IPv6 routing, multicast routing, modular quality of service (QoS), Flexible NetFlow (FNF), and enhanced security features</li> <li>● Single universal Cisco IOS® Software image across all license levels, providing an easy upgrade path for software features.</li> <li>● Enhanced limited lifetime warranty (E-LLW) with next business day (NBD) advance hardware replacement and 90-day access to Cisco Technical Assistance Center (TAC) support.</li> </ul>
<p><b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado</p>	

## 6.5.2 Redes de Telecomunicaciones para la industria. (Tipo 2)

**6.5.2.1 Descripción.** Para abordar este tipo de perfil de usuario, se debe considerar que la mayoría de enlaces de comunicaciones se realizan entre equipos (sin terminación estándar RJ-45 o conectores de fibra LC, SC), por lo cual, en estos casos no se especifican los estándares IEEE 802.3 o TIA 568. Pero los sistemas de comunicaciones en la industria también involucran enlaces de comunicaciones que se deben conectar a una red centralizada para su administración y gestión.

En los ambientes industriales son comunes las comunicaciones de datos a través de interfaces seriales, originalmente desarrolladas para correr sobre cables de cobre, tales como: *RS-232C*, *RS-422*, *RS-423* y *RS-485*. Estas interfaces son altamente susceptibles a interferencias electromagnéticas (EMI), que son los ambientes comunes en la industria debido a maquinaria y fuentes de energía. Dada estas limitantes estas interfaces se han adaptado para correr sobre otros medios de transmisión, como la fibra óptica o cable de cobre par trenzado bajo los estándares IEEE 802.3.

*RS-232C* y *RS-422* son interfaces de transmisión serial asincrónica, que están definidas por la EIA usando cable de cobre. Para el caso de *RS-232C* se define una velocidad de transmisión de 20 Kbps a una distancia máxima de 15m, por otro lado *RS-422* soporta velocidades de 10 Mbps en distancias de hasta 4 km. Para aplicaciones en los que se requiera conexiones a varios kilómetros sobre interfaces *RS-232C*, existen conversores de *RS-232C* a fibra óptica. El tipo de fibra, la distancia y la velocidad máxima dependen de la marca y del modelo del conversor *RS-232*, *RS-485*, *RS-422* a fibra óptica multi-modo ST.

**6.5.2.2 Medios de transmisión.** Para las aplicaciones o equipos en la industria que requieran de conexión a las redes Ethernet en este perfil de usuario, se debe seguir el estándar TIA 568 C, donde se especifican parámetros como distancias, separación de cableado de las fuentes electromagnéticas cercanas y el tipo de protección que debe tener el cable para soportar los ambientes de las industrias. Los medios de transmisión reconocidos son cable de cobre par trenzado y cable de fibra óptica multi-modal y mono-modo. Teniendo en cuenta los ambientes que se presentan en la industria, SIEMON<sup>79</sup> fabricante de soluciones de telecomunicación, así como otros fabricantes, ofrecen productos que se adaptan a los ambientes extremos de la industria, entre los cuales están: el medio de transmisión (cobre, fibra), adaptadores de terminación (Jack, patchcord fibra cobre), equipos y accesorios con clasificación IP66/IP67. En la Figura 31 se muestran algunos de estos elementos.

---

<sup>79</sup>THE SIEMON COMPANY.Ethernet/IP.Consultado 2015. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp)).

**Figura 31. Elementos de terminación para ambientes industriales**



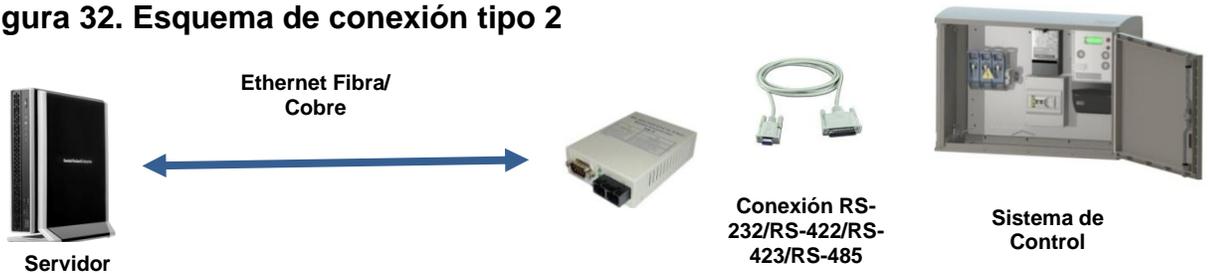
**Fuente** Página Web SIEMON COMPANY. Ethernet/IP.

Respecto al enlace permanente, los fabricantes de cableado recomiendan la utilización de cable de fibra óptica, esto a las bondades que ofrece frente a la interferencia electromagnética. También se recomienda la utilización de cable de cobre par trenzado con apantallamiento S/FTP o F/UTP. Generalmente el Cable se especializa en brindar soluciones de punta en cableado para aplicaciones Ethernet, estas enfocadas a las condiciones rigurosas en los entornos industriales.

**6.5.2.3 Esquema de conexión.** El esquema de conexión se debe seguir conforme lo indica la norma de cableado TIA 568, en topología estrella, con las distancias máximas establecidas según el medio de transmisión utilizado. Lo anterior aplica para los equipos que se conectan a la red Ethernet.

Para aplicaciones que requieran la utilización de interfaces RS-232C, RS-422, RS-423 y RS-485, y se necesiten distancias largas que superen lo especificado para estas, se recomienda la utilización de conversores de medio a fibra óptica o cable de cobre par trenzado. En la Figura 32 se muestra el un esquema de conexión.

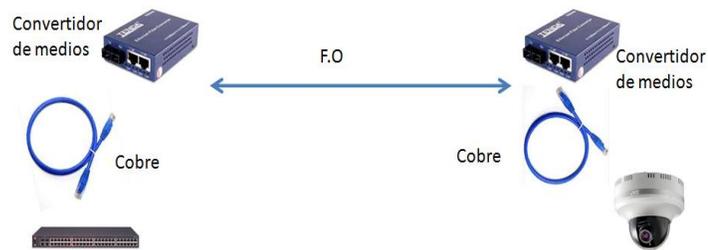
**Figura 32. Esquema de conexión tipo 2**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

En la industria, es común encontrar distancias largas para la conexión de equipos que necesitan conexión a las redes Ethernet, para casos que la distancia superen los 100m, se debe realizar una conexión fibra-cobre, esto se logra con convertidores de medio, la velocidad de transmisión depende de los equipos activos (Convertidor y Switch). En la Figura33 se muestran los esquemas de conexión típicos para este perfil de usuario.

**Figura 33. Conexión de equipos a redes Ethernet**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

**6.5.2.4 Equipos.** Phenix Contact es uno de los muchos fabricantes que ofrece este tipo de soluciones a la industria, ofreciendo un amplio portafolio de productos enfocados para este fin; cable para aplicaciones Ethernet, convertidores de medio, equipos activos, tomas con grados de protección IP, entre otros. En el Cuadro 17 se muestran las especificaciones técnicas de algunos equipos usados en la industria.

**Cuadro 17. Especificaciones técnicas de equipos usados en la industria**

Descripción	Especificaciones	Conversión Medios
<p>Convertor de puerto Serie RS232, RS485 y RS422 (DB9 macho) a fibra óptica (ST). Permite conectar puertos y periféricos serie a una distancia de hasta 2 Km en Multi-Modo (MM) sobre cable de fibra óptica y a una velocidad de transferencia de 115,2 Kbps (RS232) y de 460 Kbps (RS485 y RS422).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmisión punto a punto o punto a multi-punto.</li> <li>• Detección automática de velocidad hasta 460 Kbps para RS485 y RS422.</li> <li>• Operativa del puerto ST en modo half/full duplex y longitud de onda de 850 nm en MM.</li> <li>• Cable de fibra óptica de hasta 2 Km de longitud de tipología 50/125, 62,5/125 o 100/140 micro-m.</li> <li>• Dimensiones: 96 x 66 26 mm.</li> <li>• Dispone de conector DB9 macho y bloque de terminales de 6-pin para el puerto serie.</li> <li>• Dispone de conector dual ST para la conexión de la fibra óptica.</li> <li>• Se suministra con cable serie DB9 hembra a DB9 hembra. También se suministra fuente de alimentación de 9 VDC a 1 A. Dispone de conector dual ST para la conexión de la fibra óptica.</li> </ul>	<p>Serie RS232, RS485 y RS422 (DB9 macho) a fibra óptica (ST)</p>
<p>Convertor de puerto serie RS-232, RS-485 y RS-422 (DB9M) a zócalo SFP Mini-GBIC 100FX. El puerto SFP Mini-GBIC permite la instalación de módulos SFP (nuestras referencias #RH5x) que ofrecen diferentes soluciones de comunicación mediante cable de fibra óptica. Permite conectar puertos y periféricos serie a grandes distancia y en diferentes tipos de conectores y cables de fibra óptica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmisión punto a punto.</li> <li>• Detección automática de velocidad hasta 460.8Kbps.</li> <li>• Operativa del puerto SFP en modo half/full duplex.</li> <li>• Compatible con módulos SFP o Mini-GBIC</li> <li>• Dimensiones: 26,2 x 70,3 x 94 mm.</li> </ul>	<p>RS232 RS485 RS422 a sfpMiniGBIC 100FX (TS86)</p>

**Cuadro 17.**(Continuación)

Descripción	Especificaciones	Conversión Medios
<p>Adaptador para fibra óptica con conexión para fibra óptica LC dúplex (1300 nm), para la conversión de 100Base-TX en fibra de vidrio multi-modo. Función Auto-MDI(X). Amplio diagnóstico de enlace. Alimentación montable en carril de 12... 57 VDC. En conformidad con las normas IEC 61850-3 e IEEE 1613.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de transmisión de datos de 100 Mbits.</li> <li>• UL, EE.UU. / Canadá Class I, Div. 2, Groups A, B, C.</li> <li>• Tensión nominal de alimentación 24 y 48 VD</li> <li>• Interfaz 1 Interfaz Ethernet, 100Base-Tx en acc. con IEEE 802.3.</li> <li>• Tipo de conexión Hembra RJ45, apantallada Medio de transmisión Cobre.</li> <li>• Longitud de transmisión 100 m (De par trenzado, apantallado).</li> <li>• Velocidad de transmisión serie 100 Mbits/s.</li> <li>• Interfaz óptica Fibra óptica.</li> <li>• Longitud de onda 1310 nm.</li> <li>• Longitud de transmisión, incl. reserva del sistema de 3 dB 3,3 km (fibra de vidrio con F-G 62,5/125 2,6 dB/km F600); 9,6 km (fibra de vidrio con F-G 50/125 0,7 dB/km F1200); 5,3 km (fibra de vidrio con F-G 50/125 1,6 dB/km F800); 2 km (Fibra HCS-GI con F-GK 200/230).</li> <li>• Medio de transmisión Fibra de vidrio multi-modo.</li> <li>• Tipo de conexión LC dúplex</li> </ul>	<p>Etherneth Cable de cobre a Fibra Óptica</p>
<p><b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado</p>		

### 6.5.3 Redes de telecomunicaciones para centros de cómputo. (Tipo 3)

**6.5.3.1 Descripción.** Los centros de cómputo son el cerebro de los sistemas de telecomunicaciones de las empresas, operando la mayoría de las veces 24 horas diarias con requerimientos de altísima confiabilidad. El sistema de cableado de comunicaciones en un centro de cómputo, son tan importantes como lo son el sistema eléctrico, sistema mecánico o ambiental, la seguridad e iluminación. Al igual que otros sistemas una interrupción o falla en el sistema de telecomunicaciones puede generar gran impacto operacional a las compañías.

SIEMON<sup>80</sup>, fabricante líder en ofrecer soluciones de alta confiabilidad y desempeño para centros de cómputo, muestra las normas que aplican para el diseño de redes de comunicaciones en estos espacios; en el White Papers

<sup>80</sup> THE SIEMON COMPANY. Factores Clave del Cableado en el Centro de Cómputo. Marzo 2008. Consultado 2015. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/08-04-28-data-center-factors.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/08-04-28-data-center-factors.asp)).

“Factores Clave del Cableado en el Centro de Cómputo”, se destaca la norma ANSI/TIA 942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers, la cual menciona la importancia de la elaboración de un diseño adecuado con el cumplimiento de esta norma.

El diseño debe brindar el más alto grado de disponibilidad y desempeño, sin sacrificar flexibilidad para soportar las tecnologías de comunicaciones, almacenamiento y procesamiento de datos, las cuales se mantienen en constante evolución.

La norma TIA 942 es un estándar que integra criterios de diseño para centro de cómputo, que en sus primeras versiones se enfocaba solo a cableado estructurado para estos espacios, pero que en la actualidad involucra todos los subsistemas de infraestructura, tales como: subsistema ambiental, eléctrico, seguridad electrónica, arquitectónico y de telecomunicaciones. El estándar es aplicable a todo tipo de centro de cómputo sin importar la magnitud del cuarto.

Para la selección del medio de transmisión adecuado de acuerdo a los requerimientos del usuario, se deben considerar factores como lo son: la topología de la red, que para este tipo de espacios se especifican diferente que un espacio de oficinas comerciales, velocidad de transmisión, rutas de canalización del cableado, entre otros.

Actualmente los enlaces troncales de los centros de cómputo funcionan a velocidades de 10 Gbps en fibra y cobre, 40 Gbps y 100 Gbps sobre fibra óptica. Para estas aplicaciones se requieren de una infraestructura de TI robusta que brinde altos grados de confiabilidad y seguridad en estas redes.

**6.5.3.2 Medios de transmisión.** Las normas de cableado para centros de cómputo recomiendan cableado que soporte aplicaciones de 10 Gbps, esto considerando el tiempo de vida útil de las nuevas instalaciones y minimizando las interrupciones y caídas asociadas a la hora de actualizar la infraestructura de red.

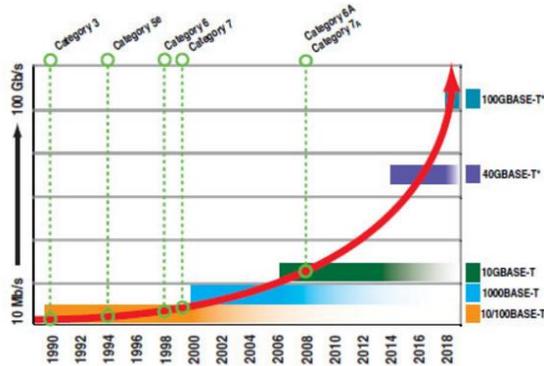
En la Figura 34 tomada de la página oficial de SIEMON<sup>81</sup>, se aprecia que en la actualidad los centros de cómputo mínimo instalan infraestructura de red para soportar 10Gbps.

También se evidencia que desde el año 2014 ya existen aplicaciones que operaban a 40Gbps, para esto usando como medio de transmisión fibra óptica.

---

<sup>81</sup> THE SIEMON COMPANY. 10Gb/s es la Mejor Opción para la Red de su Data Center. Consultado 2016. Disponible en: (<https://www.siemon.com/la/datacenter/overview.asp>).

**Figura 34. Tendencia en velocidades de transmisión centros de cómputo**



**Fuente** Página Web SIEMON COMPANY. 10Gb/s es la mejor opción para la Red de su Data Center.

Los cables de par trenzado de cobre reconocidos por las normas de cableado estructurado (TIA 568 y ISO 11801) están probados para correr aplicaciones máximo hasta 10Gbps, esto para el caso de cables categoría 6A, 7 y 7A, como se observa en el Cuadro 18 elaborado por SIEMON<sup>82</sup>.

**Cuadro 18. Aplicaciones de cableado estructurado**

Cuadro de aplicaciones.					
	Categoría 5e Clase D	Categoría 6 Clase E	Categoría 6A Clase EA	Clase F	Clase FA
TOKEN RING, 4/16 MBPS	X	X	X	X	X
10BASE-T	X	X	X	X	X
100BASE-T4	X	X	X	X	X
155 MBPS ATM	X	X	X	X	X
1000BASE-T	X	X	X	X	X
TIA/EIA-854		X	X	X	X
10GBASE-T			X	X	X
SO/IEC 14165-144				X	X
BroadbandCATV					X

**Fuente** Página Web SIEMON COMPANY. Desmitificación de las Especificaciones de Cableado De Categoría 5e a 7A.

<sup>82</sup>THE SIEMON COMPANY. Op. Cit., p 8.

Lo anterior muestra que para desarrollos de nuevos proyectos de infraestructura de telecomunicaciones se debe usar como medio de transmisión, sistemas de cableado estructurado cat. 6A, cat 7, cat 7A y fibra óptica para aplicaciones de 10Gbps. Para el caso de aplicaciones de 40 Gbps y 100 Gbps solo aplica Fibra Óptica.

Para el caso de fibra óptica en aplicaciones de 40 Gbps y 100 Gbps, se debe usar fibra óptica pre-conectorizada de fábrica con conectores MTP, este conector debe exceder las norma TIA/EIA-455-21A para 1000 ciclos de conexión. Los cables con conectores MTP están disponibles en cable de fibra multi-modo y mono-modo con distancias de 10 hasta 100m, con terminación MTP-MTPoMTP-LC. La chaqueta protectora del cable es tipo Tight buffer. La cantidad de hilos depende de la aplicación y el tipo de fibra, en el Cuadro12 (capítulo fibra óptica 6.3.1.2), se muestra la cantidad de hilos dependiendo de la aplicación.

La terminación de los cables con conectores MTP se hace en bandejas de fibra con módulos Casset, la conexión de conector MTP se hace en parte posterior y en la parte frontal, ofrecen hasta 24 conexiones con conector LC o 12 con SC. En la Figura 35 se muestra la solución de fibra óptica para centros de cómputo con conectores MTP marca Excel<sup>83</sup>.

**Figura 35. Solución de fibra óptica para centros de cómputo con conectores MTP**

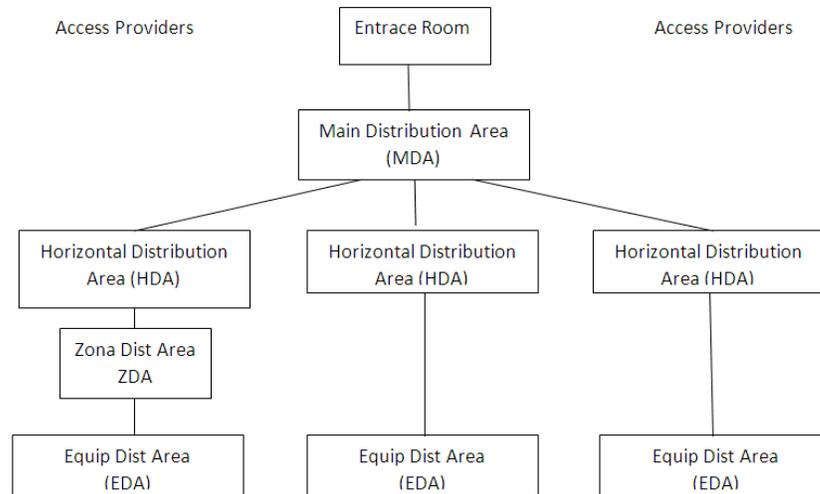


**Fuente** Página Web EXCEL. Cables troncales de fibra óptica MTP Elite® Excelerator.

<sup>83</sup> EXCEL Whitout Compromise. Cables troncales de fibra óptica MTP Elite® Excelerator. Consultado 2016. Disponible en: (file:///C:/Users/Personal/Downloads/E0161-FIS-Exc-MTP-Trunk-Cable-ES%20(1).pdf).

**6.5.3.3 Esquema de conexión.** La distribución de equipos y de cableado para centros de cómputo se sigue como lo indica la norma TIA 942 Data Center Standard<sup>84</sup>, la cual propone la topología de conexión que se muestra en la Figura 36.

**Figura 36. Ejemplo de la topología básica del centro de datos de TIA-942**



**Fuente** Estándar ANSI/TIA/EIA-942 (Telecommunications Infrastructure Standards for Data Centers).

A continuación se definen los elementos principales de la topología.

**ER (Entrance Room):** Es el espacio donde llegan los proveedores de servicio, los proveedores instalan sus equipos en este espacio, normalmente esta fuera del centro de cómputo, se conecta con el cuarto de equipos del centro de cómputo a través de MDA.

**MDA (Main Distribution Area):** Es el espacio central de distribución en el centro de cómputo, incluye el MC (Main Cross Connect) y puede incluir también los HC (Horizontal Cross Connect).

Se recomienda por seguridad que este espacio sea dedicado. Todos los centros de cómputo deben tener por lo menos un MDA. Los equipos típicos que se

<sup>84</sup> AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Telecommunications Infrastructure Standards for Data Centers. ANSI/TIA/EIA-942

instalan en este espacio son los Router, Switch Core, Switches SAN, PBX. En este espacio pueden servir uno o varios HDA, EDA o TR(Oficinas, Noc).

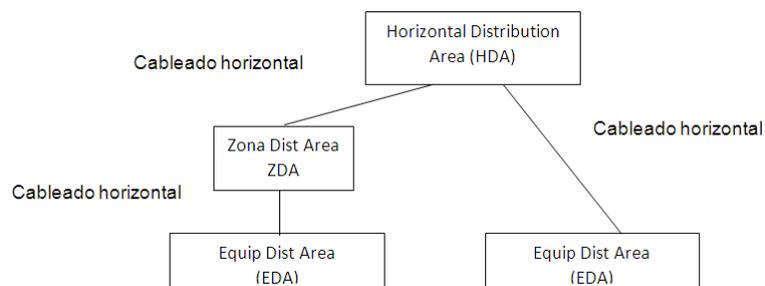
**HDA (Horizontal Distribution Area):** Es el espacio que soporta el cableado para los EDA, conecta los EDA cuando el HC no está en el MDA. Este espacio incluye el HC y se ubica dentro del centro de cómputo. Al igual que el MDA se puede instalar en un espacio dedicado. Los equipos típicos que se instalan en este espacio son los Switches, LAN, SAN. Un centro de cómputo puede no tener HDA, ya que todo el cuarto de cómputo puede estar atendido por el MDA.

**EDA (Equipment Distribution Area):** Es el espacio dedicado para contener los equipos, incluye los sistemas de cómputo y los equipos de telecomunicaciones. **NOTA:** Puede existir un punto intermedio opcional entre el HDA y el EDA llamado ZDA (Zona Distribution Area), con el objetivo de permitir reconfiguraciones frecuentes y flexibilidad.

A continuación se presentan las topologías de cableado horizontal y cableado backbone.

Para que la topología pueda hacerse en estrella, cada terminación en el EDA debe ser conectada al HDA o MDA. La distancia máxima para los enlaces de comunicaciones no debe superar los 90m, independiente al medio de transmisión utilizado (Cable de Cobre y Fibra Óptica), esta distancia es desde el HDA(o MDA) hasta el EDA. En Figura 37 se presenta la topología para el cableado horizontal.

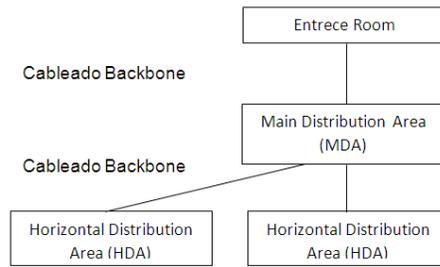
**Figura 37. Topología para el cableado horizontal**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

La topología para el cableado backbone debe ser en estrella jerárquica, esta permite la conexión entre el ER y el MDA, y el MDA y los HDA. Lo anterior se muestra en la Figura 38.

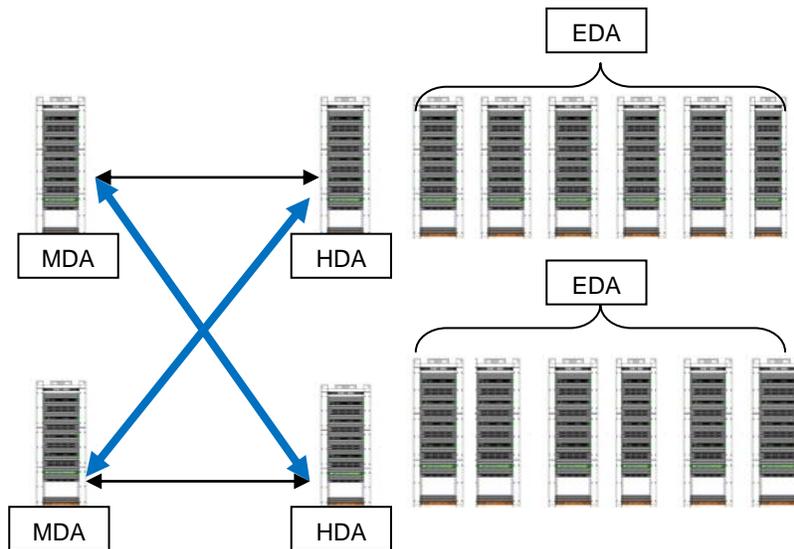
**Figura 38. Tipología para el cableado backbone**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

La Figura 39 muestra un sistema redundante con dos MDA, las comunicaciones entre el MDA a los HDA es un cableado backbone que normalmente se instala en cable de fibra óptica pre-conectorizado. En el gabinete MDA se instalan los Switches de core, y en los HDA se instalan los switches de acceso o de borde. La conexión entre los gabinetes HDA y los EDA se puede hacer en cable de fibra óptica o cable de cobre par trenzado.

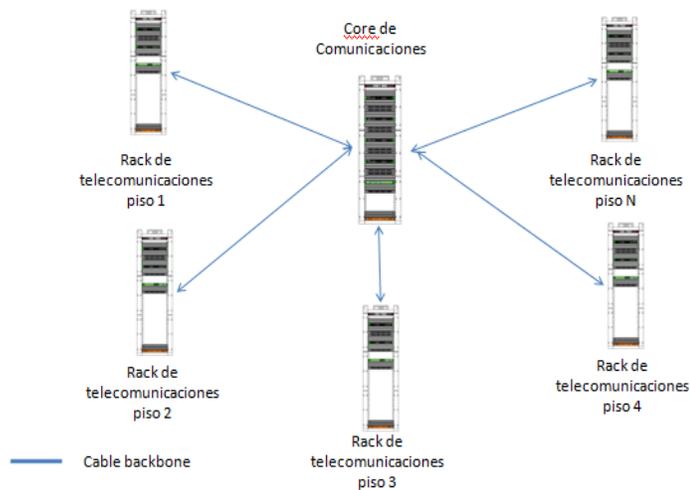
**Figura 39. Diagrama de conexión típico Backbone**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

**6.5.3.4 Equipos.** Los equipos que comúnmente se instalan en los centros de datos, son los Switch troncal, o también conocidos como Switch Core, estos equipos son el centro de las comunicaciones, a estos equipos se conectan otros switches de jerarquía inferior, servidores de almacenamiento y procesamiento, routers WAN, entre otros. En la actualidad estos equipos mínimos se deben dimensionar para aplicaciones de 10Gbps, aunque la tendencia es usar aplicaciones a 40 Gbps y 100Gbps. En la Figura 40 se muestra una conexión típica de un Switch Core.

**Figura 40. Conexión típica de un Switch Core**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

Cisco es uno de los grandes fabricantes que ofrece al mercado este tipo de soluciones, a continuación en el Cuadro 19 se muestran algunas de las familias de equipos con sus características más relevantes, empezando desde el más robusto.

## Cuadro 19. Equipos y características

Referencia de fabricante	Especificaciones principales
<b>Switches Cisco Nexus de la serie 9000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionan la base de switching para la Infraestructura centrada en aplicaciones (ACI) de Cisco.</li> <li>• Proporcionan la base de switching para la Infraestructura centrada en aplicaciones (ACI) de Cisco.</li> <li>• Admiten hasta 1,92 Tb de capacidad de switching por ranura</li> <li>• Proporcionan 1,10 y 40 Gigabit Ethernet de alta densidad hoy y 100 Gigabit Ethernet en el futuro.</li> <li>• Funcionan en el modo Cisco NX-OS estándar y también en el modo ACI.</li> <li>• Ofrecen plena compatibilidad con puentes, routing y gateway de LAN virtual extensible (VXLAN).</li> </ul>
<b>Switches Cisco Nexus de la serie 7000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son ideales para implementaciones de acceso, agregación y núcleo de centro de datos.</li> <li>• Proporcionan las funciones de centro de datos más completas de la industria y capacidades de programabilidad.</li> <li>• Ofrecen hasta 1,3 Tb de capacidad de switching por ranura y más de 83 Tb por chasis.</li> <li>• Proporcionan escalabilidad de 1, 10, 40 y 100 Gigabit Ethernet de alta densidad.</li> <li>• Ofrecen servicios avanzados, alta disponibilidad y actualización de software en servicio (ISSU) sin interrupciones.</li> </ul>
<b>Switches Cisco Nexus de la serie 5000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideales para implementaciones de acceso top-of-rack de 10 Gigabit Ethernet.</li> <li>• Son compatibles con una amplia gama de tipos de conectividad, incluida Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet, 10GBASE-T, 40 Gigabit Ethernet, puertos unificados, canal de fibra y FCoE.</li> <li>• Admiten completas características de capa 2 y 3 para el tráfico de redes LAN y SAN.</li> <li>• Compatibles con hardware VXLAN (capa 2 y 3, gateway) y ofrecen capacidad NVGRE.</li> </ul>
<b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado	

### 6.5.4 Redes de servicios, sistema para seguridad electrónica (CCTV, control de acceso, etc.), control para automatización o BMS para edificios. (Tipo 4)

**6.5.4.1 Descripción.** Son redes enfocadas a servicios complementarios de un edificio, diferente a los procesos misionales de una empresa. A diferencia del sistema de CCTV, los servicios complementarios o de soporte no requieren grandes anchos de banda, pues generalmente estos servicios manejan señales de control, lo cual convierten las redes de bajo voltaje.

En esta sección también se analizarán los requerimientos de infraestructura de cableado de los sistemas BMS (Building Management System), estos sistemas permiten la gestión eficiente de todos los espacios de un edificio, involucrando subsistemas como climatización y la seguridad de los edificios; con este

último también se integra control de acceso, videovigilancia y control de iluminación, todos bajo un mismo sistema unificado. Todas las notificaciones para la gestión se realizan vía Ethernet.

Las siguientes dependencias suelen ser controladas con un BMS:

- **HVAC:** Estos incluyen los sistemas encargados de la producción de aire frío y caliente, los ventiladores, radiadores, calefactores, etc.

Los sistemas de control HVAC, que generalmente son automáticos, están destinados a proveer un ambiente uniforme en todo el edificio, esto es, controlar las condiciones ambientales interiores para proveer el máximo confort. Además permiten; a cada ocupante ajustar la temperatura de su espacio de trabajo o departamento, siempre dentro de unos límites previamente establecidos según el lugar en donde se encuentre ubicado el edificio; monitorear y ajustar la temperatura en cada espacio de acuerdo a valores predeterminados.; ajustar la calidad de aire interior basada en la ocupación de los espacios o según estándares de supervivencia.

- **Electricidad:** Esto incluye los sistemas para la iluminación, transformadores, generadores, interruptores, etc.

Los controles de iluminación permiten cosas como apagar o encender automáticamente las luminarias gracias a sensores o por computadoras; modificar los niveles de iluminación a través del censado de presencia de luz natural, cercanía de ventanas o por eventos o situaciones puntuales que se presenten en un determinado sitio (conferencias, reuniones, etc.); a los usuarios ajustar el nivel de iluminación de acuerdo a sus preferencias o gustos mediante una computadora o hasta por vía telefónica; controlar todo el sistema mediante una computadora central, para manejar ciertos sectores o todo el edificio por completo, realizando operaciones de apagado, encendido o regulación del nivel de iluminación de las luminarias; administración del consumo de energía por ocupación o uso de sectores y ajuste de iluminación de acuerdo al gusto de los ocupantes o a valores predeterminados; Obtener un historial del consumo y ahorro de energía para establecer, mantener o cambiar las políticas en este campo.

- **Sistemas electromecánicos:** como por ejemplo, ascensores, escaleras mecánicas, barreras de acceso, etc.

Los sistemas de estos edificios proveen a los ocupantes, servicios de control de ascensores, aunque su control se vuelve complejo particularmente con múltiples ascensores y por supuesto con la cantidad de demanda que representan las personas que los utilizan todos los días y todo el día, sin embargo, algunos ascensores pueden apagarse en determinadas horas del día para ahorrar energía.

- **Sistema de protección de incendios:** integración con el sistema de detección en los diferentes cuartos.

Los sistemas de seguridad de vida, más comúnmente llamados “sistemas contra incendios” son regulados por el cuerpo de bomberos de cada localidad en donde se encuentre ubicado un edificio. Los sistemas contra incendios exigen a los sistemas de seguridad la apertura de todas las puertas, incluso las que se protegen por código bajo condiciones de emergencia, pues los ocupantes del edificio lo que más van a requerir en esos momentos es salir del edificio. Los sistemas de HVAC también son manejados para salvar vidas, por ejemplo, extracción de humo y ventilación en ascensores. Las tecnologías usadas en los sistemas de los edificios inteligentes facilitan funcionalidades y aplicaciones adicionales, por ejemplo, en un incendio pueden encenderse en todo el edificio luces de emergencia o las luces normales para indicar las salidas, y, por otro lado los sistemas de comunicación informarían cuantas personas entraron al edificio y además avisarían por parlantes o por mensajes de emergencia pre-grabados el estado del incendio o la situación de emergencia en la que se encuentran.

- **Otros subsistemas como pueden ser seguridad, riego, fontanería, alcantarillado, etc.**

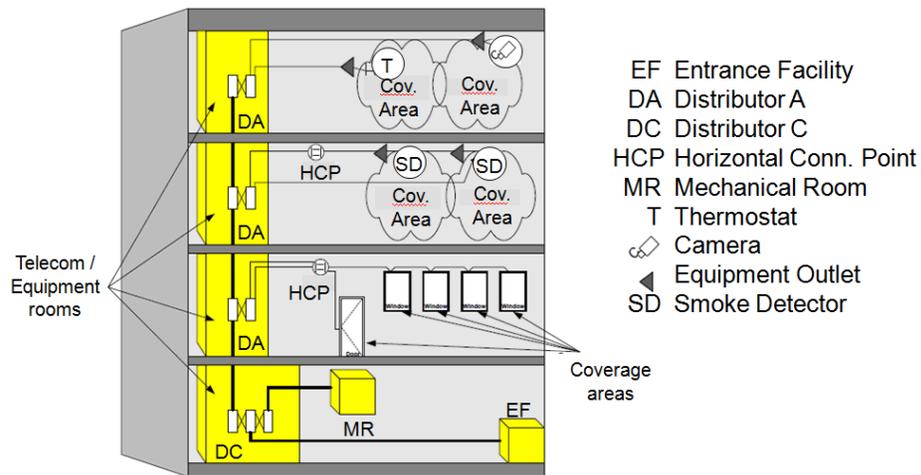
Los sistemas de seguridad se dividen generalmente en tres sub componentes: Control de acceso, control de intrusión y vigilancia. Los sistemas de seguridad integran efectivamente estas tres áreas, teniendo primero en cuenta la función y operación del edificio con una programación previa de los controles y respuestas de acceso individual. También un típico sistema de seguridad involucra: tarjetas de acceso, interfaces en ascensores, interfaces en puertas, detección de intrusión, sensores de temperatura, movimiento, rotura de vidrios, presión, aviso a guardias, control de estacionamientos, entre otros. Muchas de las funciones del sistema de control de acceso están involucradas en el sistema de seguridad de vida (por ejemplo apertura automática de puertas en caso de incendios), éste último deja fuera de funcionamiento ciertas partes del control de acceso en casos de emergencia.

Normalmente, la implementación de estos sistemas se hará usando conectividad Ethernet a diferentes velocidades y todo ello bajo el protocolo IP ya que permite la integración de equipamiento de terceras partes en todos los niveles.

**6.5.4.2 Medio de transmisión.** Los medios de transmisión reconocidos para este tipo de proyecto aplican los mismos que se definieron en los proyectos tipo 2 (*Redes de telecomunicación para oficinas comerciales*). Para cable de cobre par trenzado esta 5e, 6, 6 A y 7A, y para la fibra óptica multi-modo 62.5/125µm, o 50/125µm, y mono-modo, según se especifica en la norma 568-C.

**6.5.4.3 Topología de conexión.** La tecnología de un edificio inteligente generalmente se refiere a la integración de cuatro sistemas: el “Sistema de Automatización del Edificio” (BAS, BuildingAutomationSystem), un “Sistema de Telecomunicaciones” (TS, TelecommunicationsSystem), una “Oficina del Sistema de Automatización” (OAS, Office AutomationSystem), y, una “Computadora Asistente para la Fácil Administración del Sistema” (CAFMS, ComputerAidedFacility Management System). Un sofisticado BAS es la base de un “edificio inteligente”, Figura 41 elaborado por Alberto Brunete<sup>85</sup>.

**Figura 41. Topología de conexión BAS**



**Fuente**BRUNETE, Alberto. Aplicaciones de la Automática en Edificios

La topología de cableado horizontal será una topología en estrella. La distancia horizontal máxima de enlaces distribuidos BAS deberá ser 90 m, independiente del tipo de medio, la longitud del canal BAS depende de la aplicación. El cableado horizontal debe cumplir con los requisitos de rendimiento y los requisitos de instalación de la norma TIA / 568-C.

Las tecnologías de interconexión brindan a múltiples sistemas la posibilidad de compartir el mismo cableado de una red. Los protocolos de comunicación de datos, como TCP/IP, pueden coexistir independientemente y en forma segura en un mismo backbone Ethernet, por ejemplo:

<sup>85</sup> BRUNETE, Alberto. Aplicaciones de la Automática en Edificios. Universidad Carlos III de Madrid. Consultado 2015. Disponible en: (<http://albertobrunete.es/joomla/images/buildautomat/T4%20-%20BACNET.pdf>).

Las computadoras de control de los sistemas HVAC, iluminación y seguridad pueden coexistir y funcionar en una misma plataforma.

Los sistemas contra incendios con enlaces tipo Ethernet se pueden monitorear por secciones a varios equipos conectados a la red.

El control de ascensores es digital y puede ser controlado por una sola plataforma en una computadora personal.

Con una sola computadora se puede controlar, operar, monitorear el estado y seguridad de todos los elevadores de un edificio, con la ayuda o no del personal de administración y control.

Se pueden usar datos en teléfonos de una red de área local usando IP (voz sobre IP – VoIP).

La completa integración de los sistemas y su nivel de penetración está incrementando los beneficios de los edificios inteligentes, el amplio espectro de normalización de las comunicaciones usadas en sistemas de control brindan mejores posibilidades de interoperabilidad entre equipos, volviéndose un excelente punto a favor en las oportunidades de mercado que poseen los edificios inteligentes.

En la estructura del cableado BAS, el cableado vertebral proporciona interconexiones entre los distintos espacios dedicados de telecomunicaciones (TR, CTR, ER, CER y EF). El cableado vertebral para BAS incluye: Marco de Conexión Principal (MC [Main Cross-Connect]) y Marcos de Conexión Intermedios (IC [Intermediate Cross-Connect]), Cable Vertebral Inter-edificios e Intra-edificio. Terminaciones mecánicas en los marcos de conexión, puentes y cordones usados para conexiones de cableado vertebral a vertebral.

Cuando un TR o ER integra los servicios BAS con aquellos relacionados a voz datos y/o video, se denomina CTR o CER respectivamente. La norma 862 especifica requisitos mínimos de topología, arquitectura, prácticas de diseño e instalación, procedimientos de prueba, parámetros de desempeño y componentes del sistema de cableado BAS.

La norma abarca una amplia gama de edificios o campus, con extensiones geográficas desde 100 m<sup>2</sup> hasta 1000000 m<sup>2</sup> en espacio de oficinas con una población de hasta 50000 usuarios individuales.

- **SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition):** Adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación de software que permite la comunicación con sistemas de control en campo, como los PLC, I/O distribuida y otros dispositivos con comunicación disponible. En esta comunicación se accesan las variables de control de los procesos incluidos en el nodo, de manera que se puede tener información exacta del mismo en tiempo real, visualizada de una forma gráfica e intuitiva. Esta información a su vez puede ser almacenada en una

base de datos para realizar reportes históricos de comportamiento en menor o mayor escala.

*Sistema central de control:* Se trata de una PC que típicamente utiliza Windows y un sistema SCADA (software para monitoreo y control de todos los sistemas anteriormente mencionados). Este software debe tener capacidades de gráficos, tendencias, alarmas y protocolos de comunicación abiertos. Es primordial evitar sistemas que requieran cuotas mensuales o anuales para su operación. Los sistemas nuevos ofrecen este beneficio y otros de gran utilidad. Con internet Explorer (de preferencia) como explorador (la compatibilidad de otros varía), es posible tener esta misma visualización desde cualquier punto remoto; claro está, con los respectivos passwords y medios de seguridad. Estos equipos también deben de estar listos para la integración con PLCs y demás equipos de medición e instrumentos en general.

*Sistemas de redes inteligentes:* La red como tal puede ser el sistema más grande de un edificio, ya que permite la conexión entre todos los sistemas mencionados anteriormente y es la herramienta para que los usuarios locales y remotos realicen sus labores diarias. Es necesario que el instalador conozca de redes y sistemas de seguridad contra virus y hackers.

*Sistemas de I/O flexibles, inteligentes y con múltiples protocolos:* En instalaciones destinadas para hospitales, hoteles, universidades, centros comerciales, entre otros; las entradas y salidas (I/O, por sus siglas en inglés) están dispersas en un área muy amplia, a la vez que son de todo tipo. Una parte crítica para la confiabilidad y viabilidad de estos sistemas es contar con módulos de I/O capaces de integrar todas esas opciones.

*Interfaces operador:* Estos equipos, como su nombre lo indica, son la interface para que los usuarios interactúen con los diferentes sistemas del edificio: aire acondicionado, iluminación, solicitud de servicios, salas de juntas y más. Típicamente, son pantallas o monitores conectados en red al sistema SCADA. Adicionalmente, su diseño estético es importante para cuidar el impacto visual de nuestras instalaciones.

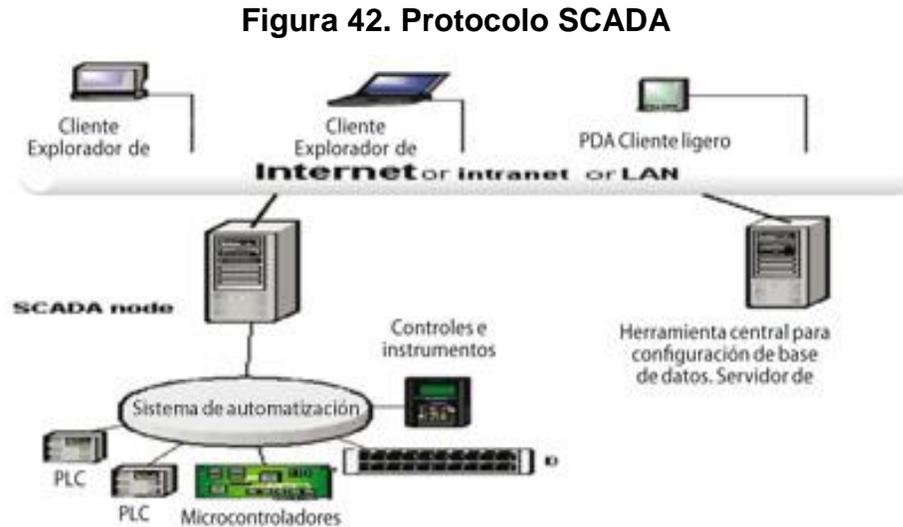
*Sistemas de administración de energía:* Permiten la conexión y administración de los diferentes equipos de medición de energía. En esta área, la información es guardada para que posteriormente se elaboren reportes detallados de los consumos de energía.

*Termostatos inteligentes:* Aparatos que interactúan con los sistemas HVAC. Pueden incluir protocolos de comunicación vía cable o inalámbrico, sensores de presencia y funciones avanzadas de control.

Software para la implementación de un sistema de video vigilancia inteligente: Sirve para ver y para tomar decisiones.

*Controles de acceso:* Como su nombre lo indica, estos equipos nos permiten el acceso de personal a diferentes áreas en nuestras instalaciones. Pueden comunicarse y utilizar redes existentes, incluyendo las redes inalámbricas.

En la Figura 42 se puede observar un esquema del protocolo SCADA<sup>86</sup>.



**Fuente**BRUNETE, Alberto. Aplicaciones de la Automática en Edificios

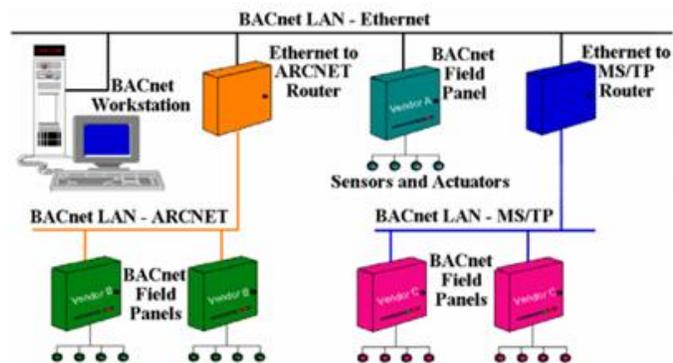
Otro factor que influye en la arquitectura de conexión de estos sistemas, es el protocolo de comunicación. Las plataformas inteligentes usan estándares desarrollados específicamente para este tipo de instalaciones y equipos, como BacNet, LonWorks, entre los más conocidos.

- **Protocolo BACnet:** BACnet es un protocolo de comunicación de datos para la automatización de sistemas de edificios, al cual se pueden conectar varios tipos de productos y equipos que pueden ser de varios fabricantes, pero con cierto grado de dificultad; dichos productos se conectan a una red común para lograr la interoperabilidad entre ellos. El protocolo de BACnet está basado en un modelo cliente-servidor y sus mensajes se denominan "demandas de servicio". Una máquina cliente envía un mensaje de demanda de servicio a una máquina servidor, la que realiza el servicio e informa el resultado al cliente.

<sup>86</sup>BRUNETE, Op. Cit., p 24.

BACnet proporciona una arquitectura escalonada con estaciones de trabajo en el extremo superior, controladoras en el siguiente escalón y así sucesivamente. Esta red escalonada requiere de entradas (gateways, convertidor de datos efectiva) para traducir entre el protocolo usado por las estaciones de trabajo y los muchos protocolos que pueden ser usados por los equipos gradas abajo. Las entradas mencionadas son dispositivos caros y elevan el protocolo BACnet, proporcionando medios predefinidos para representar las funciones de cualquier dispositivo. Se basa en una estructura de cuatro capas, esta arquitectura corresponde a las capas físicas, de enlace de datos, de red y de aplicación del modelo OSI<sup>87</sup> que se muestra más adelante en la Figura 43. El protocolo BACnet es diseñado para que exista sólo un camino lógico entre los dispositivos conectados a la red. La capa de red de BACnet es diseñada para el uso de sistemas BACnet solamente, lo que quiere decir, que no se pueden usar por ejemplo enrutadores (routers) Ethernet para enrutar datos entre canales BACnet. Esta capa fue diseñada para soportar tecnologías de enlaces de datos diferentes a las que usan los enrutadores Ethernet, otro punto más que conlleva a encarecer el uso de la tecnología BACnet.

**Figura 43. Protocolo BACnet**



**Fuente**BRUNETE, Alberto. Aplicaciones de la Automática en Edificios.

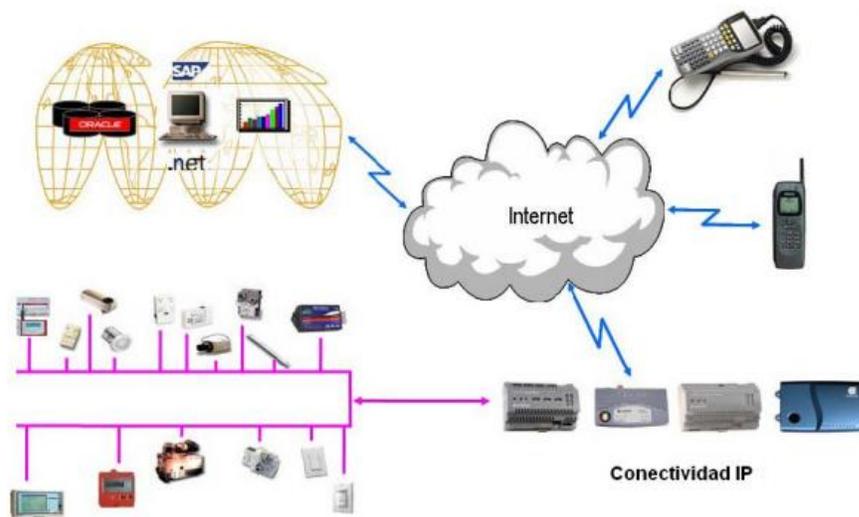
- **Protocolo LonWorks:** Dentro de los distintos sistemas de automatización de edificios, tiene especial relevancia LonWorks, debido a su arquitectura abierta e implementación tanto en sistemas residenciales de pequeña escala como grandes infraestructuras (aeropuertos, complejos deportivos, rascacielos, etc.)

<sup>87</sup>BRUNETE. Op. Cit., p. 28.

Durante los últimos años la tecnología LonWorks ha cobrado una gran reputación en casi todas las redes de control de edificios, fábricas, trenes, viviendas y mercados públicos, etc. Es una plataforma completa para chips de silicio y hasta para software. LonWorks es una plataforma completa que incluye no sólo un protocolo o un transceptor, sino también los estándares de interoperabilidad y un API de software universal que funciona todo junto sin problemas.

LonWorks posee sistemas de control distribuidos a partir de dispositivos cotidianos que realizan funciones comunes: detectan, procesan, actúan o comunican. LonWorks es una plataforma de conexión que añade a los dispositivos cotidianos funciones de red permitiendo comunicarse entre ellos convirtiéndolos en dispositivos inteligentes e interoperables, que pueden comunicarse uno con el otro y con Internet (Figura 44 protocolo LonWorks<sup>88</sup>).

**Figura 44. Protocolo LonWorks**



**Fuente**ORMAND, Kerry. Control de Edificios y Viviendas con Sistemas Abiertos LonWorks

<sup>88</sup>ORMAND, Kerry. Control de Edificios y Viviendas con Sistemas Abiertos LONWORKS. Echelon 2004. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.lonmark.es/www/pdf/presentaciones/04\\_28\\_10%20-%20Control%20de%20Edificios%20y%20Viviendas%20con%20Sistemas%20Abiertos%20-%20Kerry%20Ormand\\_Echelon\\_\\_1.pdf](http://www.lonmark.es/www/pdf/presentaciones/04_28_10%20-%20Control%20de%20Edificios%20y%20Viviendas%20con%20Sistemas%20Abiertos%20-%20Kerry%20Ormand_Echelon__1.pdf)).

Una red LonWorks<sup>89</sup> (Figura 45) consiste en un número de nodos comunicándose por varios medios y usando un protocolo común. Las partes principales de una red son:

Los nodos que son equipos inteligentes, se comunican vía protocolo de comunicación para asegurar su interoperación e interacción.

Los equipos de red (routers, repetidores, tarjetas de PC, modem, etc.)

Los transceptores (TP, líneas de energía eléctrica, IR, R).

PC o software de comunicaciones (DDE o MIP).

Software de configuración, administración, vigilancia y de mantenimiento.

**Figura 45. Red LonWorks**



**Fuente**ORMAND, Kerry. Control de Edificios y Viviendas con Sistemas Abiertos LonWorks

---

<sup>89</sup>Ibid. p. 12.

**6.5.4.4 Equipos.** Los equipos activos o los Switches que se implementan para este perfil de proyectos son los Switch de borde. Las velocidades de transmisión pueden iniciar desde los 100 Mbps cumpliendo el estándar IEEE 802.3 100Base-T Ethernet y llegando hasta 1 Gbps con el estándar IEEE 802.3 1000Base T. De acuerdo a lo anterior los equipos usados en este tipo de proyectos aplican los mismos definidos para proyectos TIPO 1 (Cableado para edificios comerciales).

## 7. PROPUESTA SELECCIÓN DE MEDIO DE TRANSMISIÓN

Para seleccionar el canal de comunicaciones alámbrico que se ajuste a las necesidades y a los requerimientos de las redes de telecomunicaciones que se instalan en los diferentes espacios, es importante conocer los servicios que deben soportar las redes, para determinar los requisitos de ancho de banda necesarios, la velocidad de transmisión que es definida por los equipos activos de la red y los medios de transmisión (fibra o cobre) disponible para los distintos ambientes externos donde operarán las redes de telecomunicaciones.

Para ayudar a determinar los factores antes mencionados que inciden y definen el medio de transmisión, se reconocen cuatro tipos de redes con diferentes requerimientos y ambientes externos de trabajo.

TIPO 1: Redes de Telecomunicaciones para oficinas comerciales.

TIPO 2: Redes de Telecomunicaciones para la industria.

TIPO 3: Redes de Telecomunicaciones para centros de cómputo.

TIPO 4: Redes de servicios, sistema para seguridad electrónica (CCTV, control de acceso, etc.), control para automatización o BMS (Building Management System) de edificios.

### 7.1 ESPECIFICACIONES MEDIOS DE TRANSMISIÓN (FIBRA Y COBRE)

En este numeral se presentan los diferentes medios de transmisión alámbricos que se usan en los diferentes tipos de proyectos de telecomunicaciones, especificación de ancho de banda disponible, plataformas horizontales definidas en el estándar IEEE 802.3 para fibra y para cobre. También se muestran las diferentes propiedades contractivas del cable, dependiendo del ambiente externo donde se instalara el mismo.

**7.1.1 Cable de cobre.** En la actualidad existen en el mercado las siguientes categorías o clases definidas en los estándares de cableado TIA 568 e ISO 11801

y su equivalencia que se pueden observar en el Cuadro 20 elaborado por SIEMON<sup>90</sup>.

**Cuadro 20. Categorías o clases definidas en los estándares de cableado**

Clasificaciones equivalentes de las normas TIA E ISO.				
Ancho de banda	TIA (componentes)	TIA (cableado)	ISO (componentes)	ISO (cableado)
1 - 100 MHz	Categoría 5e	Categoría 5e	Categoría 5e	Clase D
1 - 250 MHz	Categoría 6	Categoría 6	Categoría 6	Clase E
1 - 500 MHz	Categoría 6A	Categoría 6A	Categoría 6A	Clase EA
1 - 600 MHz	sin especificar	sin especificar	Categoría 7	Clase F
1 - 1000 MHz	sin especificar	sin especificar	Categoría 7A	Clase FA

**Fuente** Página Web SIEMON COMPANY. Desmitificación de las Especificaciones de Cableado De Categoría 5e a 7A.

Antes de conocer las aplicaciones que soporta el cable de cobre, es importante mostrar la evolución del estándar IEEE 802.3., con las distancias máximas del enlace de telecomunicaciones (Cuadro 21).

**Cuadro 21. Evolución de la norma IEEE para cable par trenzado cobre**

Evolución de norma IEEE 802.3				
Año de publicación	Nombre	Descripción	Velocidad	Longitud
1985	802.3 <sup>a</sup>	Primer IEEE, 10BASE2 10 Mbit/s sobre coaxial fino (thinnet o cheapernet). Longitud máxima del segmento 200 metros.	10 Mbps por medios compartidos.	200 metros
1990	802.3i	10BASE-T 10 Mbit/s sobre par trenzado no blindado (UTP).	10 Mbps halfduplex por cables trenzados.	150 metros
1995	802.3u	100BASE-TX, 100BASE-T4, 100BASE-FX Fast Ethernet a 100 Mbit/s con auto-negociación de velocidad.	100 Mbps halfduplex por cables trenzados.	100 metros
1997	802.3x	Full Duplex (Transmisión y recepción simultáneas) y control de flujo.	100 Mbps Full duplex por cables trenzados.	100 metros
1999	802.3ab	1000BASE-T Ethernet de 1 Gbit/s sobre par trenzado no blindado.	1000 Mbps Full duplex por pares trenzados.	100 metros
2006	802.3an	10GBASE-T Ethernet a 10 Gbit/s sobre par trenzado no blindado (UTP).	10.000 Mbps Full duplex por pares trenzados.	100 metros
En desarrollo	802.3ba.	40 Gbs sobre fibra óptica.		

**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

<sup>90</sup>THE SIEMON COMPANY. Desmitificación de las Especificaciones de Cableado De Categoría 5e a 7A. Octubre 2009. Consultado 2016. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/07-10-09-demystifying.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/07-10-09-demystifying.asp)).

También se muestran en el Cuadro 22, las aplicaciones que se soporta el cable de cobre dependiendo de la plataforma o aplicación definida en el estándar IEE 802.3 Ethernet elaborado por SIEMON<sup>91</sup>.

**Cuadro 22. Soporte de aplicaciones cable de cobre**

Cuadro de aplicaciones.					
	Categoría 5e Clase D	Categoría 6 Clase E	Categoría 6A Clase EA	Clase F	Clase FA
<b>TOKEN RING, 4/16 MBPS</b>	X	X	X	X	X
<b>10BASE-T</b>	X	X	X	X	X
<b>100BASE-T4</b>	X	X	X	X	X
<b>155 MBPS ATM</b>	X	X	X	X	X
<b>1000BASE-T</b>	X	X	X	X	X
<b>TIA/EIA-854</b>		X	X	X	X
<b>10GBASE-T</b>			X	X	X
<b>SO/IEC 14165-144</b>				X	X
<b>BroadbandCATV</b>					X
<b>Fuente</b> Página Web SIEMON COMPANY.Desmitificación de las Especificaciones de Cableado De Categoría 5e a 7A.					

Adicional a los requerimientos de ancho de banda y velocidad de transmisión, también se deben conocer las condiciones de instalación del cableado y los productos disponibles en el mercado para cada una de ellas.

Un factor importante a la hora de seleccionar el canal de comunicaciones, son las interferencias electromagnéticas, efecto que se da por cercanías a fuentes eléctricas como transformadores, generadores, reguladores y canalización de sistemas eléctricos para lo cual se deben considerar en lo posible soluciones blindadas F/UTP, SFTP.

Cabe aclarar que en el mercado existen productos que presentan buen desempeño ante interferencias electromagnéticas y al efecto Alien Crosstalk que no son blindadas. El inconveniente que presenta este tipo de solución es que para garantizar un óptimo funcionamiento, se debe fabricar chaquetas más grandes y gruesas que aumentan el diámetro del cable, ocasionando un aumento en las canalizaciones y ducterías, que refleja sobre costos al proyecto.

<sup>91</sup>Ibíd., p. 8.

En el Cuadro 23 se muestran los productos disponibles de acuerdo a la categoría y clases descritas anteriormente.

**Cuadro 23. Categorías y clases de cable de cobre**

<b>Blindaje de cable de cobre</b>			
<b>Categorías de cableado</b>	<b>Tipo de Blindaje</b>	<b>Diámetro exterior de Cable en mm</b>	<b>Condiciones de instalación</b>
Cat. 5e UTP	Sin Blindaje	5,5	El uso de este tipo de cable presenta óptimo desempeño en las siguientes condiciones:  * Canalización totalmente independiente y con una separación de al menos 40 cm del cableado eléctrico. * NO estar en cercanías con sistema eléctricos de distribución, tales como: Transformadores, generadores, alimentadores eléctricos principales, etc. * Para el caso de cat. 6A UTP se debe realizar en detalle los cálculos de porcentaje de llenado de canalización
Cat. 6 UTP		6,35	
Cat. 6A UTP		8,3	
Cat. 6A F/UTP	Parcialmente Blindado	7,4	Cableado con mejor desempeño ante la interferencia electromagnética externa y al efecto de Alien Crosstalk entre pares y cables de la misma naturaleza cercanos. Corrige las limitaciones que presenta el cable UTP sin apantallar
Cat. 7A S/FTP	Completamente blindado	8,4	
<b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado			

Respecto a la protección de cable tipo CMR, a diferencia del tipo CM, se puede instalar para recorridos de cableado verticales por sus propiedades de retardación a la llama. En el Cuadro 24 se muestran las categorías de cableado disponibles, dependiendo del tipo de chaqueta exterior

**Cuadro 24. Categorías de cableado disponibles, dependiendo del tipo de chaqueta exterior**

Recubrimiento exterior del cable				
Categoría de cableado	CM	CMR	LS0H	CMP
Cat. 5e	X	X		
Cat. 6	X	X	X	
Cat. 6 A		X	X	X
Cat. 7			X	X
Cat. 7 A			X	X
<b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado				

En la actualidad existen varios fabricantes reconocidos como SIEMON, AMP, ORTRONICS, SYSTIMAX, LEVITON, entre otros, que ofrecen diversas soluciones de cableado estructurado acorde a las necesidades de los usuarios. Estos fabricantes cumplen y garantizan la operación de la aplicación acorde al estándar IEEE 802.3 y la compatibilidad con categorías inferiores.

Para proyectos de telecomunicaciones donde se especifiquen aplicaciones PoE sobre el canal de telecomunicaciones de cobre, SIEMON, fabricante de soluciones, concluye que los sistemas de cableado estructurado blindados, F/UTP (Parcialmente Blindado) y S/FTP (Completamente Blindado), tienen un desempeño de transmisión más estable y son más aptos que cableado UTP para admitir aplicaciones PoE+.

**7.1.2 Cable de Fibra Óptica.** Existen dos tipos de fibra óptica aplicada a los tipos de proyectos, multi-modo y mono-modo y cada una cuenta con especificaciones y campos de aplicación diferentes. En el Cuadro 25 se muestra la evolución del estándar IEEE 802.3 aplicado al cable de fibra óptica, donde se especifica el tipo de fibra óptica y las distancias máximas para el enlace de telecomunicaciones.

**Cuadro 25. Evolución del estándar IEEE 802.3 para fibra óptica**

Estándar	Velocidad	Interfaces	Cable	Distancia máxima
Ethernet IEEE 802.3	10 Mbps	10 Base FL	Fibra óptica multi-modo	2 Km
Fast Ethernet IEEE 802.3u	100 Mbps	100 Base FX	Fibra óptica multi-modo	2 km
Gigabit Ethernet IEEE 802.3z	1000Mbps	1000 Base SX	Fibra óptica multi-modo	220m a 550m
		1000 Base LX	Fibra óptica multi-modo (MM) y mono-modo (SM)	(MM): 550m (SM): 5 km
10 Gigabit Ethernet IEEE 802.3ae	10000Mbps / 10 Gbps	10G Base SR/SW	Fibra óptica multi-modo laser optimizada (MM LO)	300m a 550m
		10G Base LR/LW	Fibra óptica mono-modo (SM)	10 km
		10G Base LX4/LW4	Fibra Ópticamulti-modo (MM)	300m
		10G Base ER/EW	Fibra óptica mono-modo (SM)	40 km

**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

Para el caso de la fibra óptica multi-modo, el estándar ISO 11801 clasifica la fibra de acuerdo con la atenuación y el Ancho de banda. Lo anterior se muestra en la Tabla 10, tomada de las memorias del curso "Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica"<sup>92</sup>.

**Tabla 10. Clasificación fibra óptica multi-modo ISO 11801**

Clasificación de fibra óptica multi-modo para la ISO 11801					
Categoría	Máxima atenuación (dB/km)		Mínimo ancho d banda modal (MHzx Km)		
			Overfilled launch		Lasers launch
	850nm	1300nm	850nm	1300nm	850nm
OM-1	3,5	1,5	200	500	No Especificado
OM-2	3,5	1,5	500	500	No Especificado
OM-3	3,5	1,5	1500	500	2000
OM-4	3,5	1,5	3500	500	4700

**Fuente** CARO RIBERO, Alipio. Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica

<sup>92</sup>CARO RIBERO. Op. Cit., p 62.

Para el caso de la fibra óptica mono-modo aplican los siguientes estándares Cuadro 26, tomado de las memorias del curso "Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica"<sup>93</sup>:

**Cuadro 26. Clasificación fibra óptica mono-modo ISO 11801**

Descripción de la fibra	ITU-T	ISO 11801/TIA 569 C3.
Dispersión Unshifted (Fibra Mono-modo Estándar)	G.652a ; G.652b	OS-1
Low Water Peak	G.652C ; G.652d	OS-2
<b>Fuente</b> CARO RIBERO, Alipio. Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica		

Las G.652 (C y D) son utilizadas como fibra estándar en telecomunicaciones y para transmisión Ethernet a Gigabit y 10 Gigabit. La denominación OS-1 es cubierta por las fibras tipo de G.652a, b, c y d. La fibra tipo OS-2 (desde 2006) fija características para las longitudes de onda 1310 nm, 1550 nm y 1383 nm (fibras de bajo pico de agua, válidas para CWDM). Asimismo, la fibra OS-2 es de aplicación como F.O. SM para aplicaciones de larga distancia.

A nivel constructivo, existen diferentes manufacturas para el cable de fibra óptica, de acuerdo con el entorno donde se va a instalar. Cada tipo de cable posee las protecciones necesarias para soportar las condiciones ambientales y mecánicas. A continuación se listan los tipos de cable para fibra óptica:

**Cable de Patchcord:** Cable flexible para interconexión de equipos. Cada fibra tiene protección Tight Buffer de 900 µm, Strength Member (Hilos de Aramida o Kevlar) para soporte de tensión y chaqueta Exterior de 1.5 o 3mm.

**Cable de distribución:** Varios hilos de fibra con protección Tight Buffer de 900 µm dentro de una chaqueta exterior, Strength Member de Aramida o Kevlar que protege el cable. Este tipo de cable se usa en el interior de los edificios, está disponible con chaquetas Plenum o PVC/Raiser. Debe ser instalada dentro de un ducto para protección.

**Cable de fibra uso exterior armado:** Usada en instalaciones subterráneas, protección de hilo de fibra tipo Loose Tube Buffer, recubrimiento con coraza metálica corrugada para protección de roedores.

**Cable exterior dieléctrico:** Usado normalmente en instalaciones aéreas, protección de hilo de fibra Loose Tube Buffer, no posee componentes metálicos pero soporta condiciones ambientales externas con protección UV.

<sup>93</sup>Ibid. p 54.

**Cable autoportado Forma de "8":** Usada en instalaciones aéreas por postes, posee un mensajero de guaya incorporada con la chaqueta exterior.

**Cable autoportado Dieléctrica ADSS:** Se especifica como ADSS (All Dielectric Self Supported), completamente dieléctrica. Diseñada para aplicaciones aéreas donde no es posible instalar mensajero metálico. Se construye con doble chaqueta para soportar el peso y la tensión del cable.

**Cable de Guarda óptico OPGW:** Se utiliza para llevar fibras ópticas por el cable de guarda metálico en la parte más alta de las torres de las líneas de transmisión eléctricas, y sirve como protección contra descargas atmosféricas.

**Cable Submarino:** Esta fabricado para soportar condiciones extremas para las instalaciones submarinas.

De acuerdo a lo anterior, el NEC – NFPA<sup>94</sup> (National Fire Protection Association) clasifica el cable de fibra de la siguiente manera Cuadro 27:

**Cuadro 27. Clasificación de cable de fibra según NEC-NFPA**

Clasificación	Características
OFNG	Optical Fiber Non Conductive General Purpose
OFNG	Optical Fiber Conductive General Purpose
OFNR	Optical Fiber Non Conductive Riser
OFNR	Optical Fiber Conductive Riser
OFNP	Optical Fiber Non Conductive Plenum
OFNP	Optical Fiber Conductive Plenum
OF-LSZH	Optical Fiber Low Smoke Zero Halogenos
<b>Fuente</b> CARO RIBERO, Alipio. Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica	

Dónde:

N: Define el material conductor.

C: Define el material conductor.

G: Uso General (Necesita Ducto).

R: Raiser, Retardante al fuego.

P: Plenum, Retardante al fuego y no genera gases tóxicos.

LSZH: Baja emisión de gases tóxicos cero halógenos.

Para aplicaciones de 40 Gbps y 100Gbps, se publica el estándar IEEE 802.3 b.a. en junio de 2010 usando cable de fibra óptica multi-modo y mono-modo.

<sup>94</sup>Ibid. p 80.

Para la transmisión a velocidades de 40 Gbps se utilizan transmisiones en paralelo por 8 hilos de fibra óptica, 4 para TX y 4 para RX. En fibra mono-modo se usan 2 hilos de fibra óptica, una para RX y otra para TX. Para el caso de velocidades de 100 Gbps se utilizan 20 fibras en transmisiones en paralelo, 10 para TX y 10 para RX. En fibras mono-modo se usan 2 hilos de fibra, 2 para TX y 2 para RX (Cuadro 28, tomado de las memorias del curso "Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica"<sup>95</sup>).

**Cuadro 28. 40/100 Gigabit Ethernet**

Interface	Velocidad	Implementación	Tipo de fibra	Distancia	Nº de hilos
40GBase SR4	40 Gbps	4X10 Gbps (Paralelo)	OM-3	100 m	8
			OM-4	150 m	
40G Base LR4	40 Gbps	4X10 Gbps (WDM)	OS-1	10 Km	2
100G Base SR10	100 Gbps	10x10 Gbps (Paralelo)	OM-3	100 m	20
			OM-4	150 m	
100G Base LR4	100 Gbps	4x25 Gbps (WDW)	OS-1	10 km	2
100G Base ER 4	100 Gbps	4x25 Gbps (WDW)	OS-1	40 km	2
<b>Fuente</b> CARO RIBERO, Alipio. Diseño e instalación de sistemas de fibra óptica					

De acuerdo a las especificaciones mostradas para el cable de cobre par trenzado, y el cable de fibra óptica, a continuación en el Cuadro29 se muestran los criterios de selección del canal de comunicaciones, involucrando OMC(Compatibilidad electromagnética), distancia soportada y costos de implementación.

**Cuadro 29. Criterios de selección del canal de comunicaciones**

Criterios generales de selección de medio						
	EMI	Distancia	Ancho de banda	Redes soportadas	Costo inicial	Costo a largo plazo
<b>UTP</b>	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	El Mejor	Bueno
<b>F/UTP ; S/FTP</b>	Mejor	Bueno	Mejor	Mejor	Mejor	Mejor
<b>Fibra Óptica</b>	El Mejor	El Mejor	El Mejor	El Mejor	Bueno	El Mejor
<b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado						

<sup>95</sup>Ibid. p 180.

## 7.2 EQUIPOS DE RED

Los equipos y las especificaciones técnicas dependen de las aplicaciones y el tipo de proyecto que se implementará. A continuación se presentan los equipos que se aplican a cada tipo de red, con las características principales que definen el medio de transmisión.

También se presentan los equipos que funcionan como interface para la utilización de las redes Ethernet, y equipos convertidores de medio para aplicaciones de largas distancias (Cuadro30).

**Cuadro 30. Especificaciones de equipos según el tipo de red**

Especificaciones de equipos según tipo de red			
Tipo de Red	Descripción de equipos	Velocidad de Transmisión	Especificaciones secundarias
Servicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Switch de Acceso</li> <li>• Equipos Interface</li> </ul>	10/100/1.000 Mbps	<p><b>Switch de Acceso.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cant. de puertos: 24, 48.</li> <li>• Puerto de fibra 1 GbpsLC, SC.</li> <li>• Soken Modulo GBIC y SFP (1 Gbps).</li> <li>• Puertos PoE, PoE Plus.</li> </ul> <p><b>Equipos Interface</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversor de puerto Serie RS-232, RS-485 y RS-422 (DB9 macho) a fibra óptica (ST).</li> <li>• Dispone de conector dual ST para la conexión de la fibra óptica.</li> <li>• Cable de cobre Plug RJ-45 a Fibra óptica LC, SC (10/100/1.000 Mbps).</li> <li>• Distancia 100m, 500m ; 1 Km, 2 Km.</li> </ul>
Oficinas Comerciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Switch de Acceso</li> <li>• Switch Core</li> </ul>	10/100/1.000/10.000 Mbps	<p><b>Switch de Acceso.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cant. de puertos: 24, 48.</li> <li>• Puerto de fibra 1 GbpsLC, SC.</li> <li>• Soken módulo GBIC y SFP (1 Gbps).</li> <li>• Puertos PoE, PoE Plus.</li> </ul>

**Cuadro 30.** (Continuación)

Tipo de Red	Descripción de equipos	Velocidad de Transmisión	Especificaciones secundarias
Industria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Switch de Acceso</li> <li>• Equipos Interface</li> </ul>	10/100/1.000 Mbps	<p><b>Switch de Acceso</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cant. de puertos: 24, 48.</li> <li>• Puerto de fibra 1 Gbps LC, SC.</li> <li>• Somet módulo GBIC y SFP (1 Gbps).</li> <li>• Puertos PoE, PoE Plus.</li> </ul> <p><b>Equipos Interface</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversor de puerto Serie RS-232, RS-485 y RS-422 (DB9 macho) a fibra óptica (ST).</li> <li>• Dispone de conector dual ST para la conexión de la fibra óptica.</li> <li>• Cable de cobre Plug RJ-45 a Fibra óptica LC, SC (10/100/1.000 Mbps).</li> <li>• Distancia 100m, 500m; 1 Km, 2 Km.</li> </ul>
Centros de Cómputo	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Switch de Acceso</li> <li>•Switch Core</li> </ul>	10, 40, y 100 Gbps	
<b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado			

### 7.3 MEDIO DE TRANSMISIÓN PARA TIPOS DE REDES

Antes de definir el medio de transmisión que cumple técnicamente con los requerimientos de cada uno de los tipos de redes, cabe aclarar la diferencia que existe entre ancho de banda en MHz y transferencia de datos en Mbps.

Ancho de banda es el rango de frecuencias en el cual los componentes y los sistemas son especificados; no está basado en una aplicación en particular o en una transferencia de datos especial. Por otro lado, la transferencia de datos o velocidad de transmisión, es que tan rápido se pueden enviar datos a través de un sistema con un ancho de banda determinado, la velocidad de transmisión depende de una aplicación y un método de codificación, este último típicamente provee la velocidad y los métodos para el transporte de información para una frecuencia dada.

De acuerdo a lo anterior se define que la velocidad de transmisión la determina la electrónica de los equipos y el ancho de banda se define en el cable o medio de transmisión.

Una vez aclarado estos parámetros, a continuación se deben responder los siguientes interrogantes antes de la escogencia del medio de transmisión.

Tipo de proyecto o red de telecomunicaciones, Definido en el capítulo6, numeral **6.5**.

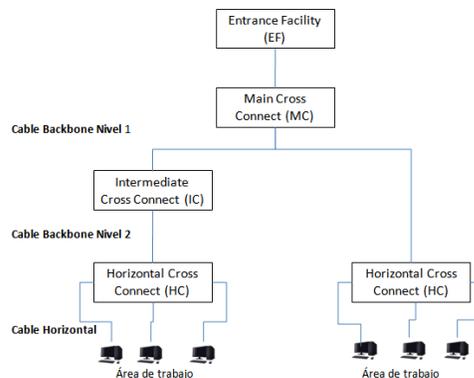
Plataforma o aplicaciones que se desea implementar, (Velocidad de transmisión de los equipos).

Condiciones de instalación del cableado (externo, interno, cercanía de fuentes electromagnéticas, uso de espacios Plenum).

A continuación se muestran los medios de transmisión que aplican para cada tipo de red, dependiendo de las respuestas a los interrogantes.

**7.3.1 Tipo 1: Redes de telecomunicación para oficinas comerciales.** Para proyectos tipo 1, los estándares han dividido la estructura de telecomunicaciones en 7 elementos o subsistemas: área de trabajo, cableado horizontal, cuarto de telecomunicaciones, backbone, cuarto de equipos, entrada de facilidades y administración. Los enlaces de comunicaciones (medio de transmisión) que hacen la interconexión de equipos son el cable horizontal y el backbone, la ubicación de este cableado se muestra en el esquema de conexión básico definido en la norma TIA 568 (Figura46)<sup>96</sup>.

**Figura 46. Redes de telecomunicación para oficinas comerciales**



**Fuente** Estándar ANSI/TIA/EIA-568-C-0

El cableado backbone provee interconexión entre cuartos de telecomunicaciones, Intermediate Cross Connect IC y el Main Cross Connect MC, este cableado podrá

<sup>96</sup> AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises. ANSI/TIA/EIA-568-C-0.

ser backbone Intrabuilding (dentro del edificio), o Interbuilding (entre edificios). Los cables usados para el backbone son:

Cable UTP, Cable de tipo multipar.

STP-A Usa el mismo tipo de cable que el del cableado horizontal.

Fibra óptica multi-modo y mono-modo.

Las categorías de cableado de cobre y fibra que especifica la norma TIA 568 para aplicaciones de backbone se muestra en el Cuadro31, elaborado por AMP, NETCONNECT<sup>97</sup>. En este también se muestra la construcción de cable y el ancho de banda para esta aplicación.

**Cuadro 31. Categorías de cableado de cobre y fibra**

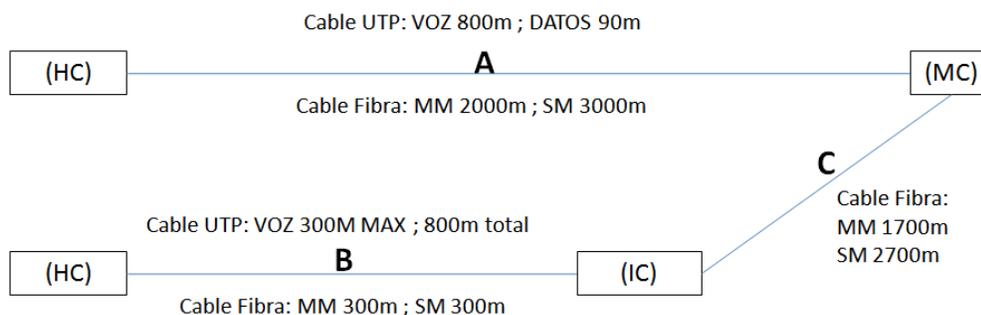
Tipo de Medio	Construcción de Conductor	Ancho de Banda
100/120 Ω Cat 3 UTP	24 AWG Solido (Patch-Multifilar)	a 16 MHz
100/120 Ω Cat 5E UTP	24 AWG Solido (Patch-Multifilar)	a 100 MHz
100/120 Ω Cat 6/6A UTP	23 AWG Solido (Patch- 24 AWGMultifilar)	a 350 MHz
Fibra Óptica: OM1, OM2, OM-3, OM-4, OS-1 y OS-2	62.5/125µm Multi-modo	a 500MHz-Km
	Mono-modo	a 500MHz-Km Mas
	50/125µm Multi-modo	a 500MHz-Km
<b>Fuente</b> Página WebAMP, NETCONNECT. Diseño de Cableado de Redes (LANS).		

La Figura47 muestra las distancias máximas del cable backbone para voz y datos usando diferentes medios de transmisión para las conexión de los MC con HC, y MC con IC, e IC con HC, elaborado por AMP, NETCONNECT<sup>98</sup>.

<sup>97</sup> THE SIEMON COMPANY. Network Cabling Solutions.Tera S/FTP System.Consultado 2015. Disponible en: ([https://www.siemon.com/int/download/brochures/systems/brc\\_tera-system-int.pdf](https://www.siemon.com/int/download/brochures/systems/brc_tera-system-int.pdf)).

<sup>98</sup> AMP, NETCONNECT. AMP ACT Diseño de Cableado de Redes (LANS). En: Curso Bogotá 2010. Memorias Copyright 2010. Tyco Electronics Corp.

**Figura 47. Distancias máximas del cable backbone**



**Fuente** Página WebAMP, NETCONNECT. Diseño de Cableado de Redes (LANS).

Para el caso de la fibra óptica para el backbone entre cuartos de telecomunicaciones al interior de edificios y para las comunicaciones de edificios en el caso de campus, los cables de fibra disponibles con las especificaciones de ancho de banda, velocidad de transmisión y distancias máximas se pueden observar en el Cuadro32.

**Cuadro 32. Fibra disponible con las especificaciones de ancho de banda, velocidad de transmisión y distancias máximas**

Estándar	Ancho de banda máxima (MHz-Km)			ClasificaciónF.O.	Distancia máxima
	62.5/125	50/125	Mono-modo		
Ethernet 10 Base FL	160	500		OM-1	2000m
				OM-2	2000m
Fast Ethernet 100 Base FX	500	500		OM-1	2000m
				OM-2	2000m
Ethernet 1000Base SX	160	500		OM-1	275m
				OM-2	550m
				OM-3	800m
Ethernet 1000 Base LX	500	500	Sin Limite	OM-1	550m
				OM-2	550m
				OS-1	5km
Ethernet 10G Base - SR	160	500		OM-1	33m
				OM-2	82m
				OM-3	300m
				OM-4	550m

**Cuadro 32.** (Continuación)

Estándar	Ancho de banda máxima (MHz-Km)			Clasificación F.O.	Distancia máxima
	62.5/125	50/125	Mono-modo		
Ethernet 10G Base LR			Sin Limite	OS-1	10 km
Ethernet 10G Base LX4	500	500		OM-1	300m
				OM-2	300m
				OM-3	300m
				OS-1	10 km
Ethernet 10G Base ER			Sin Limite	OS-1	40 Km
<b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado					

Para la selección del medio de transmisión del cable horizontal que sale de los HC al área de trabajo, se pueden instalar los cables de cobre par trenzado reconocidos en la norma TIA 568 e ISO 11801, este cable también puede ser usado para el backbone. En el Cuadro33 se muestran las categorías aptas con los anchos de banda disponibles y las aplicaciones que soporta.

**Cuadro 33. Categorías aptas con los anchos de banda disponibles y las aplicaciones que soporta**

Categoría de cableado	Ancho de banda	Aplicaciones que soporta			Longitud
		100BASE-T	1000BASE-T	10GBASE-T	
Cat. 5e	1 - 100 MHz	X			100m
Cat. 6 UTP	1 - 250 MHz	X	X		100m
Cat. 6A UTP	1 - 500 MHz	X	X	X	100m
Cat. 6A F/UTP	1 - 500 MHz	X	X	X	100m
Cat. 7 S/FTP	1 - 600 MHz	X	X	X	100m
Cat. 7A S/FTP	1- 1000 MHz	X	X	X	100m
<b>Fuente</b> Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado					

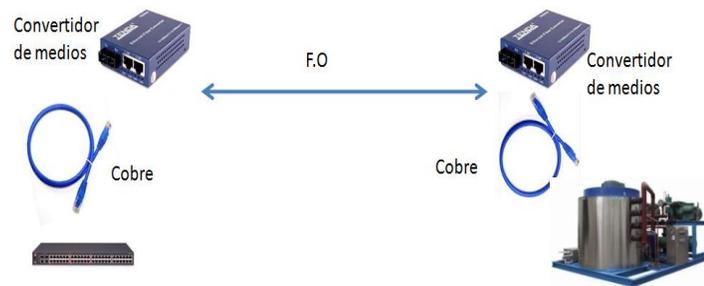
**7.3.2 Tipo 2: Redes de Telecomunicaciones para la industria.** Al igual que para las redes de telecomunicaciones para oficinas administrativas, para este tipo de redes se deben seguir los lineamientos definidos en la norma TIA 568 C. En esta norma se definen los cables reconocidos de fibra y de cobre que son aptos para aplicaciones industriales.

En la actualidad, los estándares *Ethernet 10/100/1000 Mbps* se están usando con más frecuencia en este tipo de redes, ofreciendo flexibilidad, velocidad y mejor desempeño.

Aunque las normas de telecomunicaciones reconocen el cable de par trenzado de cobre para correr aplicaciones en espacios industriales; se recomienda la utilización de cable de fibra óptica y cable de cobre blindado tipo F/UTP o S/FTP. Lo anterior se debe a las largas distancias y a la existencia de altos niveles de interferencia electromagnética. Es por esto que las interfaces de comunicaciones; RS-232C, RS-422, RS-423 y RS-485 se han adaptado para correr sobre estos medios de transmisión.

En ambientes industriales, es común encontrar distancias que superen los 90 m entre el Switch de acceso y el equipo o máquina que desea conectar a la red Ethernet, en estos casos no se deben usar soluciones en cable de cobre. Para estos escenarios se deben usar soluciones híbridas que involucran cable de cobre, fibra óptica y equipos convertidores de medio. La velocidad la definen los Switch de acceso y los convertidores. En la Figura 48 se muestra este esquema de conexión.

**Figura 48. Esquema de conexión tipo 2**



**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

Una vez definido el medio de transmisión, que para este caso aplican los definidos en el TIPO 1 de red (Edificios Comerciales), se deben considerar los accesorios y elementos de terminación (Jack, Face plate y accesorios), que cumplan con especificaciones de protección contra el polvo, la humedad, temperatura, ambientes corrosivos y salinos. Todos los fabricantes de cableado de comunicaciones cuenta con estos productos, en la Figura 49 se muestran algunos de marca SIEMON<sup>99</sup>.

<sup>99</sup>THE SIEMON COMPANY.Ethernet/IP.Consultado 2015. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp)).

**Figura 49. Elementos de terminación para ambientes industriales**



**Fuente**Página Web SIEMON COMPANY.Ethernet/IP.

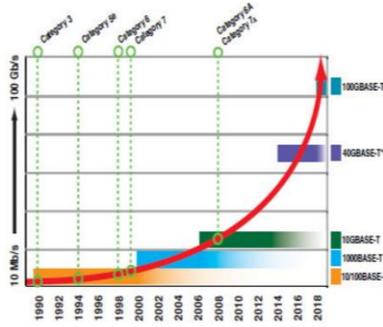
**7.3.3 Tipo 3: Redes de telecomunicaciones para centros de cómputo.** Este tipo de proyecto es más robusto en cuanto a exigencias en infraestructura de telecomunicaciones se refiere. El medio de transmisión es uno de los puntos más críticos en un data center, por lo cual se deben considerar en los diseños de telecomunicaciones de estos espacios; cable que brinde especificaciones de alto desempeño y seguridad en la transmisión de los datos.

En la Figura 50, tomada de la página oficial de SIEMON<sup>100</sup>, se observa que desde el año 2008 se están implementado soluciones de cableado que soporten aplicaciones de 10 Gbps. También se observa que la tendencia del mercado es poder operar los centros de cómputo a grandes velocidades, pasando por 40 Gbps, y llegando a tráficos de datos de hasta 100Gbps, esto usando como medio de transmisión fibra óptica.

---

<sup>100</sup>THE SIEMON COMPANY- Op. Cit., p 1.

**Figura 50. Tendencia en velocidades de transmisión centros de cómputo**



**Fuente** Página Web SIEMON COMPANY. 10Gb/s es la mejor opción para la Red de su Data Center.

De acuerdo a lo anterior, los medios de transmisión aptos y reconocidos por las normas de cableado para centros de cómputo, como la TIA 942, se muestran en el Cuadro 34.

**Cuadro 34. Medios de transmisión aptos y reconocidos**

Medios de transmisión centros de computo					
Cable de cobre par trenzado					
Estándar	Categoría 5e	Categoría 6	Categoría 6A UTP y F/UTP	Categoría 7/ Clase F	Categoría 7A/ Clase FA
10 BASE-T			X	X	X
Cable de fibra óptica Multi-modo y Mono-modo					
Estándar	OM-1	OM-2	OM-3	OM-4	OS-1/OS-2
Ethernet 10G Base-SR	X	X	X	X	
Ethernet 10G Base-LR					X
Ethernet 10G Base-LX4	X	X	X		X
Ethernet 10G Base-ER					X

**Fuente** Esneyder Carvajal Galindo, Sebastián Cometa Colorado

**Nota:** Para el caso de la fibra óptica, esta cumple con las especificaciones del cable backbone definido en el medio de transmisión para oficinas comerciales del numeral anterior.

Para el caso de aplicación que requieran velocidades de transmisión a 40 y 100Gbps, se usa fibra pre-conectorizada multi-modo tipo OM-3 y OM-4, y en algunos casos mono-modo con terminación MTP/MPO. La disponibilidad de las longitudes varía de 10 hasta 100m. La configuración de enlaces MTP están disponible de 12 a 144 hilos con saltos de 12 hilos. En el Cuadro 35 se muestran los medios de transmisión y la implementación para aplicaciones de 40 y 100Gbps (tomado de las memorias del curso "Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica"<sup>101</sup>).

**Cuadro 35. Medios de transmisión y la implementación para aplicaciones de 40 y 100Gbps.**

Medios de transmisión centros de computo			
Estándar	Implementación	Tipo de fibra	Nº de hilos
40GBase-SR4	4X10 Gbps (Paralelo)	OM-3	8
		OM-4	
40G Base-LR4	4X10 Gbps (WDM)	OS-1	2
100G Base-SR10	10x10 Gbps (Paralelo)	OM-3	20
		OM-4	
100G Base-LR4	4x25 Gbps (WDW)	OS-1	2
100G Base-ER 4	4x25 Gbps (WDW)	OS-1	2
<b>Fuente</b> CARO RIBERO, Alipio.Diseño e instalación de sistemas de fibra óptica			

**7.3.4 Tipo 4: Redes de servicios, sistema para seguridad electrónica (CCTV, control de acceso, etc.), control para automatización o BMS (Building Management System) de edificios.** Para proyectos tipo 1 la norma ANSI/TIA-862-A, Automatización de Edificios: para los sistemas de cableado, especifican un sistema de cableado genérico para los sistemas de automatización de edificios (BAS). El propósito de esta norma es ayudar en la planificación e instalación de un sistema de cableado estructurado para aplicaciones de BAS.

Los elementos básicos estructurales de un sistema de cableado BAS son los siguientes:

Cableado Horizontal.

Cableado Vertebral (Backbone).

Área de Cobertura.

Cuarto de Telecomunicaciones.

<sup>101</sup>CARO RIBERO. Op. Cit., p 180.

Cuarto de Equipos.

Cuarto de Equipos Común.

Acometida.

Administración.

El propósito de la norma es posibilitar la planeación e instalación de un sistema de cableado estructurado para aplicaciones BAS usados en construcciones nuevas o remodelaciones de edificios o campus comerciales.

Los BAS incluyen típicamente los siguientes sistemas de control:

Alarma de Incendio.

Seguridad y control de acceso, incluyendo circuito cerrado de televisión (CCTV).

Sistema de administración de energía, incluyendo aire acondicionado.

Control de Iluminación.

Otros sistemas de “bajo voltaje” (p. ej., voceo en audio/video, alarmas de equipos/servicios, comunicaciones no voz/datos).

La norma abarca una amplia gama de edificios o campus, con extensiones geográficas desde 100 m<sup>2</sup> hasta 1000000 m<sup>2</sup> en espacio de oficinas y con una población de hasta 50000 usuarios individuales.

Los medios de transmisión reconocidos y aprobados para este tipo de proyectos en el subsistema de cableado horizontal son los siguientes:

100  $\Omega$  cable balanceado de par trenzado, 22 o 24 AWG. Se recomienda no blindado de par trenzado (UTP).

Cable de fibra óptica multi-modo 62,5/125 o 50/125  $\mu\text{m}$ .

Cable de fibra óptica mono-modo.

Para el subsistema de cableado backbone o troncal que se deben emplear en este tipo de proyectos, son los siguientes:

100  $\Omega$  equilibrada cable de par trenzado

Cable de fibra óptica multi-modo, ya sea de 62,5/125 o 50/125  $\mu\text{m}$ .

Cable de fibra óptica mono-modo (ANSI/TIA/EIA-568-B.3)

En conclusión, para los proyectos de cableado que involucren soluciones de telecomunicaciones para sistemas de automatización, o sistemas complementarios a red LAN Ethernet de un edificio, tales como: seguridad electrónica, sistema de incendio, entre otros; se pueden usar los medios de transmisión definidos para el tipo de proyecto 1, referente a redes de telecomunicación para oficinas comerciales.

## 7.4 FICHAS TÉCNICAS DE CABLEADO FIBRA COBRE

En el presente numeral en las Figuras 51 a la 58, se presentan algunas especificaciones técnicas del cableado fibra y cobre que presentan los fabricantes más reconocidos; AMP NETCONNECT<sup>102</sup>, SIEMON<sup>103, 104, 105</sup>, FURUKAWA<sup>106</sup> y EXCEL<sup>107</sup>.

**Figura 51. Cable Cat. 6 UTP marca AMP**

**Category 6 UTP Cable**



**Product Facts**

- Meets or exceeds TIA/EIA-568-B Category 6 and ISO Class E 11801:2002 specifications
- Performance characterized to 600 MHz
- 3 dB NEXT performance above Category 6
- Independently verified by Intertek ETL SEMKO testing services
- Exceeds all requirements for Gigabit Ethernet
- Lead-free (no heavy metals)
- 23 AWG, solid conductors




UL/NEC Ratings	Pair Count	Package	Part Number				Weight lbs/kft	Vp (%nom)	Dimensions (in)	
			White	Gray	Blue	Yellow			Dielectric	Outside
CMR	4	RB	219560-2	219560-4	219560-6	219560-8	26	70	0.042	0.230
		WR	219560-1	219560-3	219560-5	219560-7				
CMP	4	RB	219567-2	219567-4	219567-6	219567-8	24	74	0.040	0.206
		WR	219567-1	219567-3	219567-5	219567-7				

**Fuente**Página WebAMP NETCONNECT.Product Catalog.

<sup>102</sup> AMP NETCONNECT.Product Catalog.Consultado 2016.Disponible en: [http://www.bmconectividad.com.br/site2010/admin/upload/productos/manuais/251\\_355.pdf](http://www.bmconectividad.com.br/site2010/admin/upload/productos/manuais/251_355.pdf)

<sup>103</sup> THE SIEMON COMPANY.Category 6A F/UTP 4-Pair Cable - US.Consultado 2015. Disponible en: [https://www.siemon.com/e-catalog/ECAT\\_GI\\_page.aspx?GI\\_ID=cable\\_category-6a-f-utp-4-pair-cable-na](https://www.siemon.com/e-catalog/ECAT_GI_page.aspx?GI_ID=cable_category-6a-f-utp-4-pair-cable-na).

<sup>104</sup> THE SIEMON COMPANY.Network Cabling Solutions.Tera S/FTP System.Consultado 2015.Disponible en: [https://www.siemon.com/int/download/brochures/systems/brc\\_tera-system-int.pdf](https://www.siemon.com/int/download/brochures/systems/brc_tera-system-int.pdf).

<sup>105</sup> THE SIEMON COMPANY.Plug and Play Cable Assemblies. Consultado 2015. Disponible en: [file:///C:/Users/Personal/Downloads/siemon-plug\\_and\\_play\\_cable\\_assemblies\\_spec-sheet%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Personal/Downloads/siemon-plug_and_play_cable_assemblies_spec-sheet%20(4).pdf).

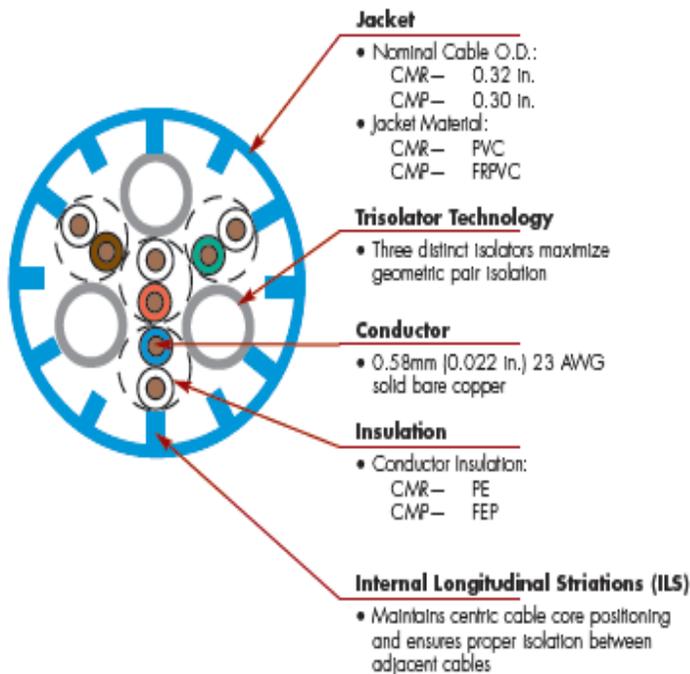
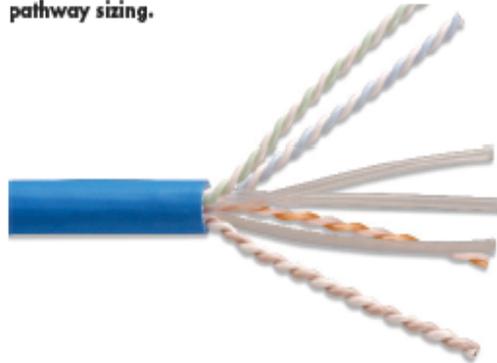
<sup>106</sup> FURUKAWA. Soluciones Inteligentes para Infraestructura de Redes. Consultado 2015. Disponible en: [http://portal.furukawa.com.br/arquivos/c/cat/catAlogo/2145\\_FurukawaCatalogoEd22012espweb.pdf](http://portal.furukawa.com.br/arquivos/c/cat/catAlogo/2145_FurukawaCatalogoEd22012espweb.pdf).

<sup>107</sup> EXCEL Whitout Compromise. Cables troncales de fibra óptica MTP Elite® Excelerator. Consultado 2016. Disponible en: [file:///C:/Users/Personal/Downloads/E0161-FIS-Exc-MTP-Trunk-Cable-ES%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Personal/Downloads/E0161-FIS-Exc-MTP-Trunk-Cable-ES%20(1).pdf).

Figura 52. Cable Cat. 6A UTP (Sin Blindaje) marca SIEMON

## 10G 6A™ UTP CABLE — US

Siemon's next generation 10G 6A UTP cable uses an innovative cable construction which results in a smaller, more flexible design. The cable uses Siemon's new Trisolator™ technology in conjunction with Internal Longitudinal Striation (ILS™) jacket construction to reduce alien crosstalk (AXT) coupling between adjacent cables. The end result is a 15% reduction in jacket diameter vs. previous generation 10G 6A UTP cables which reduces the demands for pathway sizing.



ENHANCED  
10G ip™



### HIGHLIGHTS

- Reverse sequential numbering
- Round compact design jacket
- Jacket material is lead free

### PACKAGING

- 1000 ft. reel
- Weight:
  - CMR — 44 lbs/1000 ft.
  - CMP — 45 lbs/1000 ft.

### STANDARDS COMPLIANCE

- TIA-568-B.2-10
- TIA/EIA-568-B.2-1
- UL CMR and CSA FT4
- UL CMP and CSA FT6

### ETHERNET APPLICATIONS SUPPORT

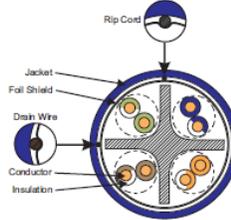
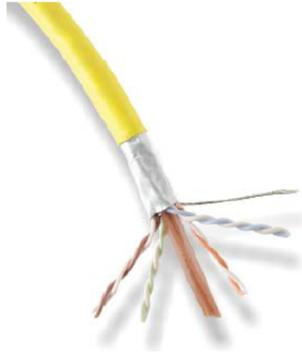
- 10GBASE-T
- 1000BASE-T
- 100BASE-T
- 10BASE-T

*Supports all applications designed for category 6A or lower cabling*

Fuente Página Web SIEMON COMPANY. Category 6A F/UTP 4-Pair Cable - US.

Figura 53. Cable Cat. 6A F/UTP marca AMP

**Category 6A F/UTP (ScTP) Cable**



**Product Facts**

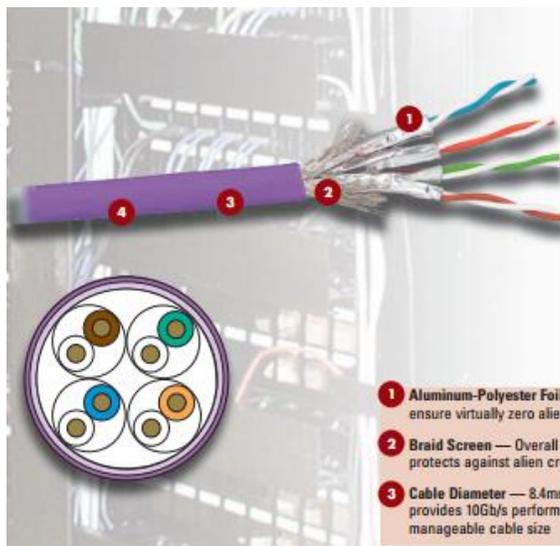
- Meets or exceeds the channel specifications of ANSI/TIA-568-B.2-10 Category 6A and Amendment 1 to ISO/IEC 11801:2002 Class E<sub>A</sub> up to 500MHz when used as a component in a properly installed AMP NETCONNECT XG F/UTP channel.
- Independently tested by Intertek ETL SEMKO third party testing services
- Meets or exceeds all requirements for IEEE 802.3an 10 Gigabit Ethernet
- 23 AWG solid conductors
- Lead-free (no heavy metals)



UL/NEC Ratings	Pair Count	Package	Part Number				Weight lbs/mft	Vp (%nom)	Dimensions (in)	
			White	Gray	Blue	Yellow			Dielectric	Outside
CMR	4	WR	4-1499389-1	4-1499389-3	4-1499389-5	4-1499389-7	41.0	72	0.044	0.300
CMP	4	WR	4-1499416-1	4-1499416-3	4-1499416-5	4-1499416-7	41.7	72	0.044	0.300

FuentePágina WebAMP NETCONNECT AMP.Product Catalog.

Figura 54. Cable cat. 7A



**TERA S/FTP CABLE:**

Siemon's TERA cable perfectly complements the performance of our TERA outlets. TERA cable varieties exceed all ISO/IEC requirements for category 7<sub>A</sub>/class F<sub>A</sub> transmission performance. The use of Siemon cable is required for a complete end-to-end warranted TERA system.

- 1 **Aluminum-Polyester Foil** — Individually shielded pairs ensure virtually zero alien crosstalk
- 2 **Braid Screen** — Overall tinned-copper braid further protects against alien crosstalk
- 3 **Cable Diameter** — 8.4mm (0.33 in.) cable diameter provides 10Gb/s performance and beyond in a manageable cable size
- 4 **Standards Compliant** — ISO/IEC 11801:2002 category 7/class F, LSQH: IEC 60332-1, IEC 60754 and IEC 61034, IEC 61156-5:2002, ISO/IEC 15018 BCT Channel Application (1200 MHz only), IEC 61156-7:2003 (1200 MHz only)

FuentePágina Web SIEMON COMPANY.Network Cabling Solutions.Tera S/FTP System.

**Figura 55. Cable de fibra óptica Indoor Multi-modo Marca Furukawa**

CABLE ÓPTICO FIBER-LAN INDOOR/OUTDOOR							
Designación	CFOT-EO						
Descripción	Cable óptico tipo tight buffer, constituido por fibras ópticas aisladas (900 µm), reunidas y revestidas por fibras dieléctricas para soporte mecánico. La cubierta externa es hecha con polímero especial para uso interno y externo						
Aplicación	Ambiente de instalación interno/externo Ambiente de operación: En conductos eléctricos y cajas de pasaje subterráneas susceptibles a inundaciones temporarias						
<b>Características constructivas</b>							
Tipos de fibra	Multimodo (50/125)	OM4, OM3 y OM2					
	Multimodo (62.5/125)	OM1					
	Monomodo (9/125)	G.652.D y G.657 (BLI)					
Cantidad de fibras	02 hasta 12						
Categoría de inflamabilidad	COG/OFNR o LSZH						
Número de fibras	Diámetro externo nominal (mm)	Masa neta nominal (kg/km)	Carga máxima durante la instalación (kgf)	Radio mínimo de curvatura (mm)			
				Durante la instalación		Después de instalado	
				185	15 x diámetro externo del cable		10 x diámetro externo del cable
					4,8		19
					5,2		21
					5,4		24
6,0		34					
6,4		38					
6,6		40					
<b>Desempeño</b>							
En acuerdo con ET 1183							
<b>Embalaje</b>							
Carrete de madera			Tramo estándar 2100 m				

FuentePágina Web Furukawa.Soluciones Inteligentes para Infraestructura de Redes.

**Figura 56. Cable de fibra óptica Armada Multi-modo Marca Furukawa**

CABLE ÓPTICO FIBER-LAN-AR						
Designación	CFOT-AREO					
Descripción	Cable óptico tipo tight, constituido por fibras reunidas y revestidas por fibras dieléctricas y envueltas por una cubierta interna. Una cinta de acero corrugada hace la protección contra roedores y sobre la cinta es aplicada una cubierta externa de polímero especial para uso interno y externo.					
Aplicación	Ambiente de instalación interno/externo Ambiente de operación: En conductos eléctricos y cajas de pasaje subterráneas susceptibles a inundaciones temporarias. Ambiente sujeto a acción de roedores					
<b>Características constructivas</b>						
Tipos de fibra	Multimodo (50/125)	OM4, OM3 y OM2				
	Multimodo (62.5/125)	OM1				
	Monomodo (9/125)	G.652.D				
Cantidad de fibras	02 hasta 12					
Protección contra roedores	Cinta de acero corrugada					
Categoría de inflamabilidad	COG o LSZH					
Número de fibras ópticas	Diámetro externo nominal (mm)	Masa neta nominal (kg/km)	Carga máxima durante la instalación (kgf)	Radio mínimo de curvatura (mm)		
				Durante la instalación		Después de instalado
				185	15 x diámetro externo del cable	
2, 4 y 6		11,5			175	
8, 10 y 12		12,5		185		

FuentePágina Web Furukawa.Soluciones Inteligentes para Infraestructura de Redes.

**Figura 57. Cable de fibra con terminación MTP marca ELITE**



- X Garantía de los sistemas de 25 años
- X Conectores MTP US Conec
- X OM3, OM4 y OS2 disponibles
- X Fabricados a la longitud deseada

**Características**

- Garantía de los sistemas de 25 años
- OM3, OM4 y OS2 disponibles
- Conectores con núcleo 12
- Probados en fábrica
- Conectores MTP US Conec
- Fabricados a la longitud deseada
- Núcleos 12 a 96 disponibles (múltiples MTP)

**Descripción general del producto**

Los cables troncales MTP® de Exceleator ofrecen fibra óptica preterminada probada en fábrica en una gama de medidas de núcleo. El cable de entronque se fabrica con múltiples conectores MTP de núcleo 12 para proporcionar cables con núcleos 12, 24, 36, 48, 72 o 96. Se ha elegido el conector MTP® US Conec como el MPO (contrafase de multifibra) para un rendimiento superior. Cada cable se prueba en fábrica y se suministra con el certificado de la prueba. Cada extremo del cable tiene el o los conectores MTP® protegidos por una manguera flexible.

Los conjuntos de cable troncales están disponibles en OM3, OM4 y OS2. Se ofrecen longitudes a medida (redondeadas al metro más cercano) Los cables con medidas de núcleo a partir de 24 se fabrican mediante unidades multinúcleo.

**Fuente** Página Web EXCEL.Cables troncales de fibra óptica MTP Elite® Exceleator.

**Figura 58. Carretes y conectores MTP**

Combining Siemon's reduced-diameter RazorCore™ cable with 12-fiber MTP connectors, Plug and Play Reels are designed to be quickly pulled and connected to Siemon Plug and Play Modules and MTP Adapter Plates. Custom configurable to precise application requirements, these reels efficiently put high-performance, high-density fiber connections exactly where you need them. Extenders offer Male MTP Connectors on one end and female MTP adapters on the other to allow field extension of MTP Reels.



**Fuente.** Página Web SIEMON COMPANY.Plug and Play Cable Assemblies.

## 7.5 NUEVAS ALTERNATIVAS PARA 40GBPS USANDO CABLE DE COBRE

Actualmente se encuentran en desarrollo por parte de la TIA,ISO y el estándar IEEE, nuevas alternativas que puedan soportar las exigencias del futuro estándar 40GBASE-T usando cable par trenzado como alternativa a la fibra óptica.

El uso de cable de cobre para aplicaciones a 40Gbps trae grandes beneficios, como la facilidad en la administración de cableado para grandes densidades de puntos de red, al manejar solo un conector a diferencia de la fibra que requiere 4 y, soluciones más económicas en infraestructura pasiva y equipos que soluciones con fibra óptica.

En mayo de 2013, IEEE definió el grupo de trabajo para el estándar IEEE 802.3 gb para 40GBASE-T, y determinó la fecha de publicación para el año 2016. Destacan las siguientes especificaciones: Ancho de banda hasta 2000MHz, distancia máxima del enlace permanente de 26 m, blindaje del cable completo (S/FTP) y conectores RJ-45.

En cuanto a las aplicaciones, el cableado de cobre de próxima generación, no podrá ser utilizado para soluciones de cableado horizontal para puesto de trabajo; debido a la distancia máxima del enlace permanente. Respecto a las velocidades de transmisión soportadas, se puede afirmar que faltan muchos años para que se incorporen interfaces de red a 40Gbps en los PC y portátiles, teniendo en cuenta que hoy en día la tendencia para velocidades y aplicaciones en oficinas es manejar transmisiones a 1Gbps, donde el core de comunicaciones (Switch Core) trabaja a 10Gbps. Adicional, se sabe que por evolución tecnológica el siguiente paso, en cuanto a aplicaciones y velocidades, es implementar soluciones para puestos de trabajos con aplicaciones de 10Gbps con core de comunicaciones a 40Gbps.

De acuerdo a lo anterior, es claro que el desarrollo del estándar 40GBASE-T está pensado para aplicaciones de centros de cómputo, donde las velocidades de transmisión y los requerimientos de infraestructura crecen exponencialmente con la convergencia de los servicios de telecomunicaciones y se acopla perfectamente a las restricciones en la longitud del canal de comunicaciones (30m con conexión cruzada).

Para aplicaciones de 40Gbps en puestos de trabajos, no se sabe con seguridad cual va ser la mejor alternativa, ya que el cableado de próxima generación no soportara las distancias de 100m. Posiblemente la solución sea fibra óptica, lo mostrara el tiempo y el avance desenfrenado de las tecnologías de la información.

## 8. CONCLUSIONES

- El cableado estructurado que se recomienda para nuevas implementaciones es cat. 6A/Clase EA F/UTP (Blindada), porque soporta aplicaciones de 10 Gbps y tiene un excelente comportamiento al efecto de AlienCrosstalk a frecuencias de trabajo de 500MHz.
- La clase F y FA no están diseñadas para soportar una aplicación específica del estándar IEEE 802.3, lo que hará que pierda mediano plazo aplicación y funcionalidades para aplicaciones de nuevos proyectos, esto teniendo en cuenta que cat. 6A/ ClaseEA también soporta aplicaciones de 10Gbps. Adicional a lo anterior, los fabricantes de esta categoría indican que este cableado está diseñado para soportar aplicaciones superiores a 10Gbps, pero por estándar IEEE el próximo salto será 40Gbps, y para soportar estas velocidades seguramente requieran soluciones con fibra óptica.
- Los proyectos de cableado estructurados deben contar con información que permitan hacer una planificación, proyección y ejecución correctas, teniendo en cuenta las necesidades, requerimientos del negocio, en cuanto a aplicaciones y servicios; también sus expectativas de crecimiento en los años próximos. Los estándares, normas y avances de la industria de cableado que cada vez brindan mejores posibilidades en cuanto a velocidad de transmisión y ancho de banda, pero en ocasiones no es necesario tener las últimas tendencias si no se amerita, esto con el fin de ahorrar en costos y no tener una infraestructura sobredimensionada de cableado, y en caso contrario un buen diseño debe permitir la duración mínima de un proyecto de cableado para no hacer nuevas inversiones en un tiempo muy corto diferente al planeado.
- La tendencia en velocidades de transmisión de datos para proyectos de oficinas comerciales, es de 1 Gbps para puestos de trabajo o equipos terminales, y en equipos de core de comunicaciones es de 10Gbps. En un futuro cercano, los equipos terminales trabajarán a 10 Gbps, y los de core de comunicaciones

funcionarán a 40 Gbps. Estas aplicaciones se encuentran hoy en día en grandes data center.

- Las aplicaciones industriales están usando como medio de transmisión la fibra óptica debido a los problemas de hostilidad que presenta el ambiente por los niveles de interferencia electromagnética.

- La fibra óptica está tomando gran importancia en los sistemas de cableado para edificios comerciales debido a sus características en cuanto al ancho de banda y potentes velocidades de transmisión que se están manejando en la actualidad, lo que representa un avance tanto el medio de transmisión como en el progreso tecnológico, el desarrollo de aplicaciones y mayor eficiencia a todos los procesos que convergen en un edificio.

- La próxima generación de cableado de cobre (Categoría 8), está diseñada para soluciones en centros de cómputo, soportará velocidades de transmisión de 40Gbps con un ancho de banda de 2000MHz. La distancia máxima del enlace permanente será de máximo 26m.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALDAMA, Miguel. El Futuro en Velocidad: 40G Base-T y Conector Tera. Consultado 2016. Disponible en: (<http://esemanal.mx/2013/09/el-futuro-en-velocidad-40gbase-t-y-conector-tera/>).
2. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Commercial Building Standards for Telecommunications Pathways and Spaces. ANSI/TIA/EIA-569.
3. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises. ANSI/TIA/EIA-568-C-0.
4. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications in Commercial Buildings. ANSI/TIA/EIA-607.
5. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA) y ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE (EIA). Telecommunications Infrastructure Standards for Data Centers. ANSI/TIA/EIA-942.
6. AMP, NETCONNECT. AMP ACT Diseño de Cableado de Redes (LANS). En: Curso Bogotá 2010. Memorias Copyright 2010. Tyco Electronics Corp.

7. AMP, NETCONNECT. Data Center Basics, Standards & Cabling Design AMP ACT<sup>sm</sup> V Course. En: Curso Bogotá 2009. Memorias. Copyright 2010. Tyco Electronics Corp.
8. AMP NETCONNECT. Product Catalog. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.bmconectividade.com.br/site2010/admin/upload/produtos/manuais/251\\_355.pdf](http://www.bmconectividade.com.br/site2010/admin/upload/produtos/manuais/251_355.pdf)).
9. ARIZA COLLAZOS, Viviana. Video Historia Cableado Estructurado. Julio 2014. Consultado 2015. Disponible en: (<https://www.youtube.com/watch?v=mxNTp3TzDIk>).
10. AXIS COMMUNICATIONS. Formación y Asistencia Técnica. Prepare su sistema de video vigilancia en red. Consultado 2016. Disponible en: (<http://www.axis.com/co/es/learning/web-articles/prepare-your-network-video-surveillance-system/index>).
11. BICSI, A Telecommunications Association. Manual de Métodos de Distribución de Telecomunicaciones, Tomo 1. Tampa, Florida. 1ª Edición. 2002 BICSI.
12. BRUNETE, Alberto. Aplicaciones de la Automática en Edificios. Universidad Carlos III de Madrid. Consultado 2015. Disponible en: (<http://albertobrunete.es/joomla/images/buildautomat/T4%20-%20BACNET.pdf>).
13. CARCELLER CHEZA, Román; CAMPOS SABORIDO, Carlos y GARCÍA MARCOS, Cristian Jorge. Servicios en red. España: Macmillan Iberia, S.A., 2013.
14. CARO RIBERO, Alipio. Cableado Estructurado para Edificios Comerciales. Consultado 2015. Disponible en: ([http://www.nfcelectronica.com/files/DocTec\\_CABLEADO\\_ESTRUCTURADO.pdf](http://www.nfcelectronica.com/files/DocTec_CABLEADO_ESTRUCTURADO.pdf)).

15. CARO RIBERO, Alipio. Diseño e Instalación de Sistemas de Fibra Óptica. En: Curso Bogotá 2010. Memorias. NFC Electrónica Ltda. 221 pág.
16. CEMATIC. Solución MTP para Redes de Alta Densidad. Consultado 2016. Disponible en: (<http://www.cmatic.net/documentacion/catalogos/CmaticMTP.pdf>).
17. CISCO SYSTEMS, INC. Switches Cisco para campus y Distribución. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.cisco.com/c/es\\_mx/products/switches/index.html](http://www.cisco.com/c/es_mx/products/switches/index.html)).
18. CISCO SYSTEMS, INC. Transceptor 100 BASE-LX Mini-GBIC SFP Cisco MFEFX1 Accesorios de Red Cisco Small Business. 2008. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/interfaces-modules/mfelx1-100-base-lx-mini-gbic-sfp-transceiver/data\\_sheet\\_c78-504100\\_es.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/interfaces-modules/mfelx1-100-base-lx-mini-gbic-sfp-transceiver/data_sheet_c78-504100_es.pdf)).
19. CISCO SYSTEMS, INC. Voz sobre IP - Consumo de Ancho de Banda por Llamada Interactivo. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295\\_bwidth\\_consum\\_e.html](http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295_bwidth_consum_e.html)).
20. COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Proyecto Nacional de Fibra Óptica. Consultado 2015. Disponible en: (<http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>).
21. D-LINK Building Networks for People. Transceptor de Fibra Mono-modo Mini GBIC SFP a 1000Base-LX (hasta 80 km). Consultado 2016. Disponible en: (<http://www.dlink.com/es/es/business-solutions/switching/network-and-switch-accessories/transceivers/dem-315gt>).
22. EXCEL Whitout Compromise. Cables troncales de fibra óptica MTP Elite® Excelerator. Consultado 2016. Disponible en:

(file:///C:/Users/Personal/Downloads/E0161-FIS-Exc-MTP-Trunk-Cable-ES%20 (1).pdf).

23. FURUKAWA. Soluciones Inteligentes para Infraestructura de Redes. Consultado 2015. Disponible en: ([http://portal.furukawa.com.br/arquivos/c/cat/catAalogo/2145\\_Furukawa\\_CatalogoEd22012espweb.pdf](http://portal.furukawa.com.br/arquivos/c/cat/catAalogo/2145_Furukawa_CatalogoEd22012espweb.pdf)).
24. GÓMEZ G., Roberto. Línea de Transmisión por Fibra Óptica. Octubre 2013. Consultado 2016. Disponible en: (<http://es.slideshare.net/magssr/si3-fibra-optica>).
25. HERNANDEZ SUÁREZ, Rodrigo D.; MONTEJO MELGAREJO, Valeria S.; PEREZ VERTTI, Daniel. ¿Cómo Funciona la Fibra Óptica? Consultado 2015. Disponible en: (<https://www.emaze.com/@ACQWTCTQ/Fibra>).
26. HODGE, Ken. Categorías Utilizadas Actualmente en Instalaciones de Cableado Estructurado. Publicado el 3 septiembre, 2012 por Enrique del Rio. Consultado 2015. Disponible en: (<http://fibraoptica.blog.tartanga.net/2012/09/03/situacion-actual-de-las-categorias-de-cables-de-pares/>).
27. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) e INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). Generic Cabling for Customer Premises. ISO/IEC 11801.
28. MEJÍA REYES, Arturo. Cómputo Móvil. Argentina: El Cid Editor | apuntes, 2009.
29. MERCADO GÓMEZ, Martín. Actualización de Normas Internacionales de Telecomunicaciones y su Interpretación en Proyectos de Infraestructura en Colombia (cableado estructurado). Consultado 2015. Disponible en: (<http://www.ortronics.com.co/index.php/catalogo-y-fichas-tecnicas/Documentos%20y%20art%C3%ADculos%20t%C3%A9cnicos/ACTUALIZACION%20Y%20EVOLUCION%20DE%20NORMAS%20DE%20TELECOMUNICACIONES%20%202011.pdf>).

30. OLEAS TRUJILLO, Luis Fabrico. Rediseño de la Infraestructura LAN de la Red de Datos del Hospital Básico de Machachi para la Integración de Servicios de Telefonía IP y Videoconferencia. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Enero 2016, 213 pág. Escuela Politécnica Nacional. Consultado 2016. Disponible en: (<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/13598/1/CD-6721.pdf>).
31. ORMAND, Kerry. Control de Edificios y Viviendas con Sistemas Abiertos LONWORKS. Echelon 2004. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.lonmark.es/www/pdf/presentaciones/04\\_28\\_10%20-%20Control%20de%20Edificios%20y%20Viviendas%20con%20Sistemas%20Abiertos%20-%20Kerry%20Ormand\\_Echelon\\_\\_1.pdf](http://www.lonmark.es/www/pdf/presentaciones/04_28_10%20-%20Control%20de%20Edificios%20y%20Viviendas%20con%20Sistemas%20Abiertos%20-%20Kerry%20Ormand_Echelon__1.pdf)).
32. ORTRONICS. Curso de Certificación Ingenieros, Diseñadores y Especificadores en Cableado Estructurado CAT 6, 6A, 10G. En: Curso Bogotá Agosto 2011. Memorias Legrand.
33. PATIÑO TÉLLEZ, Miguel Ángel: Características de Cables de Cobre y Accesorios de Conexión para Redes de Área Local. Tesis para obtener el título de ingeniero México, Junio de 2012, 62 pág. Instituto Superior de Mecánica y Eléctrica. Consultado 2015. Disponible en: (<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14912/ic%20104%2012.pdf?sequence=1>).
34. PCBOX EXPERT'S CENTER. Tarjeta De Red 10/100/1000 TP-LINK TG-3269 PCI. Consultado 2016. Disponible en: (<http://www.pcbox.com/productos/tp12/tarjeta-de-red-101001000-tp-link>).
35. QUINAPALLO MORALES, Juan Pablo. Diseño de una Red Inalámbrica para Interconectar la Matriz de la Cadena de Farmacias Pharmacy's con sus Diferentes Sucursales Ubicadas en la Ciudad de Quito. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Agosto de 2006, 283 pág. Escuela Politécnica Nacional. Consultado 2015. Disponible en: (<http://docplayer.es/2229398-Escuela-politecnica-nacional.html>).
36. REDESZONE. ¿Qué cable de red Ethernet debo utilizar? Guía de elección para categoría 5, 5e, 6 y 6a. Consultado 2015. Disponible en:

(<http://www.redeszone.net/redes/que-cable-de-red-ethernet-debo-utilizar-guia-de-eleccion-para-categoria-5-5e-6-y-6a/>).

37. SALAS ELY, Gabriel. ¿Qué Ancho de Banda Necesito? Abril 2013. Consultado 2016. Disponible en: (<https://elevatulimite.wordpress.com/2013/04/08/que-ancho-de-banda-necesito-por-gabriel-salas/>).
38. SISCOMTEL PERÚ S.A.C. Sistema de Comunicaciones y Telecomunicaciones. Cableado vertical o de Backbone. Consultado 2016. Disponible en: (<http://siscomtelperu.com.pe/cableado-vertical-backbone>).
39. TELSOME. Cuánto ancho de banda necesito para telefonía IP? Julio 2015. Consultado 2016. Disponible en: (<https://blog.telsome.es/adsl/cuanto-ancho-de-banda-necesito-para-telefonía-ip/>).
40. THE FIBER OPTIC ASSOCIATION, INC. Diseño de la Red de Fibra Óptica. Consultado 2016. Disponible en: (<http://www.thefoa.org/ESP/Diseno.htm>).
41. THE FIBER OPTIC ASSOCIATION, INC. Guide to Fiber Optics and Premises Cabling. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.thefoa.org/ESP/Fibra\\_optica.htm](http://www.thefoa.org/ESP/Fibra_optica.htm)).
42. THE SIEMON COMPANY. Category 6A F/UTP 4-Pair Cable - US. Consultado 2015. Disponible en: ([https://www.siemon.com/e-catalog/ECAT\\_GI\\_page.aspx?GI\\_ID=cable\\_category-6a-f-utp-4-pair-cable-na](https://www.siemon.com/e-catalog/ECAT_GI_page.aspx?GI_ID=cable_category-6a-f-utp-4-pair-cable-na)).
43. THE SIEMON COMPANY. CCTV y Vigilancia por Video Sobre 10G ip™. Consultado 2016. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/SD-03-08-CCTV.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/SD-03-08-CCTV.asp)).

44. THE SIEMON COMPANY. Desmitificación de las Especificaciones de Cableado De Categoría 5e a 7A. Octubre 2009. Consultado 2016. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/07-10-09-demystifying.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/07-10-09-demystifying.asp)).
45. THE SIEMON COMPANY. Eficacia Operativa de IEEE 802.3at PoE Plus. Consultado 2016. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/08-06-09-poe-and-operating-efficiency.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/08-06-09-poe-and-operating-efficiency.asp)).
46. THE SIEMON COMPANY. Ethernet/IP. Consultado 2015. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp)).
47. THE SIEMON COMPANY. Factores Clave del Cableado en el Centro de Cómputo. Marzo 2008. Consultado 2015. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/08-04-28-data-center-factors.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/08-04-28-data-center-factors.asp)).
48. THE SIEMON COMPANY. La Compañía Siemon Lanza el Sistema de Fibra LC Industrial. Noviembre de 2004. Consultado 2015. Disponible en: ([http://www.callgps.com/la/company/press\\_releases/04-11-29-industrial\\_lc\\_la.asp](http://www.callgps.com/la/company/press_releases/04-11-29-industrial_lc_la.asp)).
49. THE SIEMON COMPANY. Network Cabling Solutions. Tera S/FTP System. Consultado 2015. Disponible en: ([https://www.siemon.com/int/download/brochures/systems/brc\\_tera-system-int.pdf](https://www.siemon.com/int/download/brochures/systems/brc_tera-system-int.pdf)).
50. THE SIEMON COMPANY. Plug and Play Cable Assemblies. Consultado 2015. Disponible en: ([file:///C:/Users/Personal/Downloads/siemon-plug\\_and\\_play\\_cable\\_assemblies\\_spec-sheet%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Personal/Downloads/siemon-plug_and_play_cable_assemblies_spec-sheet%20(4).pdf)).
51. THE SIEMON COMPANY. Sistema de Grupo de Estudio 10GBase-T y Actualización de Normas de la IEEE 802.3. Consultado 2016. Disponible en: ([http://siemon.com/la/white\\_papers/SD-03-03-10GBASE-.asp](http://siemon.com/la/white_papers/SD-03-03-10GBASE-.asp)).

52. THE SIEMON COMPANY. Standards Informant. ANSI/TIA-862-A: Building Automation Systems Cabling. Consultado 2016. Disponible en: (<http://blog.siemon.com/standards/category/tia/tiaeia-862-building-automation-systems-cabling>).
53. THE SIEMON COMPANY. Ventajas del Sistema TERA. Consultado 2016. Disponible en: ([http://www.siemon.com/la/white\\_papers/08-05-13-TERA.asp](http://www.siemon.com/la/white_papers/08-05-13-TERA.asp)).
54. THE SIEMON COMPANY. 10Gb/s es la Mejor Opción para la Red de su Data Center. Consultado 2016. Disponible en: (<https://www.siemon.com/la/datacenter/overview.asp>).
55. THE SIEMON COMPANY. 10 Gb/s Sobre Cobre: Opciones para Cableado Horizontal. Noviembre 2007. Consultado 2016. Disponible en: ([https://www.siemon.com/la/white\\_papers/11-19-07-10gbs-over-copper.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/11-19-07-10gbs-over-copper.asp)).
56. VERDEZOTO VELOZ, Byron Omar. Diseño de una red LAN para el transporte de voz, datos y video para el municipio del Canton Valencia. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Marzo 2015, 164 pág. Escuela Politécnica Nacional. Consultado 2015. Disponible en: (<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10312/3/CD-6141.pdf>).
57. WIKIMEDIA COMMONS ORG. Tipos de Conectores de la Fibra Óptica. Enero 2007. Consultado 2015. Disponible en: ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tipos\\_conectores\\_fibra\\_optica.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tipos_conectores_fibra_optica.jpg)).