

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN
ELECTRÓNICA, REDES Y COMUNICACIÓN DE DATOS

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA

PLAN DE ACREDITACIÓN Y DISEÑO DE UN LABORATORIO
DE REDES ÓPTICAS PARA DEEE, SEGÚN LA NORMA
INTERNACIONAL ISO/IEC 17025

LUCÍA DANIELA MONAR VÁSCONEZ
ANDREA CRISTINA CAICEDO URRESTA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2012

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado: PLAN DE ACREDITACIÓN Y DISEÑO DE UN LABORATORIO DE REDES ÓPTICAS PARA DEEE, SEGÚN LA NORMA INTERNACIONAL ISO/IEC 17025, ha sido desarrollado en su totalidad por las señoritas LUCIA DANIELA MONAR VÁSCONEZ Y ANDREA CRISTINA CAICEDO URRESTA, bajo nuestra dirección.

Atentamente

Ing. Fabián Sáenz

DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo

CODIRECTOR

RESUMEN

Las Redes de Nueva Generación (NGN), constituyen la principal infraestructura para el transporte de la información y conectividad de las personas, principalmente las redes basadas en fibra óptica que implican una revolución tecnológica para el sector de las telecomunicaciones, incrementando el número y la calidad de los servicios que se prestan.

En este proyecto se desarrolla el diseño y Plan de Acreditación de un laboratorio capacitado para realizar mediciones de parámetros geométricos, ópticos, mecánicos y de transmisión de la fibra óptica, cuyo enfoque está destinado a la prestación de servicios a entidades externas y a la capacitación académica de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica en Redes.

Para asegurar la calidad de los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en la Sección de Servicios del laboratorio, se propuso la acreditación de los mismos a través del OAE, así, el diseño del laboratorio, se adecuó principalmente, a las recomendaciones de la Norma Internacional ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración". También se presentan los pasos y documentos necesarios para el proceso de acreditación del Laboratorio.

Finalmente, se implementó un enlace de 300 metros de fibra óptica en el Laboratorio de Networking del DEEE junto con guías de operación y contenido audiovisual de los equipos utilizados para dicha implementación facilitando así el estudio práctico de los estudiantes de la carrera.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría para llegar hasta donde he llegado y hacer realidad este sueño anhelado.

A mis padres Mauricio y Matilde por su apoyo incondicional, amor y ejemplo para seguir adelante con mis sueños y a mis hermanos Verónica, Mauricio y Cristian por su ayuda y ánimo siempre.

A Eduardo, quien ha estado pendiente de mí en todo momento, por brindarme su ayuda incondicional, por su amor y cuidado.

A mi familia, por su apoyo y oraciones.

Al Ing. Carlos Romero, Ing. Rodolfo Gordillo y al Ing. Fabián Sáenz por sus enseñanzas y tiempo dedicado en la dirección del presente proyecto.

A los profesores quienes dejaron valiosas enseñanzas que se mantendrán a pesar del tiempo.

A los Ingenieros José Luis Torres y Darwin Aguilar por su colaboración para el desarrollo de este proyecto.

A Daniela, mi compañera de tesis por su paciencia y comprensión durante la elaboración de este proyecto y a lo largo de toda la carrera.

A mis amigos que han estado presentes a lo largo de esta etapa y con quienes he podido contar, Eve, Gabu, Marco, y a todos los que con sus oraciones y apoyo han estado presentes.

Andrea Caicedo.

A Dios.

Por las bendiciones e infinito amor que siempre me ha dado, por haberme permitido alcanzar las metas trazadas, pero sobre todo por la salud y la fuerza para no rendirme y continuar en momentos arduos.

A mis padres Cecilia y Mateo

Por ser los padres amorosos que forman el pilar fundamental de mi vida dentro y fuera de lo académico, por todo su apoyo incondicional y comprensión durante la carrera, gracias porque nunca me faltaron sus oraciones y enseñanzas que día a día hicieron de mi una mejor persona.

A mi hermano Andrés porque ha sido un gran ejemplo de perseverancia, por sus palabras de aliento en el momento preciso y porque siempre ha estado y estará en mi corazón.

A mis maestros por todo su apoyo y motivación en cada periodo académico, por las enseñanzas impartidas que sin duda serán un valioso aporte en mi vida profesional.

Un especial agradecimiento a los Ingenieros José Luis Torres y Darwin Aguilar por su incondicional apoyo durante el desarrollo de este proyecto, al capacitarnos y facilitarnos los equipos para realizar las pruebas.

A mis amigos, Andrea, Evelyn, Felipe, Andrés y Juan por haber permanecido juntos de inicio a fin en el recorrido de nuestros estudios y por el especial cariño que desarrollamos y mantenemos actualmente.

Daniela Monar.

PRÓLOGO

Las aplicaciones de la fibra óptica hoy en día son múltiples, además, están en un continuo proceso de expansión, lo cual obliga a los futuros profesionales de la carrera de Ingeniería Electrónica a capacitarse en este ámbito partiendo de los conceptos teóricos y prácticos, por lo que ha sido necesario considerar la implementación de un laboratorio de Redes Ópticas y un manejo adecuado de sus equipos.

El área de Redes y Comunicación de Datos está interesada en acreditar la competencia técnica del laboratorio antes mencionado, por lo que se centrará el trabajo en la aplicación de la norma internacional vigente para la acreditación de laboratorios (ISO/IEC 17025:2005), adecuando su organización y funcionamiento a las recomendaciones actuales. Con este trabajo, se pretende guiar al laboratorio en la administración de calidad y requerimientos técnicos para un adecuado funcionamiento.

El capítulo de apertura del presente proyecto, **Capítulo 1**, contiene un resumen general de la importancia y muy breve descripción de la solución al problema.

En el **Capítulo 2** se detallan las bases teóricas para la medición de los parámetros ópticos, geométricos, mecánicos y de transmisión de fibra óptica, su definición, características, estructura, principios de funcionamiento y aplicaciones, así como los factores limitantes para una transmisión confiable, junto a una breve descripción de los tipos de fibra disponibles en el mercado y sus conectores.

A continuación se hablará, en el **Capítulo 3**, sobre los requisitos básicos que debe cumplir un laboratorio que realice ensayos según las recomendaciones de la Norma Internacional ISO/IEC 17025, siendo el objetivo principal de este trabajo poder tener un laboratorio que cumpla con las normas de calidad aplicadas actualmente a nivel nacional para acceder a una acreditación.

La propuesta del nuevo Laboratorio de Redes Ópticas se presenta en el **Capítulo 4**, tanto de la Sección Didáctica como de la Sección de Servicios, su distribución física, lógica, la aplicación de la norma ISO/IEC 17025 al ámbito de la infraestructura de redes y la propuesta económica para dotar al laboratorio con los equipos e instrumentos necesarios. Además se sugiere los formatos de los documentos internos para uso del laboratorio.

El Capítulo 5 presenta un análisis de las pruebas realizadas sobre el enlace implementado en el Laboratorio de Networking utilizando los equipos disponibles actualmente en el departamento, Certificadora FLUKE DTX-1800, Empalmadora de Fusión FUJIKURA FSM-60 S, OTDR EXFO ASX-110-12CD-23B. Además de una breve explicación del funcionamiento de cada uno de estos equipos a manera de guías de operación y contenido audiovisual.

El Capítulo 6 explica el plan de acreditación del laboratorio y el proceso que se deberá seguir para lograrla, además de mencionar los documentos necesarios para iniciar el proceso y un valor aproximado de su costo.

Las conclusiones, comentarios finales y recomendaciones de los resultados obtenidos se presentan en el **Capítulo 7**.

Finalmente en los **Anexos** se encuentran detalladas las guías de operación de los equipos mencionados en el capítulo 5, las tablas de valores recomendados por la ITU-T para fibra óptica, los planos del diseño del Laboratorio Sección Servicios y Didáctico (arquitectónico, de red, eléctrico) y formatos y/o ejemplos de los documentos para iniciar el proceso de Acreditación a través del OAE.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 2 | 3 |
| BASE TEÓRICA PARA LAS MEDICIONES EN EL LABORATORIO | 3 |
| 2.1 GENERALIDADES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA | 3 |
| 2.2 FIBRA ÓPTICA | 5 |
| 2.2.1 ESTRUCTURA DE LA FIBRA..... | 7 |
| 2.2.2 PRINCIPIOS DE TRANSMISIÓN SOBRE FIBRA ÓPTICA..... | 9 |
| 2.2.3 FACTORES LIMITANTES PARA LA TRANSMISIÓN POR FIBRA..... | 11 |
| 2.2.4 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA..... | 17 |
| 2.2.5 BANDAS OPTICAS DE COMUNICACIÓN | 20 |
| 2.2.6 PARAMETROS CARACTERISTICOS DE LA FIBRA..... | 21 |
| 2.2.7 NECESIDADES DE UNIONES Y ACOUPLE ENTRE FIBRAS ÓPTICAS..... | 22 |
| 2.2.8 EMPALMES ENTRE FIBRAS | 23 |
| 2.2.9 CONECTORES | 26 |
| 2.2.10 FIBRAS COMERCIALES | 30 |
| 2.2.11 APLICACIONES | 33 |
| CAPÍTULO 3 | 34 |
| CONSIDERACIONES IMPORTANTES PARA LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS | 34 |
| 3.1 ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS..... | 34 |
| 3.1.1 LABORATORIOS EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL ECUADOR | 35 |
| 3.1.2 COSTOS Y BENEFICIOS DE LA ACREDITACIÓN | 37 |
| 3.1.3 PROCESO DE ACREDITACIÓN | 39 |
| 3.1.4 ORGANISMO DE ACREDITACIÓN..... | 40 |
| 3.2 DESCRIPCIÓN DE LA NORMA ISO/IEC 17025 | 41 |
| 3.2.1 INTRODUCCIÓN | 41 |
| 3.2.2 ESTRUCTURA DE LA NORMA | 42 |
| CAPÍTULO 4 | 55 |
| DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO DE REDES ÓPTICAS..... | 55 |
| 4.1 INTRODUCCIÓN | 55 |

| | | |
|---|---|--------------------------------------|
| 4.2 | SITUACIÓN ACTUAL DE LAS REDES ÓPTICAS EN EL DEEE..... | 56 |
| 4.3 | CRITERIOS DE DISEÑO DEL LABORATORIO..... | 62 |
| 4.4 | DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA GENERAL DEL LABORATORIO..... | 64 |
| 4.4.1 | PRUEBAS Y ENSAYOS QUE REALIZARÁ EL LABORATORIO..... | 64 |
| 4.4.2 | DISEÑO DE LA ESTRUCTURA FÍSICA DEL LABORATORIO..... | 69 |
| 4.4.3 | INFRAESTRUCTURA DE RED DEL LABORATORIO..... | 74 |
| 4.4.4 | RED ELECTRICA DEL LABORATORIO..... | 77 |
| 4.4.5 | AMBIENTE APROPIADO PARA PRUEBAS..... | 78 |
| 4.5 | APLICACIÓN DE LA NORMA ISO/IEC 17025..... | 79 |
| 4.5.1 | FORMATOS DE LA DOCUMENTACION PARA USO DEL LABORATORIO | |
| | 95 | |
| 4.6 | BASES TECNICAS DE LOS EQUIPOS REQUERIDOS PARA EL | |
| | LABORATORIO..... | 104 |
| 4.7 | PROPUESTA ECONÓMICA DEL LABORATORIO..... | 108 |
| CAPÍTULO 5..... | | 112 |
| <i>PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS EQUIPOS</i> | | |
| <i>DISPONIBLES.....</i> | | 112 |
| 5.1 | DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS..... | 112 |
| 5.2 | APLICACIÓN DE LOS EQUIPOS..... | 114 |
| 5.2.1 | IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE FIBRA..... | 114 |
| 5.2.2 | PRUEBAS DEL ENLACE..... | 117 |
| 5.2.3 | ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 118 |
| CAPÍTULO 6..... | | 125 |
| <i>PROCESO DE ACREDITACIÓN DE LOS ENSAYOS DEL LABORATORIO.....</i> | | 125 |
| 6.1 | DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ACREDITACIÓN..... | 125 |
| 6.2 | DOCUMENTACIÓN PARA ENTRAR EN EL PROCESO..... | 127 |
| 6.3 | PRESUPUESTO DE ACREDITACION..... | 129 |
| 6.4 | PLAN DE ACREDITACIÓN..... | 130 |
| CAPÍTULO 7..... | | 133 |
| <i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i> | | 133 |
| 7.1 | CONCLUSIONES..... | 133 |
| 7.2 | RECOMENDACIONES..... | 135 |
| ANEXOS..... | | ¡Error! Marcador no definido. |
| ANEXO A..... | | ¡Error! Marcador no definido. |
| ANEXO B..... | | ¡Error! Marcador no definido. |

| | |
|---------------|--------------------------------------|
| ANEXO C | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO D | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO E | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO F | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO G | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO H | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO I | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO J | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO K | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO L | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO M | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO N | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXO O | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| CAPÍTULO 2 | 3 |
| Tabla 2.1 Tipos de Fibra óptica..... | 15 |
| Tabla 2.2 Tipos de Fibra óptica..... | 19 |
| Tabla 2.3 Parámetros que provocan pérdidas en el acoplo. | 23 |
| Tabla 2.4 Principales características del Conector SC..... | 27 |
| Tabla 2.5 Principales características del Conector ST. | 27 |
| Tabla 2.6 Principales características del Conector LC. | 28 |
| Tabla 2.7 Principales características del Conector FC..... | 28 |
| Tabla 2.8 Estructura de los Conectores de Fibra Óptica..... | 29 |
| Tabla 2.9 Fibras por su Composición. | 31 |
| Tabla 2.10 Fibras por su Aplicación..... | 31 |
| CAPÍTULO 3 | 34 |
| CAPÍTULO 4 | 55 |
| Tabla 4.1 Parámetros de los Estándares de Fibra. | 67 |
| Tabla 4.2 Equipos de laboratorio para las mediciones..... | 69 |
| Tabla 4.3 Equipos del Laboratorio. | 70 |
| Tabla 4.4 Materiales para uso del laboratorio en la Sección Didáctica y Servicios. | 71 |
| Tabla 4.5 Materiales para rutas y espacios. | 75 |
| Tabla 4.6 Materiales para rutas y espacios. | 77 |
| Tabla 4.7 Documentos del Sistema de Gestión..... | 82 |

| | |
|--|-------------------------------|
| Tabla 4.8 Descripción de los puestos de trabajo. | 87 |
| Tabla 4.9 Métodos de Medición. | 90 |
| Tabla 4.10 Equipos de mediciones ópticas para el laboratorio. | 104 |
| Tabla 4.11 Presupuesto Sección Servicios. | 108 |
| Tabla 4.12 Presupuesto Sección Didáctica. | 110 |
| CAPÍTULO 5 | 112 |
| Tabla 5.1 Pérdidas por Fusión en ODF. | 115 |
| Tabla 5.2 Pérdidas por Fusión en la Manga. | 117 |
| Tabla 5.3 Pérdida total desde ODF 1..... | 118 |
| Tabla 5.4 Pérdida total con Certificadora..... | 118 |
| Tabla 5.5 Atenuación Total Teórica en 1310nm. | 119 |
| Tabla 5.6 Comparación de resultados. | 124 |
| CAPÍTULO 6 | 125 |
| Tabla 6.1 Documentos para la Acreditación. | 127 |
| Tabla 6.2 Plan de Acreditación. | 130 |
| CAPÍTULO 7 | 133 |
| ANEXOS | ¡Error! Marcador no definido. |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| CAPÍTULO 2 | 3 |
| Figura 2.1 Esquema de un sistema de comunicación óptico general. | 4 |
| Figura 2.2 Estructura de la Fibra Óptica [25]. | 7 |
| Figura 2.3 Luz incidente en un tubo [26]. | 9 |
| Figura 2.4 Luz incidente en un tubo utilizando un lente [26]. | 9 |
| Figura 2.5 Microcurvaturas en Fibra Óptica [5]. | 12 |
| Figura 2.6 Macrocurvaturas de la fibra óptica [5]. | 13 |
| Figura 2.7 Pérdidas en empalmes. | 14 |
| Figura 2.8 Ensanchamiento de la señal [27]. | 17 |
| Figura 2.9 Fibra óptica Monomodo [28]. | 17 |
| Figura 2.10 Fibra óptica Monomodo de índice Escalonado [29]. | 18 |
| Figura 2.11 Fibra óptica Multimodo [28]. | 19 |
| Figura 2.12 Bandas ópticas de comunicación | 20 |
| Figura 2.13 Longitud de onda de Corte. | 21 |
| Figura 2.14 Desajustes entre los extremos de dos fibras [31]. | 24 |
| Figura 2.15 Empalme por Fusión de Fibras Ópticas. | 25 |
| Figura 2.16 Empalme Mecánico. | 26 |
| Figura 2.17 Conector SC [32]. | 30 |
| Figura 2.18 Conector ST [32]. | 30 |
| Figura 2.19 Conector LC [32]. | 30 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.20 Conector FC [32]. | 30 |
| Figura 2.21 Fibra de vidrio [33]. | 31 |
| Figura 2.22 Fibra de plástico [34]. | 31 |
| Figura 2.23 Fibra con relleno de Gel [35]. | 31 |
| Figura 2.24 Fibra óptica con Mensajero [36]. | 31 |
| Figura 2.25 Fibra Submarina [36]. | 32 |
| Figura 2.26 Fibra óptica Autoportante [36]. | 32 |
| Figura 2.27 Fibra óptica OPGW [36]. | 32 |
| Figura 2.28 Fibra óptica Armada [36]. | 32 |
| Figura 2.29 Aplicaciones de Fibra Óptica. | 33 |
| CAPÍTULO 3 | 34 |
| Figura 3.1 Estructura de la Norma ISO/IEC 17025. | 42 |
| Figura 3.2 Requisitos para la organización del laboratorio. | 45 |
| Figura 3.3 Métodos de ensayo y calibración ⁷ | 52 |
| CAPÍTULO 4 | 55 |
| Figura 4.1 Diagrama de Red del Departamento. | 57 |
| Figura 4.2 Fuente de Energía y Módulos. | 58 |
| Figura 4.3 Pigtail de Fibra Óptica. | 58 |
| Figura 4.4 Banco de Fibra Óptica. | 59 |
| Figura 4.5 Patch Cord de Fibra. | 59 |
| Figura 4.6 Medidor de Potencia Óptica. | 60 |
| Figura 4.7 Certificadora de cables. | 60 |
| Figura 4.8 Empalmadora de Fusión. | 61 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.9 OTDR..... | 61 |
| Figura 4.10. Distribución física del Laboratorio de Networking. | 73 |
| Figura 4.11.Propuesta de Red del Departamento. | 74 |
| Figura 4.12. Distribución de los ODF. | 77 |
| Figura 4.13.Organigrama del Laboratorio..... | 81 |
| Figura 4.14. Proceso de Solicitud de Ensayo. | 83 |
| Figura 4.15. Proceso de Compra de Suministros..... | 84 |
| Figura 4.16. Proceso de Acciones Correctivas..... | 85 |
| Figura 4.17. Proceso de Acciones Preventivas..... | 85 |
| Figura 4.18. Proceso de Control de Registros..... | 86 |
| Figura 4.19. Metodología del funcionamiento del laboratorio..... | 89 |
| Figura 4.20. Imagen de la fibra mediante el microscopio..... | 91 |
| Figura 4.21. Medida de AN. [16]..... | 92 |
| Figura 4.22. Prueba de Tensión. [17]..... | 93 |
| Figura 4.23. Formato de Solicitud de Ensayo..... | 96 |
| Figura 4.24. Formato de Oferta y Contrato de Ensayo..... | 98 |
| Figura 4.25. Formato de Ingreso de Muestra..... | 100 |
| Figura 4.26. Formato de Informe de Conformidad..... | 102 |
| Figura 4.27. Formato de Egreso de Muestra..... | 103 |
| CAPÍTULO 5..... | 112 |
| Figura 5.1 Descripción de los Equipos..... | 113 |
| Figura 5.2 Manga de Empalme del enlace..... | 114 |
| Figura 5.3 Empalmes en ODF..... | 115 |

Figura 5.4 Hilo Azul..... 115

Figura 5.5 Hilo Tomate..... 115

Figura 5.6 Hilo Verde. 116

Figura 5.7 Hilo Café. 116

Figura 5.8 Hilo Azul..... 116

Figura 5.9 Hilo Tomate..... 116

Figura 5.10 Hilo Verde. 116

Figura 5.11 Hilo Café. 117

Figura 5.12 Atenuación Vs Distancia Hilo Azul en 1310nm..... 120

Figura 5.13 Atenuación Vs Distancia Hilo Tomate en 1310nm. 121

Figura 5.14 Atenuación Vs Distancia Hilo Verde en 1310nm..... 122

Figura 5.15 Atenuación Vs Distancia Hilo Café en 1310nm..... 123

CAPÍTULO 6..... 125

Figura 6.1 Proceso de Acreditación. 126

CAPÍTULO 7..... 133

ANEXOS ¡Error! Marcador no definido.

GLOSARIO

| | |
|------------------|--|
| NGN | Next Generation Network. |
| ISO | Organización de Estandarización Internacional. |
| IEC | Comisión Electrotécnica Internacional. |
| INEN | Instituto Ecuatoriano de Normalización. |
| NTE | Norma Técnica Ecuatoriana. |
| NTC | Norma Técnica Colombiana. |
| DEEE | Departamento de Eléctrica y Electrónica. |
| LD | Laser Diode. |
| LED | Light-Emitting Diode. |
| UTP / STP | Unshielded twisted pair / Shielded twisted pair. |
| BER | Bit Error Rate. |
| NA | Apertura Numérica. |
| PMD | Dispersión por Modo de Polarización. |
| CD | Dispersión Cromática. |
| SM | Single Mode. |
| MM | Multimode. |
| FC | Ferrule Connector. |
| ST | Straight Tip. |
| SC | Square Connector. |
| LC | Locking Connector. |
| PC | Pulido Convexo. |
| APC | Pulido Convexo Angular. |

| | |
|------------------|---|
| UPC / SPC | Ultra PC / Super PC. |
| PMMA | Polimetilmetacrilato. |
| OPGW | Optical Ground Wire. |
| CES | Consejo de Educación Superior. |
| CEAACES | Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la calidad de la Educación Superior. |
| OAE | Organismo Acreditador Ecuatoriano. |
| I&D | Investigación y Desarrollo. |
| UTIC | Unidad de Tecnologías de Información y Comunicaciones. |
| ITU | Unión Internacional de Telecomunicaciones. |
| EIA / TIA | Electronic Industries Association / Telecommunications Industry Associations. |
| TOS | Fuente Óptica Sintonizable. |
| OTDR | Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo. |
| POA | Atenuador Óptico Programable. |
| OSA | Analizador de Espectro Óptico. |
| ODF | Optical Distribution Frame. |
| SGC | Sistema de Gestión de la Calidad. |

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La actual sociedad de la información refleja una tendencia imparable en la evolución del sector hacia las redes convergentes o Redes de Nueva Generación (NGN), en la medida en que estas redes constituyen la principal infraestructura para el transporte de la información y para la conectividad de las personas.

En el caso específico de las redes basadas en fibra óptica implican una verdadera revolución tecnológica para el sector de las telecomunicaciones, pues reemplazar el cobre por fibra permite mejorar drásticamente las prestaciones de las redes actuales, alcanzando velocidades de acceso de más de 100 Mbps e incrementando el número y la calidad de los servicios que se prestan. Además, el despliegue de estas redes presenta nuevos desafíos que permiten la entrada de nuevos actores en el sector y obligan a los operadores tradicionales y al sector académico a actualizarse a la par con los avances de la tecnología.

El Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército adquirió a finales de 2011 equipos especializados para la medición y análisis de infraestructura de redes de nueva generación sobre todo las que

usan Fibra Óptica. Estos equipos servirán de base para la implementación y acreditación de un nuevo laboratorio, con el que no se cuenta actualmente, el mismo que permitirá realizar pruebas de fusión, transmisiones ópticas y certificación de cableado, afianzando así el aprendizaje de los estudiantes y garantizando un alto desempeño en el área de las comunicaciones ópticas.

Hoy en día es necesario tanto para un laboratorio como para cualquier empresa en general trabajar bajo un sistema de gestión de calidad confiable, para lo cual los laboratorios buscan tener una acreditación que garantice a los clientes que el trabajo realizado en el laboratorio es eficaz y eficiente.

El área de Redes y Comunicación de Datos está interesado en acreditar la competencia técnica del laboratorio antes mencionado, por lo que se centrará el trabajo en la aplicación de la norma internacional vigente para la acreditación de laboratorios (ISO/IEC 17025:2005), adecuando su organización y funcionamiento a las recomendaciones actuales.

Con este proyecto, se pretende guiar al laboratorio en la administración de calidad y requerimientos técnicos para un adecuado funcionamiento, por lo que se realizará el diseño de un nuevo laboratorio de Redes Ópticas para el DEEE y su plan de Acreditación, además se desarrollará guías de operación y contenido audiovisual de cada una de las pruebas realizadas con los equipos de medición y análisis de infraestructura de Redes de Nueva Generación que son Certificadora FLUKE DTX-1800, Empalmadora de Fusión FUJIKURA FSM-60 S, OTDR EXFO ASX-110-12CD-23B.

CAPÍTULO 2

BASE TEÓRICA PARA LAS MEDICIONES EN EL LABORATORIO

2.1 GENERALIDADES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA

Un sistema de comunicaciones por fibra óptica está compuesto de tres partes:

- Una fuente emisora de luz como transmisor
- Un canal de transmisión de información, es decir la fibra óptica y
- Un detector que funcione convirtiendo señales luminosas en señales eléctricas.

Tal como se muestra en la Figura 2.1. En este tipo de sistemas la información viaja en forma de rayos de luz, o sea en ondas electromagnéticas guiadas; la única diferencia con las ondas electromagnéticas de radio es la frecuencia de operación, este sistema interpreta la información, contenida en la señales de luz, en forma de código, y la envía, modificando así ciertas características de los haces luminosos emitidos por la fuente [1], [2].



Figura 2.1 Esquema de un sistema de comunicación óptico general.

El **transmisor** contiene, pues, básicamente los sistemas codificadores de la señal incidente, el LD (LASER DIODE) o LED [3] como generador de la onda portadora y un modulador. Dispone de un rabillo de fibra (pigtail) al que se acoplará un conector de unión con la sección primera de la fibra. Los primeros transmisores eran diodos que producían radiaciones infrarrojas en una longitud de onda de 870 nm; los diodos respondían a los cambios que experimenta la señal eléctrica emitiendo luz con diferentes intensidades (modulación).

El **canal de comunicación** se compone de una o varias fibras para cada dirección de transmisión, cada fibra consta de una parte central, llamada núcleo, y otra exterior, revestimiento, que actúa como guía de la luz que se propaga a lo largo del núcleo. Las señales, en su progresión a lo largo de la fibra, se van ensanchando y debilitando. La dispersión de la señal se debe, en parte, a que las radiaciones de distinta frecuencia se propagan por el núcleo a diferentes velocidades. En cuanto a la atenuación de la señal, viene provocada, en gran medida, por la absorción en las impurezas del vidrio.

Al final del sistema se encuentra el **receptor**, compuesto por un detector (convertidor optoeléctrico) y una sección de amplificación, que lleva la señal al nivel adecuado para su ataque al equipo final [3], [4].

Uno de los puntos importantes para que los sistemas de comunicación óptica tuvieran un desarrollo como el que han llegado a lograr hoy en día, fue sin duda, encontrar el medio ideal para transmitir la luz. Y esto ocurrió, cuando se comenzaron los primeros estudios acerca del proceso de modulación y de detección de luz necesarios para la conversión de información óptica a eléctrica. Estos hechos indicaban que era posible introducir un haz luminoso en una fibra transparente y flexible y así proveer una transmisión semejante a las señales eléctricas por alambres.

2.2 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica se puede definir como un hilo de vidrio, cuyo grosor es comparable al grosor de un cabello humano, es decir, aproximadamente de 0,1 mm, con un índice de refracción alto que se emplea para transmitir luz. Cuando la luz entra por uno de los extremos de la fibra, se transmite con muy pocas pérdidas incluso aunque la fibra esté curvada [1], [6].

El principio de operación de la fibra óptica se basa en la reflexión interna total en medios dieléctricos; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA FIBRA ÓPTICA

Dentro de las principales características de la Fibra Óptica se tiene [2], [7]:

- Transporta la información en forma de rayos de luz (puede o no ser visible).
- Dada la alta frecuencia de la luz, los volúmenes de información transportados son bastante elevados.
- La fibra óptica proporciona un ancho de banda significativamente mayor que los cables de pares (UTP / STP) y el Coaxial. Aunque en la actualidad se están utilizando velocidades de 1,7 Gbps en las redes públicas, la utilización de frecuencias más altas (luz visible) permitirá alcanzar los 39 Gbps.
- La baja atenuación de la señal óptica permite realizar tendidos de fibra óptica sin necesidad de repetidores.
- En condiciones normales, una transmisión de datos por fibra óptica tiene una frecuencia de errores o BER (Bit Error Rate) menor de 10^{-11} . Esta característica permite que los protocolos de comunicaciones de alto nivel, no necesiten implantar procedimientos de corrección de errores por lo que se acelera la velocidad de transferencia.
- La fibra óptica es resistente a la corrosión y a las altas temperaturas. Gracias a la protección de la envoltura es capaz de soportar esfuerzos elevados de tensión en la instalación.
- Debido a que la fibra óptica no produce radiación electromagnética, es resistente a las acciones intrusivas de escucha. Para acceder a la señal que circula en la fibra es necesario partirla, con lo cual no hay transmisión durante este proceso, y puede por tanto detectarse.
- La fibra también es inmune a los efectos electromagnéticos externos debido a su naturaleza dieléctrica, por lo que se puede utilizar en ambientes industriales sin necesidad de protección especial.

2.2.1 ESTRUCTURA DE LA FIBRA

La fibra óptica está formada por varios componentes colocados de forma concéntrica como se presenta en la figura 2.2, y que se encuentran orientados desde el punto central hasta el exterior del cable de la siguiente manera [6]:

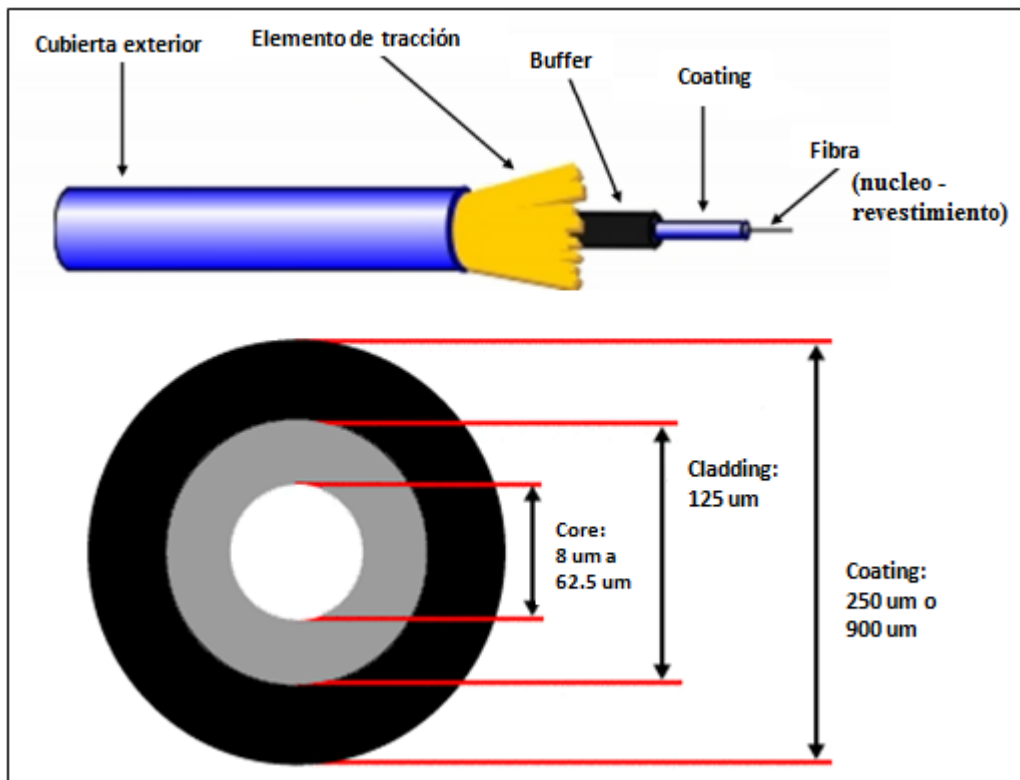


Figura 2.2 Estructura de la Fibra Óptica [25].

El **núcleo**, es el elemento que transmite la luz, desde la fuente hasta el dispositivo receptor, todas las señales luminosas viajan a través de éste, y se encuentra en el centro de la fibra óptica. Tiene un diámetro muy pequeño, entre 10 y 300 µm, comúnmente la fibra óptica utilizada en las infraestructuras locales es 9, 50 ó 62,5 µm, por lo que cuanto mayor sea el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que puede transportar. El núcleo es,

comúnmente, vidrio fabricado de una combinación de dióxido de silicio y otros elementos [5].

El **revestimiento** se encuentra alrededor del núcleo y también está fabricado con sílice pero con un índice de refracción menor que el del núcleo. Los rayos de luz que se transportan a través del núcleo de la fibra se reflejan sobre el límite entre el núcleo y el revestimiento a medida que se mueven a través de la fibra por reflexión total interna. Un diámetro exterior habitual para el revestimiento es de 125 micras (μm) o 0,125 mm [5].

El **coating** es un recubrimiento acrílico con color que protege el cristal (núcleo y revestimiento) durante la manipulación de la fibra, comúnmente pueden ser de 250 μm o 900 μm .

El **material amortiguador o buffer**, se encuentra cubriendo al revestimiento, generalmente es de plástico. El material amortiguador ayuda a proteger al núcleo y al revestimiento de cualquier daño.

El **material resistente o elemento de tracción**, rodea al amortiguador evitando que el cable de fibra óptica se estire, cuando lo están manipulando o bien cuando se encuentra en una zona inestable.

La **cubierta exterior** rodea al cable para así proteger a la fibra, de abrasión, solventes y demás contaminantes [1], [5].

2.2.2 PRINCIPIOS DE TRANSMISIÓN SOBRE FIBRA ÓPTICA

La figura 2.3 muestra una fuente luminosa (una linterna) situada para iluminar el extremo final de un tubo, del cual asumimos que su superficie interna es reflectante. Observe que el haz luminoso es divergente, entonces no todos los rayos serán acoplados en el interior del tubo. Bajo estas condiciones hay una pérdida de energía en el extremo final del tubo.

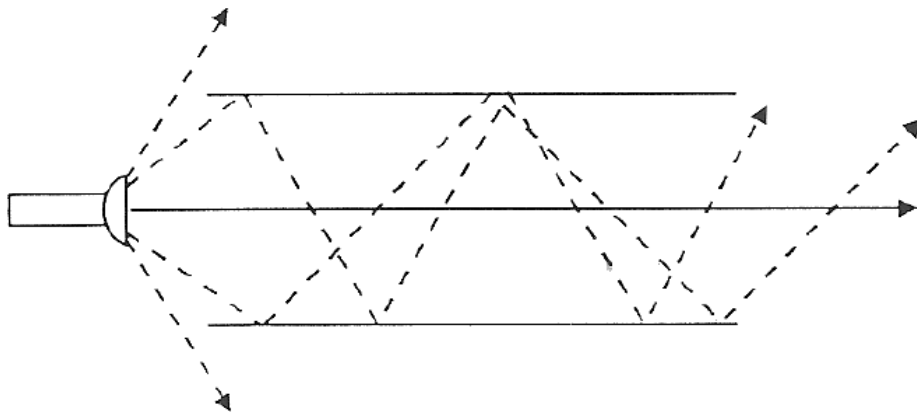


Figura 2.3 Luz incidente en un tubo [26].

En la figura 2.4 se inserta un lente entre la fuente luminosa y el tubo para enfocar la luz en un haz más estrecho. Aunque el diámetro interior del tubo no ha variado, ahora se acopla más energía dentro del tubo y llega más energía al final del tubo.

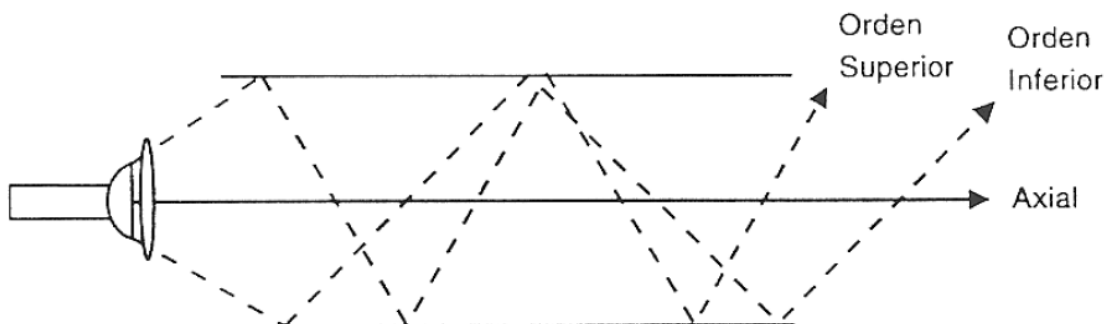


Figura 2.4 Luz incidente en un tubo utilizando un lente [26].

Por lo tanto, cualquier fuente luminosa que emita un haz estrecho de luz puede acoplarse dentro de una guía luminosa (o sea, el tubo) de forma eficiente. El término que describe la capacidad de recoger luz de una guía luminosa es la **apertura numérica** (NA) la cual se aplica en fibras ópticas [8]. Por lo tanto cuanto mayor es la magnitud de la apertura numérica de una fibra, mayor es la cantidad de luz que puede guiar o lo que es lo mismo, mas cantidad de luz es capaz de aceptar en su núcleo. Está definida como:

$$NA = \sqrt{n_n^2 - n_r^2}$$

Donde n_n es el índice de refracción del núcleo y n_r es el índice de refracción del revestimiento. El índice de refracción es una característica de un material que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio. Se calcula así:

$$n = \frac{c}{v}$$

Donde c es la velocidad luz en el vacío y v la velocidad luz en el medio denso.

PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN LA FIBRA ÓPTICA

La luz incidente queda atrapada en la fibra y se propaga a la máxima velocidad posible a lo largo de la misma. A estas ondas luminosas se les referencia por su longitud de onda, que está relacionada con la frecuencia mediante la expresión $\lambda = c/f$, donde λ es la longitud de onda, c la velocidad de la luz y f es la frecuencia. La velocidad de propagación de la luz depende del tipo de material transparente empleado, ya que la máxima velocidad $c =$

299.792.458 m/s sólo se alcanza en el vacío. En el resto de medios la propagación se produce a menor velocidad [8].

El motivo físico por el cual la luz queda atrapada dentro del núcleo, se basa en las leyes de reflexión [2], [7] y refracción [7], [8] de la luz, según las cuales, cuando un rayo atraviesa la frontera desde un medio físico transparente a otro también transparente, pero donde la velocidad de propagación es menor, la trayectoria del mismo varía, siguiendo una ley física conocida como Ley de Snell [2], [8].

2.2.3 FACTORES LIMITANTES PARA LA TRANSMISIÓN POR FIBRA

Existen dos fenómenos que contribuyen a degradar la información, de modo que en la recepción las características de la señal no son idénticas a las transmitidas en el origen. Se trata de las **pérdidas** en el interior de la fibra y de la **dispersión** en el material [5].

PÉRDIDAS

La **pérdida o atenuación** ha sido un parámetro de rendimiento bien establecido en los estándares de cableado y de aplicación de red, indica cuanto se atenúa la potencia de la luz cuando se propaga dentro de la fibra óptica. Cuanto más baja es la pérdida óptica se puede transmitir la señal óptica a una mayor distancia [6]. La atenuación o pérdida de señal en fibra óptica es producida por varios factores intrínsecos y extrínsecos [5].

Dos **factores intrínsecos** son la dispersión y la absorción. La forma más común de dispersión, llamada '**Dispersión de Rayleigh**', está causada

por las no uniformidades microscópicas de la fibra óptica. Estas no-uniformidades provocan que los rayos de luz se dispersen parcialmente cuando viajan a lo largo del núcleo de fibra y, por lo tanto, se pierde algo de potencia de luz. La dispersión de Rayleigh es responsable de aproximadamente el 90 % de la pérdida intrínseca en las fibras ópticas modernas. Tiene una mayor influencia cuando el tamaño de las impurezas en el vidrio es comparable a la longitud de onda de la luz. Las longitudes de onda más largas, por lo tanto, son menos afectadas que las longitudes de onda más cortas y están sujetas a menor pérdida.

Las **causas extrínsecas** de atenuación se pueden generar por una mala interconexión en conectores, mala ejecución de empalmes, acopladores defectuosos, así como un deficiente sistema de cableado. Los factores que inciden en la aparición de la atenuación se los establece de la siguiente forma:

- Atenuación por curvatura, se pueden distinguir dos categorías de curvatura: **microcurvatura** y **macrocurvatura** [7].

La **microcurvatura** es causada por imperfecciones microscópicas en la geometría de la fibra resultantes del proceso de fabricación, como la asimetría de rotación, cambios menores en el diámetro del núcleo, o límites desiguales entre el núcleo y el revestimiento. El estrés mecánico, la tensión, la presión o la torsión de la fibra también pueden causar microcurvaturas. La Figura 2.5 describe la microcurvatura en una fibra y su efecto en el camino de la luz.

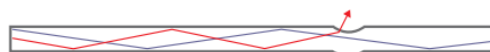


Figura 2.5 Microcurvaturas en Fibra Óptica [5].

La causa principal de **macrocurvatura** es una curvatura de pequeño radio. Las normas describen los límites de radio de curvatura como sigue:

- Los cables con cuatro o menos fibras destinados al Subsistema de Cableado 1 (cableado horizontal o centralizado) admitirán un radio de curvatura de 25 mm (1 pulgada) cuando no estén sujetos a carga de tensión.
- Los cables con cuatro o menos fibras destinados a ser tendidos a través de canalizaciones durante la instalación admitirán un radio de curvatura de 50mm (2 pulgadas) bajo una carga de tracción de 220 N (50 lbf).
- Todos los demás cables de fibra óptica admitirán un radio de curvatura de 10 veces el diámetro exterior del cable cuando no estén sujetos a carga de tensión y 20 veces el diámetro exterior cuando estén sujetos a carga de tensión hasta el límite nominal del cable.

La Figura 2.6 muestra el efecto de una dobladura con un radio menor en el camino de la luz en la fibra. Parte de la luz en los grupos de modos de orden superior ya no es reflejada y guiada dentro del núcleo.

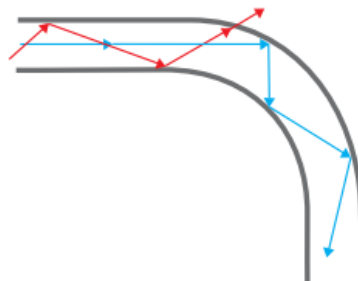


Figura 2.6 Macrocurvaturas de la fibra óptica [5].

- Atenuación por tramo, medido en dB/km, indica la pérdida por cada kilómetro debido a las características propias de la fibra.
- Atenuación por empalme, generada al empatar dos fibras, se puede producir diferencia entre los índices de refracción. La atenuación en un empalme será tomada en ambos sentidos para calcular una atenuación promedio. Si es tomado en un solo sentido puede generar valores negativos, lo cual indicaría que existe una ampliación de potencia, lo que no es posible en un empalme Figura 2.7.

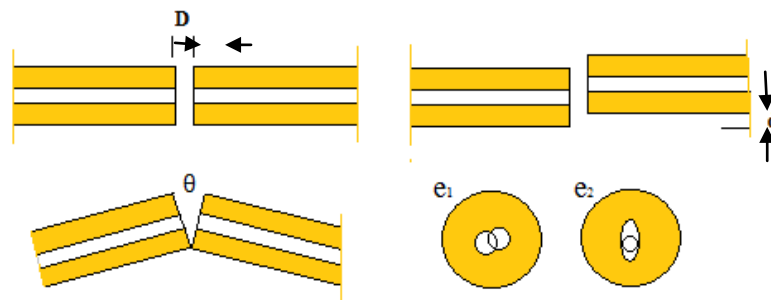


Figura 2.7 Pérdidas en empalmes.

La pérdida o atenuación se define como la relación entre las potencias luminosas a la salida y a la entrada, expresada en decibelios (dB) y calculada para determinada longitud de onda.

$$P(\lambda)(dB) = 10 \log \frac{P_S}{P_E}$$

DISPERSIÓN

La dispersión describe cómo se esparcen los pulsos de luz cuando viajan a lo largo de la fibra óptica. La dispersión limita el ancho de banda en el

transmisor de la fibra, reduciendo así la cantidad de datos que puede transmitir la fibra. El **ancho de banda** es una característica clave de rendimiento de fibra, se expresa en una velocidad de bits a la cual las señales se pueden enviar sobre una distancia dada sin que un bit interfiera con el bit anterior o posterior [5].

Cuando el pulso de luz se transmite a través de una fibra óptica de cierta longitud, el pulso de salida en el otro extremo es más ancho que el pulso entrante y su amplitud es la más baja. Este ensanchamiento o dispersión se debe a los siguientes factores [6]:

Tabla 2.1 Tipos de Fibra óptica.

| DISPERSIÓN | | |
|--|--|---|
| <i>Dispersión de Modo (Intermodal)</i> | <i>Dispersión Cromática (Intramodal)</i> | |
| Este tipo de dispersión solo afecta a las fibras multimodo y es causada por la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz que toman diferentes trayectorias por una fibra. | Causada por una variación en la velocidad de propagación de una señal de luz que tiene cierta longitud de onda, generando un ensanchamiento del pulso de transmisión a lo largo del recorrido. | |
| | <i>Dispersión del Material</i> | <i>Dispersión de Guía de Onda</i> |
| | Se produce cuando diferentes longitudes de onda de la luz se propagan a distintas velocidades a través de un medio dado. | Se debe a imperfecciones en la relación entre el radio del núcleo y la longitud de onda de la luz que se transmite. |

El **Coefficiente de Dispersión Cromática** es la variación del retardo de un impulso luminoso en una unidad de longitud de fibra causada por una variación de longitud de onda. Se expresa en [ps/ (nm*km)].

PMD

Otro factor que limita la calidad de la transmisión en los enlaces de fibra óptica es el **PMD (Dispersión por Modo de Polarización)**, causado por la birrefringencia¹ de la fibra.

El efecto neto de la birrefringencia en una fibra óptica es inducir un retardo entre los dos modos de polarización. Este retardo es conocido como PMD, denotado comúnmente como “ Δt ” y se mide en picosegundos (ps), esto se producen por imperfecciones en el proceso de fabricación de la fibra o como resultado de fuerzas externas que producen doblados y tensiones en la fibra. Si la fibra fuera perfecta, con una geometría uniforme, homogeneidad en el material y sin efectos de tensión, ambos modos se propagarían exactamente la misma velocidad y no existiría degradación sobre los bits transmitidos.

PMD es directamente proporcional a la raíz cuadrada del largo de la fibra (L) y a una constante denominada “**Coefficiente de PMD**” [ps/ \sqrt{km}]. Este provoca un ensanchamiento de la señal (Figura 2.8), aumentando la incertidumbre en la detección de los símbolos. Como consecuencia se incrementa la probabilidad de error de bit en la transmisión (**BER**).

¹ **Birrefringencia:** también conocida como doble refracción, es el fenómeno óptico se observa cuando una radiación luminosa incide sobre un medio no isotrópico. La onda se descompone en dos distintas que se propagan en diferentes direcciones.

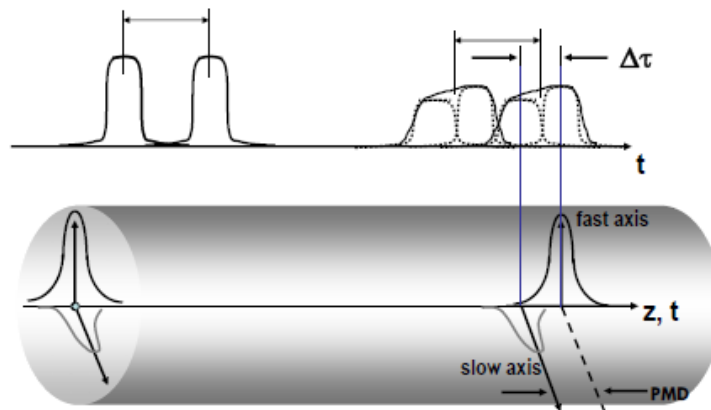


Figura 2.8 Ensanchamiento de la señal [27].

2.2.4 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica se puede clasificar de la siguiente manera [6]:

- Fibra Óptica Monomodo
- Fibra Óptica Multimodo

Fibra óptica Monomodo

Esta fibra óptica es la de menor diámetro con un valor nominal de $9\ \mu\text{m}$ y únicamente permite viajar al rayo óptico central (Figura 2.9), el pequeño diámetro hace necesario una potencia grande de emisión, motivo por el cual los diodos láser son relativamente grandes. Es difícil de construir y manipular. Es también más costosa pero permite distancias de transmisión mayores.

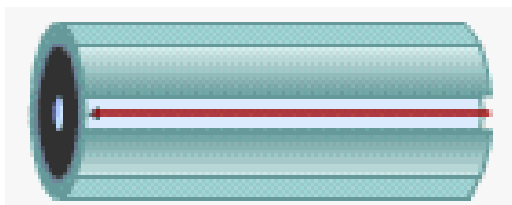


Figura 2.9 Fibra óptica Monomodo [28].

Es importante mencionar que la propagación monomodo sólo se presenta en las fibras de Índice escalón (Figura 2.10). Por tanto no existe una fibra monomodo de índice gradual.

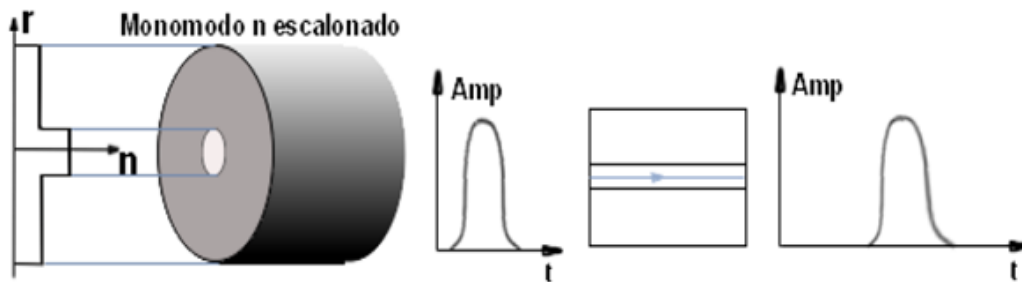


Figura 2.10 Fibra óptica Monomodo de índice Escalonado [29].

En las fibras Monomodo no se define la NA ni el diámetro del núcleo. En cambio, se utiliza el denominado **diámetro del campo modal** que caracteriza el tamaño del núcleo, siendo el diámetro efectivo del rayo de luz emitido, el cual tiene su mayor intensidad en el centro y decrece hacia el revestimiento. Hasta el 30% de la luz es propagada a través del revestimiento. Normalmente el diámetro del campo modal está determinado por el diámetro del núcleo y es un 15% mayor a éste.

Fibra óptica Multimodo

En este tipo de fibra viajan varios rayos ópticos reflejándose a diferentes ángulos como se muestra en la Figura 2.11.

El tamaño del núcleo oscila entre 50 μm y 62.5 μm ; son muy usadas para aplicaciones de cortas distancias y con requerimientos bajos de anchos de banda; el costo de sistemas con fibras MM es más bajo debido a que los

empalmes se hacen menos exigentes y las fuentes no tienen que ser muy coherentes (LED's).

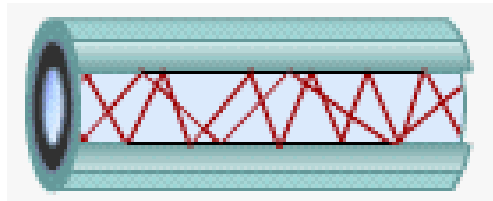

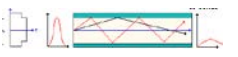



Figura 2.11 Fibra óptica Multimodo [28].

Se puede distinguir dos tipos de fibra multimodo según el índice de refracción de su núcleo, así aquella cuyo núcleo está formado por varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción se denomina Fibra Óptica **Multimodo de Índice Gradual** y aquella cuyo centro tiene un índice refractivo uniforme a lo largo se denomina Fibra Óptica **Multimodo de Índice Escalonado**.

Tabla 2.2 Tipos de Fibra óptica.

| | ÍNDICE ESCALONADO | | ÍNDICE GRADUAL |
|--|---|--|---|
| | FIBRA MONOMODO [30] | FIBRA MULTIMODO [30] | FIBRA MULTIMODO [30] |
| Perfil del índice Refractivo y modo de propagación |  |  |  |
| Diámetro del núcleo | 5 a 10 μm | 50 a 85 μm | 50 a 85 μm |
| Diámetro del Revestimiento | 125 μm | 125 μm | 125 μm |
| Atenuación óptica | 3dB / km para una longitud de onda de 0,85 μm y 0,2 a 1 dB / km para longitud de onda de 1,3 y 1,5 μm | | |
| Ancho de Banda de transmisión | Más de 10 GHz | De 10 a 50 MHz /km | Cientos de MHz/km a varios GHz/km |

2.2.5 BANDAS OPTICAS DE COMUNICACIÓN

El rango del espectro óptico va desde los 5nm (ultravioleta) hasta los 1mm (infrarrojo lejano), la región visible está en la banda de los 400 a 700nm. Las comunicaciones de fibra óptica usan el rango de los 800 a los 1675nm. [18].

La unión internacional de telecomunicaciones (UIT) ha designado seis bandas espectrales para el uso en un rango intermedio y para comunicaciones de fibra óptica de largas distancias en el rango de los 1260 a 1675 nm, estas bandas dan designaciones de las características de la fibra óptica y del performance de la conducta de los amplificadores ópticos.

Las regiones son conocidas con las letras O (Original), E (Extendida), S (Corta-Short), C (Convencional), L (Larga), U (Ultra larga), definidas de la siguiente manera Figura 2.12.

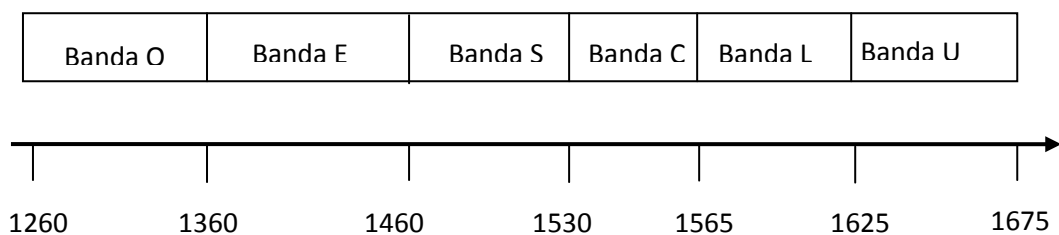


Figura 2.12 Bandas ópticas de comunicación.

2.2.6 PARAMETROS CARACTERISTICOS DE LA FIBRA

ERROR DE CONCENTRICIDAD NÚCLEO – REVESTIMIENTO

Se da cuando las circunferencias del núcleo y revestimiento no tienen el mismo centro y se define como la distancia entre el centro del núcleo y el centro del revestimiento. Expresado en [nm]. [19].

NO CIRCULARIDAD NÚCLEO – REVESTIMIENTO

La no circularidad es la diferencia entre el círculo que circunscribe el límite exterior del revestimiento/núcleo y un círculo mayor concéntrico con el primero, dividido para el diámetro nominal del revestimiento/núcleo. [%]. [19].

| | |
|-------------------------------------|---|
| <i>Valores Nominales Monomodo:</i> | 9/125 μm |
| <i>Valores Nominales Multimodo:</i> | 50/125 μm , 62.5/125 μm |

LONGITUD DE ONDA DE CORTE

La longitud de onda de corte teórica, es la longitud de onda más pequeña a la que puede propagarse un modo único en una fibra monomodo. A longitudes de onda inferiores a la longitud de onda teórica, se propagan varios modos, y la fibra ya no es monomodo, sino multimodo. Figura 2.13. [18].

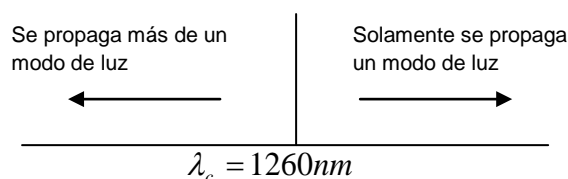


Figura 2.13 Longitud de onda de Corte.

2.2.7 NECESIDADES DE UNIONES Y ACOPLÉ ENTRE FIBRAS ÓPTICAS

Según José A. Martín Pereda, “Cada tipo de sistema de comunicaciones ópticas presenta una serie de condicionantes que son características de él. Muy difícilmente podrán encontrarse 2 instalaciones por completo iguales, es muy posible que los emisores y los receptores sean los mismos, y que la fibra haya sido suministrada por el mismo fabricante. Pero la situación en el terreno, será diferente y las necesidades que se hayan planteado irán variando de acuerdo con los requisitos que vayan surgiendo” [7].

En algunos casos, cuando la Fibra suministrada no alcanza las longitudes deseadas, será necesario establecer uniones permanentes (**Empalmes**) [7] entre dos tramos de fibra, estas uniones son de carácter fijo y difícilmente se pueden deshacerse o modificar una vez realizados, a menos que se corte y se vuelva a unir. Ocurre también la necesidad de unir de forma temporal los extremos de las fibras, empleando **Conectores** [7].

Por otra parte, por medio de **Acopladores** [7], se puede lograr que la señal que se propaga por una fibra llegue a más de un receptor, o por el contrario las señales que circulan por más de una fibra vayan a partir de un cierto momento por una única fibra.

“El principal requisito que deberán tener los extremos de las fibras que se van a unir es que sus caras sean planas y lo mas perpendiculares posibles a los ejes de las mismas, para lograr que ambas sean paralelas en el momento de la fusión. Si esto no se consigue, las pérdidas que pueden aparecer posteriormente pueden llegar a ser muy elevadas. También se encuentra el hecho de la necesidad de ausencia de rugosidades en las caras así como de cualquier tipo de concavidad o convexidad. La forma de

conseguir esto es mediante el corte o tallado y pulido de los extremos de las fibras” [7].

PARÁMETROS QUE PUEDEN DAR LUGAR A PÉRDIDAS EN EL ACOPLÉ

Se presentan parámetros que pueden conducir a pérdidas, tanto en el caso de empalmes como en el de conectores [7].

Tabla 2.3 Parámetros que provocan pérdidas en el acoplo.

| PARÁMETROS | |
|---------------------------------|--|
| <i>INTRÍNSECOS</i> | <i>EXTRÍNSECOS</i> |
| Diámetro de núcleo | Desalineamiento de los ejes de las fibras. |
| Perfil del índice de Refracción | Desajuste Angular. |
| Apertura numérica | Separación de las caras de las fibras. |
| | Falta de paralelismo |
| | Variaciones en el acabado de las fibras. |

2.2.8 EMPALMES ENTRE FIBRAS

El empalme constituye una de las partes más características de todo sistema de comunicaciones, dado que proporciona la forma de alcanzar las grandes distancias que no pueden alcanzarse con las longitudes de tramo de fibra que suele proporcionar el fabricante.

Existen dos formas de realizarlos [7]: por procedimiento mecánico y mediante fusión. En cualquiera de los dos casos si se presentan desajustes iniciales (Figura 2.14) que van desde el desalineamiento de sus núcleos, hasta falta de paralelismo entre sus caras, la situación final del tramo de fibra resultante dará lugar a pérdidas.

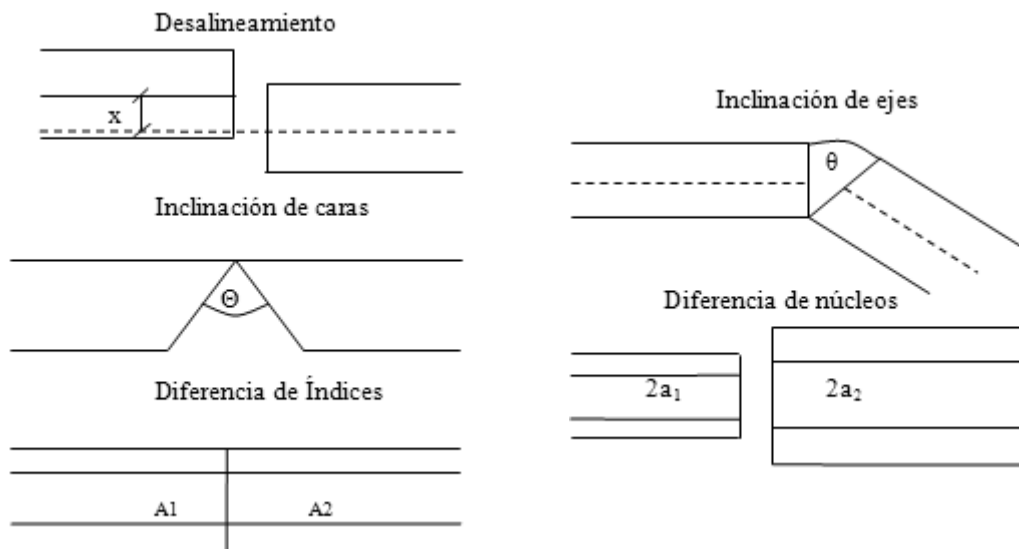


Figura 2.14 Desajustes entre los extremos de dos fibras [31].

Empalme por Fusión

Esta técnica es la más estable, una vez realizada, ya que la parte soldada posee unas características muy similares a la de la propia fibra inicial. En la Figura 2.15 puede verse las partes más significativas de que está compuesta esta técnica.

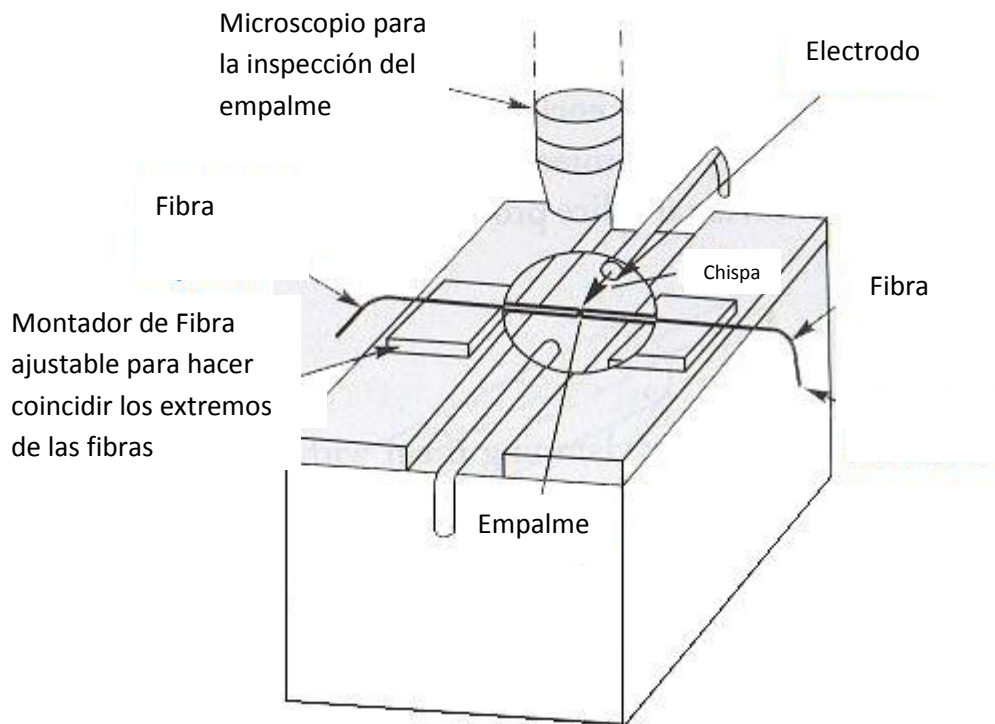


Figura 2.15 Empalme por Fusión de Fibras Ópticas.

Las fibras a unir se sujetan fuertemente a dos posicionadores que pueden ser actuados mediante micro manipuladores. Mediante un microscopio se sitúan los extremos de las fibras uno junto a otro, A continuación, mediante arco eléctrico o láser, dichos extremos, se funden y se unen físicamente.

Empalme Mecánico

Consiste en la unión de los dos extremos de las fibras en un **soporte mecánico** para permitir la alineación de los recubrimientos, mediante pegamentos o sistemas de presión, para evitar la separación de las fibras [7], como se puede ver en la Figura 2.16.

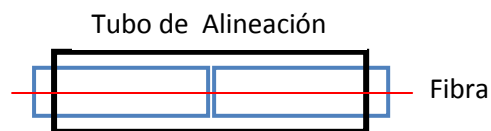


Figura 2.16 Empalme Mecánico.

2.2.9 CONECTORES

Los conectores se diferencian de los empalmes en su posibilidad de montaje y desmontaje de forma rápida y en que, como consecuencia de ello, no pueden considerarse como elementos definitivos de una instalación.

En todos los tipos existentes hay una serie de requisitos que deben cumplir para ser válidos:

- Bajas pérdidas de acoplo
- Facilidad de instalación
- Bajo costo y fiabilidad
- Interoperabilidad
- Facilidad de montaje y desmontaje
- Baja sensibilidad ante cambios ambientales

Los conectores más comunes usados en la fibra óptica para redes de área local son los conectores **ST, LC, FC y SC** [9].

SC (Square Connector)

Es un conector de inserción directa que suele utilizarse en conmutadores Ethernet de tipo Gigabit. Figura 2.17.

Tabla 2.4 Principales características del Conector SC.

| Tipo de Pulido | <i>MONOMODO</i> | | <i>MULTIMODO</i> | |
|----------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | Pérdidas de Inserción | Pérdidas de Retorno | Pérdidas de Inserción | Pérdidas de Retorno |
| Pulido PC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 40 dB | < 0,25 dB | ≥ 22 dB |
| Pulido SPC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 45 dB | < 0,25 dB | ≥ 36 dB |
| Pulido UPC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 55 dB | - | - |
| Pulido APC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 65 dB | - | - |

ST (Straight Tip)

Es un conector similar al SC, pero requiere un giro del conector para su inserción, de modo similar a los conectores coaxiales. Es el más empleado para finalizar fibras ópticas multimodo (MM). Figura 2.18.

Tabla 2.5 Principales características del Conector ST.

| Tipo de Pulido | <i>MONOMODO</i> | | <i>MULTIMODO</i> | |
|----------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | Pérdidas de Inserción | Pérdidas de Retorno | Pérdidas de Inserción | Pérdidas de Retorno |
| Pulido PC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 40 dB | < 0,2 dB | - |
| Pulido SPC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 45 dB | - | - |
| Pulido UPC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 55 dB | - | - |

LC (Locking Connector)

Reduce a la mitad el tamaño de un conector SC, cada vez es más frecuente ver en los switch que tienen puertos de fibra para conectores LC

duplex integrados en módulos mini GBIC o SFP. El sistema de anclaje es muy parecido al de los conectores RJ hay que presionar sobre la pestaña superior para introducirlos o liberarlos. Figura 2.19.

Tabla 2.6 Principales características del Conector LC.

| Tipo de Pulido | MONOMODO | | MULTIMODO | |
|----------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| | Pérdidas de Inserción | Pérdidas de Retorno | Pérdidas de Inserción | Pérdidas de Retorno |
| Pulido PC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 40 dB | < 0,2 dB (Típico 0,15 dB) | ≥ 20 dB |
| Pulido SPC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 45 dB | - | - |
| Pulido UPC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 55 dB | - | - |

FC (Ferrule Connector)

Es un conector muy usado en equipos técnicos y en laboratorios. Se atornilla firmemente, pero debe asegurarse que tienen la guía alineada adecuadamente en la ranura antes de apretarlo. Ha sido reemplazado por los SC y los LC. Figura 2.20.

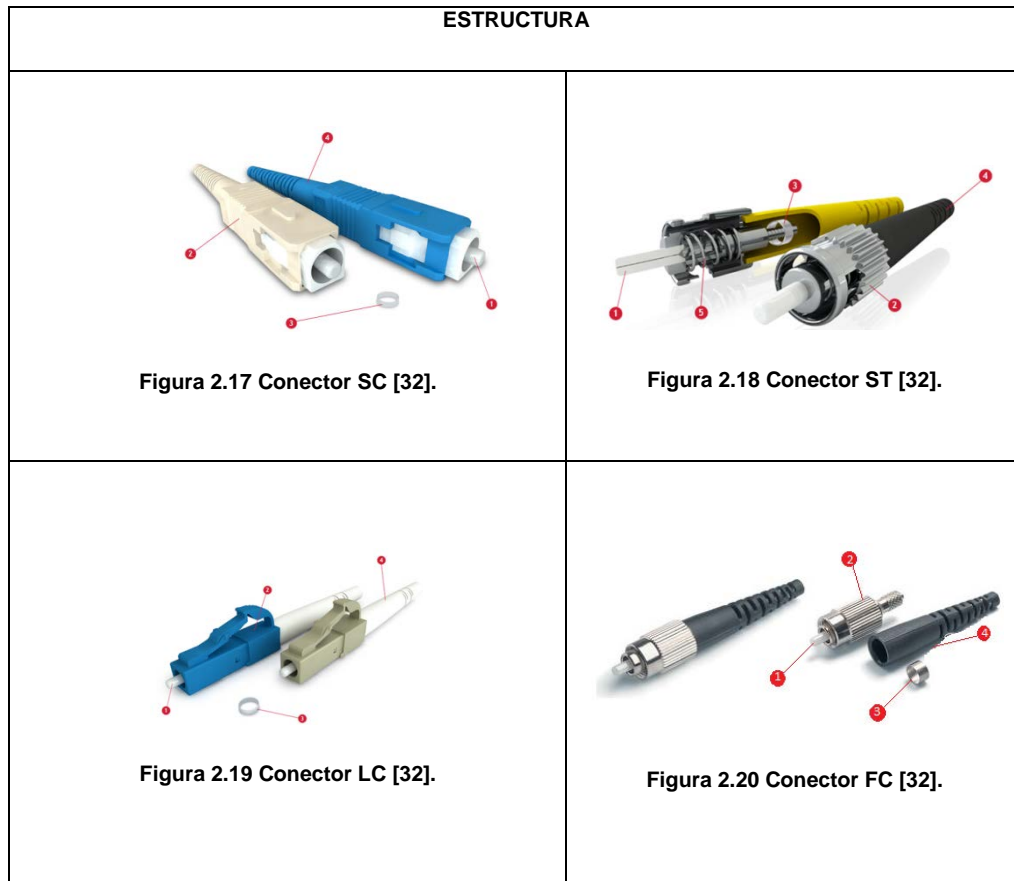
Tabla 2.7 Principales características del Conector FC.

| Tipo de Pulido | MONOMODO | | MULTIMODO | |
|----------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | Pérdidas de Inserción | Pérdidas de Retorno | Pérdidas de Inserción | Pérdidas de Retorno |
| Pulido PC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 40 dB | < 0,25 dB | ≥ 22 dB |
| Pulido SPC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 45 dB | < 0,25 dB | ≥ 36 dB |
| Pulido UPC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 55 dB | - | - |
| Pulido APC | < 0,4 Db (Típico 0,2 dB) | ≥ 65 dB | - | - |

A continuación se detalla la estructura de los Conectores de Fibra Óptica en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Estructura de los Conectores de Fibra Óptica.

| PARTES | CONECTORES | | | |
|------------------------------|---|---|---|---|
| | SC (Figura 2.17) | ST (Figura 2.18) | LC (Figura 2.19) | FC (Figura 2.20) |
| 1. <i>Férula</i> | Generalmente de cerámica con un diámetro exterior de 2,5 mm, siendo el orificio interior de 127 um (MM) y 125,5 (SM). | Tiene un diámetro exterior de 2,5 mm, siendo el orificio interior de 127 um (MM). Las férulas pueden ser de metal, cerámica o plástico. | De cerámica con un diámetro exterior de 1,25 mm, la mitad que sus precedentes SC o ST. | De cerámica con un diámetro de 2,5 mm, siendo el orificio interior de 127 um (MM) y 125,5 (SM). |
| 2. <i>Cuerpo</i> | De plástico con un sistema de acople "Push Pull" que impide la desconexión si se tira del cable, | Metálico, con una marca que sólo permite su inserción en una posición, una vez introducido se gira un cuarto de vuelta y queda fijado por un resorte con mecanismo de bayoneta. | De plástico con un sistema de acople RJ "Push Pull" que impide la desconexión si se tira del cable, | - |
| 3. <i>Anillo de crimpado</i> | Componente que sirve para mantener unido cualquier tipo de conector con el cable | | | |
| 4. <i>Manguito</i> | Imprescindible para dar rigidez mecánica al conjunto y evitar la rotura de la fibra en cualquier tipo de conector | | | |
| 5. <i>Resorte</i> | - | Permite cerrar o liberar el mecanismo de bayoneta. | - | - |



2.2.10 FIBRAS COMERCIALES

El uso comercial de las fibras ópticas dio lugar a la siguiente clasificación:

- Por su composición
- Por su aplicación

Tabla 2.9 Fibras por su Composición.

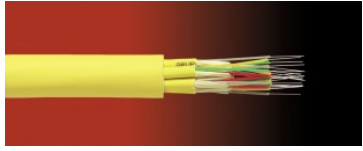
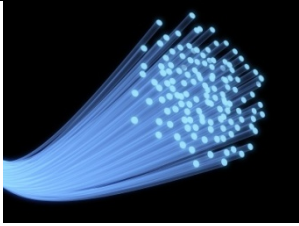
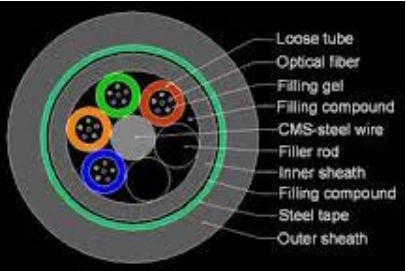
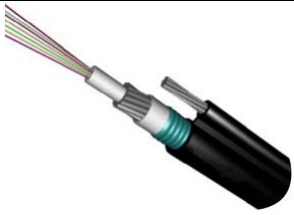

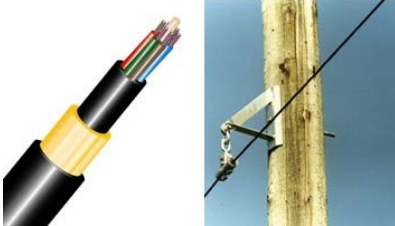
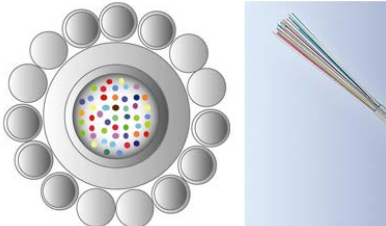
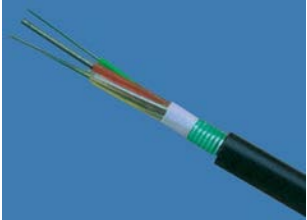
| Material | Descripción | Figura |
|---------------------------------|---|---|
| Fibras de Vidrio | Tiene el menor nivel de atenuación y tanto el núcleo como el recubrimiento implican una alta pureza óptica, por estar fabricados de dióxido de silicio o de cuarzo fundido. |  <p>Figura 2.21 Fibra de vidrio [33].</p> |
| Fibras de Plástico | Tiene la atenuación más alta de todos los tipos de fibra, por lo que se recomienda para redes de corta distancia. El núcleo está hecho de polimetilmetacrilato (PMMA) recubierto de un fluoropolímero, además de que su proceso de fabricación es más barato. |  <p>Figura 2.22 Fibra de plástico [34].</p> |
| Fibra óptica con relleno de Gel | <p>Para redes muy extensas (centenas y miles de km)</p> <p>Para tendidos submarinos</p> <p>Para atender grandes centros de distribución</p> <p>Muchas fibras ópticas por cable (+50 fibras)</p> <p>En ambientes externos</p> <p>En ductos horizontales extensos</p> |  <p>Figura 2.23 Fibra con relleno de Gel [35].</p> |

Tabla 2.10 Fibras por su Aplicación.

| Material | Descripción | Figura |
|----------------------------|--|--|
| Cable Óptico con Mensajero | Las fibras ópticas con mensajero o comúnmente llamadas figura 8 se utilizan para instalaciones aéreas en postes de madera, pero es necesario aterrizar el tensor de acero cada tres postes como mínimo para evitar daños a la fibra óptica por las descargas atmosféricas. |  <p>Figura 2.24 Fibra óptica con Mensajero [36].</p> |

| | | |
|--------------------------------------|--|--|
| <p>Cable Submarino</p> | <p>Tiene un recubrimiento de acero alrededor para proteger el cable contra las inestables condiciones del fondo oceánico con las que se va a enfrentar a diario, está dividido en varias capas pensadas especialmente para dotarlo de flexibilidad y resistencia a las corrientes marinas, terremotos o redes de arrastre.</p> |  <p>Figura 2.25 Fibra Submarina [36].</p> |
| <p>Cable Aéreo Autoportante</p> | <p>Las fibras ópticas autoportadas ADSS por sus siglas en ingles es una fibra totalmente dieléctrica a las descargas atmosféricas por lo que no requiere instalación de tierras físicas cuando van solas en la línea de postes.</p> |  <p>Figura 2.26 Fibra óptica Autoportante [36].</p> |
| <p>Cable de Guarda Óptico (OPGW)</p> | <p>Las fibras ópticas OPGW por su estructura metálica tiene doble propósito, la primera es servir como cable de guarda para proteger de las descargas atmosféricas a las 3 fases en las torres y el otro es el de llevar el servicio de fibra óptica al centro en el núcleo de este cable</p> |  <p>Figura 2.27 Fibra óptica OPGW [36].</p> |
| <p>Fibra Óptica Armada</p> | <p>Las fibras ópticas con armadura metálica se utilizan en ductos en instalaciones industriales o de planta externa, y se recomiendan cuando el cable se encuentra expuesto a los roedores.</p> |  <p>Figura 2.28 Fibra óptica Armada [36].</p> |

2.2.11 APLICACIONES

Algunas de las aplicaciones de Fibra Óptica se detallan en la Figura 2.29.

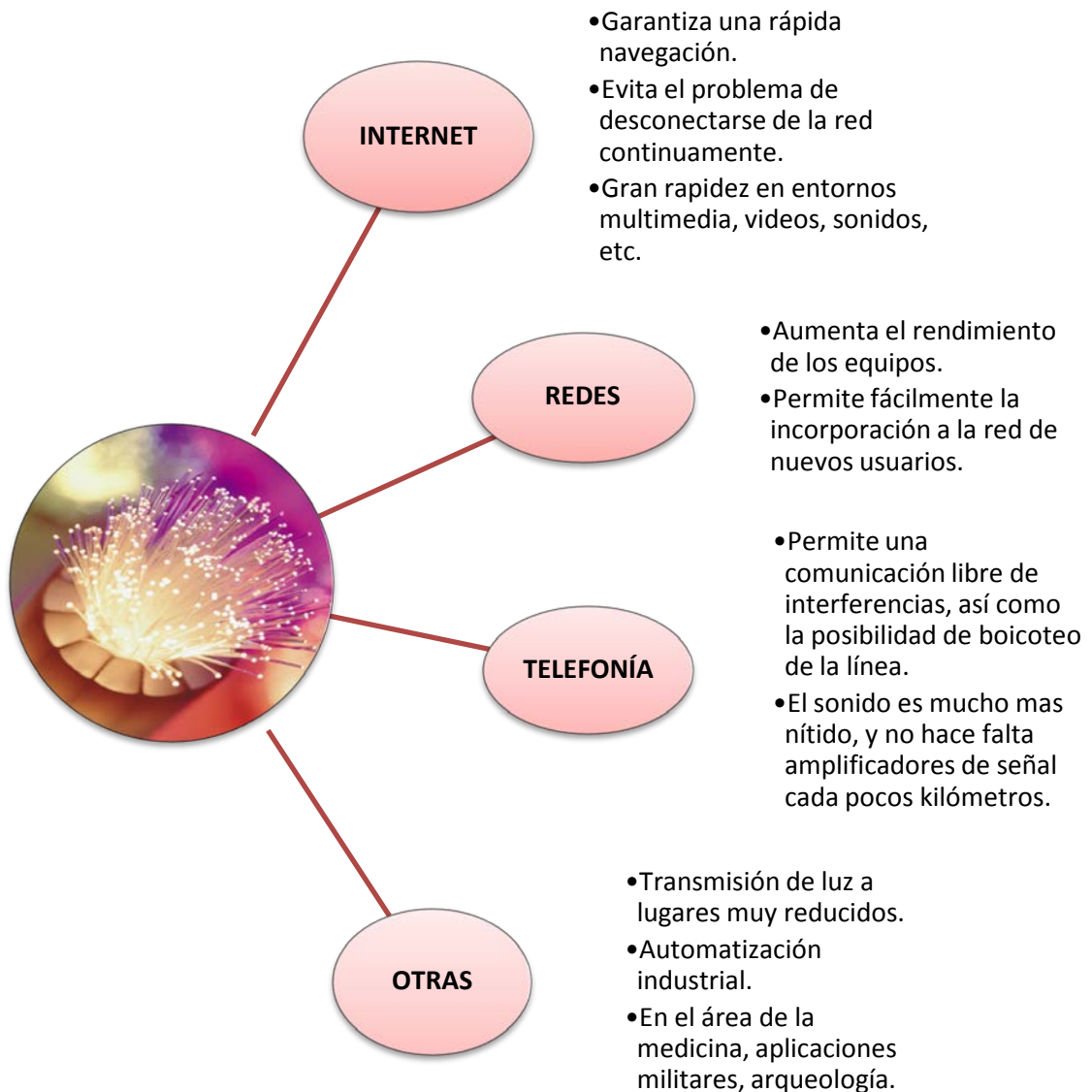


Figura 2.29 Aplicaciones de Fibra Óptica.

CAPÍTULO 3

CONSIDERACIONES IMPORTANTES PARA LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS

3.1 ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS

Muchos países ahora se basan en un proceso llamado Acreditación de Laboratorios como un medio para evaluar de manera independiente la competencia de un laboratorio que garantice a los clientes que el trabajo realizado en el mismo es eficaz y eficiente.

El término acreditación significa el reconocimiento formal, por una tercera parte autorizada, de la competencia de una entidad (agentes evaluadores), y el cumplimiento de los requisitos especificados para la realización de una actividad. Los evaluadores técnicos especialistas realizan una evaluación minuciosa de todos los factores en las instalaciones que afecta la producción de datos técnicos. Los criterios se basan en la norma internacional ISO/IEC 17025 que será descrita en este capítulo, la cual se utiliza para evaluar laboratorios en todo el mundo. Dicha norma toma en cuenta factores específicamente relevantes a la habilidad de un laboratorio para producir información precisa y acertada.

3.1.1 LABORATORIOS EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL ECUADOR

Los organismos que rigen normas de la calidad de la educación superior en el Ecuador son los encargados de evaluar a las instituciones en cuanto a su metodología académica, funcionalidad, infraestructura, entre otros.

El CES (Consejo de Educación Superior) tiene la facultad de aprobar el plan de desarrollo interno y proyecciones del Sistema de Educación Superior, elaborar informes para la creación o derogatoria de universidades y escuelas politécnicas. Interviene también en la creación de carreras y programas de posgrado, aprobación de estatutos y modalidad de estudios de las instituciones universitarias y politécnicas.

El Consejo de Educación Superior funcionará en coordinación con el Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la calidad de la Educación Superior- CEAACES el cual contribuye al aseguramiento de la calidad de las instituciones, programas y carreras en las instituciones de Educación Superior, mediante la aplicación de procesos continuos de autoevaluación, evaluación externa y acreditación para viabilizar la rendición social de cuentas de estas instituciones.

Este organismo establece un **Modelo de Evaluación** [13] el cual describe los lineamientos a seguir para ser una institución de educación superior, entre los cuales se menciona las características que se evalúan de un laboratorio, como son:

- **Suficiencia:** Este indicador evalúa si los equipos existentes en los diferentes tipos de laboratorio de la institución de educación superior existen en número suficiente para satisfacer los requerimientos de las carreras y programas que se imparten. “se considera suficiente cuando el 80% o más de los diferentes tipos de equipos existentes en ellos son suficientes para el número de alumnos que los utilizan. Un porcentaje menor a este se considera insuficiente.”²

- **Funcionalidad:** Este indicador evalúa si la funcionalidad de los laboratorios satisface los requerimientos de las carreras y programas que se imparten en la institución de educación superior. La funcionalidad está determinada por las características técnicas de los equipos y por las condiciones físicas del entorno del laboratorio.

- **Accesibilidad:** Este indicador evalúa si se han implementado políticas en favor de las personas con capacidades especiales que faciliten su acceso a las aulas, bibliotecas, laboratorios y servicios de la institución de educación superior y su libre movilidad.

En cuanto a los requisitos técnicos para la implementación de un laboratorio se debe tomar en cuenta su especialidad o campo de aplicación para establecer las condiciones adecuadas de ambiente, seguridad, espacios, etc.

² Modelo de Evaluación de universidades del CEAACES.

3.1.2 COSTOS Y BENEFICIOS DE LA ACREDITACIÓN

Algunos de los costos que puede traer consigo la acreditación del laboratorio son:

- Contratación externa para la capacitación del personal, si se requiere.
- Adquisición de las normas nacionales e internacionales pertinentes de la familia ISO y los libros y publicaciones relacionadas.
- Adquisición de equipos adicionales, instrumentos y otros recursos que requiera el laboratorio.
- Tiempo empleado para el desarrollo de los procesos y métodos para los ensayos y calibraciones a realizarse en el laboratorio.
- Renovación de las actividades de mantenimiento y mejora en el manejo del laboratorio, de ser necesario.
- Acciones correctivas, incluida la actualización de manuales y procedimientos, si se requiere.
- Costos de calibración externa de los equipos, con el fin de asegurar la trazabilidad de las mediciones comparado con patrones de medición trazables a patrones de medición nacionales o internacionales.
- Tiempo gastado para realizar auditorías internas periódicas.
- Gastos en digitación de documentos, papelería y otros artículos de consumo requeridos para la preparación de manuales y documentación de procesos, etc.
- Tiempo empleado para la preparación del laboratorio en los ensayos y/o calibraciones a acreditarse.

Algunos de los beneficios que se obtienen de la acreditación de un laboratorio son:

- Fortalecer lazos de confianza con el cliente a través de la calidad de los resultados emitidos en los informes.
- Mayor compromiso de la dirección y mejor toma de decisiones.
- Condiciones de trabajo mejoradas para los empleados.
- Costo reducido de fallas internas (menores tarifas de reproceso, rechazo, etc.) y fallas externas (menos reclamos de los clientes, reemplazos, etc.)
- Más confianza en que los productos cumplen los requisitos pertinentes.

En el caso específico de un laboratorio acreditado que pertenezca a una entidad de educación superior, como en este proyecto, además se tienen los siguientes beneficios:

- Mayor prestigio a la entidad por disponer de instalaciones adecuadas que ayudaran con la formación de los futuros profesionales.
- Incrementar los ingresos al prestar servicios a terceros.
- Preparar a los estudiantes para realizar ensayos y pruebas con parámetros reales.
- Fomentar la responsabilidad del estudiante de producir resultados competentes con los del campo laboral.

3.1.3 PROCESO DE ACREDITACIÓN

El proceso de acreditación envuelve una evaluación de la competencia técnica del laboratorio para realizar las actividades que contribuyen a la producción de resultados de pruebas correctas y confiables, cumpliendo con los requisitos establecidos por la Norma Internacional ISO/IEC 17025 que es usada para evaluar laboratorios mundialmente [12].

El proceso de evaluación es realizado por asesores técnicos especializados que evalúan todos los factores en las instalaciones, que afectan la producción de datos técnicos. La evaluación incluye:

- La competencia técnica del personal.
- Validez y adecuación de las pruebas.
- Trazabilidad de mediciones y calibraciones a una Norma Nacional.
- Aptitud, calibración y mantenimiento del equipo.
- Medio ambiente conducente para efectuar pruebas.
- Muestreo, manejo y transporte de productos en que se efectuarán pruebas.
- Aseguramiento de la calidad de resultados de pruebas y calibración.

Posteriormente el Organismo Acreditador, en este caso OAE (Organismo Acreditador Ecuatoriano) entrega al laboratorio un reporte detallado de la evaluación, señalando las áreas que requieran atención y acción correctiva antes de recomendar la acreditación del laboratorio.

El laboratorio deberá someterse a evaluaciones de vigilancia periódicas a fin de asegurar el cumplimiento permanente con los requisitos establecidos para mantener la acreditación. Además está obligado renovar su acreditación en un plazo máximo de 5 años desde el otorgamiento de la acreditación. En caso de que no se haya renovado la acreditación del laboratorio tras los 5 años, ésta será retirada y el laboratorio deberá presentar una nueva solicitud de acreditación.

Los laboratorios pueden tener toda o parte de sus actividades de pruebas y calibración acreditadas [12].

3.1.4 ORGANISMO DE ACREDITACIÓN

Es una entidad reconocida e independiente que realiza la evaluación a un laboratorio que desea obtener su acreditación, esta entidad manifiesta la conformidad del laboratorio con los requisitos definidos en normas o especificaciones técnicas.

El organismo de acreditación en el Ecuador es el OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriano), el cual avala el profesionalismo, competencia técnica y transparencia del trabajo de las entidades a acreditarse, llevando a cabo el proceso de evaluación para confirmar que los laboratorios de ensayo, calibración y clínicos, organismos de inspección y organismos de certificación actúan conforme a las normas vigentes, están calificados técnicamente para emitir informes o certificados y realizan su trabajo con ética [12].

El OAE realiza su auditoría en base a las Normas de la ISO 17025 para la acreditación de los laboratorios de ensayo y de calibración, como en el caso de este proyecto.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA NORMA ISO/IEC 17025

3.2.1 INTRODUCCIÓN

ISO (Organización Internacional de Normalización) e IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) forman el sistema especializado para la normalización mundial. Los organismos nacionales miembros de ISO e IEC participan en el desarrollo de las Normas Internacionales a través de comités técnicos establecidos por la organización respectiva, para tratar con campos particulares de la actividad técnica. Los comités técnicos de ISO e IEC colaboran en campos de interés mutuo. Otras organizaciones internacionales, públicas y privadas, vinculadas a ISO e IEC, también participan en el trabajo [10].

En 1990, la Guía ISO/IEC 25 “Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo” fue publicada como un conjunto de requisitos técnicos y de sistema de la calidad aplicable a laboratorios que realizan calibraciones y/o ensayos. A finales del año 1999, esta Guía fue reemplazada por la Norma Internacional ISO/IEC 17025 la cual forma la base para la acreditación de laboratorios en el futuro.

La Norma ISO/IEC 17025:2005, “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, ha sido

desarrollada a fin de que los laboratorios de ensayo o de calibraciones, incluido el muestreo, cumplan con los requisitos generales que en ella se dan y garanticen la confiabilidad de sus actividades en el aspecto administrativo y técnico [10].

3.2.2 ESTRUCTURA DE LA NORMA

Esta norma (2005-10-26) está formada por cinco capítulos, (Figura 3.1) cada uno a su vez dividido en subcapítulos dentro de los cuales se tienen los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o de calibraciones, incluido el muestreo, y dos anexos informativos [10].

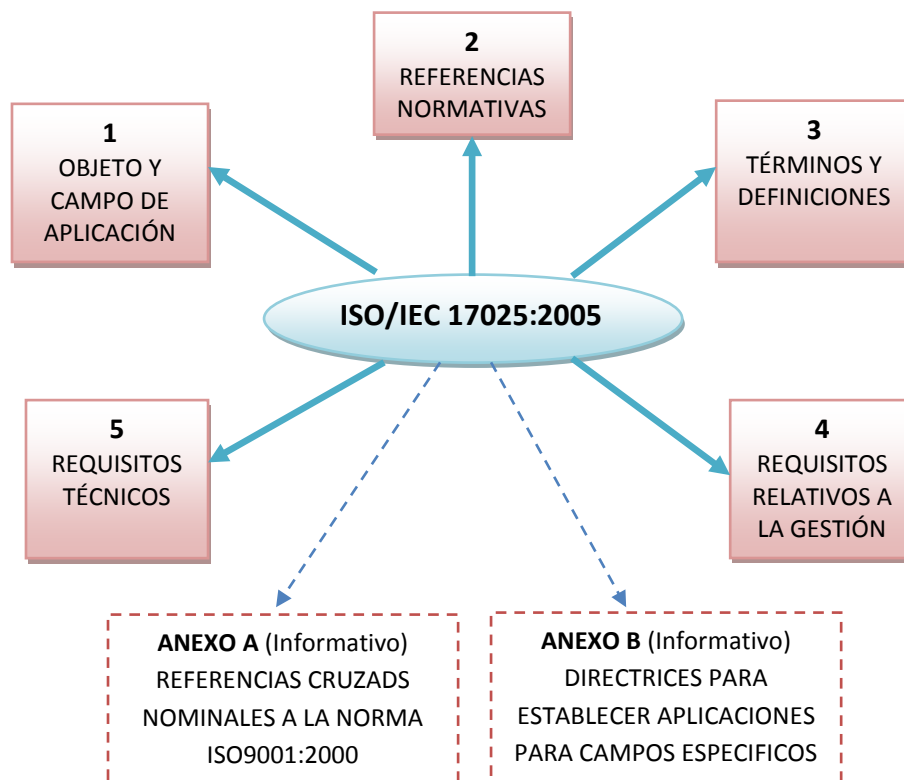


Figura 3.1 Estructura de la Norma ISO/IEC 17025.

I. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El capítulo Objeto y Campo de Aplicación contiene seis subcapítulos, los cuales dan una apreciación global de la norma, cuyo objeto es “establecer los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos y calibraciones incluido el muestreo”³, aplicable a todos los laboratorios y organizaciones que realicen dichas actividades e implementen un sistema de gestión de la calidad. También menciona que los “requisitos reglamentarios y de seguridad, relacionados con el funcionamiento de los laboratorios, no está cubierto por la norma”², además que si un laboratorio cumple con esta norma, cumplirá también con la norma ISO 9001.

II. REFERENCIAS NORMATIVAS

Se refiere a los documentos que sirven de apoyo en la aplicación de esta norma y en los cuales se han basado también para la elaboración de la misma:

ISO/IEC 17000, Evaluación de la Conformidad – Vocabulario y Principios generales.

VIM, Vocabulario Internacional de términos Fundamentales y Generales de Metrología, publicado por BIPM, IEC, IFCC, ISO, UIPAC, UIPAP y OIML.

³ Objeto y Campo de Aplicación, tomado de la “Norma Técnica ISO/IEC 17025” [10], página 1-2.

III. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

En la Norma ISO/IEC 17025 “se aplican los términos y definiciones pertinentes del VIM y de la Norma ISO/IEC 17000”⁴ que establece definiciones que se refieren específicamente a la certificación y acreditación de laboratorios.

IV. REQUISITOS RELATIVOS A LA GESTIÓN

Se divide en 15 subcapítulos, los cuales se describen a continuación:

Organización

En este apartado se especifican los parámetros de responsabilidad requeridos para la organización del laboratorio (Figura 3.2), a fin de ser una entidad con responsabilidad legal, cumplir con los requisitos de la norma y satisfacer con las necesidades del cliente, tener un Sistema de Gestión que cubra el trabajo realizado en las instalaciones dentro y fuera del laboratorio y definir las responsabilidades del personal que participa o influye en las actividades de ensayo y/o calibración [10].

⁴ Términos y Definiciones, tomado de la “Norma Técnica ISO/IEC 17025” [10], página 2.

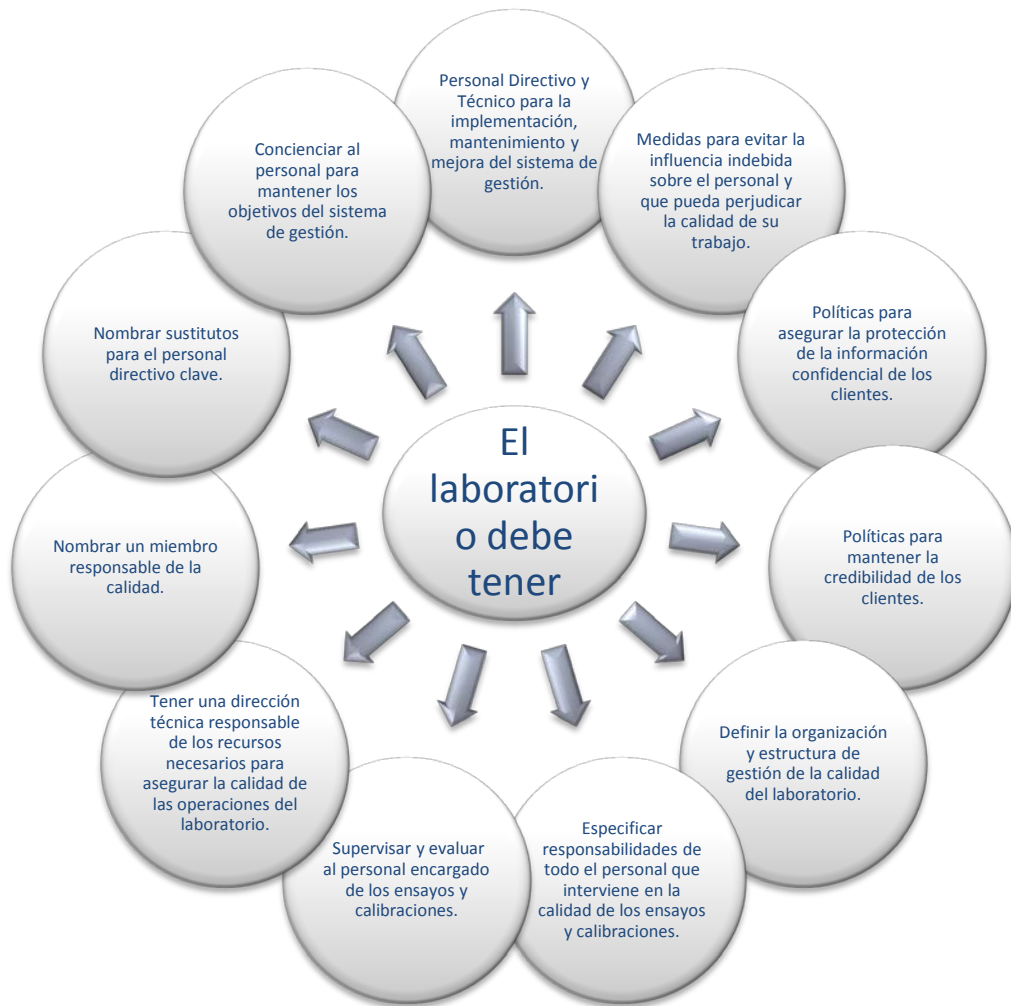


Figura 3.2 Requisitos para la organización del laboratorio.

Sistema de Gestión

En el presente subcapítulo se establece que el laboratorio debe implementar y mantener un Sistema de Gestión apropiado para sus actividades que incluya un manual de la calidad con la documentación de las políticas, sistemas, programas, procedimientos técnicos e instrucciones que aseguren la calidad de los resultados, además debe asegurarse la integridad del sistema de gestión y definir las funciones y responsabilidades de la dirección técnica y del responsable de la calidad para el cumplimiento de la norma [10].

Control de los documentos

Este subcapítulo define que se deben mantener y establecer procedimientos para el control de los documentos internos (Manual de Calidad, Procedimientos Generales, Instructivos Técnicos, Formatos y Registros) y externos que forman parte del sistema de gestión, para “describir como se realizan y controlan las modificaciones de los documentos conservados en los sistemas informáticos”⁵, a fin de mantener un correcto manejo de la documentación [10].

Revisión de los pedidos, ofertas y contratos

En este subcapítulo se indica que el laboratorio debe “establecer y mantener políticas y procedimientos para la revisión de los pedidos, las ofertas y los contratos”⁶ con el cliente. Además asegurar que se tiene la capacidad y los recursos para satisfacer los requisitos del cliente. En el caso de que se presente una modificación se debe comunicar los cambios a todo el personal afectado [10].

Subcontratación de ensayos y calibraciones

Este subcapítulo especifica que el laboratorio debe tener claras las políticas cuando este realice subcontratación; trabajando con subcontratistas competentes (que cumplan esta Norma Internacional), entregando por escrito la información respectiva a los clientes y manejando registros, a fin de

⁵ Control de Documentos, tomado de la “Norma Técnica ISO/IEC 17025” [10], página 6.

⁶ Revisión de Pedidos Ofertas y Contratos, tomado de la “Norma Técnica ISO/IEC 17025” [10], página 6.

asegurar que se mantienen como mínimo los niveles de competencia, técnica y calidad establecidos en dichas políticas [10].

Compra de servicios y de suministros

Este subcapítulo menciona que el laboratorio debe tener políticas, procedimientos y registros para la selección, compra, recepción y almacenamiento de los servicios y materiales consumibles del laboratorio, además indica que se debe evaluar a los proveedores de los productos críticos que afectan a la calidad de los ensayos y calibraciones [10].

Servicio al Cliente

En este subcapítulo se describen los criterios que se deberían seguir en el laboratorio para satisfacer las necesidades del cliente, desde la solicitud del trabajo, durante el proceso de ensayo o calibración (procurando obtener información para retroalimentación del laboratorio) y después de ejecutar el trabajo [10].

Quejas

En este subcapítulo se establece que “el laboratorio debe tener una política y procedimiento para la resolución de las quejas recibidas de los clientes o de otras partes.”⁷ Además documentar todas las quejas, investigaciones y acciones correctivas [10].

⁷ Quejas, tomado de la “Norma Técnica ISO/IEC 17025” [10], página 9.

Control de Trabajos de ensayo y/o de calibraciones no conformes

Este subcapítulo plantea la necesidad de adoptar políticas y procedimientos para los trabajos no conformes a sus propios procedimientos o a los requisitos acordados con el cliente, asignando responsabilidades, evaluaciones, correcciones y anulaciones de los trabajos en caso de ser necesario [10].

Mejora

Este subcapítulo indica que el laboratorio debe mantener políticas para mejorar continuamente el sistema de gestión de la calidad [10].

Acciones correctivas

En este subcapítulo se plantea que cuando se haya detectado un trabajo no conforme o falencias en las políticas y procedimientos del sistema de gestión se debe implementar acciones correctivas con una previa investigación de acuerdo a la magnitud del problema y sus riesgos, además de realizar un seguimiento posterior para asegurar la eficacia de las acciones implementadas [10].

Acciones preventivas

Este subcapítulo sugiere a los laboratorios identificar las oportunidades de mejora, en lugar de realizar correcciones de problemas o quejas [10].

Control de los registros

Este subcapítulo establece que se deben mantener procedimientos para la identificación, recopilación, codificación, acceso, archivo, almacenamiento, mantenimiento y disposición de los registros de la calidad y de los registros técnicos; dichos documentos deben ser claros y confidenciales [10].

Auditorías Internas

Este subcapítulo menciona que el laboratorio debe efectuar periódicamente auditorías de sus actividades para mantener un control de la eficacia de las operaciones y validez de sus resultados y principalmente verificar que sus operaciones continúan cumpliendo con los requisitos del sistema de gestión y de esta Norma Internacional [10].

Revisiones por la Dirección

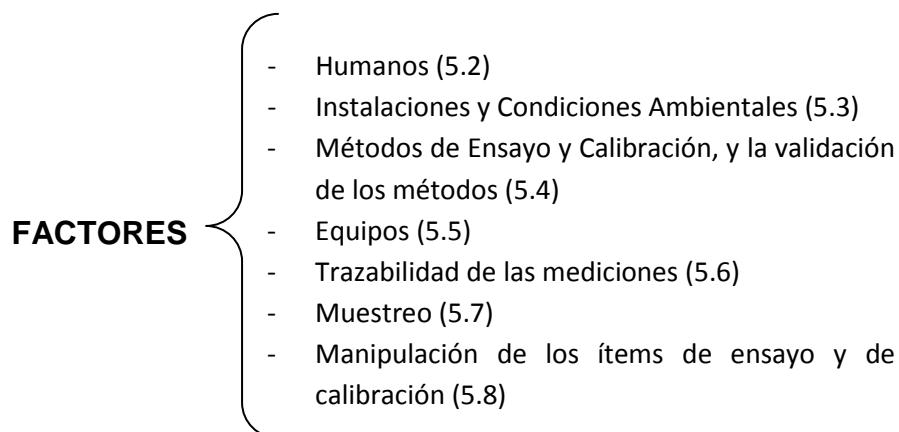
En este subcapítulo se sugiere que la alta dirección del laboratorio realice una revisión periódica del sistema de gestión y de las actividades de ensayo y calibración del laboratorio, para asegurarse de su buen desempeño. La revisión debe tener en cuenta todos los elementos citados en los subcapítulos previos [10].

V. REQUISITOS TÉCNICOS

Se divide en 10 subcapítulos los cuales se describen a continuación:

Generalidades

Este subcapítulo enumera los factores que determinan la exactitud y confiabilidad de los ensayos o calibraciones, los mismos que serán detallados en los subcapítulos siguientes [10].



Personal

En este subcapítulo se habla sobre las características que debe tener el personal del laboratorio, como la competencia, capacidad y experiencia del para realizar los ensayos o calibraciones. También se recomienda que los perfiles de puestos de trabajos deben mantenerse actualizados, además que

la realización de tipos particulares de muestreos, ensayos o calibraciones debe ser autorizada por la dirección del laboratorio [10].

Instalaciones y condiciones ambientales

Este subcapítulo trata sobre las medidas que debe tomar el laboratorio para que sus instalaciones y condiciones ambientales sean técnicamente apropiadas para la realización de los ensayos y calibraciones y que no interfieran con sus resultados, alterando así la calidad de las mediciones.

Además menciona algunos de los requisitos a los que se debe prestar especial atención como son el orden y la limpieza, el uso y acceso del laboratorio, esterilidad, interferencia, humedad, radiación, suministro eléctrico, temperatura, en función de las actividades técnicas que se realicen [10].

Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos

Este subcapítulo establece que “el laboratorio debe aplicar métodos y procedimientos apropiados para todos los ensayos y calibraciones dentro de su alcance”⁸, como se describe en el siguiente cuadro (Figura 3.3) [10].

⁸ Métodos de Ensayo y de Calibración y Validación de los Métodos, tomado de la “Norma Técnica ISO/IEC 17025” [10], página 15.

| | |
|---|---|
| GENERALIDADES | <ul style="list-style-type: none">•El laboratorio debe tener instrucciones para el uso y funcionamiento de todo el equipamiento. |
| SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS | <ul style="list-style-type: none">•Cuando el cliente no especifique un método, se debe utilizar métodos basados en normas internacionales, regionales o nacionales. |
| MÉTODOS DESARROLLADOS POR EL LABORATORIO | <ul style="list-style-type: none">•Debe ser una actividad planificada y asignada a personal calificado. |
| MÉTODOS NO NORMALIZADOS | <ul style="list-style-type: none">•Debe ser acordado con el cliente y validado adecuadamente antes del uso. |
| VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS | <ul style="list-style-type: none">•El método seleccionado debe ser evaluado para confirmar que es apto para su fin. |
| ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN | <ul style="list-style-type: none">•Se debe aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición |
| CONTROL DE LOS DATOS | <ul style="list-style-type: none">•Se debe implementar procedimientos adecuados para preservar la integridad de los datos de ensayo y calibración |

Figura 3.3 Métodos de ensayo y calibración⁷

Equipos

Este subcapítulo describe que el laboratorio debe estar dotado con todos los equipos y su software necesario para realizar la medición y ensayos requeridos, además indica que se debe establecer programas y políticas para la calibración, operación, identificación o registro y transporte de los mismos [10].

Trazabilidad de las Mediciones

Este subcapítulo indica que todos los equipos del laboratorio que se usan para los ensayos y/o calibraciones, deben tener planes y programas de calibración que aseguren que los resultados de las mediciones sean trazables al Sistema Internacional de Unidades.

Además proporciona los requisitos específicos en el caso de calibraciones ó ensayos. También los requisitos que se deben cumplir para los patrones y materiales de referencia y lo relacionado a su transporte y almacenamiento [10].

Muestreo

Este subcapítulo recomienda que el laboratorio debe tener planes y procedimientos en el caso que sea necesario realizar muestreos de los productos a calibrar y/o ensayar, además indica que se debe mantener un registro de los datos y operaciones relacionadas con el muestreo [10].

Manipulación de los ítems de Ensayo y Calibración

Este subcapítulo menciona los requerimientos de manipulación, recepción transporte, protección, almacenamiento, conservación y disposición final de los ítems de ensayo y/o calibración que estén bajo responsabilidad del laboratorio e indica que se deben tener procedimientos y las instalaciones adecuadas para estos fines [10].

Aseguramiento de la Calidad de los resultados de ensayo y calibración

Este subcapítulo lleva al laboratorio a tener procedimientos para el control de la calidad de los ensayos y/o calibraciones que este realiza, además de un registro, seguimiento y acciones correctivas en el caso que se tengan problemas con resultados incorrectos [10].

Informe de los Resultados

En este subcapítulo se describe como el laboratorio debe presentar los resultados de las mediciones al cliente, siendo este un informe claro y objetivo o un certificado de calibración, que permita la fácil interpretación de los resultados al cliente, además habla de la manipulación, almacenamiento y modificación de esta información [10].

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO DE REDES ÓPTICAS

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se propone un diseño detallado del Laboratorio de Redes Ópticas para el DEEE⁹, el mismo que estará dividido en dos secciones: la didáctica y la de servicios externos. Se comienza con una revisión de los instrumentos de medición que están disponibles actualmente para las experiencias de I&D (Investigación y Desarrollo) en redes ópticas en el Departamento.

Luego, se analizarán las pruebas y mediciones a acreditarse y se presentará el diseño de la infraestructura general del laboratorio en el cual se describe la propuesta física, de red y eléctrica en base a la Norma Internacional ISO/IEC 17025, incluyendo una recomendación de los equipos de laboratorio que se requiere junto con sus especificaciones técnicas. Además se diseñará también los formatos de los documentos para el uso del

⁹ Departamento de Eléctrica y Electrónica.

laboratorio según como lo recomienda la norma ISO/IEC 17025 para acreditación de laboratorios.

Finalmente se deja una propuesta económica del costo de este proyecto.

4.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS REDES ÓPTICAS EN EL DEEE.

Actualmente el Departamento cuenta con una infraestructura de Fibra Óptica para la comunicación entre los tres bloques de sus laboratorios con UTICS¹⁰, a través de 12 hilos de fibra Multimodo que llegan al cuarto de equipos de los laboratorios; ubicado en la dirección de la carrera de Redes y Comunicación de Datos. De forma paralela al tendido del cableado estructurado, desde este cuarto principal se distribuyen 4 hilos de fibra (enlace que no está operativo actualmente) hacia cada bloque por medio de equipos de conectividad de Fibra que no son de uso didáctico.

A continuación se muestra un diagrama del tendido óptico en los laboratorios. Figura 4.1.

¹⁰ Unidad de Tecnologías de Información y Comunicaciones.

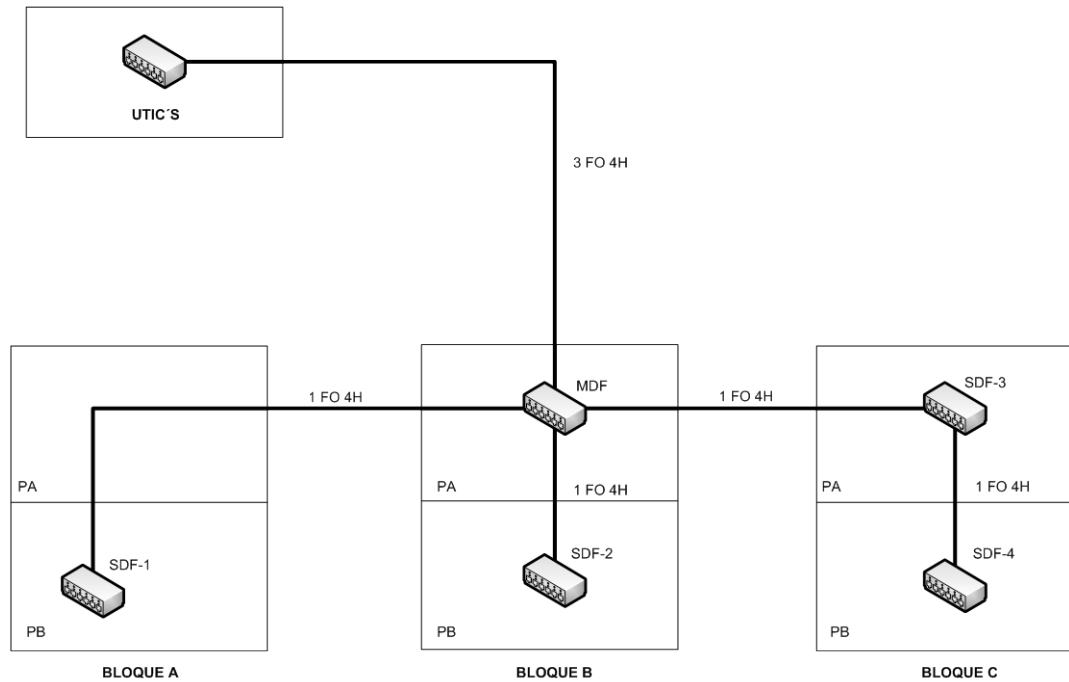


Figura 4.1 Diagrama de Red del Departamento.

Se conoce también que el DEEE no dispone de un laboratorio de Redes Ópticas para uso de los estudiantes, pero cuenta con materiales básicos para realizar mediciones de atenuación, que por el momento no se les da uso pero pasaran a ser parte del nuevo laboratorio que se propone en este proyecto.

Los materiales básicos disponibles son:

- Una fuente de energía (DEGEM SYSTEMS) que incluye: 3 módulos, que simulan un generador de pulsos, transmisor y receptor óptico.

Figura 4.2



Figura 4.2 Fuente de Energía y Módulos.

- Dos pigtails de Fibra Óptica (DEGEM SYSTEMS) con puerto para la conexión a un led infrarrojo de alto desempeño. Figura 4.3



Figura 4.3 Pigtail de Fibra Óptica.

- Dos bancos con 50, 100 y 200 m de Fibra Óptica (DEGEM SYSTEMS). Figura 4.4.



Figura 4.4 Banco de Fibra Óptica.

- 7 Patch Cords de Fibra Multimodo especial para laboratorios didácticos de 200/380. Figura 4.5. Con conector FC.



Figura 4.5 Patch Cord de Fibra.

- Dos medidores de Potencia Óptica (3M), con puerto FC. Figura 4.6



Figura 4.6 Medidor de Potencia Óptica.

Adicionalmente el DEEE adquirió a finales de 2011 tres equipos especializados en el análisis de infraestructura de Redes Ópticas con la intención de complementar el aprendizaje de los estudiantes realizando prácticas con Fibra; motivo fundamental que impulso al diseño de un laboratorio que se detallará en este apartado. Los equipos adquiridos son:

- Certificadora de cables, marca FLUKE, modelo DTX-1800. Figura 4.7. Incluye 2 módulos para cables de Fibra Óptica.



Figura 4.7 Certificadora de cables.

- Empalmadora de Fusión marca FUJIKURA, modelo FSM-60 S. Figura 4.8. Incluye batería, adaptador AC, electrodos, cable USB, cable de poder.



Figura 4.8 Empalmadora de Fusión.

- OTDR marca EXFO, modelo ASX-110-12CD-23B. Figura 4.9. Tiene puertos para probar Fibra Monomodo y Multimodo, USB, RJ-45, puerto para inspección de fibra y un puerto detector para el Medidor de Potencia.



Figura 4.9 OTDR.

El departamento no cuenta con un espacio físico designado para la implementación de este laboratorio, razón por la cual dicha implementación no está dentro del alcance de este proyecto.

4.3 CRITERIOS DE DISEÑO DEL LABORATORIO

Se requiere diseñar un laboratorio que permita realizar mediciones de los parámetros fundamentales de la Fibra Óptica, el cual estará destinado, una sección para el uso de los estudiantes del DEEE (Sección Didáctica) y otra para prestar servicios externos (Sección Servicios), por lo tanto se debe considerar las políticas que se manejan actualmente en los laboratorios del departamento y normativas para su acreditación.

La sección didáctica de este laboratorio está enfocada a los últimos niveles de la carrera de Ingeniería Electrónica, debido a que se requiere que los alumnos que manipulen los equipos posean un conocimiento suficiente para realizar los experimentos y conservar el buen estado de los equipos. Por otro lado la sección de servicios, deberá contar con personal capacitado para realizar los ensayos y evitar que se altere la calibración de los equipos por tanto los resultados, y así cumplir uno de los requisitos para la acreditación del laboratorio.

De acuerdo a las políticas del DEEE, se conoce que aproximadamente ingresan 15 alumnos a una sesión de laboratorio, conformada por cinco grupos de trabajo. Además, según los requerimientos del Modelo de Evaluación de Laboratorios [13] establecido por el CEAACES¹¹, este diseño deberá cubrir el 80 % de los equipos necesarios para el laboratorio.

¹¹ Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la calidad de la Educación Superior.

El principal criterio a tomar en cuenta para el diseño de este laboratorio es el tipo de ensayos y mediciones que se debe realizar para corroborar que la fibra cumple con los estándares establecidos por la ITU¹², como son: G.651.1, G.652, G.653, G.655 [14].

En cuanto a la instalación, manipulación, certificación y todo lo concerniente a los **puntos de red**, se ha de respetar la normativa EIA/TIA¹³ 568-A, 568B, 568B.3, 569, 606 y 607 [15] incluyendo los materiales que son necesarios para la instalación de los mismos, como (cables, paneles, canaleta, conectores, etc).

Para garantizar la seguridad de los equipos del laboratorio se debe implementar un sistema de **energía eléctrica regulada** que cubra necesidades como cortes de energía, sobretensión, caída de tensión, picos de tensión, ruido eléctrico. La estructura eléctrica deberá estar distribuida alrededor del salón de manera horizontal la cual soporte una toma doble de corriente regulada y una no regulada por cada sitio de trabajo.

Se debe considerar aspectos de **escalabilidad** en cuanto a la red, equipos y espacio en el diseño que se ha de proponer para este laboratorio, con ello se podrá readecuar más adelante, si es necesario, con más componentes o la remodelación del mismo y que esto no afecte el estado del laboratorio. Así mismo es necesario contar con **mecanismos de seguridad y protección** que permitan proteger físicamente cualquier recurso del laboratorio y el entorno en que se encuentra.

¹² International Telecommunication Union.

¹³ Electronic Industries Association / Telecommunications Industry Association.

Otra consideración que se debe tomar en cuenta en este diseño, es la aplicación de las recomendaciones de la norma internacional ISO/IEC 17025 al campo de las Redes Ópticas, para lograr la acreditación del laboratorio y entregar resultados de calidad a los clientes.

4.4 DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA GENERAL DEL LABORATORIO

El propósito de implementar y acreditar un laboratorio de Redes Ópticas es realizar experimentos y mediciones que entreguen información confiable sobre parámetros que determinan el comportamiento de la fibra, para poder escalar en la carrera del transporte de la información, que está en pleno desarrollo en el mundo actual. Por lo que este proyecto exhibirá una serie de experiencias que permitan entender dicho comportamiento a través de los instrumentos de mediciones ópticas que se dispone actualmente en el laboratorio, y serán descritas en el capítulo posterior a manera de contenido visual.

4.4.1 PRUEBAS Y ENSAYOS QUE REALIZARÁ EL LABORATORIO

SECCIÓN DE SERVICIOS

El propósito de la Sección de Servicios es asegurar que las muestras a ensayar (Fibra Óptica) cumplan con los estándares de Fibra Óptica, por lo que los ensayos que se pretenden acreditar en esta sección del laboratorio, son las mediciones de todos los parámetros que conforman los estándares que determinan el tipo de fibra, establecidos por la ITU “Medios de

Transmisión y características de Sistemas Ópticos – Cables de Fibra óptica”. Dichos Estándares son: G.651.1, G.652 (A, B, C, D), G.653, G.655 [14].

El Estándar **ITU-T G.651.1** “Características de un cable de fibra óptica **multimodo** de índice gradual de 50/125 μm para redes de Acceso Óptico, proporciona información básica sobre la evolución de las especificaciones de la fibra óptica multimodo y su cable”¹⁴. Los valores de estas especificaciones están descritos en la tabla del **ANEXO A**, Tabla A.1 Características de la Fibra ITU-T G.651.1.

El Estándar **ITU-T G.652** “Características de las fibras y cables ópticos Monomodo, describe las características geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra óptica **monomodo** y del cable que tiene cero dispersión de longitud de onda alrededor de 1310 nm. La fibra ITU-T G.652 fue diseñada originalmente para funcionar óptimamente en la región de longitud de onda de 1310 nm, pero también se puede utilizar en la región de 1550 nm. Esta revisión del estándar tiene por objeto mantener el continuo éxito comercial de esta fibra en los sistemas de transmisión óptica de alto rendimiento, que no dejan de evolucionar”¹⁵. Los valores de los parámetros de este estándar están descritos en las tablas del **ANEXO B**, Tabla B.1 Atributos UTI-T G.652.A, Tabla B.2 UTI-T G.652.B, Tabla B.3 UTI-T G.652.C, Tabla B.4 UTI-T G.652.D.

El Estándar **ITU-T G.653** “Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada, describe las características geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra óptica **monomodo** y del cable con cero dispersión de longitud de onda desplazada

ITU-T Estandarización Serie G, Transmission media and optical systems characteristics – Optical fibre cables

¹⁴ Characteristics of a 50/125 μm multimode graded index optical fibre cable for the optical access network.

¹⁵ Characteristics of a single-mode optical fibre and cable.

en la región de 1550 nm. Esta revisión elimina la longitud de onda de corte de los jumper y agrega notas que permiten una mayor atenuación máxima para los jumper cortos tendidos”¹⁶. Los valores de los parámetros de este estándar están descritos en las tablas del **ANEXO C**, Tabla C.1 Atributos ITU-T G.653.A, Tabla C.2 ITU-T G.653.B.

El Estándar **ITU-T G.655** “Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula, describe los atributos geométricos, mecánicos, y de transmisión de una fibra óptica **monomodo** cuyo coeficiente de dispersión cromática es, en valor absoluto, mayor que cero en la gama de longitudes de onda 1530 a 1565 nm. Esta dispersión reduce la aparición de efectos no lineales que puede ser particularmente perjudicial para los sistemas que utilizan DWDM (Multiplexación por división de Longitud de onda Densa). La última revisión en 2006, añade dos nuevas categorías de fibra en las tablas D y E. Ambas categorías limitan el coeficiente de dispersión cromática mediante un par de curvas limitantes en función de la longitud de onda para la gama comprendida entre 1460 nm y 1625 nm. Aunque la dispersión puede cambiar de signo a longitudes de onda inferiores a 1530 nm, se ha querido incluir dichos valores de longitud de onda más bajos con objeto de proporcionar información para soportar aplicaciones de CWDM (Multiplexación por división de Longitud de onda Ligera.) sin degradación no lineal significativa en los canales de 1471 nm y superiores.”¹⁷ Los valores de los parámetros de este estándar están descritos en las tablas del **ANEXO D**, Tabla D.1 Atributos ITU-T G.655.C, Tabla D.2 ITU-T G.655.D, y Tabla D.3 ITU-T G.655.E.

Los parámetros de caracterización de cada estándar de Fibra están descritos en la Tabla 4.1.

ITU-T Estandarización Serie G, Transmission media and optical systems characteristics – Optical fibre cables:

¹⁶ Characteristics of a dispersion-shifted, single-mode optical fibre and cable.

¹⁷ Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.

Tabla 4.1 Parámetros de los Estándares de Fibra.

| PARÁMETROS DEL HILO DE FIBRA | ESTÁNDARES | | | |
|--|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| | G.651.1 | G.652 | G.653 | G.655 |
| Diámetro del revestimiento | X | X | X | X |
| Diámetro del Núcleo | X | | | |
| Error de concentricidad Núcleo - Revestimiento | X | | | |
| No circularidad del Revestimiento | X | X | X | X |
| No circularidad del Núcleo | X | | | |
| Apertura Numérica | X | | | |
| Prueba de Tensión | X | X | X | X |
| Coefficiente de Dispersión Cromática 850- 1300, 1300-1324, 1525-1600, 1530-1565 | X | X | X | |
| Diámetro del Campo Modal | | X | X | X |
| Error de concentricidad del Núcleo | | X | X | X |
| Longitud de onda de Corte | | X | X | X |
| Pérdida por Macrocurvatura | | X | X | X |
| Coefficiente PMD de fibra no tendida | | | X | X |
| Coefficiente de Dispersión Cromática (Gama de longitudes de onda: 1530 | | | | X |
| Coefficiente de Dispersión Cromática (Gama de longitudes de onda: 1565 | | | | X |
| Coefficiente de Atenuación | X | X | X | X |

NOTA: Los valores obtenidos de las mediciones de estos parámetros en el laboratorio, deberán ser comparables con los valores de los estándares [14].

SECCIÓN DIDÁCTICA

En cuanto a las prácticas que se realizarán en la sección Didáctica del laboratorio, se plantea la opción de realizar simulaciones de los ensayos acreditados y la medición de otros parámetros, mecánicos y de transmisión,

que se estudia en la teoría de la fibra, valiéndose de materiales y equipos específicos.

Medidas de transmisión:

- Retro dispersión y atenuación monocromática.
- Atenuación espectral.
- Dispersión espectral y total.
- Perfil del índice de refracción del núcleo.
- Ancho de banda en el dominio de la frecuencia.

Medidas mecánicas:

- Resistencia a las microcurvaturas.
- Resistencia a la abrasión.
- Resistencia a la tracción y alargamiento.
- Resistencia a la fatiga.
- Dependencia de la atenuación con la temperatura.
- Flexibilidad.

Además se incluirán prácticas básicas sobre la operación de los equipos ópticos adquiridos, que serán detallados posteriormente en este capítulo.

4.4.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA FÍSICA DEL LABORATORIO

EQUIPAMIENTO

Los instrumentos de medición son la base de cualquier laboratorio. Por esto, es que el DEEE debería realizar la adquisición del instrumental más adecuado para los fines del proyecto.

De acuerdo a las mediciones que se desea realizar en el laboratorio, se efectuará en la fibra pruebas: ópticas, geométricas, de transmisión, y mecánicas para las cuales se deben emplear ciertos equipos especializados. A continuación se describen los equipos necesarios para la medición de cada parámetro en la Sección de Servicios.

Tabla 4.2 Equipos de laboratorio para las mediciones.

| MEDIDAS GEOMÉTRICAS | |
|--|--|
| EQUIPO | PARAMETROS |
| MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO. | Diámetro del revestimiento |
| | Diámetro del Núcleo |
| | Error de concentricidad Núcleo – Revestimiento |
| | No circularidad del Núcleo o Revestimiento |
| | No circularidad del Núcleo |
| MEDIDAS ÓPTICAS | |
| EQUIPO | PARAMETROS |
| TOS (Fuente Óptica Sintonzable), PANTALLA RECEPTORA DE HAZ. | Apertura Numérica |

| | |
|--|--|
| MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO. | Diámetro del Campo Modal |
| MEDIDAS DE TRANSMISIÓN | |
| EQUIPO | PARAMETROS |
| OTDR | Coeficiente de Atenuación |
| PMD/ CD | Coeficiente de Dispersión Cromática (Gama de longitudes de onda: 850-1300, 1300-1324, 1525-1600, 1530-1565, 1565-1625nm) |
| | Coeficiente PMD de fibra no tendida |
| MEDIDAS MECÁNICAS | |
| EQUIPO | PARAMETROS |
| OTDR | Pérdida por Macrocurvatura |
| MÁQUINA DE ENSAYO UNIVERSAL | Prueba de Tensión |

Para la Sección Didáctica se recomienda disponer de los mismos equipos de la Sección Servicios incluyendo el Atenuador Óptico Programable (POA) y el Analizador de Espectro Óptico (OSA). En resumen se proponen los siguientes equipos para el desarrollo de este proyecto.

Tabla 4.3 Equipos del Laboratorio.

| EQUIPO | SECCIÓN DIDÁCTICA | SECCIÓN SERVICIOS |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Analizador de espectro óptico (OSA) | 1 por mesa | - |
| Reflectómetro óptico (OTDR), | 2 | 3 |
| Fuente óptica sintonizable (TOS) LED y Laser | 1 por mesa | 1 por estación |
| Atenuador óptico programable (POA) | 1 | - |

| | | |
|--|------------|---|
| Analizador de Dispersión de Modo de Polarización (<i>PMD/CD</i>) | 1 | 1 |
| Certificadora de Fibra óptica | 1 | 1 |
| Empalmadora de Fusión de Fibra | 1 | 2 |
| Kit de Herramientas Ópticas para preparación de empalmes. | 1 por mesa | 2 |
| Kit de Herramientas Ópticas para conectorizar. | 1 por mesa | 2 |
| Instrumento de Ensayo Universal | - | 1 |
| Microscopio Electrónico de Barrido. | - | 1 |

Se recomienda dotar al laboratorio con el número de equipos mencionados en la tabla 4.3 o por lo menos cumplir con el 80 % de suficiencia de equipos en función del número de alumnos que establece el CEAACES [13].

Además se propone la adquisición de los siguientes materiales de consumo para el uso del laboratorio en la Sección Didáctica y de Servicios:

Tabla 4.4 Materiales para uso del laboratorio en la Sección Didáctica y Servicios.

| INSTRUMENTO | DESCRIPCIÓN |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Carretes de fibra | SM(G652, G653, G655), MM (G651) |
| Conectores | SC, LC, ST y FC |
| Acopladores | SC, LC, ST y FC |
| Patch Cords preconectorizados | SC, LC, ST y FC |
| Pigtails | SC, LC, ST y FC |
| Alcohol | Isopropilico |
| Gasas | Varios |
| Taype | Varios |

El laboratorio deberá contar siempre con estos materiales para realizar las prácticas y pruebas correspondientes.

DISEÑO FÍSICO DEL LABORATORIO

Como se mencionó anteriormente el laboratorio consta de dos Secciones, Didáctica y Servicios.

Se propone que la **Sección Didáctica** sea acoplada a la infraestructura del laboratorio de Networking con el que ya se dispone, cuyas dimensiones son 6.07x10.39m, donde se tiene 10 mesas de trabajo con 2 computadoras en cada una, 4 racks, un armario y un escritorio.

Como aporte para el inicio de la implementación del laboratorio de Redes Ópticas en el DEEE, decidimos donar al departamento 2 bobinas de 150m de fibra óptica Monomodo de 12 y 24 hilos (G.652), 2 ODF con conectores SC, una manga tipo bala y una escalerilla metálica de 3.20m, para montar un enlace (ubicado en la parte posterior del laboratorio) de 300m con el cual se podrá hacer uso de los equipos que dispone la ESPE. A continuación se muestra la distribución física del laboratorio una vez implementado el enlace.



Figura 4.10. Distribución física del Laboratorio de Networking.

Para la **Sección Servicios** se recomienda un espacio de 15x19m, que tendrá un área de atención al cliente, una bodega de recepción y una de entrega, un área para ensayos y una de descanso. Se propone este diseño en base a las recomendaciones que menciona la Norma ISO/IEC 17025 [10] para realizar un ensayo en un laboratorio acreditado.

- En el área de atención al cliente, se tendrá una recepción y una sala de espera para los clientes.
- En el área de descanso estarán los baños, armarios y un comedor para uso de los empleados del laboratorio. Además se asignó un espacio para ubicar el gabinete de comunicaciones.
- El área de ensayos estará distribuida en cuatro estaciones de trabajo según el tipo de mediciones que se realiza, estarán separadas por un espacio donde permanecerá la fibra durante la prueba, además se propone incluir armarios para el almacenamiento seguro de equipos y materiales. La estación A que realizará mediciones Geométricas, la B mediciones Ópticas, la C mediciones de Transmisión y D mediciones Mecánicas.

- Finalmente en las bodegas se tendrá repisas para el almacenamiento de las fibras de recepción y entrega. En la Bodega de recepción se encontrará una Estación "O", la cual realizará inspección del estado de la fibra a ser ensayada.

En el **Anexo E** se muestra el plano de la distribución física del laboratorio de Redes ópticas (Sección Servicios).

4.4.3 INFRAESTRUCTURA DE RED DEL LABORATORIO

SECCIÓN DE SERVICIOS

Se propone que la red de la sección de Servicios del laboratorio de redes ópticas se una a la red de datos de los laboratorios de Electrónica (Bloque B), a través de un enlace de Fibra y un enlace redundante de cobre.

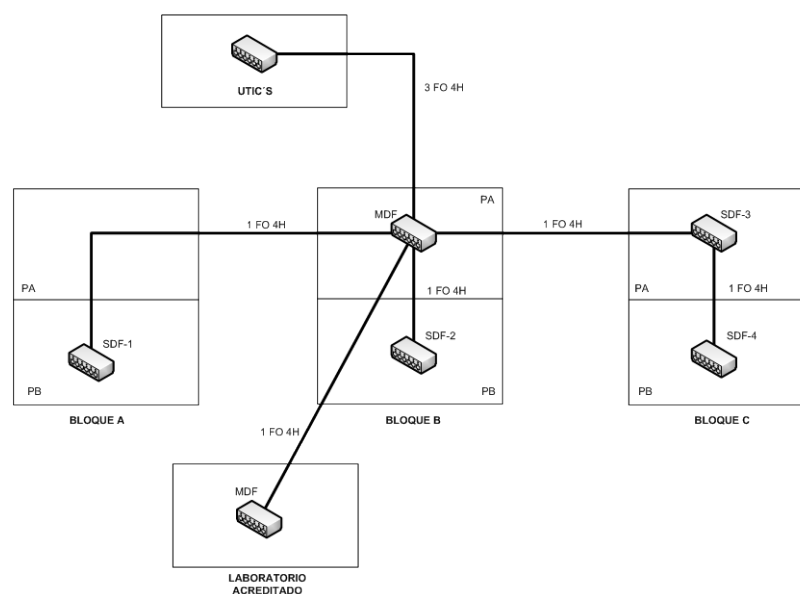


Figura 4.11. Propuesta de Red del Departamento.

La red local de la sección de servicios deberá estar conformada por 13 puntos de datos (5 para video y 8 para estaciones de trabajo) y 7 de voz, todos estos conectados al Switch de Acceso de esta Sección, el mismo que unirá esta red con la red de los laboratorios. Además se debe contar con una base de datos para el almacenamiento de toda la información concerniente al laboratorio.

En el **Anexo F** se muestra el plano de red de del laboratorio de Redes ópticas (Sección Servicios).

Para la distribución de dichas rutas y espacios del laboratorio se recomienda la utilización de los siguientes elementos:

Tabla 4.5 Materiales para rutas y espacios.

| INSTRUMENTO | CANTIDAD/ UNIDADES | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------|-----------------------|---|
| Switch | 1 / u | Switch de 24 puertos de una Unidad de Rack y 2 puertos SFP con conector LC |
| Gabinete de Comunicaciones | 1 / u | Gabinete cerrado de 21 Unidades con anclaje a la pared |
| Bandejas de Fibra (ODF) | 1 / u | Bandeja de Fibra óptica de una Unidad de Rack que incluya protector de empalmes |
| Organizador Horizontal | 1 / u | Organizador plano para Racks de 19", una UR |
| Face plates | 20 / u | Simples |
| Jacks | 20 / u | Jacks Gigaspeed 568B 8W8P, cat 6 |
| Patch Pannel | 1 / u | 24 puertos, recto. |
| Módulos de Fibra | 1 / u | Modulo de 6 puertos LC |
| Pigtail | 1 / u | Multimodo con conector LC |
| Patch Cords | 40 / u | Cables UTP CAT6. |
| Patch Cords de fibra | 2 / u | Dúplex de fibra con conectores LC-LC de 7 pies. |
| Fibra | 1 / u | Fibra Multimodo de 4 hilos de 300m. |
| Cable UTP | 1 / u | Cable CAT. 6 de 350m |
| Access Point | 1 / u | Access Point para interiores con antena interna y cobertura de 20m |

SECCION DIDÁCTICA

Para esta sección se mantiene el diseño de la red de datos actual del Laboratorio de Networking con un punto de red por cada mesa de trabajo.

Además para la parte óptica que se pretende acoplar en el laboratorio se implementará el enlace donado de la siguiente manera:

- Instalación de escalerilla metálica de 3.20 x 0.40 m en la parte posterior del laboratorio.
- Tendido de los 300m de fibra óptica Monomodo que incluye:
 - o Fusión de 4 hilos de fibra de cada bobina mediante una manga.
 - o Arreglo de la fibra sobre la escalerilla.
 - o Fusión de los 4 hilos del otro extremo de cada bobina a los ODF 1 y 2. Cada hilo se fusiona a un PIGTAIL que se conecta al adaptador de su respectivo ODF.
 - o Montaje de los 2 ODF en un rack cada uno.

Se plantea también añadir un módulo de adaptadores de 6 puertos LC, a uno de los ODF del enlace donado. Dichos puertos estarán conectados a 3 carretes de fibra de 1 hilo de los estándares G651.1, G653 y G655 los mismos que servirán para simular las mediciones realizadas en la Sección Servicios.

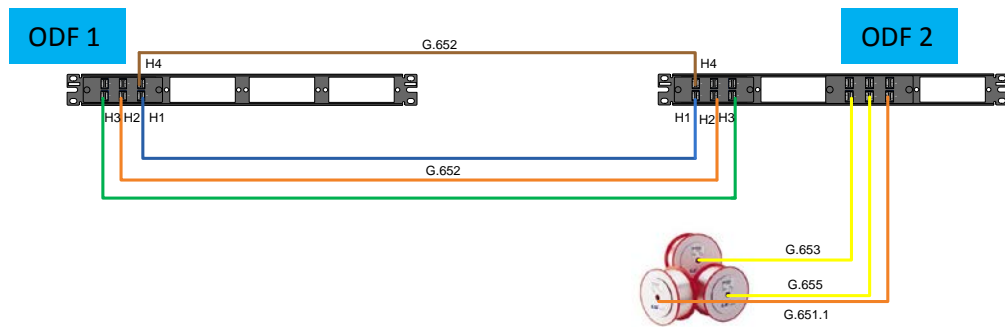


Figura 4.12. Distribución de los ODF.

Para la distribución de dichas rutas y espacios del laboratorio se recomienda la utilización de los siguientes elementos:

Tabla 4.6 Materiales para rutas y espacios.

| INSTRUMENTO | CANTIDAD/ UNIDADES | DESCRIPCIÓN |
|------------------------|-----------------------|---|
| Rack de Comunicaciones | 2 / u | Rack de 2 soportes de 45 Unidades con anclaje al piso (para el enlace del laboratorio networking) |
| Modulo de Fibra | 3 / u | Panel de 6 puertos LC (2 donados y 1 para las FO de los estándares G651.1, G653 y G655) |
| ODF | 2 / u | Bandeja de Fibra óptica donada de una Unidad de Rack que incluya protector de empalmes |
| Manga de FO | 1 / u | Manga tipo bala para 4 cables de fibra óptica. |
| Pigtails | 11 / u | 8 donados y 2 pigtails monomodo y 1 multimodo (para las FO de los estándares G651.1, G653 y G655) |
| Carrete de Fibra | 3 / u | Fibra Multimodo G651.1 y monomodo G.653 y G.655 de 1 hilo de 350m. |
| Carrete de Fibra | 2 / u | Fibra monomodo G652 donado de 150m de 24 hilos y 48 hilos. |

4.4.4 RED ELECTRICA DEL LABORATORIO

En el **Anexo G** se muestra el plano de red eléctrica del laboratorio de Redes ópticas (Sección Servicios).

4.4.5 AMBIENTE APROPIADO PARA PRUEBAS

Para la Sección de Servicios del laboratorio es necesario tener un ambiente libre de contaminación para realizar las pruebas, puesto que estas son muy sensibles a impurezas que afectarían la calidad en los resultados. Se propone tomar en cuenta las recomendaciones de la Sociedad Americana de Instrumentos (ISA), en cuanto a los Estándares Ambientales para Laboratorios (ISA-RP52.1-1975) [43], en la cual se especifican los valores nominales de ruido, polvo, campos magnéticos, presión de aire, iluminación, humedad, temperatura, vibración y regulación de voltaje para laboratorios ópticos.

Principalmente el factor que se debe considerar es la iluminación de las estaciones de prueba (1000 lux), específicamente en la Estación B que requiere de una iluminación regulable. Además la temperatura del laboratorio no deberá exceder de los límites de 20 a 23 °C. [43].

Se ha distribuido el laboratorio en áreas independientes con espacios suficientes para evitar la contaminación cruzada. Además el acceso está restringido para estudiantes y controlado para los clientes que soliciten el ingreso para prevenir que se afecte la calidad en los ensayos.

En cuanto al suministro eléctrico de respaldo se deberá disponer de una red eléctrica regulada para proteger la integridad de los resultados de las mediciones acreditadas.

Finalmente es importante que el personal que realice las mediciones haya tenido una previa capacitación tanto en el manejo de los equipos como en conocimiento de la materia para que este no sea un motivo de resultados alterados.

Nota: "Cuando las condiciones ambientales comprometan los resultados de los ensayos, estos se deben interrumpir." [10].

4.5 APLICACIÓN DE LA NORMA ISO/IEC 17025

El laboratorio de redes ópticas propuesto, se ajustará a las recomendaciones de cada capítulo de la Norma ISO/IEC 17025.

OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN: Bajo las condiciones que establece la norma, el laboratorio propuesto tiene por objeto la realización de ensayos de los parámetros ópticos, geométricos, mecánicos y de transmisión de fibra óptica, utilizando métodos desarrollados por el propio laboratorio, además actuará con un sistema de gestión de la calidad.

REFERENCIAS NORMATIVAS: Otras normas que se debe tomar en cuenta para cumplir con los requisitos de la ISO/IEC 17025 son:

- ISO 9001 Modelo de Aseguramiento de la Calidad, aplicable al diseño, desarrollo, instalación, fabricación y servicio posventa.
- ISO 10000 Guías para implementar un Sistema de Gestión de la Calidad/ Reportes Técnicos.
- ISO 10013 Directrices para la Documentación de Sistemas de Gestión de la calidad.

- ISO 27000 Seguridad de la información.

TÉRMINOS Y DEFINICIONES: Ver norma ISO/IEC 17025 capítulo 3 [10].

REQUISITOS RELATIVOS A LA GESTIÓN: (ORGANIZACIÓN) Este laboratorio, al formar parte de la ESPE tendrá su misma identidad jurídica, es decir, será también una entidad pública sometida a las disposiciones de la ley. Dicha identidad se define en el estatuto de creación del laboratorio que estará detallado en el Manual de la Calidad.

A pesar de que el laboratorio pertenece a la ESPE, este solo estará dedicado a realizar las actividades para las que fue creado y no será usado con fines didácticos para cuidar la integridad de los resultados, además se definirá las responsabilidades del personal clave que participará en las actividades de ensayo del laboratorio para evitar posibles conflictos de interés.

Se propone que el personal directivo del laboratorio sea quienes conforman la dirección del Departamento de Electrónica que tendrá responsabilidad, autoridad e interrelación con todo el personal que dirige. Por otro lado el personal técnico deberá ser capacitado y contratado únicamente para realizar las pruebas y emitir informes. El personal, independientemente de toda otra responsabilidad, desempeñará sus tareas, incluida la implementación, el mantenimiento y mejora del Sistema de Gestión y tendrá la obligación de garantizar la confidencialidad de la información obtenida de los ensayos.

Dentro de los parámetros que evalúa el OAE para la acreditación de un laboratorio se encuentra la realización de un organigrama funcional del laboratorio, para este caso se propone el siguiente: Figura 4.13.

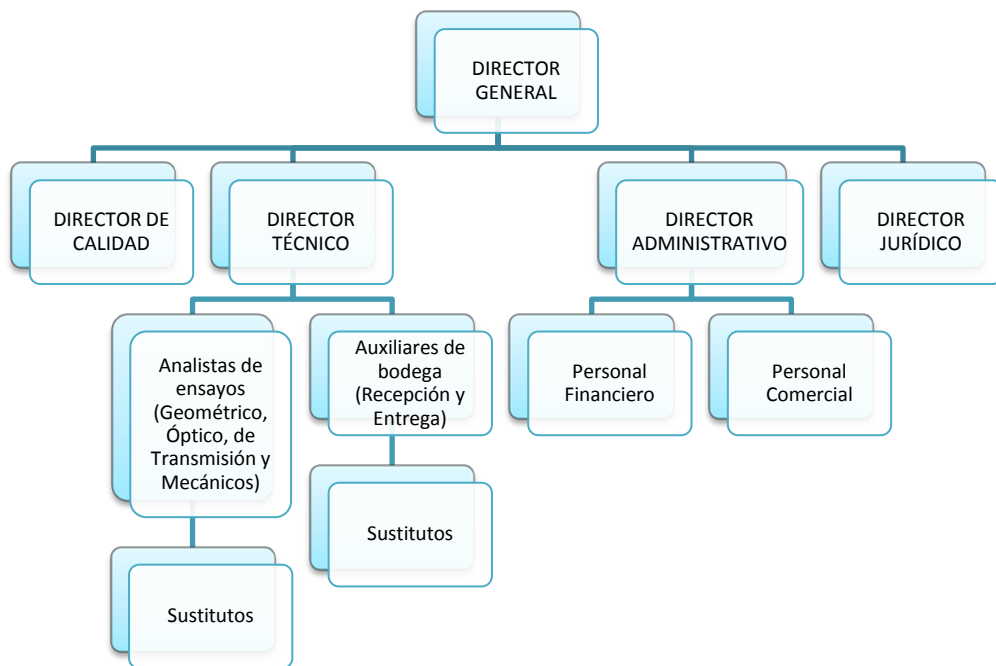


Figura 4.13. Organigrama del Laboratorio.

SISTEMA DE GESTIÓN: Se debe establecer, implementar y mantener un Sistema de Gestión apropiado, el cual incluya un Manual de Calidad, Documentación, Procedimientos, Programas, Reglamento de Normas, Políticas y Objetivos de Calidad. Además incluir en la declaración de políticas de calidad los requisitos mínimos establecidos en el apartado 4.2.2 de la Norma ISO/IEC 17025 [10].

CONTROL DE DOCUMENTOS: Para mantener el control de todos los documentos internos y externos que forman parte del Sistema de Gestión es

necesario llevar un listado maestro, o en su defecto un procedimiento de control de los documentos equivalentes.

Tabla 4.7 Documentos del Sistema de Gestión.

| DOCUMENTOS INTERNOS | DOCUMENTO EXTERNOS |
|---|--|
| Manual de Calidad | Normas Técnicas ISO |
| Procedimientos Generales | Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad |
| Instructivos Técnicos | Criterios de evaluación del OAE |
| Formatos de registros, pedidos, ofertas, contratos, cambios | Estándares de Fibra ITU-T |
| Informes de Ensayo | Elaborado por el laboratorio |

Estos documentos deben ser elaborados por los directivos de cada área y revisados y aprobados para su uso por una junta general de todos los directivos, además contener por lo menos la siguiente información:

- Identificación única
- Fecha de emisión o nº de revisión
- Nº de página
- Total de páginas o marca de final de documento
- Responsable de puesta en circulación

REVISIÓN DE LOS PEDIDOS, OFERTAS Y CONTRATOS: El procedimiento para la revisión de los pedidos, ofertas y contratos se describe en el siguiente diagrama: Figura 4.14.



Figura 4.14. Proceso de Solicitud de Ensayo.

En caso de existir algún cambio o falla en el proceso de ensayo se informará al cliente y se redactará un nuevo contrato.

SUBCONTRATACIÓN DE ENSAYOS: Para el caso de este laboratorio no se tiene opciones locales para subcontratar los mismos servicios que se ofrece, puesto que en el país aun no existen ensayos acreditados de este tipo.

COMPRAS DE SERVICIOS Y DE SUMINISTROS: El proceso que se deberá seguir para realizar la compra de materiales consumibles para el laboratorio será como se observa en la Figura 4.15.

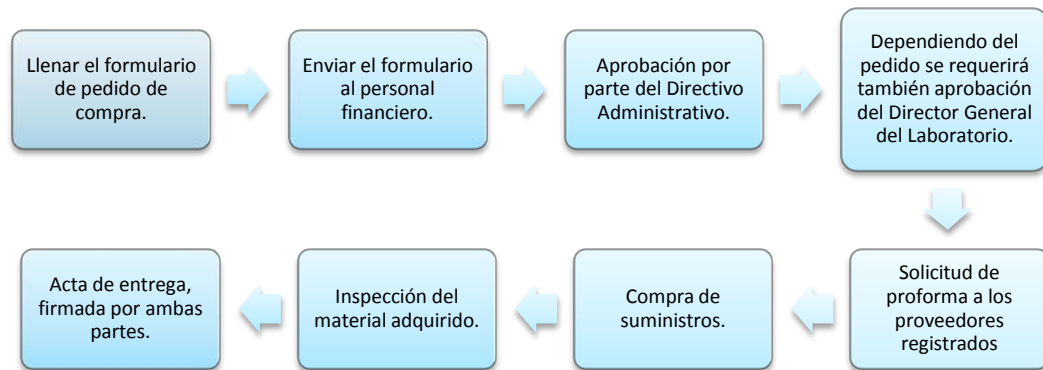


Figura 4.15. Proceso de Compra de Suministros.

Los posibles Proveedores que satisfacen las necesidades del laboratorio son:

- Macronet
- CORNING
- COMMSCOPE
- PANDUIT

SERVICIO AL CLIENTE: Se implementará un sistema de retroalimentación con los clientes que consistirá en llenar un documento de sugerencias para obtener información positiva y negativa que sirva para mejora del sistema de gestión.

QUEJAS: El procedimiento para realizar una queja será llenar una forma que estará dirigida al Director Técnico y si es el caso al Director Jurídico.

ACCIONES CORRECTIVAS: Para la identificación y toma de acciones correctivas se seguirá el procedimiento mostrado en la Figura 4.16.

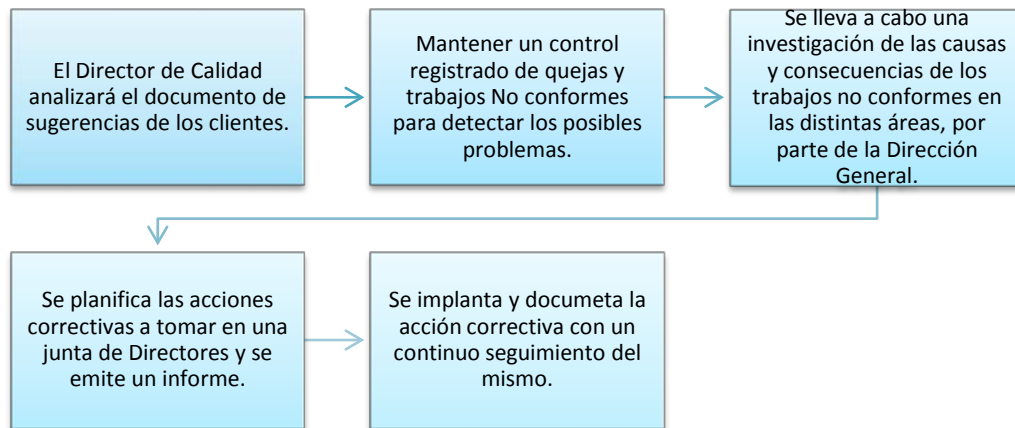


Figura 4.16. Proceso de Acciones Correctivas.

ACCIONES PREVENTIVAS: Para realizar acciones preventivas se deberá seguir el proceso de la Figura 4.17.

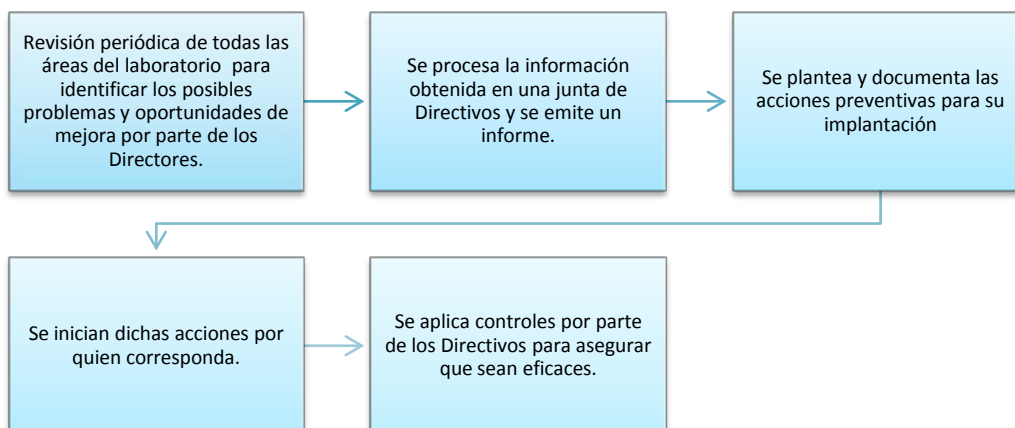


Figura 4.17. Proceso de Acciones Preventivas.

CONTROL DE REGISTROS: Todo documento, informe o acta deberá ser registrado de forma digital y en papel, para su seguridad. Además el acceso a estos archivos será permitido únicamente a personal autorizado. Cada vez que se emita un documento se deberá llevar a cabo el procedimiento de la Figura 4.18.

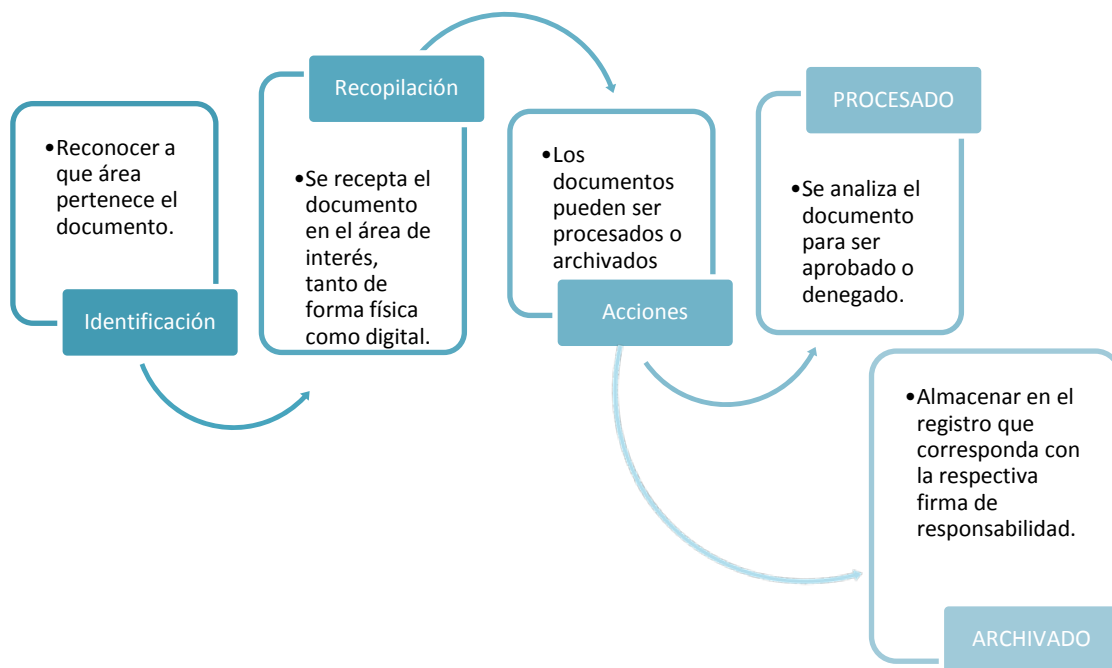


Figura 4.18. Proceso de Control de Registros.

AUDITORÍAS INTERNAS: El Director de Calidad será el encargado de realizar las auditorías en cada área, de acuerdo a un calendario. Toda auditoría generará un informe que será registrado y se mantendrá en continuo seguimiento. Se recomienda:

- Anualmente, realizar una auditoría interna del Sistema de Gestión del laboratorio y calibración de los equipos.

- Trimestralmente, realizar auditorías del área Financiera, de Ensayos y Suministros.
- Mensualmente, realizar auditorías internas de los métodos de ensayo.

REVISIONES POR LA DIRECCIÓN: Se propone realizar una junta Directiva cada quince días para realizar revisiones del Sistema de Calidad y controlar los servicios prestados en ese periodo de tiempo.

REQUISITOS TÉCNICOS: (PERSONAL) Para el caso de este laboratorio se necesita personal con las características descritas en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8 Descripción de los puestos de trabajo.

| CARGO | PERFIL | ACTIVIDADES |
|------------------|--|--|
| Director General | Estudios superiores de tercer o cuarto nivel de Ingeniería Electrónica con especialización en Fibra Óptica. Poseer un MBA o título afín. Tener experiencia en la dirección de proyectos o empresas de este tipo mínimo de 4 años. | Planear, identificar y asegurar necesidades y recursos del SGC. Comunicación al interior de la organización. Establecer Política de calidad. Designar representante de las direcciones de cada área. Revisión de informes quincenales de gestión de procesos. Aprobación de procesos. |
| Director Técnico | Estudios superiores de tercer o cuarto nivel de Ingeniería Electrónica con especialización en Fibra Óptica. Tener experiencia en la dirección de proyectos relacionados con fibra óptica mínimo de 2 años. | Determinar y asegurar los requisitos del cliente. Controlar y desarrollar la metodología de ensayos. Aprobación de solicitudes de ensayo. Realiza auditorías internas del área según el calendario. Analiza trabajos no conformes y quejas. Velar por la continua formación, |

| | | |
|-------------------------|--|--|
| | | capacitación y actualización a nuevas tecnologías del personal vinculado al laboratorio. |
| Director Administrativo | Estudios superiores de tercer nivel de Ingeniería Comercial o afines. Tener experiencia en la administración de empresas de proyectos, mínimo 2 años. | Administrar los recursos físicos y financieros de una manera eficiente. Selección y Contratación del Personal. Afilaciones, Caja compensación y Fondo de pensiones. Motivación del Talento Humano. Compras y Contrataciones. Presupuesto de Costos y Gastos. Facturación. Caja Menor. |
| Director Jurídico | Estudios superiores de tercer nivel de Leyes o afines. Tener experiencia mínimo 2 años. | Legalización de Gastos. Trámites legales. |
| Director de Calidad | Estudios superiores de tercer nivel o cuarto nivel de Ingeniería Comercial y Gestión de la Calidad. Tener experiencia en la administración de empresas de proyectos, mínimo 2 años. | Establecer Política de calidad. Hacer una evaluación de desempeño a cada empleado. Motivación del Talento Humano. Control de Documentos y Registros. Acciones de mejora. Informe gestión de proceso. Realizar auditorías internas periódicas. |
| Analistas de Ensayo | Estudios superiores de tercer o cuarto nivel de Ingeniería electrónica con especialización en fibra Óptica. Tener experiencia mínimo 2 años. | Realizar los ensayos acreditados y elaborar el informe de resultados, |
| Auxiliares de Bodega | Estudios superiores en carreras técnicas. | Inventario de Equipos, Licencias, Tarjetas y demás componentes para el uso del laboratorio. Recepción y despacho de las muestras a ensayar. |
| Recepcionista | Estudios superiores de tercer nivel de Ingeniería Comercial o afines. Tener experiencia en la atención al cliente mínimo 1 año. | Diligencias de mensajería. Archivo. Atención al cliente. Recepción de solicitudes de ensayo. |

INSTALACIONES Y CONDICIONES AMBIENTALES: Este punto se cumple en la sección de diseño del laboratorio 4.5.4 (*dentro de Diseño de la Infraestructura General del Laboratorio*), de este proyecto.

MÉTODOS DE ENSAYO Y VALIDACIÓN DE MÉTODOS: El procedimiento que realiza el laboratorio para hacer un ensayo se describe en la Figura 4.19.

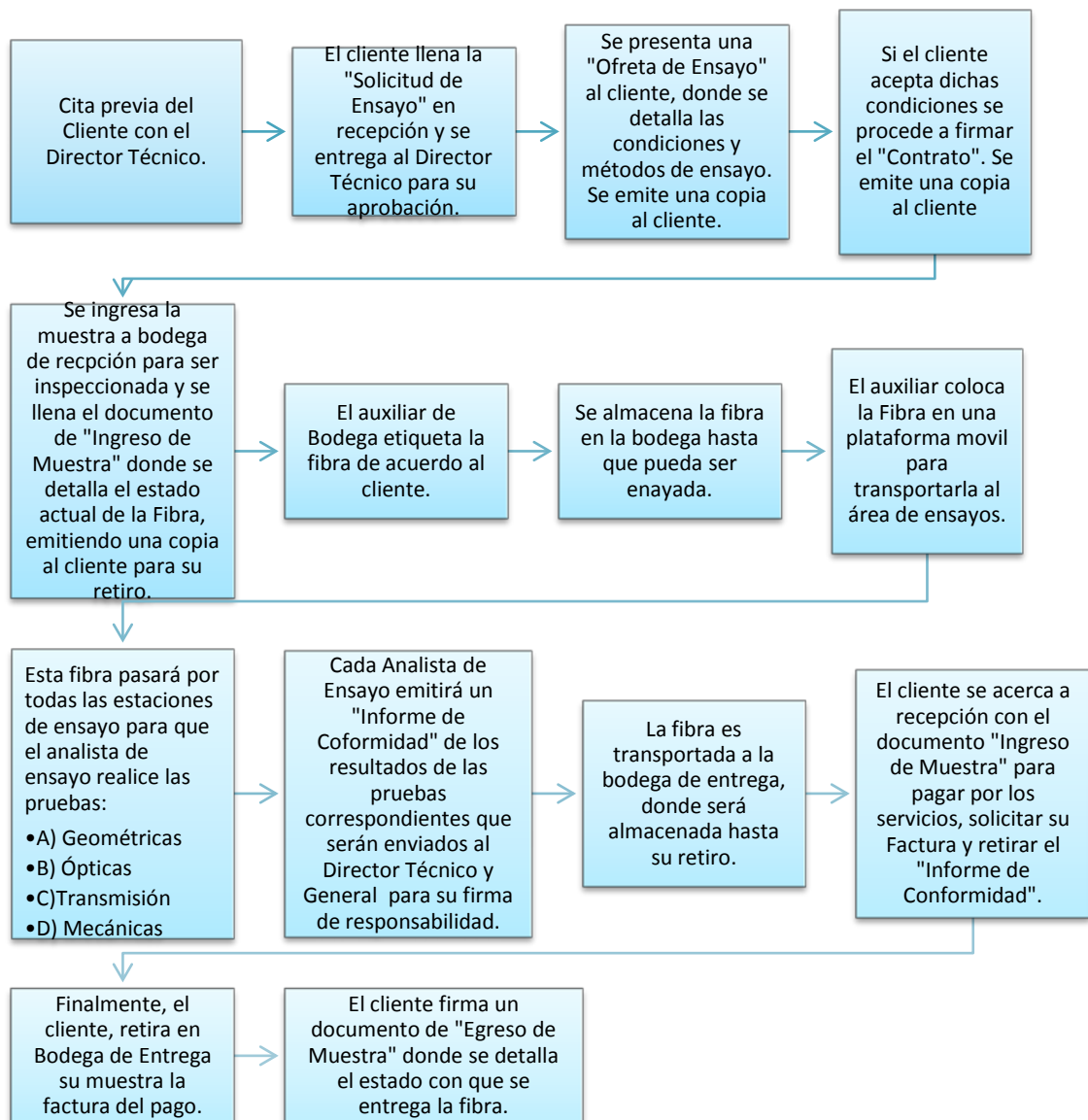


Figura 4.19. Metodología del funcionamiento del laboratorio.

Los documentos que dispone el laboratorio para realizar un ensayo son:

- Solicitud de Ensayo
- Oferta y Contrato de Ensayo
- Ingreso de Muestra
- Informe de Conformidad
- Egreso de Muestra

Para esta propuesta se utilizaron métodos de ensayo que han sido desarrollados por el laboratorio según las mediciones a las que se va a someter a la fibra.

Tabla 4.9 Métodos de Medición.

| MEDIDAS GEOMETRICAS | | |
|--|--|---|
| EQUIPO | PARAMETROS | MÉTODO DE MEDICIÓN |
| MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO. | Diámetro del revestimiento | Para realizar estas mediciones se somete la fibra de prueba al microscopio donde se observan las dimensiones de estos parámetros. Se mide en [um]. |
| | Diámetro del Núcleo | |
| | Error de concentricidad Núcleo – Revestimiento | Para realizar esta medición se somete la fibra de prueba al microscopio mediante el cual se observara la distancia entre los centros si existiera error de concentricidad. Se mide en [um]. [19]. |

| | | |
|--|--|--|
| | No circularidad del Núcleo o Revestimiento | La no circularidad es la diferencia entre el círculo que circunscribe el límite exterior del revestimiento/núcleo y un círculo mayor concéntrico con el primero (que se observan con el microscopio), dividido para el diámetro nominal del revestimiento/núcleo. [%].[19] |
| | No circularidad del Núcleo | |

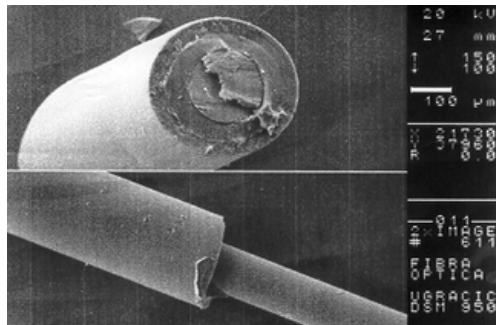
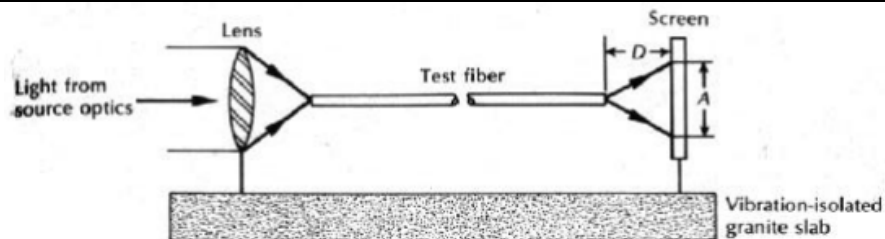


Figura 4.20. Imagen de la fibra mediante el microscopio.

MEDIDAS OPTICAS

| EQUIPO | PARAMETROS | MÉTODO DE MEDICIÓN |
|--|--------------------------|--|
| <p>TOS (Fuente Óptica Sintonizable), PANTALLA RECEPTORA DE HAZ.</p> | <p>Apertura Numérica</p> | <p>La medida de la apertura numérica se realiza por medio de medidas trigonométricas. Se inyecta señal sobre la fibra óptica y al otro extremo se pone una pantalla a una distancia D. En esta pantalla se iluminará una zona con un diámetro A. Figura 4.21. La expresión que determina la AN en función de los datos D y A es: [16]</p> $AN = \frac{A}{\sqrt{(A^2 + 4D^2)}}$ |



| Figura 4.21. Medida de AN. [16] | | |
|--|---|--|
| MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO. | Diámetro del Campo Modal | Normalmente está determinado por el diámetro del núcleo más un 15% de éste. [19]. |
| MEDIDAS DE TRANSMISION | | |
| EQUIPO | PARAMETROS | MÉTODO DE MEDICIÓN |
| OTDR | Coefficiente de Atenuación | <p>$\alpha(\lambda)$ está definido como la atenuación, obtenida del equipo, por unidad de longitud, generalmente el Km, a esa longitud de onda.</p> $\alpha(\lambda) = \frac{1}{L} P(\lambda)$ <p>Dependiendo del equipo, este puede indicar directamente el coeficiente.</p> |
| PMD/ CD | Coefficiente de Dispersión Cromática (Gama de longitudes de onda: 850-1300, 1300-1324, 1525-1600, 1530-1565, 1565-1625nm) | <p>CD_{COEF} está definido como la dispersión cromática, obtenida del equipo, por unidad de longitud de la fibra, generalmente en Km.</p> $CD_{COEF} = \frac{CD}{L} [ps/(nm*km)]$ <p>Dependiendo del equipo, este puede indicar directamente el coeficiente.</p> |
| | Coefficiente PMD de fibra no tendida | <p>PMD_{COEF} está definido como la relación entre PMD, obtenido del equipo, y la raíz cuadrada de la longitud de la fibra (Km)</p> $PMD_{COEF} = \frac{PMD}{\sqrt{L}} [ps/\sqrt{km}]$ <p>Dependiendo del equipo, este puede indicar directamente el coeficiente.</p> |
| MEDIDAS MECANICAS | | |
| EQUIPO | PARAMETROS | MÉTODO DE MEDICIÓN |
| OTDR | Pérdida por Macrocurvatura | Para obtener este parámetro se enrolla el hilo de fibra de prueba sobre una guía de 60mm de diámetro hasta obtener 100 vueltas y se mide la atenuación [dB] con el OTDR, siendo esta la perdida por macrocurvatura. Tomar en cuenta que el acople del conector o pigtail usado |

| | | |
|------------------------------------|-------------------|--|
| | | incrementara esta atenuación. [14]. |
| MÁQUINA DE ENSAYO UNIVERSAL | Prueba de Tensión | Para realizar esta prueba se requiere de 17cm de fibra sin recubrimiento cuyos extremos (3.5cm) deben ser cubiertos con cilindros termoplásticos de 0.5cm de diámetro con una longitud de 3.5cm y rellenos de resina epóxica para fijar los extremos de la fibra en los cilindros y evitar el contacto directo con las mordazas de la maquina universal con la que se ejerce una fuerza de tensión en la fibra [17] hasta su fractura. Figura 4.22 |

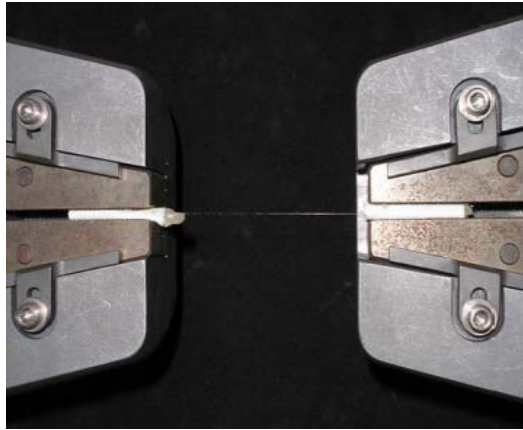


Figura 4.22. Prueba de Tensión. [17]

VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS: Para validar los métodos desarrollados por el laboratorio se empleará la técnica basado en el conocimiento científico de los principios teóricos de la Fibra y en la experiencia práctica. Además utilizando patrones de referencia establecidos por las normas ITU-T G.651.1, G.652, G.653, G.655 (Tabla de valores recomendados), las mismas que recomiendan el rango de tolerancia de las mediciones.

CONTROL DE DATOS: Este laboratorio contará con una base de datos en la cual se almacenará todos los registros a través un software desarrollado específicamente para el ingreso de los Informes de Conformidad. Se dará un acceso controlado a esta base de datos al personal autorizado.

EQUIPOS: Los equipos que requiere el laboratorio se encuentran mencionados en la sección de *Diseño de la Estructura Física del Laboratorio (4.5.1) – Equipos*, de este proyecto.

Todos los equipos del laboratorio serán enviados anualmente a mantenimiento y calibración a una empresa acreditada para realizar dicho trabajo. Posterior a esto, los equipos son sometidos a una evaluación interna antes de ponerlos en marcha [20].

Si un equipo está defectuoso se lo debe sacar de funcionamiento, etiquetarlo como dañado y enviarlo a mantenimiento lo más pronto posible.

MUESTREO: Para el propósito de este laboratorio la muestra representa la totalidad del carrete de fibra que el cliente requiere ensayar.

MANIPULACIÓN DE OBJETOS DE ENSAYO: El laboratorio tiene una metodología de funcionamiento la cual incluye la recepción, manipulación, identificación y almacenamiento de la muestra a ensayar, como se detalla en la Figura 4.19.

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS: Para asegurar la calidad de los resultados de los ensayos que se desea acreditar, sería conveniente que este laboratorio participe en comparaciones interlaboratorios con fabricantes de fibra, pues son ellos quienes tienen equipadas sus instalaciones para realizar estas mediciones, como lo es CORNING [18].

INFORME DE RESULTADOS: Los resultados se plasman en un documento denominado Informe de Conformidad, cuyo formato se detallará en la siguiente sección de este capítulo del proyecto.

4.5.1 FORMATOS DE LA DOCUMENTACION PARA USO DEL LABORATORIO


SOLICITUD DE ENSAYO

| | |
|---|--|
|  <p>LABORATORIO DE REDES ÓPTICAS</p> <p>Sangolquí, 022271721</p> | <p>SOLICITUD DE ENSAYO:</p> <p><i>ANÁLISIS DE MEDIDAS GEOMÉTRICAS, MEDIDAS ÓPTICAS, MEDIDAS DE TRANSMISIÓN O MEDIDAS MECÁNICAS.</i></p> |
| <p>Fecha de Solicitud: __/__/__.</p> <p>Página 1 de __.</p> | |

| | |
|---|---|
| No. DE SOLICITUD | |
| LABORATORIO DE ENSAYO | |
| Nombre: Laboratorio de Redes Ópticas | |
| Dirección: Sangolquí | |
| Teléfono / fax / e-mail: 02227121 / 2597903 / lab_optic@espe.edu.ec | |
| CLIENTE | |
| Nombre: | Empresa: |
| Dirección: | Dirección: |
| Teléfono / fax / e-mail: | Teléfono / fax / e-mail: |
| MUESTRAS | |
| Cantidad de Muestras: | |
| Descripción: (Tipo de Fibra, Estándar, No. Hilos, Fabricante, No. De parte, Longitud) | |
| Procedencia: | |
| ENSAYOS SOLICITADOS | |
| <input type="checkbox"/> Medidas Geométricas <input type="checkbox"/> Medidas Ópticas <input type="checkbox"/> Medidas de Transmisión <input type="checkbox"/> Medidas Mecánicas | |
| OBSERVACIONES | |
| NOMBRE, FIRMA | NOMBRE, FIRMA |
| CLIENTE | DIRECTOR TÉCNICO DEL LABORATORIO |

Figura 4.23. Formato de Solicitud de Ensayo.


OFERTA Y CONTRATO DE ENSAYO

| | |
|--|--|
|  <p>LABORATORIO DE REDES ÓPTICAS</p> <p>Sangolquí, 022271721</p> | <p>OFERTA Y CONTRATO DE ENSAYO:</p> <p><i>ANÁLISIS DE MEDIDAS GEOMÉTRICAS, MEDIDAS ÓPTICAS, MEDIDAS DE TRANSMISIÓN O MEDIDAS MECÁNICAS.</i></p> |
| <p style="text-align: right;">Fecha de Oferta: __/__/__.</p> <p style="text-align: right;">Página 1 de __.</p> | |
| <p>No. CONTRATO</p> | |
| <p>LABORATORIO DE ENSAYO</p> | |
| <p>Nombre: Laboratorio de Redes Ópticas</p> <p>Dirección: Sangolquí</p> <p>Teléfono / fax / e-mail: 02227121 / 2597903 / lab_optic@espe.edu.ec</p> | |
| <p>CLIENTE</p> | |
| <p>Nombre:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> | <p>Empresa:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> |
| <p>ENSAYOS SOLICITADOS</p> <p><input type="checkbox"/> Medidas Geométricas</p> <p><input type="checkbox"/> Medidas Ópticas</p> <p><input type="checkbox"/> Medidas de Transmisión</p> <p><input type="checkbox"/> Medidas Mecánicas</p> | |

| | |
|---|---|
| MÉTODOS DE MEDICIÓN (Descripción de los métodos de medición que utiliza el laboratorio para realizar los ensayos) | |
| VALOR REFERENCIAL A PAGAR | |
| Yo _____ (Nombre del cliente o Empresa), No. De Cédula o Ruc _____, he leído y acepto las condiciones expuestas en la oferta emitida por el laboratorio de Redes Ópticas. (Redactar los parámetros que amerite el contrato). | |
| NOMBRE, FIRMA CLIENTE | NOMBRE, FIRMA DIRECTOR GENERAL DEL LABORATORIO |

Figura 4.24. Formato de Oferta y Contrato de Ensayo.


INGRESO DE MUESTRA

| | |
|---|---|
|  <p>LABORATORIO DE REDES ÓPTICAS</p> <p>Sangolquí, 022271721</p> | <p>INGRESO DE MUESTRA:</p> <p><i>ANÁLISIS DE MEDIDAS GEOMÉTRICAS, MEDIDAS ÓPTICAS, MEDIDAS DE TRANSMISIÓN O MEDIDAS MECÁNICAS.</i></p> |
| <p style="text-align: right;">Fecha de Ingreso: __ / __ / __.</p> <p style="text-align: right;">Página 1 de __.</p> | |
| <p>No. DE INGRESO DE MUESTRA</p> | |
| <p>LABORATORIO DE ENSAYO</p> | |
| <p>Nombre:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> | |
| <p>CLIENTE</p> | |
| <p>Nombre:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> | <p>Empresa:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> |
| <p>MUESTRAS</p> | |
| <p>No. Identificación de la muestra (etiqueta):</p> <p>No. De Solicitud:</p> <p>Descripción: (Tipo de Fibra, Estándar, No. Hilos, Fabricante, No. De parte, Longitud)</p> | |

| | |
|--|----------------------|
| Procedencia: | |
| ESTADO DE LA MUESTRA (Resultados de la inspección realizada en bodega de recepción) | |
| NOMBRE, FIRMA | NOMBRE, FIRMA |
| AUXILIAR DE BODEGA RESPONSABLE | CLIENTE |

Figura 4.25. Formato de Ingreso de Muestra.

INFORME DE CONFORMIDAD

| | |
|---|--|
|  <p>LABORATORIO DE REDES ÓPTICAS</p> <p>Sangolquí, 022271721</p> | <p style="text-align: center;">INFORME DE CONFORMIDAD:</p> <p style="text-align: center;">ANÁLISIS DE [<i>Medidas Geométricas, Medidas Ópticas, Medidas de Transmisión o Medidas Mecánicas</i>]</p> |
| <p>Fecha de Recepción: __/__/__.</p> <p>Página 1 de __.</p> | |
| No. DE INFORME | |
| LABORATORIO DE ENSAYO | |
| <p>Nombre:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> | |
| CLIENTE | |
| <p>Nombre:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> | <p>Empresa:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> |
| MUESTRAS | |
| <p>No. Identificación de la muestra (etiqueta de bodega):</p> <p>No. De Solicitud:</p> <p>Fecha de Ingreso:</p> | |

| | |
|---|---|
| Descripción: (Tipo de Fibra, Estándar, No. Hilos, Fabricante, No. De parte, Longitud) | |
| Procedencia: | |
| No. Ingreso de Muestra: | |
| ENSAYOS SOLICITADOS (Medidas Geométricas, Medidas Ópticas, Medidas de Transmisión o Medidas Mecánicas) | |
| MÉTODOS DE ENSAYO (Especificar los métodos de medición de la Tabla 4.8) | |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDICIÓN | |
| Temperatura: | |
| Iluminación: | |
| Contaminación: | |
| RESULTADOS (Cumple o no cumple con los Estándares de Fibra) | |
| FECHA DE EMISIÓN | |
| NOMBRE, FIRMA | NOMBRE, FIRMA |
| ANALISTA DE ENSAYO RESPONSABLE | DIRECTOR TÉCNICO DEL LABORATORIO |
| NOMBRE, FIRMA | |
| DIRECTOR GENERAL DEL LABORATORIO | |

Figura 4.26. Formato de Informe de Conformidad.

EGRESO DE MUESTRA


| | |
|--|--|
|  <p>LABORATORIO DE REDES ÓPTICAS</p> <p>Sangolquí, 022271721</p> | <p>EGRESO DE MUESTRA:</p> <p><i>ANÁLISIS DE MEDIDAS GEOMÉTRICAS, MEDIDAS ÓPTICAS, MEDIDAS DE TRANSMISIÓN O MEDIDAS MECÁNICAS.</i></p> |
| <p>Fecha de Egreso: __/__/__.</p> <p>Página 1 de __.</p> | |
| <p>No. EGRESO DE MUESTRA</p> | |
| <p>LABORATORIO DE ENSAYO</p> | |
| <p>Nombre:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> | |
| <p>CLIENTE</p> | |
| <p>Nombre:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> | <p>Empresa:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono / fax / e-mail:</p> |
| <p>MUESTRAS</p> | |
| <p>No. Identificación de la muestra (etiqueta):</p> <p>No. De Contrato:</p> <p>Descripción: (Tipo de Fibra, Estándar, No. Hilos, Fabricante, No. De parte, Longitud)</p> | |
| <p>NOMBRE, FIRMA</p> <p>AUXILIAR DE BODEGA RESPONSABLE</p> | <p>NOMBRE, FIRMA</p> <p>CLIENTE</p> |

Figura 4.27. Formato de Egreso de Muestra.

4.6 BASES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS REQUERIDOS PARA EL LABORATORIO.

Se propone disponer de equipos con las siguientes características técnicas:

Tabla 4.10 Equipos de mediciones ópticas para el laboratorio.

| INSTRUMENTO | DESCRIPCIÓN | ESPECIFICACIONES |
|--|---|--|
| Analizador de espectro óptico (OSA) | Mide potencia óptica en función de la longitud de onda y despliega el espectro de luz proveniente de una entrada óptica. | <ul style="list-style-type: none"> - En el rango de longitudes de onda 600[nm] a los 1700 [nm]. - Entrada óptica apta para cualquier tipo de conector. - FWHM de 0.06, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10 nm. - Sensibilidad de -60 dBm, -75 dBm, -90 dBm, -80 dBm. - Entrada monocromática mayor a 35dB. - Control remoto e interfaces RJ-45 (1), USB-Port (4). - Controladores: Universal Instrument Drivers (PNP), compatible con VEE, Labview®, Visual Basic y C++. - Requerimientos de alimentación: 90 Vac a 260 Vac, 44 a 444 Hz, consumo máximo de potencia 230 W. - Rango de temperatura 0 a 45°C. - Equipo con calibración de fábrica. |
| Reflectómetro óptico (OTDR), | Mide la longitud de la fibra, su atenuación incluyendo pérdidas por empalmes y conectores. También puede detectar fallos, tales como roturas de la fibra. | <ul style="list-style-type: none"> - Rango de longitudes de onda 850/1300/1310/1490/1550/1625 nm. - Rango dinámico hasta 37dB. - Zona muerta de 0.8m. - Ancho de pulso Multimodo: 5, 10, 30, 100, 275, 1000 ns - Ancho de pulso Monomodo: 5, 10, 30, 100, 275, 1000, 2500, 10 000 ns - Resolución de pérdidas 0.01 - Puntos de muestra hasta 64000. - Rango de distancia Multimode: 0.1 a 40; Monomodo: 0.65 a 260 km. - Medidor de potencia incorporado <ul style="list-style-type: none"> - Incertidumbre $\pm 5\% \pm 0.4$ nW (up to 5 dBm) - Rango de potencia 26 a -64dBm. - Detección de tono 270/1000/2000 Hz |

| | | |
|---|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Rango de temperatura de operación -18°C a 50°C (14°F a 122°F) - Rango de temperatura de almacenamiento -40°C a 70°C (-40°F a 158°F) - 2 conectores FC/PC. - Interfaces: (2)USB, (1)RJ-45, (1)infrarrojo, - Equipo con calibración de fábrica. |
| Fuente óptica sintonizable (TOS) LED y Laser | Emite una señal de luz cuya potencia de salida puede ser controlada. | <ul style="list-style-type: none"> - Fuentes de luz que simulen las señales ópticas de voz, vídeo y datos para aplicaciones de servicio de la vida real. - Rango de longitud de onda 850- 1625nm. - Tiempo de sintonización 75ms. - Potencia de salida 0 a -40dBm. - Rango de atenuación hasta 10dB. - Tiempo de respuesta 0.5s. - Fuente para fibras monomodo y multimodo. - Temperatura de operación 10°C a 40°C (50°F a 104°F) - Rango de temperatura de almacenamiento -10°C a 50°C (14°F a 122°F) - Interfaces RJ-45 y RS-232. - Equipo con calibración de fábrica. |
| Atenuador óptico programable (POA) | Permite pruebas automatizadas de BER de alta precisión. | <ul style="list-style-type: none"> - Configuraciones de fibra monomodo y multimodo. - Rango de longitud de onda 700-1650 nm - Atenuación máxima 65dB. - Potencia máxima de entrada 23dBm. - Temperatura de operación 0°C a 40°C (32°F a 122°F). - Rango de temperatura de almacenamiento -40°C a 70°C (-40°F a 158°F) - Equipo con calibración de fábrica. |
| Analizador de Dispersión de Modo de Polarización (PMD/CD) | Ayuda a caracterizar tanto la dispersión cromática (CD) y la dispersión de modo de polarización (PMD), reduciendo el tiempo de pruebas y minimizando el potencial de error humano. | <p>Especificaciones PMD.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rango de longitud de onda 1260 -1675nm. - Rango de medida 0 a 115ps. - Sensibilidad de -45dBm. - Tiempo de medición 4.5s. - Incertidumbre ($\pm 0,02+2\%$ de PMD)ps - Temperatura de operación 0°C a 40°C (32°F a 104°F) - Rango de temperatura de almacenamiento -40°C a 70°C (-40°F a 158°F) - Equipo con calibración de fábrica. <p>Especificaciones CD.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rango de longitud de onda 1200 -1700nm. - Paso de longitud de onda 0.1nm. - Rango dinámico 42dB. - Incertidumbre de longitud de onda 0.1nm. - Longitud máxima de la fibra 5400km - Longitud mínima de la fibra 1km. - Temperatura de operación 0°C a 40°C (32°F a 104°F) |

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Equipo con calibración de fábrica. |
| Certificadora de Fibra óptica | Garantiza el cumplimiento de los estándares TIA/ISO por parte de las instalaciones de cableado. | <ul style="list-style-type: none"> - Certificación automática de Categoría 6 en 9 segundos. - Cumplir los requisitos de certificación TIA-568-C e ISO 11801:2002. - Medición del rendimiento de cableado de 10 Giga y Alien Crosstalk (ANEXT y AFEXT) a 500 MHz. - Medición a 900 MHz compatible con los enlaces ISO clase F. - Certificar enlaces para otras aplicaciones, como distribución de vídeo a través de cableado de par trenzado. - Comprobación de hasta 170 enlaces en ocho horas. - Proporciona instrucciones sencillas para identificar el punto de fallo. - Incluir módulos para certificación de fibra óptica, SM y MM. - Que entregue resultados de pérdida/longitud. - Cumplir con las especificaciones IEC-61935-1 y TIA-TSB-155. - Equipo con calibración de fábrica. |
| Empalmadora de Fusión de Fibra | Fusiona la fibra alineando su núcleo. | <ul style="list-style-type: none"> - Aplicable para fibras monomodo (ITU-T G.652), Multimodo (ITU-T G.651), DS (ITU -T G.653), NZDS (ITU-T G.655). - Diámetro de revestimiento 80µm a 150µm. - Diámetro del recubrimiento 100µm a 1,000µm. - Cortadora de fibra de longitudes de 8 a 16mm con 250µm de diámetro del recubrimiento, 16mm con 900µm diámetro del recubrimiento. - Promedio típico de las pérdidas en la fusión 0.02dB con SM, 0.01dB con MM, 0.04dB con DS, 0.04dB con NZDS. - Tiempo de empalme 9s. - Método de calibración del arco eléctrico: Automático, manual y usando resultados de pruebas anteriores en modo automático. - Memoria para almacenar resultados. - Dos cámaras con 4.1 pulgadas TFT LCD monitor a color. - Orientación de las imágenes en X, Y o las dos simultáneamente. - Prueba mecánica de tensión 1.96 a 2.25N. - Interfaces: USB 1.1 (USB-B type) para comunicación con PC. Mini-DIN (6-pin) para HJS-02/03 y tubo de calor SH-8. - Fuente de energía: Auto voltaje de 100 a 240V AC o 10 a 15V DC con ADC-11, 13.2V DC con batería. - Incluir materiales para la preparación y terminación del empalme. - Equipo con calibración de fábrica. |

| | | |
|--|---|--|
| <p>Kit de Herramientas Ópticas para preparación de empalmes.</p> | <p>Permite la preparación en campo de los cables de fibra óptica para realizar empalmes tanto por fusión como por empalmes mecánicos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Maleta con todas las herramientas necesarias para pelar las fibras, cortarlas y limpiarlas. - Apto para fibra holgada de 250 μm como fibra ajustada de 900 μm. - Herramienta para cortar fibra - Herramienta pelar fibra de 250 μm y 900 μm. - Herramienta pelar cubierta de cable 2.8/3.0 mm. - Herramienta para cortar kevlar. - Tijeras para cortar 925c. - Dispensador de alcohol. - Papel limpiador. |
| <p>Kit de Herramientas Ópticas para conectorizar.</p> | <p>Contiene las herramientas básicas para el terminado de los conectores tipo: ST, SC.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Microscopio 100x. - Crimpadora. - Pelacables. - Pela fibras de 3 medidas. - Disco de pulido para ST-SC. - Tijeras, cutter, cortadora fibra óptica. - Soporte para pulido de vidrio. - Soporte para pulido de goma. - Pinza de sujeción. - Pinza de sujeción curvada. - Jeringuillas con aguja (2). - Lija 5, 3 y 1 mm. - Alcohol isopropílico. - Toallitas impregnadas (2). - Papel servilleta (paquete). - Cinta aislante. - Cinta métrica. - Bote adhesivo resina. - Bote activador de resina (2). - Conectores. |
| <p>Instrumento de Ensayo Universal</p> | <p>El instrumento universal realiza pruebas mediante esfuerzos de tensión a materiales tan frágiles y delgados como son las fibras ópticas.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema sobremesa de una sola columna. - Exactitud en la medición de la carga: +/- 0,5% de lectura hasta 1/500 de capacidad de célula de carga. - Velocidad de adquisición de datos de hasta 1 kHz simultánea en los canales de carga, extensión y deformación. - Intervalo de velocidad de 0,05 - 2500 mm/min (0,002 - 98,4 pulg./min). - Panel de control personalizable. - Compatible con el software® Bluehill® 2. - Reconocimiento automático del transductor para células de carga y extensómetros. - Pequeña zona de recepción que ahorra espacio. - Mordazas y útiles de ensayos opcionales. - Software de administración incluido. - Equipo con calibración de fábrica. |

| | | |
|--|---|---|
| <p>Microscopio Electrónico de Barrido.</p> | <p>Es aquel que utiliza un haz de electrones para formar una imagen de alta resolución, que significa que características espaciales cercanas en la muestra pueden ser examinadas a una alta magnificación.</p> | <p>Que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un detector de electrones secundarios para obtener imágenes de alta resolución SEI (Secondary Electron Image). - Un detector de electrones retrodispersados que permite la obtención de imágenes de composición y topografía de la superficie BEI (Backscattered Electron Image). - Un detector de energía dispersiva EDS (Energy Dispersive Spectrometer) permite coleccionar los Rayos X generados por la muestra y realizar diversos análisis e imágenes de distribución de elementos en superficies pulidas. - Proporcione datos como textura, tamaño y forma de la muestra. - Fuente de Filamento de hexaboruro de lantano. - Lentes Condensadores, Objetivo, Intermedia y Proyectoras. - Equipo con calibración de fábrica. |
|--|---|---|

4.7 PROPUESTA ECONÓMICA DEL LABORATORIO

A continuación se detallan los valores de los instrumentos y equipos propuestos en este proyecto.

Tabla 4.11 Presupuesto Sección Servicios.

| PRESUPUESTO SECCION SERVICIOS | | | | | | |
|-------------------------------|--|---|--------|-----|----------------|-------------|
| ITEM | EQUIPO/ MATERIAL | MODELO | UNIDAD | CTD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | Reflectómetro óptico (<i>OTDR</i>), | EXFO AXS-110-12CD MM OTDR | unidad | 3 | 9000 | 27000 |
| 2 | Fuente óptica sintonizable (<i>TOS</i>) LED y Laser | Fuente laser dual AD-INSTRUMENT AD2Q01F | unidad | 4 | 1600 | 6400 |
| 3 | Analizador de Dispersión de Modo de Polarización (<i>PMD/CD</i>) | EXFO FTB-500 4-Slot Platform | unidad | 1 | 8000 | 8000 |

| | | | | | | |
|----|---|--|--------|----|-------|--------|
| 4 | Certificadora de Fibra óptica | Fluke DTX-1800 Cat6 SM MM Fiber Cable Analyzer DTX-SFM DTX-MFM DTX-1800-MS | unidad | 1 | 8500 | 8500 |
| 5 | Empalmadora de Fusión de Fibra | Fujikura FSM-60S Fusion Splicer | unidad | 2 | 15000 | 30000 |
| 6 | Kit de Herramientas Ópticas para preparación de empalmes. | KIT DE FIBRA ÓPTICA PARA REALIZAR EMPALMES POR FUSIÓN | unidad | 2 | 692 | 1384 |
| 7 | Kit de Herramientas Ópticas para conectorizar. | KIT ANAERÓBICO PROFESIONAL PARA TERMINACIÓN DE CONECTORES SC/ST/FC Y LC | unidad | 2 | 1240 | 2480 |
| 8 | Instrumento de Ensayo Universal | INSTRON modelo 5940 | unidad | 1 | 1800 | 1800 |
| 9 | Microscopio Electrónico de Barrido. | SCANNING ELECTRON MICROSCOPE-ASPEXS 2000 | unidad | 1 | 40000 | 40000 |
| 10 | Switch | WS-C2960-24PC-L Cisco 2960 Switch | unidad | 1 | 1098 | 1098 |
| 11 | Access Point | D-Link Xtreme N Duo Wireless Bridge/Access Point DAP-1522 | unidad | 1 | 80 | 80 |
| 12 | Patch Cords preconectorizados SC, LC, ST y FC | ANIXTER 230986 | unidad | 12 | 28,59 | 343,08 |
| 13 | Pigtails SC, LC, ST y FC | ANIXTER 238007 | unidad | 12 | 13,12 | 157,44 |
| 14 | Gasas | | unidad | 20 | 0,1 | 2 |
| 15 | Taype | 3M | unidad | 4 | 1,5 | 6 |
| 16 | Gabinete de Comunicaciones | COMMSCOPE Gabinete 19 Ur | unidad | 1 | 550 | 550 |
| 17 | Bandejas de Fibra (ODF) | SYSTIMAX 107126773 | unidad | 1 | 90,59 | 90,59 |
| 18 | Organizador Horizontal | Organizador Horizontal de 1Ur 19" | unidad | 1 | 16 | 16 |
| 19 | Face plates | FacePlate BLANCO - 1 puerto UTP/FTP - UNIPRISE | unidad | 20 | 1,47 | 29,4 |
| 20 | Jacks | ANIXTER 214847 | unidad | 20 | 8,42 | 168,4 |
| 21 | Módulos de Fibra | SYSTIMAX 760148056 Adaptador LazrSPEED Fibra LC/12P Aqua Multimodo | unidad | 1 | 61,28 | 61,28 |
| 22 | Pigtail LC | SYSTIMAX FBXLCUC11-MXF005 Pigtail LazrSPEED 550 LC, 0.9mm, SBJ Aqua,5ft | unidad | 2 | 13,12 | 26,24 |

| | | | | | | |
|--------------|------------------------------------|---|--------|-----|--------|------------------|
| 23 | Patch Cords Cables UTP CAT6 | ANIXTER OO07-LU6-09. patch cord 110-110, CAT 6, 4pr, paquete de 10, 7 pies | unidad | 4 | 118,1 | 472,4 |
| 24 | Patch Cords de fibra | SYSTIMAX FEXLCLC42-JXF007 LazrSPEED 550 LC/LC, 1,6mm, Patch Cord Duplex 7FT, yellow | unidad | 2 | 30,57 | 61,14 |
| 25 | Carrete de Fibra multimodo de 300m | SYSTIMAX 700208143 Fibra Riser 6 hilos - LazrSPEED - OM3 indoor- R-006-DS-5L-FSUAQ | metros | 200 | 3,39 | 678 |
| 26 | Carrete Cable UTP de 350m | Cable CAT. 6A Gris | unidad | 1 | 125,12 | 125,12 |
| 27 | Patch panel 24 puertos | UNIPRISE CC0071589/1 Patch Panel Modular RJ45 - Cat5e/6/6A - 24 puertos - UNI | unidad | 1 | 25,8 | 25,8 |
| TOTAL | | | | | | 129554,89 |

Tabla 4.12 Presupuesto Sección Didáctica.

| PRESUPUESTO SECCION DIDACTICA | | | | | | |
|-------------------------------|--|--|--------|-----|----------------|-------------|
| ITEM | EQUIPO/ MATERIAL | MODELO | UNIDAD | CTD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | Analizador de espectro óptico (OSA) | Agilent 71450A | unidad | 1 | 5250 | 5250 |
| 2 | Reflectómetro óptico (OTDR), | EXFO AXS-110-12CD MM OTDR | unidad | 1 | 0 | 0 |
| 3 | Fuente óptica sintonizable (TOS) LED y Laser | Fuente laser dual AD-INSTRUMENT AD2Q01F | unidad | 8 | 1600 | 12800 |
| 4 | Atenuador óptico programable (POA) | AD-INSTRUMENT AD2S02 | unidad | 1 | 1930 | 1930 |
| 5 | Analizador de Dispersión de Modo de Polarización (PMD/CD) | EXFO FTB-500 4-Slot Platform | unidad | 1 | 8000 | 8000 |
| 6 | Certificadora de Fibra óptica | Fluke DTX-1800 Cat6 SM MM Fiber Cable Analyzer DTX-SFM DTX-MFM DTX-1800-MS | unidad | 1 | 0 | 0 |
| 7 | Empalmadora de Fusión de Fibra | Fujikura FSM-60S Fusion Splicer | unidad | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|--------------|---|---|--------|----|-------|-----------------|
| 8 | Kit de Herramientas Ópticas para preparación de empalmes. | KIT DE FIBRA ÓPTICA PARA REALIZAR EMPALMES POR FUSIÓN | unidad | 5 | 692 | 3460 |
| 9 | Kit de Herramientas Ópticas para conectorizar. | KIT ANAERÓBICO PROFESIONAL PARA TERMINACIÓN DE CONECTORES SC/ST/FC Y LC | unidad | 5 | 1240 | 6200 |
| 10 | Patch Cords preconectorizados SC, LC, ST y FC | ANIXTER 230986 | unidad | 30 | 28,59 | 857,7 |
| 11 | Pigtails SC, LC, ST y FC | ANIXTER 238007 | unidad | 25 | 13,12 | 328 |
| 12 | Gasas | | unidad | 20 | 0,1 | 2 |
| 13 | Taype | 3M | unidad | 5 | 1,5 | 7,5 |
| 14 | Rack de Comunicaciones | | unidad | 2 | 0 | 0 |
| 15 | Modulo de Fibra | | unidad | 2 | 0 | 0 |
| 16 | Modulo de Fibra | SYSTIMAX 760148056 Adaptador LazrSPEED Fibra SC/12P Aqua Multimodo | unidad | 1 | 61,28 | 61,28 |
| 17 | ODF | | unidad | 2 | 0 | 0 |
| 18 | Manga de FO | | unidad | 1 | 0 | 0 |
| 19 | Pigtails monomodo SC | | unidad | 8 | 0 | 0 |
| 20 | Pigtails monomodo y multimodo SC | SYSTIMAX FBXLCUC11-MXF005 Pigtail LazrSPEED 550 SC, 0.9mm, SBJ Aqua,5ft | unidad | 3 | 13,12 | 39,36 |
| 21 | Carrete de Fibra de 1 hilo G651.1, G653, G655. | COMPACT FIBERLAUNCH 300 m | unidad | 3 | 399 | 1197 |
| 22 | Carrete de Fibra | Monomodo G652. | unidad | 2 | 0 | 0 |
| TOTAL | | | | | | 40132,84 |

NOTA: los campos marcados en plomo indican el material o equipo que ya existe y está disponible en los laboratorios.

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS EQUIPOS DISPONIBLES

En este capítulo se detallarán las pruebas que se realizaron con la Certificadora FLUKE DTX-1800, Empalmadora de Fusión FUJIKURA FSM-60 S y OTDR EXFO ASX-110-12CD-23B, para lo cual es necesario tener conocimientos previos. Además se establecerá guías de operación de los equipos mencionados junto con un registro de videos de las pruebas realizadas.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

A continuación se presentan las principales características de los equipos que se dispone. Figura 5.1.



Figura 5.1 Descripción de los Equipos.

El funcionamiento de cada uno de estos equipos se describe en las guías de operación desarrolladas en:

ANEXO H: Guía de Operación de la Fusionadora (FUJIKURA 60S) y contenido audiovisual H.1.

ANEXO I: Guía de Operación del OTDR (EXFO ASX-110-12CD-23B) y contenido audiovisual I.1.

ANEXO J: Guía de Operación de la Certificadora para Fibra Óptica (FLUKE DTX-1800, DTX- MFM2 y DTX- SFM2) y contenido audiovisual J.1.

5.2 APLICACIÓN DE LOS EQUIPOS

5.2.1 IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE FIBRA

Para poder hacer uso de los equipos disponibles en el DEEE, fue necesario montar un enlace de Fibra Óptica en el laboratorio de Networking, como se mencionó en el Capítulo 4 de este proyecto. (Ver Figura 4.10)

Una vez instalada la fibra, se utilizó la Fusionadora (Ver Anexo H) para unir el enlace mediante una Manga (Figura 5.2) y empalmar sus terminales con los paneles de distribución óptica (ODF). Figura 5.3.

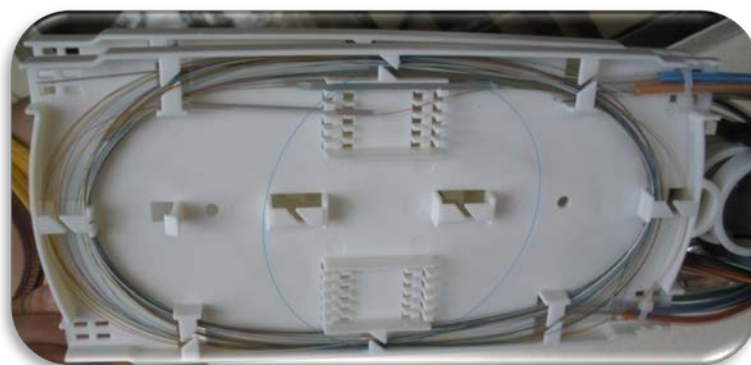


Figura 5.2 Manga de Empalme del enlace.

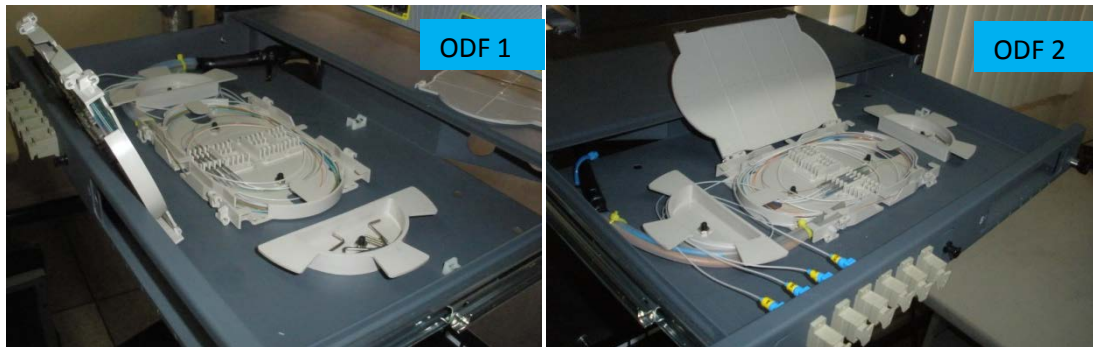









Figura 5.3 Empalmes en ODF.

La empalmadora FUJIKURA 50S que se usó para la fusión de los diferentes hilos del enlace estimó las siguientes pérdidas.

Tabla 5.1 Pérdidas por Fusión en ODF.

| ODF 1 | | |
|--------------|---------------|---|
| HILO (COLOR) | PÉRDIDAS [dB] | FIGURA |
| 1 Azul | 0,02 |  <p>Figura 5.4 Hilo Azul.</p> |
| 2 Tomate | 0,00 |  <p>Figura 5.5 Hilo Tomate.</p> |

| | | |
|--------------|--------------------------|---|
| 3 Verde | 0,00 |  <p data-bbox="890 510 1171 544">Figura 5.6 Hilo Verde.</p> |
| 4 Café | 0,03 |  <p data-bbox="890 880 1171 913">Figura 5.7 Hilo Café.</p> |
| ODF 2 | | |
| HILO | PÉRDIDAS [dB] | FIGURA |
| 1 Azul | 0,05 |  <p data-bbox="903 1346 1155 1379">Figura 5.8 Hilo Azul.</p> |
| 2 Tomate | 0,00 |  <p data-bbox="877 1588 1181 1621">Figura 5.9 Hilo Tomate.</p> |
| 3 Verde | 0,03 |  <p data-bbox="887 1897 1171 1930">Figura 5.10 Hilo Verde.</p> |

| | | |
|--------|------|--|
| 4 Café | 0,01 |  <p data-bbox="890 443 1166 472">Figura 5.11 Hilo Café.</p> |
|--------|------|--|

Tabla 5.2 Pérdidas por Fusión en la Manga.

| HILO (COLOR) | PÉRDIDAS [dB] |
|-----------------|------------------|
| 1 Azul | 0,06 |
| 2 Tomate | 0,03 |
| 3 Verde | 0,07 |
| 4 Café | 0,19 |

5.2.2 PRUEBAS DEL ENLACE

“Las mediciones típicas requeridas para caracterizar a los enlaces de Fibra Óptica son la Atenuación y la longitud de la fibra” [42], los mismos que pueden ser medidos por un OTDR y una Certificadora con módulos de fibra.

PRUEBA CON OTDR

Para garantizar la calidad de la instalación del enlace de fibra, se pasó una prueba hilo a hilo con el OTDR (EXFO ASX-110-12CD-23B) desde el ODF 1, en las ventanas de 1310 y 1550 nm (Ver Anexo I), mediante la cual se obtuvo la pérdida total en cada hilo del enlace, registrada en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Pérdida total desde ODF 1.

| HILO (Color) | 1310nm | 1550nm |
|--------------|--------|--------|
| 1 Azul | - | - |
| 2 Tomate | 0,42 | 0,39 |
| 3 Verde | 1,085 | 1,039 |
| 4 Café | 0,62 | 0,46 |

PRUEBA CON CERTIFICADORA

Como se ha visto, el OTDR proporciona valores de pérdida total del enlace, basándose en la energía de luz reflejada; pero la certificadora entrega resultados más precisos debido al uso de una fuente de luz en un extremo y un medidor de luz en el extremo opuesto, comprobando así el rendimiento de transmisión de dicha fibra, por esta razón se realizó también pruebas con la Certificadora para Fibra (FLUKE) (Ver Anexo J), cuyos resultados se muestran en la Tabla 5.5.

Tabla 5.4 Pérdida total con Certificadora.

| HILO (Color) | 1310nm |
|--------------|--------|
| 1 Azul | - |
| 2 Tomate | 0,64 |
| 3 Verde | 1,33 |
| 4 Café | 0,84 |

5.2.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para obtener el valor máximo permitido de atenuación en el enlace, las Normas TIA/EIA 568-A y la ISO/IEC 11801, establecen la fórmula y los coeficientes de atenuación para determinar dicha expresión.

$At_{Total} = (\text{Coef. De atenuación del Cable [dB/km]} * \text{Longitud del Cable [km]}) + (\text{Num. De conectores} * \text{Pérdida por Conector [dB]}) + (\text{Num. De empalmes} * \text{pérdida por empalme [dB]})$
[42].

Aplicando la fórmula según TIA/EIA en cada Hilo del enlace se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 5.5 Atenuación Total Teórica en 1310nm.

| HILO (Color) | Longitud del cable (km) | Número de Conectores | Número de Empalmes | Atenuación Total (dB) |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| AZUL | 0,3852 | 2 | 3 | 2,7852 |
| TOMATE | 0,3857 | 2 | 3 | 2,7857 |
| VERDE | 0,3849 | 2 | 4 | 3,0849 |
| CAFÉ | 0,3851 | 2 | 3 | 2,7851 |

Las trazas obtenidas con el OTDR, fueron trasladadas al software de administración, a través del cual se las puede observar de mejor manera en un ordenador y analizar los eventos ocurridos durante la prueba.

En la parte superior de la traza, se presenta un reporte con información general del trabajo y del cable; además los resultados de las medidas del enlace obtenidas.

HILO AZUL

| | | | |
|--------------|---------------|------------------|-----------|
| Link Loss | : 0.007 dB | Avg. Splice Loss | : --- |
| Link Length | : 0.0281 km | Max. Splice Loss | : --- |
| Average Loss | : 0.250 dB/km | Total ORL | : 0.00 dB |

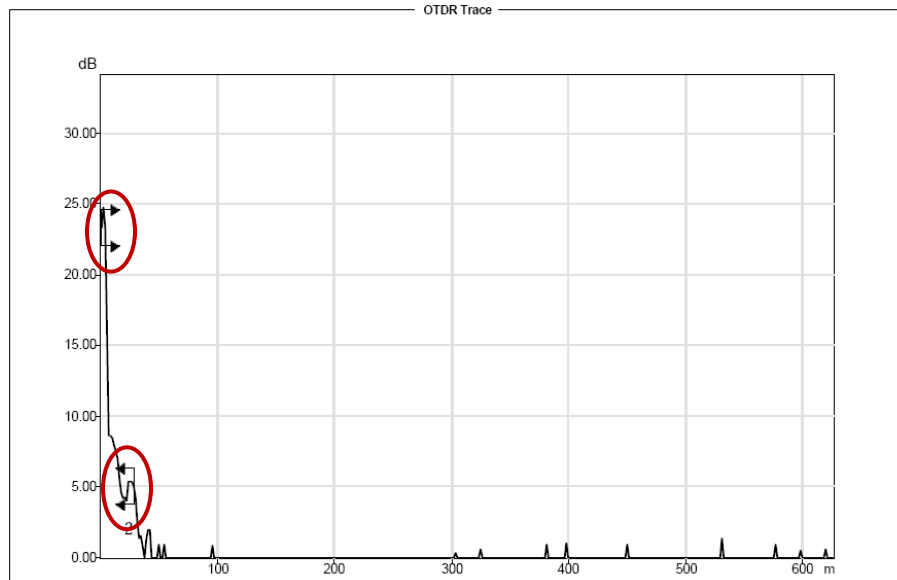


Figura 5.12 Atenuación Vs Distancia Hilo Azul en 1310nm.

A lo largo de esta prueba se detectaron únicamente dos eventos pero dentro del primero, a los 2.7m, se puede observar la presencia de una pérdida causada por la ruptura del hilo azul (Evento 1), lo que provoca la pérdida de la intensidad de luz emitida por el OTDR para realizar la prueba e interprete el final del enlace a los 28m (Evento 2), como se resalta en la Figura 5.12.

Como se mencionó en el apartado Infraestructura de Red del Laboratorio Didáctico (CAPÍTULO 4), cada hilo del enlace tiene 3 empalmes, que en este caso no son detectados pues el OTDR no pasa los 28m por la ruptura de la fibra, impidiendo la medición de las posibles pérdidas.

Por lo tanto se comprueba que este Hilo no presenta las condiciones físicas adecuadas para transmitir información.

HILO TOMATE

| | | | |
|--------------|---------------|------------------|-------------|
| Link Loss | : 0.415 dB | Avg. Splice Loss | : --- |
| Link Length | : 0.3789 km | Max. Splice Loss | : --- |
| Average Loss | : 1.094 dB/km | Total ORL | : <19.22 dB |

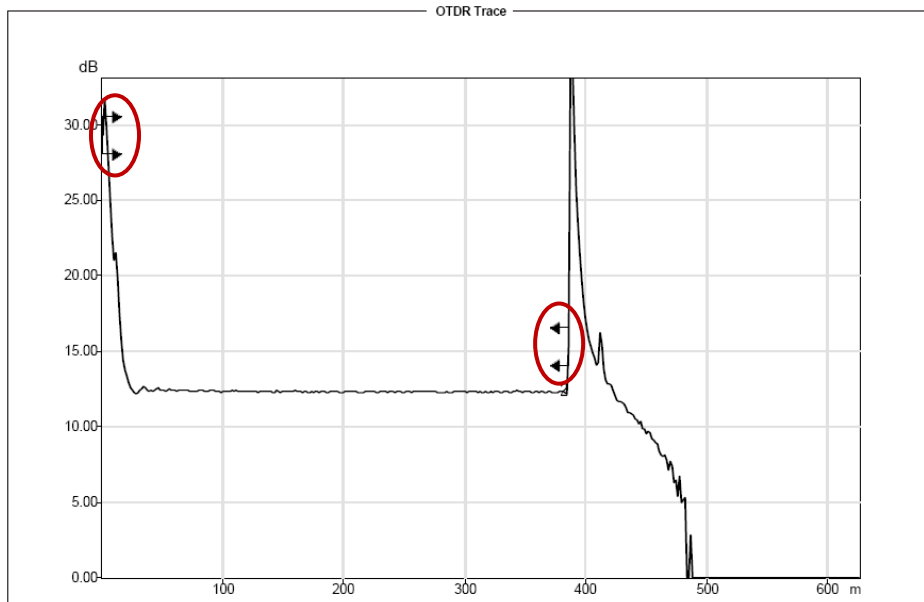


Figura 5.13 Atenuación Vs Distancia Hilo Tomate en 1310nm.

A lo largo de esta prueba se detectaron únicamente dos eventos, que corresponden, al inicio (Evento 1) y al fin del enlace (Evento 2), como se resalta en la Figura 5.13.

En este Hilo no fueron detectadas las pérdidas por los 3 empalmes pues estas son muy bajas, como se puede observar en la Tabla 5.1, lo que hace que la pérdida total del Hilo también sea baja y no sobre pase el valor teórico.

Por lo tanto se comprueba que este Hilo no presentará problemas al transmitir información.

HILO VERDE

| | | | |
|--------------|---------------|------------------|-------------|
| Link Loss | : 1.085 dB | Avg. Splice Loss | : 0.811 dB |
| Link Length | : 0.3782 km | Max. Splice Loss | : 0.811 dB |
| Average Loss | : 2.868 dB/km | Total ORL | : <19.53 dB |

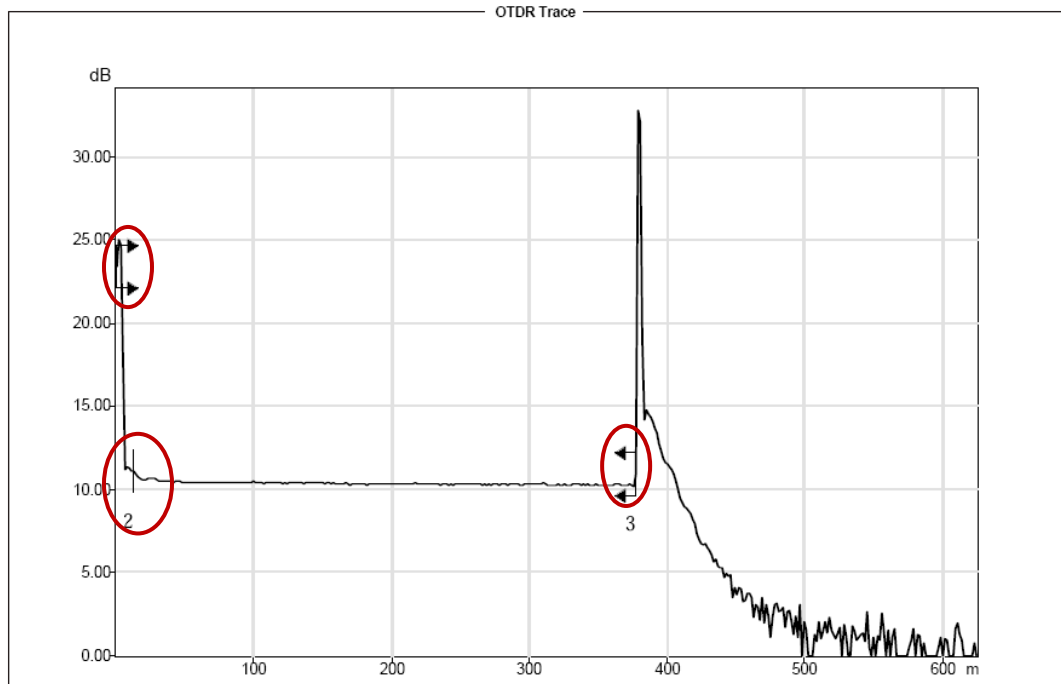


Figura 5.14 Atenuación Vs Distancia Hilo Verde en 1310nm.

A lo largo de esta prueba se detectaron tres eventos Figura 5.14, que corresponden:

- Al inicio (Evento 1).
- A los 12m, evento Reflectivo (Evento 2).
- Al fin del enlace (Evento 3).

En este Hilo tampoco fueron detectadas las pérdidas por los 3 empalmes pues estas son muy bajas, como se puede observar en la Tabla 5.1, pero se encontró un evento reflectivos que como se sabe pueden ser causados por curvaturas o daños en el hilo de la fibra, lo que provocó que la pérdida total del Hilo sea alta pero aun así no sobre pase el valor teórico.

Por lo tanto este Hilo pasó la prueba pero posiblemente presentará problemas al transmitir información.

HILO CAFÉ

| | | | |
|--------------|---------------|------------------|-------------|
| Link Loss | : 0.622 dB | Avg. Splice Loss | : 0.282 dB |
| Link Length | : 0.3784 km | Max. Splice Loss | : 0.282 dB |
| Average Loss | : 1.644 dB/km | Total ORL | : <19.68 dB |

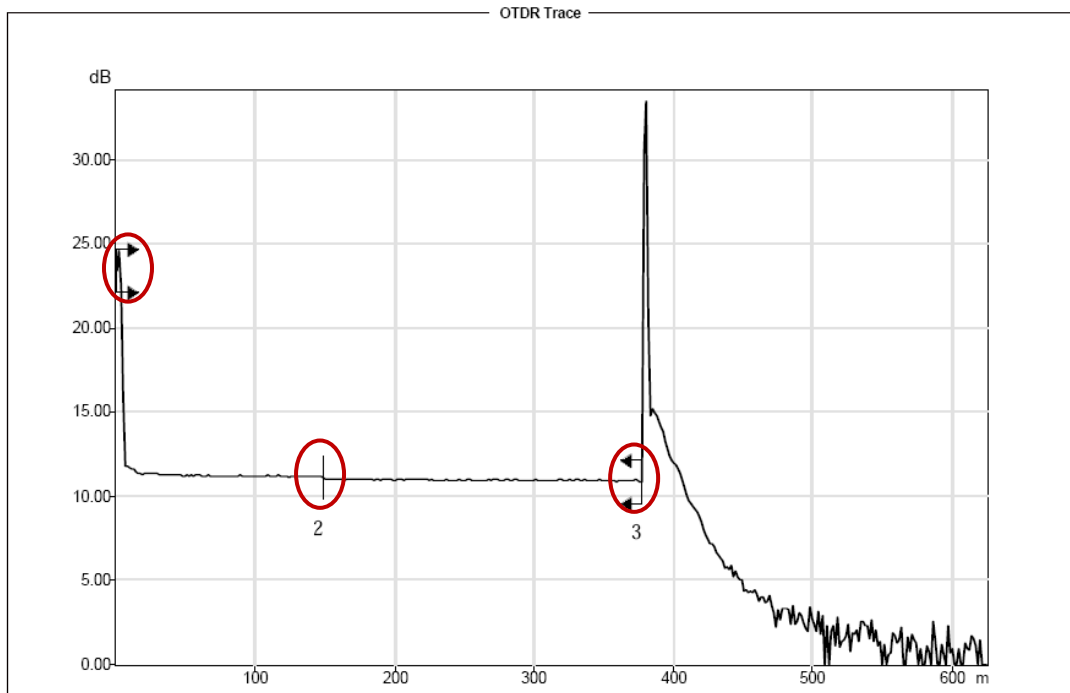


Figura 5.15 Atenuación Vs Distancia Hilo Café en 1310nm.

A lo largo de esta prueba se detectaron tres eventos, Figura 5.15, que corresponden:

- Al inicio (Evento 1).
- A los 148m, evento no Reflectivo (Evento 2).
- Al fin del enlace (Evento 3).

En este Hilo no fueron detectadas las pérdidas por los empalmes de las conexiones a los ODF pues estas son muy bajas, como se puede observar en la Tabla 5.1, pero si se detectó la pérdida causada por el empalme de la manga, sin afectar la pérdida total del Hilo y no sobre pase el valor teórico.

Por lo tanto se comprueba que este Hilo no presentará problemas al transmitir información.

En resumen, los resultados finales de las pruebas con el OTDR en la longitud de onda 1310nm para este enlace de fibra monomodo fueron:

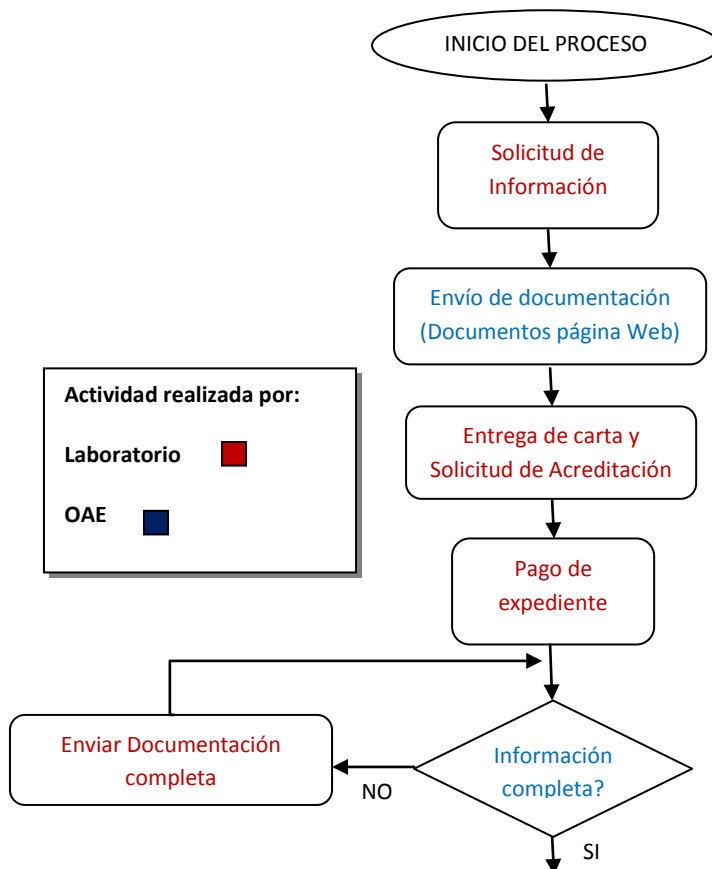
Tabla 5.6 Comparación de resultados.

| HILO (Color) | Valor Medido (dB) | Valor Teórico (dB) | Resultado |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|
| 1 Azul | - | 2,7852 | No Pasa |
| 2 Tomate | 0,42 | 2,7857 | Pasa |
| 3 Verde | 1,085 | 3,0849 | Pasa |
| 4 Café | 0,62 | 2,7851 | Pasa |

CAPÍTULO 6

PROCESO DE ACREDITACIÓN DE LOS ENSAYOS DEL LABORATORIO

6.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ACREDITACIÓN



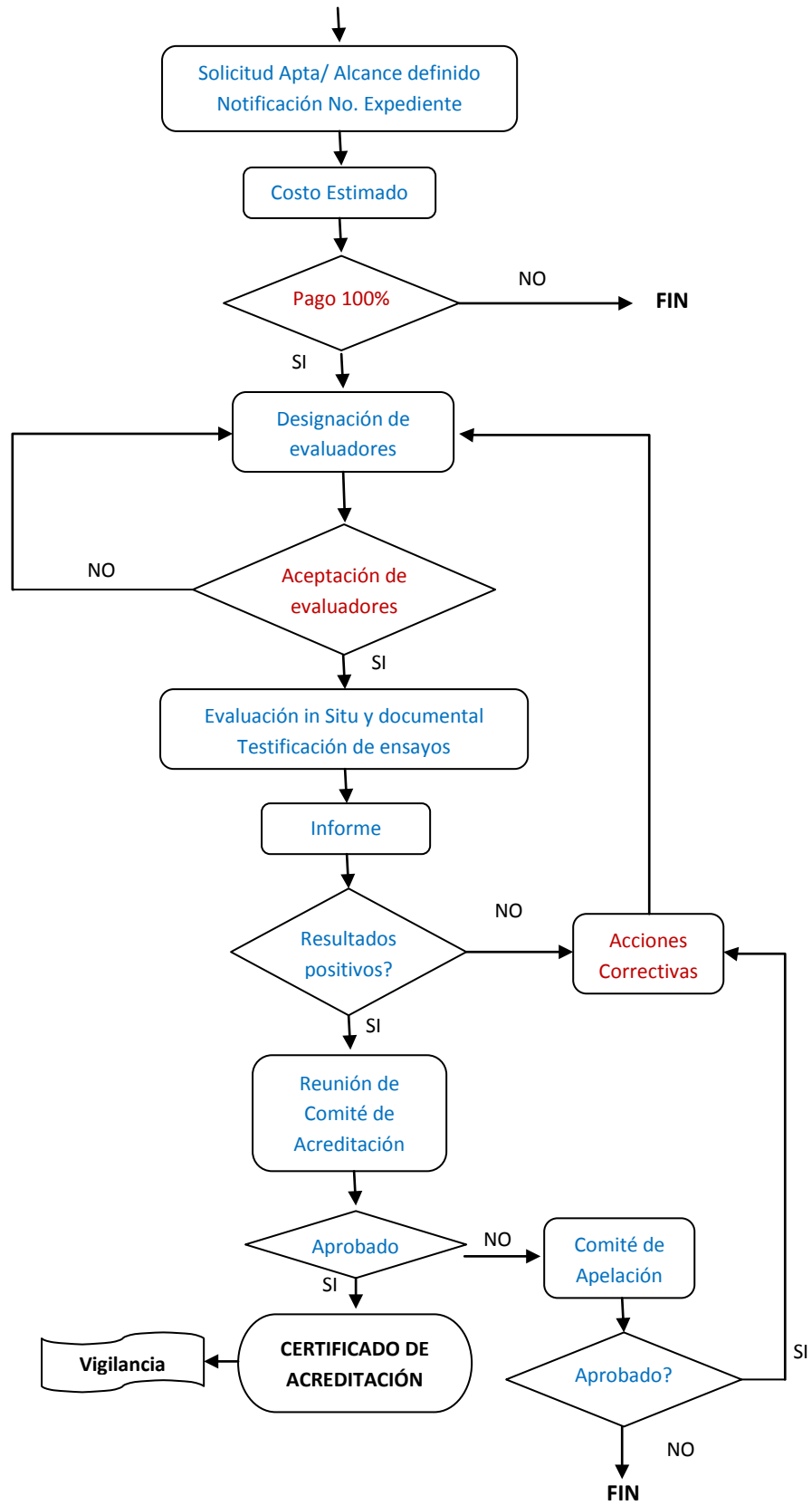


Figura 6.1 Proceso de Acreditación.

El detalle del Proceso de Acreditación y el tiempo establecido para dicho proceso, se encuentra en el documento “Procedimiento de Acreditación Laboratorios” en la página Web del OAE [12].

6.2 DOCUMENTACIÓN PARA ENTRAR EN EL PROCESO

Toda la documentación que se requiere para entrar en el proceso de acreditación, descrita en la Tabla 6.1, se debe entregar al OAE junto con la carta y el Formulario de Solicitud de Acreditación, donde el representante oficial del laboratorio define el alcance de la acreditación. Esta Solicitud se encuentra en versión actualizada (Documento **F PA01 03 R02**) en:

http://www.oae.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=32&Itemid=157.

Tabla 6.1 Documentos para la Acreditación.

| DOCUMENTO | OBSERVACIONES |
|--|--|
| Documentación justificativa de la personería jurídica. | Certificado de Constitución y Gerencia del Laboratorio. |
| Manual de la calidad. | Documento que describe el Sistema de Gestión, el cual debe tener indispensablemente la siguiente información: <ul style="list-style-type: none"> - La política de la calidad de la empresa - Aspectos de la política de la calidad - Estructura y organización de la empresa - Objeto y Campo de aplicación - Descripción del procedimiento Basándose en la Norma NTE-ISO 9001 “Sistema de Gestión de Calidad, Requisitos”. |
| Manual de procedimientos | Documento en el cual se encuentran los: <ul style="list-style-type: none"> - Procedimientos generales (procedimientos de gestión) |

| | |
|---|---|
| | - Procedimientos específicos (métodos de ensayo y procedimientos internos) |
| Lista de verificación de Cumplimiento con los Criterios de Acreditación del OAE según la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025 | Es un cuestionario de autoevaluación del laboratorio según la norma, realizado por el OAE que está disponible en: http://www.oae.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=32&Itemid=157 . (Documento F PA01 02 R00) |
| Listado de equipos de ensayo incluyendo guías de operación. | Ver ejemplo del listado de equipos en ANEXO K y guías de operación en ANEXOS: H, I, J. |
| Copia certificados de calibración de los equipos de medida | Documento que se debe solicitar al fabricante o a la empresa certificada para realizar este trabajo. |
| Listado de patrones de calibración interna | No Aplica para el caso de este laboratorio pues no se realizara calibraciones internas de los equipos de medición. Ver Capítulo 4, apartado 4.6. |
| Listado de intercomparaciones y/o ensayos de aptitud y resultados obtenidos | Ver ejemplo en el ANEXO L |
| Ejemplo de informe de resultados | Ver ejemplo en el Cap. 4 Pág. 97 |
| Organigrama del laboratorio | Ver ejemplo en el Cap. 4 Pág. 77 |
| Plano de ubicación en la zona donde se encuentra el laboratorio | Ver ejemplo en el ANEXO M |
| Listado de personal relacionado con la acreditación | Ver ejemplo en el ANEXO N |
| Locales y condiciones ambientales | Ver ejemplo en el ANEXO O |
| Informe de la última Auditoría Interna | Una vez implementado el laboratorio, realizar una auditoría interna antes de presentar la solicitud de acreditación y emitir un informe. |
| Acta de la última Revisión por la Dirección | Una vez implementado el laboratorio, el director deberá realizar una revisión antes de presentar la |

| | |
|---|--|
| | solicitud de acreditación y emitir un informe. |
| Informes sobre validación de métodos y estimación de la incertidumbre | Los métodos de ensayo que fueron propuestos en el Capítulo 4 deben ser validados a través de pruebas de repetitividad. |
| Hojas de vida del personal clave | Adjuntar hojas de vida del personal directivo, técnico, administrativo, jurídico y de calidad. |

6.3 PRESUPUESTO DE ACREDITACION

Los rubros de acreditación de laboratorios de ensayo y/o calibración dependen de:

- Alcance del proyecto.
- Número de ensayos a acreditar.
- Número y tipo de evaluadores (sean expertos en materia o evaluadores de calidad).
- Número de evaluaciones in situ que se realice.
- Evaluación de documentos.

Se puede decir que aproximadamente, el costo de acreditar un laboratorio en el Ecuador es de \$2000 el mismo que debe ser cancelado junto con la Solicitud de Acreditación y los Documentos Anexos.

Nota: El valor a pagar puede variar de acuerdo a modificaciones establecidas por el Gobierno o el Organismo Acreditador y no es reembolsable.

6.4 PLAN DE ACREDITACIÓN

De acuerdo a lo expuesto en este proyecto se realiza el plan de Acreditación, que permite analizar las etapas que se llevarán a cabo; desde el diseño del laboratorio de Redes Ópticas hasta el ingreso al proceso de acreditación.

Tabla 6.2 Plan de Acreditación.

| FASE I: RECOPIACIÓN Y ESTUDIO DE INFORMACIÓN | | | |
|---|--|--|---|
| ETAPA | PROCESO | ACTIVIDAD | RESULTADO |
| LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN | 1. Estudio de la Fibra Óptica | <ul style="list-style-type: none"> - Analizar los parámetros de los diferentes tipos de fibra y su funcionamiento. - Identificar las partes que componen la Fibra Óptica. - Revisar los Estándares de Fibra Óptica. | Identificación de todos los parámetros que se puede medir en la Fibra Óptica. |
| | 2. Estudio de la Norma Técnica ISO/IEC 17025 | <ul style="list-style-type: none"> - Acudir al Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE). - Adquirir la Norma ISO/IEC 17025. - Analizar las recomendaciones especificadas por la Norma. | <p>Conocimiento de lo que implica la acreditación en cuanto a costos, beneficios y normas que se aplica.</p> <p>Identificación de los requisitos generales para la competencia del laboratorio de Ensayo.</p> |
| | 3. Estudio de la situación actual de las Redes Ópticas en el DEEE. | <ul style="list-style-type: none"> - Realizar un reconocimiento de la red óptica desde UTICs hasta el DEEE. | Esquema global de la comunicación del Laboratorio de Redes Ópticas con |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | | - Recopilar información de los equipos ópticos disponibles. | la red de la ESPE. |
| FASE II: EJECUCIÓN | | | |
| ETAPA | PROCESO | ACTIVIDAD | RESULTADO |
| DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO | 1. Criterios de Diseño del Laboratorio. | <ul style="list-style-type: none"> - Definir el tipo de mediciones que se desea realizar en el laboratorio acreditado. - Considerar aspectos de escalabilidad y seguridad en cuanto a la red, equipos y espacio. | Conocimientos de los requisitos que debe cumplir el diseño del laboratorio. |
| | 2. Diseño Físico | <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar los criterios de diseño. - Proponer el equipamiento adecuado para las mediciones. - Detallar las especificaciones técnicas de los equipos propuestos. - Proponer la distribución física del laboratorio. - Medir el espacio físico donde se desea implementar el laboratorio. | Plano de la distribución física del laboratorio de Redes ópticas. |
| | 3. Diseño de Red | <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar los criterios de diseño. - Proponer el diagrama de red de la comunicación del laboratorio de redes ópticas con el DEEE. - Determinar el número de puntos de red necesarios para el laboratorio. | Plano de red de la propuesta del laboratorio de Redes ópticas. |
| | 4. Aplicación de la norma ISO/IEC 17025 a la infraestructura del | <ul style="list-style-type: none"> - Ajustar las recomendaciones especificadas por la norma al área de las | Infraestructura adecuada para ingresar al proceso de acreditación. |

| | | | |
|---------------------------------|---|--|---|
| | laboratorio. | redes ópticas. | Identificación de procesos y manejo del laboratorio. |
| PROPUESTA ECONOMICA | 1. Equipamiento | <ul style="list-style-type: none"> - Identificar los equipos que se debería adquirir según las bases técnicas. - Contactar al proveedor para solicitar cotización. | Presupuesto de equipos. |
| | 2. Acreditación | <ul style="list-style-type: none"> - Contactar al OAE para solicitar rubros de acreditación. | Presupuesto de acreditación. |
| FASE III: FINAL | | | |
| ETAPA | PROCESO | ACTIVIDAD | RESULTADO |
| AUTO EVALUACION DEL LABORATORIO | 1. Comparaciones interlaboratorios | <ul style="list-style-type: none"> - Contactar con fabricantes de fibra óptica para comparar los valores obtenidos en los ensayos. - Validar los métodos de ensayo a través de pruebas de repetitividad. | Verificación de los métodos de ensayo son aptos para medir los parámetros de fibra que se quiere acreditar. |
| ACREDITACION | 1. Proceso de Acreditación. Ver Figura 6.1. | <ul style="list-style-type: none"> - Realizar la solicitud de Acreditación. - Adjuntar los documentos requeridos por el OAE. - Someterse a evaluación. | Certificado de Acreditación. |

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Implementar un laboratorio de Redes Ópticas para el departamento de Electrónica con las características que se presenta en el diseño de la Sección Didáctica de este proyecto, sería de gran aporte en la formación de futuros profesionales; para poder desenvolverse con éxito en todo lo concerniente a las Redes de Nueva Generación basadas en Fibra Óptica, ya que la actual sociedad de la información refleja una tendencia imparable en la evolución del sector hacia las redes convergentes.

Si bien es cierto, el costo de la implementación de un laboratorio acreditado, como el que se propuso en este proyecto, es alto, pero el propósito de éste, tiene mayor valor, pues actualmente en el país las empresas que realizan este tipo de ensayos no están acreditadas por la OAE, por lo que no se garantiza que los resultados obtenidos sean correctos y no se descarta la posibilidad de tener inconvenientes en un futuro con los enlaces montados con dichas fibras ensayadas.

Durante la investigación se notó considerablemente que el uso de la fibra óptica ha revolucionado el mercado de las comunicaciones en el país, pues proporciona facilidades para la vida cotidiana haciendo uso de la mejor tecnología, pero aun son pocas las medidas que se toman para verificar sus características de fábrica. Al ser este un material tan delicado, es propenso a sufrir daños durante el transporte, golpes y magulladuras, que pueden alterar sus características físicas produciendo a su vez un bajo desempeño en la transmisión de datos.

Por otro lado, al realizar las pruebas sobre el enlace de fibra óptica monomodo implementado en el Laboratorio de Networking del departamento de Electrónica, se identificó el equipamiento indispensable que debe estar implícito en el proceso de educación sobre el tema de fibra óptica, como son el OTDR y la empalmadora, los cuales realizan una importante función técnica para la eficaz realización de las pruebas.

En lo referente a la acreditación de laboratorios se pudo constatar que el Ecuador está apoyando considerablemente a las distintas entidades que tienen laboratorios de carácter tecnológico.

7.2 RECOMENDACIONES

Es adecuado que el laboratorio acreditado sea utilizado únicamente para los fines con que este fue creado, puesto que cualquier resultado fuera del rango establecido por los estándares ITU-T G, impediría la renovación de la acreditación.

Es conveniente que cualquier empresa que desee utilizar fibra óptica, posea un pleno conocimiento del estado y características de ésta o a su vez solicite un correcto asesoramiento, al fabricante, que sin duda permitirá hacer buen uso de las bondades de la fibra óptica.

Es necesario que se tome muy en serio la importancia del buen estado físico de la fibra óptica antes de realizar una instalación, además de saber interpretar los resultados que muestran los instrumentos de medición sobre todo en lo referente a las pérdidas presentes en el enlace, pues este es el valor decisivo de la calidad de un enlace.

Se debe considerar que a pesar de que las prestaciones de un enlace de fibra son muy amplias y tiene muchos beneficios, el costo de su instalación y mantenimiento es elevado en comparación al del cableado de cobre, por lo que siempre es necesario analizar su costo – beneficio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Diego F. Grosz, “*Sistemas de Comunicación por Fibra Óptica de alta capacidad*”, Disponible:

<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/consejo/boletin51/enPDF/a03.pdf>, Fecha de consulta: 10/04/2012.

[2] Ing. Oscar M. SantaCruz, “*Las Comunicaciones Ópticas*”, Disponible en:

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFO1.pdf>, Fecha de consulta: 10/04/2012.

[3] Xavier Serrano G., Julio Proaño O., “*Trasmisiones Ópticas*”, Disponible en:

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/168/3/Capitulo%202.pdf>, Fecha de consulta: 18/04/2012.

[4] Ledesma Echeverría Rafael Omar, “*Transmisión y Recepción de 2 canales de voz por fibra óptica con premodulación digital*”. Tesis Licenciatura, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Disponible en:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/ledesma_e_ro/capitulo2.pdf, Fecha de consulta: 18/04/2012.

[5] Fluke Networks, “*Cableado de Fibra Óptica para Comunicaciones de Datos Manual de Comprobación y Solución de Problemas*”, Disponible en: http://www.abmrexel.es/img/descargas/pdf/pdf_desc_43.pdf, Fecha de consulta: 12/04/2012.

[6] Ing. Margarita Villegas, “*Principios de Comunicaciones Ópticas*”, Escuela Politécnica del Ejército, Editorial Politécnica, Ecuador 1994.

[7] José A. Martín Pereda, “*Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones*”, PEARSON EDUCACIÓN, SA, Madrid 2004.

[8] Instituto Tecnológico de La Laguna, México, “*Fundamentos de Fibra Óptica*”, Disponible en:

http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/OPTOP DF7_archivos/UNIDAD7TEMA2.PDF, Fecha de consulta: 19/04/2012.

[9] FiberCo, “Conectores”, *Disponible en:* <http://www.fibra-optica.org/productos-fibra-optica/fibra-optica-estandar/productos-estandar.asp>, Fecha de consulta: 22/05/2012

[10] ICONTEC, Norma Técnica Colombiana NTC-ISO/IEC 17025, “*Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*”, Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Apartado 14237, Primera actualización editada 2005-11-08, Bogotá.

[11] Lina Paola Rincón Figueredo, Felipe Fajardo Sanabria, “*Cómo implementar un Sistema de Gestión práctico y eficaz en laboratorios de ensayo y calibración*”, ICONTEC 2007.

[12] Organismo de Acreditación Ecuatoriano, “*Procedimiento de Acreditación de Laboratorios*”, *Disponible en:* http://www.oae.gob.ec/files_oae/laboratorios/PA01_R06_Procedimiento_Acreditacion_LABs.pdf, Fecha de consulta: 30/05/2012.

[13] CEAACES, “*Modelo de Evaluación*”, *Disponible en:* <http://www.ceaaces.gob.ec/images/stories/documentacion/evaluacion%20global.pdf>, fecha de consulta: 31/05/2012.

[14] ITU, “*Recomendaciones de Fibra ITU serie G*”, *Disponible en:* <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=G>, Fecha de consulta: 20/06/2012.

[15] ANSI/TIA/EIA 568 B “Estándar de Cableado estructurado para edificios comerciales”, *Disponible en:* <http://www.csd.uoc.gr/~hy435/material/Cabling%20Standard%20-%20ANSI-TIA-EIA%20568%20B%20-%20Commercial%20Building%20Telecommunications%20Cabling%20Standard.pdf>, Fecha de consulta: 20/06/2012.

[16] Miguel Ángel Manso Callejo, “Comunicaciones Ópticas”, *disponible en:* http://www2.topografia.upm.es/pdi/m.manso/docs/comuni_opticas.pdf, Fecha de consulta: 13/08/2012.

[17] Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR. Facultad de Ingeniería, “*Metodología para determinar esfuerzos de Tensión aplicados a Fibras Ópticas utilizando una Máquina Universal*”, *Disponible en:* http://congresos.cio.mx/3_enc_mujer/files/extensos/Sesion%204/S4-FMCT08.pdf, Fecha de consulta: 15/08/2012.

- [18] CORNING, “Data Center Design and Installation Training Course”, Disponible en: www.corning.com/cablesystems/training, Fecha de consulta: 16/08/2012.
- [19] Xavier Serrano G., Julio Proaño O. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, “Capítulo 3, Red de Fibra Óptica de ETAPA”, Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/168/4/Capitulo%203.pdf>, Fecha de consulta: 16/08/2012.
- [20] COMPLEMENTOS ELECTRÓNICOS S.A., Disponible en: <http://www.complementos-e.com/>, Fecha de consulta: 14/09/2012.
- [21] Fluke Networks, *Certificadora FLUKE DTX-1800*, Disponible en: <http://es.flukenetworks.com/datacom-cabling/copper-testing/dtx-cableanalyzer-series>, Fecha de consulta: 19/09/2012.
- [22] EXFO, *OTDR EXFO ASX-110-12CD-23B*, Disponible en: <http://www.exfo.com/en/Products/Field-Network-Testing/Optical/OTDR-and-iOLM-Testing/>, Fecha de consulta: 19/09/2012.
- [23] FUJIKURA, Empalmadora de Fusión FUJIKURA FSM-60 S, Disponible en: http://fujikura.cl/detalle_producto.php?id=23, Fecha de consulta: 19/09/2012.
- [24] CONECTRÓNICA, Disponible en: <http://www.conectronica.com/>, Fecha de consulta: 20/09/2012.
- [25] “Estructura de la fibra óptica”, Disponible en: <http://www.eslared.org.ve/om/wilac/resources/79.html>, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [26] “Principios de transmisión sobre fibra óptica”, Disponible en: http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/OPTOP DF7_archivos/UNIDAD7TEMA2.PDF, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [27] “Fibra óptica para redes de nueva generación (NGN)”, Disponible en: <http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica-para-redes-de-nueva-generacion-ngn/>, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [28] “Cableado - medios de fibra óptica”, Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos30/cableado/cableado.shtml>, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [29] “Fibras ópticas”, Disponible en: <http://www.yio.com.ar/fo/>, Fecha de consulta: 08/10/2012.

- [30] “La fibra óptica”, Disponible en: <http://lafibraoptica.com/2012/07/06/clasificacion-basica-monomodo-y-multimodo/>, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [31] TELECOMUNICACIONES – CONOCIMIENTOS “Fibra óptica”, Disponible en: <http://telecomunicaciones.conocimientos.com.ve/2009/12/fibra-optica.html>, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [32] EMTT “Conectores FO”, Disponible en: <http://marismas-emtt.blogspot.com/2009/09/conector-st.html>, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [33] “Nuevas tecnologías al servicio del medio ambiente”, Disponible en: <http://notialdiaclaudeth.wordpress.com/2011/09/10/nuevas-tecnologias-al-servicio-del-medio-ambiente/>, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [34] “Ventajas de la Fibra”, Disponible en: <http://www.movilnvasion.es/2011/01/movistar-usara-fibra-optica-de-plastico/>, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [35] UNICOR S.A., Disponible en: http://www.unicorsa.com.ar/equipos_fibrasopticas.htm, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [36] GTS INT, Disponible en: <http://gts-mx.com/gtsint/index.php/es/productos/tecomunicaciones-terrestres/fibra-optica>, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [37] EXFO, *Animated Glosary*, Disponible en: <http://www.exfo.com/Support-and-Services/Be-an-Expert-Training-Program/Animated-Optical-Glossary/>, Fecha de consulta: 27/09/2012.
- [38] Tecnologías IT, Disponible en: <http://noticiasit.tincan.es/promocion-de-bobinas-de-lanzamiento/>, Fecha de consulta: 27/09/2012.
- [39] Fiber Optics Technologies, Disponible en: <http://www.fibromarket.com/View/51/casette-limpiador-de-conectores.aspx>, Fecha de consulta: 28/09/2012.
- [40] ZTE, Disponible en: <http://dc100.4shared.com/doc/NBPeF8J9/preview.html>, Fecha de consulta: 08/10/2012.
- [41] FLUKE, “Certificador DTX Cable Analyzer”, Disponible en: <http://www.nexus.com.pe/imgMarcas/dtxbrochure.pdf>, Fecha de consulta: 12/11/2012.

[42] Ing. P.F. Pérez, “Arquitectura de Redes”, Disponible en: http://www.frm.utn.edu.ar/medidase2/varioparametros_redes2.pdf, Fecha de consulta: 15/11/2012.

[43] Instrument Society of America, “ISA – RP52.1 - 1975”, Disponible en: http://www.isa.org/Content/Microsites121/Standards_and_Practices_Department_Board/Home119/Ballots/TR520001SPB.pdf, Fecha de consulta: 27/11/2012.