

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el autor ha autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Bibliotecas Bucaramanga
Universidad Santo Tomás**

DEFINICIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES DE
COMUNICACIÓN ÓPTICAS EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE
VIGILANCIA TECNOLÓGICA

MARIA STELLA OROZCO CORRALES

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2015

DEFINICIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES DE
COMUNICACIÓN ÓPTICAS EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE
VIGILANCIA TECNOLÓGICA

MARIA STELLA OROZCO CORRALES

Trabajo para optar al título de Ingeniera de Telecomunicaciones

Director

Martha Cervantes., *Qca. M.Sc*
Facultad de Química Ambiental

Director

Ing. Tito Raúl Vargas Hernández., *M.Sc.*
Faculta de Ingeniería de Telecomunicaciones

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2015

DEDICATORIA

A:

Dios, por regalarme esta bendición, por darme sabiduría y entendimiento y poder haber logrado este merito con responsabilidad, por permitirme la oportunidad de emprender un nuevo camino, y por estar de mi mano, guiarme en cada paso que he dado en la vida. La Gloria sea para Ti.

Mis abuelos Ulises Corrales (QEPD) y Stella Armenta (QEPD), por guiarme en mis primeros pasos, e inculcarme lo mejor de ustedes ya que gracias a esos principios y valores soy la persona que soy. Quisiera tenerlos aquí a mi lado y poder recibir este título con ustedes, pero sé que donde se encuentren estarán muy orgullosos de mi por este logro. Este triunfo es de ustedes! Los ame, los amo y los amare SIEMPRE.

Mi Madre Hermosa Ana Corrales, por tus valiosos consejos, por tu constante motivación de ser una profesional, todo lo que soy te lo debo a ti. No me equivoco si digo que eres la mejor mamá del mundo, gracias por tu esfuerzo y la confianza que depositaste en mí. Gracias madre te amo con toda mi alma, este triunfo también es tuyo.

Mi padre Miguel Orozco, por su paciencia y consejos que me han servido en el andar de la vida, y por regalarme la oportunidad de ser una profesional. Gracias papi te amo.

Mi hermano Rafael Orozco, por su sincero apoyo, que más que un hermano es mi amigo, hermanito gracias por ese cariño. Te amo mi papi rafa!

María Camila Sandoval Franco, por brindarme todo el apoyo en esta última etapa de mi carrera profesional, por estar siempre ahí y tenderme la mano cuando más lo necesite, gracias por tu paciencia y comprensión. Te quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera profesional, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por haberme brindado una vida llena de aprendizajes, experiencias y mucha felicidad.

Agradezco sinceramente a mi asesora Martha Cervantes, por creer en mí, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia, y sus valiosos consejos fueron fundamentales en todo este proceso.

Agradezco al Ingeniero Tito Vargas, por todo el apoyo brindado, por su esfuerzo y dedicación, por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	13
1 DEFINICIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN ÓPTICAS EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA.....	14
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
2 MARCO DE REFERENCIA	17
2.1 MARCO TEÓRICO	17
2.1.1 Las Redes de Acceso.	17
2.1.2 Tipos de redes de acceso.....	18
2.1.3 Redes ópticas de acceso.....	18
2.1.4 Tecnologías de red óptica de acceso.	20
2.1.5 Estructura de una Red FTTx.....	28
2.1.6 FTTx (<i>Fiber To The x</i>).....	29
2.1.7 Técnicas de multiplexación.....	31
2.1.8 Topologías de redes ópticas de acceso	33
2.1.9 Vigilancia Tecnológica	45
2.2 ESTADO DEL ARTE.....	52
3 METODOLOGÍA	58
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	60
5 GRUPOS DE INVESTIGACIÓN E INSTITUCIONES NACIONALES E INTERNACIONALES RELACIONADAS CON INVESTIGACIÓN EN REDES ÓPTICAS	98
6 FABRICANTES.....	101
6.1 PROVEEDORES	101
6.2 EMPRESA A NIVEL LOCAL.....	103
7 DISEÑO DE UNA RED GPON CON ESPECIFICACIONES TODO ÓPTICO.....	104
8 NOTICIAS RELACIONADAS CON REDES ÓPTICAS.....	111
9 CONCLUSIONES	116
BIBLIOGRAFÍA.....	118

LISTA DE CUADROS

	pág
Cuadro 1. Técnica de los componentes del equipo.....	35
Cuadro 2. Características generales de las tarjetas del equipo OLT MA5680T-Huawei.	36
Cuadro 3. Especificaciones Puertos GPON dela OLT MA5680T-Huawei.....	36
Cuadro 4. Características Generales MxK 819.	37
Cuadro 5. Módulos de Acceso.....	37
Cuadro 6. Pérdida de Inserción.	41
Cuadro 7. Hoja técnica de los diversos conectores de <i>TE connectivity</i>	41
Cuadro 8. Características de los puertos de la ONT Huawei.	43
Cuadro 9. Características de los Puertos.	44
Cuadro 10. Características de las ONT's.	45
Cuadro 11. Estructura jerárquica de la clasificación IPC " <i>HElectricity</i> ".	51
Cuadro 12. Ecuaciones de búsqueda de términos asociados al estudio de redes de comunicación ópticas. Fecha de actualización: 03 de enero de 2015.	67
Cuadro 13. Tarjetas y puertos generales del OLT MA5680T.	105
Cuadro 14. Especificaciones de puertos GPON del MA5680T	106
Cuadro 15. Características de la Fibra Óptica ezPREP Draka.	107
Cuadro 16. Especificaciones Técnicas.....	107
Cuadro 17. Características del Splitter.	107
Cuadro 18. Características ONT <i>Echolife</i> OT925-G.....	109
Cuadro 19. Especificaciones de los Puertos.	109

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Red de Acceso Óptico.....	19
Figura 2. Topología de una Red PON.	20
Figura 3. Características Tecnologías xPON.....	21
Figura 4. Tráfico BPON.....	23
Figura 5. Esquema general de una red GPON.....	24
Figura 6. Red óptica pasiva de tipo punto a punto	24
Figura 7. Red óptica activa de tipo punto a multipunto.....	24
Figura 8. Red óptica GPON: De tipo punto a multipunto y pasiva.....	25
Figura 9. Ventajas de la Red GPON sobre ADSL 2 Generación.....	26
Figura 10. Características de Una Red GPON y una Red SDH.....	27
Figura 11. Red Óptica Pasiva.....	28
Figura 12. Tecnologías FTTx.....	30
Figura 13. Descripción general de WDM	31
Figura 14. Red FTTH-GPON	34
Figura 15. OLT's de tres distintos proveedores, <i>Alcatel Lucent, Huawei, Zhone</i>	35
Figura 16. Fibra Óptica <i>Optronics</i> Cable Exterior armado.....	38
Figura 17. Fibra Óptica <i>Optronics</i> Cable Interior - Exterior.....	39
Figura 18. Conector SC <i>Optronics</i>	40
Figura 19. Splitter PLC.....	41
Figura 20. ONT Huawei.	43
Figura 21. ONT's Alcatel-Lucent I-020 e I-040.	45
Figura 22. Metodología de Vigilancia Tecnológica realizada por Sánchez y Palop.....	46
Figura 23. Pasos implicados en el proceso general de la Minería de Texto. ...	47
Figura 24. Etapas de la metodología de vigilancia tecnológica aplicada a las redes de comunicación ópticas.....	58
Figura 25. Dinámica científica en el estudio de las redes ópticas.	60
Figura 26. Revistas científicas más importantes en el estudio de las redes ópticas.....	61
Figura 27. Países que más publican en el tema de las redes ópticas.....	62

Figura 28. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican las redes ópticas.	62
Figura 29. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.	63
Figura 30. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.	64
Figura 31. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.	64
Figura 32. Dinámica científica en el estudio de las redes “all optic*”.	65
Figura 33. Principales revistas científicas relacionadas con las publicaciones en “All optic*”	66
Figura 34. Distribución de las publicaciones por países en el tema de “All optic*”	66
Figura 35. Importancia de las palabras claves asignadas para estudio de acuerdo con el número de registros en la base de datos.	68
Figura 36. Dinámica científica en el estudio de wavelength división multiplexing.	69
Figura 37. Revistas científicas más importantes en el estudio de wavelength división multiplexing.	70
Figura 38. Países que más publican en el tema de wavelength división multiplexing.	70
Figura 39. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican wavelength división multiplexing.	71
Figura 40. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.	72
Figura 41. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.	72
Figura 42. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.	73
Figura 43. Dinámica científica en el estudio de broadband network.	73
Figura 44. Revistas científicas más importantes en el estudio de broadband network.	74
Figura 45. Países que más publican en el tema de broadband network.	75
Figura 46. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican broadband network.	75
Figura 47. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.	76
Figura 48. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.	76
Figura 49. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.	77
Figura 50. Dinámica científica en el estudio de next generation network.	77
Figura 51. Revistas científicas más importantes en el estudio de next generation network.	78
Figura 52. Países que más publican en el tema de next generation network.	79
Figura 53. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican next generation network.	79

Figura 54. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.	80
Figura 55. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.	80
56. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.	81
Figura 57. Dinámica científica en el estudio de optical packet switching.	81
Figura 58. Revistas científicas más importantes en el estudio de <i>optical packet switching</i>	82
Figura 59. Países que más publican en el tema de óptical packet switching. ...	83
Figura 60. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican next generation network.	83
Figura 61. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.	84
Figura 62. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.	84
Figura 63. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.	85
Figura 64. Dinámica científica en el estudio de <i>Optical Access Network</i>	85
Figura 65. Revistas científicas más importantes en el estudio de <i>optical Access network</i>	86
Figura 66. Países que más publican en el tema de <i>optical Access network</i>	87
Figura 67. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican <i>optical Access network</i>	88
Figura 68. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.	88
69. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.	89
Figura 70. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario. ...	89
Figura 71. Dinámica de las publicaciones en el tema:	90
Figura 72. Distribución de los artículos por revistas científicas	91
Figura 73. Distribución de los artículos por países a nivel mundial	91
Figura 74. Distribución de artículos por autores	92
Figura 75. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican las redes GPON..	92
Figura 76. Dinámica inventiva de patentes por año	93
Figura 77. Principales aplicantes de patentes en GPON	93
Figura 78. Distribución de patentes por oficinas de patentes	94
Figura 79. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC	95
Figura 80. Principales patentes en el tema de GPON	95
Figura 81. OLT <i>Huawei</i> MA5680T.	104
Figura 82. Fibra Optica <i>Draka Comteq</i> EZ Prep Loose Tuve Cable	106
Figura 83. ONT <i>Echolife</i> OT925-G.	108

INDICE DE ABREVIATURAS

PON : Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas.

GPON: Gigabit Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit.

DSL: Digital Subscriber Line, Línea Digital de Suscriptor.

FTTX: Fiber To The X(Any Place), Fibra hasta X(Cualquier Lugar).

OLT : Optical Line Terminal, Terminal de Línea Óptica.

ONT: Optical Network Terminal, Terminal de Red Óptica.

ONU: Optical Network Unit, Unidad de Red Óptica.

ODN: Optical Distribution Network, Red Óptica de Distribución.

APON: ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas ATM (Modo de Transferencia Asíncrono).

BPON: Broadband Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas de Banda Ancha.

EPON: Ethernet Passive Optical Network, Redes Ópticas Pasivas Ethernet.

VDSL: Very High Speed Digital Subscriber Line, Línea Digital de Suscriptor de muy alta Velocidad.

SDH: Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Síncrona.

WDM: Wavelength Division Multiplexing, Multiplexación por División de Longitud de Onda.

FTTH: Fiber to the Home, Fibra hasta la Casa.

FTTN: Fiber to the Node, Fibra hasta el Nodo.

FTTB : Fiber to the Building, Fibra hasta el Edificio.

FTTC: Fiber to the Curb, Fibra hasta la Acera

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo principal el estudio del estado del arte de las redes de comunicación ópticas empleando las herramientas de vigilancia tecnológica. También se realizó una extensa vigilancia tecnológica para el grupo de investigación UNITEL de la universidad Santo Tomas, quienes encomendaron una labor, la cual fue actualizar el estado en la línea de investigación comunicaciones ópticas y se hizo énfasis en el tema redes de acceso óptico.

Se realizó una vigilancia tecnológica donde se obtuvo una visión general sobre la actividad científica relacionada con el tema de investigación. Allí se realizó un análisis por año, revistas, países, áreas de conocimientos, etc.

Todos estos datos se pudo extraer de la base de datos *Scopus (Elsevier, B: V 2015)*.

En el documento se presentan los datos más relevantes obtenidos durante la realización del ejercicio de Vigilancia Tecnológica aplicada a la definición del estado del arte en Redes de Acceso todo óptico (*All Óptic*).

En los capítulos 1,2, y 3 se presentan respectivamente la formulación del problema la justificación y los objetivos.

Capítulo 4 Comprende el marco de referencia y el estado del arte que cubre los aspectos de tipos de redes de acceso, tipos de redes ópticas de acceso, estructura de una red FTTx, técnicas de multiplexación, topologías de redes de acceso óptico, adicionalmente se incluyen los conceptos sobre vigilancia tecnológica, base de datos y patentes.

Capítulo 5 Comprende la metodología de la vigilancia tecnológica mediante la definición de palabras claves y consulta de base de datos especializadas de artículos y patentes, además página de internet de proveedor y/o fabricantes de tecnología de equipos para el diseño de Redes Ópticas.

Capítulo 6 contiene el análisis de resultado en la cual se presenta la dinámica de investigación de los términos sugeridos o de los factores críticos de vigilancia empleando como criterio de evaluación el número de artículos científicos registrados en la base de datos y la actividad inventiva desarrolladas en el tema de Redes Ópticas.

Capítulo 7 Conclusiones del ejercicio de vigilancia.

INTRODUCCIÓN

“Las redes ópticas están cobrando cada vez más importancia, ya que son la única tecnología de última generación en redes de telecomunicaciones capaz de sacar el mayor provecho al ancho de banda ofrecido por la fibra óptica, permitiendo gran capacidad, transmisiones en redes metropolitanas y de larga distancia, a la vez, que es compatible con SDH/SONET y Ethernet”.¹

La evolución tecnológica de las redes ópticas se ha generado como resultado de los exitosos trabajos de investigación aportadas por la industria y la academia. Cada investigación desarrollada pretende consolidar y perfeccionar esta tecnología de transmisión óptica a raíz de la funcionalidad y prestaciones que ofrece implementar este tipo de redes.

A pesar de que son diversas las formas de abordar los proyectos de investigación en redes ópticas, siempre se debe tener muy claro el punto de partida de la misma, esto con el fin de evitar caer en errores ya cometidos o descubrir lo ya descubierto, es decir, se da a conocer el estado del arte para saber el estado actual de la temática abordada y como llegar al objetivo planteado.²

Teniendo en cuenta que el estado del arte es una pieza clave para iniciar cualquier tipo de investigación en redes ópticas, es importante definir el estado del arte de las redes ópticas, de tal forma, que se pueda observar el comportamiento investigativo en el área de las redes ópticas. Además es importante definirlo, porque al conocer las diferentes variables y tendencias en torno a la tecnología óptica de telecomunicaciones, facilita definir claramente un punto de partida de los trabajos a partir del cual se abordarán diversos trabajos de investigación.

Después de hacer el análisis cuantitativo y mirar como es la tendencia y la investigación en cada una de las ecuaciones de búsqueda con los términos asociados, se decidió consultar las páginas de los proveedores y fabricantes más importantes con el fin de establecer una Red GPON ya que con todo lo que cada fabricante ofrece se pudo generar la red toda óptica.

Se elaboró una Red con los equipos necesarios para realización de una Red GPON. Y además se genera un listado de equipos compatibles con características de acceso todo óptico.

¹ (27 de enero de 2013). Redes DWDM metropolitanas. Available: www.ramonmillan.com/tutoriales/dwdmmetro.php

² MILLÁN,R. Redes DWDM metropolitanas. [Print(0)]. 27 de enero de 2013. [Consultado el 27 de enero2014]. Disponible en: www.ramonmillan.com/tutoriales/dwdmmetro.php

1 DEFINICIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN ÓPTICAS EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Con el transcurrir del tiempo se ha dado solución a necesidades que demanda el ser humano, las cuales exigen mayor comodidad y mejor calidad de vida, y que en la mayoría de situaciones requieren retos tecnológicos que deben solucionarse con inmediatez. El uso desmedido de aplicaciones multimedia de última generación ha provocado que el volumen de datos transportados por las redes de comunicaciones vaya en aumento de manera cada vez más rápida, pues son aplicaciones que requieren gran ancho de banda para un óptimo desempeño; esto exige usar canales de transmisión que suplan la demanda requerida por usuarios conectados a internet. La fibra óptica es considerada como el medio de transmisión que ofrece mejor capacidad para el transporte de información, por lo tanto, las redes de comunicaciones ópticas se convierten en la mejor opción para transportar de datos actuales y futuros

De acuerdo con la importancia de las redes de comunicaciones ópticas, mantener el satisfactorio proceso evolutivo que se ha dado y mejorar el desempeño que éstas puedan tener, se convierte en un nuevo reto que los investigadores deben asumir para lograr una mejora constante y un óptimo desempeño de este tipo de redes. Las redes ópticas actuales, no surgieron de la noche a la mañana, sino que fue desarrollándose como parte de un proceso continuo de investigación, que actualmente se sigue presentando, donde se han empleado diferentes tecnologías, técnicas, modelos, instrumentos, etc; las cuales en su mayoría no ofrecen resultados completamente satisfactorias o rápidamente quedan obsoletas. Además, los avances generados no han sido resultado de procesos paralelos separados sino por el contrario se obtienen como un proceso ordenado, continuo y consecutivo que se retroalimenta y optimiza las falencias contenidas en una versión anterior.³

Realizar un estudio sobre redes de comunicaciones ópticas no siempre garantiza avanzar hacia un nuevo descubrimiento o mejora sino se hace uso de herramientas bibliográficas adecuadas que ubiquen en un contexto al investigador y le indiquen el camino correcto por el cual dirigir la misma. Elaborar un óptimo diseño de una red de comunicaciones ópticas, ya sea para aportar una mejora al sistema o desarrollar un nuevo elemento de la red, implica hacer uso de adecuadas técnicas, modelos y métodos, los cuales deben estar apoyados de una base teórica de referencia actualizada que permita identificarlos desarrollos que anteriormente se han realizado evitando esfuerzos mayores o simplemente repetir errores ya superados.

³ GUTIÉRRES CASTREJÓN, Ramón. Hacia Un Sistema De Telecomunicaciones Completamente Óptico. UNAM, 2005.

Por otro lado, las nuevas tecnologías permiten a los investigadores acceder a grandes cantidades de información de primera mano. Sin embargo, el problema real radica en la calidad de dicha información y en el aprovechamiento que se le da. De igual manera, también existen diversos recursos bibliográficos digitales reconocidos científicamente que ayudan en los procesos de investigación y paradójicamente, muchos investigadores se centran en recuperar información de todo tipo mediante herramientas de búsqueda comunes (como Google y/o *Wikipedia*). Por esta causa, se limitan a información fragmentada y de poco rigor científico o académico.

Este trabajo puede ayudarle al investigador a profundizar y responderse cuestiones sobre ¿cuáles son las novedades que se han desarrollado? ¿Qué artículos son los más actuales sobre este tema? ¿Quiénes los producen?.

El objeto de este trabajo es brindar una metodología de vigilancia tecnológica aplicable a una de las líneas de investigación de la facultad de ingeniería de telecomunicaciones.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Desde la invención de la fibra óptica como medio de transmisión ideal de señales de luz, se han ido estudiando sus interesantes propiedades con el fin de vincularla a las redes de comunicaciones y éstas han abierto un mundo de posibles desarrollos en los que continuamente se consiguen importantes progresos. Hoy en día suscita un gran interés sobre este tema en la comunidad científica que trabaja en el área de comunicaciones ópticas. Gran cantidad de empresas también examinan con detenimiento los avances científicos que se originan por las ventajas competitivas y económicas que conllevaría la incorporación de nuevas tecnología en la arquitectura de red óptica empleada para el tráfico de datos.

Esta búsqueda aporta a la definición del estado del arte de una línea de investigación de la Unidad de Investigación en Ingeniería de Telecomunicaciones (UNITEL) de la Universidad Santo Tomás Bucaramanga. En efecto, con los resultados que se obtengan podrán beneficiarse las investigaciones UNITEL está adelantando porque proporcionan una amplia visión sobre las tendencias actuales y futuras a nivel nacional e internacional, en el campo de las comunicaciones ópticas. Estos resultados orientaran la definición de los objetivos de la investigación en UNITEL en los nuevos rumbos que pueda tomar la investigación en esta área y fomentarán también las innovaciones de impacto en los proyectos.

La presente propuesta constituye una ayuda metodológica valiosa para los investigadores de la Facultad de Telecomunicaciones puesto que instruye sobre los alcances de algunos recursos bibliográficos de la universidad y que, aún no aprovechan por desconocimiento de sus ventajas.

Por lo tanto, es necesario generar un estado del arte en redes ópticas que permita fortalecer las competencias en vigilancia tecnológica.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Aplicar los conceptos y metodología de la vigilancia tecnológica para la definición del estado del arte en el desarrollo tecnológico de las redes de comunicaciones ópticas, con el fin de apoyar la agenda de investigación del grupo de investigación UNITEL de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer la evolución en el tiempo de la actividad científica e inventiva de las redes de comunicación ópticas para definir el grado de interés en este tema.
- Identificar las principales áreas de conocimiento en las cuales se aplican los desarrollos tecnológicos de las redes de comunicación ópticas.
- Identificar instituciones públicas y privadas que se encargan del desarrollo de nuevas tecnologías aplicables a las redes de comunicaciones ópticas.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

El constante incremento en el mercado entorno al ancho de banda está revolucionando causando que los proveedores de servicios ofrezcan en su portafolio servicios “triple play” que incluyen voz, datos y video. Es preciso mencionar que la fibra óptica ofrece capacidades de ancho de banda casi ilimitado, excelente rendimiento y cada vez más se está convirtiendo en un medio de transmisión de económica instalación, lo cual demuestra la superioridad sobre otras tecnologías de banda ancha. Sin embargo, no se puede desconocer que medios de cobre y tecnologías inalámbricas están evolucionando, logrando satisfacer hasta ahora la creciente demanda de ancho de banda de los usuarios.⁴

2.1.1 Las Redes de Acceso. “Es un sistema implementado entre la central local y el usuario, que sustituye una parte o toda la red de distribución de línea vocal. La red de acceso proporciona servicios portadores de transporte a los proveedores de servicios y a la red. Es la red que permite a los usuarios establecer un enlace entre su propio terminal de abonado y la red del servicio, para la utilización del servicio requerido. Va desde el punto de terminal de red (punto de conexión en los predios de abonado) hasta el nodo en donde se encuentra conectado el usuario. En la RTPC el acceso de los abonados se hace, en la gran mayoría de los casos, a través del denominado bucle local o bucle de abonado. De otro lado, las redes de acceso de las redes de datos están constituidas generalmente por enlaces dedicados alquilados, ya sea sobre par de cobre, cable coaxial, fibra óptica, satélite, etc.”⁵

- **Redes HFC (*Híbrida Fiber Coaxial*).**

“Una red HFC es una red híbrida de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y coaxial como soportes de la transmisión de señales, esta red ofrece todo tipo de servicios por un único acceso y de manera integrada, reemplazando parte de la red coaxial con fibra óptica, tiene mayor capacidad de servicio, mayor enlace y es bidireccional, a diferencia de las redes basadas solo en cable coaxial, las cuales son muy limitadas en los servicios que pueden ofrecer”⁶.

⁴ CORNING, Incorporated. Broadband Technology Overview. En: Optical Fiber. 06. vol. WP, no. 6321, p. 1-16

⁵ MINTIC, Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Redes De Acceso. (UIT-T Q.831.1 (00), 1.3.1). [Electronic(1)]. Jueves, 14 de mayo de 2015. [Consultado el Junio 012015]. Disponible en: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-5730.html>

⁶ RAMOS, R., GOMEZ, C., FLOREZ, Y., LONDOÑO, J. Sistemas De Telecomunicaciones Con Tecnología HFC. [Electronic(1)]. Octubre, 2010. [Consultado el Junio 012015]. Disponible en: <https://www.blogger.com/profile/08653963712472738485>

Las redes HFC son capaces de ofrecer y soportar varios servicios por un único acceso y de forma integrada esto es, TV, telefonía, internet y otros servicios.⁷

2.1.2 Tipos de redes de acceso.

2.1.2.1 Redes de acceso. “El trayecto de las redes de telecomunicación, el tramo que une el domicilio de cada usuario con el resto de la red, se denomina red de acceso. Dentro de la red de acceso, se pueden englobar todos los elementos encargados de llevar los contenidos multimedia hasta el usuario y atender las peticiones de éste por el canal de retorno”⁸.

2.1.2.2 Redes de acceso óptico. “Para sustituir las limitaciones que presenta el par trenzado de cobre y poder prestar de forma masiva servicios que requieren de un gran ancho de banda se decidió introducir la fibra óptica en el nodo de acceso lo que permite disponer de un medio de transmisión con gran capacidad de ancho de banda, dando el soporte para ofrecer servicios Triple Play logrando proporcionar los niveles de calidad adecuados para cada aplicación, además la fibra óptica ofrece varias ventajas como la conexión de puntos distantes sin necesidad de equipos intermedios y presenta inmunidad a las interferencias electromagnéticas haciendo apta para ser usada en ambientes industriales”⁹.

2.1.3 Redes ópticas de acceso.

2.1.3.1 Red de Acceso Óptico.

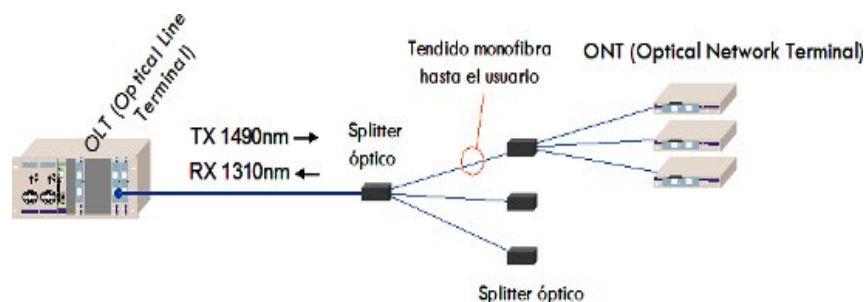
En la Figura 1. Se muestra una referencia de lo que se entiende por una red de acceso de fibra óptica, es decir, un conjunto de equipos e instalaciones que conectan elementos de la red de transporte con los terminales de los usuarios.

⁷ Ibid

⁸ QUISHPE, Alejandra y VINUEZA, Nuvia. Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (Fiber To The X). Trabajo de grado Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. 16 p.

⁹ QUISHPE, Alejandra y VINUEZA, Nuvia. Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (Fiber To The X). Trabajo de grado Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. 16 p.

Figura 1. Red de Acceso Óptico.



Fuente: Redes Inteligentes. Available: <http://www.telnet-ri.es/>

Avanzando desde la red al usuario, se pueden distinguir las siguientes partes:

- **Terminador de Línea Óptica (OLT, Optical Line Terminal).** “Es un equipo de transmisión que adapta la interfaz de los conmutadores o servidores al medio portador de la red de acceso, generalmente está instalado junto a estos dispositivos en el mismo edificio.”
- **Red de distribución de Fibra Óptica (ODN, Optical Distribution Network).** “Constituye la planta exterior propiamente dicha, un conjunto de cables que salen del edificio de la central y se van ramificando hasta llegar a los equipos terminales que algunas veces pero no siempre, constituyen el final de la red de fibra. Es decir, la ODN provee el medio de transmisión óptico para la conexión física desde el OLT hacia el usuario y viceversa.”
- **Terminador de Red Óptica (ONT, Optical Network Terminator).** “Son centros donde la señal óptica es dividida para llegar a áreas más distantes disminuyendo el número de fibras para atender a los accesos específicos de cada área. Son fáciles de reconocer ya que son montados como especie de armarios donde se hace la división, distribución y gestión de la señal óptica. Estos armarios pueden ser reemplazados por cajas de empalme asociados a divisores.”
- **Acometida.** “Es el tramo adicional entre los terminales de red y el usuario, generalmente constituida por pares de cobre, coaxiales, en algunos casos puede ser fibra o incluso una interfaz de radio, dependiendo de la transmisión empleada se debe incluir un equipo terminal de usuario, en el caso de cobre se empleara un modem.”¹⁰

¹⁰ QUISHPE, Alejandra y VINUEZA, Nuvia. Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (Fiber To The X). Trabajo de grado Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. 16 p.

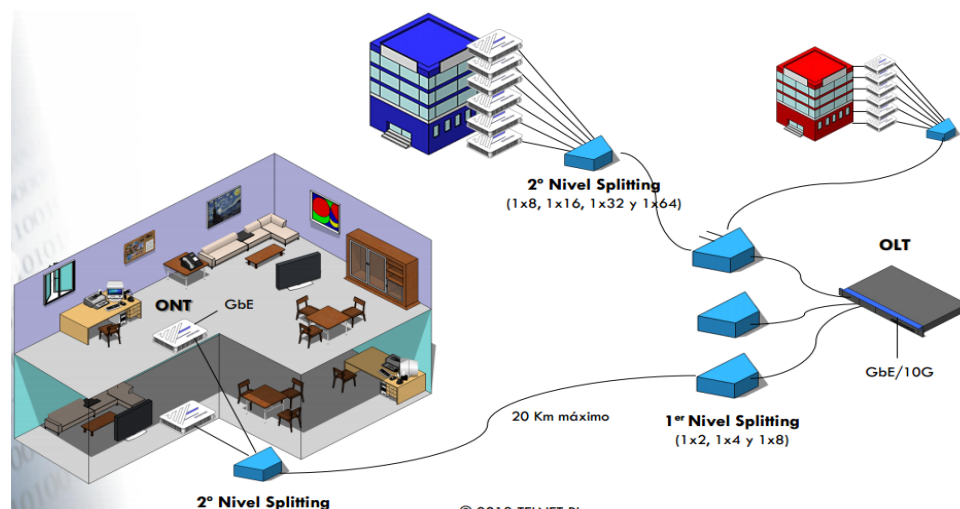
2.1.4 Tecnologías de red óptica de acceso.

▪ **Redes xPON. (*x Passive Optical Network*).** “En los últimos años, la Sociedad de la Información ha experimentado un rápido desarrollo, debido, en gran parte, a la aparición de nuevos servicios que demandan un gran ancho de banda (ascendente y descendente) y a la creciente capacidad que requieren las redes móviles”¹¹.

“El resultado de estos dos factores se ha traducido en la necesidad de mejores redes de comunicaciones capaces de ofrecer un mayor ancho de banda a un menor coste. En la actualidad la tecnología ADSL compite con las instalaciones de fibra hasta el hogar en el mercado doméstico y los operadores cada vez ofrecen más soluciones de FTTH (*Fiber To The Home*) acompañadas de servicios de valor añadido como televisión de alta definición o a la carta”¹².

En la figura 2. Se explica la topología de una red PON.

Figura 2. Topología de una Red PON.



Fuente: Redes Inteligentes. Available: <http://www.telnet-ri.es/>

“Una Red Óptica Pasiva (PON) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el proveedor de servicios de telecomunicaciones y el cliente, introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos para encaminar el tráfico por la red. La utilización de estos sistemas pasivos -cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico, también conocido como splitter- reduce considerablemente los costes de instalación y mantenimiento”¹³.

¹¹ TOLEDO, A. Redes De Acceso De Banda Ancha y ONT. [Electronic(1)]. 8 de Noviembre de 2014. [Consultado el mayo 29 2015]. Disponible en: <https://prezi.com/tgsnlxg53gnp/copy-of-redes-de-acceso-de-banda-ancha-y-otn/>

¹² PEREZ, C. Presentación EPON y GPON. [Electronic(1)]. 9 de Agosto de 2013. [Consultado el Abril 02 2015]. Disponible en: <http://chelsyp11.blogspot.com>

¹³ SANGUÑA, Fernando Paul. Estudio Técnico De La Red De Comunicaciones Para Brindar Los Servicios De Voz, Internet y Video Por Demanda De Una Urbanización. Proyecto Previo a La Obtención Del Título De Ingeniero En Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador.: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería y Electrónica, 2010. p. 71.

“Las Redes PON representan la base sobre la que se están construyendo las nuevas redes de acceso de banda ancha sobre fibra óptica en hasta el hogar. Esta nueva aproximación tecnológica es conocida como FTTH (*Fiber to the home*)”¹².

En la Figura 3. Se muestran las características específicas de las tecnologías xPON. Dando una breve explicación de cada una.

Figura 3. Características Tecnologías xPON



Fuente: QUISHPE, Alejandra y VINUEZA, Nuvia. Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTH (Fiber To The X). Trabajo de grado Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. 16 p.

“Las redes ópticas pasivas presentan una arquitectura similar a las redes de cable en las que existen varios nodos ópticos, unidos con la cabecera a través de fibra óptica, básicamente la fibra óptica se ramifica sucesivamente mediante acopladores o divisores ópticos pasivos, desde la OLT hasta llegar a cada

ONU, tratándose de una topología física de difusión en la cual todas las ONUs reciben la señal completa”.

“Las redes ópticas pasivas sustituyen el tramo de coaxial por fibra óptica monomodo y los divisores eléctricos por divisores ópticos. De esta manera, se eliminan todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente; de ahí proviene el adjetivo “pasivas” dado a las redes de infraestructura de fibra óptica.

Existen algunas variantes de las redes PON, tales como: APON, BPON, GPON y EPON”¹⁴.

- **Redes APON [ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network]**. “La red APON típica es la que utiliza accesos VDSL, donde la ONU está a pocos metros del cliente.

APON basa su transmisión en el canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona) con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONUs que estén conectadas en canal ascendente. Su inconveniente inicial era la limitación de los 155 Mbps que más adelante se aumentó hasta los 622 Mbps”.

- **Redes BPON (Broadband PON – Red Pasiva de Banda Ancha)**. “Se basan en las redes APON, se refiere a una red para el soporte de servicios que requieran una anchura de banda superior a la correspondiente a la velocidad binaria básica de la RDSI, que incluiría servicios de video y de distribución, pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha, en los que se incluye: Ethernet, distribución de video, VPL (líneas privadas virtuales, *virtual private line*), etc”.

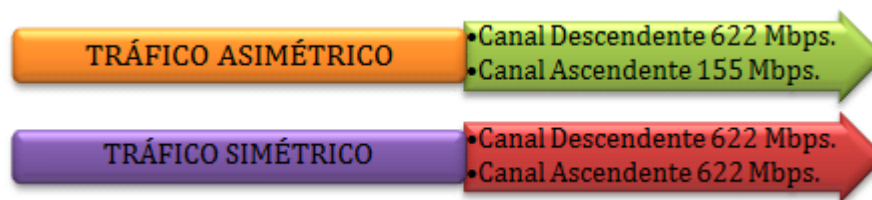
Originalmente estaba definida como una tasa de 155 Mbps fijos en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir:¹⁵

En la siguiente Figura se explica el tráfico asimétrico y simétrico que contiene la tecnología BPON.

¹⁴ QUISHPE, Alejandra y VINUEZA, Nuvia. Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (Fiber To The X). Trabajo de grado Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. 16 p.

¹⁵ QUISHPE, Alejandra y VINUEZA, Nuvia. Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (Fiber To The X). Trabajo de grado Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. 16 p.

Figura 4. Tráfico BPON.



Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>

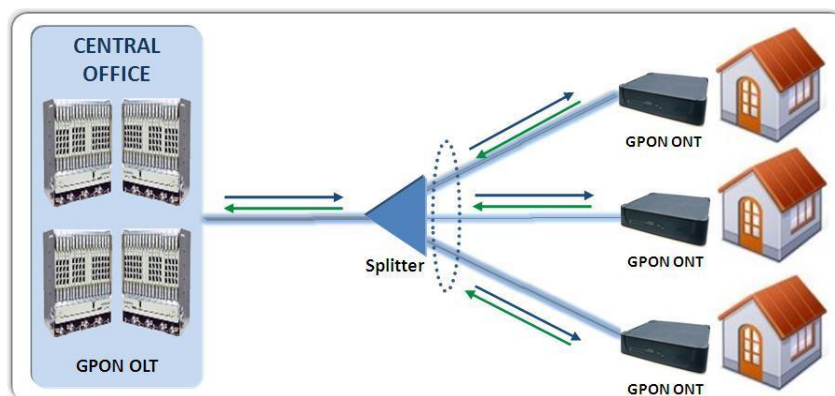
▪ **Redes GPON (Gigabit PON).** Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o *Gigabit-capable Passive Optical Network*).
Sus características principales son las siguientes:

- ❖ “Red estandarizada en 2003-2004 por ITU-T, a fin de garantizar la compatibilidad en el funcionamiento de equipos de distintos fabricantes”.
- ❖ “Alcance máximo de 20 km, aunque el estándar se ha preparado para que pueda llegar hasta los 60 km”.
- ❖ “Soporte de varios bit rate con el mismo protocolo, incluyendo velocidades simétricas de 622 Mbit/s, 1.25 Gbit/s, y asimétricas de 2.5 Gbit/s (2.488 Gbp/s) en el enlace descendente y 1.25 Gbit/s (1,244 Gbp/s) en el ascendente”.
- ❖ “El número máximo de usuarios que pueden colgar de una misma fibra es 64 (el sistema está preparado para permitir hasta 128 usuarios en una misma fibra) mediante *splitters* ópticos pasivos”.
- ❖ “Tanto el sentido descendente como el ascendente viajan en la misma fibra óptica. Para ello se utiliza una multiplexación WDM (*Wavelength Division Multiplexing*)”.
- ❖ “Red de tipo pasivo y topología punto a multipunto”.
- ❖ “Encriptación de datos para asegurar la privacidad en las comunicaciones de los usuarios”¹⁶.

“En la Figura 5 muestra que las redes GPON utilizan un OLT (*optical line terminal*), el cual conecta con varios ONT (*optical network terminals*) usando una red óptica pasiva de distribución. Al ser una red de tipo punto a multipunto se evita la necesidad de llevar un número elevado de fibras hasta la oficina central o centro de distribución. Además, al ser una red de tipo pasivo, mediante la utilización de *splitters* ópticos, se evita igualmente la necesidad de utilizar equipos activos en campo (amplificadores, switches, etc). Los *splitters* ópticos tampoco requieren sistemas de refrigeración o alimentación y su funcionamiento es extremadamente estable, asegurando un funcionamiento sin fallos de forma continuada. Las redes GPON son, por tanto, la alternativa más válida a las redes pasivas de tipo punto a punto y a las redes activas, las cuales necesitan equipos activos en campo”¹⁷.

¹⁶ DEL RIO, Enrique. Proyecto De Innovación Sobre Fibras y Redes. [Electronic(1)]. 27 de mayo de 2013. [Consultado el Febrero 122015]. Disponible en: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/2013/05/27/visita-al-izarra-centre-ermua-un-edificio-con-la-ict2-y-mucho-mas/>

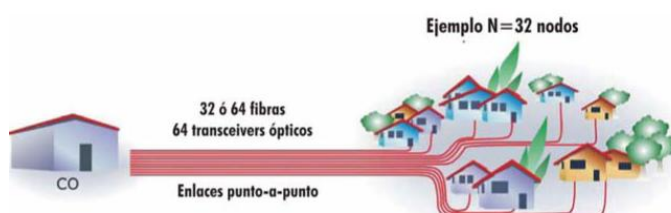
Figura 5. Esquema general de una red GPON



Fuente: (27/06/2013). *Visita al Izarra Centre (Ermua): Un edificio con la ICT2 y mucho más.* Available: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/2013/05/27/visita-al-izarra-centre-ermua-un-edificio-con-la-ict2-y-mucho-mas/>

La Figura 6. Muestra la estructura de una Red óptica pasiva de tipo punto a punto.

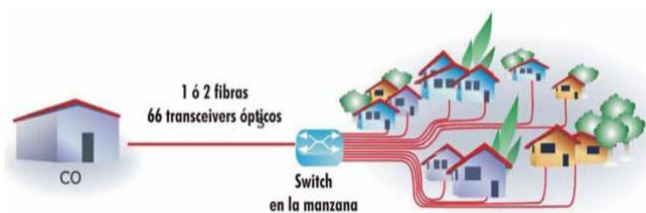
Figura 6. Red óptica pasiva de tipo punto a punto



Fuente: (2015). *La importancia de un etiquetado correcto en las instalaciones de cableado estructurado.* Available: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/page/3/>

La Figura 7. Muestra la estructura de una Red óptica activa de tipo punto a multipunto.

Figura 7. Red óptica activa de tipo punto a multipunto

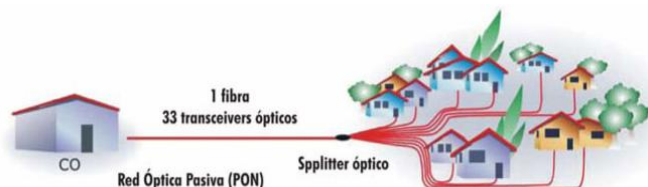


Fuente: (2015). *La importancia de un etiquetado correcto en las instalaciones de cableado estructurado.* Available: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/page/3/>

La Figura 8. Muestra la estructura de una Red óptica activa de tipo multipunto a pasiva.

¹⁷ DEL RIO, Enrique. Proyecto De Innovación Sobre Fibras y Redes. [Electronic(1)]. 27 de mayo de 2013. [Consultado el Febrero 122015]. Disponible en: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/2013/05/27/visita-al-izarra-centre-ermua-un-edificio-con-la-ict2-y-mucho-mas/>

Figura 8. Red óptica GPON: De tipo punto a multipunto y pasiva



Fuente: (2015). *La importancia de un etiquetado correcto en las instalaciones de cableado estructurado*. Available: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/page/3/>

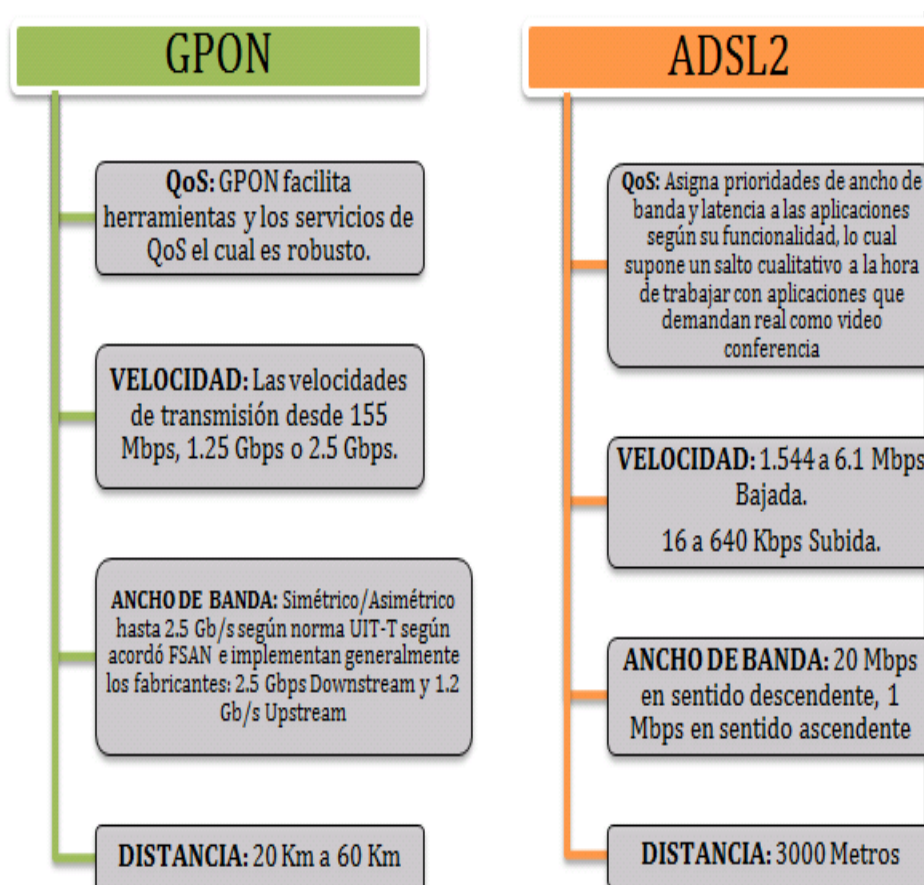
▪ **Red Gpon vs otras tecnologías.**

❖ **ADSL de Segunda Generación Vs Red GPON.** “ADSL es una de las arquitecturas más comunes en el mundo para la conexión de Internet. Sin embargo, las redes de nueva generación basadas en fibra y en especial GPON, han acaparado la atención de los operadores, medios de comunicación y usuario por su velocidad de transmisión de datos y demás características como se observa en Figura 9”¹⁸.

Al analizar la Figura 9. se observa que GPON es superior a ADSL porque garantiza un número de usuarios por nodo de acceso mucho mayor (por ser atractivo en ancho de banda), mayores distancias hasta el abonado reduciendo el número de centrales y permitiendo que todos los usuarios tengan acceso a todos los servicios, distribución basada en punto a multipunto reduciendo el tendido de cables, reducción de costos en mantenimiento, infraestructura de acceso totalmente pasiva reduciendo la alimentación y puntos de fallos, etc¹⁷.

¹⁸ GUTIERREZ, Viviana., ESPINOSA, Diana., HERNÁNDEZ, Cesar. Impacto y manifestación del uso de las redes GPON en Colombia frente a otras tecnologías. En: *Teleinformática*. Enero-Junio 2011.vol. 2 no. 1, p. 86-99

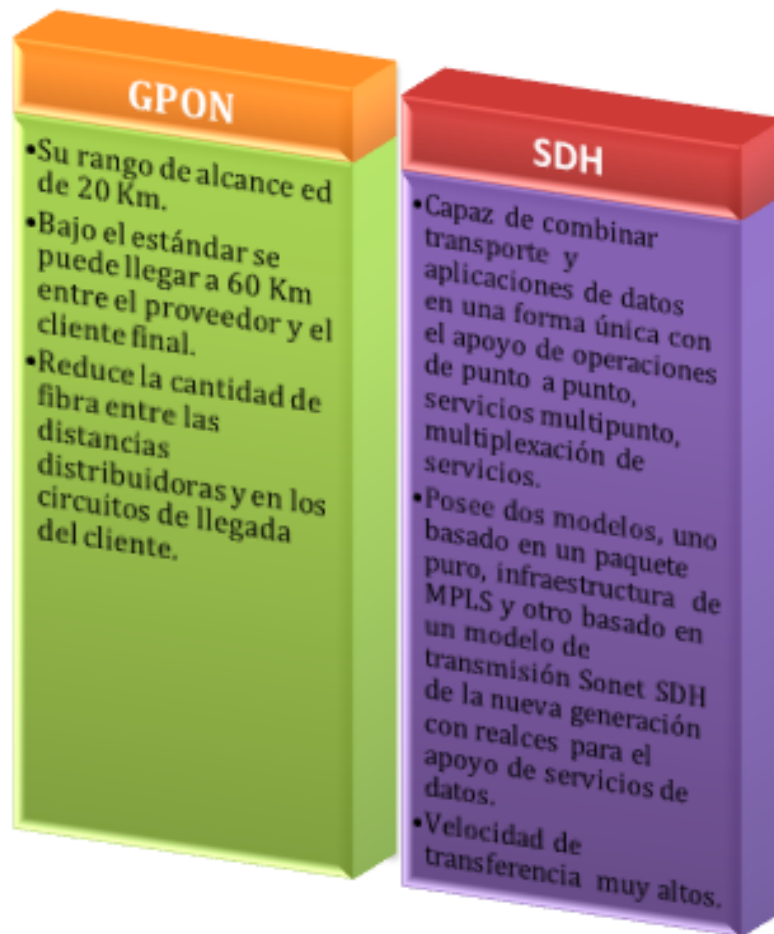
Figura 9. Ventajas de la Red GPON sobre ADSL 2 Generación.



Fuente: GUTIERREZ, Viviana., ESPINOSA, Diana., HERNÁNDEZ, Cesar. Impacto y manifestación del uso de las redes GPON en Colombia frente a otras tecnologías. En: Teleinformática. Enero-Junio 2011.vol. 2 no. 1, p. 86-99

En la Figura 10. Se explica la evidencia que el uso de GPON facilita el transporte de información.

Figura 10. Características de Una Red GPON y una Red SDH.



Fuente: (GUTIERREZ, Viviana., ESPINOSA, Diana., HERNÁNDEZ, Cesar. Impacto y manifestación del uso de las redes GPON en Colombia frente a otras tecnologías. En: Teleinformática. Enero-Junio 2011.vol. 2 no. 1, p. 86-99

En la Figura 10. Se puede observar la desventaja que presenta utilizar SDH en el transporte de la información, comparado con Red GPON, es la limitación de tecnología al tratar de soportar velocidades de 10Gbps a 40Gps (o superiores). Esto es debido a que por debajo de los 10 Gbps las características de la fibra óptica monomodo convencional (o G.652) tienen un impacto relativamente bajo sobre la calidad de la transmisión; pero por encima de los 10 Gbps, sus efectos deben ser tenidos muy en cuenta.¹⁷

▪ **Redes EPON (Ethernet PON).** “Acceso óptico de la tecnología se puede dividir en dos categorías: la red óptica activa (AON) y red óptica pasiva (PON). PON es una red de medios pura, debido a la eliminación del dispositivo activo entre la oficina y el cliente. Su característica principal es que el equipo activo se elimina de la red de acceso. Por lo que puede evitar la interferencia externa contra rayos y equipos electromagnéticos, reducir las líneas y la falla del equipo externo, y mejorar la fiabilidad del sistema. Además, también se puede ahorrar coste de mantenimiento. Es la tecnología de las expectativas de los clientes a largo plazo. PON tiene la buena transparencia en los negocios.

Se puede aplicar a cualquier formato y la tasa de la señal en principio. Sobre la base de las técnicas prácticas de PON son principalmente APON / BPON, GPON, EPON / GPON y así sucesivamente. La principal diferencia está utilizando diferentes los dos-tecnología. El EPON (*Ethernet Passive Optical Network*) se combina con la mejor tecnología y un poco de la estructura de la red”.

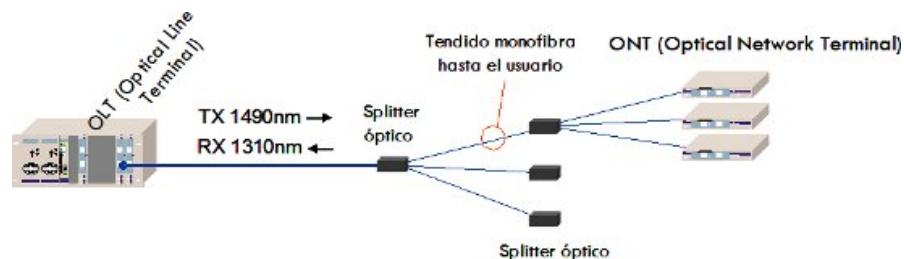
“EPON utiliza la estructura de punto a punto pasivos, modo de transmisión de fibra óptica, ofrece una variedad de operación en el anterior de Ethernet. Debido a su estructura económica y eficiente, y de 10 Gbit / s anillo troncal y metro etérico, aparecerán en el futuro EPON investigaciones que se convirtieron en los mejores últimos kilómetros de soluciones. Esto hace a un usuario tener acceso a EPON, se convirtieron en los métodos de comunicación más eficaces. De hecho, EPON se evolucionó gradualmente de APON (ATM es la falta de red óptica, ATM red óptica pasiva), en el lado del usuario, ONU (la Unidad de Red óptica, Unidades de Redes Ópticas) en lugar de puntos de interpolación SDH multiplex y routers de APON. En el lado de la oficina, se utiliza la OLT (Terminal circuito de la luz) en lugar de SDH trasplante múltiple y centralita ATM de APON”¹⁹.

2.1.5 Estructura de una Red FTTx. Una red óptica pasiva es una red punto-multipunto formada básicamente por:

- ❖ Sistema OLT (*Optical Line Terminal* – Terminal Óptico de Línea) localizado en las instalaciones del operador.
- ❖ Red de fibra óptica monofibra con una topología árbol-rama
- ❖ Divisor óptico (*splitter*)
- ❖ ONTs (*Optical Network Terminal* - Terminal Óptico de Red), ubicadas en el domicilio del usuario.
- ❖ La transmisión se realiza entre OLT y múltiples ONTs utilizando la red de fibra óptica común. En esta red de fibra están presentes los divisores ópticos que son los responsables de encaminar la señal procedente de la OLT a cada una de las ONT.

El procedimiento de la red se muestra en la figura 11.

Figura 11. Red Óptica Pasiva.



¹⁹ KUI, Lu y SHUNXIANG, Zhang. EPON Based Communication Service Framework Under Coal Mine. En: Computer Science & Service System (CSSS), 2012 International Conference on. 2012. p. 620-623

- **Canal descendente.** “En canal descendente una red PON utiliza la longitud de onda de 1490nm y se comporta como un sistema de envío punto-multipunto. En este entorno la OLT envía señales ópticas que el divisor se encarga de distribuir a todas las ONT. Una vez que la información ha llegado a la ONT sólo pueden ser abiertos aquellas unidades de información dirigidas a un usuario/ONT concreto. El resto de la información permanece cifrada”¹⁹.

- **Canal ascendente.** En canal ascendente una PON se comporta siguiendo un modelo de comunicación punto a punto. En él, cada ONT transmite contenidos a la OLT en 1310nm. Por esta razón es necesaria la arbitración del uso del canal de transmisión según uso modelos TDMA (*Time Division Multiple Access*) para que cada ONT envíe la información en diferentes instantes de tiempo. Este control se realiza desde la OLT. Al mismo tiempo, todos los usuarios se sincronizan a través de un proceso conocido como "Ranging"²⁰.

2.1.6 FTTx (*Fiber To The x*).

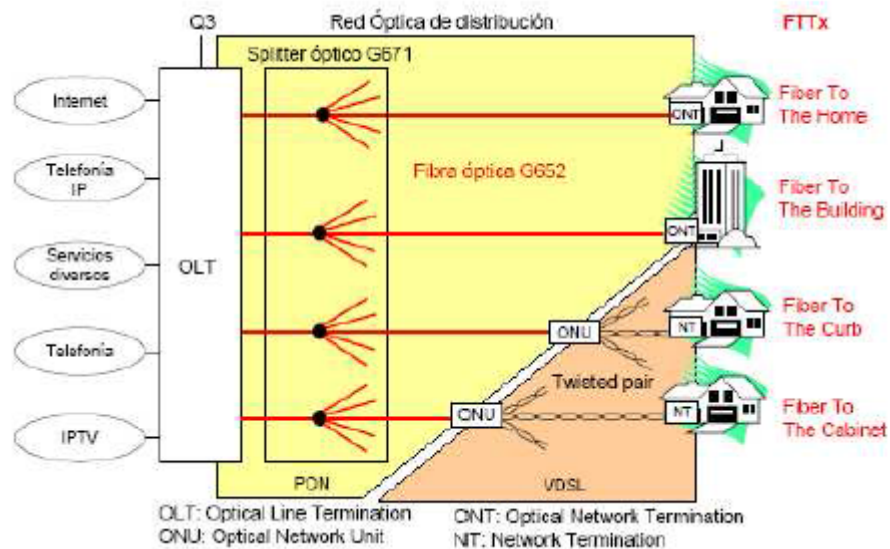
“En la actualidad, las redes FTTx están en fase de experimentación, estandarización y comercialización. Una red de acceso FTTx se compone de tres elementos básicos, el nodo de acceso, también denominado terminal de línea óptico OLT (*Optical Line Terminal*), una red de distribución de fibra ODN (*Optical Distribution Network*) y varias unidades ópticas de red ONU. En virtud de la cercanía de la ONU al domicilio del abandono las redes FTTx poseen diferentes nombres y características”²¹.

En la Figura 12. Se emplea la clasificación más empleada de las redes FTTx es la que se relaciona a continuación incluyendo algunas características generales.

²⁰ QUISHPE PÉREZ, Alejandra Soraya; VINUEZA ESTÉVEZ, Nuvia Soraya y JIMÉNEZ JIMÉNEZ, María Soledad. Estudio De Factibilidad De Una Red De Acceso Para Servicios Triple Play En El Sector Central De La Ciudad De Ibarra, Mediante La Combinación De Las Tecnologías FTTX (FIBER TO THE X). [Print(0)]: 2010.

²¹ BOSSANO, María., MOREJON, ADRIANA. Estudio y Diseño De Una Red De Acceso GPON Para Los Servicios De Telecomunicaciones Triple Play (Voz, Video y Datos) En El Sector Oriental De La Ciudad De RIOBAMBA. Previo La Obtención Del Título De Ingeniero En Electrónica Telecomunicaciones y Redes. RIOBAMBA, Ecuador.: Escuela superior politécnica de chimborazo. Facultad de informática y electrónica, 2012. p. 53.

Figura 12. Tecnologías FTTx



Fuente: A. S. QUISHPE PÉREZ, N. S. VINUEZA ESTÉVEZ and M. S. JIMÉNEZ JIMÉNEZ, "Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTx (FIBER TO THE X)." Nov, 2010.

➤ **Fibra hasta el hogar FTTH ("Fiber To The Home").** "Se trata de llegar con fibra hasta el hogar del abandono, directamente desde el OLT (La ONU se encuentra sita en el hogar del abandono). Es la alternativa más directa puesto que no emplea segmentos de cable conductor, pero de mayor coste para proporcionar acceso de banda ancha (aprox 25 Mb/s por usuario). Requiere transmisión completamente óptica de forma descendente y ascendente: cada usuario necesita una ONU con trx óptico (motivo de su alto coste) en su hogar. Actualmente resulta un enfoque arriesgado, debido a las técnicas de compresión digital"²⁰.

➤ **Fibra hasta el edificio FTTB ("Fiber To TheBuilding").** "Se trata de llegar con la fibra hasta el interior de un edificio residencial o de negocios. Existe una única ONU para todo el edificio, de forma que la parte de cobre restante (coaxial) <500 m. El número de usuarios que comparten la ONU oscila entre 8-16"²⁰.

➤ **Fibra hasta la manzana FTTC ("Fiber To TheCurb") o FTTK ("Fiber To TheKerb").** "Se trata de compartir la ONU y el tendido final de fibra por parte de varios abonados (ubicados en una manzana o área residencial de pequeña extensión. La Parte de cobre restante por abonado es<500 m. el número de usuarios que comparten la ONU oscila entre 16-32. Las capacidades típicas son de 25-25 Mb/s (ascendente residencial), 2.6 Mb/s (ascendente residencial), 12 MB/S (ascendente/descendente negocios)"²⁰.

➤ **Fibra hasta el armario FTTCab ("Fiber To TheCabinet").** "Se trata de una configuración similar a la anterior, donde el tramo de cobre es de longitud

inferior a 1.5 Km, el número de abonados que comparten una ONU es superior (64-128), pero las capacidades son inferiores. Las capacidades típicas son 25-Mb/s (descendente residencial), 2 Mb/s (ascendente residencial), 2 Mb/s (ascendente/descendente para negocios)²⁰.

➤ **Fibra hasta la central FTTE_x (“Fiber To The Exchange”).** “La fibra termina cerca del OLT y la longitud del tramo de cobre es de longitud inferior a 5Km. El número de abonados que comparten una ONU es 64-128. Las capacidades típicas son: 1.5-6 Mb/s (descendente residencial), 64-40 Kb/s (ascendente residencial), 0.5 Mb/s (ascendente/ descendente para negocios)²⁰.

2.1.7 Técnicas de multiplexación.

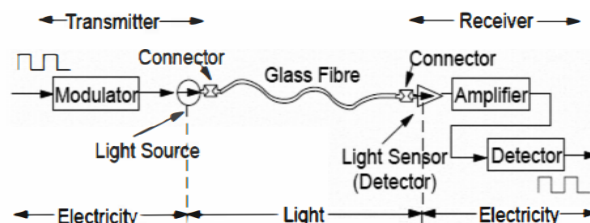
► **WDM. Wavelength Division Multiplexing (WDM)** es la tecnología básica de redes ópticas. Es una técnica para usar una fibra (o dispositivo óptico) para llevar a muchos canales ópticos separados e independientes.

“El principio es idéntico al utilizado cuando sintonizar nuestro receptor de televisión a uno de los muchos canales de televisión. Cada canal se transmite en una frecuencia de radio diferente y seleccionar entre ellos el uso de un "sintonizador", que es simplemente un circuito resonante en el televisor. Por supuesto longitud de onda en el mundo óptico es justo la manera que elegimos para hacer referencia a la frecuencia y WDM óptico es bastante idéntica a FDM radio. Otra forma de prever WDM es considerar que cada canal consta de luz de un color diferente. Así, un sistema WDM transmite un "arco iris". En realidad en las longitudes de onda de la luz involucrada es invisible pero es una buena manera de describir el principio. Para la comunicación de larga distancia para alcanzar error uso libre recepción de repetidores es esencial repetidores son costosos²².

► **¿Qué es WDM?** WDM es la tecnología básica de redes ópticas. Es una técnica para usar una fibra (o dispositivo óptico) para llevar a muchos canales ópticos separados e independientes.

En la Figura 13 se genera la descripción general de la tecnología básica de redes ópticas (WDM).

Figura 13. Descripción general de WDM



Fuente: S. CHAUGULE and A. MORE, "WDM and optical amplifier (wavelength division multiplexing)," in Mechanical and Electronics Engineering (ICMEE), 2010 2nd International Conference on, 2010, pp. V2-232-V2-236.

²² KARTALOPOULOS, Stamatios. Optical wavelength division multiplexing (WDM) networks and technology.

“Hay muchas variedades de WDM. Una forma simple se puede construir usando 13 a 10 nm como una longitud de onda y 1550 como la otra o 850 y 13 10 Este tipo de WDM se puede construir utilizando componentes relativamente simples y de bajo costo y algunas aplicaciones han estado en operación por varios años utilizando este principio. WDM densa sin embargo, es otra cosa. Dense WDM se refiere a la estrecha separación de canales”.

Para algunos, una serie de canales WDM espaciados a 3,6 nm califica aparte de la descripción. Otros utilizan el término para distinguir sistemas en los que el espaciado de longitud de onda es de 1 nm o menos por canal. WDM es la tecnología básica para redes ópticas completa.²³

► **DWDM.** “*Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) es una tecnología fotónica que es capaz de aumentar el número de longitudes de onda en la misma fibra, logrando así mayor ancho de banda agregado que excede 1 Tbit / s. Actualmente, la tecnología WDM es considerada la única tecnología de comunicaciones óptica para el presente y el futuro que se desplegarán en el acceso, así como de larga distancia y aplicaciones de transporte ultra-largas y en diversas topologías de red. WDM es posible gracias a la nueva tecnología fotónica que llevó a dar nuevos componentes fotónicos. Entre ellos se encuentran los filtros ópticos, moduladores, rejillas, amplificadores ópticos, acopladores, divisores, multiplexores *add-drop* ópticos (OADM), conexiones cruzadas ópticas, láseres sintonizables, fotodetectores súper rápidos y sensibles, interruptores ópticos, polarizadores, compensadores y ecualizadores y nuevo y mejorado fibra. Este tutorial identifica los fenómenos fotónicos que determinan los límites de las estrategias fotónicos de transmisión y de contramedidas, principios DWDM, componentes ópticos, sistemas y redes”²³.

“Técnica Dense WDM (DWDM) utiliza una separación de canales de 100 a 200 GHz entre los usuarios sucesivos.

(DWDM) esquema de Ultra Dense WDM ha reducido aún más la separación de canales a 25-50 GHz, aumentando así la capacidad de las redes DWDM existentes. Varios usuarios están soportados usando multiplexores (MUX) y De-multiplexores (DEMUX) y estos dispositivos son muy cruciales en las redes ópticas”.

“*Wavelength Division Multiplexing* (WDM) Redes ópticas pasivas basadas (PON) dan mayor capacidad que Hora estándar multiplexado por división (TDM) PON. Esquema Ultra Dense WDM (DWDM) aumenta en gran medida la capacidad de estas redes y se necesita para satisfacer la creciente demanda de los enlaces ópticos de alta capacidad”²⁴

²³ CHAUGULE,S. y MORE,A. Mechanical and Electronics Engineering (ICMEE), 2010 2nd International Conference On. 2010. p. V2-232-V2-236

²⁴ GUPTA,K.; MUKHOPADHYAY,T. y GOYANKA,A. Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS), 2013 IEEE International Conference On. 2013. p. 1-5

2.1.8 Topologías de redes ópticas de acceso

✓ **FTTH + PON.** “Es una tecnología de red de banda ancha que despliega completamente el cable de fibra óptica para la entrega de servicios *Triple Play* (voz, video, y de acceso a datos de alta velocidad) para que el cliente los lugares residenciales o áreas comerciales. Una serie de factores están aumentando el interés de los proveedores de servicios de red en ofrecer los servicios de triple play. Más importante aún, los suscriptores están encontrando un número creciente de aplicaciones que impulsan su deseo de mayor ancho de banda, incluyendo acceso a Internet, juegos interactivos, y la entrega de video”.

“Desde el FTTH-PON puede acomodar a un gran número de suscriptores, cuando cualquier ocurrencia de corte de fibra / fallo, la red de acceso será sin ninguna función detrás del punto de ruptura. Debido a la gran capacidad de transporte logrado por la red de acceso óptico, fallos causados por enormes pérdidas de datos e influyen en gran medida de un gran número de usuarios en un área amplia. Cualquier interrupción del servicio debido a una rotura de la fibra se puede traducir en una tremenda pérdida financiera en el negocio para los proveedores de servicios de red”²⁵.

✓ **FTTH + GPON.** “GPON es una tecnología que ha sido la energía de caballo de muchos despliegues FTTH recientes. Al ser una tecnología madura que está lejos de ser bien apoyado por herramientas de planificación y dimensionamiento apropiados”²⁴.

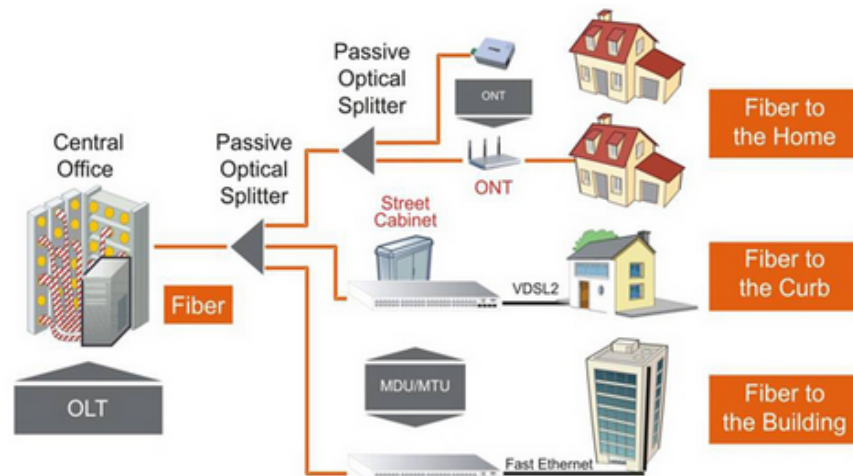
Hoy en día, uno de los aspectos dominantes de telecomunicaciones sigue siendo la creciente demanda de ancho de banda. Esta situación llevó a un creciente uso de la fibra óptica con tecnología GPON que sirve como una fuente de caballo de muchos despliegues de FTTH.²⁶

Se puede visualizar detalladamente el esquema de una red FTTH-GPON. (Ver Figura 14).

²⁵ NG BOON, Chuan, et al. Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications, 2009. CITISIA 2009. 2009. p. 299-304

²⁶ SILVEIRINHA FÉLIX, H. y DE OLIVEIRA DUARTE, A. M. Telecommunications Forum (TELFOR), 2013 21st. 2013. p. 164-167

Figura 14. Red FTTH-GPON



Fuente: *FTTH SOLUTION GPON*. Available: <http://www.accton.com/NewsPage.asp?sno=80>

El diseño de una red FTTH - GPON como se muestra en la figura 15. Para servir a un mercado en particular, con un crecimiento dinámico en el tiempo es una tarea compleja debido no sólo a la heterogeneidad y la granularidad de los equipos involucrados, sino también por las inversiones necesarias para la introducción de esta tecnología son enorme y dependen de un gran número de factores (la dinámica del mercado, patrones de uso, la competencia, etc)²⁷.

A continuación se hace una revisión acerca de las empresas que facilitan los equipos necesarios para crear una red de acceso, es decir, se hizo una revisión de varios fabricantes que trabajan con los equipos que se necesitan para crear la red todo óptico. Algunos fabrican equipos todo óptico, otros no. Con respecto a la revisión se obtiene una definición teórica acerca de cada uno de las empresas y equipos revisados.

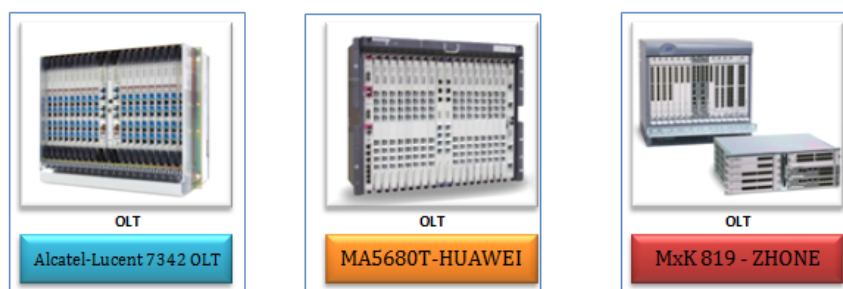
OLTs: Terminador de Línea Óptica (OLT, Optical Line Terminal).

Alcatel – Lucent. HUAWEI. ZHONG.

Al analizar la figura 15. Se detalla una pequeña comparación y explicación de tres distintas marcas que proveen OLT's.

²⁷ SILVEIRINHA FÉLIX, H. y DE OLIVEIRA DUARTE, A. M. Telecommunications Forum (TELFOR), 2013 21st. 2013. p. 164-167

Figura 15. OLT's de tres distintos proveedores, Alcatel Lucent, Huawei, Zhone.



En el cuadro 1. Se muestra la información técnica de los componentes de la OLT **Alcatel-Lucent 7342 OLT**.

Cuadro 1. Técnica de los componentes del equipo

COMPONENTE	MNEMOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN
<i>Estante</i>	ALTS-N	Un estante de serie con una unidad de ventilación integrada
	OLTS-M	Estante XAUI sin ventilador
<i>Unidad FAN</i>	AFAN-S	Velocidad variable , ventiladores redundantes para estante OLTS - M enfriamiento
<i>terminación de red tarjetas (NT)</i>	EHNT-A EHNT-B	48Gb/s tarjeta NT 48Gb/s tarjeta NT(OLTS-M solamente)
	EXNT-A	200 Gb/s tarjeta NT(OLTS-M solamente)
<i>1-GE SFP</i>	-	Módulo óptico enchufable 1 - GE para la tarjeta NT
<i>1-GE SFP eléctrico</i>	-	1 - GE módulo eléctrico enchufable para el NT tarjeta
<i>10- GE XFP</i>	-	Módulo óptico enchufable 10 - GE para la tarjeta NT
<i>Tarjeta de terminación de línea(LT)</i>	GLT2-A, GLT2-B	LT GPON con dos interfaces GPON
	GLT4-x	LT GPON con cuatro interfaces GPON
<i>TRU</i>	ATRU-M ATRU-N ATRU-U GTRU-B	Unidad de la rejilla superior , versión M , versión N , o versión T
<i>Unidad de control de alarma</i>	AACU-C	Unidad de control de alarma versión c

Fuente: Técnica de los componentes del equipo. Available: <http://www.alcatel-mobilephones.com/co/>

El cuadro 2. Especifica las características generales de las tarjetas de la OLT **MA5680T-HUAWEI**

Cuadro 2. Características generales de las tarjetas del equipo OLT MA5680T-Huawei.

TARJETA	NOMBRE	FUNCIÓN	PUERTOS
SCUL	Super control unit	Funciona como el tablero de control para el sistema	1 puerto para mantenimiento
OPFA	Tarjeta interfaz óptica FE	Suministra 16 puertos ópticos FE	16 puertos FE
GPBC	Tarjeta de interfaz GPON	Provee acceso a GPON	4 puertos GPON
GICF	Tarjeta interfaz GE uplink	Proporciona los puertos GE upstream	2 puertos (ópticos) GE
GICG	Tarjeta interfaz eléctrica GE uplink	Proporciona los puertos GE upstream	2 puertos (eléctricos) GE
X1CA	Tarjeta interfaz óptica 10GE uplink	Provee enlace de subida para puertos 10GE	1 puerto óptico 10GE
X2CA	Tarjeta interfaz óptica 10GE uplink	Provee enlace de subida para puertos 10GE	2 puertos ópticos 10GE
TOPA	Tarjeta de interfaz TDM	Provee conexión uplink E1	16 puertos E1
ETHA	Interfaz de subred GE	Brinda funciones de la subred GE	8 puertos ópticos GE
PRTG	Tarjeta de interfaz de potencia	Provee alimentación de potencia para el servicio del chasis	1 conector de potencia
BIUA	Interfaz BITS	Procesamiento de señales de reloj	2 ingresos de reloj bits y 1 salida de reloj bits

Fuente: (2015). SmartAX MA5680T Optical Access Equipment V800R005 Product Description. Available: <http://www.huawei.com/co/>

El cuadro 3. Muestra Los puertos GPON de la OLT **MA5680T-HUAWEI** que poseen las siguientes especificaciones:

Cuadro 3. Especificaciones Puertos GPON dela OLT MA5680T-Huawei.

Tasa de transmisión:
transmisión: 2.5 Gbit/s
recepción: 1.5 Gbit/s
Tipo de conector:
SC/PC
Distancia máxima de transmisión:
20 KM
Longitud de onda central:
transmisión: 1490nm
recepción: 1310nm
Potencia de transmisión óptica:
1.5dBm a 5dBm
Radio de extinción:
10 dB
Sensibilidad máxima de recepción:
-28 dBm
Potencia de sobrecarga:
-8dBm
Estándar:
ITU-T G.984 clase B+

Fuente: (2015). SmartAX MA5680T Optical Access Equipment V800R005 Product Description. Available: <http://www.huawei.com/co/>

El cuadro 4. Especifica las características generales de las tarjetas de la OLT **MxK 819 - ZHONE**.

Cuadro 4. Características Generales MxK 819.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	
Slots	16	1-14 slots acceso
		15-16 slots A,B uplink
Enlaces uplink	Basado en tramas Ethernet nativas	
Interfaces 10 Gigabit Ethernet	2	
Interfaces Gigabit Ethernet	8	
Matriz de procesamiento MxK	200 Gbps/módulos	
Capacidad agregada backplane	140 Gbps redundante	
Soporta aplicaciones GPON con velocidades	2.5 Gbpsdw / 1.25 Gbps up	

Fuente: Resumen ejecutivo de la solución MxK de Zhone Technologies, Inc.

En el cuadro 5. Se especifica los módulos de Acceso de la OLT **MxK 819 - ZHONE**.

Cuadro 5. Módulos de Acceso.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
MXK-AEX20-FE/GE-2S	20 puertos Active Ethernet (sfp) 2 slots
MXK-GPONX2-IO	2 puertos GPON OLT
MXK-ADSL-NXT	48 puertos ADSL2 + Anexo M
MXK-ADSL-NXT-SPLTR	48 puertos ADSL2 + Anexo M con Splitters

Fuente: Resumen ejecutivo de la solución MxK de Zhone Technologies, Inc.

■ **FIBRA OPTICA:** La Fibra Óptica es un cable delgado y flexible de vidrio u otro material dieléctrico con un índice de refracción alto, es capaz de concentrar, guiar y transmitir la luz con muy pocas pérdidas incluso cuando esté curvada. Está formada por dos cilindros concéntricos, el interior llamado núcleo y el exterior llamado cubierta que cubre el contorno, ambos tienen diferente índice de refracción (n_2 de la cubierta es de aproximadamente 0.2 a 0.3 % inferior al del núcleo n_1).²⁸

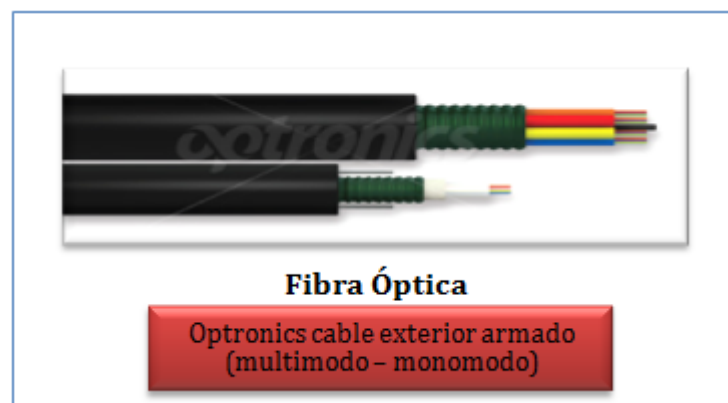
Existen dos tipos de fibra óptica, la monomodo y la multimodo:

- **Fibra óptica multimodo.** “Este tipo de fibra fue el primero en fabricarse y comercializarse. Su nombre proviene del hecho de que transporta múltiples modos de forma simultánea, ya que este tipo de fibra se caracteriza por tener un diámetro del núcleo mucho mayor que las fibras monomodo. El número de modos que se propagan por una fibra óptica depende de su apertura numérica o cono de aceptación de rayos de luz a la entrada”²⁶

- **Fibra óptica monomodo.** “Las fibras ópticas monomodo tienen un diámetro del núcleo mucho menor, lo que permite que se transmita un único modo y se evite la dispersión multimodal. Los diámetros de núcleo y cubierta típicos para estas fibras son de 9/125 μ m. Al igual que las fibras multimodo, las primeras fibras monomodo eran de salto de índice, si bien en la actualidad existen diseños bastante más complejos del perfil de índice de refracción que permiten configurar múltiples propiedades de la fibra. Las fibras monomodo también se caracterizan por una menor atenuación que las fibras multimodo, aunque como desventaja resulta más complicado el acoplamiento de la luz y las tolerancias de los conectores y empalmes son más estrictas”²⁶.

Se hace una breve revisión acerca de algunos proveedores que me generan fibra óptica. Como se muestra en la Figura 16, y Figura 17.

Figura 16. Fibra Óptica *Optronics* Cable Exterior armado.



²⁸ JUSTO, Eduardo. ¿Qué Es La Fibra Óptica? [Electronic(1)]. 26 de Febrero de 2014. [Consultado el Octubre 222014]. Disponible en: http://practicalcpifibraoptica.blogspot.com/2014_02_01_archive.html

Características de la fibra

- Cumple con el estándar ANSI/TIA/EIA-568-C.3.
- Resistencia en climas extremos
- El cable unitubo ofrece 2 guías de acero proporciona firmeza y estabilidad en el cable.
- El tubo holgado es de alta resistencia, evita que se contraigan las fibras y es relleno de gel contra agua para la protección de las fibras.
- Las fibras ofrecen baja pérdida de inserción.
- Cable compacto, flexible y resistente.

Fuente: OPTRONICS. CABLE FIBRA ÓPTICA, Cable Exterior Armado. [Electronic(1)]. [Consultado el junio 232015]. Disponible en: <http://optronics.com.mx/index.php?mod=eCommerce&ext=group&subid=1&id=1>

Figura 17. Fibra Óptica Optronics Cable Interior - Exterior.



Características de la fibra

- Excelente protección mecánica con kevlar.
- Diseñado para aplicaciones de enlaces ópticos en exterior.
- Construcción Tight Buffer.
- Código de colores según EIA/TIA -598-A.
- Todo la construcción del cable es dieléctrico.
- Cubierta de PVC tipo OFNR y OFNP.
- Inmune a interferencia eléctrica.
- Ofrece baja atenuación.
- Ideal para enlaces a corta distancia.

Fuente: OPTRONICS. CABLES FIBRA ÓPTICA, Cable Interior-Exterior, Multimodo-Monomodo. [Electronic(1)]. [Consultado el Enero 182015]. Disponible en: http://optronics.com.mx/index.php?mod=eCommerce&ext=group&subid=1&id=3#data_div

■ **CONECTORES.** “Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se hallan los siguientes”²⁹:

- ❖ FC, que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- ❖ FDDI, se usa para redes de fibra óptica.
- ❖ LC y MT-Array que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.

²⁹ DUQUE, Juan., MORA, Jose., BARRADA, Juan. Conectores. [Electronic(1)]. [Consultado el Octubre 222014]. Disponible en: <http://juanraiman1.wix.com/fibra-optica-administracion#!>

- ❖ SC y SC-Dúplex se utilizan para la transmisión de datos.
- ❖ ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

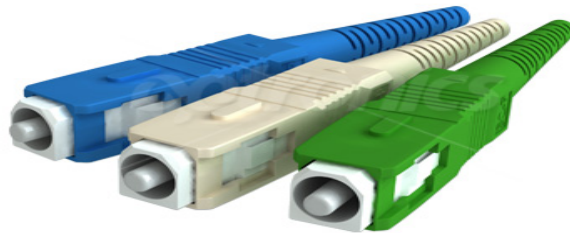
Así mismo se realiza una breve revisión acerca de algunos proveedores que generan conectores. Como se muestra en la Figura 18.

■ Conector SC Optronics.

“El conector SC se trata de un conector de plástico, con férula de cerámica y sujeción *push-pull*. Es un buen conector en términos de pérdidas, y se utiliza tanto para fibras multimodo como para monomodo”³⁰.

En la figura 18. Los conectores SC se comercializan en tres colores diferentes: azul, para fibras monomodo; beige para fibras multimodo; y verde para fibras de larga distancia, generalmente monomodo.

Figura 18. Conector SC Optronics.



Fuente: OPTRONICS. CONECTORES, Conector SC Multimodo - Monomodo. [Electronic(1)]. 24 de junio de 2015. [Consultado el junio 202015]. Disponible en: http://optronics.com.mx/index.php?mod=eCommerce&ext=group&subid=4&id=184#data_div

- **Características:**

- ❖ Fabricado conforme a los estándares de Telecordia y ANSI/TIA/EIA
- ❖ Permite la continuidad de la fuente de luz
- ❖ Cuerpo de plástico resistente
- ❖ Manga de cerámica y bronce
- ❖ Permite una alineación exacta entre dos fibras
- ❖ Instalación de simple encaje o atornillado
- ❖ Sistema de acoplación tipo *PushPull*
- ❖ Alineación precisa, baja atenuación en inserción
- ❖ Diseño compacto de una sola pieza simplex o dúplex
- ❖ Diseñado con material ABS
- ❖ Precisión anti-rotación y cuerpo resistente a la corrosión.³¹

³⁰ ACOSTA, Carlos Javier. Diseño Técnico De La Red De Acceso Para La Empresa ARCLAD S.A, Mediante Tecnología FTTX (FIBER TO THE X), a Tráves De La Infraestructura De Red De CNT E.P. y Criterios De Instalación. Proyecto Previo a La Obtención Del Título De Ingeniero En Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador.: Escuela Politecnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2012. p. 11.

³¹ OPTRONICS. CONECTORES, Conector SC Multimodo - Monomodo. [Electronic(1)]. 24 de junio de 2015. [Consultado el junio 202015]. Disponible en: http://optronics.com.mx/index.php?mod=eCommerce&ext=group&subid=4&id=184#data_div

En el cuadro 6. Se realiza las pérdidas de inserción multimodo y monomodo.

Cuadro 6. Pérdida de Inserción.

PÉRDIDA DE INSERCIÓN	Multimodo	PC	≤0.2dB
	Monomodo	UPC	≤0.2dB
		APC	≤0.2dB

Fuente: Conectores.

Available: <http://optronics.com.mx/index.php?mod=eCommerce&ext=group&subid=4&id=180>

■ Conectores *TE Connectivity*.

El cuadro 7. Permite visualizar la hoja técnica de los diversos conectores de *TE connectivity* y para el diseño es imperativo contar con los valores de atenuación de los mismos.

Cuadro 7. Hoja técnica de los diversos conectores de *TE connectivity*.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	
Inspección mecánica y visual	Conector	Requerimiento
	MT-RJ	TIA/EIA-604-12
	SC	TIA/EIA-604-3
	ST	TIA/EIA-604-2
	LC	TIA/EIA-604-10
Atenuación	< 0.75 dB	
Pérdidas de retorno	< -20 dB	

Fuente: Te Connectivity conectores ópticos

■ **SPLITTERS.** “Los divisores de potencia pasivos o *Splitters* están basados en acopladores en estrella 1XN, donde N constituye el número de divisores pasivos. Cabe mencionar que a lo largo de la red de distribución óptica (ODN), la máxima longitud entre extremos permitida es de 20 Km”.

■ PLC Splitter.

La Figura 19. Especifica un el tipo de Splitter en este caso es un PLC.

Figura 19. Splitter PLC.



Fuente: FIBER OPTICAL CABLE. PLC Splitter. [Consultado el Marzo 272015]. Disponible en: <http://www.fiberopticalcable.org/es/plc-splitters.html>

Ventajas.

- ❖ Baja pérdida de inserción.
- ❖ Exceso de pérdida baja.
- ❖ Bajo PDL.
- ❖ Alta direccionalidad.
- ❖ Confiabilidad de largo radio.
- ❖ Al cliente las especificaciones definidas.³²

Características.

- ❖ Separador PLC es un dispositivo pasivo de alta calidad.
- ❖ Es específicamente para internet pasiva (EPON, BPON y GPON).
- ❖ El paquete diferente puede seguir tipos de consulta, clientes diferentes disponibles incluyen 1xN y 2xN.³³

■ MUFAS.

“La mufa de empalme de fibra óptica se ha diseñado para suministrar máxima protección a las redes instaladas contra las inclemencias del medio ambiente. Puede utilizarse en diferentes entornos: enterrado directamente, ductos, registros y postes”³⁴.

“Con respecto a la revisión que se realizó se generalizo acerca de la Mufa marca TCA, que está compuesto de hasta 8 *cassettes*, portan un empalme universal con capacidad total hasta 96 fibras por empalmar.

En la versión VIP, su soporte porta empalme recibe 39 *cassettes* con empalmes con capacidad total de hasta 234 fibras por empalme. (pdf.capitulo 4)”²⁹.

- **UCTL 6-20 TCA**

- Capacidad de empalme hasta 96 fibras/recibe hasta 8 cassette porta-empalme universal.
- Dimensiones: 575 x 215 mm (largo x diámetro)

- **UCTL 6-20 VIP-TCA**

- Capacidad de empalme hasta 468 fibras/recibe hasta 39 cassette porta-empalme universal.

³² FIBER OPTICAL CABLE. PLC Splitter. [Consultado el Marzo 272015]. Disponible en: <http://www.fiberopticalcable.org/es/plc-splitters.html>

³³ FIBER OPTICAL CABLE. PLC Splitter. [Consultado el Marzo 272015]. Disponible en: <http://www.fiberopticalcable.org/es/plc-splitters.html>

³⁴ COMDIEL. Mufa De Empalme De Fibra Óptica. [Electronic(1)]. [Consultado el Mayo 202015]. Disponible en: <http://archive-cl.com/page/2525770/2013-07-31/http://www.comdiel.cl/mufa-de-empalme-de-fibra-optica-ucncp-518-mft-2hs-s-1295.html>

- Dimensiones: 575 x 215 mm (largo x diámetro)

■ **ONTs. Terminador de Red Óptica (ONT, Optical Network Terminator).** “Son centros donde la señal óptica es dividida para llegar a áreas más distantes disminuyendo el número de fibras para atender a los accesos específicos de cada área. Son fáciles de reconocer ya que son montados como especie de armarios donde se hace la división, distribución y gestión de la señal óptica. Estos armarios pueden ser reemplazados por cajas de empalme asociados a divisores”³⁵.

Muchas de las soluciones que nos genera *Huawei* como equipos, su línea *Echolife* orientada hacia un mejor manejo de los recursos ambientales, tiene las características mostradas en el cuadro 8.

■ EchoLife OT925-G- HUAWEI

La Figura 20. Muestra una ONT que la provee Huawei.

Figura 20. ONT Huawei.



Fuente: (2015). *Echolife OT925-G Product Description*. Available: <http://www.huawei.com/en/>

En el cuadro 8. Se muestran las especificaciones del puerto GPON del OT925-G.

Cuadro 8. Características de los puertos de la ONT Huawei.

³⁵ QUISHPE, Alejandra y VINUEZA, Nuvia. Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (Fiber To The X). Trabajo de grado Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. 16 p.

Tasa de transmisión:
transmisión: 2.5 Gbit/s
recepción: 1.5 Gbit/s
Tipo de conector:
SC/PC
Distancia máxima de transmisión:
20 KM
Longitud de onda central:
transmisión: 1490nm
recepción: 1310nm
Potencia de transmisión óptica:
0.5 dBm a 5 dBm
Radio de extinción:
10 dB
Sensibilidad máxima de recepción:
-27 dBm
Potencia de sobrecarga:
0.5 dBm
Estándar:
ITU-T G.984 clase B+

es

Fuente: (2015). Echolife OT925-G Product Description. Available: <http://www.huawei.com/en/>

El cuadro 9. Muestra las características de los puertos de la ONT *Huawei*.

Cuadro 9. Características de los Puertos.

OT925-G		
Puerto	Cantidad	Descripción
GPON	1	Entrada de señal óptica GPON
INIT	1	Puerto para reiniciar o restaurar la configuración interna del OT925-G
E1	4	Puerto para conexión a PBX, Estación Base Inalámbrica, equipos nodos u otros equipos
GE	1	Puerto para conexión a un conmutador LAN, Routers u otros equipos
FE	4	Puerto que permite conexión a PC's, conmutadores LAN u otros equipos
Fuente de Poder	1	Conecta hacia la fuente de alimentación

Fuente: (2015). Echolife OT925-G Product Description. Available: <http://www.huawei.com/en/>

Se hace una breve revisión acerca de algunos proveedores que me generan ONT's. Terminador de Red Óptica (ONT, *Optical Network Terminator*). Como se muestra en la Figura 21, en la cual se analizan dos tipos de referencias ONT's de Alcatel-Lucent.

En la Figura 21. Se analiza dos tipos de referencias ONT's de Alcatel-Lucent.

Figura 21. ONT's Alcatel-Lucent I-020 e I-040.

■ Alcatel – lucent indoor ONT I-020, ONT I-040.



Fuente: (ALCATEL - LUCENT. Alcatel-Lucent 7342 ONT Family OPTICAL NETWORK TERMINALS | ETSI. [Print(0)]. [Consultado el Marzo 272015]. Disponible en: Documents/Downloads/spain_7342_ONT_ETSI.pdf

Cuadro 10. Características de las ONT's.

Montaje de pared o de escritorio.	
❖	Unainterfaz de red GPON con 2,5 Gb / s downstream 1,25 Gb / s upstream
❖	Conector de fibra monomodo (SC / APC)
Interfaces de servicio.	
❖	Hasta dos 10/100/1000 Base-T Interfaz Ethernet con conectores RJ -45
❖	Hasta dos POTS a través de conectores RJ-11
❖	Puerto coaxial opcional (75 Ω F conector) para la entrega de vídeo de RF
Poder.	
❖	Alimentación local con 12 V DC entrada
❖	Fuente de alimentación externa: 110/220 V de entrada de AC
❖	UPS opcional para respaldo de batería
Dimensiones.	
❖	Altura: 20.32 cm
❖	Ancho: 22.86 cm
❖	Profundidad: 5.33 cm
❖	Peso: 1,82 kg

Fuente: ALCATEL - LUCENT. Alcatel-Lucent 7342 ONT Family OPTICAL NETWORK TERMINALS | ETSI. [Consultado el Marzo 272015]. Disponible en: Documents/Downloads/spain_7342_ONT_ETSI.pdf

Es importante establecer cuáles de estas tecnologías, y cuál es la tendencia de investigación y de patentes en algunas de estas tecnologías y para ello se va a explicar la herramienta de vigilancia tecnológica que permite hacer el análisis científico e inventivo en el área de trabajo.

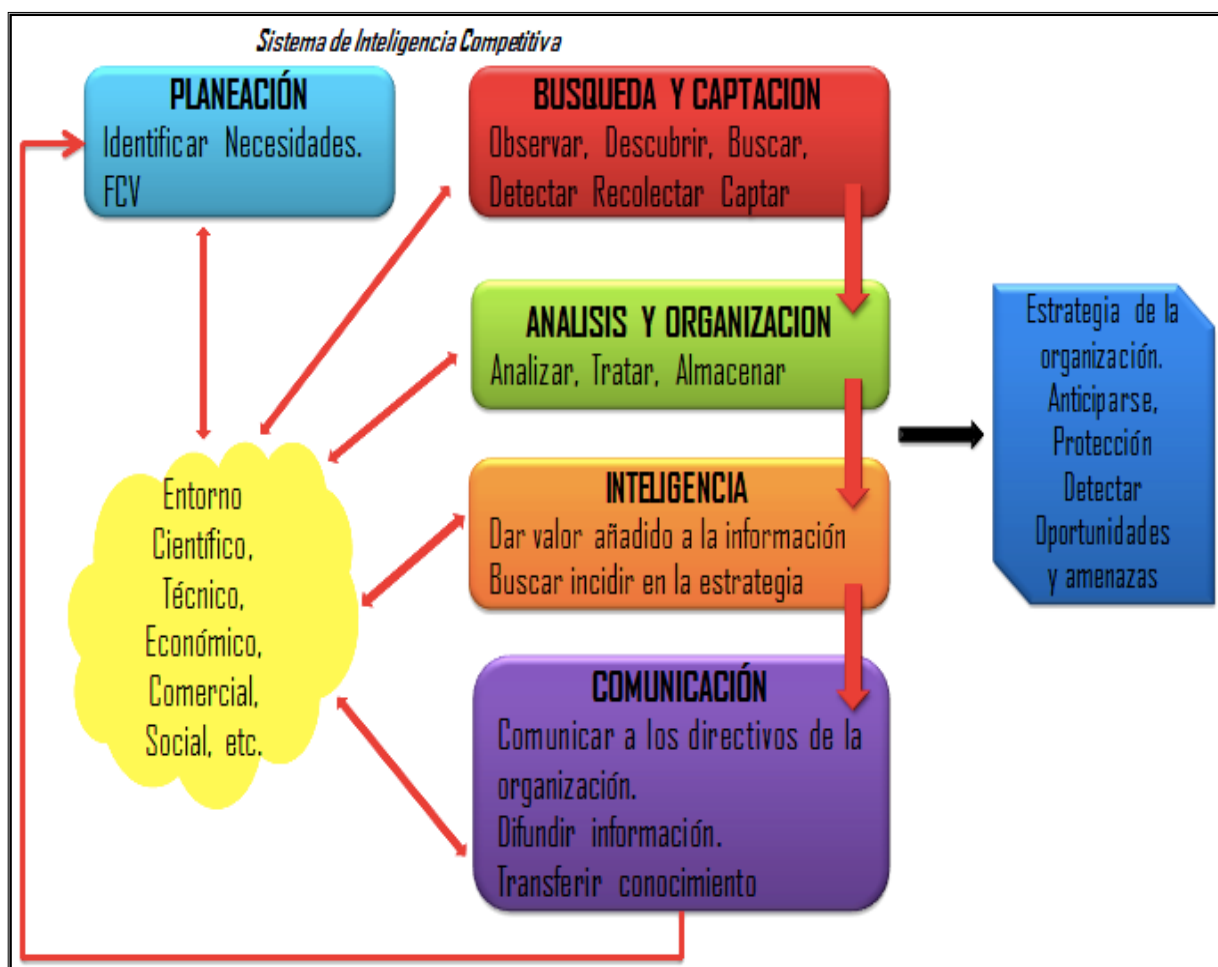
2.1.9 Vigilancia Tecnológica

“Se denomina vigilancia tecnológica al proceso sistemático de captación, análisis y difusión de información de tipo económico, tecnológico, político, social, cultural, legislativo, entre otras, empleando métodos legales que permitan identificar y anticipar oportunidades o riesgos, con miras a mejorar la formulación y ejecución estratégica de las organizaciones. Por medio de la

vigilancia tecnológica se puede obtener información de las tecnologías investigadas, tecnologías emergentes, soluciones tecnológicas disponibles, líderes tecnológicos y la dinámica de las tecnologías”³⁶.

■ **Metodologías en la Vigilancia de Tecnológica.** “Esta es una de las metodologías en la vigilancia donde propone e incluye cinco etapas: planeación, búsqueda y captación, análisis y organización, inteligencia y comunicación (Figura 22)”³⁷.

Figura 22. Metodología de Vigilancia Tecnológica realizada por Sánchez y Palop.



Fuente: (03/24/2015). *Herramientas de Software especializadas para Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva*. Available: <http://blog.pucp.edu.pe/media/93/20120630-sanchez-palop-2006-.pdf>.

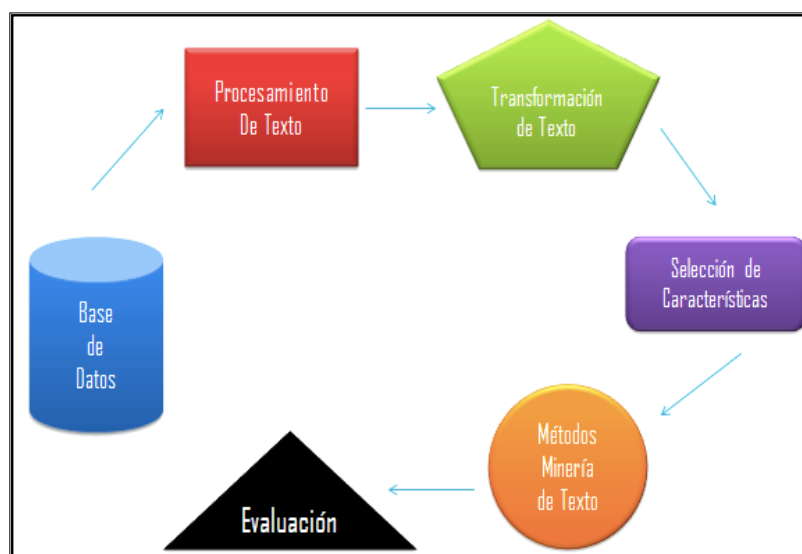
■ **Minería de textos.** “La minería de textos se define como una técnica encargada de extraer información de datos no estructurados e identificar patrones nuevos. La minería de texto también es denominada descubrimiento

³⁶ SÁNCHEZ SELLERO, Francisco Javier y CRUZ GONZÁLEZ, Montserrat. Desarrollo de Sistemas de Vigilancia Tecnológica en la Acuicultura Española. En: *Journal of Technology Management & Innovation*. vol. 7, no. 3, p. 214-226

³⁷ SÁNCHEZ T., Jenny y FERNANDO, Palop M. *Herramientas de Software especializadas para Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva*. [Print(0)]. 03/24/2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://blog.pucp.edu.pe/media/93/20120630-sanchez-palop-2006-.pdf>;

de conocimiento a partir de texto (KDT) que se fundamenta en el análisis apoyado de máquina de texto. El objetivo de la minería es obtener conocimientos sobre las grandes cantidades de datos de texto y se ayuda de una herramienta computacional para analizar datos no estructurados. La minería de texto es usada para la gestión del conocimiento y gestión de recursos humanos, gestión de relaciones con los clientes, Vigilancia Tecnológica, Procesamiento del lenguaje natural y temas de múltiples lenguajes”³⁸. Los pasos implicados en el proceso general de la minería de texto se representan en la Figura 23.

Figura 23. Pasos implicados en el proceso general de la Minería de Texto.



Fuente: F. N. PATEL and N. R. SONI, "Text mining: A Brief survey," *International Journal of Advanced Computer Research*, vol. 2, pp. 243-248, 2012.

■ **Cienciometría.** “Se denomina **cienciometría** al estudio de variables cuantitativas de la ciencia como disciplina o actividad económica. La palabra ciencia hace referencia a las ciencias físicas, naturales y ciencias sociales. La **cienciometría** deja establecer comparaciones entre políticas de investigación en diferentes países teniendo en cuenta sus aspectos económicos y sociales”³⁹.

Los índices **cienciométricos** se usan para calcular la calidad de las publicaciones científicas o el impacto de los trabajos. Existen tres tipos de indicadores **cienciométricos** como son:

- Indicadores de actividad. Hacen referencia al número y distribución de publicaciones a nivel internacional, publicaciones producidas por centros de investigación en diferentes países y productividad de los autores.

³⁸ PATEL, Falguni N. y SONI, Neha R. Text mining: A Brief survey. En: *International Journal of Advanced Computer Research*. vol. 2, no. 4, p. 243-248

³⁹ F. J. SÁNCHEZ SELLERO and M. CRUZ GONZÁLEZ, "Desarrollo de Sistemas de Vigilancia Tecnológica en la Acuicultura Española," *Journal of Technology Management & Innovation*, vol. 7, pp. 214-226, 2012.

- Indicadores de impacto. Resalta el número de citas recibidas y la medición del factor de impacto de trabajos de investigación.
- Indicadores de relacionales. Describe co-citaciones y co-ocurrencias.

■ **Base de datos.** “Se definen como un archivero electrónico o conjunto de datos organizados sistemáticamente y almacenados para su posterior uso. La estructura de datos alojados en ésta, permite establecer diferentes tipos de bases de datos como son de texto completo y referencial, las cuales se describen a continuación”:

- “*Base de datos de texto completo.* Se encuentran formadas por los correspondientes documentos en formato electrónico, los cuales pueden verse de forma completa. Este tipo de base de datos puede integrar campos que contienen información fundamental para simplificar la búsqueda y descripción del documento”⁴⁰.
- “*Base de datos referencial.* Permite conocer referencias bibliográficas tales como datos básicos de un documento, título, autor, revista, año, entre otros. La mayoría de citas contenidas en esta base de datos incluye un resumen”⁴¹.

■ **Base de datos SCOPUS.** “*Scopus* es la mayor base de datos de resúmenes a nivel mundial, con alrededor de 20500 publicaciones provenientes de más de 5000 editoriales internacionales. Cuenta con el ochenta por ciento de las publicaciones internacionales revisadas por especialistas quienes aseguran un contenido actualizado semanalmente. Esta base de datos actúa como un básico y único punto de acceso para los usuarios, posibilitándoles la mejor búsqueda y navegación a través de literatura científica. *Scopus* tiene un compendio de resúmenes y referencias de aproximadamente 13000 publicaciones evaluadas por especialistas, además de cerca de 1000 actas de conferencias, cubriendo disciplinas como química, física, matemáticas, ingeniería, ciencias de la vida, ciencias de la salud, ciencias sociales, sicología y ciencias económicas”⁴².

■ **Base de datos IEEE Xplore.** “IEEE Xplore es una poderosa biblioteca digital que permite el descubrimiento y acceso a contenido de carácter científico y técnico publicado por socios editores y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Esta base de datos brinda acceso a más de tres millones de documentos de texto completo de publicaciones con mayor citación en el mundo en ingeniería eléctrica, ciencias de la computación y electrónica. La biblioteca digital incluye más de 160 revistas, más de 1200 actas de congresos, más de 1000 libros electrónicos y más de 300 cursos de

⁴⁰ CORONEL, Carlos. Sistemas De Archivos Y Bases De Datos. En: [Anónimo] Sistemas De Bases De Datos: Diseño, Implementación Y Administración. 5 ed. México: Cengage Learning, 2004. p. 6-51.

⁴¹ UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. Bases de datos Referenciales, Sistema de Bibliotecas UACH. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: http://www.biblioteca.uach.cl/biblioteca_virtual/bd_referenciales.htm;

⁴² UNIVERSIDAD DE GRANADA. Scopus. [Print(0)]. 03/16/2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: http://biblioteca.ugr.es/pages/biblioteca_electronica/bases_datos/scopus

formación. Adicionalmente cada mes se añaden alrededor de 25000 nuevos documentos a la base de datos IEEE. Se puede acceder a documentos de texto completo por medio de suscripciones institucionales, compra en línea de documentos individuales o suscripciones exclusivas para los miembros y miembros de IEEE sociedad⁴³.

2.1.9.1 Patentes. “Se denomina patente al derecho exclusivo que otorga el estado al inventor para explotar su invento por un tiempo determinado como reconocimiento a la inversión y esfuerzo por lograr un desarrollo que proporciona una solución técnica a la humanidad. Estos certificados de exclusividad se otorgan a personas naturales, entidades o grupos de personas, por una duración de 20 años, contados a partir de la solicitud. Vencido este periodo también termina la protección del estado, pasando el invento a ser patrimonio de la humanidad. En el caso colombiano, las patentes son otorgadas por la Superintendencia de Industria y Comercio, organismo encargado de realizar una búsqueda a nivel mundial para verificar si la patente tiene novedad internacional, un inventivo aceptable o una aplicación industrial⁴⁴. El estado colombiano otorga patentes de invención; de modelos de utilidad (presentan una nueva forma, configuración o disposición de elementos de un artefacto, herramienta u otro objeto o parte de los mismos, que proporcione un mejor o diferente funcionamiento, utilización o fabricación del objeto que lo incorpora o que le proporcione algún efecto técnico que antes no tenía)”⁴⁵; “de diseños industriales (presentan innovación en la estética de los objetos que le otorga una apariencia particular a éste)”⁴⁶ “y de esquemas de circuitos integrados”⁴⁷.

Las patentes desarrolladas a nivel mundial pueden ser encontradas en bases de datos como⁴⁸:

- **Epoline.** Base de datos con acceso gratuito de la Oficina de Patentes y Marcas [<http://www.epo.org/applying/online-services.html>].
- **Espacenet.** Base de datos de la Oficina de Patentes y Marcas Europeas, es posible la consulta de patentes en las diferentes oficinas nacionales e internacionales [<http://www.epo.org/searching.html>].

⁴³ IEEE. Acerca de IEEE Xplore ® Biblioteca Digital. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/aboutUs.jsp>;

⁴⁴ SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Patentes. [Print(0)]. 03/25/2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.sic.gov.co/drupal/patentes>;

⁴⁵ SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Patentes. [Print(0)]. 03/25/2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.sic.gov.co/drupal/patentes>;

⁴⁶ SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Diseños Industriales. [Print(0)]. 03/25/2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.sic.gov.co/drupal/disenos-industriales>;

⁴⁷ SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Esquema de Trazados de Circuitos. [Print(0)]. 03/25/2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.sic.gov.co/drupal/esquema-de-trazados-de-circuitos-integrados>;

⁴⁸ PEDROCHE SÁNCHEZ, Ana. Oficinas de patentes y marcas de todo el mundo. [Print(0)]. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.inventosnuevos.com/2010/12/oficina-de-patentes-y-marcas-de-todo-el-mundo/>;

- **Uspto.** Base de datos de la oficina de patentes de USA donde se puede consultar patentes americanas desde 1976 hasta la actualidad [<http://www.uspto.gov/patents/process/search/index.jsp>].
- **FreePatentsOnline.** Acceso a texto completo a gran parte de las patentes norteamericanas, aplicaciones y patentes europeas [<http://www.freepatentsonline.com/search.html>].
- **Latipat.** Base de datos de patentes iberoamericanas, creada por OEPM, EPO y WIPO [<http://lp.espacenet.com/>].
- **PatentLents.** Permite acceso libre a documentos de texto completo, incluyendo patentes y aplicaciones de USA, Australia, Europa y tratados de cooperación en materia de texto completo. Proporcionado por CAMBIA y lanzado en el año 2000 [<http://www.patentlens.net/patentlens/structured.html>].

■ **Oficina de patentes.** Las oficinas de patentes son instituciones u organizaciones dedicadas a gestionar trámites sobre patentes, otorgar certificados de exclusividad, realizar el registro de patentes y el registro de marcas en cada país⁴⁹. Algunas de las oficinas de patentes que existen a nivel mundial son ⁵⁰:

- OEPM “(Oficina Española de Patentes y Marcas). Esta oficina ofrece acceso a gran cantidad de recursos relacionados con patentes. Alberga información recopilada de oficinas de patentes que hacen presencia en más de 40 países. La OEPM como organismo autónomo del Ministerio de Industria, Energía y Turismo Español promueve y respalda el desarrollo tecnológico y económico, por medio de la protección jurídica a la propiedad industrial otorgando derechos de exclusividad a patentes, diseños industriales, signos distintivos y títulos de protección topográfica de productos semiconductores. Asimismo, difunde información relacionada a las diferentes formas de protección de la propiedad industrial” ⁵¹.

- EPO “(Oficina de Patentes de Europa). Estimula la investigación, la competitividad y el crecimiento económico en toda Europa asumiendo un compromiso con la alta calidad y la entrega de servicios eficientes con base en el convenio europeo de patentes”⁵².

- WIPO “(Organización Mundial de la Propiedad Industrial). Organismo que gestiona el sistema de tratados y cooperación en materia de patentes (PCT) a nivel mundial. Del mismo modo, publica una base de datos PCT y gacetas PCT

⁴⁹PEDROCHE SÁNCHEZ, Ana. Oficinas de patentes y marcas de todo el mundo. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.inventosnuevos.com/2010/12/oficina-de-patentes-y-marcas-de-todo-el-mundo/>;

⁵⁰ UNIVERSIDAD DE LEÓN. Patentes. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <https://www5.unileon.es/bibportalext/libres/Patentes>;

⁵¹OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS. La OEPM en la actualidad. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: http://www.oepm.es/es/sobre_oepm/quienes_somos/objetivos_funciones/index.html;

⁵²EUROPEAN PATENT OFFICE. Mission and Vision. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.epo.org/about-us/office/mission.html>;

relacionadas con patentes internacionales. La WIPO está encaminada a promover la innovación y creatividad al servicio del desarrollo sociocultural y económico de todos los países, tomando como base un sistema internacional de propiedad intelectual adecuado⁵³.

La presente investigación está encaminada a revisar la clasificación IPC “H relacionada con la categoría Electricity” que corresponde al ámbito de las patentes de invención en redes de comunicaciones ópticas. La disposición de símbolos en la clasificación IPC mencionada anteriormente puede verse en el cuadro 10. Cabe destacar que cada subclase contiene grupos y cada uno de éstos a su vez incluye símbolos que representan temas en particular.⁵⁴

Cuadro 11. Estructura jerárquica de la clasificación IPC “HElectricity”.

SECCIÓN	H	ELECTRICIDAD
CLASE	H-04	TÉCNICA DE COMUNICACIÓN ELÉCTRICA
SUBCLASES	H-04-B	TRANSMISIÓN [4].
	H-04-H	COMUNICACIÓN DE DIFUSIÓN
	H-04-J	COMUNICACIÓN MÚLTIPLEX
	H-04-K	COMUNICACIÓN SECRETA; ATASCO DE COMUNICACIÓN
	H-04-L	TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN DIGITAL, POR EJEMPLO, COMUNICACIÓN TELEGRÁFICA
	H-04-M	COMUNICACIÓN TELEFÓNICA
	H-04-N	COMUNICACIÓN DE IMÁGENES, POR EJEMPLO TELEVISIÓN
	H-04-Q	SELECCIÓN
	H-04-R	ALTAVOCES, MICRÓFONOS, PARA GRAMÓFONOS O LOS OÍDOS SIMILARES TRANSDUCTORES ELECTROMECAÑICOS; APARATOS PARA SORDOS; SISTEMAS DE MEGAFONÍA
	H-04-S	SISTEMAS ESTEREOFÓNICOS
	H-04-W	REDES DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Fuente: WIPO IP SERVICES. International Patent Classification (IPC) Official Publication, Section H - ELECTRICITY. [Electronic(1)]. 24 de Junio de 2015. [Consultado el Junio 152015]. Disponible en: <http://web2.wipo.int/ipcpub/#refresh=page¬ion=scheme&version=20150101&symbol=H>

⁵³ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL. ¿Qué es la OMPI?. [Print(0)]. 02/03/2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: http://www.wipo.int/about-wipo/es/what_is_wipo.html;

⁵⁴ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL. Esquema de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP). [Print(0)]. 02/03/2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://web2.wipo.int/ipcpub/#refresh=page¬ion=scheme&version=20130101&symbol;>

A continuación para definir el estado del arte se consultaron revistas, artículos utilizando la herramienta de la base de datos IEEE y de empresas reconocidas que manejan este tema.

2.2 ESTADO DEL ARTE

En la actualidad una gran cantidad de proyectos como los presentados a continuación están siendo desarrollados en el área de redes de comunicaciones ópticas; lo que da a entender que muchos investigadores de la actualidad tienen gusto imperante en contribuir al aporte de soluciones y avances tecnológicos en las redes de comunicaciones ópticas. Éstos siguen apostando por la generación de nuevos avances tecnológicos que permitan explotar la capacidad del canal óptico y las prestaciones que ofrece, con el fin de lograr redes completamente ópticas convergentes de óptimo rendimiento y funcionalidad que sean capaces de soportar la demanda de tráfico del presente y del futuro, conociendo que día a día existen usuarios con mayores y complejas exigencias.⁵⁵

■ **Conmutación óptica IP para la ingeniería de tráfico dinámico en las redes ópticas de próxima generación.** (*Optical IP switching for dynamic traffic engineering in next-generation optical networks*).

En este sentido, puede verse que se abordan temas en conmutación óptica IP como la investigación realizada por Marco Ruffini, Donal O'Mahony y Linda Doyle titulada "*Optical IP switching for dynamic traffic engineering in next-generation optical networks*"; en el año 2007, en la cual se deja claro que la tecnología WDM ha logrado el aumento de la capacidad en el enlace de red, trasladando el cuello de botella de la red de transporte a la capa de enrutamiento. En este sentido, arquitecturas electro ópticas en principio se muestran como una solución fiable y rentable para próximas implementaciones en la capa de enrutamiento y conmutación. Este trabajo expone un nuevo enfoque de conmutación dinámica de circuitos ópticos basado en el modelo de conmutación óptico IP (OIS), capaz de adaptar la topología de capa óptica a la demanda real de tráfico en la capa IP, en la que nodos OIS clasifican los paquetes ópticos IP de acuerdo al prefijo de destino, agregándolos luego en caminos ópticos creados dinámicamente según el prefijo destino lo cual reduce la sobrecarga de señalización y ahorro de recursos en el router.⁵⁶

■ **Ráfaga óptica banco de pruebas de red de conmutación.** (*Optical burst switching network testbed*)

⁵⁵ MILLÁN, R. Redes DWDM Metropolitanas. [Print(0)]: www.ramonmillan.com/tutoriales/dwdmmetro.php ed. 2013.

⁵⁶ VALLEJOS, Reinaldo. ZAPATA, Alejandra. ARAVENA, Marco. Fast and Effective Dimensioning Algorithm for End-to-End Optical Burst Switching Networks with ON-OFF Traffic Model. En: [Anónimo] Optical Network Design and Modeling. 11 ed. Berlin: Springer, 2007. p. 378-387.

Así mismo, hoy en día se están desarrollando proyectos acerca de la conmutación óptica de ráfagas (OBS); uno de estos proyectos titulado “*Optical burst switching network testbed*” cuya autoría se atribuye a WuJian, Zhang Wei y Wang Minxue, en el año 2009, investigadores que aplicaron y verificaron de forma experimental varias tecnologías de red OBS. Este trabajo demostró el rendimiento de TCP sobre OBS, la transmisión de tráfico con múltiples calidades de servicio e informó de un experimento de interconexión entre OBS y la red GMPLS (*General Multi Procol Label Switching*)⁵⁷. Cabe anotar que es importante dimensionar las redes OBS pues se perfilan como una tecnología que apoyará el transporte de información en redes completamente ópticas, como se puede constatar en el artículo publicado por Reinaldo Vallejos, Alejandra Zapata y Marco Aravena titulado “*Fast and effective dimensioning algorithm for end-to-end optical burst switching networks with ON-OFF traffic model*”, el cual propone un nuevo algoritmo para el dimensionamiento rápido de extremo a extremo de las redes de conmutación óptica de ráfaga. El método propuesto define la cantidad de longitudes de onda para cada enlace de red con base a la carga de tráfico, el algoritmo de enrutamiento y la probabilidad de bloqueo solicitado por conexión. Por medio de un proceso de renovación alterna se modela el tráfico ráfaga de entrada, lo que permite obtener resultados más realistas para redes OBS que el modelo típico usado de Poisson.⁵⁸

■ Colocación Regenerador con conectividad garantizada en las redes ópticas. (*Regenerator placement with guaranteed connectivity in optical networks*)

Publicaciones recientes también se orientan a mejorar la conectividad en las redes ópticas, como la investigación efectuada por Marcio Savasini, Paolo Monti, Marco Tacca, Andrea Fumagalli y Helio Waldman (*Regenerator placement with guaranteed connectivity in optical networks*), en el año 2007, enfocada en presentar un estudio que permitió establecer si soluciones centralizadas en redes ópticas debían investigarse para mejorar las soluciones descentralizadas ya disponibles en las redes inalámbricas; para lo cual se llegó a la conclusión que la red de transporte óptica de próxima generación está obligada a reducir el número de nodos ópticos con capacidad de regeneración de la señal para garantizar un grado deseado de conexión extremo a extremo, basándose en un enfoque conocido en redes móviles inalámbricas *ad hoc*.⁵⁹

■ Monitoreo diafonía óptima y el método de identificación de las redes totalmente ópticas. (*Optimal crosstalk monitoring and identification method for all-optical networks*).

⁵⁷ VALLEJOS, Reinaldo. ZAPATA, Alejandra. ARAVENA, Marco. Fast and Effective Dimensioning Algorithm for End-to-End Optical Burst Switching Networks with ON-OFF Traffic Model. En: [Anónimo]Optical Network Design and Modeling. 11 ed. Berlin: Springer, 2007. p. 378-387.

⁵⁸ JEDDI, A. y ABID, M. Wireless and Optical Communications Networks, 2009. WOCN'09. IFIP International Conference On. IEEE, 2009. p. 1-5

⁵⁹ SAVASINI, Marcio S., et al. Regenerator Placement with Guaranteed Connectivity in Optical Networks. En: [Anónimo]Optical Network Design and Modeling. Springer, 2007. p. 438-447.

Un tema demostrativo como prueba de que no solo se investigan ciertas áreas, sino por el contrario están siendo cubiertos todos los temas relacionados con las redes de comunicaciones ópticas es el hecho de gestionar redes que actualmente se plantean para un futuro como es el caso de las redes todo ópticas (AON). Es preciso traer a colación un artículo titulado “*Optimal cross talk monitoring and identification method for all-optical networks*” escrito por Jedidi y Abid, en el año 2009, en el cual se menciona que las redes AON son atractivas ya que prometen tasas muy altas, cambios flexibles y un gran soporte para aplicaciones, pues la interfaz de usuario de la red óptica y los datos no se someten a conversión óptica eléctrica dentro de la red, siendo esencial la supervisión y gestión de la red óptica si se desea construir una red con óptima capacidad y servicios agregados en el dominio todo óptico. El problema en estas redes radica en la aditiva diafonía óptica, ataque que pueden propagarse rápidamente a través de la red, causando fallos adicionales y activación de alarmas no deseadas que deben detectarse e identificarse en cualquier punto de la red en el que puedan producirse. Bajo las condiciones anteriores esta investigación presentó un nuevo método de identificación y localización de ataques en la red que minimiza el alto costo y complejidad que requiere esta labor.⁶⁰

El espectro de soluciones no se queda cubriendo una sola área sino por el contrario cada vez más se despiertan nuevas mentes con gran interés por contribuir a la continua evolución de procesos, técnicas, dispositivos, protocolos y de todo lo que hace referencia, y toma importancia en las redes de comunicaciones ópticas.

■ **El diseño y realización del sistema para la planificación del sistema para la planificación de acceso FTTx basado en GIS.** (*The Design and Realization of the Decision Support System for FTTx access planning Based on GIS*).

Según Zhang H. y Hong Y. publicado en el año 2011. El sistema para la planificación basado en GIS se utiliza en todo el mundo como uno de las mejores soluciones para acceder a la red de banda ancha. Desde 2004, los principales operadores internacionales de telecomunicaciones han visto red FTTx como un nuevo hito en el desarrollo de la industria de las telecomunicaciones. Estados Unidos, Europa, Japón, Corea del Sur y otros países han estado promoviendo enérgicamente la construcción de redes FTTx. Especialmente en Japón, redes FTTx se han comercializado en gran escala. El número de usuarios es de hasta 4.000.000. Lo que es más, el número de nuevos usuarios de FTTx cada mes ya ha pasado más de la cantidad de usuarios de DSL. Desde 2004, el impulso de rápido desarrollo de las tecnologías FTTx también ha surgido en China. FTTx es la dirección del programa de adelante hacia atrás óptica y cobre y la mejora de ancho de banda de acceso es la base de la transformación de la red de telecomunicaciones de China.

⁶⁰ JEDDI, A. y ABID, M. Optimal Crosstalk Monitoring and Identification Method for all-Optical Networks. [Print(0)]: Wireless and Optical Communications Networks, 2009. WOCN'09. IFIP International Conference on. IEEE, 2009. p. 1-5

Aunque la red FTTx está ahora en construcción a gran escala, su estabilidad y fiabilidad aún no se ha examinado más a fondo. Ramas de China Telecom en algunas provincias y ciudades han hecho alguna exploración útil en el mantenimiento y gestión de redes FTTx, pero que aún no han formado un modo maduro. Muchos aspectos deben mejorarse y regulado. Actualmente se necesita un gran número de personal para mantener el crecimiento de la red FTTx tanto para el hogar y en el extranjero, que conducen a la ineficiencia y el alto coste de gestión. Por lo tanto, el modo de mantenimiento actual es incompatible con la construcción a gran escala de la red FTTx. Así que el desarrollo del sistema de soporte de decisiones para el acceso FTTx planificación para cumplir con el desarrollo de la red FTTx es extremadamente urgente.⁶¹

■ **Fibra hasta el hogar: 1977-2007.** (*Fiber-to-the-Home: 1977–2007*).

La investigación efectuada por Shumate P. en el año 2008, dice que la fibra se ha previsto para la entrega de la banda ancha servicios a los clientes residenciales de más de 30 años, sin embargo, que sólo tiene recientemente entrado en la corriente principal. Actualmente, de fibra hasta el hogar (FTTH) se está instalando en muchos países a tasas notables (aunque todavía constituye sólo una fracción de todos los de banda ancha líneas en la mayoría de los países).

Otras tecnologías de transmisión de ondas de luz han progresado mucho más rápido. ¿Qué ha celebrado FTTH durante tanto tiempo? ¿Qué mejoras a lo largo del camino se han producido? ¿Qué cambios recientes han hecho que sea un éxito? Este artículo sigue el progreso en fibra se mueve hacia la casa y de los principales cambios en la arquitectura que han reducido los costos al tiempo que aumenta la capacidad para satisfacer las necesidades de hoy en día.⁶²

■ **Herramienta de software de gestión de red de FTTH-PON: SANTAD.** (*Network Management Software Tool for FTTH-PON: SANTAD*).

Según las investigaciones de Chuan Ng, Rahman Ab, Premadi A, y Jumari K, en el año 2009. Este Artículo se propone una herramienta de software de gestión de red llamada Red de Acceso Inteligente _ Pruebas, análisis y bases de datos (SANTAD) que asocia con el control remoto, monitorización óptica, el análisis del sistema, detección de fallas, la conmutación de protección, y un equipo de recuperación automática de fibra-a-the-casa de red óptica pasiva (FTTHPON) sobre la base de programación Visual Basic. El programa desarrollado es capaz de prevenir y detectar cualquier aparición de fallo en el sistema de red a través del monitoreo centralizado y remoto de la operación de la oficina central (CO) a través de la conexión Ethernet.

⁶¹ HAIFEI ZHANG y YING HONG. Computer Science and Service System (CSSS), 2011 International Conference On. 2011. p. 846-849

⁶² SHUMATE,P. W. Fiber-to-the-Home: 1977–2007. En: Lightwave Technology, Journal Of. vol. 26, no. 9, p. 1093-1103

SANTAD habilitar el estado de cada enlace de transmisión que se mostrará en una única pantalla de ordenador con capacidad de configurar el drástico descenso de nivel de la señal óptica y detectar el fallo al mismo tiempo. Los resultados del análisis serán luego se almacena en la base de datos con ciertos atributos, como la fecha y la hora, la tasa de fallo de la red, la ubicación fracaso, etc. El sistema de base de datos permiten ser analizado y estudiado por los ingenieros de la historia del proceso de digitalización de la red.⁶³

■ **Análisis de la expansión de redes de acceso pasivas de fibra óptica Gpon y Bpon en la ciudad de Medellín.**

En esta investigación se reporta un análisis de la expansión de Redes de Acceso Pasivas de Fibra Óptica a partir de mediciones de potencia óptica y de reflectometría en el dominio del tiempo en una red instalada en la ciudad de Medellín. Se hizo el análisis entre uno de los usuarios de la red y la Oficina Central a una distancia de 1,2 km, y se encontró una potencia en la terminal de red óptica de -18,8 dBm que es adecuada para los servicios demandados por el usuario. “Para la migración a nuevas tecnologías de transmisión en Redes de Acceso Pasivas se recomienda el análisis de la atenuación espectral en la fibra instalada, el cambio en la razón de división de potencia (*split ratio*) de los divisores ópticos y el ajuste de niveles de potencia en las terminales ópticas de red, con el fin de permitir la expansión gradual para nuevas instalaciones de usuarios desde la Oficina Central. Se propone el análisis de implementación de otras topologías con el fin de potencializar el crecimiento y la adopción gradual de nuevas tecnologías como las Redes Pasivas Multiplexadas por longitud de Onda”⁶⁴.

Esta pequeña parte hace referencias a las empresas que manejan este tema a fondo. Aquí se realizó un pequeño análisis de todo lo relacionado con lo último que está en propuesta, lo último que han investigado y lo último que está evolucionando en la industria acerca del tema.

■ **En la Empresa Alcatel – Lucent.**

En cuanto a la empresa Alcatel-Lucent, según BALACHANDRAN, S. El mercado de las telecomunicaciones se transformará en un mundo basado en IP, donde la estrategia para el crecimiento debe tener en cuenta la convergencia entre medios e Internet y crear valor de extremo a extremo integrando los terminales”. Este artículo presenta el Acuity™ *Transformation Framework de Alcatel-Lucent* que da soporte a los operadores para llevar a cabo estrategias de transformación competitiva, seguir siendo competitivos,

⁶³ NG BOON,Chuan, et al. Network Management Software Tool for FTTH-PON: SANTAD. [Print(0)]: Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications, 2009. CITISIA 2009. 2009. p. 299-304

⁶⁴ CORREA,A. y SERPA,C. ANÁLISIS DE LA EXPANSIÓN DE REDES DE ACCESO PASIVAS DE FIBRA ÓPTICA GPON Y BPON EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN. En: TECNOLÓGICAS. julio. vol. 24, p. 2

que debe asegurar la rentabilidad inmediata así como anticipar los modelos económicos del mañana.

Donde se manjea la arquitectura de la central principal y del acceso, el cual el despliegue de la banda ancha es una constante de todos los operadores de red fija. La FTTH (fibra hasta la vivienda) y el ADSL representan un componente fundamental de la transformación de red y en esta área, Alcatel-Lucent da servicio a más del 45% de los despliegues de banda ancha en el mundo de acuerdo con los informes trimestrales sobre DSL del 2006 del grupo Dell'Oro.⁶⁵

■ **Según HUAWEI**, una red óptica pasiva (PON) dispone de un punto a multi-punto (P2MP) arquitectura para proporcionar acceso de banda ancha. La arquitectura P2MP se ha convertido en la solución más popular para el despliegue de FTTx entre los operadores. FTTx PON basado en ha sido ampliamente desplegado alguna vez desde 2004, cuando la UIT-T grupo de estudio 15 Q2 completó recomendaciones que definieron sistema GP.

En resumen, las grandes capacidades, plataformas compartidas, y los sistemas de gestión de redes unificadas serán las tendencias en la evolución de equipos 10G PON que los vendedores se esfuerzan por cumplir.⁶⁶

■ **Gigabit de red óptica pasiva.** (*Gigabit Passive Optical Network – GPON*).

Esta revisión fue generada en el 2008 donde se generó que nuevos servicios como televisión (IPTV) y el vídeo bajo demanda (VoD) a través de Internet, junto con el acceso a Internet de alta velocidad (HSI) tienen la demanda de ancho de banda muy alto a los clientes. XDSL tienen alguna forma que pueda satisfacer la demanda de ancho de banda (VDSL2), pero tienen restricciones en cuanto a la distancia.

La demanda de ancho de banda con un largo alcance es el uso de cable óptico a clientes (FTTx). Una de las formas es el uso de algún tipo de red óptica pasiva (PON). Gigabit PON (GPON) es el tipo más a menudo utilizado por los proveedores de Europa y Estados Unidos (además con APON y BPON) mientras que los proveedores de Asia utilizan predominantemente EPON / GEAPON. Este documento proporciona una visión general de Gigabit PON y analiza la arquitectura de red, los mecanismos de transmisión y el presupuesto de alimentación en sistemas GPON.⁶⁷

⁶⁵ BALACHANDRAN,S., et al. Respuesta competitiva de suministradores de servicios. . En: Enriching Communications, Alcatel – Lucent,. vol. 1, no. 1, p. 38-41

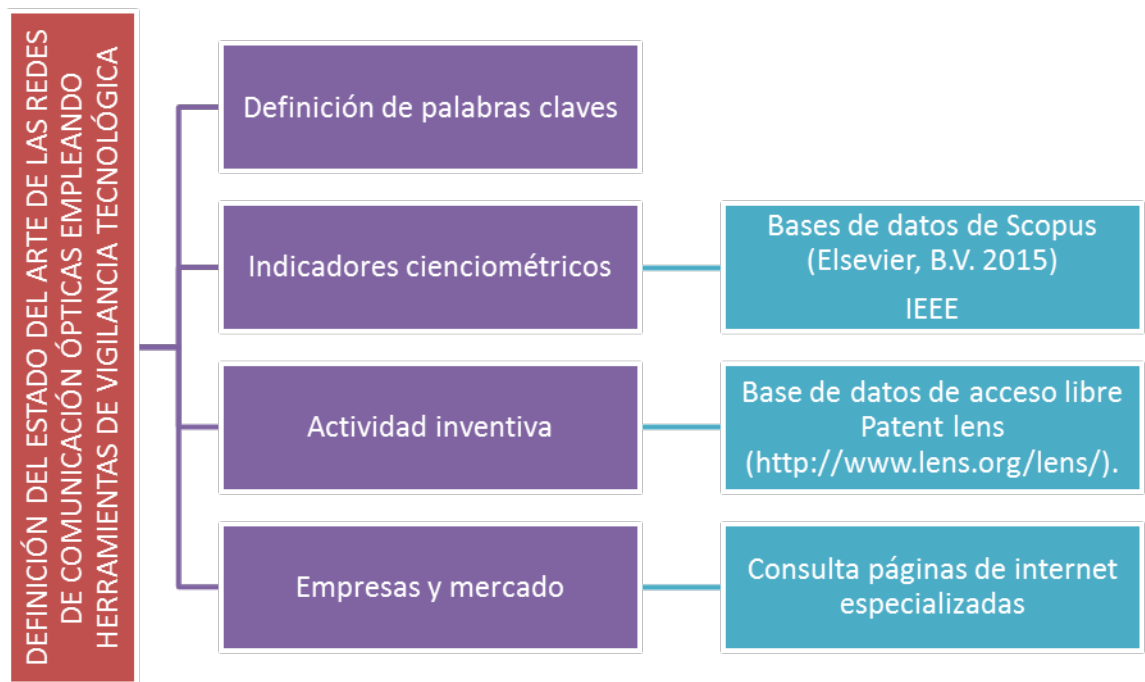
⁶⁶ HUAWEI TECHNOLOGIES CO.,LTD. Nex- Generation PON evolution. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.huawei.com/en/static/HW-077443.pdf>;

⁶⁷ CALE,I.; SALIHOVIC,A. y IVEKOVIC,M. Information Technology Interfaces, 2007. ITI 2007. 29th International Conference On. 2007. p. 679-684

3 METODOLOGÍA

Para realización del presente proyecto, se desarrollaron las siguientes etapas:
En la Figura 24 se presenta el resumen de las etapas que se llevaron a cabo en el desarrollo de este trabajo.

Figura 24. Etapas de la metodología de vigilancia tecnológica aplicada a las redes de comunicación ópticas.



Fuente: Elaboración propia.

Se definieron las palabras claves asociadas con redes de comunicación ópticas y se realizó la consulta en bases de datos referenciales y de texto, como también páginas de internet especializadas, con el fin de identificar las tendencias en investigación, invención y aplicación comercial de dichas redes. Las palabras claves propuestas se presentan a continuación:

- ❖ *Wavelength division multiplexing*
- ❖ *Broadband network*
- ❖ *Next generation network*
- ❖ *Optical packet switching*
- ❖ *Optical Access network*
- ❖ *Multiprotocol label switching*
- ❖ *Fiber coax*
- ❖ *Optical routing*
- ❖ *internet service provider network*
- ❖ *packet optical networking*

Se determinaron los indicadores cuantitativos para cada uno de los términos consultados en la base de datos de *Scopus* (*Elsevier*, B.V.2015), relacionados con el estudio de las redes de comunicación ópticas, a saber:

- Actividad científica: se mide por el número de publicaciones por año. Este indicador permite analizar la tendencia en el tema de investigación.
- Revistas científicas: se identifican las revistas científicas preferidas por los investigadores para la divulgación de los trabajos de investigación.
- Países: se identifican los países líderes en los temas de investigación de interés.
- Áreas de conocimiento: se identifican las diferentes áreas de aplicación de los temas de interés.

Se determinaron los indicadores de actividad inventiva relacionada con las redes de comunicación ópticas, empleando la base de datos de patentes de acceso libre *Patentlents* (<http://www.lens.org/lens/>).

- Actividad inventiva: se mide por el número de patentes por año.
- Clasificación IPC: define el área de aplicación de las patentes
- Aplicantes: persona o empresa que solicita la patente y tiene la intención de "trabajar" la invención (es decir, fabricación o licencia de la tecnología).
- Jurisdicción: oficina donde se radica la patente con el fin de proteger la invención en dicho país.

Mediante la consulta de páginas de internet especializadas se identificaron grupos de investigación adscritos a universidades nacionales e internacionales, empresas dedicadas al desarrollo y comercialización de redes de comunicación ópticas. También se presentan algunas noticias relacionadas con este tema, con el fin de mostrar la importancia no solo en el área académica sino en el contexto general de la sociedad.

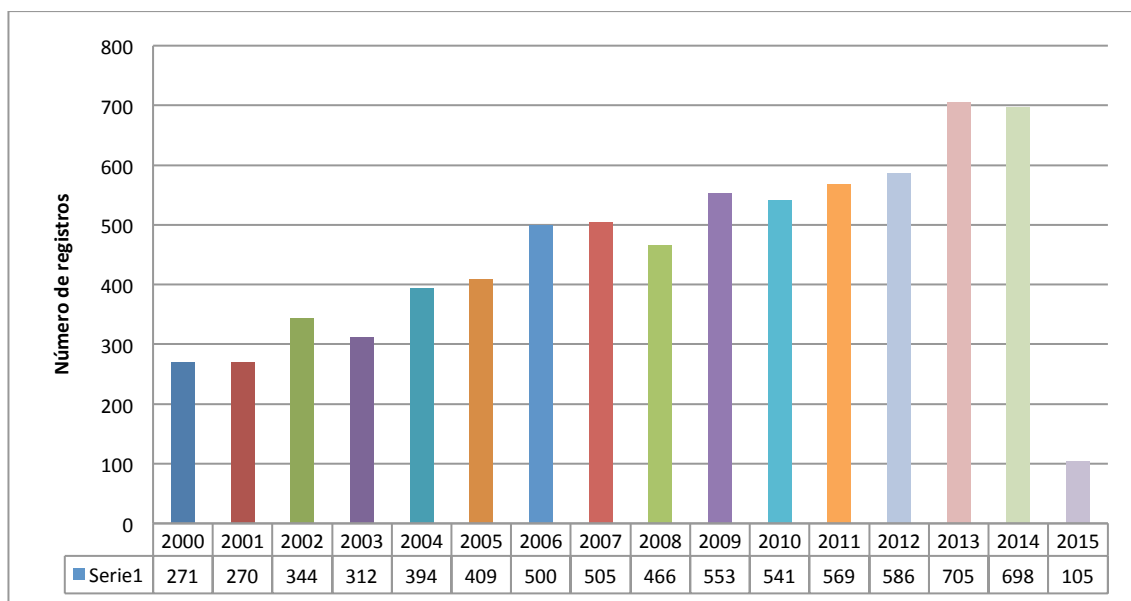
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con la metodología planteada se presentan a continuación los resultados obtenidos del ejercicio de vigilancia tecnológica aplicada a la definición del estado del arte de las redes de comunicación ópticas.

Con el fin de obtener una visión general sobre la actividad científica relacionada con las redes ópticas se propuso la siguiente ecuación: *TITLE-ABS-KEY ("optical network*") AND DOCTYPE (ar) AND PUBYEAR > 1999*, de la cual se obtuvieron 7126 artículos indexados en la base de datos de Scopus durante el período 2000 a la fecha.

En cuanto a la dinámica científica en el tema se puede observar una tendencia creciente a partir del año 2000, como se puede apreciar en la Figura 25. El año de mayor actividad es el 2013 con 705 registros. En el 2014 presenta 698, mostrando un leve descenso en el número de publicaciones. En lo que va transcurrido del año 2015, se presentan 105 trabajos indexados en la base de datos.

Figura 25. Dinámica científica en el estudio de las redes ópticas.

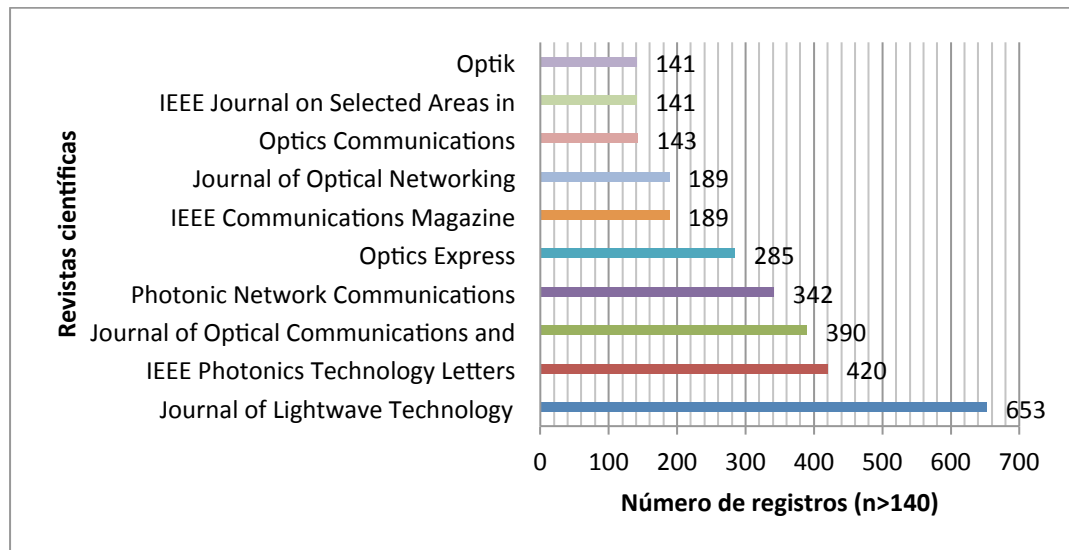


Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXCEL. Fecha de actualización 05/03/2015.

Las revistas científicas más importantes en el tema de las redes ópticas se presentan en la Figura 26. Las tres publicaciones más importantes son: *Journal of Lightwave Technology*, *IEEE Photonics Technology Letters* y *Journal of Optical Communications and Networking*, las cuales son editadas por el *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (IEEE)*. El *Journal of Lightwave Technology* presenta 653 artículos. El área de conocimiento de esta revista es física molecular y óptica, su período de cobertura en Scopus es

desde 1983 hasta 2014. El *IEEE Photonics Technology Letters* con 420 publicaciones, el área de conocimiento está relacionado con electrónica, materiales ópticos y magnéticos. Su cobertura en Scopus es desde 1989 hasta el 2014. El *Journal of Optical Communications and Networking* con 390. Es una revista relativamente nueva, su cobertura en Scopus es desde 2009 hasta el 2014. Su área de conocimiento son las ciencias computacionales y redes de comunicación.

Figura 26. Revistas científicas más importantes en el estudio de las redes ópticas.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXcel. Fecha de actualización 05/03/2015.

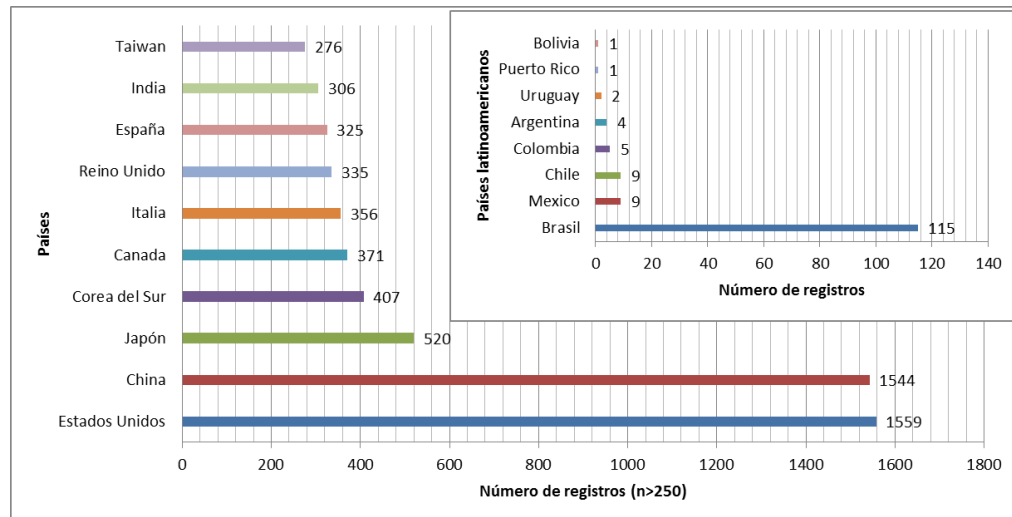
Los investigadores más importantes en el tema de investigación de las redes ópticas son:

- Gu, Wanyi con 102 publicaciones, investigador perteneciente al *Laboratory of Information Photonics and Optical Communications* de la *Beijing University of Posts and Telecommunications* (Beijing, China).
- Mukherjee, Biswanath, con 99 artículos indexados en la base de datos de Scopus, investigador perteneciente al *Networks Research Lab* de la UC Davis (Estados Unidos).
- Ji, Yuefeng, con 83 publicaciones, investigador perteneciente al *Laboratory of Information Photonics and Optical Communications* de la *Beijing University of Posts and Telecommunications* (Beijing, China).
- Guo, Lei, con 71 trabajos, investigador perteneciente a la *School of Automation Science and Electrical Engineering* de la *Beihang University*, (Beijing, China).

A nivel mundial los países más importante en el campo de la investigación de redes ópticas son: Estados Unidos (1559), China (1544) y Japón (520), como se puede observar en la Figura 27. En el caso de los países latinoamericanos, sobresale Brasil con 115 registros. México y Chile tan sólo aparecen con 9

registros cada uno, en tanto que Colombia aparece con 5 trabajos y Argentina con 4.

Figura 27. Países que más publican en el tema de las redes ópticas.

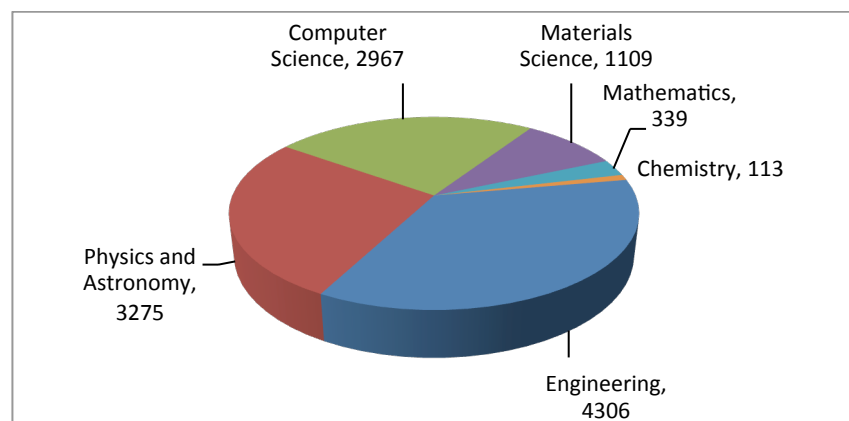


Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos *Scopus*, procesados con *MSExcels*. Fecha de actualización 03/01/2015.

Las palabras claves que más emplean los investigadores y que se encuentran asociadas con el estudio de las redes ópticas son: *Fiber optic networks*(3,259), *Optical communication*(2,023), *Wavelength division multiplexing*(1,875), *Optical networks*(1,245), *Bandwidth*(831), *Algorithms*(823), *Passive optical networks*(762), *Passive networks*(745), *Computer simulation*(693), *Telecommunication traffic*(591), *Optical switches*(587), *Optical materials*(555), *Network protocols*(520), entre otras.

Las áreas de conocimiento en las cuales se aplican las redes ópticas, de acuerdo con la base de datos de *Scopus*, son: Ingeniería (4306), Física y astronomía (3275), Ciencias computacionales (2967), entre otros como se puede observar en la Figura 28. Es importante resaltar que los artículos indexados son en su mayoría interdisciplinarios en sus áreas de aplicación.

Figura 28. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican las redes ópticas.



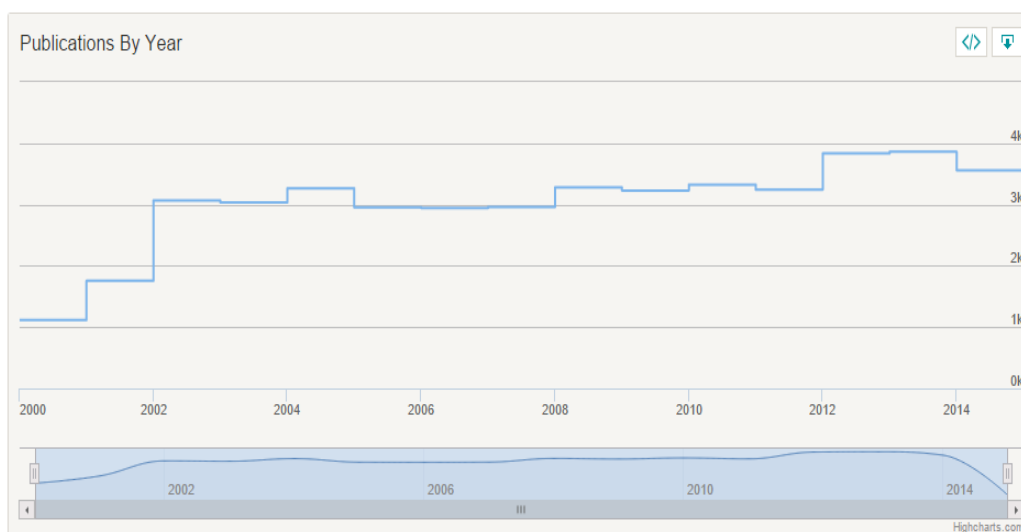
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

■ Actividad Inventiva en redes ópticas

Para determinar la importancia y actualidad de un tema además de establecer la actividad científica es necesario evaluar la actividad inventiva o número de patentes que se han desarrollado en el área de interés. En este caso se utilizó la página de internet *patentlens*(www.lens.org/) y se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda: "(title:(optical networks) || abstract:(optical networks) || claims:(optical networks))", el período de consulta se estableció entre el 2000 a la fecha (enero de 2015) y se obtuvieron 45479 patentes de las cuales 29869 corresponden a familias de patentes.

La dinámica inventiva relacionada con las redes ópticas se presenta en la Figura 29. Desde el año 2000 al 2014 se puede observar una tendencia creciente en el tema. En el 2013 se presenta la mayor cantidad de patentes (3861). Esto coincide de alguna manera con el comportamiento en el número de artículos científicos analizados anteriormente.

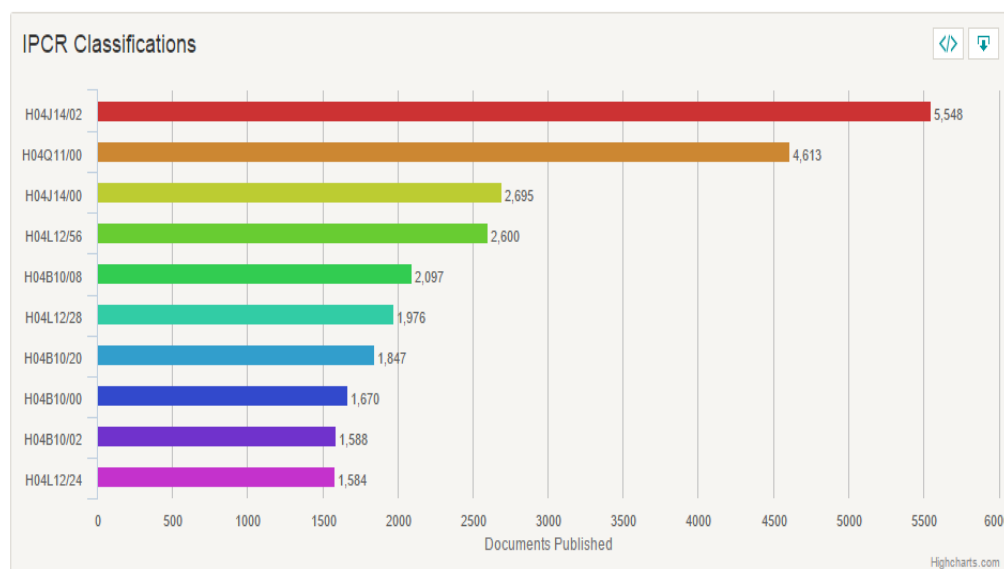
Figura 29. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patentlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La clasificación IPC (Clasificación Internacional de Patentes) se presenta en la Figura 30. Se puede observar que la mayoría de las patentes se aplican en la sección H que comprende con la electricidad, la clase H04 relaciona las técnicas de comunicación eléctrica, la subclase H04J comprende la comunicación multiplex y el grupo H04J14/02 se relaciona con *Optical multiplex systems* (sistemas ópticos multiplex), en este grupo se encuentran 5548 patentes. Otros grupos pueden observarse en la Figura 29.

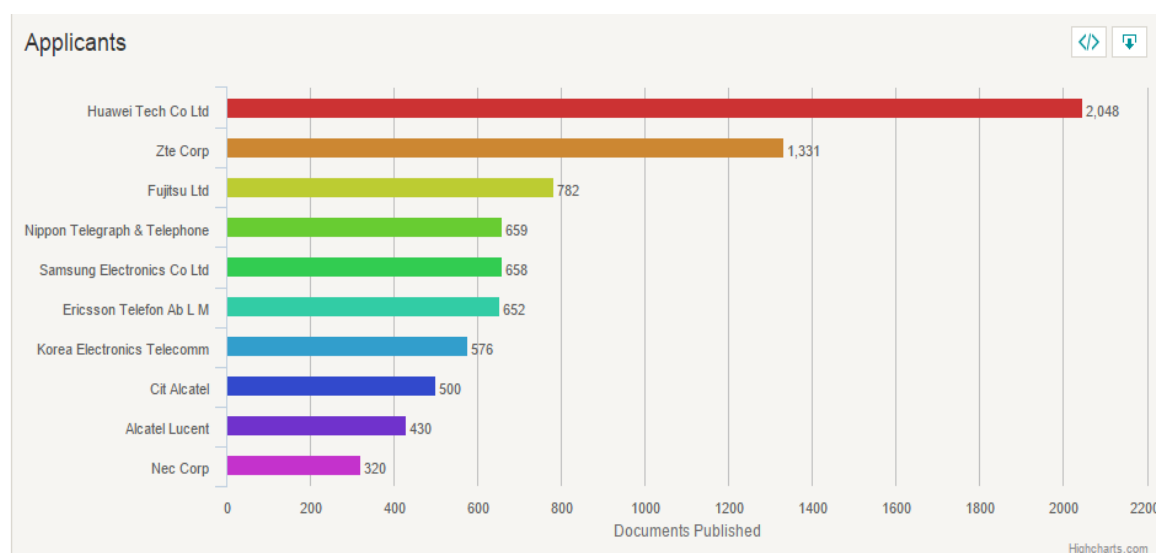
Figura 30. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

Dentro de los aplicantes más importantes de las patentes se encuentran HuaweiTech Co Ltd (2048), ZteCorp (1331), Fujitsu Ltd (782), NipponTelegraph&Telephone (659) y Samsung Electronics Co Ltd (658) entre otros, como se puede observar en la Figura 31.

Figura 31. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.



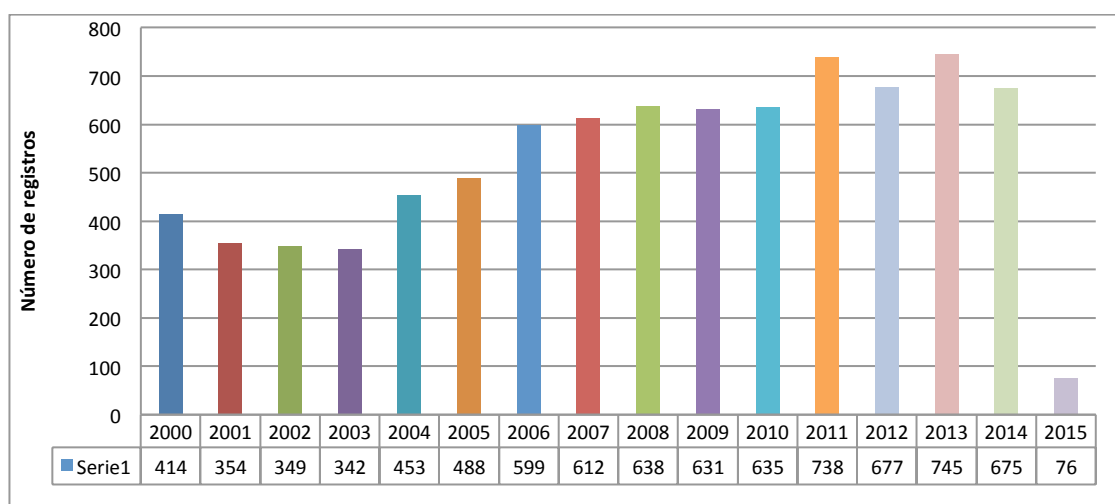
Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La oficina de patentes en la cual se encuentra registrado el mayor número de invenciones es Estados Unidos (19065), WIPO (9138), China (6699), Japón (3200), entre otras. El registro de las patentes en estas oficinas tiene como objetivo proteger las invenciones en estos países.

Otro tema de interés está relacionado con el concepto. “*All optic**”, para eso se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda en la base de datos referencial de Scopus (Elsevier, B.V. 2015): *TITLE-ABS-KEY ("all optic*") AND DOCTYPE (ar) AND PUBYEAR > 1999* , para la cual se obtuvieron 8426 resultados.

Cuando se analiza la actividad científica en este tema, se observa que es un tema de gran actualidad durante los 14 años evaluados, tiene una tendencia creciente sostenida en este período de tiempo. El año con mayor número de registros fue el 2011 con 738 registros (Ver Figura 32). En lo transcurrido del 2015 a la fecha de consulta se presentan 76 trabajos relacionados con esta temática.

Figura 32. Dinámica científica en el estudio de las redes “all optic*”.



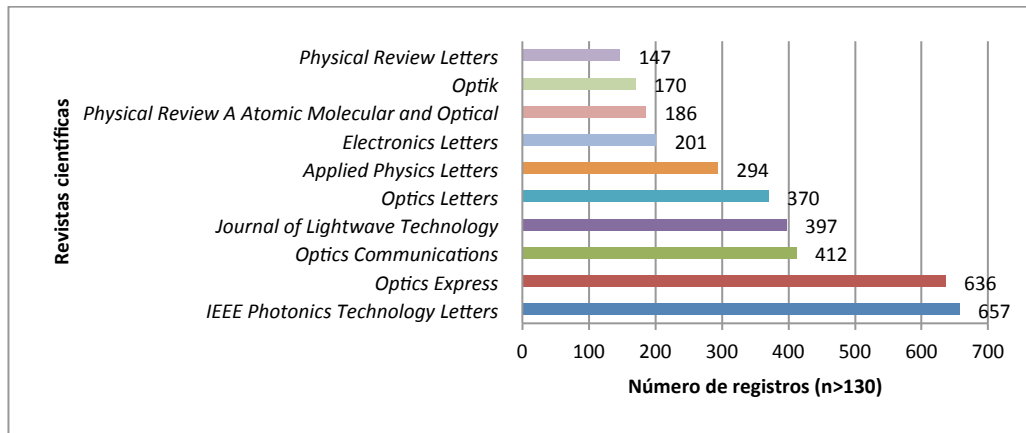
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXCEL. Fecha de actualización 10/03/2015

Los autores más importantes en esta área son:

- Zhang, Xinliang, con 130 trabajos, investigador adscrito a la *School of Optical and Electronic Information* del *Wuhan National Laboratory for Optoelectronics*, (Wuhan, China).
- Huang, Dexiu, con 109 publicaciones, investigador adscrito al *Wuhan National Laboratory for Optoelectronics*, (Wuhan, China).
- Mukhopadhyay, Sourangshu, con 68 referencias en la base de datos consultada, investigador vinculado al *Department of Physics* de la *University of Burdwan*, (Bardhaman, India).

Las revistas científicas más importantes en las cuales se presentan publicados la mayor cantidad de artículos relacionados con el tema de “all optic*”, se presentan en la Figura 33. Sobresalen *IEEE Photonics Technology Letters* con 657 publicaciones, *Optics Express* con 636 y *Optics Communications* con 412 registros.

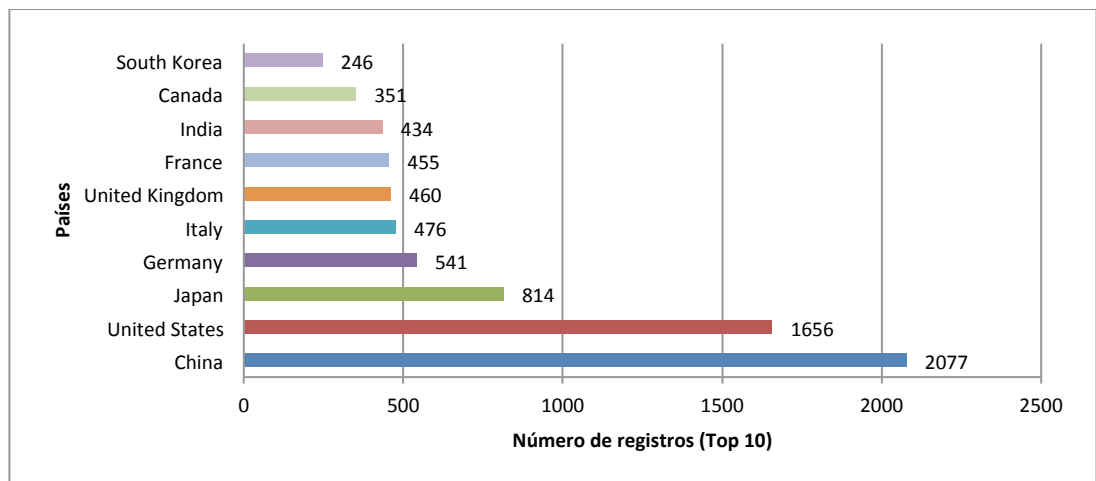
Figura 33. Principales revistas científicas relacionadas con las publicaciones en “All optic*”



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 10/03/2015

En cuanto a la distribución de las publicaciones por países a nivel mundial, se encuentra que China es el país con el mayor número de afiliaciones en el tema de “all optic*” con 2077 trabajos, le sigue Estados Unidos con 1656 y Japón con 814 trabajos, Ver Figura 34. A nivel latinoamericano se encuentran 98 trabajos con afiliación a Brasil, 53 para México, 12 para Argentina, 10 para Chile y 4 para Colombia, de acuerdo con la ecuación de búsqueda estructurada en la base de datos referencial Scopus.

Figura 34. Distribución de las publicaciones por países en el tema de “All optic*”



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 10/03/2015

En el caso de Colombia, el tema es poco estudiado y se observa que las cuatro publicaciones se presentaron en los años 2002, 2011, 2012 y 2014 (una publicación por año).

Los investigadores más importantes en este tema en Colombia son:

- Barrera, John Fredy, quien presenta 2 trabajos, el investigador pertenece al Instituto de Física de la Universidad de Antioquia, (Medellín, Colombia).
- Bolognini, Néstor A., presenta 2 trabajos y tiene como afiliación el Departamento de Física de la Universidad Nacional de La Plata, (La Plata, Argentina).

En cuanto al área de aplicación de los trabajos de investigación realizados en el tema de "all optic*" se encuentran que el interés mayor se centra en las aplicaciones de física y astronomía (6683 artículos), ingeniería (3585), ciencia de los materiales (1942) y ciencias computacionales (789).

Otro indicador del interés de los investigadores en el tema de estudio se puede medir a través de las palabras claves asociados a las publicaciones. En el caso del término "all optic*" los *keywords* más empleados son: *Optical switches*(1516), *Optical communication*(1469), *All-optical*(1355), *Nonlinear optics*(874), *Fiber optic networks*(729), *Signal processing*(683), *Wavelength division multiplexing*(635), *Light amplifiers*(597), *Computer simulation*(593), *Optical fibers*(569), entre otras.

■ ANÁLISIS DE PALABRAS CLAVES ASOCIADAS CON LAS REDES ÓPTICAS

Para el desarrollo de este proyecto, el director del proyecto propuso algunos términos asociados con las redes de comunicación ópticas y se realizó la consulta en la base de datos tipo referencial de Scopus (*Elsevier*, B.V. 2015). Los términos se consultaron de manera individual y se presentan en el Cuadro 11.

El tema más estudiados en el campo de las redes de comunicación ópticas es el asociado con "*wavelength división multiplexing**", el cual presenta 10742 registros durante el período 2000 a la fecha de consulta de este trabajo. Le sigue "*broadband network**" con 5981 registros y "*next generation network**" con 1280 resultados. Los términos menos importantes son "*packet optical networking**", tan solo con 6 registros, "*internet service provider network**" presenta 81 resultados, como puede observarse en la Figura 35.

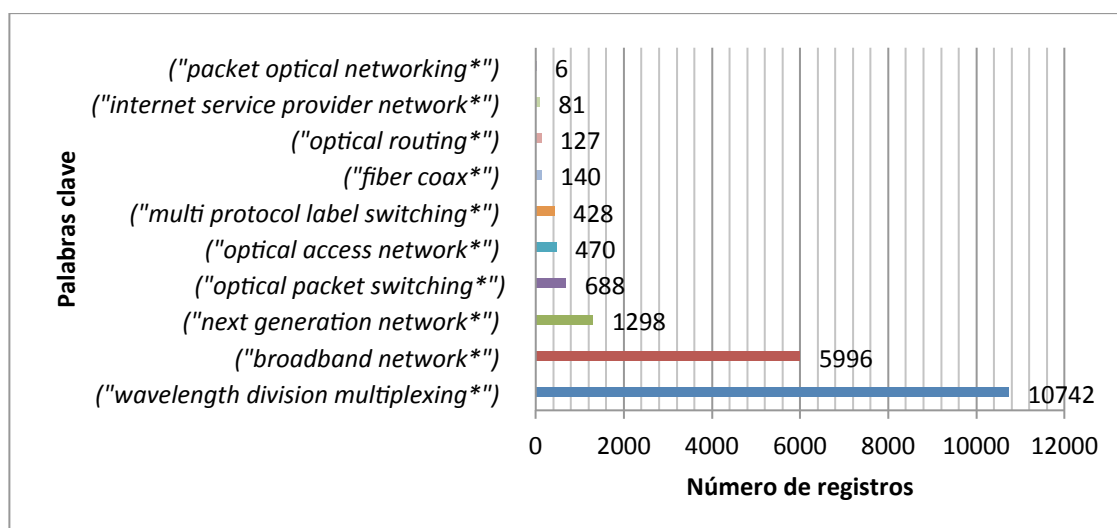
Cuadro 12. Ecuaciones de búsqueda de términos asociados al estudio de redes de comunicación ópticas. Fecha de actualización: 03 de enero de 2015.

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA	NÚMERO DE REGISTROS
("optical access network*") AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1999)	470
("fiber coax*") AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1999)	140

("optical packet switching*") AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1999)	688
("wavelength division multiplexing*") AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1999	10742
("multi protocol label switching*") AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1999)	428
("optical routing*") AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1999	127
("broadband network*") AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1999)	5996
("packet optical networking*") AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1999)	6
("internet service provider network*") AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1999)	81
("next generation network*") AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1999	1298

Fuente: Elaboración del autor

Figura 35. Importancia de las palabras claves asignadas para estudio de acuerdo con el número de registros en la base de datos.



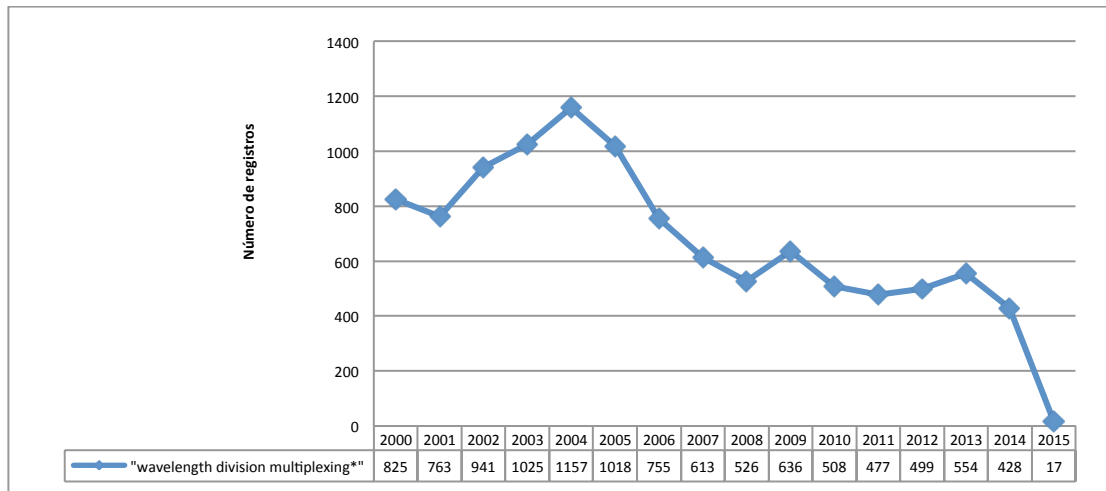
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

Se aplicó el análisis cienciométrico para los términos asociados con el estudio de las redes ópticas con un número de registros > 450 como criterio de importancia. A continuación se presentan los indicadores para cada una de las palabras claves sugeridas.

■ Actividad científica en “*Wavelength Division Multiplexing*”

En la dinámica de publicación de esta temática, se observa en general una tendencia decreciente. El 2004 fue el año de mayor actividad con 1157 registros. En lo transcurrido del 2015, se tienen 17 publicaciones (Ver Figura 36).

Figura 36. Dinámica científica en el estudio de wavelength división multiplexing.



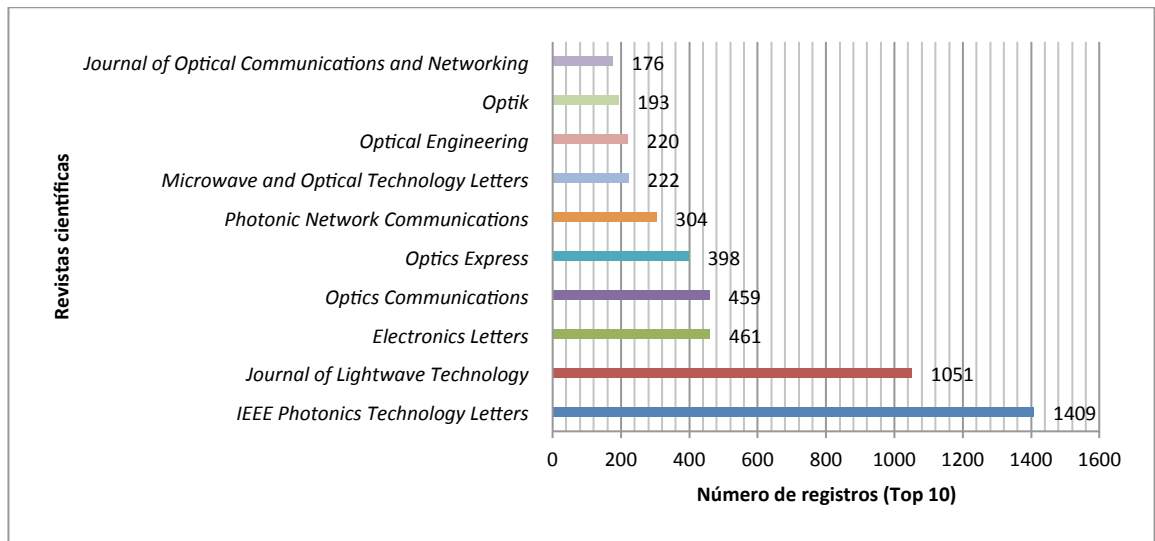
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

Los autores más importantes en esta temática son:

- *Mukherjee, Biswanath*, 77 publicaciones, el investigador tiene como afiliación el *Networks Research Lab., Davis de la UC Davis de Estados Unidos*.
- *Li, Lemin*, 68 publicaciones, el investigador tiene como afiliación *Key Laboratory of Optical Fiber Sensing and Communications de la University of Electronic Science and Technology of China, (Chengdu, China)*.
- *Yu, Jianjun*, 66 publicaciones, adscrito al *Key Laboratory for Information Science of Electromagnetic Waves (MoE) de Fudan University, (Shanghai, China)*.
- *Chi, Sien*, 59 publicaciones, adscrito al *Institute of Electro-Optical Engineering de National Chiao Tung University Taiwan, (Hsin-chu, Taiwan)*.
- *Kaler, Rajinder Singh*, 58 publicaciones, vinculado al *Department of Electronics and Communication Engineering de la Thapar University, (Patiala, India)*

Las diez principales revistas que publican en esta temática se presentan en la Figura 37. Sobresalen *IEEE Photonics Technology Letters* (1409), *Journal of Lightwave Technology* (1051), *Electronics Letters* (461) y *Optics Communications* (459).

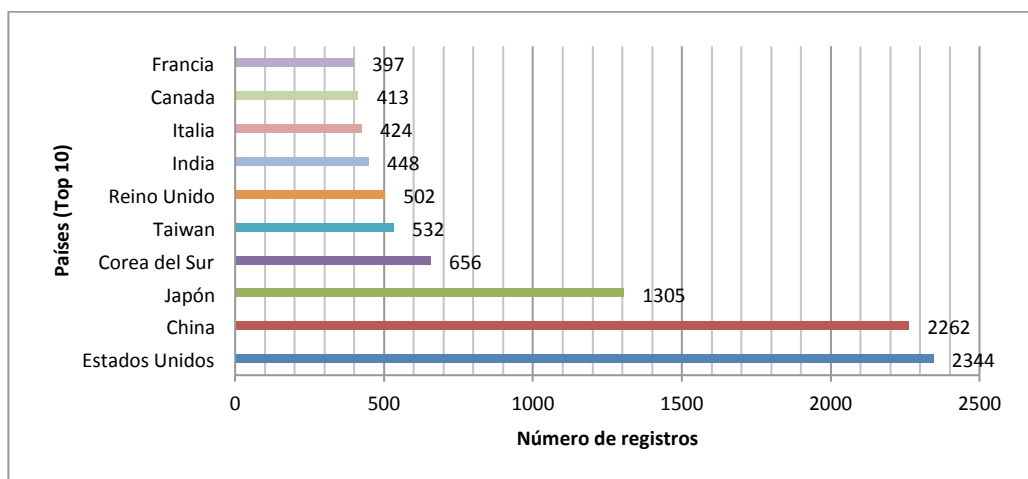
Figura 37. Revistas científicas más importantes en el estudio de wavelength división multiplexing.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

La distribución por países de los artículos relacionados con *Wavelength Division Multiplexing* se presenta en la Figura 38, en la cual aparecen las 10 naciones más importantes a nivel mundial. Sobresalen Estados Unidos (2344), China (2262) y Japón (1305). En cuanto a los países latinoamericanos se encuentra en primer lugar a Brasil (110), México (23), Chile (14), Argentina (8) y Colombia (5). Para el caso de Colombia, las cinco publicaciones indexadas en la base de datos de Scopus, se registraron en los años 2002 (1), 2010 (1), 2011 (1) y 2014 (2). Las instituciones universitarias nacionales que participaron en estos trabajos son Universidad Pontificia, Universidad de los Andes, Universidad Nacional y Universidad Militar Nueva Granada.

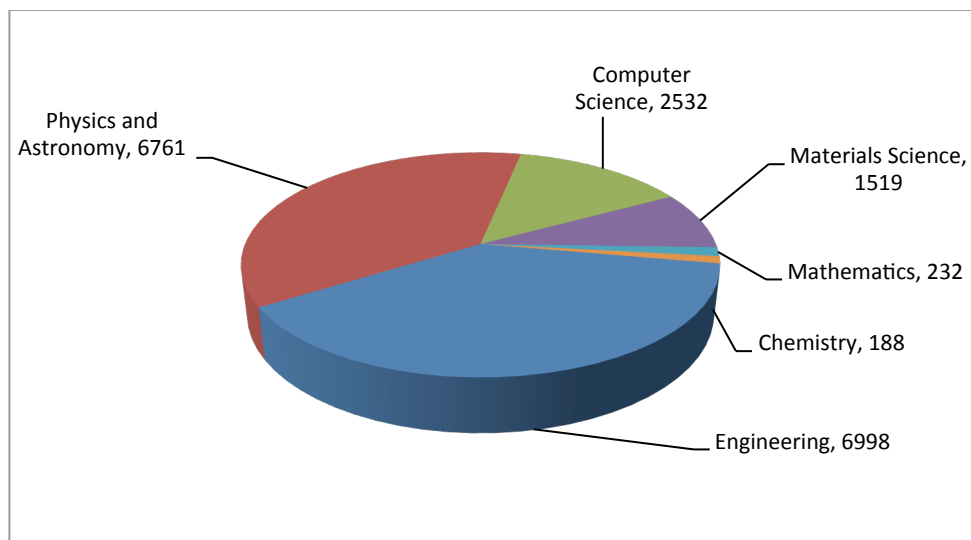
Figura 38. Países que más publican en el tema de wavelength división multiplexing.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

Las áreas de aplicación de esta tecnología medida por el número de publicaciones son: ingeniería (6998), física y astronomía (6761) y ciencias computacionales (2532). Es de aclarar que los artículos científicos publicados en esta temática son de carácter multidisciplinario y pueden tener varias aplicaciones al tiempo. Ver Figura 39.

Figura 39. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican wavelength división multiplexing.



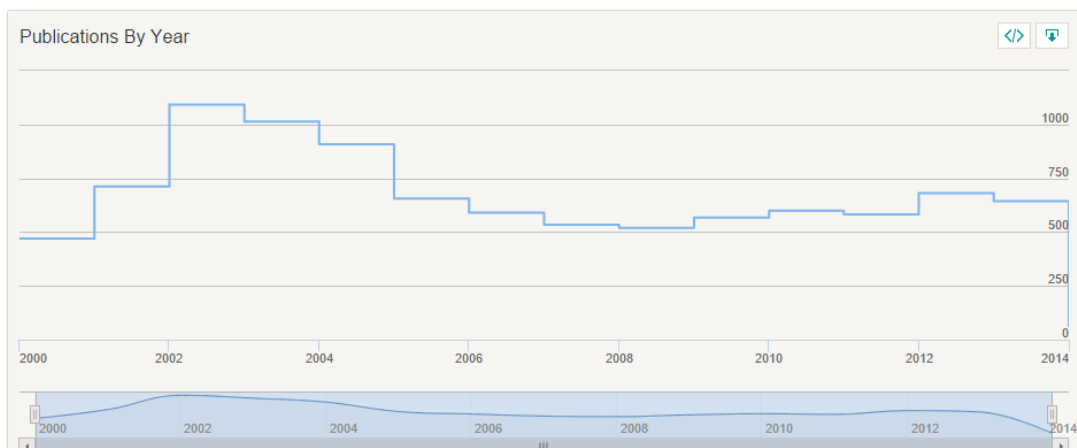
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSeExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

■ Actividad inventiva (patentes) en *Wavelength Division Multiplexing*

Se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda en la base de datos de patentes gratuita de patentslens: "(title:(*Wavelength Division Multiplexing*) || abstract:(*Wavelength Division Multiplexing*) || claims:(*Wavelength Division Multiplexing*))", el período de consulta se estableció entre el 2000 y 2014. Se obtuvieron 9634 patentes de las cuales 6509 corresponden a familias de patentes.

La distribución del número de patentes por año se puede apreciar en la Figura 40. Se puede observar una tendencia decreciente en el interés de los inventores en el tema de *Wavelength Division Multiplexing*, lo que de alguna manera coincide con lo observado en el número de publicaciones registradas en el mismo período de tiempo. El año con mayor número de patentes es el 2002 con 1093 registros.

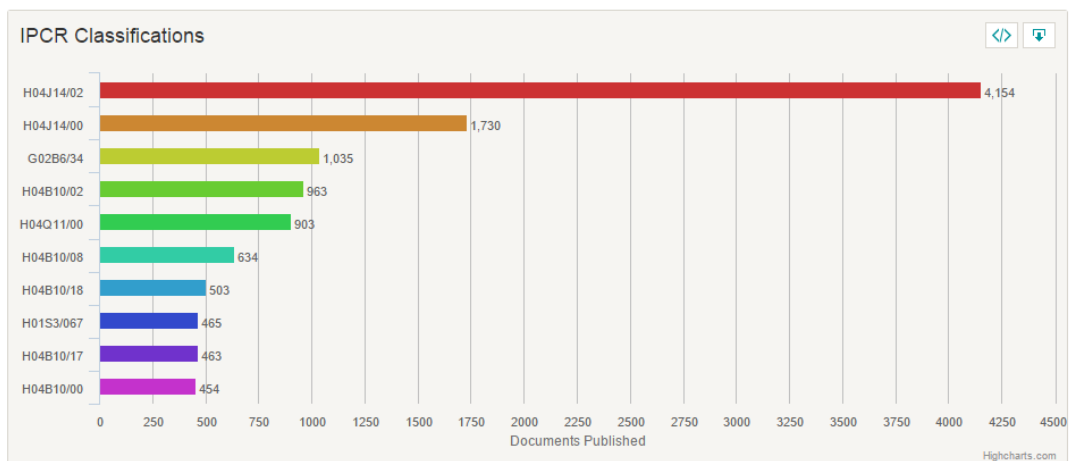
Figura 40. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La clasificación IPC (Clasificación Internacional de Patentes) se presenta en la Figura 41. Se puede observar que la mayoría de las patentes se aplican en la sección H que comprende con la electricidad, la clase H04 relaciona las técnicas de comunicación eléctrica, la subclase H04J comprende la comunicación multiplex y el grupo H04J14/02 se relaciona con *Optical multiplex systems* (sistemas ópticos multiplex), en este grupo se encuentran 4154 patentes. Otros grupos pueden observarse en la Figura 40.

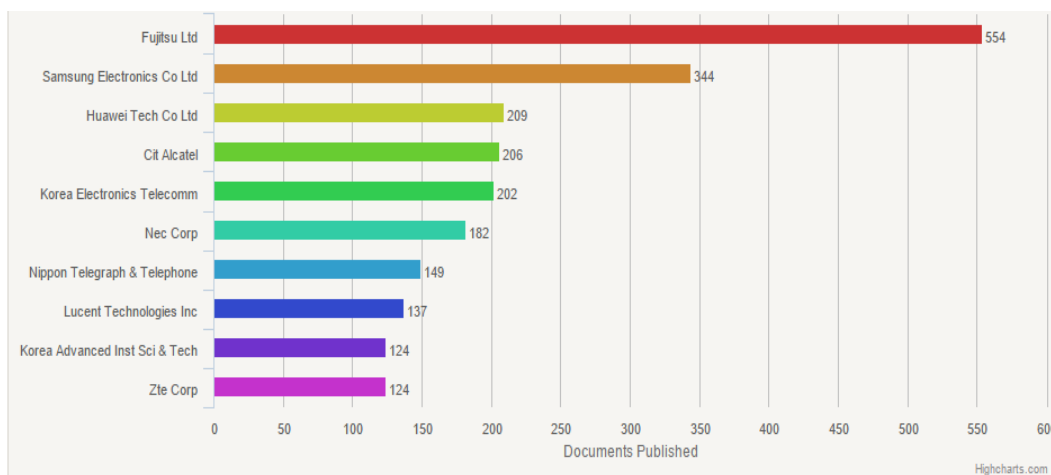
Figura 41. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

Dentro de los aplicantes más importantes de las patentes se encuentran Fujitsu Ltd (554), Samsung Electronics Co Ltd (344), HuaweiTech Co Ltd(209), Cit Alcatel (202) y entre otros, como se puede observar en la Figura 42.

Figura 42. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.



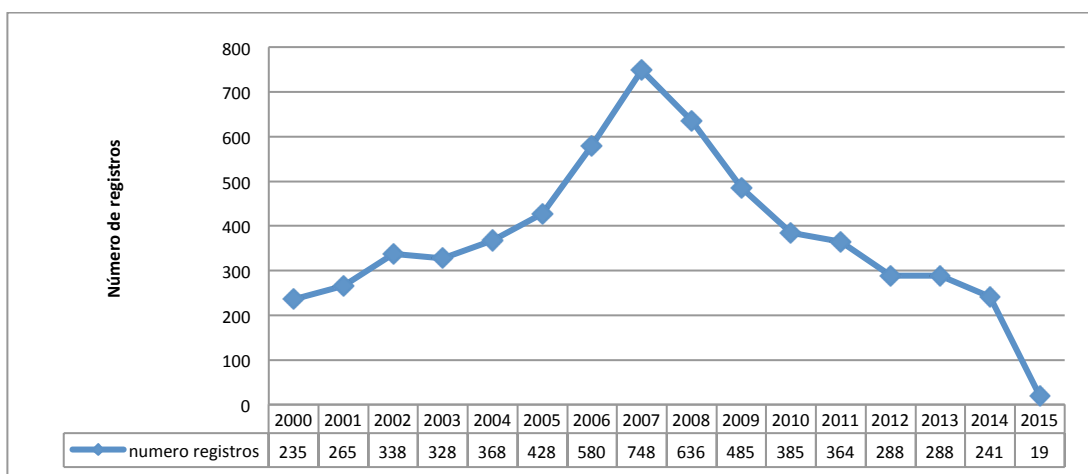
Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La oficina de patentes en la cual se encuentra registrado el mayor número de invenciones es Estados Unidos (3903), WIPO (1582), China (1299), Japón (915), entre otras.

■ Actividad científica en “*Broadband Network*”

En la dinámica de publicación de esta temática, se observa en general una tendencia decreciente. El 2007 fue el año de mayor actividad con 748 registros. En lo transcurrido del 2015, se tienen 19 publicaciones (Ver Figura 43).

Figura 43. Dinámica científica en el estudio de broadband network.



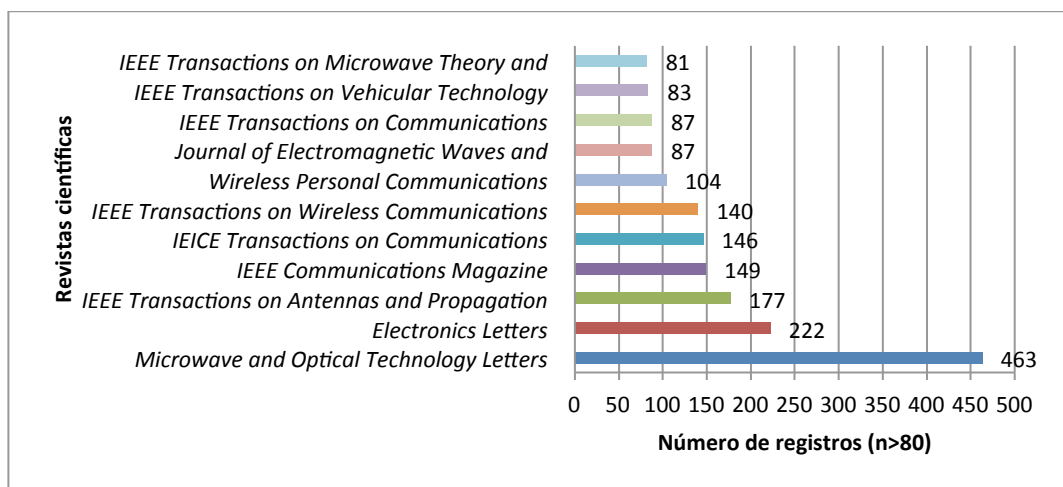
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSeExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

Los autores más importantes en este tema son:

- Ojaroudi, Nasser, 26 publicaciones, adscrito al Ardabil Branch de la Islamic Azad University, (Ardabil, Iran).
- Ojaroudi, Mohammad, 24 publicaciones, adscrito al Ardabil Branch de la Islamic Azad University, (Ardabil, Iran).
- Sawahashi, Mamoru, 22 publicaciones, vinculado a la Tokyo City University, (Tokyo, Japan).
- Jiao, Yongchang, 21 publicaciones, adscrito al National Key Laboratory of Antennas and Microwave Techniques de la Xidian University, (Xi'an, China).
- Abbosh, Amin M., 20 publicaciones, vinculado al School of ITEE de la University of Queensland, (Brisbane, Australia).

Las diez principales revistas que publican en esta temática se presentan en la Figura 44. Sobresalen *Microwave and Optical Technology Letters* (463), *Electronics Letters* (222) y *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* (177).

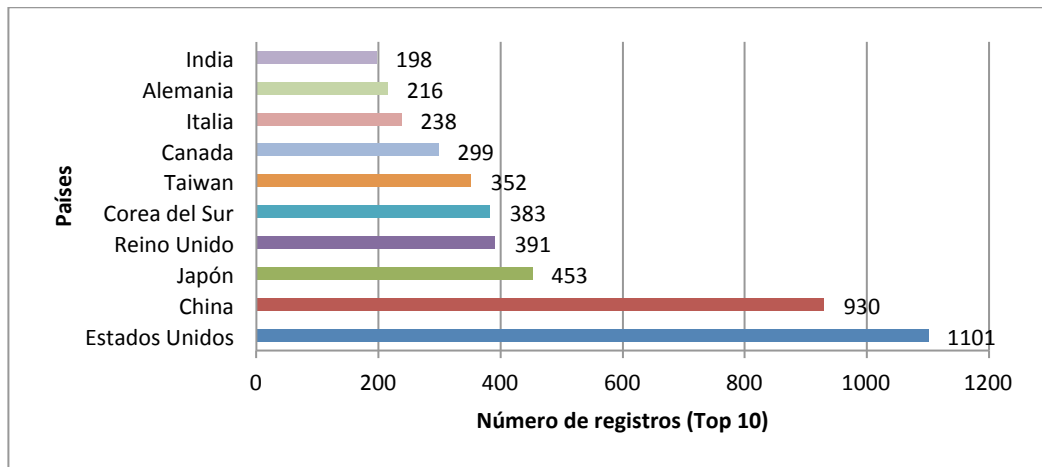
Figura 44. Revistas científicas más importantes en el estudio de broadband network.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

La distribución por países de los artículos relacionados con *broadband network* se presenta en la Figura 45, en la cual aparecen las 10 naciones más importantes a nivel mundial. Sobresalen Estados Unidos (1101), China (930) y Japón (453). En cuanto a los países latinoamericanos se encuentra en primer lugar a Brasil (23), México (19), Argentina (7), Colombia (6) y Chile (3).

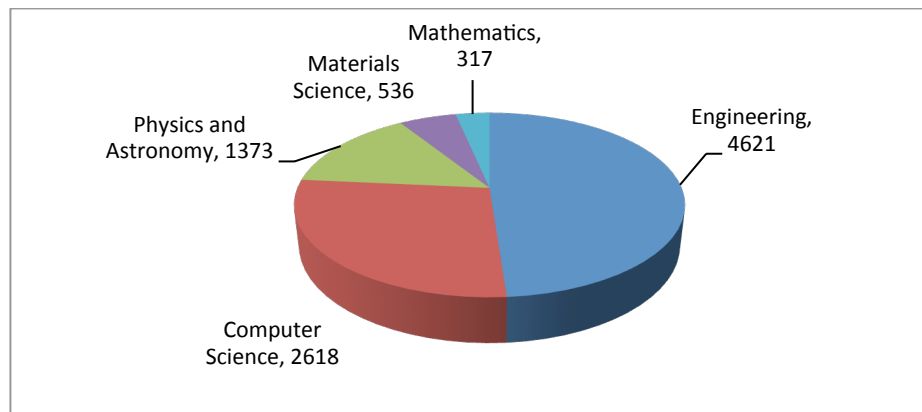
Figura 45. Países que más publican en el tema de broadband network.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

Las áreas de aplicación de esta tecnología medida por el número de publicaciones son: ingeniería (4621), ciencias computacionales (2618), física y astronomía (1373), como se puede observar en la Figura 46.

Figura 46. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican broadband network.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

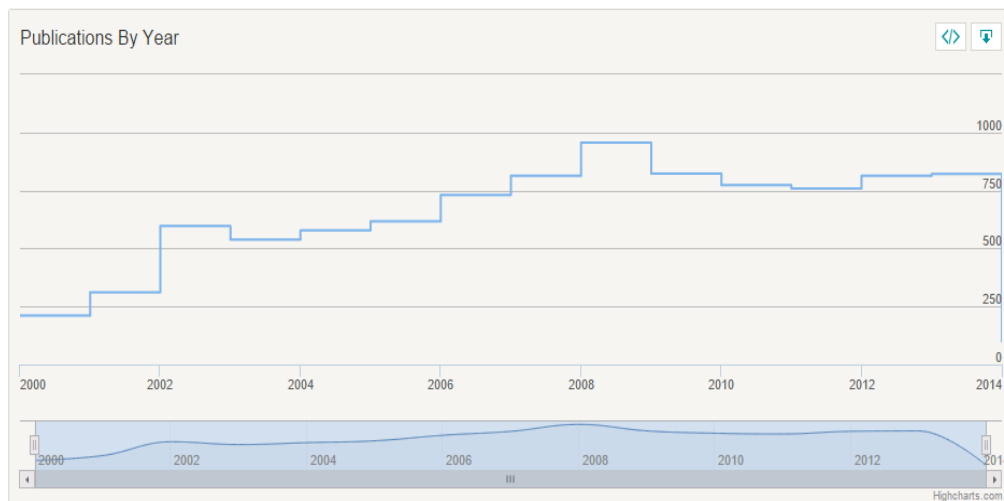
■ Actividad inventiva (patentes) en *Broadband Network*

Se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda en la base de datos de patentes gratuita de patentslens: "(title:(*Broadband Network*) || abstract:*Broadband Network*) || claims:(*Broadband Network*)", el período de consulta se estableció entre el 2000 y 2014. Se obtuvieron 9440 patentes de las cuales 6027 corresponden a familias de patentes.

La distribución del número de patentes por año se puede apreciar en la Figura 47. Se puede observar una tendencia decreciente en el interés de los inventores en el tema de *Broadband Network*, lo que de alguna manera

coincide con lo observado en el número de publicaciones registradas en el mismo período de tiempo. El año con mayor número de patentes es el 2009.

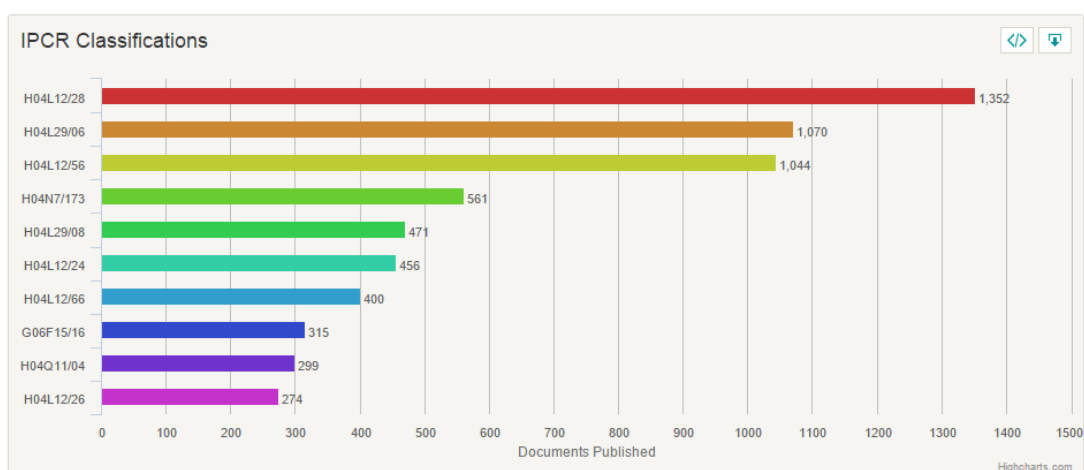
Figura 47. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La clasificación IPC (Clasificación Internacional de Patentes) se presenta en la Figura 48. Se puede observar que la mayoría de las patentes se aplican en la sección H que comprende con la electricidad, la clase H04 relaciona las técnicas de comunicación eléctrica, la subclase H04L comprende la transmisión de información digital. El grupo H04L12/28 caracteriza por la configuración de pasos como por ejemplo LAN [Local Area Networks] o WAN [Wide Area Networks] (Wireless communication networks) en este grupo se encuentran 1352 patentes. Otros grupos pueden observarse en la Figura 47.

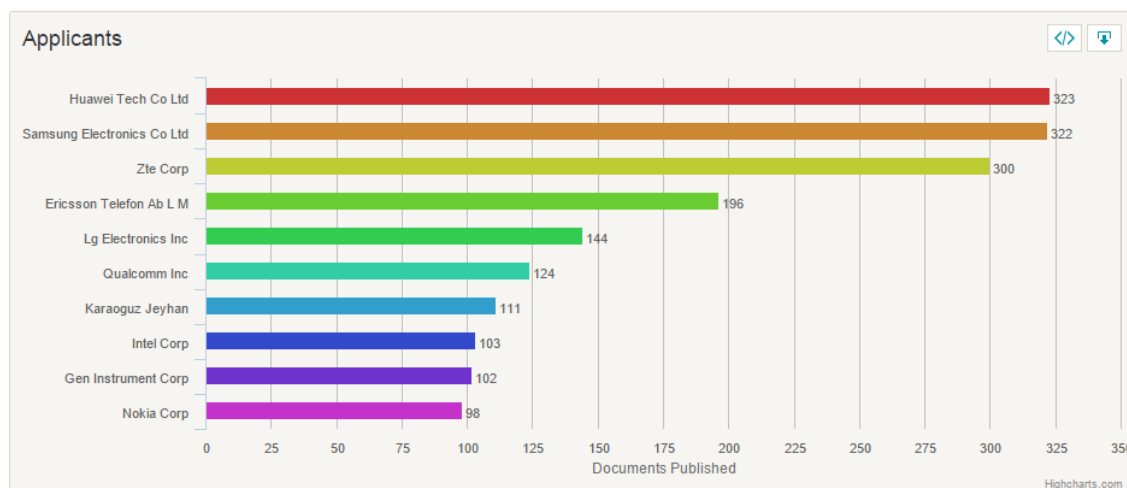
Figura 48. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

Dentro de los aplicantes o usuarios más importantes de este grupo de patentes se encuentran HuaweiTech Co Ltd (323), Samsung Electronics Co Ltd (322), ZteCorp (300), entre otros, como se puede observar en la Figura 49.

Figura 49. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.



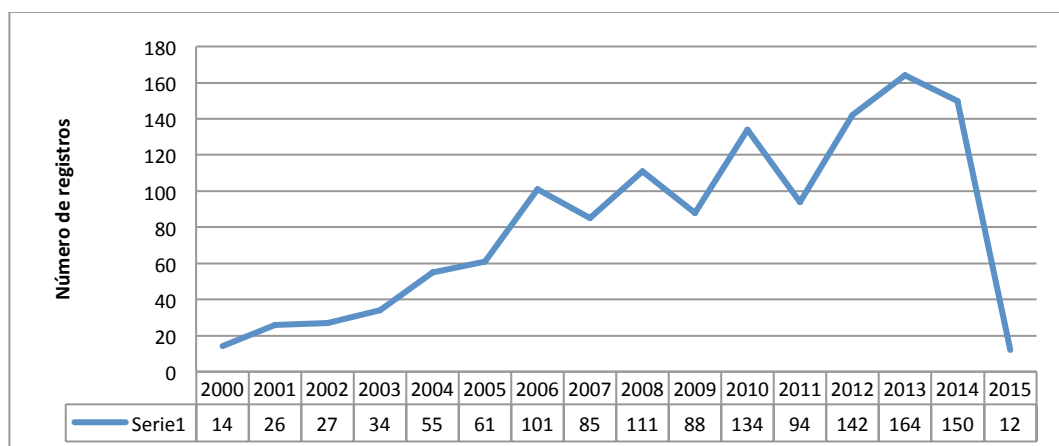
Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La oficina de patentes en la cual se encuentra registrado el mayor número de invenciones es Estados Unidos (4101), WIPO (1992), China (1435), Corea del Sur (492), entre otras.

■ Actividad científica en *Next Generation Network*

En la dinámica de publicación de esta temática, se observa una tendencia creciente irregular hasta el año 2013, siendo este el año de mayor actividad con 164 registros. En lo transcurrido del 2015, se tienen 12 publicaciones (Ver Figura 50).

Figura 50. Dinámica científica en el estudio de next generation network.



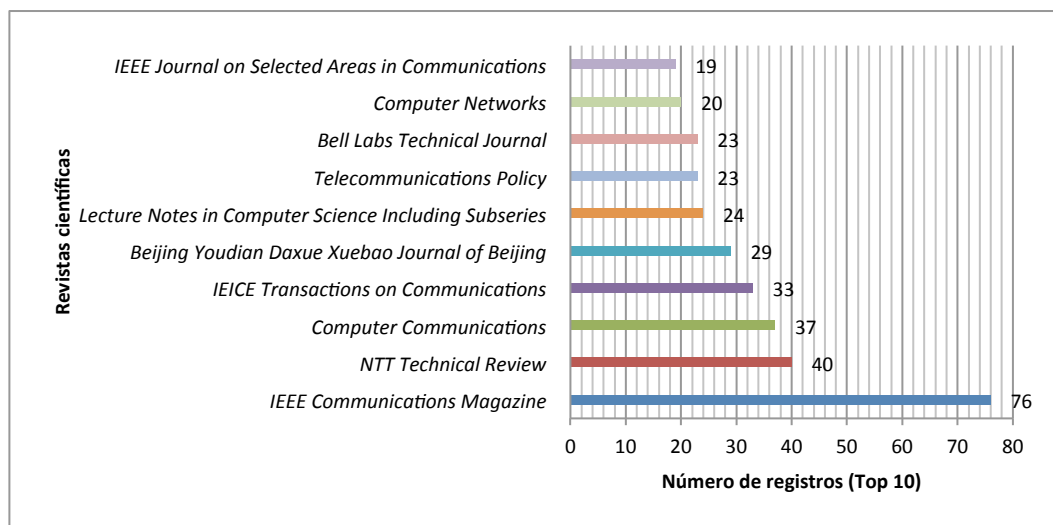
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

Los autores más importantes en el tema son:

- *Yang, Fangchun*, 13 documentos, vinculado con el *State Key Laboratory of Networking and Switching Technology*, de la *Beijing University of Posts and Telecommunications* (Beijing, China).
- *Liao, Jianxin*, 12 artículos, *State Key Laboratory of Networking and Switching Technology*, de la *Beijing University of Posts and Telecommunications* (Beijing, China).
- *Magedanz, Thomas*, 10 documentos, vinculado con el *Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS* (Berlin, Germany).
- *Wu, Jianping*, 7 documentos, adscrito al *Department of Chemical and Biological Engineering* de la *Zhejiang University*, Hangzhou, China.
- *Zhu, Xiaomin*, 7 publicaciones, investigador adscrito al *Science and Technology on Information Systems Engineering Laboratory* de la *National University of Defense Technology*, (Changsha, China).

Las diez principales revistas que publican en esta temática se presentan en la Figura 51. Sobresalen *IEEE Communications Magazine* (76), *NTT Technical Review* (40) y *Computer Communications* (37).

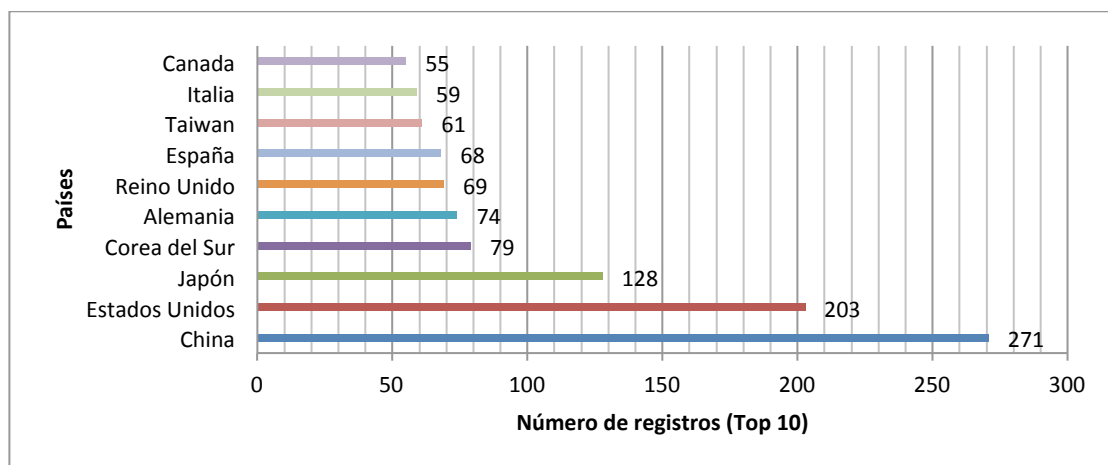
Figura 51. Revistas científicas más importantes en el estudio de *next generation network*.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

La distribución por países de los artículos relacionados con *next generation network* se presenta en la Figura 52, en la cual aparecen las 10 naciones más importantes a nivel mundial. Sobresalen China (271), Estados Unidos (203) y Japón (128). En cuanto a los países latinoamericanos se encuentra en primer lugar a Brasil (15), Cuba (2), México, Puerto Rico y Argentina con una publicación cada uno.

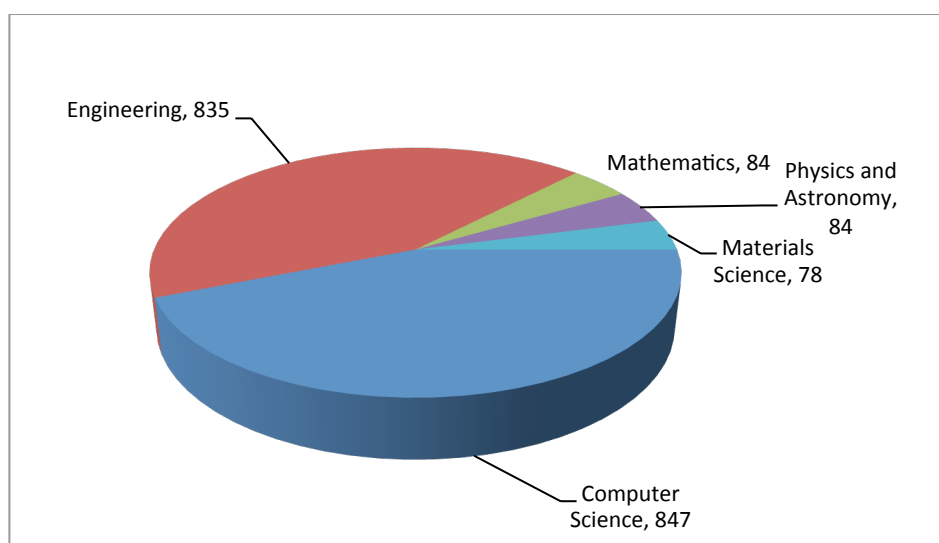
52. Países que más publican en el tema de next generation network.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

Las áreas de aplicación de esta tecnología medida por el número de publicaciones son: ciencias computacionales (847), ingeniería (835), matemáticas (84), física y astronomía (84), como se puede observar en la Figura 53.

Figura 53. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican next generation network.



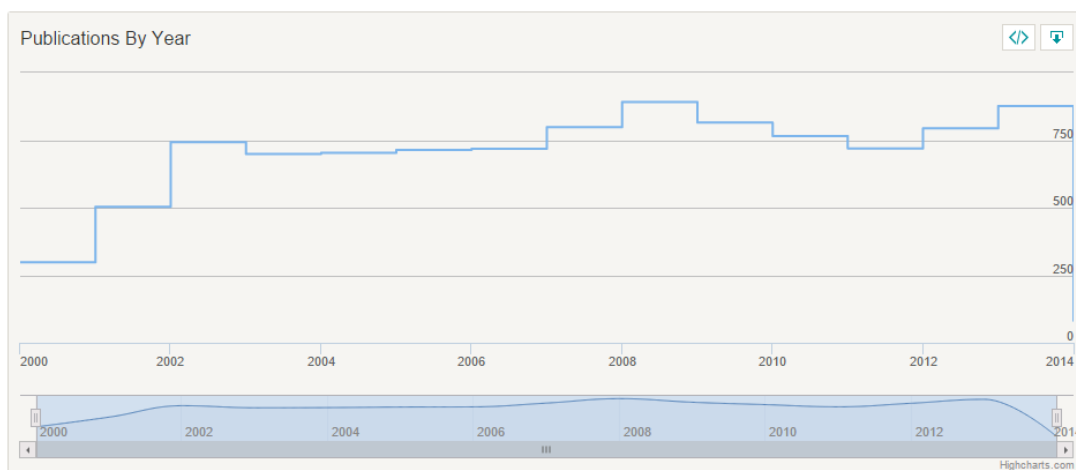
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

■ Actividad inventiva (patentes) en Next Generation Network

Se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda en la base de datos de patentes gratuita de patentslens: "(title:(Next Generation Network) || abstract:(Next Generation Network) || claims:(Next Generation Network))" el período de consulta se estableció entre el 2000 y 2014. Se obtuvieron 10118 patentes de las cuales 7528 corresponden a familias de patentes.

La distribución del número de patentes por año se puede apreciar en la Figura 54. Se puede observar una tendencia creciente en el interés de los inventores en el tema de *Next Generation Network* hasta el 2009.

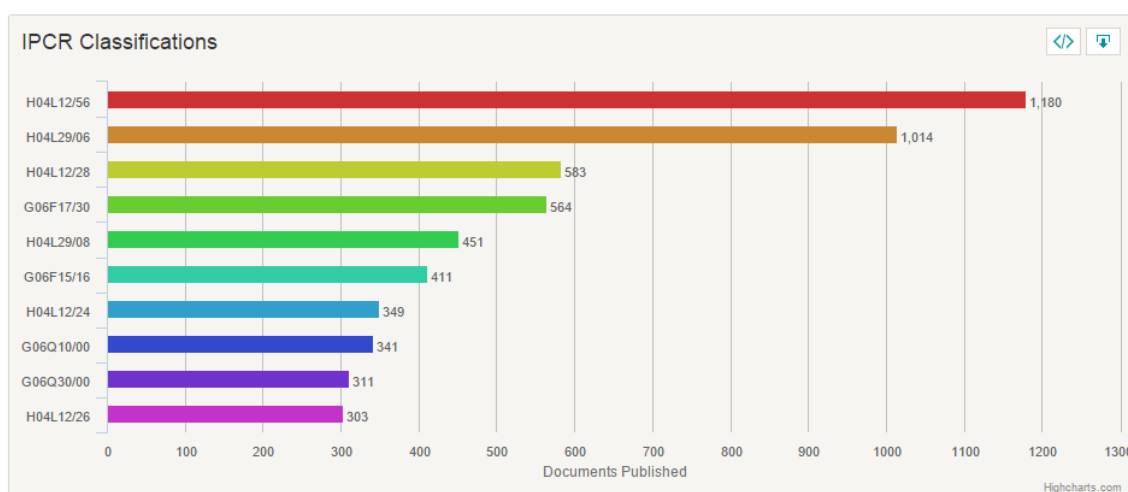
Figura 54. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La clasificación IPC (Clasificación Internacional de Patentes) se presenta en la Figura 55. Se puede observar que la mayoría de las patentes se aplican en la sección H que comprende con la electricidad, la clase H04 relaciona las técnicas de comunicación eléctrica, la subclase H04L comprende la transmisión de información digital. El grupo H04L12/56 registra 1180 patentes, seguido de H04L29/06 con 1014 registros. Otros grupos pueden observarse en la Figura 54.

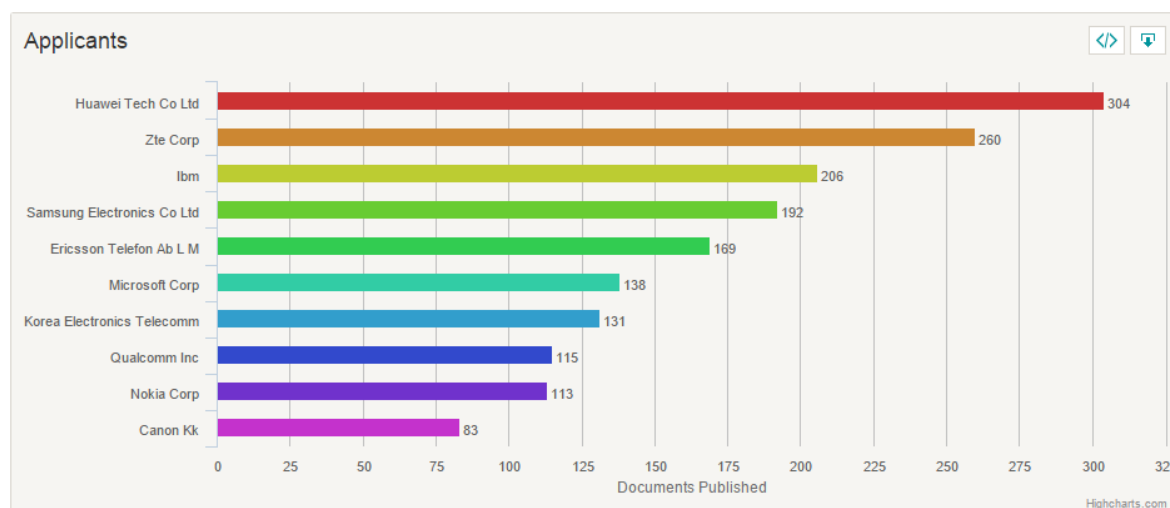
Figura 55. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

Dentro de los aplicantes o usuarios más importantes de este grupo de patentes se encuentran HuaweiTech Co Ltd(304), ZteCorp (260), IBM (206) y Samsung Electronics Co Ltd (192), entre otros, como se puede observar en la Figura 56.

56. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.



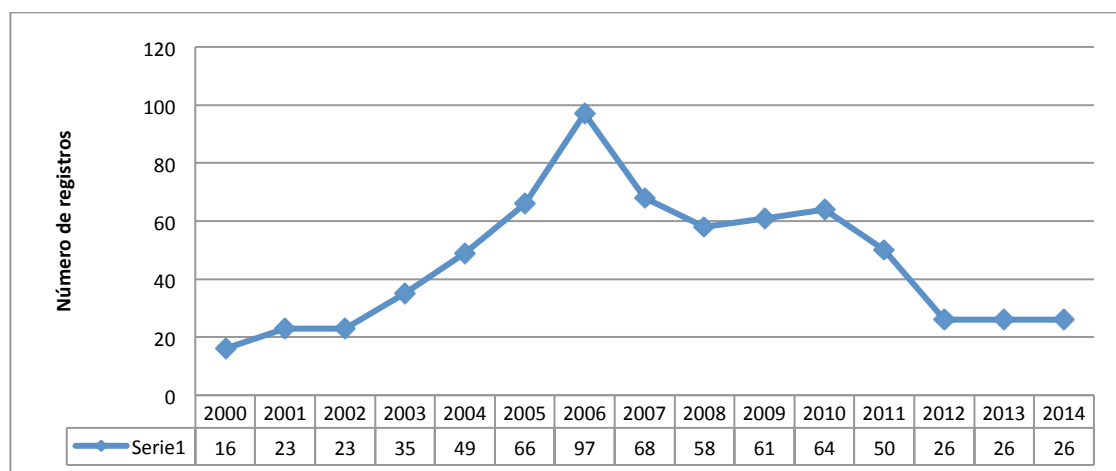
Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La oficina de patentes en la cual se encuentra registrado el mayor número de invenciones es Estados Unidos (5293), WIPO (2405), Australia (758), China (734), entre otras.

■ Actividad científica en *Optical Packet Switching*

En la dinámica de publicación de esta temática, se observa una tendencia creciente hasta el año 2006, siendo este el de mayor actividad con 97 registros, a partir del 2007 se observa un descenso en el número de publicaciones. (Ver Figura 57).

Figura 57. Dinámica científica en el estudio de optical packet switching.



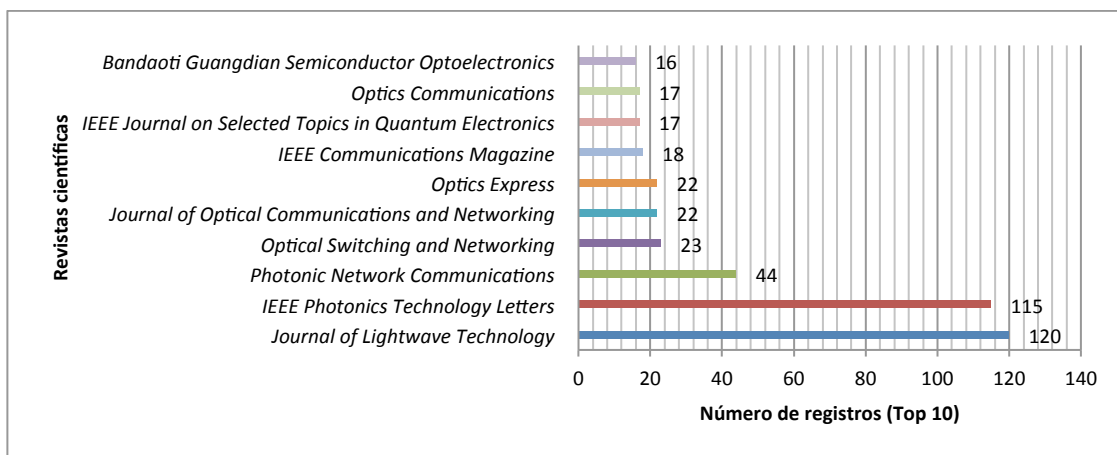
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

Los principales autores en este tema son:

- Wada, Naoya, 24 publicaciones, adscrito al IEEE, (New York, United States).
- Avramopoulos, Hercules, 24 publicaciones, adscrito al Photonics Communications Research Laboratory, del Ethniko Metsovio Polytechnico, (Athens, Greece).
- Yoo, S. J Ben, 19 documentos, vinculado al Department of Electrical & Computer Engineering de la UC Davis, (Davis, United States).
- Calabretta, Nicola, 19 documentos, vinculado al Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, Netherlands.
- Bergman, Keren, 16 publicaciones, adscrito al Department of Electrical Engineering, Columbia University in the City of New York, New York, United States.

Las diez principales revistas que publican en esta temática se presentan en la Figura 58. Sobresalen *Journal of Lightwave Technology* (120), *IEEE Photonics Technology Letters*(115) y *Photonic Network Communications* (44).

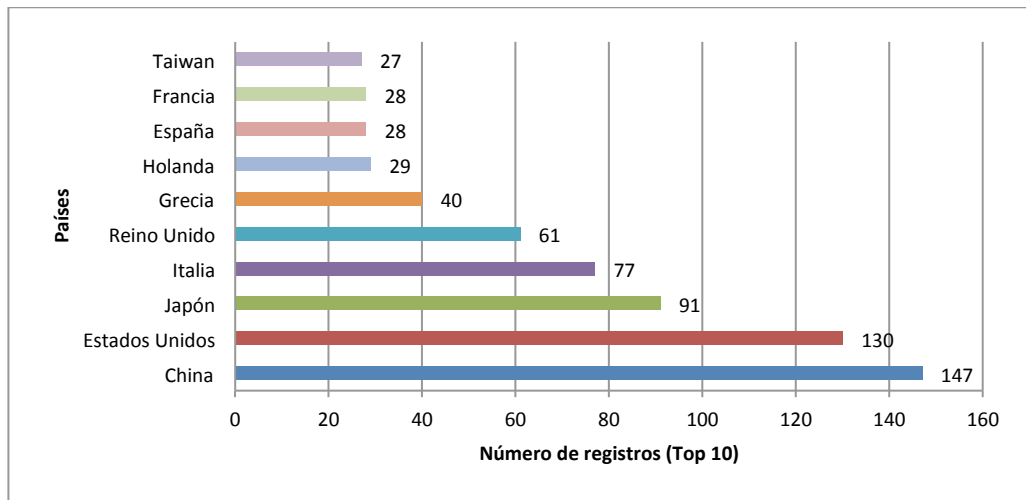
Figura 58. Revistas científicas más importantes en el estudio de *optical packet switching*.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

La distribución por países de los artículos relacionados con *optical packet switching* se presenta en la Figura 59. Sobresalen China (147), Estados Unidos (130) y Japón (91). En cuanto a los países latinoamericanos se encuentra en primer lugar a Brasil (6), Argentina, y México (2) y Puerto Rico (1).

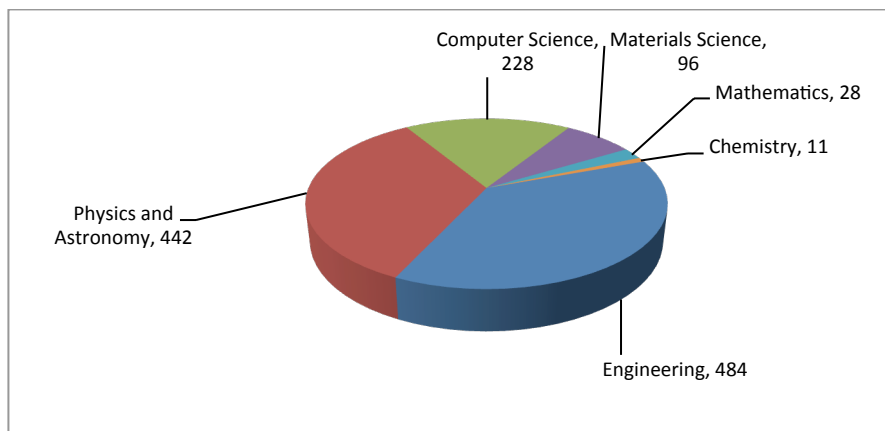
Figura 59. Países que más publican en el tema de óptico packet switching.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

Las áreas de aplicación de esta tecnología medida por el número de publicaciones son: Ingeniería (484), física y astronomía (442) y ciencias computacionales (228), como se puede observar en la Figura 60.

Figura 60. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican next generation network.



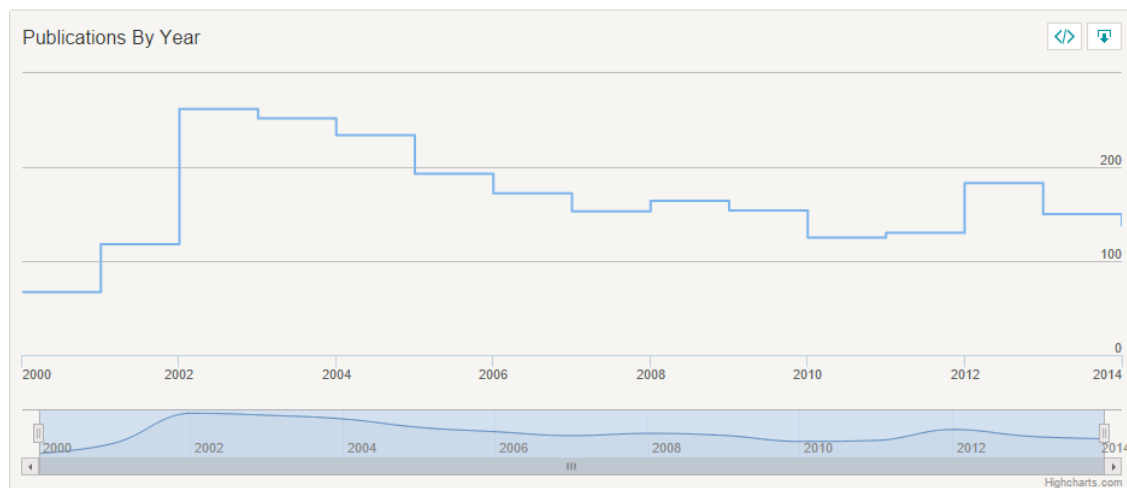
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 03/01/2015.

■ Actividad inventiva en Optical PacketS witching

Se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda en la base de datos de patentes gratuita de patentslens: "(title:(Optical PacketS witching) || abstract:(Optical Packet Switching) || claims:(Optical Packet Switching))"el período de consulta se estableció entre el 2000 y 2014. Se obtuvieron 2495 patentes de las cuales 1735 corresponden a familias de patentes.

La distribución del número de patentes por año se puede apreciar en la Figura 61. En general se puede observar una tendencia decreciente en el interés de los inventores en el tema de *Optical PacketSwitching* hasta el 2012.

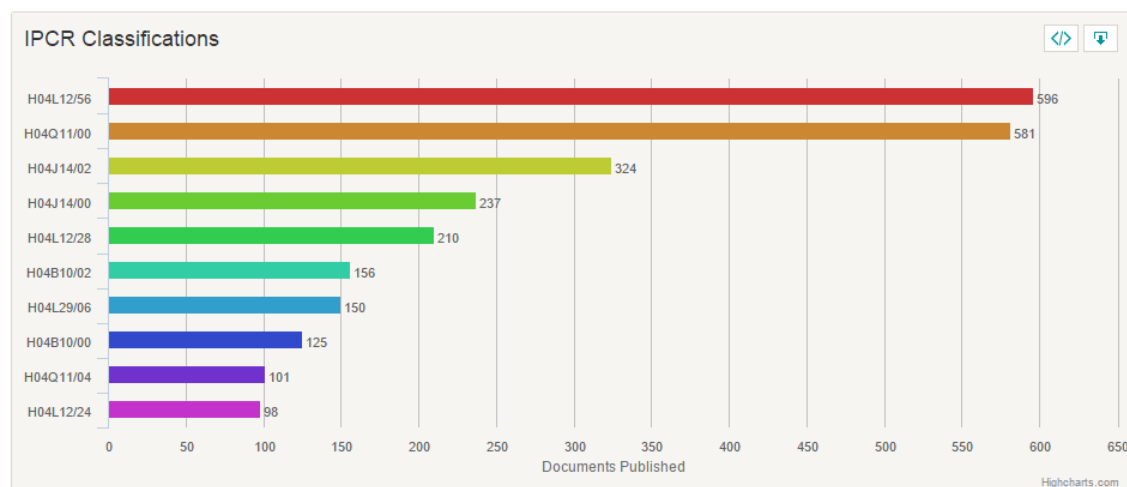
Figura 61. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La clasificación IPC (Clasificación Internacional de Patentes) se presenta en la Figura 62. Se puede observar que la mayoría de las patentes se aplican en la sección H que comprende con la electricidad, la clase H04 relaciona las técnicas de comunicación eléctrica, la subclase H04L comprende la transmisión de información digital. El grupo H04L12/56 registra 596 patentes, seguido de H04Q11/00 con 581 registros. Otros grupos pueden observarse en la Figura 61.

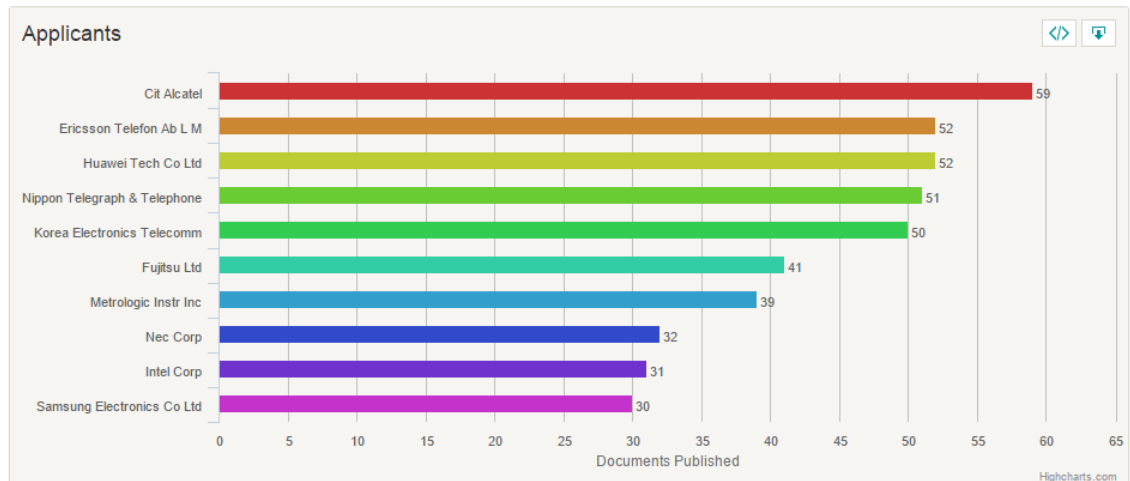
Figura 62. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

Dentro de los aplicantes o usuarios más importantes de este grupo de patentes se encuentran Cit Alcatel (59), Ericsson Telefon Ab L M (52), HuaweiTech Co Ltd (52) y NipponTelegraph&Telephone (51), entre otros, como se puede observar en la Figura 63.

Figura 63. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.



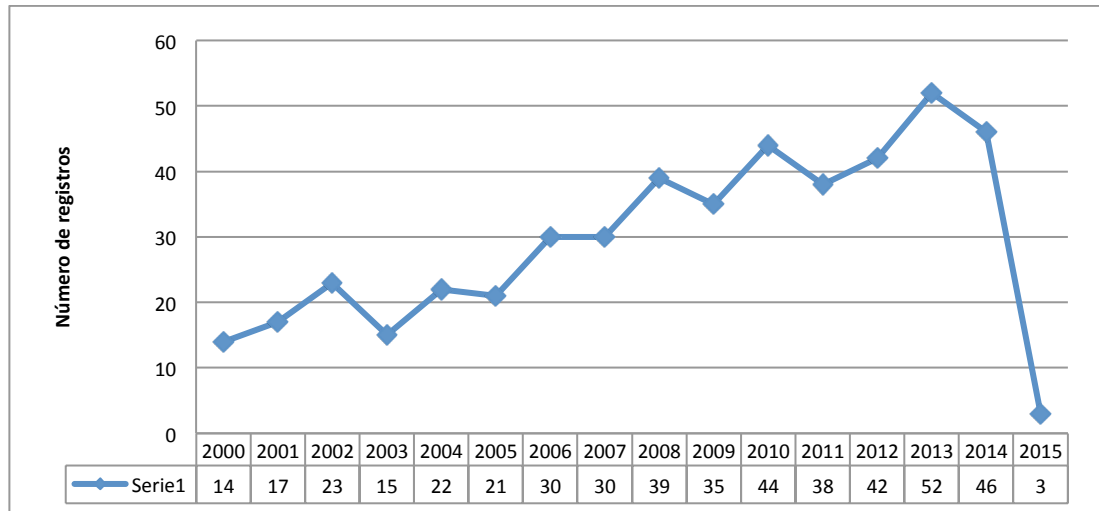
Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La oficina de patentes en la cual se encuentra registrado el mayor número de invenciones es Estados Unidos (1320), WIPO (522), Japón (187), China (149), entre otras.

■ Actividad científica en Optical Access Network

En la dinámica de publicación de esta temática, se observa una tendencia creciente no definida. El 2013 es año el de mayor actividad con 52 registros. En lo corrido del 2015 se presentan en el momento 3 publicaciones (Ver Figura 64).

Figura 64. Dinámica científica en el estudio de *Optical Access Network*.



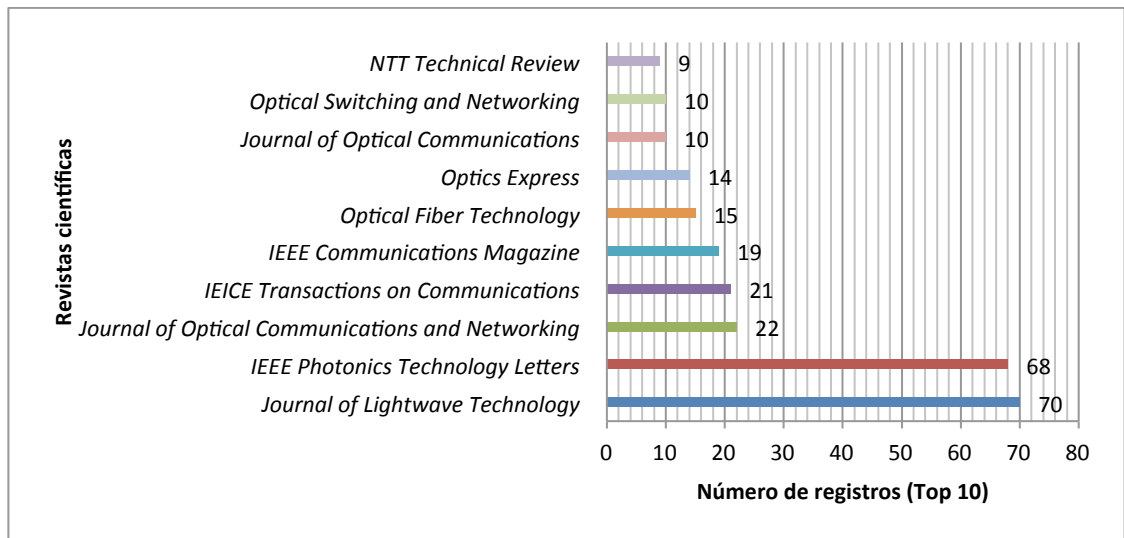
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos *Scopus*, procesados con *MSExcel*. Fecha de actualización 03/01/2015.

Los principales autores que trabajan en este temán son:

- *Chae, Changjoon*, 12 publicaciones, adscrito al *Department of Electrical and Electronic Engineering* de la *University of Melbourne*, (Parkville, Australia).
- *Kazovsky, Leonid G.*, 12 publicaciones, vinculado al *Photonics and Networking Research Laboratory*, de la *Stanford University* (Palo Alto, United States).
- *Kitayama, Kenichi*, 11 publicaciones, adscrito a la *Graduate School of Engineering* de la *Osaka University*, (Suita, Japan).
- *Kani, Junichi*, 10 documentos, vinculado con *Nippon Telegraph & Telephone*, (Tokyo, Japan).
- *Kumozaki, Kiyomi*, 9 artículos, vinculado con *Nippon Telegraph & Telephone*, (Tokyo, Japan).

Las diez principales revistas que publican en esta temática se presentan en la Figura 65. Sobresalen *Journal of Lightwave Technology* (70), *IEEE Photonics Technology Letters* (68) y *Journal of Optical Communications and Networking* (22).

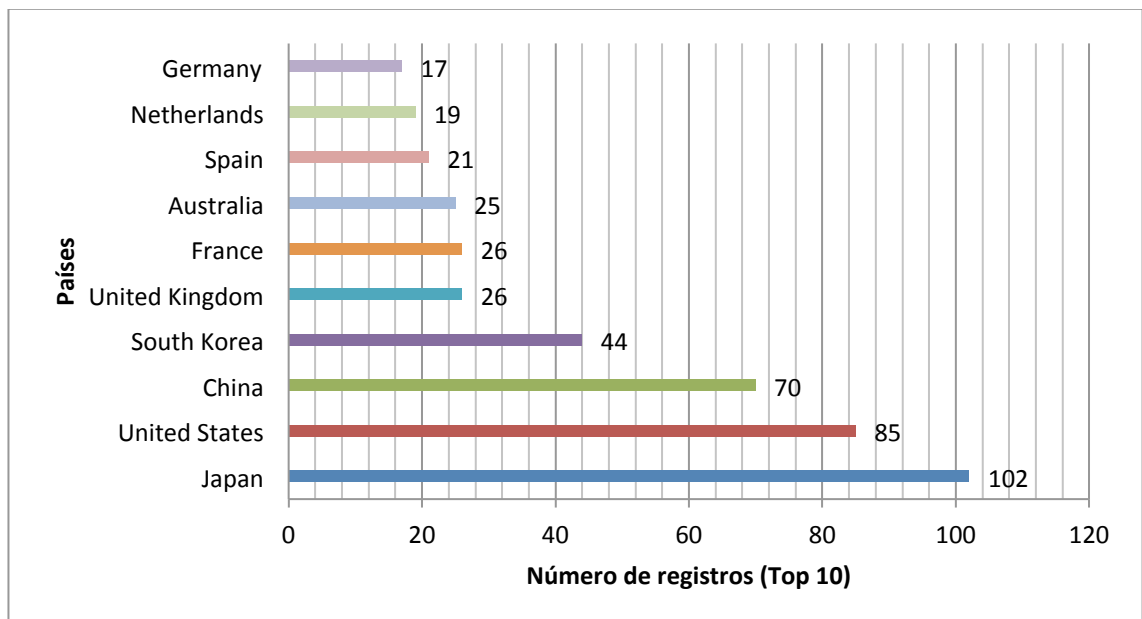
Figura 65. Revistas científicas más importantes en el estudio de *optical Access network*.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos *Scopus*, procesados con *MSExcel*. Fecha de actualización 03/01/2015.

La distribución por países de los artículos relacionados con *optical Access network* se presenta en la Figura 66. Sobresalen Japón (102), Estados Unidos (85) y China (70). En cuanto a los países latinoamericanos se encuentra en primer lugar a Brasil (3), Colombia (2) y Puerto Rico (1).

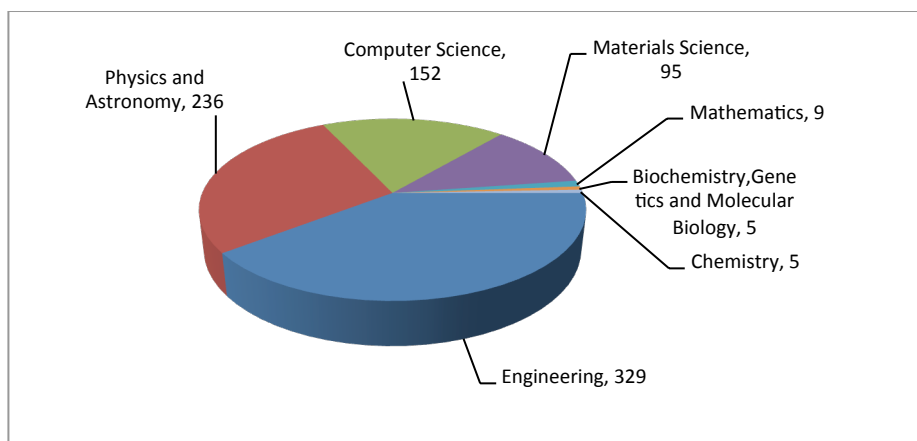
Figura 66. Países que más publican en el tema de *optical Access network*.



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos *Scopus*, procesados con *MSExcel*. Fecha de actualización 03/01/2015.

Las áreas de aplicación de esta tecnología medida por el número de publicaciones son: Ingeniería (484), física y astronomía (442) y ciencias computacionales (228), como se puede observar en la Figura 67.

Figura 67. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican *optical Access network*.



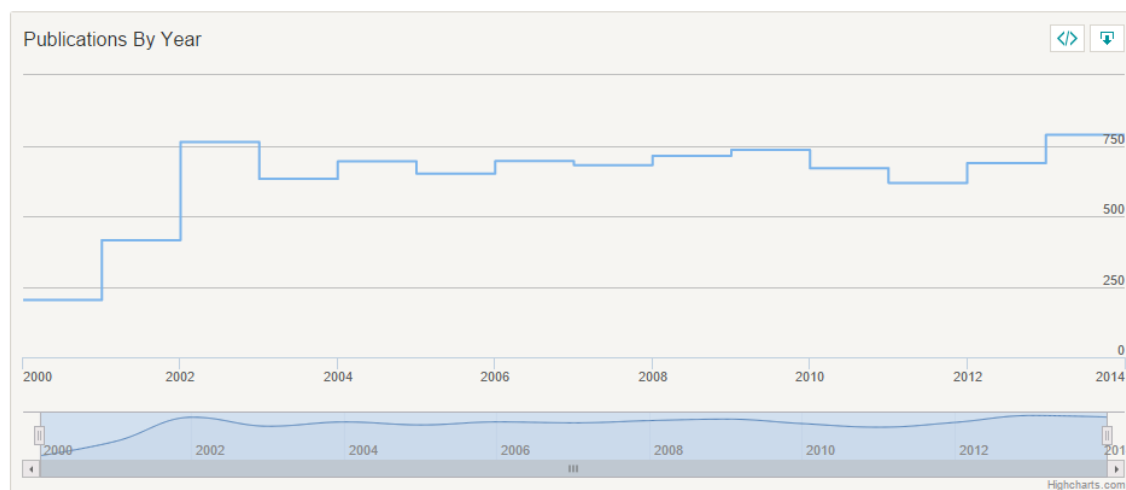
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos *Scopus*, procesados con *MSExcels*. Fecha de actualización 03/01/2015.

■ Actividad inventiva (patentes) en *Optical Access Network*

Se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda en la base de datos de patentes gratuita de *patentslens*: "(title:(*Optical Access Network*) || abstract:(*Optical Access Network*) || claims:(*Optical Access Network*))" el período de consulta se estableció entre el 2000 y 2014. Se obtuvieron 9712 patentes de las cuales 6842 corresponden a familias de patentes.

La distribución del número de patentes por año se puede apreciar en la Figura 68. En general se puede observar una tendencia estable en el interés de los inventores en el tema de *Optical Access Network* hasta el 2012.

Figura 68. Dinámica inventiva en el estudio de las redes ópticas.

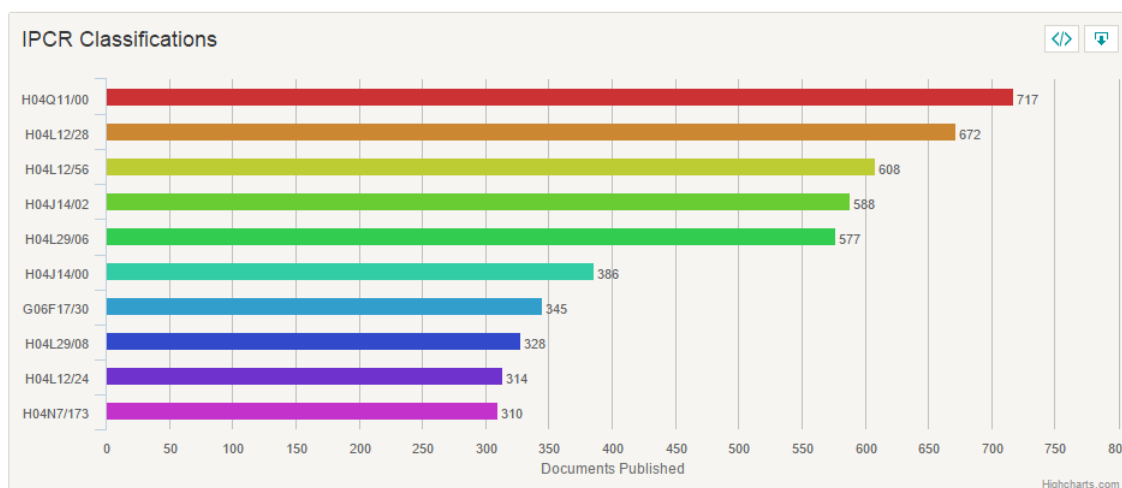


Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita *patenlens* (www.lens.org/). 01/03/2015.

La clasificación IPC (Clasificación Internacional de Patentes) se presenta en la Figura 69. Se puede observar que la mayoría de las patentes se aplican en la sección H que comprende con la electricidad, la clase H04 relaciona las

técnicas de comunicación eléctrica, la subclase H04L comprende la transmisión de información digital. El grupo H04Q11/00 717 registros, H04L12/28 672 y H04L12/56 registra 608 patentes. Otros grupos pueden observarse en la Figura 68.

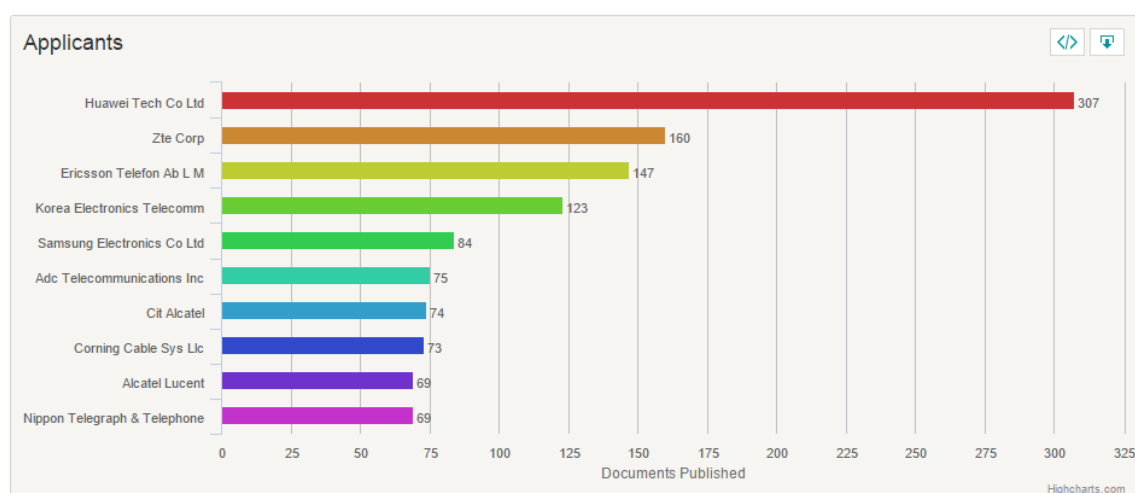
69. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

Dentro de los aplicantes o usuarios más importantes de este grupo de patentes se encuentran HuaweiTech Co Ltd (307), ZteCorp (160), Ericsson Telefon Ab L M (147), y Korea Electronics Telecomm (123), entre otros, como se puede observar en la Figura 70.

Figura 70. Distribución de patentes de acuerdo con el aplicante o usuario.



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 01/03/2015.

La oficina de patentes en la cual se encuentra registrado el mayor número de invenciones es Estados Unidos (5033), WIPO (2411), China (951), entre otras.

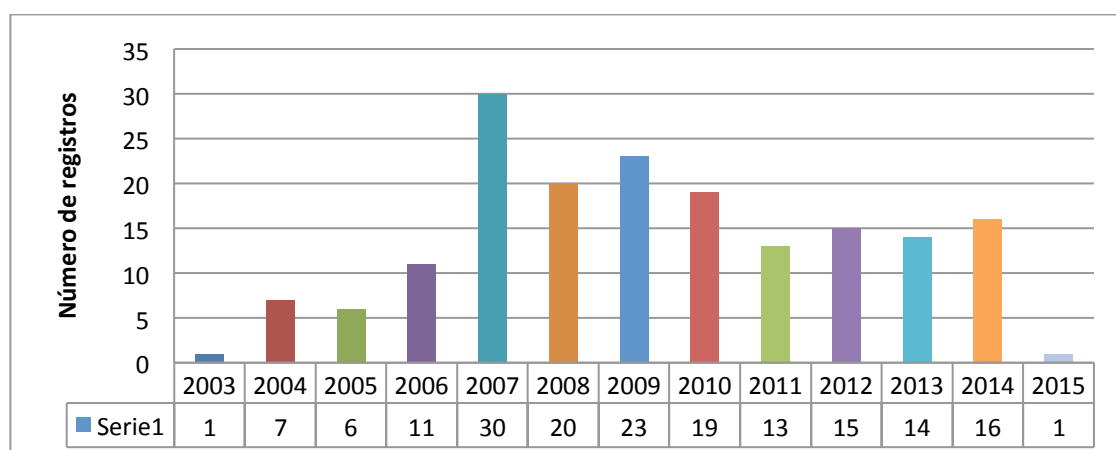
❖ Después de hacer la vigilancia con los términos sugeridos principalmente, y a medida que se iba haciendo las revisiones, se detalló en el tema de las redes ópticas, que el tema con más enfoque, argumentos e investigación es la red GPON Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o *Gigabit-capable Passive Optical Network*). A continuación se hace una consulta en las bases de datos Scopus (Elsevier, V.V. 2015) y Patentlens, sobre GPON, se genera la actividad científica y la actividad inventiva.

Con el fin de obtener una visión general sobre la actividad científica relacionada con la Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o *Gigabit-capable Passive Optical Network*). Se propuso la siguiente ecuación: *TITLE-ABS-KEY ("gpon OR "gigabit capable passive optical network" OR "gigabit PON" *) AND DOCTYPE (ar) AND PUBYEAR > 1999*, de la cual se obtuvieron 176 artículos indexados en la base de datos de Scopus durante el período 2000 a la fecha.

■ Actividad Científica en “GPON Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o *Gigabit-capable Passive Optical Network*)”

En cuanto a la dinámica científica en el tema se puede observar una tendencia que no es constante y que el mayor número de registros se generó en el año 2007 con 30 registros. Al siguiente año decayó y en el 2009 tuvo un leve crecimiento con 23 registros, y de ahí hasta el 2013 tuvo una tendencia decreciente. En el 2014 presenta 16, mostrando un leve crecimiento en el número de registros. Y en lo que va transcurrido del año 2015, se presenta 1 solo registro indexado en la base de datos. (Ver figura 71).

Figura 71. Dinámica de las publicaciones en el tema:

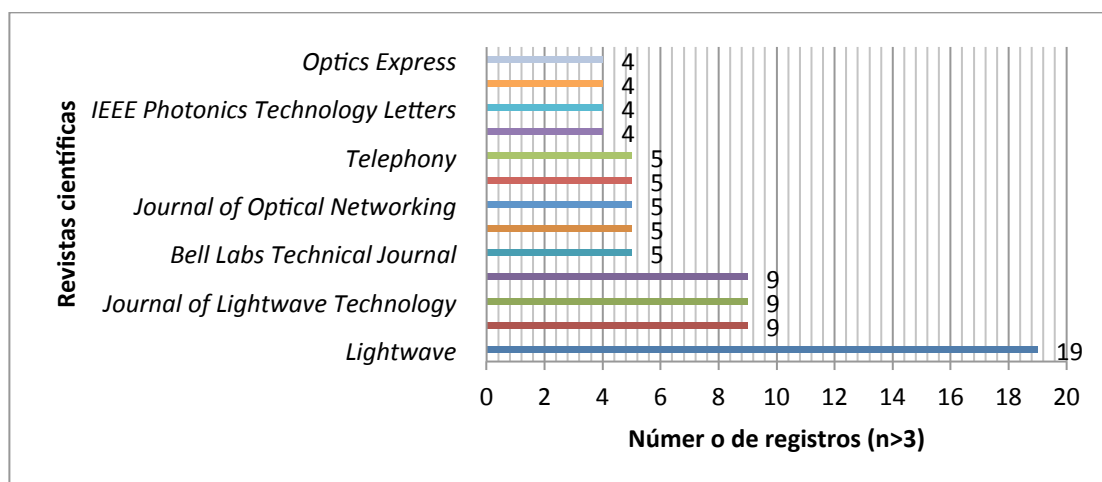


Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 21/03/2015.

Las revistas científicas más importantes en las cuales se presentan publicados la mayor cantidad de artículos relacionados con el tema de la red GPON se presentan en la figura 72. La que más se destaca es *Lightwave* con 19

publicaciones, seguido de *IEEE communications magazine*, *journal of lightwave Technology*, y *journal of optical communications* con 9 publicaciones cada una.

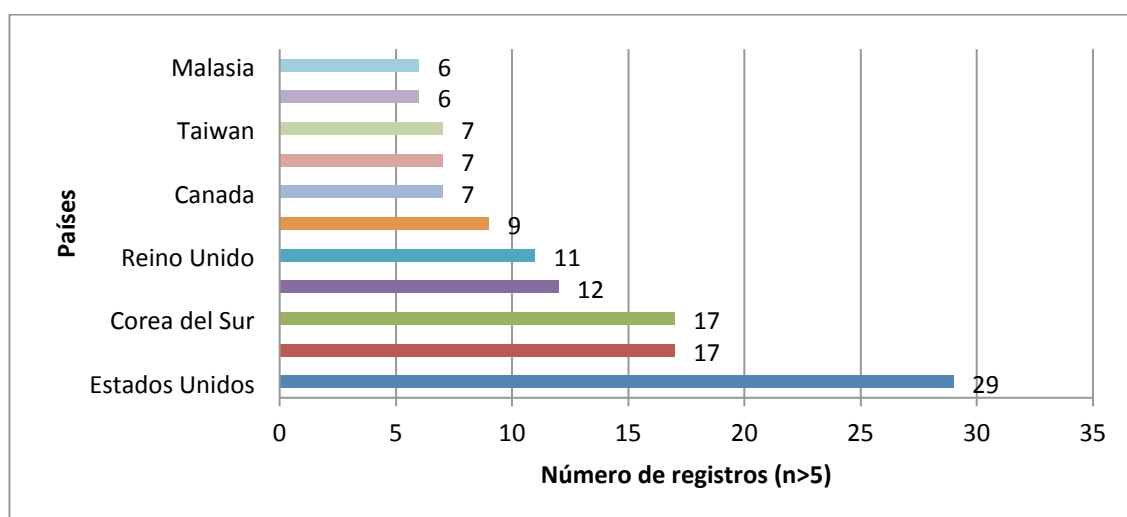
Figura 72. Distribución de los artículos por revistas científicas



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXcel. Fecha de actualización 21/03/2015.

En cuanto a la distribución de las publicaciones por países a nivel mundial, se encuentra que Estados Unidos es el país con mayor número de afiliaciones en el tema de “GPON*” con 29 trabajos, seguido de China y Corea del sur con 17 trabajos, y Belgica con 12 trabajos. Ver en la Figura 73.

Figura 73. Distribución de los artículos por países a nivel mundial

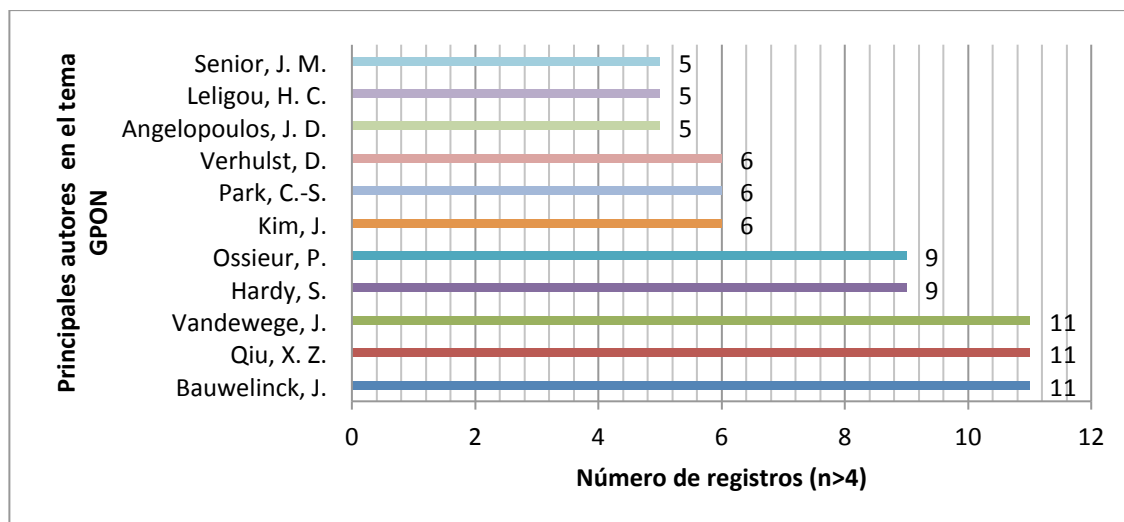


Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSEXcel. Fecha de actualización 21/03/2015.

En cuanto Latinoamérica solo se reportan publicaciones en Brasil (2) y Puerto Rico (1)

En cuanto los autores más importantes en esta temática se toman los que tienen más de 4 publicaciones en este tema. Entre los autores más relevantes se encuentran: *Bauwelinck, J. Qui, X.Z. y Vandewege, J.* con 11 publicaciones, *Hardy, S. y Ossieur, P.* con 9 artículos, *Kim, J.* con 6 artículos, entre otros. Ver en la Figura 74.

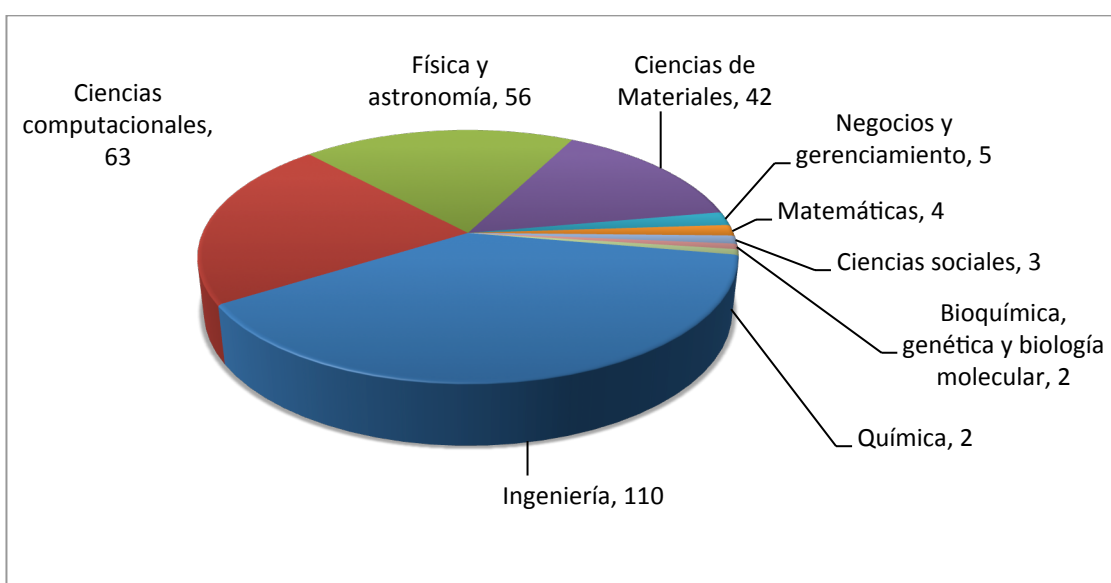
Figura 74. Distribución de artículos por autores



Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSExcel. Fecha de actualización 21/03/2015.

En cuanto al área de aplicación de los trabajos de investigación realizados en el tema “GPON” encuentran que el interés mayor se centra en las aplicaciones de ingeniería (110 artículos), ciencias computacionales (63 artículos), física y astronomía (56 artículos), y ciencia de los materiales (42 artículos). (Ver figura 75)

Figura 75. Áreas de conocimiento en las cuales se aplican las redes GPON



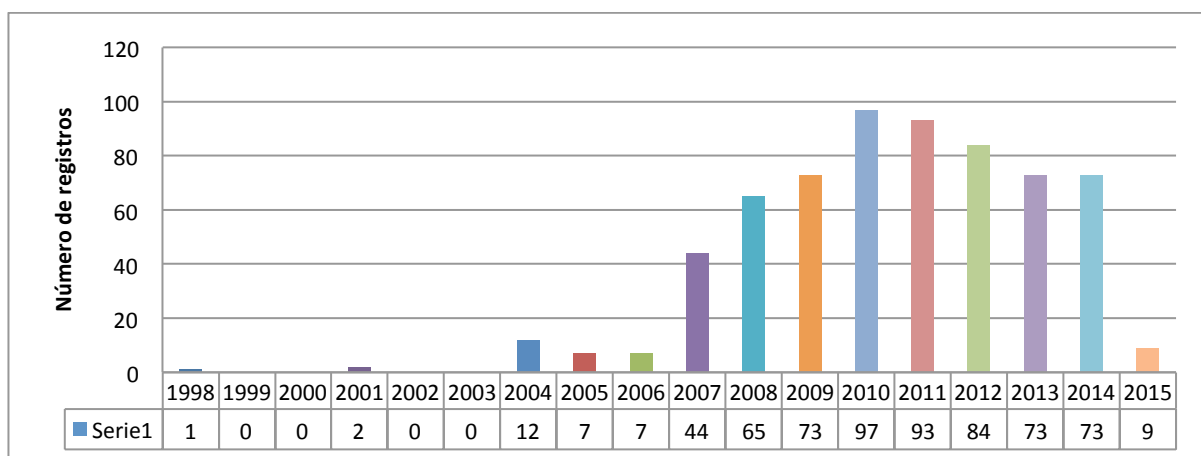
Fuente: Cálculos basados en información de la base de datos Scopus, procesados con MSeExcel. Fecha de actualización 21/03/2015.

■ Actividad Inventiva (Patentes) en “GPON Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o *Gigabit-capable Passive Optical Network*)”

Se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda en la base de datos de patentes gratuita de *patentslens*: "(title:(*gpon* OR "*gigabit capable passive optical network*" OR "*gigabit PON*") || abstract:(*gpon* OR "*gigabit capable passive optical network*" OR "*gigabit PON*") || claims:(*gpon* OR "*gigabit capable passive optical network*" OR "*gigabit PON*") el período de consulta se estableció entre el 1980 y 2015. Se obtuvieron 640 patentes de las cuales 434 corresponden a familias de patentes.

La distribución del número de patentes por año se puede detallar en la Figura 76. Se observa que de 1998 al 2003 un nivel de interés muy bajo de los inventores del tema GPON, las patentes empiezan a darle importancia al tema en el año 2007 con 44 registros, toma una tendencia creciente hasta el año 2010 que fue el año con mayor número de patentes con 97 registro. Empieza una tendencia decreciente hasta el 2014, y en lo que va transcurrido del año 2015, se presenta 1 solo registro.

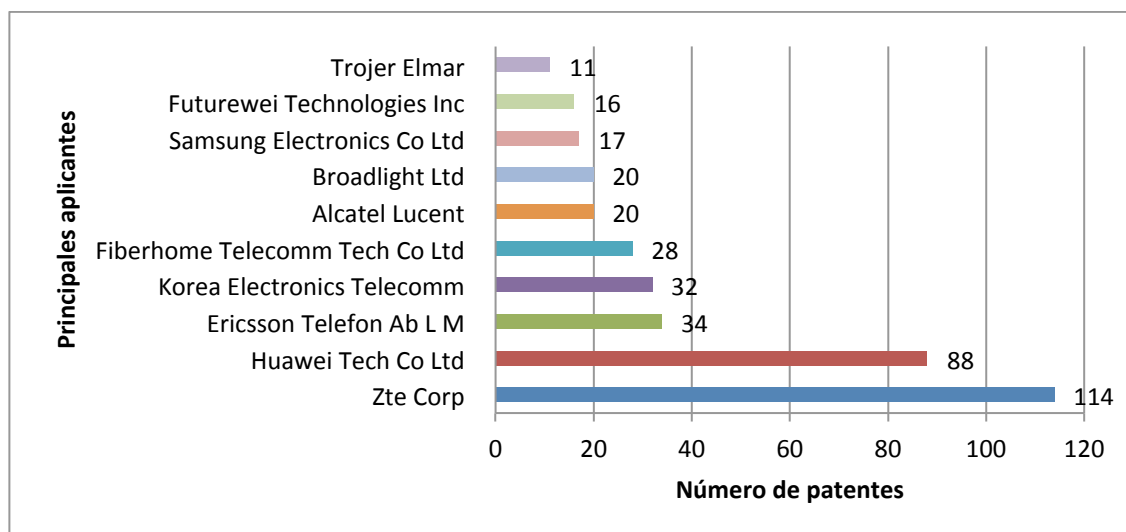
Figura 76. Dinámica inventiva de patentes por año



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita *patenlens* (www.lens.org/). 21/03/2015.

Dentro de los aplicantes más importantes de las patentes se encuentran Zte Corp (114), HuaweiTech Co Ltd (88), Ericsson Telefon Ab L M (34), Korea Electronics Telecomm (32) y entre otros, como podemos observar en la Figura 77.

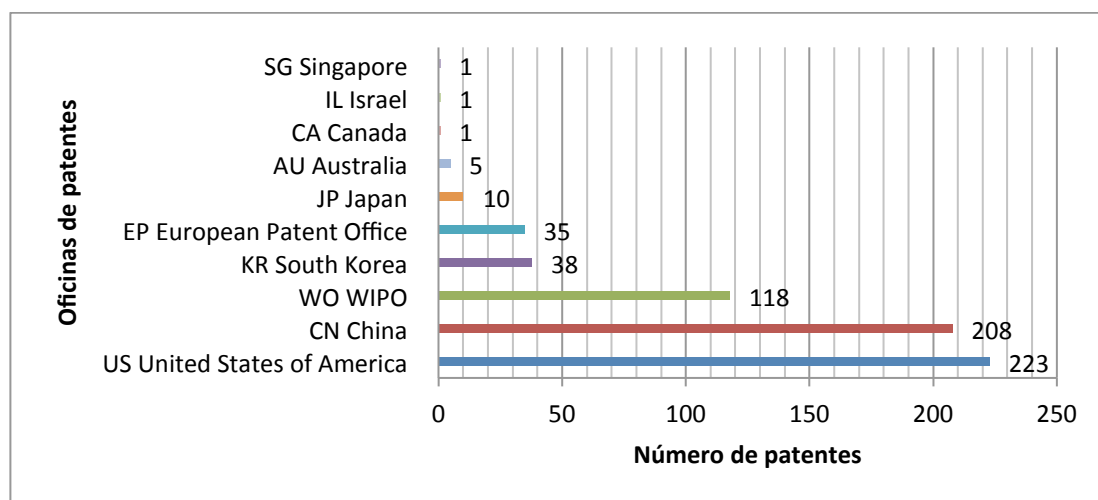
Figura 77. Principales aplicantes de patentes en GPON



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 21/03/2015.

La oficina de patentes en la cual se encuentra registrado el mayor número de invenciones es Estados Unidos (223), China (208), WIPO (118), Korea (38), entre otras (Ver figura 78).

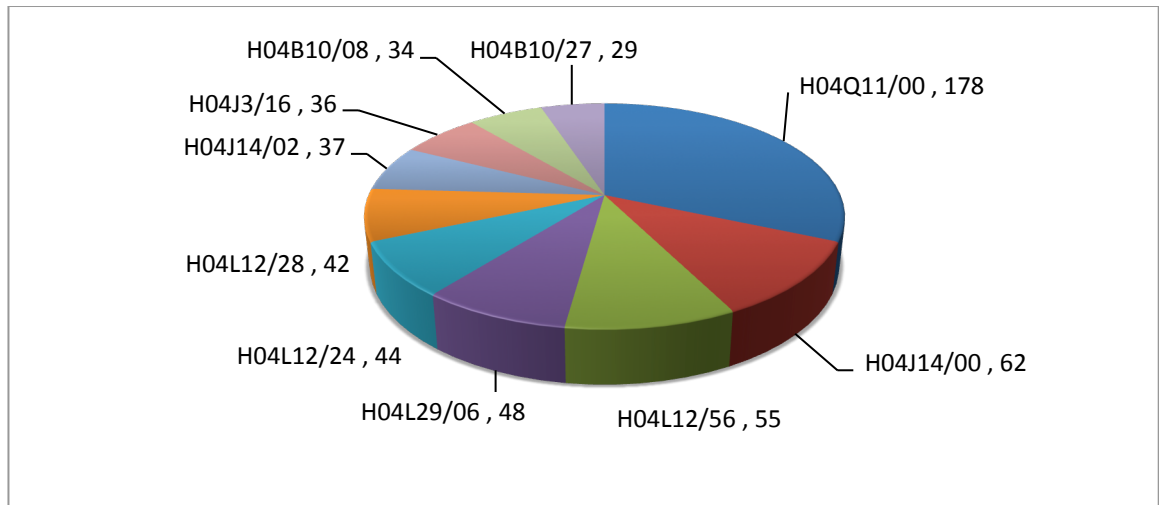
Figura 78. Distribución de patentes por oficinas de patentes



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 21/03/2015.

La clasificación IPC (Clasificación Internacional de Patentes) se presenta en la Figura 79. Se observa que la mayoría de las patentes se aplican en la sección H que comprende con la electricidad, la clase H04 relaciona las técnicas de comunicación eléctrica, la subclase H04L comprende la transmisión de información digital. El grupo H04Q11/00 178 registros, H04J14/00 62 registros, y H04L12/56 registra 56 patentes. Otros grupos se pueden observar en el cuadro 10.

Figura 79. Distribución de patentes de acuerdo con el IPC



Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 21/03/2015.

A continuación en la Figura 80 se presentan ejemplos de patentes desarrolladas alrededor del tema de GPON Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o *Gigabit-capable Passive Optical Network*)”.

Figura 80. Principales patentes en el tema de GPON

 US 2012/0195596 A1 Patent Application Published: Aug 2, 2012 Method And System For Dispatching Scheduling Uplink Messages Based On gigabit-capable passive optical network (gpon) Family: 9 Cited: 0 Info: Owner: Zte Corporation
 US 2013/0058654 A1 Patent Application Published: Mar 7, 2013 gigabit-capable passive optical network (gpon) System And Point-to-point Protocol Over Ethernet (pppoe) Configuration Method Implemented Thereby Family: 4 Cited: 1 Info: Owner: Zte Corporation
 CN 101959084 A Patent Application Published: Jan 26, 2011

gigabit-capable passive optical network (gpon) Timing Method And System Family: 1 Cited: 1 Info: Applicant: Datang Mobile Comm Equip Co
 US 2012/0321313 A1 Patent Application Published: Dec 20, 2012 Method And Apparatus For Processing Downlink Frame Synchronization In gigabit-capable passive optical network System Family: 4 Cited: 0 Info: Owner: Zte Corporation
 WO 2014/187538 A1 Patent Application Published: Nov 27, 2014 Multicast Video Transmission In gigabit-capable passive optical networks Family: 1 Cited: 0 Info: Applicant: Alcatel Lucent
 US 2012/0237216 A1 Patent Application Published: Sep 20, 2012 Method For Transmitting Data And gigabit-capable passive optical network System Family: 6 Cited: 1 Info: Owner: Zte Corporation
 CN 103166758 A Patent Application Published: Jun 19, 2013 Method And System For gigabit-capable passive optical network (gpon) Uplink Advanced Encryption Standard (aes) Encryption Key Updating Family: 1 Cited: 0 Info: Applicant: Zte Corp

CN 102026049 A  Patent Application Published: Apr 20, 2011 Method And System For Dispatching Uplink Messages Based On gigabit-capable passive optical network (gpon) Family: 9 Cited: 0 Info: Applicant: Zte Corp
US 2004/0218534 A1  Patent Application Published: Nov 4, 2004 Gem Oam Frame Transmission Method In gigabit-capable passive optical network Family: 6 Cited: 28 Info: Owner: Samsung Electronics Co. Ltd
CN 102378070 A  Patent Application Published: Mar 14, 2012 Method For Establishing Communication Between gigabit-capable passive optical network (gpon) Optical Line Terminal (olt) And gpon Optical Network Unit (onu) Family: 2 Cited: 0 Info: Applicant: Cambridge Network Equipment Shanghai Co Ltd

Fuente: Información obtenida de la base de datos de patentes gratuita patenlens (www.lens.org/). 21/03/2015.

5 GRUPOS DE INVESTIGACIÓN E INSTITUCIONES NACIONALES E INTERNACIONALES RELACIONADAS CON INVESTIGACIÓN EN REDES ÓPTICAS

A continuación se presenta un breve análisis sobre las universidades e institutos que en Colombia y España están investigando en redes ópticas.

En Colombia

Las Universidades que mas se enfocan en el desarrollo de nuevas tecnologías aplicables a las redes de comunicaciones ópticas son:

En este sentido, se puede analizar que en la Universidad Nacional de Colombia en Medellín, abordan temas de redes de comunicaciones ópticas, como la investigación realizada por Esteban González Valencia, quien pertenece al grupo de investigación basados en Fotonica y Opto-electronica titulada “Redes de Bragg en Fibras Ópticas Microestructuradas”; en el año 2013, en el cual se deja claro que las redes Bragg grabadas en fibras ópticas microestructuradas han demostrado que se pueden tener una amplia gama de aplicaciones en el área de sensores; gracias a que su respuesta y sensibilidad pueden ser modificados al ser expuestos a factores externos, siendo inmunes a los problemas comunes de las de Bragg en fibras convencionales. Esta investigación expone, el desarrollo de elementos que permitan un control activo de la polarización de la luz permite considerar que el desarrollo las FBG grabadas en fibras ópticas microestructuradas es un área de investigación con grandes posibilidades de aplicación en el manejo de señales y en el uso en sistemas de telecomunicaciones.⁶⁸

Así mismo, hoy en día están en desarrollo nuevos proyectos en fibras ópticas, en la Universidad Nacional de Bogotá uno de estos proyectos titulado “Enlaces de Fibra Óptica de bajo costo para la medición de señales analógicas en ambientes de alto ruido electromagnético”; en el año 2012, cuya autoría se le otorga a John Jairo Fernando Cruz Garzón, quien pertenece al grupo de investigación llamado CMUN de la línea de investigación Optoelectrónica. Aquí esta investigación demuestra diseñar y construir un prototipo de enlace óptico análogo, donde se pretende mejorar las características de costos, haciendo un estudio de los componentes en el mercado. Esto representaría ventajas con respecto a los demás enlaces disponibles y abre la posibilidad de diseñar un sistema con características de potencia y transmisión que pueden ser aprovechadas en los laboratorios de comunicaciones y compatibilidad electromagnética del departamento de eléctrica y electrónica.⁶⁹

⁶⁸ GONZALEZ, Esteban. Redes De Bragg En Fibras Ópticas Microestructuradas. [Electronic(1)]. 15 Mayo de 2013. [Consultado el Junio 2015]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11861/1/1128384302.2014.pdf>

⁶⁹ GARZÓN, J. Enlaces De Fibra Óptica De Bajo Costo Para La Medición De Señales Analógicas En Ambientes De Alto Ruido Electromagnético. [Electronic(1)]. [Consultado el Junio 2015]. Disponible en: http://gmun.unal.edu.co/cmuni/wiki/lib/exe/fetch.php?media=projects:thesis_projects:finaldocument.pdf

Ciertos artículos de publicaciones recientes también se orientan a mejorar la investigación en esta área de las redes de comunicaciones ópticas, en la Universidad Pontificia Bolivariana y Universidad de los Andes como la investigación efectuada por, Javier E. Sierra, PhD. Docente, Grupo de Investigación GIDATI, Universidad Pontificia Bolivariana. Y Yezid Donoso, PhD. Docente, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes, titulada “Modelo de asignación de longitudes de ondas en redes WDM teniendo en cuenta dispersión residual y tráfico Unicast/Multicast con QoS”; en el año 2009, enfocada en presentar una investigación que permitió establecer un modelo de asignación, enrutamiento y *grooming* que tiene en cuenta fenómenos presentes en la fibra óptica así como parámetros de calidad de servicio en los tráfico del tipo *unicast* y *multicast*.⁷⁰

Por otro lado, las investigaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana realiza un artículo titulado “*Multicast Traffic Grooming en Redes Ópticas WDM*”; en el año 2007, en el cual menciona que las redes ópticas WDM son atractivas ya que prometen tasas muy altas, cambios flexibles y un gran soporte para ciertas aplicaciones en un futuro.⁷¹

Internacional

En la parte de instituciones y universidades a nivel internacional que más se enfocan en el desarrollo de nuevas tecnologías aplicables a las redes de comunicaciones ópticas son:

La investigación efectuada por el Instituto de investigación de ingeniería de Aragón, en la Universidad de Zaragoza están en frecuentes investigaciones y proyectos seleccionados en comunicaciones ópticas, y además dentro de esta línea se trabaja con métodos de medición en sistemas de DWDM para comunicación por fibra óptica plástica y con sensores ópticos para medir parámetros interesantes desde el punto de vista medio ambiental.⁷²

Por otro lado la Universidad Nacional de Asunción en la parte de proyectos de investigación efectuada por el Prof. D.Sc. Benjamín Barán coordinador del primer Doctorado en informática en la Facultad Politécnica titulada “Ubicación de Conversores de Longitudes de Onda en Redes Ópticas”; en el año 2009, en el cual se permite desarrollar un eficiente sistema informático capaz de ubicar de forma óptima los conversores de longitud de onda de una red óptica basada en tecnología WDM, siendo la primera investigación que plantea el primer trabajo que plantea y resuelve este problema en un contexto puramente multi-objetivo.

⁷⁰ SIERRA, J. Modelo De Asignación De Longitudes De Ondas En Redes WDM Teniendo En Cuenta Dispersión Residual y Tráfico Unicast/Multicast Con QoS. [Electronic(1)]. 15 Diciembre de 2009. [Consultado el Marzo 15 2015]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/23542/1/20502-69233-1-PB.pdf>

⁷¹ Universidad Pontificia Bolivariana. Multicast Traffic Grooming En Redes Ópticas WDM. [Electronic(1)]. 12 de Diciembre de 2007. [Consultado el Enero 7 2015].

⁷² grupo de tecnologías de la comunicación (GTC). Métodos De Medición En Sistemas De DWDM Para Comunicación Por Fibra Óptica Plástica y Con Sensores Ópticos Para Medir Parámetros Interesantes Desde El Punto De Vista Medioambiental. [Electronic(1)]. [Consultado el Sept. 18 2015]. Disponible en: <http://i3a.unizar.es/datos/grupo/gtc-15>

Según Diego P. Pinto Roa y Rodrigo Lugo de la Universidad Nacional de Asunción proponen una investigación titulada “Protección Multicast Multi-objetivo en Redes Ópticas Un enfoque basado en Algoritmos Evolutivos”; en el año 2010, el cual plantea el problema de la protección multicast mediante sub-grafo de protección de doble-conexión (*2-connected graph*) el cual ofrece una protección dedicada y económica. Entre los objetivos fundamentales se busca minimizar los recursos con el objetivo de aumentar el tráfico cursado en la red (*throughput*). En ese contexto, el número de saltos, el número de convertidores de longitud de onda y el número de nodos multi-hop son funciones objetivos críticas en relación de compromiso.⁷³

⁷³ PINTO,D. ROA, R. Protección Multicast Multi-Objetivo En Redes Ópticas. [Electronic(1)]. [Consultado el julio 152016]

6 FABRICANTES

Después de haber realizado el estudio de Vigilancia Tecnológica y saber la tendencia de la investigación y la actividad inventiva, es importante conocer a los proveedores que trabajan y manejan el área de redes de acceso, y las diferentes soluciones que presentan para estos tipos de red.

6.1 PROVEEDORES

En este documento se presenta los proveedores de los distintos equipos a usar en el diseño de la red GPON, su descripción general como empresa de elementos de redes de alta tecnología.

6.1.1 Huawei. Es un proveedor pionero en el mercado mundial del sector telecomunicaciones, la empresa está comprometida a suministrar productos, servicios y soluciones innovadoras para generar un valor a largo plazo y un potencial crecimiento para sus clientes. Huawei fue la primera marca en lanzar al mercado el terabit GPON OLT en el año 2006.

Correspondiente a análisis de mercadeo publicados en el segundo semestre del año 2008 el proveedor ha trabajado con las más importantes empresas de telecomunicaciones tales como telefónica, Telecom, saudí Telecom, entre otras, siendo la empresa la única en alcanzar un promedio de 300 mil líneas OLT y 150 mil ONT en ventas a sus clientes.

Huawei presenta varios escenarios de trabajo con fibra óptica al ajustarse a las diferentes soluciones que esta presta como FTTH, FTTB, FTTC, etc.⁷⁴

6.1.2 Zhone. *Zhone technologies* comercializa un integral línea de equipos del sector telecomunicaciones para la red de acceso local, sus productos abarcan tres diferentes áreas, una línea de productos multiservicio, una línea de productos de bucle digital y productos multiplexer.

Zhone ha desarrollado diferentes soluciones para minimizar la instalación de FTTx reduciendo al mínimo los llamados gastos operacionales de manera que proporciona redes capaces de transportar fácilmente servicios de triple play.⁷⁵

6.1.3 Draka. Provee soluciones de cableado y conectividad para los usuarios de red, instaladores y empresas cuyo objetivo es brindar servicios de banda ancha, se consolida como el productor más amplio a nivel global de fibra óptica, con más de 25 millones de metros extendidos solo por norte América.

⁷⁴ HUAWEI TECHNOLOGIES CO. HUAWEI. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.huawei.com/co/>;

⁷⁵ ZHONE. Zhone technologies . [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.zhone.com/>;

Los equipos draka han sido ampliamente utilizados por empresas como *ALCATEL*, *Ericsson* y *phelps Dodge*. Dentro de las diferentes normativas que cumple la empresa, draka está plenamente certificada por TL9000, del *fórum QuEST*, además cuenta con el certificado ISO 9001:2000.⁷⁶

6.1.4 TE Connectivity. El ente de desarrollo electrónico de la empresa *TE Connectivity* desarrolla, manufactura y suministra una gama completa de sistemas e infraestructura de comunicaciones. Luego de haberse establecido como uno de los principales proveedores de los locales comerciales para sistemas de cableado estructurado de fibra óptica y de cable par trenzado de cobre, con el pasar de los años la empresa ha amplificado su cartera de productos para vincular una línea completa de soluciones de gestión de infraestructura como lo son las soluciones de centro de datos y 10 Gigabit, además de la extensa gama de conectores ópticos.⁷⁷

6.1.5 TCA. Es una marca registrada de telecomunicaciones alemanas S.A., esta empresa es de origen alemán pero fundada en Santiago de Chile, se dedica principalmente al área de la infraestructura de redes de telecomunicaciones y datos con redes ópticas fijas, siendo su principal objetivo o misión entregar las más avanzadas soluciones con fibra óptica.⁷⁸

Su objetivo es incentivar la construcción de redes de acceso y redes locales a base de fibra óptica que permite transmisiones seguras y escalables en ancho de banda según sea el requerimiento de usuario, esto con el fin de brindar toda clase de servicios, por ejemplo:

- ❖ Internet de alta velocidad
- ❖ Video conferencia
- ❖ Telefonía ip
- ❖ Video por demanda
- ❖ Tele-video vigilancia
- ❖ Telefonía conmutada.

6.1.6 Optronics. Es un proveedor enfocado en el ensamble de fibra óptica que ya cuenta con la acreditación ISO 9001- 2008, es la primera empresa mexicana en recibir la distinción, se especializa en el sector óptico – electrónico y maneja productos como fibra óptica, equipos de medición, cableado estructurado, entre otros.⁷⁹

⁷⁶ DRAKA COMTEQ EZ PREPTM LOOSE TUBE CABLE. Fibra Óptica. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: http://www.gatelsupply.com/index.cfm/feature/55_109/ezprep-cable----draka.cfm;

⁷⁷ TE CONNECTIVITY. ABOUT OF TE CONNECTIVITY. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/te-connectivity>;

⁷⁸ TCA- Soluciones con fibra Óptica. Empresa, Misión y Obejtivos. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.tca.cl/empresa.htm>;

⁷⁹ OPTRONICS. OPTRONICS. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://optronics.com.mx/index.php>;

6.1.7 Alcatel - Lucent. Está a la vanguardia de las comunicaciones globales proporcionando innovadores productos en tecnologías IP, en acceso fijo y móvil de banda ultra ancha a los operadores y a sus clientes, empresa e instituciones de todo el mundo.

Los *Bell Labs*, uno de los centros de investigación con mayor reputación en el mundo y el origen de avances q han reconfigurado las redes y como tal las telecomunicaciones, esta es la punta de lanza de Alcatel-Lucent en la transformación de la industria.⁸⁰

6.2 EMPRESA A NIVEL LOCAL

Después de haber realizado el estudio de empresas a nivel mundial es necesario saber cómo se está manejando el tema a nivel local.

6.2.1 EME Ingeniería S.A. La compañía *EME Ingeniería S.A.* es la empresa líder en desarrollos de proyectos de gran escala, que están enfocados en el diseño y construcción de redes eléctricas, redes de telecomunicaciones entre otros.

Además esta compañía presta el servicio de consultorías y montaje para empresas públicas o privadas tales como transmisión y distribución de energía eléctrica, telecomunicaciones y sistemas de información. Trayectoria.⁸¹

Servicios que ofrece EME Ingeniería S.A.

Telecomunicaciones. *EME Ingeniería S.A.* va de la mano con los últimos avances de la tecnología de las telecomunicaciones, en conectividad e infraestructura, sin olvidar las conexiones tradicionales; para tal efecto suministra consultoría y construcción de:⁸²

- ❖ Redes Telefónicas en Cobre y Fibra Óptica.
- ❖ Cableado Estructurado en Cobre y Fibra Óptica.
- ❖ Servicio de Certificación de Redes en Cobre y Fibra Óptica.

⁸⁰ ALCATEL LUCENT. BIENVENIDA A ALCATEL-LUCENT. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: http://www3.alcatel-lucent.com/wps/portal/country?LMSG_CABINET=Corporate&LMSG_CONTENT_FILE=Country_Content/Spain/Country.xml&lu_lang_code=es_ES;

⁸¹ EME Ingeniería S.A. Nuestra Compañía. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.emeingenieria.com.co/nosotros>;

⁸² EME Ingeniería S.A. Servicios, Telecomunicaciones. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.emeingenieria.com.co/servicios>;

7 DISEÑO DE UNA RED GPON CON ESPECIFICACIONES TODO ÓPTICO

Después de hacer el análisis cuantitativo y mirar como es la tendencia y la investigación en cada una de las ecuaciones de búsqueda con los términos asociados, se decidió consultar las páginas de los proveedores y fabricantes más importantes con el fin de establecer una Red GPON ya que con todo lo que cada fabricante ofrece se puede generar la red toda Óptica.

Se construyó una Red con los equipos necesarios para realización de una Red GPON. Se muestra un listado de equipos compatibles con características todo Óptico.

Se hace la selección de ciertos fabricantes después de haber realizado una serie de búsqueda acerca de cómo están dichos fabricantes en el mercado, investigación que se relaciona en el apartado anterior, de la investigación se concluye cuales son los fabricantes mas opcionales para la realización del diseño de la red GPON “all optic”.

En algunos equipos se muestran dos opciones ya que en la vigilancia realizada se pudo saber que hay más de un fabricante que tienen equipos todo Óptico para la red.

- **Proveedores y Equipos necesarios para el diseño de una RED GPON.**

■ OLT.

- **HUAWEI – MA5680T Optical Access Equipment.**

En la Figura 81. Muestra una versión comercial de *Huawei* OLT GPON

Figura 81. OLT Huawei MA5680T.



Fuente: Huawei. MA5680T Huawei Optical Equipment. [Consultado el Junio 232015]. Disponible en: <http://www.netdatanetworks.com/img/article/66/tab/ma5680t.pdf>

El cuadro 13. Es una versión comercial de Huawei OLT GPON que además de poseer capacidades para la red GPON, contiene lo que se muestra en el cuadro.

Cuadro 13. Tarjetas y puertos generales del OLT MA5680T.

TARJETA	NOMBRE	FUNCIÓN	PUERTOS
SCUL	Super Control Unit	Funciona como el tablero de control para el sistema	1 puerto para mantenimiento
OPFA	Tarjeta Interfaz Óptica FE	Suministra 16 puertos ópticos FE	16 puertos FE
GPBC	Tarjeta de Interfaz GPON	Provee acceso a GPON	4 puertos GPON
GICF	Tarjeta Interfaz GE Uplink	Proporciona los puertos GE upstream	2 puertos (ópticos) GE
GICG	Tarjeta Interfaz Eléctrica GE Uplink	Proporciona los puertos GE upstream	2 puertos (Eléctricos) GE
X1CA	Tarjeta Interfaz Óptica 10GE Uplink	Provee enlace de subida para puertos 10GE	1 puerto óptico 10GE
X2CA	Tarjeta Interfaz Óptica 10GE Uplink	Provee enlace de subida para puertos 10GE	2 puertos ópticos 10GE
TOPA	Tarjeta de Interfaz TDM	Provee conexión Uplink E1	16 puertos E1
ETHA	Interfaz de Subred GE	Brinda funciones de la Subred GE	2 puertos (ópticos) GE
PRTG	Tarjeta de Interfaz de Potencia	Provee alimentación de potencia para el servicio del chasis	1 Conector de Potencia
BIUA	Interfaz BITS	Procesamiento de señales de reloj	2 Ingresos de Reloj bits y 1 Salida de Reloj

Fuente: Huawei. MA5680T Huawei Optical Equipment. [Consultado el Junio 232015]. Disponible en: <http://www.netdatanetworks.com/img/article/66/tab/ma5680t.pdf>

En el cuadro 14. Muestra los puertos GPON que poseen las siguientes especificaciones:

Cuadro 14. Especificaciones de puertos GPON del MA5680T

Parámetro	Especificación
Tasa de Transmisión	Transmisión (Tx): 2.5Gbit/s Recepción (Rx): 1.5Gbit/s
Tipo de Conector	SC/PC
Distancia Máxima de Transmisión	20Km
Longitud de onda central	Tx: 1490nm Rx: 1310nm
Potencia de Transmisión óptica	1.5dBm a 5dBm
Radio de Extinción	10 dB
Sensitividad máxima de recepción	-28dBm
Potencia de Sobrecarga	-8dBm
Estándar	ITU-T G.984.2 CLASE B+

Fuente: Huawei. MA5680T Huawei Optical Equipment. [Consultado el Junio 232015]. Disponible en: <http://www.netdatanetworks.com/img/article/66/tab/ma5680t.pdf>

■ FIBRA ÓPTICA.

Draka ezPREP-LOOSE TUBE cable.

Esta fibra óptica utilizada es monomodo de la marca *ezPREP*. Provee un alto rendimiento en instalaciones aéreas que pueden soportar más allá de 180m. Estos cables disponen de chaqueta adhesiva, tubos flexibles, y protección para agua. En la figura 82 se detalla el diseño de la fibra.

Figura 82. Fibra Optica Draka Comteq EZ Prep Loose Tuve Cable



Fuente: Draka Comteq. EZ Prep Loose Tube Cable. [Electronic(1)]. [Consultado el Junio 102015]. Disponible en: http://www.gatelsupply.com/index.cfm/feature/55_109/ezprep-cable---draka.cfm

En el cuadro 15 se resumen algunas características de la Fibra Óptica.

Cuadro 15. Características de la Fibra Óptica ezPREP Draka.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<i>Aplicación</i>	Exteriores – instalaciones aéreas
<i>Construcción</i>	No armada, armada con 6,4mm
<i>Cantidad</i>	2 a 216 fibras en codificación a colores
<i>Tipo de fibra</i>	Monomodo (ESMF), multimodo, híbrido
<i>Opciones</i>	Pre-conectorizada
<i>Normativa</i>	UIT-G.652,ANSI/ICEA,IEC,RUS,Telcordia,GR20

Fuente: Draka Comteq. EZ Prep Loose Tube Cable. [Electronic(1)]. [Consultado el Junio 102015]. Disponible en: http://www.gatelsupply.com/index.cfm/feature/55_109/ezprep-cable---draka.cfm

■ CONECTORES.

Conectores TE Connectivity.

El cuadro 16. Permite visualizar un resumen de las especificaciones técnicas de los conectores.

Cuadro 16. Especificaciones Técnicas.

Características	Descripción	
<i>Inspección Mecánica y Visual</i>	Conector	Requerimiento
	MT-RJ	TIA/EIA-604-12
	SC	TIA/EIA-604-3
	ST	TIA/EIA-604-2
	LC	TIA/EIA-604-10
<i>Atenuación</i>	< 0,75 dB	
<i>Perdidas de Retorno</i>	< -20 dB	

Fuente: MOUSER ELECTRONICS. Conectores De Fibra Optica, TE Connectivity. [Print(0)]. [Consultado el Marzo 272015]. Disponible en: http://co.mouser.com/Connectors/Fiber-Optic-Connectors/_/N-bszko/;

■ SPLITTER.

Zhone Zpon splitter

El cuadro 17. Resume las características principales del Splitter comúnmente usado en diseño de redes ópticas.

Cuadro 17. Características del Splitter.

Característica	UNIDAD	1x2 Module	1x4 Module	1x8 Module	1x16 Module	1x32 (1RU)	1x64 (2RU)
Port number	NA	2	4	8	16	32	64
Operation wavelength	nm	1310+/-50nm	1310+/-50nm	1310+/-50nm	1310+/-50nm	1310+/-50nm	1310+/-50nm
		1460~1600nm	1460~1600nm	1460~1600nm	1460~1600nm	1460~1600nm	1460~1600nm
Insertion Loss	dB	Max. 3.6dB	Max. 7.5dB	Max. 11dB	Max. 14.3dB	Max. 18dB	Max. 21.5dB
Uniformity	dB	Max. 1.0dB	Max. 1.0dB	Max. 1.0dB	Max. 1.5dB	Max. 1.5dB	Max. 1.5dB
Return loss	dB	Min. 55dB	Min. 55dB	Min. 55dB	Min. 55dB	Min. 55dB	Min. 55dB
Directivity	dB	Min. 55dB	Min. 55dB	Min. 55dB	Min. 55dB	Min. 55dB	Min. 55dB
Polarization Dependent Loss	dB	Max. 0.2dB	Max. 0.3dB	Max. 0.3dB	Max. 0.3dB	Max. 0.5dB	Max. 0.5dB
Total input power	mW	300mW	300mW	300mW	300mW	300mW	300mW
Connector Type	NA	SC/APC	SC/APC	SC/APC	SC/APC	SC/APC	SC/APC
Dimension	NA	Single wide LGX	Single wide LGX	Single wide LGX	Double wide LGX	1RU rack mount	2RU rack mount
Operation temperature	C	-40C to 85C	-40C to 85C	-40C to 85C	-40C to 85C	-40C to 85C	-40C to 85C
Storage temperature	C	-40C to 85C	-40C to 85C	-40C to 85C	-40C to 85C	-40C to 85C	-40C to 85C

Fuente: "ZHONE Bandwidth changes everything. Zhone PON Splitters & WDM Combiners. [Print(0)]. [Consultado el Marzo 272015]. Disponible en: <http://www.zhone.com/products/ZPON/>;

■ MUFAS

Mufa de la marca TCA, y su composición es de hasta 8 cassettes, tiene un empalme universal con capacidad total de hasta 96 fibras por empalmar. Además para su version VIP, soporta por empalme recibe hasta 39 cassettes, con una capacidad total de hasta 234 fibras por empalmar.⁸³

UCTL 6-20 – TCA

- ❖ Capacidad de empalme hasta 96 fibras/ Recibe hasta 8 cassette porta-empalme universal
- ❖ Dimensiones: 575 x 215 mm (largo x diámetro)

UCTL 6-20 VIP- TCA

- ❖ Capacidad de empalme hasta 468 fibras/ Recibe hasta 39 cassette porta-empalme VIP
- ❖ Dimensiones: 575 x 215 mm (largo x diámetro)⁸⁴

■ ONTs.

Una de las soluciones más favorables que presenta Huawei como equipos ONT GPON, es su línea *EchoLife* que está orientada hacia un mejor manejo de los recursos requeridos. En la figura 83. Se detalla el ONT OT925-G.

Figura 83. ONT Echolife OT925-G.

⁸³ TCA - Soluciones con fibra Óptica. Mufas De Empalme Para Fibra Óptica - UCTL y UCTL-VIP. [Print(0)]. Junio 20 de 2015. [Consultado el Junio 242015]. Disponible en: http://www.tca.cl/catalogo/vistaTipoProducto.php?opc=verFicha&tipo_producto_id=59

⁸⁴ TCA - Soluciones con fibra Óptica. Mufas De Empalme Para Fibra Óptica - UCTL y UCTL-VIP. [Print(0)]. Junio 20 de 2015. [Consultado el Junio 242015]. Disponible en: http://www.tca.cl/catalogo/vistaTipoProducto.php?opc=verFicha&tipo_producto_id=59



Fuente: (2015). BIENVENIDA A ALCATEL-LUCENT. Available: http://www3.alcatel-lucent.com/wps/portal/country?LMSG_CABINET=Corporate&LMSG_CONTENT_FILE=Country_Content/Spain/Country.xml&lu_lang_code=es_ES

Se detalla las características más importantes que tienden a cumplir una variedad de requerimientos. (Ver Cuadro 18).

Cuadro 18. Características ONT *Echolife* OT925-G.

OT925-G		
Puerto	Cantidad	Descripción
GPON	1	Entrada de señal óptica GPON
INIT	1	Puerto para reiniciar o restaurar la configuración interna del OT925-G
E1	4	Puerto para conexión a PBX, Estación Base Inalámbrica, equipos nodos u otros equipos
GE	1	Puerto para conexión a un conmutador LAN, Routers u otros equipos
FE	4	Puerto que permite conexión a PC's, conmutadores LAN u otros equipos
Fuente de Poder	1	Conecta hacia la fuente de alimentación

Fuente: (2015). *Echolife OT925-G Product Description*. Available: <http://www.huawei.com/en/>

El cuadro 19. Detalla las especificaciones del puerto GPON del OT925-G.

Cuadro 19. Especificaciones de los Puertos.

Parámetro	Especificación
Rango de Transmisión	Transmisión (Tx): 2.5Gbit/s Recepción (Rx): 1.5Gbit/s
Tipo de Conector	SC/PC
Distancia Máxima de Transmisión	20Km
Longitud de onda central	Tx: 1490nm Rx: 1310nm
Potencia de Transmisión óptica	0.5dBm a 5dBm
Radio de Extinción	10dB
Sensitividad máxima de recepción	-27dBm
Potencia de Sobrecarga	0.5dBm
Estándar	ITU-T G.984.2 CLASE B+

Fuente: (2015). Echolife OT925-G Product Description. Available: <http://www.huawei.com/en/>

► **Selección de equipos de mejores prestaciones.**

❖ **OLT.** Entre los equipos que se adaptan de mejor manera a las exigencias del diseño de una red GPON, multiples opciones son las apropiadas para sugerir. En cuanto a la selección del equipo OLT, la mejor opción insiste en la marca Huawei, modelo MA5680T ya que sus especificaciones y característica técnicas convencen lo necesario para la evolución de la red a implementar.

❖ **FIBRA OPTICA.** Esta Fibra Óptica Draka Comteq EZ Prep Loose Tuve Cable, Monomodo genera un alto rendimiento en las instalaciones. Puesto que cumple con las especificaciones básicas.

❖ **CONECTORES.** De muchas opciones los conectores que mejor se acomodan a las necesidades de la red son los fabricados por *Conectores TE Connectivity*, por sus bajos niveles de atenuación y fácil operatividad.

❖ **SPLITTER.** Los Splitters utilizados para implementar la red son los módulos de 1x4 y 1x16 de la marca ZHONE debido a que son los que mejor se acoplan a las características de atenuación.

❖ **MUFAS.** La mejor opción insiste en la marca TCA, que nos brinda mejores facilidades.

❖ **ONT.** El equipo ONT es un equipo que se ajusta a las necesidades del diseño.

8 NOTICIAS RELACIONADAS CON REDES ÓPTICAS

A continuación se presenta un breve análisis de las noticias con importantes investigaciones a nivel internacional acerca de redes ópticas.

En cuanto a las noticias de la ciencia y la tecnología se efectúa un desarrollo gracias al equipo del ingeniero *Eli Yablonovitch*, de la universidad de California en Berkeley en los Estados Unidos titulado “Antena óptica para amplificar la luz espontánea de átomos, moléculas y puntos cuánticos”; en el año 2015, en el cual, unos científicos han desarrollado una antena óptica de tamaño nanométrico que puede realizar la emisión espontánea de la luz procedente de átomos, moléculas y puntos cuánticos semiconductores. Este avance abre la puerta a diodos emisores de luz (LEDs) que puedan reemplazar a los láseres para las comunicaciones ópticas de corto alcance, incluyendo interconexiones ópticas para microchips, entre muchas otras aplicaciones potenciales.⁸⁵

Así mismo, se efectúan nuevas noticias dirigidas por la Universidad Politécnica de Valencia, donde emplean nuevas “nanoantenas ópticas de altas prestaciones”; en el año 2014, en el cual se han diseñado y fabricado unas nuevas nanoantenas ópticas que permitirían, entre otras muchas ventajas, tales como incrementar la velocidad de transmisión de datos por fibra óptica o de escritura de un disco duro magnético, así como mejorar operaciones de biosensado.⁸⁶

Según las noticias de la ciencia y la tecnología, México se prepara para una red compartida de banda ancha móvil, quien será el primero país a nivel mundial, la cual permitiría llevar el internet a toda la nación sin necesidad de una infraestructura nacional de fibra óptica que aumentará el potencial de su desarrollo económico y tecnológico.

Por otro lado, el equipo de Adam Stone, de la Universidad Lehigh en Bethlehem, Pensilvania, Estados Unidos, logran un avance en el campo de las comunicaciones ópticas, quienes adquieren un paso importante hacia el sueño de una transmisión de datos completamente óptica y aplicable a gran escala. Este paso se ha dado con la construcción y demostración de lo que se ha definido como la “primera guía de ondas totalmente funcional del mundo en un cristal de una sola pieza”. Se empleó una serie de láseres ultraveloces, del orden del femtosegundo (milésima de billonésima de segundo), para producir un cristal individual

⁸⁵ ANTENA ÓPTICA PARA AMPLIFICAR LA LUZ ESPONTÁNEA DE ÁTOMOS, MOLÉCULAS y PUNTOS CUÁNTICOS. Berkeley, Estados Unidos. jueves 25 de Junio de 2015 ISSN B-47398-2009, ISSN 2013-6714.

⁸⁶ NUEVAS NANOANTENAS ÓPTICAS DE ALTAS PRESTACIONES. Centro de Tecnología Nanofotónica de la UPV. jueves, 19 de Junio de 2014 ISSN B-47398-2009, ISSN 2013-6714.

con arquitectura práctica tridimensional capaz de guiar las ondas de luz a través de vidrio, con escasa pérdida de luz.⁸⁷

En cuanto, la publicación dirigida por Ramón Jesús Millán Tejedor quien hizo un breve análisis titulado “¿Fibra Óptica en las ICT?; en el año 2009, donde aseguro que sería muy importante que la fibra óptica fuera instalada desde un primer momento en las viviendas con el fin de facilitar la introducción de fibra óptica hasta el hogar. En algunos países como Francia, se ha obligado a instalar la fibra óptica en los edificios de nueva construcción. ICT (Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones) son las instalaciones necesarias para captar, adaptar y distribuir a las viviendas y locales, señales de radio y televisión terrestre y por satélite, servicio de telefonía básica y de telecomunicación por banda ancha.⁸⁸

Además otra publicación muy importante de Ramón Jesús Millán Tejedor titulada “Tecnologías de banda ancha por fibra óptica”; en el año 2010, Se dice que tradicionalmente, que el principal inconveniente de la fibra óptica era su precio, sin embargo, a día de hoy las economías de escala y experiencia acumulada, han permitido que la viabilidad económica de la fibra y los componentes ópticos sea una realidad. Aunque tender fibra hasta el hogar pueda suponer una fuerte inversión inicial en obra civil y fibra (CAPEX), ésta podrá ser rápidamente amortizada a través de la reducción de los gastos de mantenimiento (OPEX) respecto a la infraestructura actual de cobre y a los mayores ingresos por los nuevos servicios que se pueden ofrecer. La fibra óptica está de “moda” y no deja de aparecer en la prensa diaria nacional e internacional. Los Gobiernos de todas las naciones reconocen la necesidad de desplegar redes de fibra óptica para mejorar la competitividad de sus economías.⁸⁹

A su vez la Universidad Politécnica UPCT, investiga “nuevas aplicaciones para el grafeno, un material que sustituirá a la fibra óptica”; en el año 2013, en el cual, investigará sobre nuevas posibilidades de aplicaciones industriales para el grafeno, un material que está previsto que las próximas décadas revolucione la industria y la tecnología, ya que es uno de los materiales más finos, flexibles, fuertes y conductores que se conocen. Dicha universidad firmó un convenio con la empresa yeclana Graphenano para analizar las posibilidades industriales de este novedoso elemento.⁹⁰

En cuanto a las noticias a nivel de empresas encontramos tales como:

Según la Empresa ANTEL premio a la presidenta de su compañía

⁸⁷ AVANCE CLAVE EN EL CAMPO DE LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS ENVIAR POR EMAIL. Pensilvania, Estados Unidos. Jueves, 11 Junio 2015 ISSN B-47398-2009, ISSN 2013-6714.

⁸⁸ MILLÁN, Ramón Jesús. ¿Fibra Óptica En Las ICT? [Electronic(1)]. 24 de Marzo 2009. [Consultado el Abril 22 2015]. Disponible en: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/fibraopticaict.php>

⁸⁹ MILLÁN, R. J. Tecnologías De Banda Ancha Por Fibra Óptica. [Electronic(1)]. nº 55, ACTA, 2010. [Consultado el Febrero 27 2015]. Disponible en: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/bandaanchafibraoptica.php>

⁹⁰ Universidad Politécnica UPCT (Cartagena). La UPCT Investiga Aplicaciones Para El Grafeno, Un Material Que Sustituirá a La Fibra Óptica. [Print(0)]. 23 de Julio de 2013. [Consultado el Abril 5 2015]. Disponible en: <http://www.laopiniondemurcia.es/cartagena/2013/07/23/upct-investiga-aplicaciones-grafeno-material/485690.html>

Carolina Cosse como “Profesional FTTH Latam del año”; en el año 2013, por desarrollo de fibra óptica a los hogares. En el cuarto encuentro de la Fiber To The Home Council Américas, realizado en San Pablo Brasil. Como expositora en el evento Cosse informó que la meta trazada para el 2013 es alcanzar los 500.000 hogares con acceso a Fibra Óptica (FO) y estarán conectados a la red 450 nuevos centros educativos de todo el país, totalizando 1.200 instituciones de enseñanza con conexión de alta velocidad a Internet, como por ejemplo el servicio Vera Universidades de 1 Gbps. En el año 2012 el FTTH Council Américas premió a ANTEL en su encuentro en México como el “Carrier 2012”. La telco estatal uruguaya fue considerada un ejemplo en América Latina por llevar la tecnología de redes de acceso de fibra óptica al hogar a toda la población.⁹¹

En cuanto la empresa huawei “lanza la quinta generación de arquitectura de red óptica basada en SDN (Redes Definidas por Software)”; en el año 2014, en cual como empresa pionera en el campo de transporte óptico, la compañía ha desplegado alrededor de 200 redes comerciales 100G en todo el mundo. La infraestructura óptica es fundamental para las telecomunicaciones. En menos de medio siglo, la industria del transporte óptico ha evolucionado desde tecnología PDH, a través de las SDH y WDM, a tecnología coherente WDM 100G basada en OTN, que potencia la velocidad de la red desde el nivel megabit al nivel terabit, y avanza desde una configuración puramente manual a una automatización moderada.⁹²

Por otro lado, la empresa Huawei, las soluciones FastConnect de Huawei ayudan a Telefónica a impulsar el despliegue de fibra, en el año 2014, en el cual Huawei y Telefónica han diseñado conjuntamente soluciones ODN adaptadas a las necesidades de la red FTTH. Este acuerdo entre ambas empresas permitirá a Telefónica afrontar los desafíos de la tecnología de comunicaciones fibra hasta el hogar (*FTTH, Fiber To The Home*) y mejorar el proceso del despliegue de fibra.⁹³

Publicaciones que se orientan a mejorar como la investigación efectuada por Alejandro Delgado titulada “ZTE muestra sus aptitudes más veloces en redes ópticas”; en el año 2013, en la cual por medio de un estudio, la empresa china mostró su destreza en redes ópticas, sin embargo no es la única compañía que investiga al respecto. Según Susana Portillo dice que el crecimiento de los volúmenes de datos y velocidades en redes fijas e inalámbricas tiene

⁹¹ ANTEL, en el mundo. Premio a Presidenta De ANTEL Como “Profesional FTTH Latam Del Año” Por Desarrollo De Fibra Óptica a Los Hogares. [Electronic(1)]. 23 de Mayo de 2013. [Consultado el Junio 142015]. Disponible en: <http://www.antel.com.uy/antel/antel-en-el-mundo/premio-a-presidenta-de-antel-como-profesional-ftth-latam-del-ano-por-desarrollo-de-fibra-optica-a-los-hogares>

⁹² HUAWEI. Huawei Lanza La Quinta Generación De Arquitectura De Red Óptica Basada En SDN. [Electronic(1)]. 30 de Junio 2014. [Consultado el Agosto 272015]. Disponible en: <http://www.huawei.com/es/about-huawei/newsroom/press-release/hw-347644.htm>

⁹³ Huawei T. Las Soluciones FastConnect De Huawei Ayudan a Telefónica a Impulsar El Despliegue De Fibra. [Electronic(1)]. 10 de Julio de 2014. [Consultado el Nov 42015]. Disponible en: <http://www.huawei.com/es/about-huawei/newsroom/press-release/hw-353230.htm>

consecuencias para todas las partes de las redes de operadores, incluyendo enlaces de larga distancia que se utilizan para conectar ciudades, países y continentes. Para que los usuarios aprovechen al máximo sus suscripciones móviles de banda ancha o fibra, las redes tienen que mantenerse al ritmo. Bajo ese contexto, ZTE mostró, por medio de una evaluación realizada, su destreza en redes ópticas y han completado velocidades de 400Gbps a una distancia de más de 5000 kilómetros.⁹⁴

Según Alan Weissberger de *COMSOC COMMUNITIES*, se realizó una revisión del 2012 y 2013 sobre las previsiones de infonetics PON, FTTH, cable de banda ancha DSL agregación + mercados, en el año 2013, en el cual la firma de investigaciones Infonetics Research publicó la cuota de mercado del proveedor y el análisis preliminar del cuarto trimestre del 2012 (4Q12) PON, FTTH y DSL. Las ventas mundiales de equipos de agregación de banda ancha (DSL, PON, FTTH Ethernet) cayeron un 6% sobre 4Q12, a \$ 1,56 mil millones, como resultado de disminuciones en el gasto de equipos DSL en EMEA y en artes de Asia EPON. Mientras tanto, el segmento de equipos GPON 2.5G es de hasta 30% en el 2012, liderado por China, donde un colapso dramático en la elección de la tecnología por parte de China Telecom y China Unicom está pasando de la inversión desde EPON a GPON para FTTH. En 2012, en el mercado global de agregación de banda ancha, el líder es Huawei, y Alcatel-Lucent de segundo lugar por delante de ZTE.⁹⁵

Así mismo, Alan Weissberger de *COMSOC COMMUNITIES*, en el año 2011, dice que el estándar IEEE 1901 de productos en redes compatibles ofrecerán velocidades de datos de 500 Mbps en aplicaciones LAN, en la última milla de la red será para funcionar de forma fiable en distancias de hasta 1.500 metros. Que apoyarían la distancia de última milla desde la fibra al nodo o al barrio (probablemente con la fibra GPON utilizado como sistema de transmisión punto a multipunto).⁹⁶

Por otra parte, Alan Weissberger de *COMSOC COMMUNITIES*, en su nuevo informe titulado "Grupo Dell'Oro: Crecimiento moderado de equipos de red de acceso con PONs a la cabeza" en el cual nos informa que en la parte de acceso trimestral, las ventas del grupo Dell'Oro dice que los equipos de redes de acceso es decir, para PON, DSL, e híbrida de cable de fibra / coaxial (HFC) creció en un "moderado" 6% año con año en el tercer trimestre de 2012. Fueron el segmento líder en sistemas PON, Avance 21% respecto al mismo trimestre de 2011. Las redes de acceso por cable crecieron 5% anual. Alcatel-Lucent, Huawei, y ZTE ganaron el trimestre en el espacio GPON; con exclusión

⁹⁴ DELGADO, A. ZTE Muestra Sus Aptitudes Más Veloces En Redes Ópticas. [Electronic(1)]. 12 de Junio de 2013. [Consultado el Junio 10 2015]. Disponible en: <http://revistaitnow.com/zte-muestra-sus-aptitudes-mas-veloces-en-redes-opticas/>

⁹⁵ IEEE COMMUNICATIONS SOCIETY. Infonetics 2012 Review & 2013 Forecasts for PON, FTTH, DSL Aggregation + Cable Broadband Markets. [Electronic(1)]. 26 de Febrero de 2013. [Consultado el Enero 25 2015].

⁹⁶ IEEE COMMUNICATIONS SOCIETY COMSOC. IEEE 1901 Broadband Over Powerline (BoPL) Final Standard Published by IEEE. [Electronic(1)]. 01 de Febrero de 2011. [Consultado el Enero 17 2015]. Disponible en: <http://community.comsoc.org/blogs/alanweissberger/ieee-1901-broadband-over-powerline-bopl-final-standard-published-ieee>

de las ventas en China, sin embargo, Calix se está moviendo en la tercera posición.⁹⁷

Por parte de optics.org se realiza una investigación en el año 2015, en el cual plantean un “Sensor de temperatura multifibras de medidas de 10.000 puntos/seg” es un sensor robusto basado en FBG de proximion que proporciona resultados fiables hasta 600 ° C. Proximion lanza la serie de sensores de fibra óptica diseñada para la detección de temperatura distribuida.⁹⁸

⁹⁷ IEEE COMMUNICATIONS SOCIETY COMSOC Dell'Oro. Dell'Oro Group: Moderate Growth for Access Network Equipment with PONs Leading the Pack. [Electronic(1)]. 12 de Abril de 2012. [Consultado el Mayo 232015]. Disponible en: <http://community.comsoc.org/blogs/posts?page=20&sort=date&order=asc>

⁹⁸ Optics Org. Multi-Fiber Temperature Sensor Measures 10,000 points/sec. [Electronic(1)]. 19 de Mayo de 2015. [Consultado el Junio 42015]. Disponible en: <http://optics.org/news/6/5/25>

9 CONCLUSIONES

Se empleó la metodología de vigilancia tecnológica para determinar el estado del arte y las tendencias mundiales en la actividad científica e inventiva en las redes de comunicación ópticas. Se aprecia un creciente interés en este tema considerando que durante el período 2000 – 2015 se registraron 7126 artículos y 45479 patentes en el tema de *Optical Network*.

A nivel mundial los países que más investigan y patentan en el tema de redes ópticas son Estados Unidos, China y Japón. En el caso de Latinoamérica el país con el mayor número de artículos en el tema es Brasil.

Las áreas de conocimiento en las cuales se aplican las redes ópticas son: Ingeniería (4306), Física y astronomía (3275), Ciencias computacionales (2967), entre otras. En cuanto a las patentes registradas en este tema se aplican en la sección H que comprende con la electricidad, la clase H04 relaciona las técnicas de comunicación eléctrica, la subclase H04J comprende la comunicación multiplex y el grupo H04J14/02 se relaciona con *Optical multiplex systems* (sistemas ópticos multiplex).

Dentro de los aplicantes o usuarios de las patentes de redes ópticas se encuentran las siguientes compañías: HuaweiTech Co Ltd, ZteCorp, Fujitsu Ltd, NipponTelegraph&Telephone y Samsung Electronics Co Ltd , entre otras.

Dentro de las aplicaciones más estudiadas en el campo de las redes de comunicación ópticas, durante el período 2000-2015, se encuentran "*wavelength división multiplexing**", el cual presenta 10742 registros, "*broadbandnetwork**" con 5981 registros y "*next generation network**" con 1280 resultados, sin embargo, al analizar la dinámica científica de estos términos se observa una tendencia decreciente en los últimos años. Este comportamiento también se presenta en el ámbito de las patentes desarrolladas alrededor de estos temas.

Se realizó una revisión acerca de los investigadores más importantes en el tema de las redes ópticas y a su vez los autores más relevantes en cada área de investigación, tanto mundial como nivel local, para así saber qué importancia tiene este tema a nivel global.

Se determinó en varias instituciones, y universidades que los grupos de investigación son conscientes de la productividad y el beneficio que genera estar en constante investigación y consulta acerca de las redes ópticas

Se realizó investigación específica sobre un componente básico de las redes ópticas, como lo son las redes de acceso y se concluye que GPON presenta rápida adaptabilidad y funcionalidad debido a un proceso de evolución de sus antecesores como APON, BPON y EPON, que en resumen combina varias características y su mejora.

Las redes de nueva generación basadas en fibra y en especial GPON, han acaparado la atención de los operadores, medios de comunicación y usuario por su velocidad de transmisión de datos.

El diseño de la red GPON (all optic), propuesta, pretende brindar un servicio innovador a los usuarios, ampliando y brindando mayores ventajas, reuniendo nuevos servicios de mejor calidad.

Este trabajo genera un resultado sobre la vigilancia tecnológica en el área de las redes ópticas que es insumo importante para la grupo de investigación UniTel en su línea de comunicaciones aplicadas y telemática, ya que podrá dirigir sus investigaciones con una línea de referencia.

BIBLIOGRAFÍA

ACCTON. FttH Solution Gpon. [Print(0)]. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.accton.com/NewsPage.asp?sno=80>

ACOSTA, Carlos Javier. Diseño Técnico De La Red De Acceso Para La Empresa ARCLAD S.A, Mediante Tecnología FTTX (FIBER TO THE X), a Tráves De La Infraestructura De Red De CNT E.P. y Criterios De Instalación. Proyecto Previo a La Obtención Del Título De Ingeniero En Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador.: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2012. p. 11.

ALCATEL. Técnica De Los Componentes Del Equipo. [Print(0)]. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.alcatel-mobilephones.com/co/>

ALCATEL - LUCENT. Alcatel-Lucent 7342 ONT Family OPTICAL NETWORK TERMINALS | ETSI. [Print(0)]. [Consultado el Marzo 27/2015]. Disponible en: Documents/Downloads/spain_7342_ONT_ETSI.pdf

ALCATEL LUCENT. Bienvenida a Alcatel-Lucent. [Print(0)]. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: http://www3.alcatel-lucent.com/wps/portal/country?LMSG_CABINET=Corporate&LMSG_CONTENT_FILE=Country_Content/Spain/Country.xml&lu_lang_code=es_ES

ARANGO,B.; TAMAYO,L. y FADUL,A. Vigilancia tecnológica: Metodologías y aplicaciones. En: REVISTA GESTIÓN DE LAS PERSONAS y TECNOLOGÍA. p. 250-261

BALACHANDRAN,S., et al. Respuesta competitiva de suministradores de servicios. En: ENRICHING COMMUNICATIONS, ALCATEL – LUCENT,, vol. 1, no. 1, p. 38-41

BOSSANO, Maria., MOREJON, ADRIANA. Estudio y Diseño De Una Red De Acceso GPON Para Los Servicios De Telecomunicaciones Triple Play (Voz, Video y Datos) En El Sector Oriental De La Ciudad De RIOBAMBA. Previo La Obtención Del Título De Ingeniero En Electrónica Telecomunicaciones y Redes.

RIOBAMBA, Ecuador.: Escuela superior politécnica de chimborazo. Facultad de informática y electrónica, 2012. p. 53.

CALE,I.; SALIHOVIC,A. y IVEKOVIC,M. Gigabit Passive Optical Network - GPON. En: Information Technology Interfaces, 2007. ITI 2007. 29th International Conference on.2007. p. 679-684

CAPMANY C. Opticas. En: [Anónimo] Opticas. 59-78 p.

CHAUGULE,S. y MORE,A. WDM and Optical Amplifier (Wavelength Division Multiplexing). En: Mechanical and Electronics Engineering (ICMEE), 2010 2nd International Conference on.2010. p. V2-232-V2-236

CHAUGULE,S. y MORE,A. WDM and Optical Amplifier (Wavelength Division Multiplexing). En: Mechanical and Electronics Engineering (ICMEE), 2010 2nd International Conference on.2010. p. V2-232-V2-236

COMDIEL. Mufa De Empalme De Fibra Óptica. [Electronic(1)]. [Consultado el Mayo 202015]. Disponible en: <http://archive-cl.com/page/2525770/2013-07-31/http://www.comdiel.cl/mufa-de-empalme-de-fibra-optica-ucncp-518-mft-2hs-s-1295.html>

CORNING, Incorporated. Broadband Technology Overview. En: OPTICAL FIBER. 06.vol. WP, no. 6321, p. 1-16

CORONEL,Carlos. Sistemas De Archivos y Bases De Datos. En: [Anónimo] Sistemas De Bases De Datos: Diseño, Implementación y Administración. 5th ed. México: Cengage Learning, 2004. 6-51 p.

CORREA,A. y SERPA,C. ANÁLISIS DE LA EXPANSIÓN DE REDES DE ACCESO PASIVAS DE FIBRA ÓPTICA GPON Y BPON EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN. En: TECNOLÓGICAS. julio.vol. 24, p. 2

DEL RIO, Enrique. Proyecto De Innovación Sobre Fibras y Redes. [Electronic(1)]. 27 de mayo de 2013. [Consultado el Febrero 122015]. Disponible en: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/2013/05/27/visita-al-izarra-centre-ermua-un-edificio-con-la-ict2-y-mucho-mas/>

DELGADO,A. ZTE Muestra Sus Aptitudes Más Veloces En Redes Ópticas. [Electronic(1)]. 12 de Junio de 2013. [Consultado el Junio 102015]. Disponible en: <http://revistaitnow.com/zte-muestra-sus-aptitudes-mas-veloces-en-redes-opticas/>

DRAKA. Integrated Messenger Loose Tube Cable. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015] Disponible en: <http://www.drakausa.com/default.aspx>;

Draka Comteq. EZ Prep Loose Tube Cable. [Electronic(1)]. [Consultado el Junio 102015]. Disponible en: http://www.gatelsupply.com/index.cfm/feature/55_109/ezprep-cable----draka.cfm

DUQUE, Juan., MORA, Jose., BARRADA, Juan. Conectores. [Electronic(1)]. [Consultado el Octubre 222014]. Disponible en: <http://juanraiman1.wix.com/fibra-optica-administracion#!>

ELSEVIER. Quienes Somos. [Print(0)]. 03/18/2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.elsevier.com/about/at-a-glance>

EME Ingeniería S.A. Misión. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.emeingenieria.com.co/nosotros>

EME Ingeniería S.A. Nuestra Compañía. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.emeingenieria.com.co/nosotros>

EME Ingeniería S.A. Servicios, Telecomunicaciones. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.emeingenieria.com.co/servicios>

EUROPEAN PATENT OFFICE. Mission and Vision. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.epo.org/about-us/office/mission.html>

FIBER OPTICAL CABLE. PLC Splitter. [Print(0)]. [Consultado el Marzo 272015]. Disponible en: <http://www.fiberopticalcable.org/es/plc-splitters.html>

GARZÓN,J. Enlaces De Fibra Óptica De Bajo Costo Para La Medición De Señales Analógicas En Ambientes De Alto Ruido Electromagnético. [Electronic(1)]. [Consultado el Junio 32015]. Disponible en: http://gmun.unal.edu.co/cmuni/wiki/lib/exe/fetch.php?media=projects:thesis_projects:finaldocument.pdf

GONZALEZ,Esteban. *Redes De Bragg En Fibras Ópticas Microestructuradas*. [Electronic(1)]. 15 Mayo de 2013. [Consultado el Junio2015]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11861/1/1128384302.2014.pdf>

grupo de tecnologías de la comunicación (GTC). Métodos De Medición En Sistemas De DWDM Para Comunicación Por Fibra Óptica Plástica y Con Sensores Ópticos Para Medir Parámetros Interesantes Desde El Punto De Vista Medioambiental. [Electronic(1)]. [Consultado el Sept. 182015]. Disponible en: <http://i3a.unizar.es/datos/grupo/gtc-15>

GUPTA,K.; MUKHOPADHYAY,T. y GOYANKA,A. Design and Simulation of a Chirped Fiber Bragg Grating Based Demultiplexer for Ultra Dense Wavelength Division Multiplexing Based Passive Optical Networks. En: Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS), 2013 IEEE International Conference on.2013. p. 1-5

GUTIÉRRES CASTREJÓN,Ramón. Hacia Un Sistema De Telecomunicaciones Completamente Óptico. UNAM, 2005.

GUTIERREZ, Viviana., ESPINOSA, Diana., HERNÁNDEZ, Cesar. Impacto y manifestación del uso de las redes GPON en Colombia frente a otras tecnologías. En: Teleinformática. Enero-Junio 2011.vol. 2 no. 1, p. 86-99

HAIFEI ZHANG y YING HONG. The Design and Realization of the Decision Support System for FTTx Access Planning Based on GIS. En: Computer

Science and Service System (CSSS), 2011 International Conference on.2011. p. 846-849

Huawei. MA5680T Huawei Optical Equipment . [Print(0)]. [Consultado el Junio 232015]. Disponible en: <http://www.netdatanetworks.com/img/article/66/tab/ma5680t.pdf>

HUAWEI. Huawei Lanza La Quinta Generación De Arquitectura De Red Óptica Basada En SDN. [Electronic(1)]. 30 de Junio 2014. [Consultado el Agosto 272015]. Disponible en: <http://www.huawei.com/es/about-huawei/newsroom/press-release/hw-347644.htm>

Huawei T. Las Soluciones FastConnect De Huawei Ayudan a Telefónica a Impulsar El Despliegue De Fibra. [Electronic(1)]. 10 de Julio de 2014. [Consultado el Nov 42015]. Disponible en: <http://www.huawei.com/es/about-huawei/newsroom/press-release/hw-353230.htm>

HUAWEI TECHNOLOGIES CO. Huawei. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.huawei.com/co/>;

HUAWEI TECHNOLOGIES CO. SmartAX MA5680T Optical Access Equipment V800R005 Product Description. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.huawei.com/co/>;

HUAWEI TECHNOLOGIES CO.,LTD. Echolife OT925-G Product Description. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.huawei.com/en/>;

HUAWEI TECHNOLOGIES CO.,LTD. Nex- Generation PON Evoluntion. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.huawei.com/en/static/HW-077443.pdf>;

IEEE. Acerca De IEEE Xplore ® Biblioteca Digital. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/aboutUs.jsp>;

IEEE COMMUNICATIONS SOCIETY. Infonetics 2012 Review & 2013 Forecasts for PON, FTTH, DSL Aggregation + Cable Broadband Markets. [Electronic(1)]. 26 de Febrero de 2013. [Consultado el Enero 252015].

IEEE COMMUNICATIONS SOCIETY COMSOC. IEEE 1901 Broadband Over Powerline (BoPL) Final Standard Published by IEEE. [Electronic(1)]. 01 de Febrero de 2011. [Consultado el Enero 172015]. Disponible en: <http://community.comsoc.org/blogs/alanweissberger/ieee-1901-broadband-over-powerline-bopl-final-standard-published-ieee>

IEEE COMMUNICATIONS SOCIETY COMSOC Dell'Oro. Dell'Oro Group: Moderate Growth for Access Network Equipment with PONs Leading the Pack.

[Electronic(1)]. 12 de Abril de 2012. [Consultado el Mayo 232015]. Disponible en: <http://community.comsoc.org/blogs/posts?page=20&sort=date&order=asc>

NUEVAS NANOANTENAS ÓPTICAS DE ALTAS PRESTACIONES. Centro de Tecnología Nanofotónica de la UPV. jueves, 19 de Junio de 2014|ISSN B-47398-2009, ISSN 2013-6714.

JEDDI,A. y ABID,M. Optimal Crosstalk Monitoring and Identification Method for all-Optical Networks. En: Wireless and Optical Communications Networks, 2009. WOCN'09. IFIP International Conference on.IEEE, 2009. p. 1-5

JEDIDI,A. y ABID,M. Optimal Crosstalk Monitoring and Identification Method for all-Optical Networks. En: Wireless and Optical Communications Networks, 2009. WOCN'09. IFIP International Conference on.IEEE, 2009. p. 1-5

JIAN,Wu; WEI,Zhang y MINXUE,Wang. Optical Burst Switching Network Testbed. En: [Anónimo] Optical Network Design and Modeling. Springer, 2007. 166-175 p.

JUSTO,Eduardo. ¿Qué Es La Fibra Óptica? [Electronic(1)]. 26 de Febrero de 2014. [Consultado el Octubre 222014]. Disponible en: http://practicalcpifibraoptica.blogspot.com/2014_02_01_archive.html

KARTALOPOULOS,Stamatios. Optical wavelength division multiplexing (WDM) networks and technology.

KUI,Lu y SHUNXIANG,Zhang. EPON Based Communication Service Framework Under Coal Mine. En: Computer Science & Service System (CSSS), 2012 International Conference on.2012. p. 620-623

MILLÁN,R. Redes DWDM Metropolitanas. [Print(0)]. 27 de enero de 2013. [Consultado el 27 de enero2014]. Disponible en: www.ramonmillan.com/tutoriales/dwdmmetro.php

MILLÁN,R. J. Tecnologías De Banda Ancha Por Fibra Óptica. [Electronic(1)]. nº 55, ACTA, 2010. [Consultado el Febrero 272015]. Disponible en: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/bandaanchafibraoptica.php>

MILLÁN,Ramón Jesús. ¿Fibra Óptica En Las ICT? [Electronic(1)]. 24 de Marzo 2009. [Consultado el Abril 222015]. Disponible en: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/fibraopticaict.php>

MOUSER ELECTRONICS. Conectores De Fibra Optica, TE Connectivity. [Print(0)]. [Consultado el Marzo 272015]. Disponible en: http://co.mouser.com/Connectors/Fiber-Optic-Connectors/_/N-bszko/

NG BOON, Chuan, et al. Network Management Software Tool for FTTH-PON: SANTAD. En: Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications, 2009. CITISIA 2009. 2009. p. 299-304

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS. La OEPM En La Actualidad. [Print(0)]. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: http://www.oepm.es/es/sobre_oepm/quienes_somos/objetivos_funciones/index.html

Optics Org. Multi-Fiber Temperature Sensor Measures 10,000 points/sec. [Electronic(1)]. 19 de Mayo de 2015. [Consultado el Junio 4/2015]. Disponible en: <http://optics.org/news/6/5/25>

OPTRONICS. CABLE FIBRA ÓPTICA, Cable Exterior Armado. [Electronic(1)]. [Consultado el junio 23/2015]. Disponible en: <http://optronics.com.mx/index.php?mod=eCommerce&ext=group&subid=1&id=1>

OPTRONICS. CABLES FIBRA ÓPTICA, Cable Inferior-Exterior, Multimodo-Monomodo. [Electronic(1)]. [Consultado el Enero 18/2015]. Disponible en: http://optronics.com.mx/index.php?mod=eCommerce&ext=group&subid=1&id=3#data_div

OPTRONICS. CONECTORES, Conector SC Multimodo - Monomodo. [Electronic(1)]. 24 de junio de 2015. [Consultado el junio 20/2015]. Disponible en: http://optronics.com.mx/index.php?mod=eCommerce&ext=group&subid=4&id=184#data_div

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL. ¿Qué Es La OMPI? . [Print(0)]. 02/03/2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: http://www.wipo.int/about-wipo/es/what_is_wipo.html

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL. Clasificación Internacional De Patentes (CIP) . [Print(0)]. 02/03/2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.wipo.int/classifications/ipc/es/preface.html>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL. Metas Estratégicas De La OMPI. [Print(0)]. 02/03/2015. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.wipo.int/about-wipo/es/goals.html>

PATEL, Falguni N. y SONI, Neha R. Text mining: A Brief survey. En: INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED COMPUTER RESEARCH. vol. 2, no. 4, p. 243-248

PEDROCHE SÁNCHEZ, Ana. Oficinas De Patentes y Marcas De Todo El Mundo. [Print(0)]. [Consultado el 03/27/2015]. Disponible en: <http://www.inventosnuevos.com/2010/12/oficina-de-patentes-y-marcas-de-todo-el-mundo/>

PEREZ,C. Presentación EPON y GPON. [Electronic(1)]. 9 de Agosto de 2013. [Consultado el Abril 022015]. Disponible en: <http://chelsyp11.blogspot.com>

PINTO,D. ROA, R. Protección Multicast Multi-Objetivo En Redes Ópticas. [Electronic(1)]. [Consultado el julio 152016].

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. ¿Cómo Patentar En Colombia? [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/sinfo/patentesColombia.htm>

QUISHPE PÉREZ,Alejandra Soraya; VINUEZA ESTÉVEZ,Nuvia Soraya y JIMÉNEZ JIMÉNEZ,María Soledad. Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (FIBER TO THE X). Nov.

RAVIGNANI,Emilio. Instituto De Historia Argentina y Americana. [Print(0)]. 03/16/2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: http://institutos.filo.uba.ar/ravignani/?page_id=494

RUFFINI,Marco; O'MAHONY,Donal y DOYLE,Linda. Optical IP Switching for Dynamic Traffic Engineering in Next-Generation Optical Networks. En: [Anónimo] Optical Network Design and Modeling. Springer, 2007. 309-318 p.

SÁNCHEZ SELLERO,Francisco Javier y CRUZ GONZÁLEZ,Montserrat. Desarrollo de Sistemas de Vigilancia Tecnológica en la Acuicultura Española. En: JOURNAL OF TECHNOLOGY MANAGEMENT & INNOVATION. vol. 7, no. 3, p. 214-226

SÁNCHEZ T.,Jenny y FERNANDO,Palop M. Herramientas De Software Especializadas Para Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. [Print(0)]. 03/24/2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://blog.pucp.edu.pe/media/93/20120630-sanchez-palop-2006-.pdf>

SANGUÑA,Fernando Paul. Estudio Técnico De La Red De Comunicaciones Para Brindar Los Servicios De Voz, Internet y Video Por Demanda De Una Urbanización. Proyecto Previo a La Obtención Del Título De Ingeniero En Electrónica y Telecomunicaciones. Quito, Ecuador.: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería y Electrónica, 2010. p. 71.

SAVASINI,Marcio S., *et al.* Regenerator Placement with Guaranteed Connectivity in Optical Networks. En: [Anónimo] Optical Network Design and Modeling. Springer, 2007. 438-447 p.

SHUMATE,P. W. Fiber-to-the-Home: 1977–2007. En: LIGHTWAVE TECHNOLOGY, JOURNAL OF. vol. 26, no. 9, p. 1093-1103

SIERRA,J. Modelo De Asignación De Longitudes De Ondas En Redes WDM Teniendo En Cuenta Dispersión Residual y Tráficos Unicast/Multicast Con

QoS. [Electronic(1)]. 15 Diciembre de 2009. [Consultado el Marzo 152015]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/23542/1/20502-69233-1-PB.pdf>

SILVEIRINHA FÉLIX,H. y DE OLIVEIRA DUARTE,A. M. FTTH - GPON Access Networks: Dimensioning and Optimization. En: Telecommunications Forum (TELFOR), 2013 21st.2013. p. 164-167

AVANCE CLAVE EN EL CAMPO DE LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS ENVIAR POR EMAIL. Pensilvania, Estados Unidos. Jueves, 11 Junio 2015ISSN B-47398-2009, ISSN 2013-6714.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Diseños Industriales. [Print(0)]. 03/25/2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.sic.gov.co/drupal/disenos-industriales>

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Esquema De Trazados De Circuitos. [Print(0)]. 03/25/2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.sic.gov.co/drupal/esquema-de-trazados-de-circuitos-integrados>

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Patentes. [Print(0)]. 03/25/2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.sic.gov.co/drupal/patentes>

TCA- Soluciones con fibra Óptica. Empresa, Misión y Obejtivos. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.tca.cl/empresa.htm>

TE CONNECTIVITY. About of Te Connectivity. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/te-connectivity>

TELNET. Redes Inteligentes. [Print(0)]. 03/25/2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.telnet-ri.es/>

TOLEDO,A. Redes De Acceso De Banda Ancha y ONT. [Electronic(1)]. 8 de Noviembre de 2014. [Consultado el mayo 292015]. Disponible en: <https://prezi.com/tgsnlxg53gnp/copy-of-redes-de-acceso-de-banda-ancha-y-otn/>

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. Bases De Datos Referenciales, Sistema De Bibliotecas UACH. [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: http://www.biblioteca.uach.cl/biblioteca_virtual/bd_referenciales.htm;

UNIVERSIDAD DE GRANADA. Scopus. [Print(0)]. 03/16/2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: http://biblioteca.ugr.es/pages/biblioteca_electronica/bases_datos/scopus

UNIVERSIDAD DE LEÓN. Patentes. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <https://www5.unileon.es/bibportalext/libres/Patentes>

Universidad Politécnica UPTC (Cartagena). La UPCT Investiga Aplicaciones Para El Grafeno, Un Material Que Sustituirá a La Fibra Óptica. [Print(0)]. 23 de Julio de 2013. [Consultado el Abril 52015]. Disponible en: <http://www.laopiniondemurcia.es/cartagena/2013/07/23/upct-investiga-aplicaciones-grafeno-material/485690.html>

Universidad Pontificia Bolivariana. Multicast Traffic Grooming Rn Redes Ópticas WDM. [Electronic(1)]. 12 de Diciembre de 2007. [Consultado el Enero 72015].

VALLEJOS, Reinaldo. ZAPATA, Alejandra. ARAVENA, Marco. Fast and Effective Dimensioning Algorithm for End-to-End Optical Burst Switching Networks with ON-OFF Traffic Model. En: [Anónimo] Optical Network Design and Modeling. 11th ed. Berlin: Springer, 2007. 378-387 p.

WIPO IP SERVICES. International Patent Classification (IPC) Official Publication, Section H - ELECTRICITY. [Electronic(1)]. 24 de Junio de 2015. [Consultado el Junio 152015]. Disponible en: <http://web2.wipo.int/ipcpub#refresh=page¬ion=scheme&version=20150101&symbol=H>

ANTENA ÓPTICA PARA AMPLIFICAR LA LUZ ESPONTÁNEA DE ÁTOMOS, MOLÉCULAS y PUNTOS CUÁNTICOS. Berkeley, Estados Unidos. jueves 25 de Junio de 2015ISSN B-47398-2009, ISSN 2013-6714.

ZHONE. Zhone Technologies . [Print(0)]. 2015. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.zhone.com/>

ZHONE. Técnica De Los Componentes Del Equipo. [Print(0)]. [Consultado el 03/272015]. Disponible en: <http://www.zhone.com/>

ZHONE Bandwidth changes everything. Zhone PON Splitters & WDM Combiners. [Print(0)]. [Consultado el Marzo 272015]. Disponible en: <http://www.zhone.com/products/ZPON/>