

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIÓN DE LA TESIS

En esta tesis se realizó el análisis de un modulador electro óptico de intensidad en tecnología en óptica integrada y sustrato de Niobato de Litio ( $\text{LiNbO}_3$ ).

La tecnología en óptica integrada usando como sustrato para guías de ondas luminosas al Niobato de Litio permite la creación de componentes como el modulador electro óptico de intensidad el cual logra modulaciones ópticas sin presentar el efecto *chirp* que es una fluctuación en las componentes espectrales y/o en la amplitud de la potencia a la salida del dispositivo, lo cual si sucede en la modulación directa<sup>[35]</sup>.

La característica electro óptica del cristal Niobato de Litio hace que se cambien sus índices de refracción. La fabricación de guías de onda con sustrato de cristal de Niobato de Litio y difusión de titanio, para después colocarle electrodos, permite que las variaciones de los índices de refracción, sean proporcionales al voltaje aplicado a los electrodos. La variación de los índices de refracción provoca que la luz que pasa por la guía, sea modulada.

Las características antes mencionadas permiten que el modulador de intensidad tipo Mach-Zehnder, efectúe una modulación de la luz, con un rango de operación de 0 a 6 Volts. ( $V\pi$ ) para ondas con longitud de 1550nm y a una frecuencia de hasta 20 Ghz.

Los valores característicos del modulador fueron medidos mediante la implementación de un arreglo experimental. Los resultados obtenidos muestran el rango de operación permitido y la respuesta electro-óptica del modulador. El rango de voltaje

permite trabajar con valores para electrónica convencional. Mientras que el de altas frecuencias, tiene una respuesta con pocas pérdidas y muestra una forma planar.

El arreglo experimental que se implementó en esta tesis, demuestra que una transmisión analógica, de una señal de video, con sub-portadora eléctrica de 2 Ghz, por un enlace óptico de longitud de 28 Kms, es posible, principalmente gracias a la modulación electro-óptico de intensidad con tecnología en óptica integrada. pero también fue gracias a las características del resto de los componentes ópticos y el funcionamiento adecuado de los componentes eléctricos para la frecuencia de la sub-portadora eléctrica.

Mediante la medición de la Distorsión Armónica Total (THD *Total Harmonic Distortion*) se comprobó que, la modulación fue hecha de forma correcta y es un reflejo claro de la señal original, así como las bajas pérdidas que ofrece la fibra óptica. A continuación se explica como se comparó el valor THD:

La medición comparativa del valor THD de la señal eléctrica que se inyecta al modulador y la señal eléctrica recuperada a la salida del sistema, comprueba que ambas señales solo tienen una diferencia de 1.06% en su valor de THD. Este valor permite concluir que la modulación y la transmisión de la señal óptica por 28 Kms. de F. O. no se distorsionó de forma significativa la señal y por lo cual es posible recuperarla.

Otra forma de comprobar que el arreglo logró su objetivo, es cuando el monitor despliega la recuperación de la señal de video compuesto, observándose sus bandas de color características.

La implementación y resultado del arreglo muestra la potencialidad del modulador, el cual al trabajar en un rango entre 0 y 6 volts y frecuencias de hasta 20 Ghz. Es capaz de modular una señal análoga, de frecuencia portadora de 2 Ghz, a pesar de la dificultad de este tipo de señales, ya que cualquier variación de voltaje de la señal original, debe ser modulada.

Las características de la fibra óptica como medio de transmisión ofrece un gran ancho de banda, baja atenuación y dispersión. Dichas características no han sido utilizadas al máximo y una forma de utilizarlas es a través de este tipo de moduladores.

La potencialidad que ofrece el modulador se ha probado en comunicaciones digitales experimentales, llegando a los valores de modulación de 4 Gbps usando PSK (*phase shift keying*), 4 Gbps con DPSK (*differential phase shift keyed*) y 8 Gbps con QPSK (*quadrature phase shift keyed*)<sup>[46]</sup>.

La implementación de estudios futuros sería hacer pruebas de transmisión de señales digitales usando este modulador y Debido al ancho de banda eléctrico del modulador, este puede recibir varias señales multicanalizadas y usando varios moduladores en paralelo se puede utilizar un Multicanalizador por División de Longitud de Onda (*DWDM Dense Wavelength Division Multiplexing*) con lo cual se aprovecharía el ancho de banda óptico de la fibra óptica. El DWDM no solo se puede utilizar para transmitir señales a diferentes longitudes de onda, sino también se puede usar la misma fibra óptica para transmitir en ambas direcciones con señales de diferente longitud de onda. Este tipo de transmisión sería una forma experimental de mostrar la capacidad de ancho de banda eléctrico del modulador y el ancho de banda óptico de la fibra óptica.

La siguiente figura expresa lo antes mencionado:

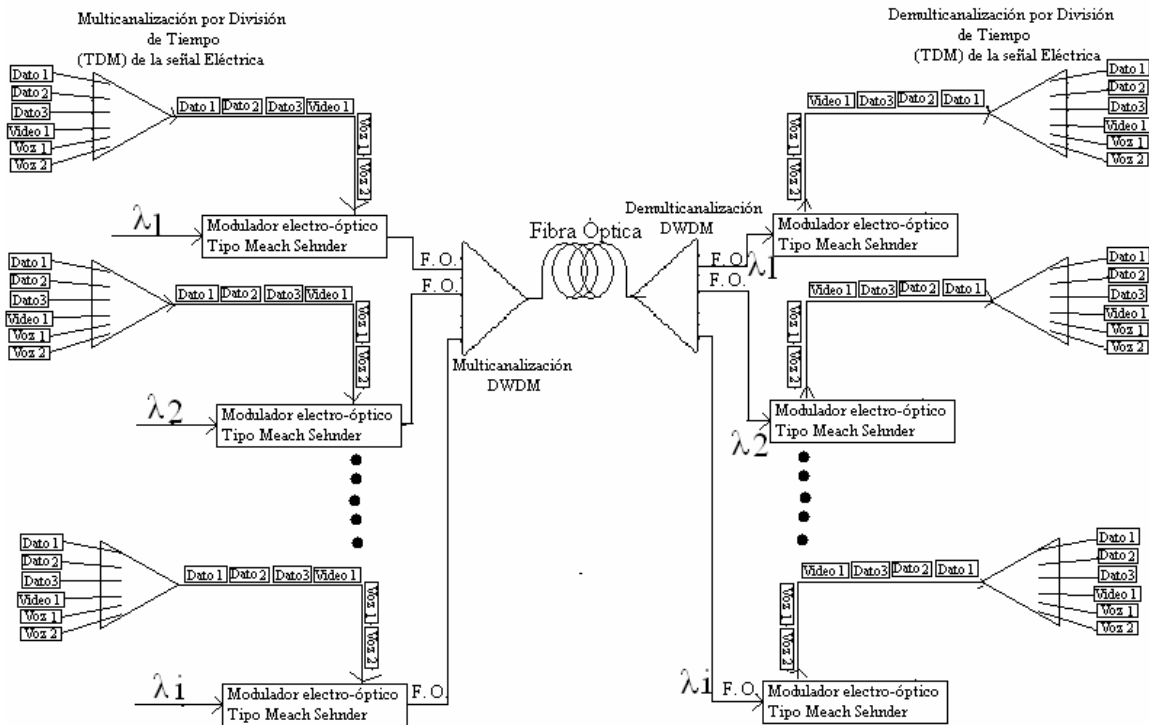


Figura 6.1 Multicanalización de Señal Eléctrica y Multicanalización por División de Longitud de Onda (*DWDM Dense Wavelength Division Multiplexing*)

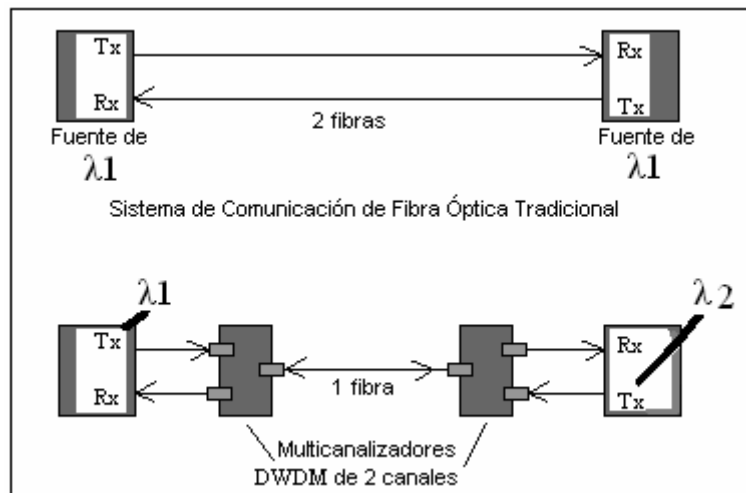


Figura 6.2 Sistemas de Comunicación de Fibra Óptica Tradicional y DWDM