



## TRANSMISIÓN FULL-DUPLEX DE CARACTERES POR UNA SOLA FIBRA ÓPTICA

(Full-Duplex characters transmission over a single optic fiber)

Recibido: 15/07/2015 Aceptado: 10/02/2016

### Bermúdez, Luis

Universidad del Norte, Uninorte, Colombia  
[luisbermudezpapaleo@hotmail.com](mailto:luisbermudezpapaleo@hotmail.com)

### Pinto, Angel

Universidad del Sinú, Unisinú, Colombia  
[anpima1@hotmail.com](mailto:anpima1@hotmail.com)

### Ripoll, Lácides

Universidad del Norte, Uninorte, Colombia  
[lripoll@uninorte.edu.co](mailto:lripoll@uninorte.edu.co)

### RESUMEN

La mayoría de las tecnologías utilizadas en Colombia para comunicaciones sobre fibra óptica no aprovechan al máximo los anchos de banda de la fibra, por utilizar dos fibras para realizar la comunicación. Por tanto, en el presente artículo muestra el desarrollo de un dispositivo óptico usado para la transmisión bidireccional de caracteres por una sola fibra óptica. Para la construcción de estos transceptores ópticos, se utilizó el principio de filtros de interferencia. Estos fueron realizados acoplando combinadores ópticos, LED's y fotorresistencias. Se realizaron pruebas a los transceptores ópticos construidos, obteniendo resultados satisfactorios.

**Palabras claves:** fibra óptica, láser, LED, transmisión bidireccional, WDM.

### ABSTRACT

Most of the technologies used in Colombia for fiber optic communications do not maximize the bandwidth of the optical fiber, by using two fibers for communication. Therefore in this article the development of an optical device used for bidirectional transmission of characters by a single optical fiber shown. The principle of interference filters are used for the construction of these optical transceivers. These were made by coupling optical combiners, LEDs and photo-resistors. The tests were conducted built optical transceivers, obtaining satisfactory results.

**Keywords:** optic fiber, laser, LED, bidirectional transmission, WDM.

### INTRODUCCIÓN

Las fibras ópticas se han utilizado en los últimos años de manera amplia en las telecomunicaciones, debido a que permiten enviar extensas cantidades de datos a una

gran distancia. En Colombia no se aprovecha al máximo las capacidades (ancho de banda) de la fibra óptica, por utilizar dos fibras para realizar la comunicación, tal como lo demuestran Goralski (2001).

Según Sandoval y Roberto (2004) existen diferentes tecnologías para optimizar la transmisión a través de la fibra óptica, entre los cuales se encuentran: transmisión bidireccional de fibra sencilla o WDM (Wavelength Division Multiplexing). Pero por su bajo costo y su sencillez, lo más ventajoso es utilizar transmisiones bidireccionales por una sola fibra óptica, de acuerdo a lo establecido por Monsalve y otros (2004). Con el uso de transmisiones bidireccionales por una fibra óptica, se maximiza la utilización global de los tendidos de fibra; y para implantar esta tecnología en Colombia solo se requeriría de una pequeña adaptación de los equipos. Dicha adaptación permitiría a un muy bajo costo aumentar las capacidades de las redes de fibra óptica instaladas, al aumentar al doble el número de canales disponibles de la red instalada por utilizar solo una fibra óptica por enlace.

En el presente artículo, se hace énfasis a la transmisión bidireccional por una fibra y para tal fin se construyeron dos transceptores ópticos.

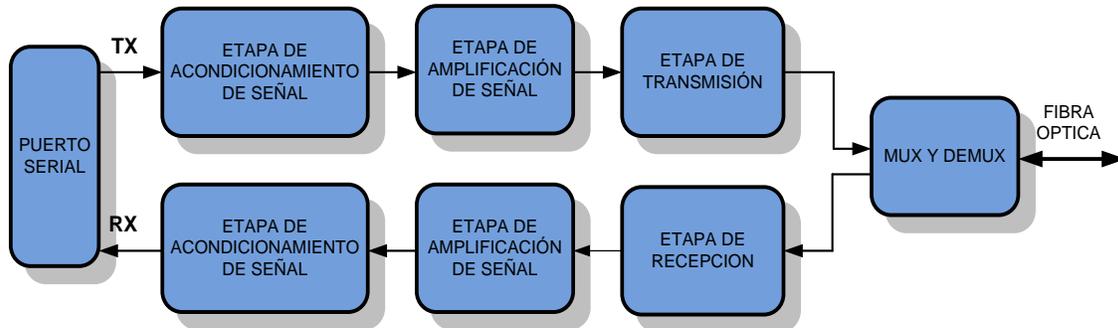
### DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El dispositivo realiza una comunicación entre dos computadoras a través del puerto serial, utilizando el protocolo de comunicación RS-232. Los dos transceptores (tranceivers) ópticos funcionan basados en el método de filtros de interferencia, transmitiendo y recibiendo datos a través de una sola fibra óptica, y deben ser conectados a un computador o a cualquier otro sistema en el cual conste de un conector DB9 hembra según Grann (2004). El dispositivo se encuentra dividido en varias etapas, como se observa en el diagrama de bloques de la Figura 1.

Las etapas en el trayecto de transmisión son: Se genera el dato que se desea transmitir; este dato es convertido a caracteres por el programa hyperterminal, para luego ser enviado a través del puerto serial del computador, con el formato eléctrico RS-232. Esta señal es acondicionada para posteriormente colocarla en un formato entre 0 y 5 voltios, pasando por el LED que convierte las señales eléctricas en haces de luz, siguiendo estas hacia el combinador (beam splitter) donde este retransmite el 50% de su potencia incidente y así ingresar a la fibra óptica, llegando finalmente al otro transceptor (transceiver) óptico.

Las etapas en el trayecto de recepción son: Se recibe de la fibra óptica los haces provenientes del otro transceptor óptico para pasar luego por el combinador (beam splitter) que refleja el haz por encontrarse fuera de su banda de paso y es recibido por la fotorresistencia que lo transforma en señales eléctricas, para llegar a la etapa de acondicionamiento donde la señal es transformada al formato eléctrico RS-232 y transmitida a través del puerto serial hacia el computador, para que el programa hyperterminal los convierta en caracteres, para ser visualizado por el usuario.

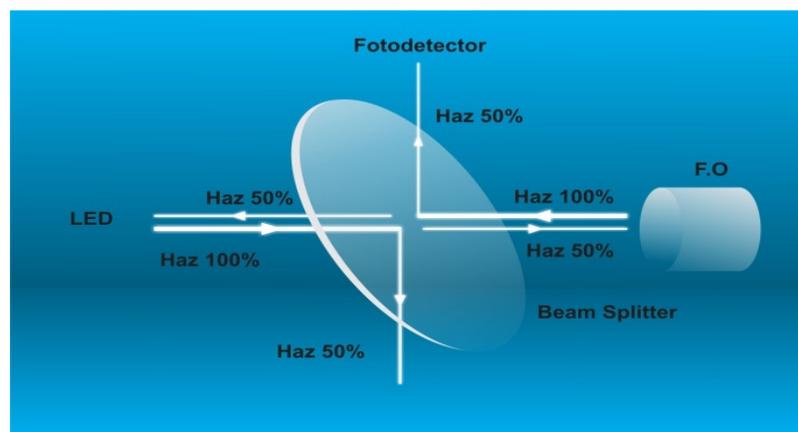
**Figura 1. Diagrama de Bloque del Transceptor Óptico**



**Fuente:** elaboración propia (2015).

El combinador (beam splitter) mostrado en la Figura 2, es el encargado de combinar y separar los haces para la recepción y transmisión. Retransmite el 50% de la potencia incidente, para que sea enviada a través de la fibra óptica. Se refleja el 50% del haz proveniente de la fibra óptica para que llegue al detector. Se construye con un reflector parcial, que es uno de los más económicos del mercado y facilita el diseño del mismo por trabajar con una sola longitud de onda, tal como lo demuestra Bergman (2005). El rango de trabajo del combinador está dado en el espectro de luz visible (50/50), la cual se explica a continuación.

**Figura 2. Funcionamiento beam splitter del reflector parcial**



**Fuente:** elaboración propia (2015).

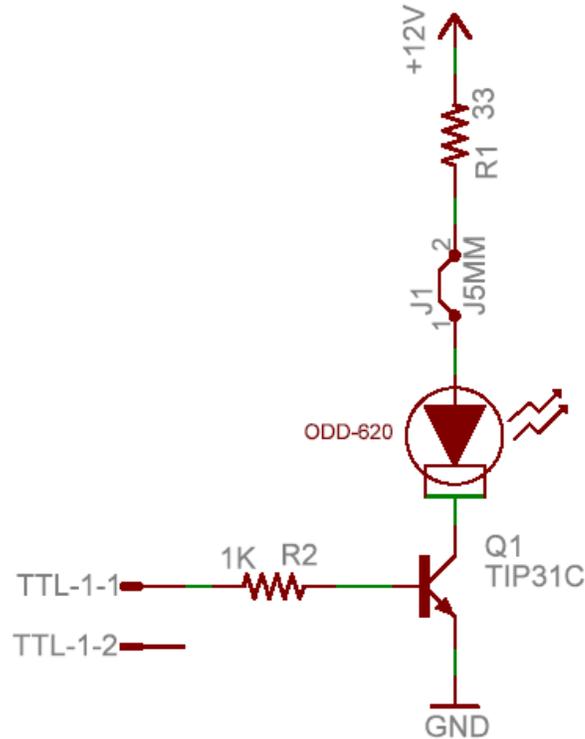
**Reflectores parciales:** Estos se comportan como un espejo semitransparente, dado que transmiten un porcentaje del haz incidente (en términos de potencia) y reflejan el porcentaje restante del mismo haz. Este en particular opera en longitudes de onda visibles al ojo humano.

### ETAPA DE TRANSMISIÓN

En la etapa de transmisión (Figura 3), se utilizaron LED's por la dificultad para encontrar láser adecuados para este dispositivo.

El driver construido convierte señales de voltaje en el rango de 1VDC - 5VDC inyectadas a la base del transistor (provenientes de la etapa de acondicionamiento de señal) en señales de 12VDC en la salida del colector. Este elemento opera en corte y saturación; suministrando al LED una corriente de 300 mA. Por otro lado, el puente tiene como fin medir la corriente que está circulando por el LED, tal como lo describen Salazar y Yandell (2004).

**Figura 3. Esquema de la etapa de transmisión**

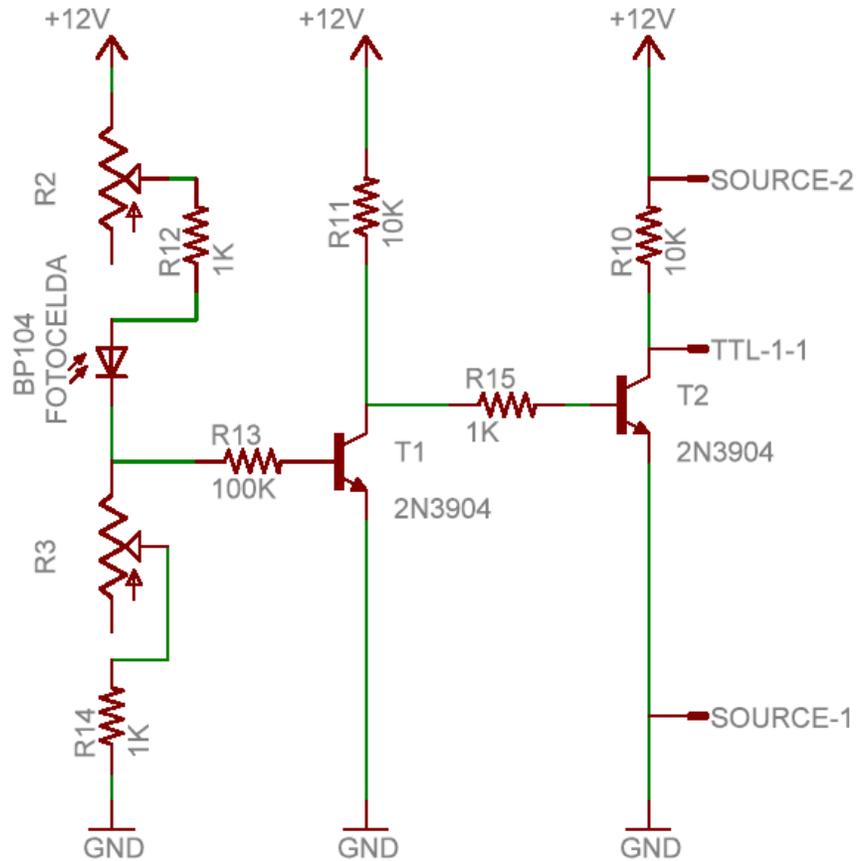


**Fuente:** elaboración propia (2015).

### ETAPA DE RECEPCIÓN

Esta etapa se implementó con dos resistencias variables para ajustar la sensibilidad de la etapa de recepción del transceptor (Ver Figura 4). Esto se hace con el fin de evitar la conmutación a causa de la luz interferente. Las resistencias de 1kΩ fueron usadas para prevenir corto circuito y por tanto proteger la foto resistor; esto mientras se ajusta la sensibilidad, tal como le describen los anteriores autores.

Figura 4. Esquema etapa de recepción

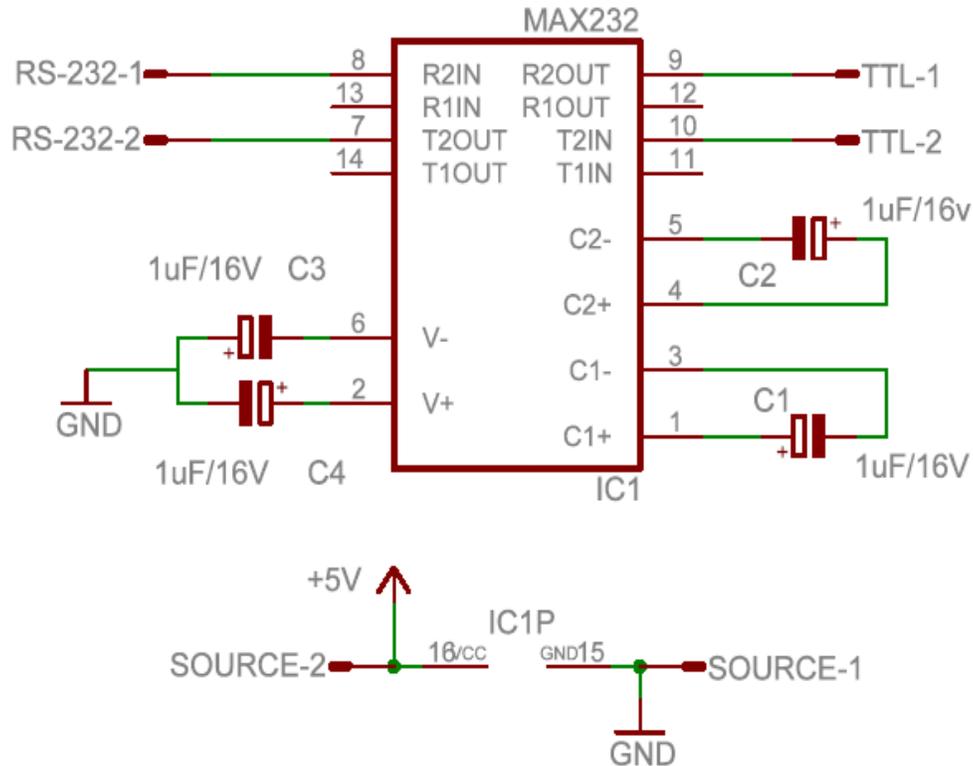


**Fuente:** elaboración propia (2015).

### ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

Fue diseñada con un el circuito integrado MAX-232, que convierte las señales al estándar RS-232 (-3VDC y 3VDC), proveniente del puerto serial del computador compatible con TTL (0VDC y 5VDC) y viceversa. Tal como se ve en la Figura 5.

Figura 5. Esquema etapa de acondicionamiento de señal

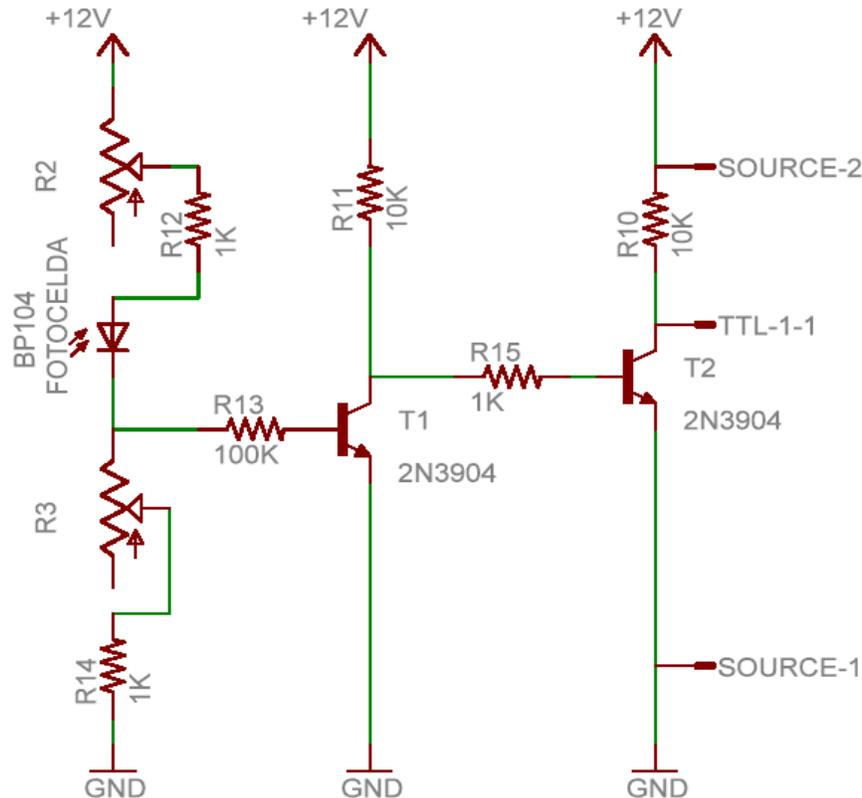


Fuente: elaboración propia (2015).

### ETAPA DE REGULACIÓN DE VOLTAJE

Esta etapa conecta la entrada de alimentación de 12 VDC, tanto a la etapa de transmisión-recepción como también al regulador que se encarga de disminuir el voltaje de 12 VDC a 5 VDC, necesario para alimentar la etapa de acondicionamiento de señal (MAX232). En la Figura 6 se observa un esquema de la etapa de regulación de voltaje.

Figura 6. Esquema de la etapa de regulación de voltaje



Fuente: elaboración propia (2015).

## PRUEBAS Y RESULTADOS

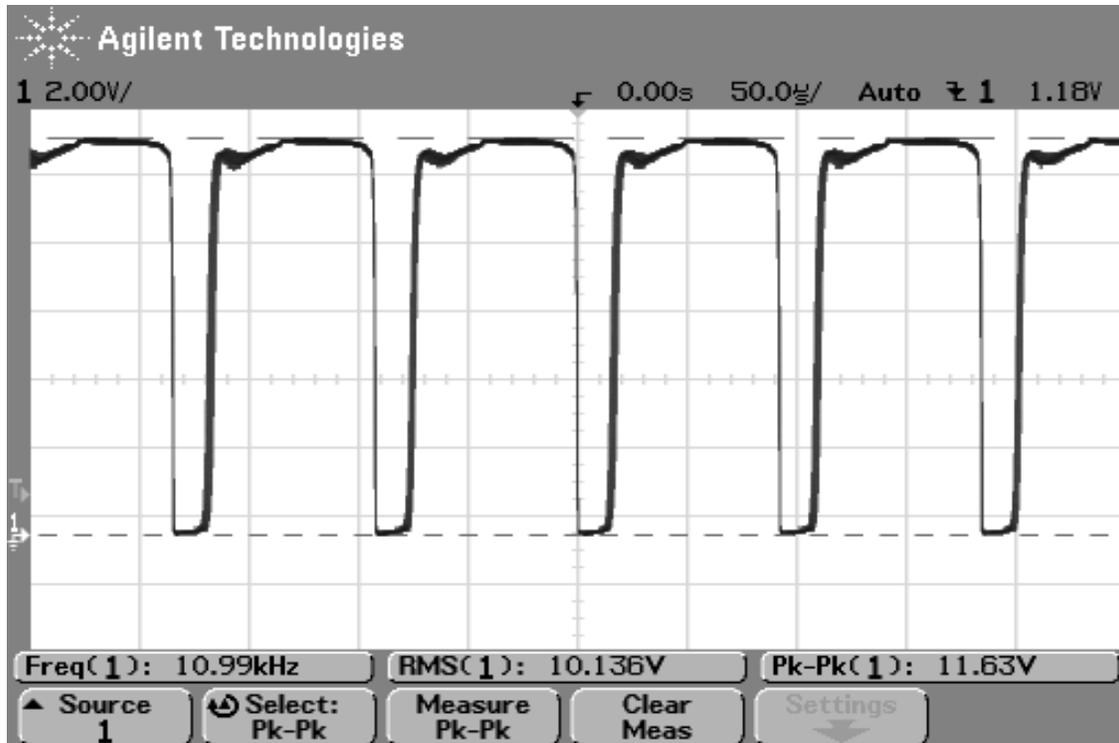
Se realizaron varios tipos de pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo. Primero se efectuaron pruebas independientes a cada uno de los componentes, para luego realizar pruebas con el dispositivo una vez introducidas las señales mediante generadores de ondas; finalmente se hicieron pruebas de transmisión de caracteres, utilizando un software desarrollado para medir los errores.

### PRUEBAS AL DISPOSITIVO COMPLETO

Se conectó uno de los transceptores con la fibra óptica, obteniendo a la salida una potencia de 24.2 dBm (medida con fotómetro) dicha potencia es la que recibirá cada uno de los transceptores ópticos al momento de realizar una transmisión bidireccional.

Posteriormente, se realizaron pruebas que consistían en transmitir señales introducidas con el generador y en un solo sentido; En la Figura 7 se observa la señal de salida en el receptor de uno de los transceptores ópticos, obteniendo una frecuencia máxima de operación de 10.99 kHz.

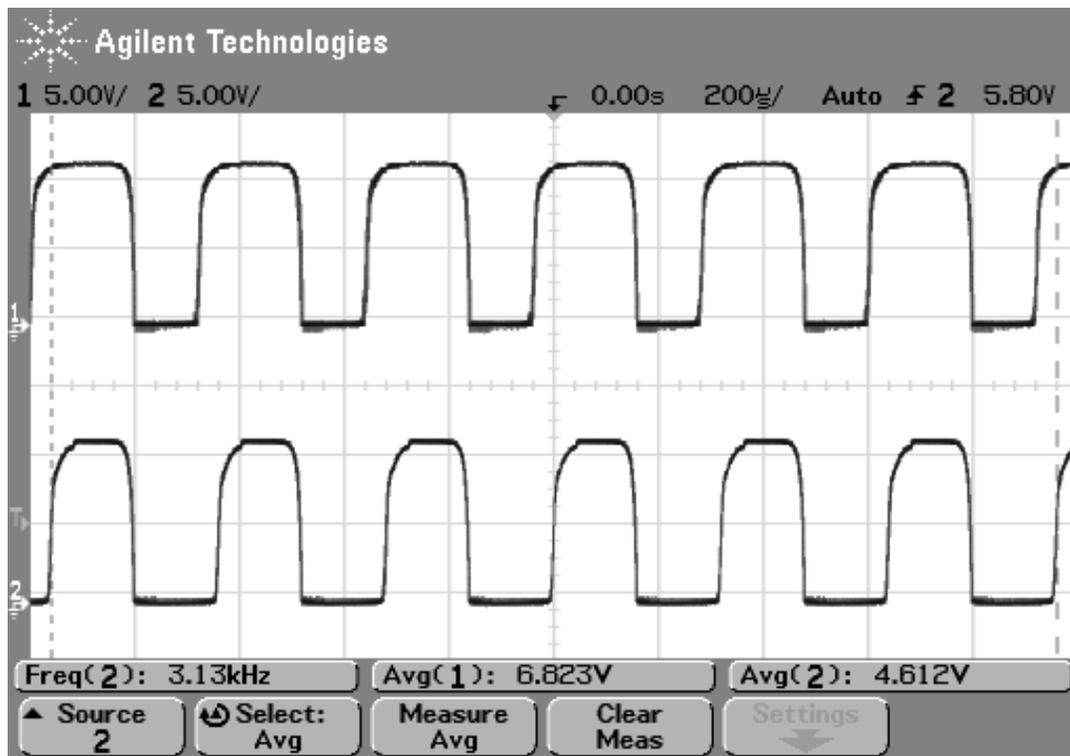
Figura 7. Señal de salida en el receptor a 10.99 kHz



Fuente: elaboración propia (2015).

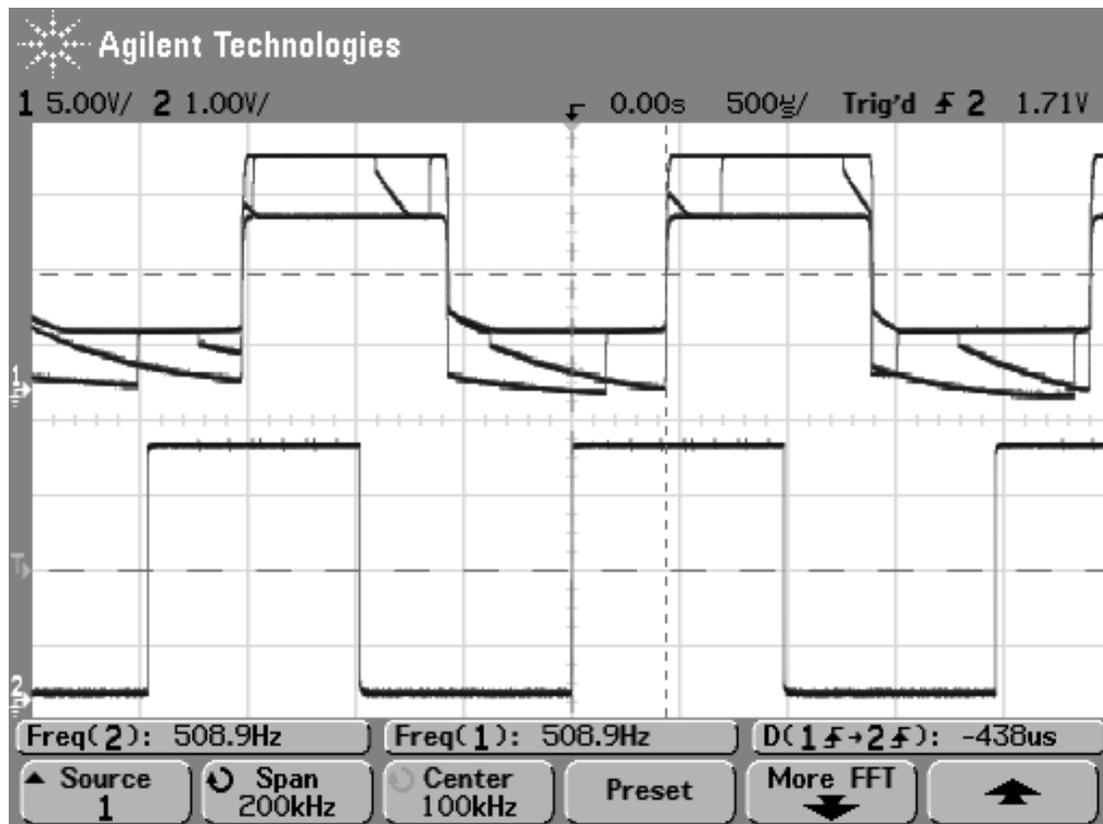
En la Figura 8 se observa la señal de salida en los receptores pero transmitiendo bidireccionalmente. La señal transmitida de 2.94kHz, es la misma para ambos canales. En la Figura 8, se puede notar un desfase entre las dos señales, causado por imperfecciones en la construcción de los dispositivos, así como a diferencias en los valores de conmutación (calibración). La calibración de los mismos modifica el ancho de los pulsos y la forma de la señal.

**Figura 8. Señal de salida en los receptores, transmitiendo bidireccionalmente a 2.94 kHz**



En la Figura 9 se observa la señal de salida comparada con la señal de entrada transmitiendo bidireccionalmente. Las señales transmitidas son introducidas con dos generadores de señales, estas tienen una frecuencia de: 509 Hz la observada (recibida) y 464 Hz la interferente (transmitida). El canal uno es la señal de salida (recibida) y el canal dos es la de entrada (generador).

**Figura 9. Señal de salida comparada con la señal de entrada, transmisión bidireccional (508.9 Hz, 464 Hz)**

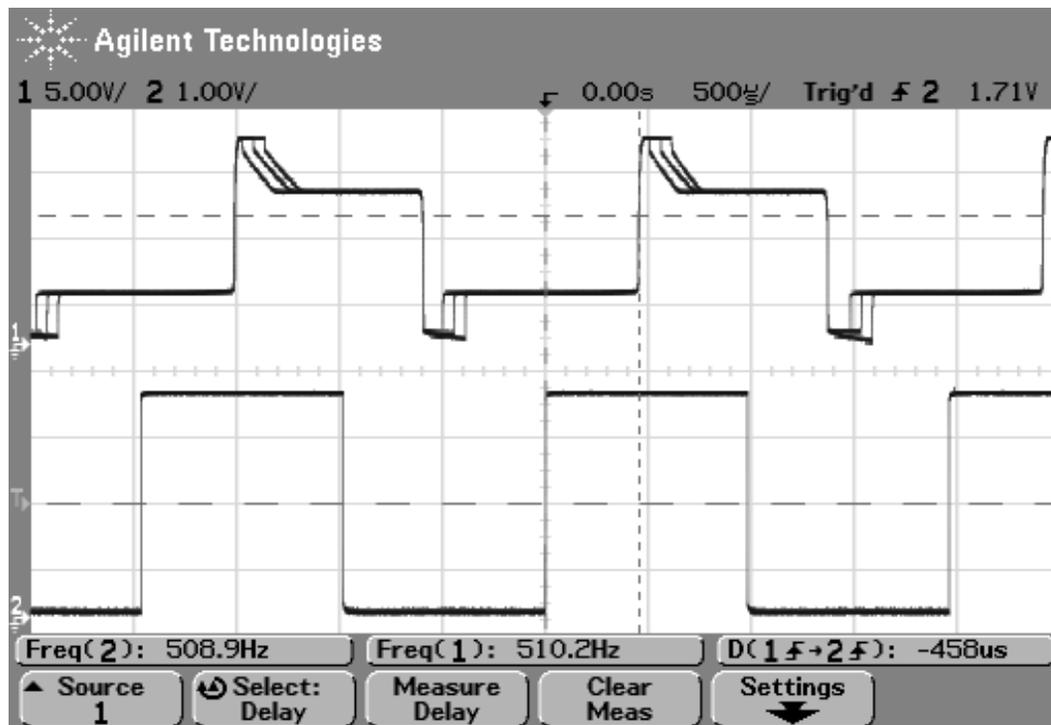


**Fuente:** elaboración propia (2015).

Como se están transmitiendo diferentes señales a través de los dos módulos, los dispositivos muestran una interferencia que puede ser constructiva en algunos instantes de tiempo y en otros destructiva. Esto causa que la señal recibida presente ruido superpuesto. Este ruido es menos crítico que en el caso anterior.

En la Figura 10, el canal uno muestra la señal de salida (recibida) y el canal dos la señal de entrada.

**Figura 10. Señal de Salida Comparada con la Señal de Entrada. Transmisión Bidireccional (508.9 Hz, 506 Hz)**



Fuente: elaboración propia (2015).

## PRUEBAS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE CARACTERES

Se realizaron pruebas monitoreando las señales generadas por el puerto serial del computador, con el fin de observar sus características mediante el software desarrollado. Dentro de los resultados se encontró que el puerto mantiene sus estados en alto. Esta característica ocasiona que en la transmisión unidireccional se obtenga una interferencia constructiva y dependiendo de la representación binaria, algunos caracteres tienen una probabilidad mayor de error que otros.

Se realizaron dos tipos de pruebas con el software desarrollado, una transmitiendo unidireccionalmente y otra transmitiendo bidireccionalmente.

### PRUEBAS UNIDIRECCIONALES

Dentro de las pruebas unidireccionales realizadas, se transmitieron tres veces los caracteres correspondientes al abecedario, adicionalmente se transmitió cinco veces la secuencia de números del cero al nueve (0 al 9), y cuatro veces los símbolos de las operaciones matemáticas (/,\*,-,+); recibiendo los caracteres completamente correctos. En la figura 11 se observa la transmisión de la letra A 512 veces, obteniendo 0% de errores.



## CONCLUSIONES

Se desarrolló un dispositivo óptico para la transmisión bidireccional de caracteres por una sola fibra óptica, usando dispositivos de bajo costo y acoplando combinadores ópticos, LED's, fotorresistencias y otros dispositivos.

Se encontró que para reducir el porcentaje de errores en la transmisión bidireccional es necesario utilizar láser y así evitar inconvenientes, principalmente en la interferencia óptica causada en el combinador (beam splitter). Adicionalmente, se reduciría el número de errores en la transmisión y recepción de los transceptores ópticos ocasionados por la interferencia causada por el LED ubicado en el mismo módulo.

Es conveniente que las señales eléctricas que se van a inyectar al dispositivo, tengan la misma frecuencia, esto para obtener resultados satisfactorios al transmitirlos bidireccionalmente por la fibra óptica. De esta forma, se demuestra que es posible operar a la misma longitud de onda; dado que, los módulos construidos utilizan las mismas longitudes de onda tanto para recibir como para transmitir.

Se encontró que la transmisión de caracteres en doble vía por una sola fibra óptica es eficiente en términos de optimización del medio; sin embargo, debido a las pérdidas de inserción es ineficiente en términos de potencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bergman, D. (2005). IPC Standardization Issues for Cost Effective Optoelectronic Packaging. Documento en línea. Disponible en: <http://www.ipc.org/ContentPage.aspx?pageid=Standards>. Consulta: 20/05/2015.
- Goralski, W. (2001). Optical Networking and WDM. España. Editorial McGraw Hill.
- Grann, E. (2004). Transceivers Ópticos de bajo Coste para CWDM. Estados Unidos. Blaze Network Products Inc.
- Monsalve, D. y Rodríguez, L. (2004). Implementación de un sistema didáctico de transmisión de voz por fibra óptica usando WDM. Trabajo de Grado de Ingeniera eléctrica. Universidad del Valle.
- Salazar, Y. (2004). Free Space Optics: Una Solución Alternativa. Trabajo de Grado de Ingeniera eléctrica. Universidad de Costa Rica.
- Sandoval, S.; Roberto, J. (2004). Sistemas de Multiplexación CWDM: actualidad, ventajas y desventajas frente a otros sistemas de multiplexación y tendencias. Trabajo de Grado de Ingeniera eléctrica. Universidad de Costa Rica.