



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**  
**PERÍODO ACADÉMICO: OCTUBRE 2023 - MARZO 2024**

Cdla. Universitaria (Predios Huachi) / Casilla 334 / Telefax: 03-2851894 – 2411537, Correo Electrónico: carrera.industrial@uta.ec  
AMBATO-ECUADOR



**PROYECTO FINAL**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

“Proyecto Académico de Fin de Semestre: OCTUBRE 2023 - MARZO 2024”

Título: Sistema óptico inalámbrico

Carrera: Ingeniería en Telecomunicaciones

Unidad de Organización Curricular: Profesional

Línea de Investigación: Nanotecnología

Nivel y Paralelo: Séptimo “A”

Alumnos participantes:

Aldaz Saca Fabricio Javier

Balseca Castro Josué Guillermo

Chimba Amaya Cristian Orlando

Ibarra Rojano Gilber Andres

León Armijo Jean Carlos

Sivinta Almachi Jhon Richard

Telenchana Tenelema Alex Roger

Toapanta Gualpa Edwin Paul

Módulo y Docente: Comunicaciones Ópticas Ing. Juan Pablo Pallo



## **I. INFORME DEL PROYECTO**

### **II. OBJETIVOS**

#### **1. OBJETIVO GENERAL**

- Implementar un sistema óptico inalámbrico para tx de audio, datos e imágenes a una distancia hasta 5 metros.

#### **2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar los tipos de comunicación óptica en las que se pueda emitir información por medio de un láser emisor.
- Implementar los circuitos tanto emisor y receptor para transmitir texto, audio e imágenes.
- Verificar el funcionamiento del transmisor y receptor óptico mediante distintas pruebas.

### **III. INTRODUCCIÓN**

Las comunicaciones inalámbricas han cambiado la forma en que nos conectamos y entregamos mensajes en la sociedad actual. uno de los más avanzados en este campo los sistemas ópticos inalámbricos son los más destacados, la tecnología que se utiliza transfiera datos de forma rápida y eficiente sin utilizar cables físicos. En los sistemas ópticos inalámbricos se han convertido en una prometedora solución para superar este problema limitaciones de los sistemas de comunicación tradicionales. El sistema utiliza luz.

La luz visible, la luz infrarroja o la luz ultravioleta transmiten señales de datos de alta velocidad a través del espacio libre. La importancia de esta tecnología radica en su capacidad ofrece una amplia gama de aplicaciones, desde comunicaciones de alta velocidad hasta diversos campos. Velocidades interiores para comunicaciones de larga distancia. uno de ellos la principal ventaja de los sistemas ópticos inalámbricos es su alta capacidad de transmisión.

Transferencia de datos. Utilizando la luz como medio de transmisión, esto se puede lograr.



Velocidad de transmisión súper rápida, mucha más tecnología inalámbrica tradicional. Además, esta tecnología proporciona mayor seguridad porque la luz no atraviesa paredes ni obstáculos sólidos, reduciendo potencial de interferencias no deseadas o interceptación de datos. también, los sistemas ópticos inalámbricos proporcionan una mayor eficiencia energética en comparación con los sistemas ópticos tradicionales otras tecnologías inalámbricas. El uso de la luz como fuente de transmisión requiere esto por tanto, la transmisión de datos a largas distancias requiere menos energía.

#### **IV. RESUMEN**

El presente trabajo describe el progreso del sistema de transmisión de audio a través del uso de tecnología infrarroja. Se proporciona la información necesaria para analizar los resultados obtenidos, los cuales validan el trabajo realizado. La señal de audio se recibe a través de un micrófono y se procesa mediante una etapa de preamplificación para obtener una amplitud adecuada que permita su posterior tratamiento y transmisión. La señal amplificada se modula y envía mediante un transmisor infrarrojo, siendo recibida por un receptor infrarrojo. A continuación, pasa por varias etapas de reconstrucción de la señal para extraer el sonido de la onda cuadrada. En primer lugar, la señal atraviesa un filtro de paso alto para reducir las interferencias de baja frecuencia y recibe una amplificación que ayuda a preservar la información que contiene. A continuación, se somete la señal a un limitador y, justo después, a un circuito detector de umbral para llevar a cabo la etapa de demodulación. Para ello, se utiliza un filtro de paso bajo para eliminar el tren de alta frecuencia y reconstruir la señal originalmente emitida. Este circuito permite desmodular la señal, además de agregar un bloque de corriente continua para eliminar el nivel asociado a la señal de interés. Por último, la señal de interés está lista para ser reproducida a través de un altavoz, marcando la finalización de todas las etapas del proceso.

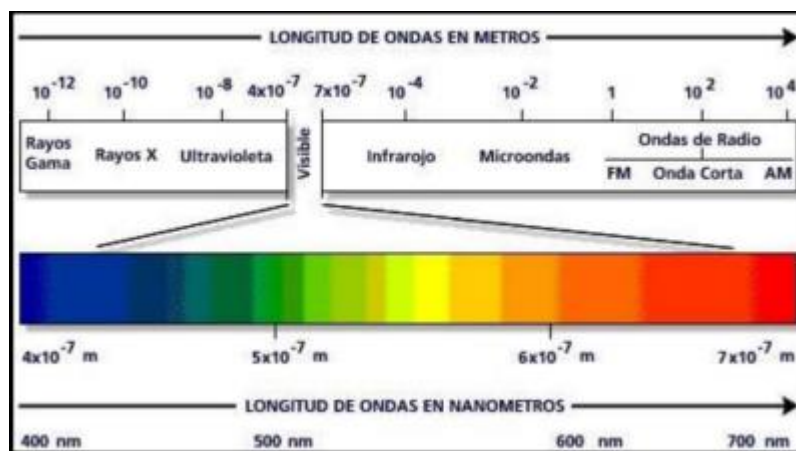
#### **I. ABSTRACT**

This document describes the progress of the audio transmission system using infrared technology. It provides the information necessary to analyse the results obtained, which validate the work carried out. The audio signal is received through a microphone and processed by means of a pre-amplification stage to obtain a suitable amplitude for

subsequent processing and transmission. The amplified signal is modulated and sent by an infrared transmitter and received by an infrared receiver. It then goes through several stages of signal reconstruction to extract the sound from the square wave. First, the signal passes through a high-pass filter to reduce low-frequency interference and is amplified to help preserve the information it contains. The signal is then subjected to a limiter and, immediately afterwards, to a threshold detector circuit to carry out the demodulation stage. For this, a low-pass filter is used to remove the high-frequency train and reconstruct the originally emitted signal. This circuit allows the signal to be demodulated, in addition to adding a DC block to remove the level associated with the signal of interest. Finally, the signal of interest is ready to be played through a loudspeaker, marking the completion of all stages of the process.

## II. MARCO TEÓRICO

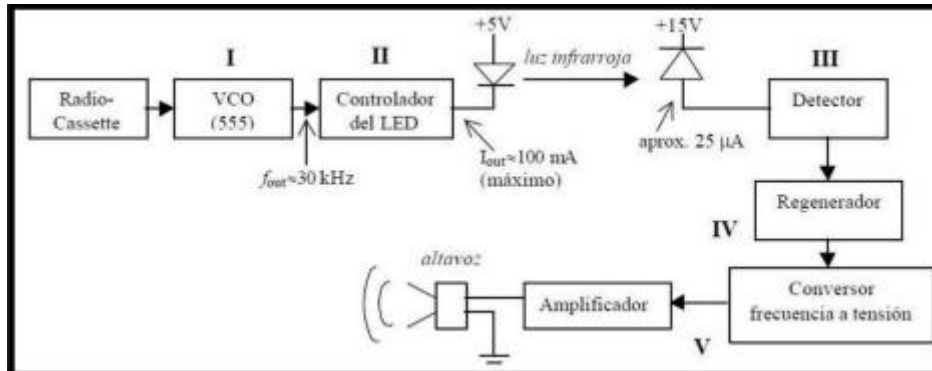
El circuito del emisor infrarrojo tiene la capacidad de enviar una señal utilizando ondas del espectro infrarrojo. En este contexto específico, se envía una señal de frecuencia que debe ser transmitida a un receptor infrarrojo cercano. Las ondas infrarrojas forman parte del espectro electromagnético y abarcan un rango que va desde los 700 nm hasta los 1000 nm, como se ilustra en la ilustración 1, conocido como el espectro electromagnético. [1]



*Ilustración 1 espectro electromagnético*

La ilustración 3 muestra la configuración del circuito del emisor infrarrojo que se utilizará. Este circuito se compone de un multivibrador, un amplificador en modo

seguidor de tensión y un emisor infrarrojo. A través del multivibrador se generará la señal de frecuencia necesaria. El transistor en el circuito opera en los estados de corte y saturación para conectar y desconectar el circuito del diodo a tierra, dependiendo de la frecuencia de la señal aplicada a su base. Esto permite controlar la transmisión de la señal infrarroja de manera adecuada. [1]



*Ilustración 2 Diagrama de bloques*

Los multivibradores se pueden dividir en dos clases:

- **Funcionamiento continuo:** también conocido como "astables", se refiere a aquellos circuitos que no mantienen un estado estable, sino que oscilan entre dos estados semiestables. Estos circuitos generan ondas utilizando su propia alimentación, por lo que no requieren de ningún pulso de activación externo.
- **Funcionamiento impulsado:** requieren de un impulso de entrada o disparo para activarse. Existen dos tipos principales: los biestables y los monoestables. Los biestables pueden mantener dos estados estables y se alternan entre ellos cuando reciben el impulso de entrada adecuado. Por otro lado, los monoestables tienen un estado estable y se activan temporalmente cuando reciben el impulso de entrada correspondiente, volviendo luego a su estado estable inicial. [2]

La etapa siguiente consiste en un amplificador operacional en modo seguidor de tensión, que tiene la función de lograr un acoplamiento de impedancias. Esto permite que la etapa subsiguiente se alimente de corriente mientras recibe los mismos niveles de tensión proporcionados por el oscilador. Para esta tarea, se empleará el amplificador unipolar LM358, el cual presenta ciertas ventajas en comparación con otros amplificadores comerciales. Como su nombre indica, solo requiere una alimentación de tensión positiva. Además, cuenta con una alta corriente de salida,



típicamente 30 mA, lo cual es adecuado para suministrar energía a la siguiente etapa que incluye el transistor con el emisor infrarrojo. [3]

Receptor infrarrojo. La etapa siguiente del sistema está compuesta por un fototransistor y un amplificador de señal. Un fototransistor es un dispositivo similar a un transistor convencional, pero su polarización depende de la detección de luz. En este caso, se empleará un fototransistor infrarrojo. Cuando los fotones de luz infrarroja inciden en el fototransistor, generan un movimiento de electrones, lo que provoca un flujo de corriente y, por lo tanto, una conductividad eléctrica. El fototransistor infrarrojo más común y utilizado en este experimento es el modelo Radio Shack 276-142. [4]

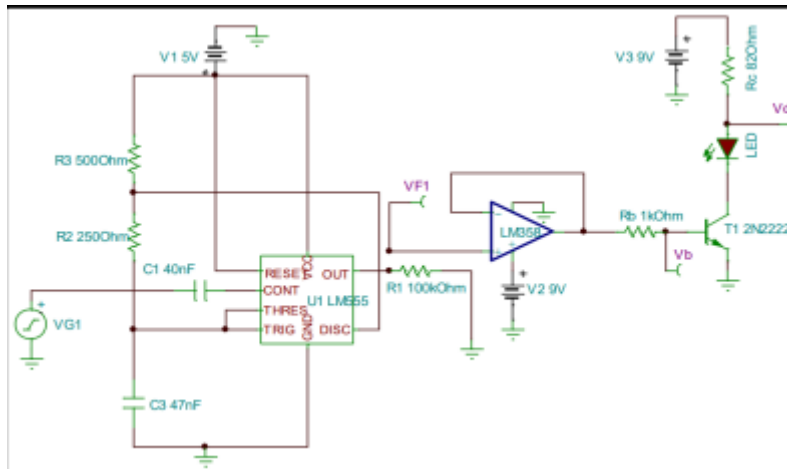
### **Detalles Importantes en la frecuencia modulada:**

Para poder llevar a cabo un transmisor en FM se deben de tener claros algunos conceptos, los cuales se definirán a continuación. [5]

### **Radio difusión**

Este conjunto de dispositivos se utiliza para transmitir voz y música a larga distancia, permitiendo así que sean accesibles para múltiples personas simultáneamente. Para lograrlo, es necesario realizar transformaciones de las ondas de sonido en otro tipo de oscilaciones. Estas señales eléctricas se utilizan como medio de transporte y luego se amplifican para convertirlas en ondas con frecuencias audibles. [5]

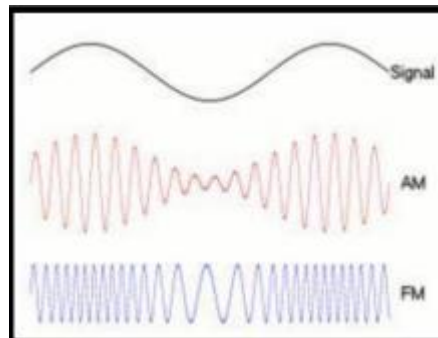
Las ondas sonoras se transforman en corriente alterna mediante un transductor electroacústico, conocido como micrófono. A continuación, esta corriente alterna se modula para transportar la información a través de una onda portadora, que se emite como ondas electromagnéticas desde una antena emisora. Finalmente, las ondas electromagnéticas se convierten nuevamente en corriente alterna y se transforman en ondas audibles mediante un altavoz. [5]



*Ilustración 3 Circuito emisor laser*

Modulación Las señales de banda base, generadas por diferentes fuentes de información, no son adecuadas para una transmisión directa debido a que, con frecuencias bajas, el tamaño de las antenas necesarias sería desproporcionado. Según la teoría electromagnética, la radiación eficiente se logra cuando la antena radiadora tiene al menos  $1/10$  de la longitud de onda de la señal que se desea transmitir. Bajo estas condiciones, para transmitir una señal de 1000 Hz directamente, se requeriría una antena de aproximadamente 30 km. Por esta razón, a menudo es necesario modificar las señales para facilitar su transmisión. Esta modificación se conoce como modulación y consiste en variar un parámetro de la señal portadora de alta frecuencia en función de la señal de banda base. La modulación puede ser analógica o digital. En este experimento, se utilizará una modulación analógica, ya que se emplea una señal portadora continua. El proceso de modulación es reversible, lo que significa que la información de la banda base se puede recuperar en un receptor mediante el proceso inverso, conocido como demodulación. Sin embargo, en el caso del transmisor propuesto para FM, no se diseñará la parte de demodulación debido a su complejidad. En su lugar, se utilizará un receptor de radio comercial (como una radiograbadora o un teléfono celular, entre otros) para recibir la señal modulada. [6]





*Ilustración 4 modulación en frecuencia*

### **Frecuencia modulada**

La modulación se realiza al modificar la frecuencia de la onda portadora de manera proporcional a la amplitud de la señal que se está modulando. Es importante destacar que la amplitud de la portadora no cambia, lo que mejora la relación señal-ruido y reduce los problemas asociados con la amplificación del ruido. [7]

Es un circuito utilizado para generar una frecuencia específica y también se conoce como circuito tanque LC. El funcionamiento de este tipo de circuito implica el intercambio de energía entre la energía cinética y potencial. Una vez que se aplica corriente al circuito mostrado en la Figura 3, se produce un intercambio de energía entre el inductor y el capacitor. Como resultado, se genera un voltaje de salida alterno con una frecuencia determinada. Esa frecuencia es conocida como la frecuencia de resonancia de la red LC en paralelo y se puede calcular utilizando la fórmula siguiente. [7]

La fórmula mencionada calcula la frecuencia en la cual el circuito transmitirá la información, es decir, la frecuencia de la onda portadora. Sin embargo, obtener los valores tan pequeños de capacitancia e inductancia resulta desafiante, dado que las frecuencias de demodulación de los radios comerciales suelen estar en el rango de 88 MHz a 107 MHz. En el caso del transmisor, se establece un valor de inductancia y luego se ajusta el valor del capacitor hasta alcanzar la frecuencia deseada. Esto implica un proceso de prueba y error para encontrar la combinación adecuada de inductancia y capacitancia que permita obtener la frecuencia deseada para la transmisión. [7]

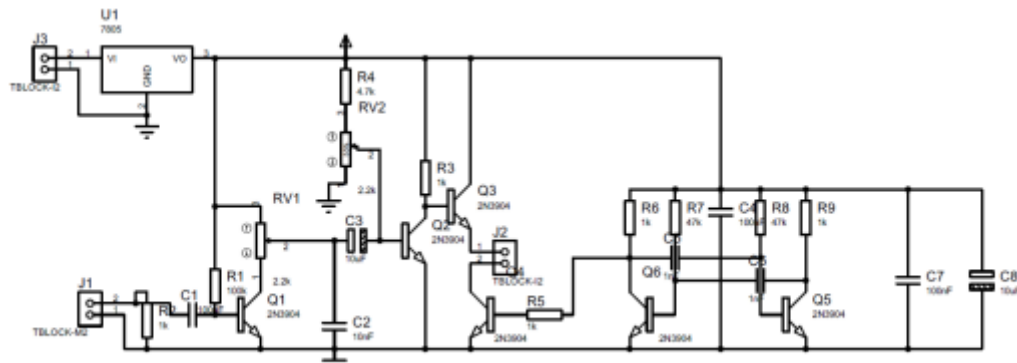


### III. LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y METODOLOGIA

#### MATERIALES

- 1 x 100R resistor 1 x IR LED
- Osciloscopio, multímetro. 2 x 100uF capacitor
- wire, solder, soldering-iron 1 x 10pF capacitor
- 1 x optic fiber 1 x LM386
- 1 x speaker 1 x Phototransistor
- 1 x 620K resistor 1 x 4.7uF capacitor
- 1 x 220nF capacitor 1 x S8050
- 1 x 100nF capacitor

#### METODOLOGIA



*Ilustración 6 Circuito emisor*

El valor de la resistencia limitadora se obtiene:

$$R_1 = \frac{V_{R1}}{I_{DS}} = \frac{V_{CC} - V_{DS}}{I_{DS}} ; R_1 = \frac{V_{R1}}{I_{DS}} = \frac{9-4}{0,5 \times 10^{-3}} = 10k\Omega$$

La ganancia del amplificador viene dada por la siguiente ecuación:



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**  
**PERÍODO ACADÉMICO: OCTUBRE 2023 - MARZO 2024**

Cda. Universitaria (Predios Huachi) / Casilla 334 / Telefax: 03-2851894 – 2411537, Correo Electrónico: carrera.industrial@uta.ec  
AMBATO-ECUADOR



$$G_1 = \frac{V_{o1}}{V_{o2}} = 1 + \frac{R_5}{R_4} = 1 + \frac{220k\Omega}{470\Omega} = 469$$

Para realizar la modulación de la señal de audio es necesario diseñar un multivibrador utilizando un LM555. La frecuencia de salida de un LM555 en operación astable viene dada por la fórmula:

$$f = \frac{1,44}{(Ra+2Rb)*C}$$
$$f = \frac{1,44}{(500 + 2 * 250) * 47nF}$$
$$f = 30638Hz.$$

Donde efectivamente,  $f=1/32.8\mu s = 30487Hz$ , cercano al valor deseado de 30kHz que se deseaba.

Para calcular las resistencias de la base del transistor ( $R_b$ ) y la limitadora de corriente del LED ( $R_c$ ), se procede de la siguiente manera. Analizando el circuito propuesto para el emisor infrarrojo, aplicando mallas y con los datos de las hojas del fabricante, se tiene que:

Para el transistor:

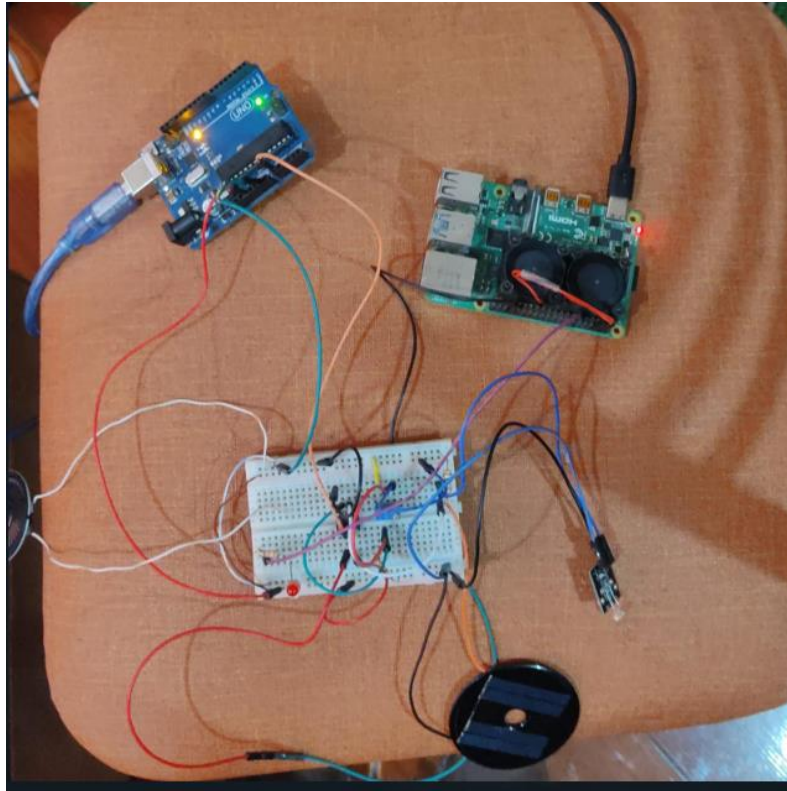
$$V_o - I_b * R_b - V_{be} = 0$$
$$7,6 - \frac{0,8}{100} * R_b - 0,6 = 0$$
$$\Rightarrow R_b = 875\Omega$$

Para el led:s

$$9 - I_c * R_c - 1,2 - V_{ce} = 0$$



#### IV. RESULTADOS

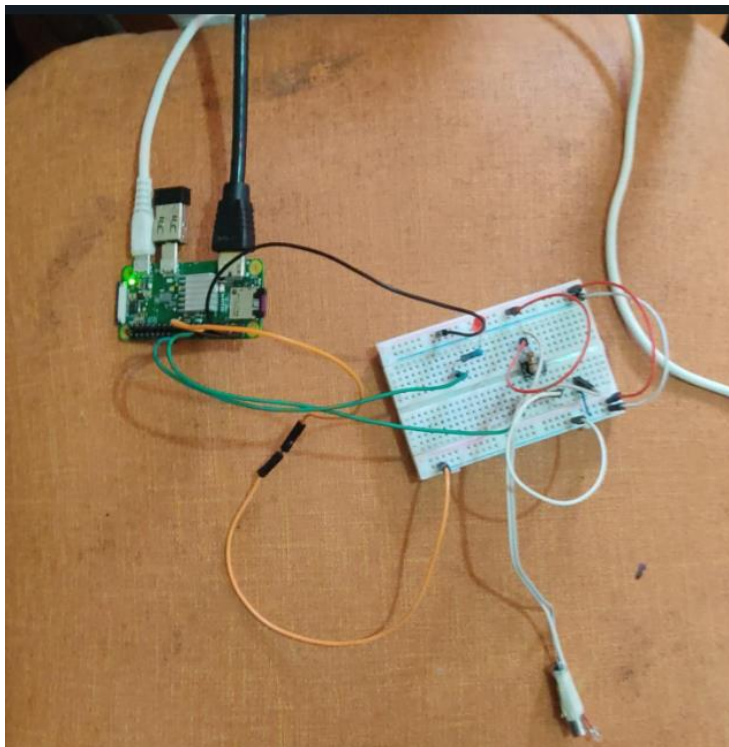


*Ilustración 7 prototipo emisor laser*

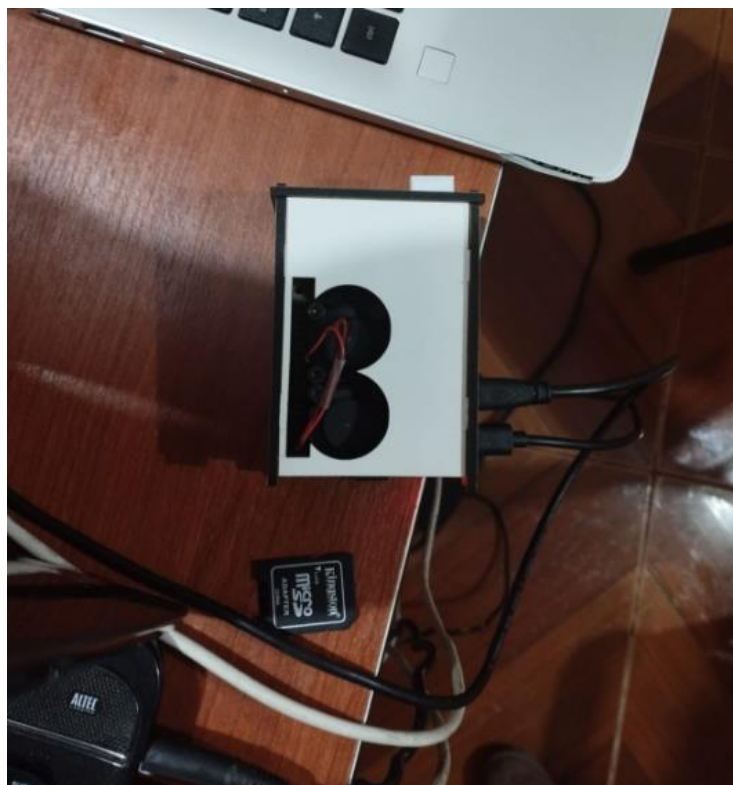


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**  
**PERÍODO ACADÉMICO: OCTUBRE 2023 - MARZO 2024**

Cdla. Universitaria (Predios Huachi) / Casilla 334 / Telefax: 03-2851894 – 2411537, Correo Electrónico: carrera.industrial@uta.ec  
AMBATO-ECUADOR



*Ilustración 8 receptor laser*

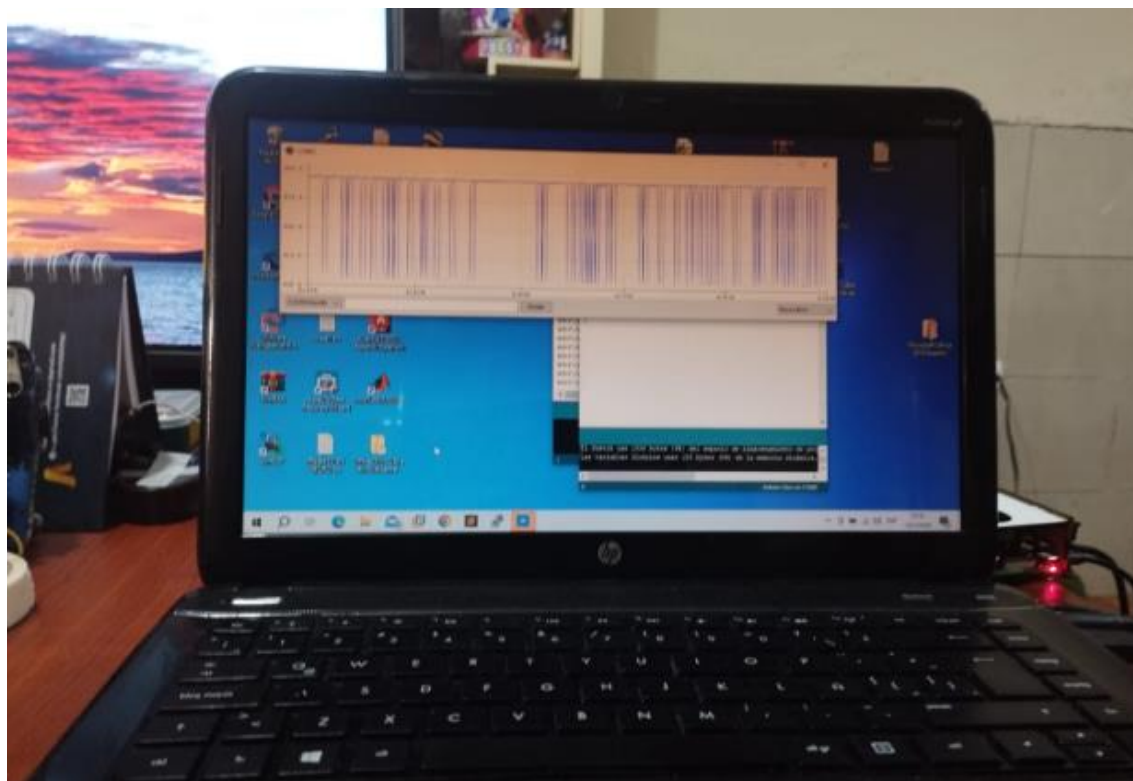


*Ilustración 9 emisor laser*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**  
**PERÍODO ACADÉMICO: OCTUBRE 2023 - MARZO 2024**

Cda. Universitaria (Predios Huachi) / Casilla 334 / Telefax: 03-2851894 – 2411537, Correo Electrónico: carrera.industrial@uta.ec  
AMBATO-ECUADOR



*Ilustración 10 señal de transmisor*





*Ilustración 11 señal del receptor*

## **v. CONCLUSIONES.**

- Se implementó el sistema FSO para la comunicación entre el transmisor y receptor mediante raspberry en ambos lados.
- Para la implementación de los circuitos se tomó muy en cuenta circuitos ya implementados para poder modificarlos y adaptarlos a nuestro sistema.
- Se toma en cuenta que la distancia máxima a transmitir es de 5m, ya que a mayor distancia el sistema óptico tiene varias fallas y ya no transmite eficientemente.

## **vi. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda comprender mejor cómo funcionan los diferentes tipos de modulación digital y realizar experimentos con un programa que genere señales moduladas para lo cual se utilizó Multisim, Proteus, Python. Estos experimentos pueden ayudar a comprender los efectos de los diferentes parámetros de modulación en la calidad de la señal transmitida.



- Se recomienda utilizar módulos laser potentes para la transmisión y recepción, ya que estos laser tienden a perder información a distancias muy largas y la eficiencia del sistema falla.
- La utilización de las raspberry ayuda de gran manera a la comunicación, ya que al utilizar tanto Arduino estos no son tan efectivos y tienden a cometer errores en la comunicación.

## VII. FE DE ERRATAS

Existieron inconvenientes al momento de transmitir imágenes y texto, ya que el texto tiene mucho retardo y en los audios estos llegaban de manera distorsionada, pero con el uso de un laser mas potente y un rediseño de los circuitos funciono de mejor manera.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

[1 KeepCoding, 4 12 2023. [En línea]. Available: <https://keepcoding.io/blog/que-es-tkinter/#:~:text=Tkinter%20es%20una%20librer%C3%ADa%20del,Python%20para%20interactuar%20con%20Tk..> [Último acceso: 15 01 2024].

[2 C. Python, 17 09 17. [En línea]. Available: <https://codigospython.com/procesamiento-de-imagenes-con-pillow-pil-en-python/#:~:text=Pillow%2C%20que%20anteriormente%20se%20conoc%C3%ADa,procesamiento%20de%20im%C3%A1genes%20en%20Python..> [Último acceso: 15 01 2024].

[3 Tutz, 15 03 2022. [En línea]. Available: <https://tutz.tv/python/os>. [Último acceso: 15 01 2024].

[4 Escribecodigo, 22 10 2019. [En línea]. Available: <https://www.escribecodigo.com/sockets-en-python/#:~:text=Socket%20es%20un%20m%C3%B3dulo%20est%C3%A1ndar,podremos%20usar%20el%20m%C3%B3dulo%20socketserver..> [Último acceso: 15 01 2024].

[5 A. c. Alf, 20 10 2020. [En línea]. Available: <https://aprendeconalf.es/docencia/python/manual/numpy/>. [Último acceso: 15 01 2024].

[6 A. c. Alf, 4 10 2020. [En línea]. Available: <https://aprendeconalf.es/docencia/python/manual/matplotlib/#:~:text=Matplotlib%20es%20una%20librer%C3%ADa%20de,Diagramas%20de%20barras.> [Último acceso: 15 01 2024].





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**  
**PERÍODO ACADÉMICO: OCTUBRE 2023 - MARZO 2024**

Cdla. Universitaria (Predios Huachi) / Casilla 334 / Telefax: 03-2851894 – 2411537, Correo Electrónico: carrera.industrial@uta.ec  
AMBATO-ECUADOR



[7 Python3, 17 08 2019. [En línea]. Available: <https://rico-schmidt.name/pymotw-3/base64/index.html#:~:text=El%20m%C3%B3dulo%20base64%20contiene%20funciones,utilizando%20protocolos%20de%20texto%20plano..> [Último acceso: 15 01 2024].

[8 inLinkedin, 3 05 2023. [En línea]. Available: <https://es.linkedin.com/pulse/scipy-el-aliado-de-un-matem%C3%A1tico-luis-alberto-oraa-garcia#:~:text=SciPy%20es%20una%20librer%C3%ADa%20de,tareas%20cient%C3%ADficas%20y%20de%20ingenier%C3%ADa..> [Último acceso: 15 01 2024].

[9 M. Python, 30 09 2023. [En línea]. Available: <https://codigospython.com/edicion-y-creacion-de-videos-con-moviepy-en-python/#:~:text=MoviePy%20es%20una%20biblioteca%20de,para%20Windows%2C%20macOS%20y%20Linux..> [Último acceso: 15 01 2024].

[1 I. d. Python, 02 12 2021. [En línea]. Available: [https://docs.python.org/es/3/library/tkinter.html#:~:text=El%20paquete%20tkinter%20\(%20C2%ABinterfaz%20Tk,%2C%20es%20mantenido%20por%20ActiveState\)..](https://docs.python.org/es/3/library/tkinter.html#:~:text=El%20paquete%20tkinter%20(%20C2%ABinterfaz%20Tk,%2C%20es%20mantenido%20por%20ActiveState)..) [Último acceso: 15 01 2024].

[1 I. d. Python, 14 03 2022. [En línea]. Available: [https://docs.python.org/es/3/library/tkinter.html#:~:text=El%20nuevo%20tema%20Tk%20\(Ttk,ttk%20..](https://docs.python.org/es/3/library/tkinter.html#:~:text=El%20nuevo%20tema%20Tk%20(Ttk,ttk%20..) [Último acceso: 15 01 2024].

[1 P. Docs, 06 08 2021. [En línea]. Available: [https://docs.python.org/es/3/library/textwrap.html#:~:text=wrap\(text\)&text=%C2%B6-Envuelve%20el%20p%C3%A1rrafo%20individual%20en%20text%20\(una%20cadena\)%20para%20que,sin%20las%20nuevas%20l%C3%ADneas%20finales..](https://docs.python.org/es/3/library/textwrap.html#:~:text=wrap(text)&text=%C2%B6-Envuelve%20el%20p%C3%A1rrafo%20individual%20en%20text%20(una%20cadena)%20para%20que,sin%20las%20nuevas%20l%C3%ADneas%20finales..) [Último acceso: 15 01 2024].

[1 E. p. Chapuzas, 02 12 2023. [En línea]. Available: <https://programacionpython80889555.wordpress.com/2020/10/22/reproduccion-y-grabacion-asincronica-de-audio-en-python-con-sounddevice-y-soundfile/>. [Último acceso: 15 01 2024].

[1 «Tipos de antenas, características y funcionamiento.» [En línea]. Available: <https://www.onulec.com/tipos-de-antenas-caracteristicas-y-funcionamiento/>.