



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA:

INGENIERIA ELECTRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE
TELECOMUNICACIONES UTILIZANDO RED PITAYA**

AUTORES:

DANIEL FERNANDO MACÍAS AGUILAR

FREDDY ANDRÉS MACÍAS AGUILAR

TUTOR:

ING. VICTOR LARCO TORRES MSc.

Guayaquil – Ecuador

2020

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Nosotros, Freddy Andrés Macías Aguilar y Daniel Fernando Macías Aguilar estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; certificamos que los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores y que hemos consultado las referencias en este documento.

Guayaquil, 2020.



Daniel Fernando Macías Aguilar.

C.I.: 0954257457



Freddy Andrés Macías Aguilar.

C.I.: 0931650493

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS.

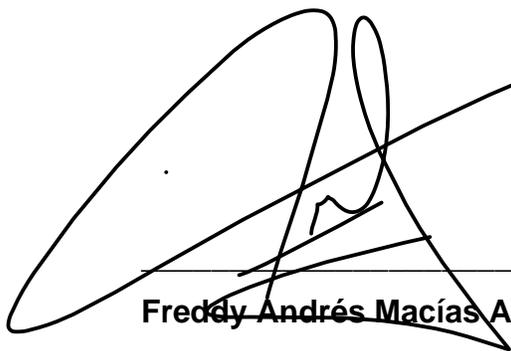
A través del presente certificado, nosotros Freddy Andrés Macías Aguilar y Daniel Fernando Macías Aguilar, manifestamos nuestra voluntad de ceder los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE TELECOMUNICACIONES UTILIZANDO RED PITAYA” a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual y por su normativa institucional vigente.

Guayaquil, 2020.



Daniel Fernando Macías Aguilar.

C.I.: 0954257457.



Freddy Andrés Macías Aguilar.

C.I.: 0931650493.

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Por medio de la presente doy constancia que los Sres. Freddy Andrés Macías Aguilar y Daniel Fernando Macías Aguilar han desarrollado y elaborado satisfactoriamente el proyecto final de titulación, que se ajusta a las normas establecidas por la Universidad Politécnica Salesiana, por tanto, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Guayaquil, 2020.



Tutor del Trabajo de titulación.
Ing. Víctor Larco Torres.

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

David Loro

DIRECTOR DEL PROYECTO.

DEDICATORIA

Todo mi esfuerzo y empeño que he dedicado a mi vida universitaria se lo dedico a Dios y a mi familia que siempre han estado apoyándome en los buenos y en los malos momentos.

Se lo dedico a mi padre el Msc.Freddy Fernando Macías Munizaga por enseñarme el valor y la importancia del trabajo duro y honesto, porque un verdadero héroe siempre triunfa con la verdad y con mucho esfuerzo.

Se lo dedico a mi madre la Lic. Vivian Jackeline Aguilar Suarez que me enseñó a nunca rendirme, porque mientras difícil sea la situación, aun mas grande debe ser la solución que yo le dé al problema, ella me enseñó que todos podemos ser grandes en esta vida, solo debemos tener fe en nosotros mismos.

Se lo dedico a mi hermano Freddy Andrés Macías Aguilar, a mi hermana Chrystel Jackeline Macías Aguilar que han sido mis mejores amigos desde el primer momento que los conocí. También se los dedico a mi difunto abuelo Manuel Jacinto Aguilar Narváez que Dios te tenga en su gloria mi amado abuelo.

Daniel Fernando Macías Aguilar.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a Dios y a mi familia que con amor me apoyaron y me guiaron incondicionalmente a lo largo de mis estudios, mi padre el Ing. Freddy Fernando Macías Munizaga por ser siempre mi ejemplo a seguir y un excelente padre, mi madre Vivian Jackeline Aguilar Suarez por todos sus infinitos consejos llenos de amor, ella siempre me ha llenado de fuerzas y es mi inspiración, cada triunfo de mi vida es gracias a ella, también agradezco a mis hermanos Daniel Fernando Macías Aguilar y Chrystel Jackeline Macías Aguilar que han estado conmigo apoyándome siempre que lo he necesitado, por ellos, su paciencia y amor. Mi abuelito Manuel Jacinto Aguilar Narváez a quien yo le hice una promesa y la estoy cumpliendo, que Dios lo tenga en su gloria.

Freddy Andrés Macías Aguilar.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir y cumplir mis metas, agradezco a mi familia que día a día han estado apoyándome y dándome ánimos para salir adelante, este triunfo es gracias a ellos, también agradezco a Karla Carolina por toda su paciencia y por todo su apoyo en todos estos años de mi carrera.

Daniel Fernando Macías Aguilar.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por toda la fe que me brindaron a lo largo de mi vida académica y agradezco a Dios por guiar mi camino y darme la salud para terminar una etapa más de mi vida, llenándome de sabiduría. Agradezco a mis profesores por sus valiosas enseñanzas en mi camino académico.

Freddy Andrés Macías Aguilar.

RESUMEN

AÑO	ESTUDIANTES	DIRECTOR DE PROYECTO	TEMA DEL PROYECTO
2020	<ul style="list-style-type: none">• FREDDY ANDRÉS MACÍAS AGUILAR• DANIEL FERNANDO MACÍAS AGUILAR	ING. VICTOR LARCO	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE TELECOMUNICACIONES UTILIZANDO RED PITAYA

Este proyecto de titulación trata de un módulo multifuncional formado por tarjetas electrónicas y la Red Pitaya, con el fin de que los estudiantes de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones puedan realizar dichas prácticas enfocadas en el aprendizaje, esto permitirá comprender las prácticas de una manera sencilla y obtener experiencias para su futuro profesional. Este módulo didáctico sustituye varios equipos de medición para uso de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Politécnica Salesiana.

Implementando cable de Interfaz, Red Pitaya de STEMLAB y tarjetas Electrónicas.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	PROJECT DIRECTOR	PROJECT THEME
2019	<ul style="list-style-type: none">DANIEL FERNANDO MACÍAS AGUILARFREDDY ANDRÉS MACÍAS AGUILAR	ENG. VICTOR LARCO	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A DIDACTIC MODULE OF TELECOMMUNICATIONS USING PITAYA NETWORK

This degree project deals with a multifunctional module made up of electronic cards and the Pitaya Network, so that students of Electronic Engineering and Telecommunications can carry out these practices focused on learning, this will allow understanding the practices in a simple way and obtain experiences for your professional future. This didactic module replaces various measurement equipment for use by Electronic Engineering students at the Universidad Politécnica Salesiana.

Implementing Interface cable, STEMLAB Pitaya Network and Electronic cards.

Índice general

Tabla de contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS.	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	V
DEDICATORIA.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
AGRADECIMIENTO.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XII
Índice general	XIV
Índice de figuras.....	XVI
Índice de tablas.....	XVII
INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Antecedentes	2
1.3. Importancia y Alcance.	2
1.4. Delimitación del Problema.....	3
1.4.1. Delimitación Temporal:.....	3
1.4.2. Delimitación Espacial.....	3
1.4.3. Delimitación Académica.....	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.	5
2.1. Generador de funciones.....	5
2.2. Analizador de espectro.....	5
2.3. Osciloscopio.	6
2.4. Analizador digital	7

2.5. Interfaz gráfica.....	7
2.6. Red pitaya.....	8
3. METODOLOGÍA.....	9
CONCLUSIONES	25
RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE PRUEBAS CON HARDWARE Y SOFTWARE DE LA RED PITAYA Y ACCESORIOS	1
PRÁCTICA #1	1
PRÁCTICA #2	21
PRÁCTICA #3	39
PRÁCTICA #4	58
PRÁCTICA #5	80

Índice de figuras

Figura 1. Delimitación espacial módulo multifuncional del Proyecto Técnico.....	3
Figura 2. Generador de señales.....	5
Figura 3. Analizador de espectro	6
Figura 4. Osciloscopio	6
Figura 5. Analizador digital	7
Figura 6. Interfaz gráfica.....	7
Figura 7. Red Pitaya.....	8
Figura 8. Diagrama de bloques del módulo	9
Figura 9. El osciloscopio.....	9
Figura 10. Osciloscopio de 2 canales.....	10
Figura 11. Auto escala (a).....	12
Figura 12. Auto escala (b).....	12
Figura 13. Entradas	13
Figura 14. Salidas.....	14
Figura 15. Mediciones	16
Figura 16. El analizador lógico digital.....	18
Figura 17. Resultados del analizador lógico digital.....	18
Figura 18. Análisis de señales binarias (a).....	19
Figura 19. Análisis de señales binarias (b)	20
Figura 20. Desencadenar.....	21
Figura 21. Decode bus data (a)	22
Figura 22. Decode bus data (b).....	23
Figura 24. Cursores.....	23

Índice de tablas

Tabla 1. Especificaciones de osciloscopio	17
Tabla 2. Especificaciones de generador de señales	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3. Especificaciones de cursores	24

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de titulación consiste en un módulo didáctico multifuncional con un software dirigido a realizar prácticas estudiantiles enfocadas en Telecomunicaciones, de esta forma se podrá aumentar la cantidad de equipos en el Laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana. El módulo contiene una tarjeta STEMLab Red Pitaya que cuenta con una interfaz gráfica amigable al usuario final, las prácticas que se desarrollen en el módulo también estarán detalladas paso a paso su procedimiento para una mejor comprensión del alumno.

El proyecto está presto al uso de los alumnos de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Sede de Guayaquil bajo la supervisión de un ingeniero docente a cargo y su objetivo es servir como un refuerzo didáctico para fortalecer los conocimientos del alumno referentes a telecomunicaciones.

La tarjeta STEMLab Red Pitaya es un hardware o herramienta de precisión que permite reemplazar algunos instrumentos del Laboratorio de Telecomunicaciones ya que incluye instrumentos como el Osciloscopio, Generador de señales, Analizador de espectro y otros instrumentos. Esta tarjeta tiene un rango de frecuencia de hasta 50MHZ con el fin que el estudiante pueda trabajar con frecuencias relativamente grandes en un Laboratorio universitario de aprendizaje.

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema.

Debido a la poca cantidad de equipos especializados en telecomunicaciones, no es factible realizar satisfactoriamente prácticas de laboratorio por los estudiantes de la carrera de Telecomunicaciones de la universidad Politécnica Salesiana de la sede de Guayaquil.

1.2. Antecedentes

El área de las telecomunicaciones avanza rápidamente en el mundo y es necesario que se actualice mediante equipos de trabajo modernos que permitan a los estudiantes simular un problema cotidiano en área de trabajo en las telecomunicaciones.

1.3. Importancia y Alcance.

El módulo estará formado por tarjetas electrónicas diseñadas con los conocimientos adquiridos en clases, las cuales se conectarán a la Red Pitaya y les permitirá a los estudiantes interactuar con la misma.

Los principales beneficiarios de este proyecto serán los estudiantes y docentes en las materias de Electrónica Analógica, Comunicaciones digitales, Fundamentos de Telecomunicaciones entre otras de la malla académica de la carrera de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana.

Al diseñar este módulo multifuncional con Red Pitaya se podrá aumentar la cantidad de equipos de telecomunicaciones enfocados a prácticas estudiantiles en la Universidad Politécnica Salesiana sede de Guayaquil.

El aspecto que se considera más relevante del proyecto de titulación es el fortalecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes de la carrera de

Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana a través de la implementación del módulo.

1.4. Delimitación del Problema.

1.4.1. Delimitación Temporal:

El proyecto de titulación se la realizó dentro de un tiempo de 4 meses y se culminó el presente año 2020

1.4.2. Delimitación Espacial.

Laboratorio de Telecomunicaciones del bloque E en la Universidad Politécnica Salesiana sede de Guayaquil, tal como se puede apreciar en la Figura 1 que hace referencia a un mapa geográfico con la ubicación exacta de la universidad.



Figura 1. Delimitación espacial módulo multifuncional del Proyecto Técnico. (*Google maps*).

1.4.3. Delimitación Académica.

Se realizarán prácticas con el módulo didáctico con el fin que el estudiante aprenda el funcionamiento y el uso correcto del módulo.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar e implementar un módulo didáctico de Telecomunicaciones con la Red Pitaya, así fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana.

Objetivos Específicos.

1. Elaborar un prototipo de un módulo didáctico multifuncional red pitaya con una interfaz gráfica amigable.
2. Diseñar un manual de 5 prácticas con el módulo red pitaya enfocadas en el aprendizaje del estudiante en electrónica y telecomunicaciones
3. Configurar la tarjeta Red Pitaya para poder realizar las prácticas de Filtros, Modulación AM, Contador de frecuencia y cálculo de la tasa de error.
4. Implementar tarjetas electrónicas para el Filtrado, Modulación y Demodulación de señales analógicas.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. Generador de funciones.

Un generador de funciones es aquel equipo electrónico cuya función está dirigida principalmente a producir o generar señales periódicas y no periódicas, esto lo realiza con el fin de poder utilizar dichas señales para pruebas dentro de un laboratorio y así ver el comportamiento de estas, por lo general es muy común encontrar este equipo dentro un laboratorio de prácticas universitarias. En la Figura 2 se puede observar un generador de funciones PCE-DS08060 con la capacidad de producir señales con hasta 5 formas de ondas. (PCE IBERICA, 2017).



Figura 2. Generador de señales. (PCE IBERICA, 2017).

2.2. Analizador de espectro.

Un analizador de espectro es aquel equipo electrónico que ayuda a visualizar los componentes espectrales. Dichas que se encuentran presentes en las entradas del equipo mismo, estas señales pueden ser acústicas o eléctricas, en la Figura 3 se observa un analizador de espectro SSA3021X con un peso aproximado de 10lb y con una interfaz fácil de usar, su banda espectral cubre el rango desde 9Khz hasta 2.1GHz. (Logicbus S.A, 2019).



Figura 3. Analizador de espectro. (Logicbus S.A, 2019).

2.3. Osciloscopio.

El osciloscopio es un equipo de medición que ayuda a representar de forma gráfica una señal, en donde el eje vertical representará la amplitud y el eje horizontal será el tiempo, este equipo es muy usado en laboratorios de investigación dirigidos a la electrónica en general y todas sus ramas, la función de este equipo se complementa con la ayuda de un generador de funciones, analizador de espectro, multímetro, etc..En la figura 4 se puede apreciar un osciloscopio sencillo similar al que se puede encontrar en un laboratorio universitario. (Final test, 2020).



Figura 4. Osciloscopio. (Final test, 2020).

2.4. Analizador digital

El analizador digital se puede encontrar en laboratorios de eléctrica como un equipo de medición de hasta tres fases, se utiliza para medir la potencia que posee una señal ya sea esta una señal simple o compleja, este equipo es ideal para uso de investigación y prueba ya sea hecho por estudiantes, ingenieros o científicos. Se observa en la figura 5 el Analizador digital que en este caso posee 2 entradas en la parte inferior del equipo.(Final Test, 2019).



Figura 5. Analizador Digital. (Final Test, 2019).

2.5. Interfaz gráfica.

El GUI (Graphical User Interface) es el programa que genera la interacción con el usuario final utilizando íconos, menús, gráficos y puntero con el fin de generar un ambiente amigable con dicho usuario final. Un claro ejemplo es el panel inicial de un pc como se aprecia en la figura 6 cuenta con íconos y pestañas fáciles de apreciar por el usuario final. (WORKANA, 2012).



Figura 6. Interfaz Gráfica. (WORKANA, 2012)

2.6. Red pitaya.

El STEMLab de Red pitaya es una tarjeta procesadora de información la cual se puede conectar vía wifi a nuestra pc, celular, Tablet o laptop para poder trabajar con diversos equipos tecnológicos que se encuentran en laboratorios de investigación. este equipo es una herramienta open source de medición y control que permite reemplazar muchos instrumentos de un laboratorio, posee una interfaz gráfica amigable al usuario y facilita el aprendizaje, experimentación y desarrollo de una variedad de aplicaciones, La figura 7 muestra con detalle la ubicación exacta diversos componentes de esta tarjeta procesadora. (Hacedores, 2020)

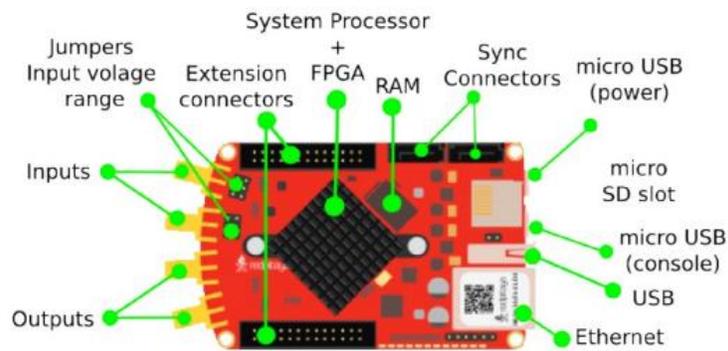


Figura 7. Tarjeta STEMLab. (Hacedores, 2020).

3. METODOLOGÍA.

La implementación de un prototipo con un software dirigido a realizar prácticas de Telecomunicaciones será didáctica para fortalecer el aprendizaje de Telecomunicaciones.

El módulo tiene una tarjeta que contará con una interfaz gráfica amigable al usuario final, las prácticas que se desarrollará en el módulo también estarán detalladas paso a paso para una mejor comprensión del alumno.

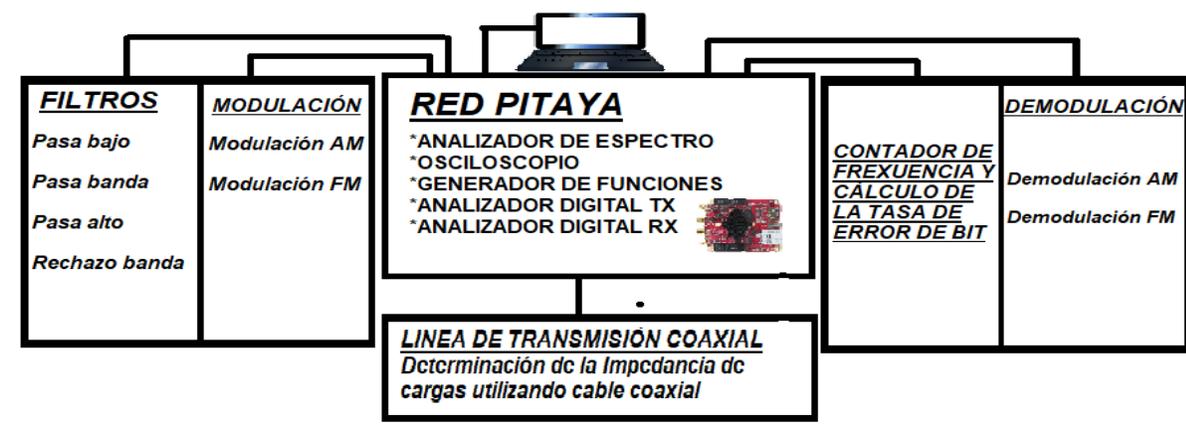


Figura 8. Diagrama De Bloques Del Módulo.

El osciloscopio.



Figura 9. El osciloscopio. (Red pitaya, 2017).

En la figura 9 se aprecia la aplicación de osciloscopio de la tarjeta STEMLab de Red pitaya, esta aplicación permite al usuario convertir la tarjeta en un osciloscopio que contiene un pequeño generador de funciones básicas, cuenta con 2 canales para el ingreso de señales y 2 canales para la salida de las señales generadas, esta aplicación no requiere de una instalación de software nativo y el usuario puede acceder con la ayuda de cualquier navegador web.(Red pitaya, 2017).

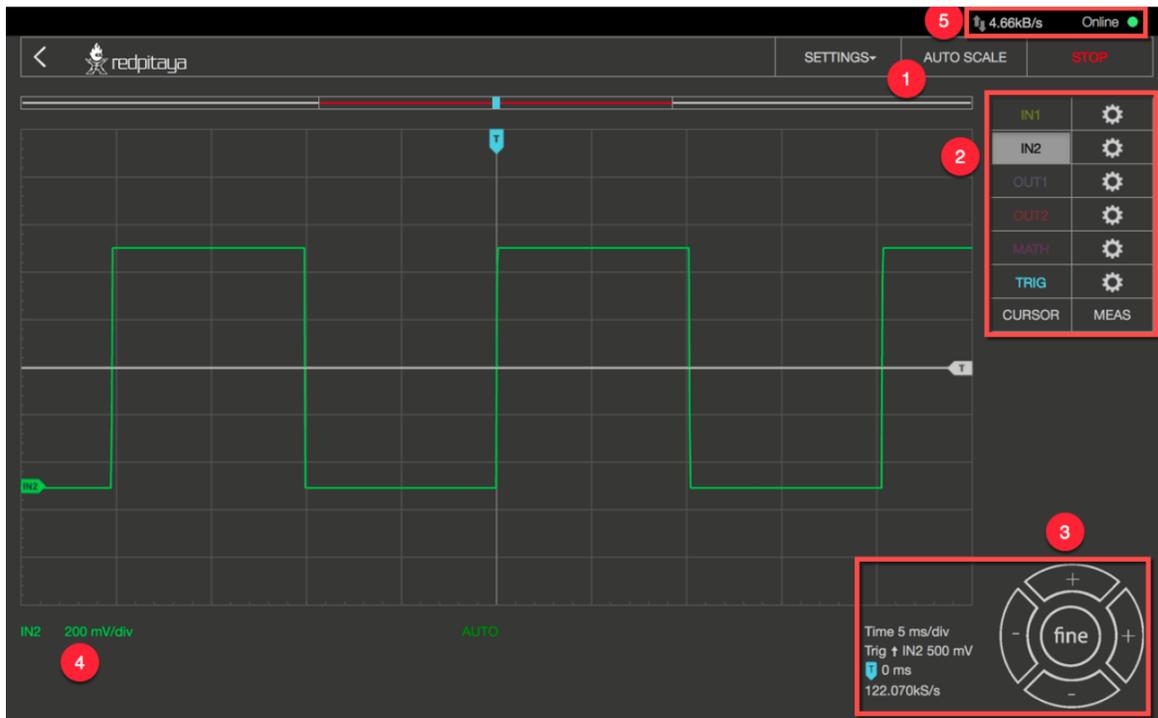


Figura 10. Osciloscopio de 2 canales. (Red pitaya, 2017)

Partes del osciloscopio STEMLab -Pitaya.

Autoescala.

La Autoescala permite configurar de forma automática a él osciloscopio para poder observar las señales de entrada, tal como se muestra en la figura 10, esto sucede debido a que cuando se presiona el botón, los ejes X y Y se configuran para poder mostrar la señal en un periodo completo.

Canales / disparador / herramientas de medición:

En este menú se muestra los íconos de control para: las entradas (In), salidas (Out), guías y medición(cursores). Para tener una idea clara, este menú se puede observar en la parte derecha de la figura 11.

Características:

Estas características principales que posee el osciloscopio y a su vez el generador de señales es:

- Función de RUN/ STOP y Autoescala.
- Posición de las señales y controles de escala.
- Control de la activación (fuente, nivel, pendiente).
- Tipos de activación: activación automática, normal y simple.
- Calibración de entrada.
- Cursores.
- Mediciones con cursores.
- Control del generador de señal (forma de onda, amplitud, frecuencia, fase).

Configura de forma automática el osciloscopio para mostrar una óptima señal de entrada, esto se puede observar en la figura 12, donde se ha pulsado el botón de Autoescala mientras se genera una señal en la salida Out2 de la app de osciloscopio. (Red pitaya, 2017).

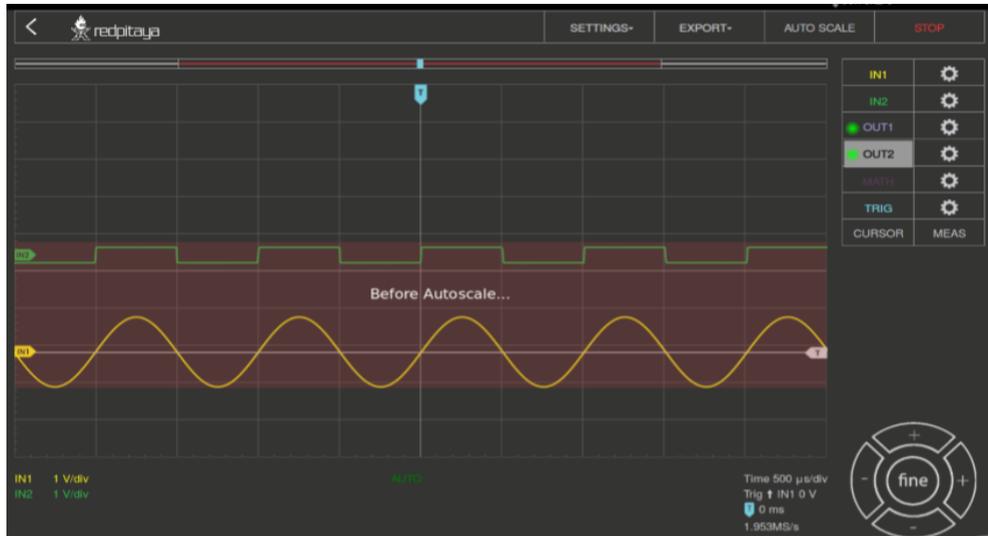


Figura 11. Auto escala (a). (Red pitaya, 2017).

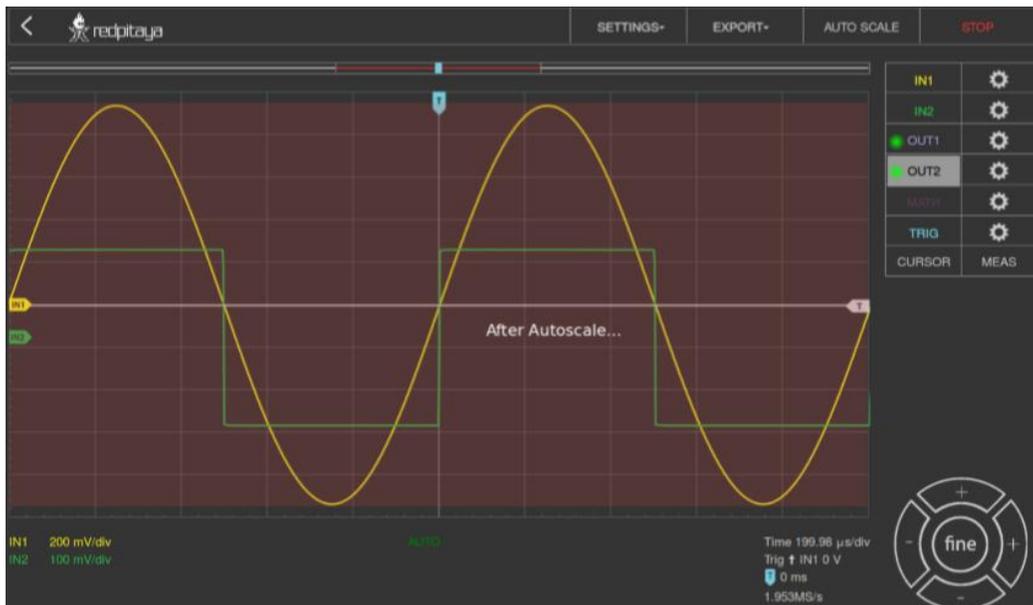


Figura 12. Auto escala (b). (Red pitaya, 2017).

Entradas

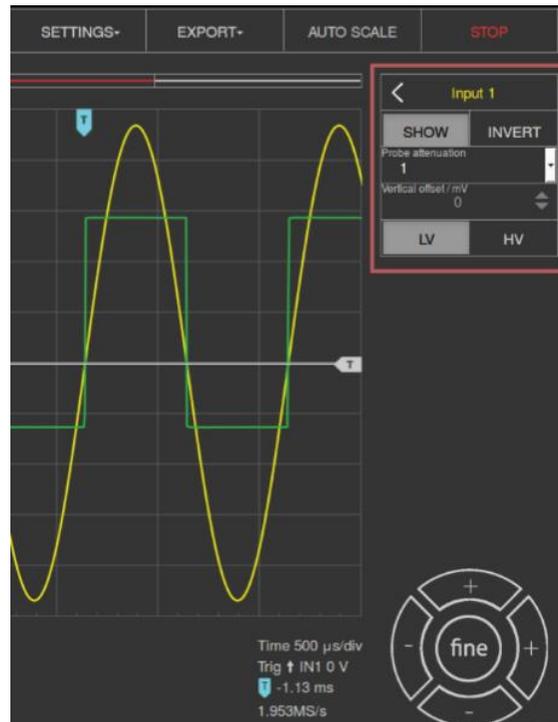


Figura 13. Entradas. (Red pitaya, 2017)

En la parte superior derecha de la pantalla se encuentran las dos entradas del osciloscopio y pulsar cualquiera de los 2 se abre el menú de estos canales, como se puede apreciar en la figura 13. Dentro de este menú se puede realizar pequeñas configuraciones tales como:

- SHOW: Muestra u oculta la señal en el canal.
- INVERT: Cambia el gráfico y lo refleja en el eje X.
- Probe attenuation: La división que se configuró en la sonda.
- Desplazamiento vertical: mueve la curva hacia arriba o hacia abajo.

SALIDAS (OUTS).

Las salidas del generador de funciones se pueden encontrar en la parte superior derecha de la pantalla, justo debajo de las entradas del osciloscopio, como se puede observar en la figura 14, al seleccionar una de estas salidas (Out1, Out2) se muestra un menú donde se puede realizar varios ajustes tales como: ON, SHOW, Type, Frequency, Phase. (Red pitaya, 2017).



Figura 14. Salidas. (Red pitaya, 2017).

Cursores.

Este aplicativo del osciloscopio permite al usuario realizar mediciones básicas muy relevantes de una forma fácil y precisa, estas mediciones se pueden realizar tanto el eje X como en el eje Y de la señal, este proceso se muestra en a continuación en la figura 15. (Red pitaya, 2017).



Figura 15. Cursores (b). (Red pitaya, 2017)

Mediciones

Este menú se lo puede encontrar como MEASUREMENT en la parte superior derecha de la pantalla del osciloscopio debajo del botón de MEAS como se detalla en la figura 16, esta parte permite al usuario seleccionar hasta 4 valores en total y luego proceder a proporcionar dichos valores de forma correspondiente:

- P2P: Realiza una resta entre el valor de voltaje medido más bajo con el valor más alto.
- MEDIA: Realiza un promedio de la señal.

- MAX: Es el valor de voltaje medido más alto.
- MIN: Es el valor de voltaje medido más bajo.
- RMS: el RMS calculado de la señal (raíz cuadrada de la media).
- CICLO DE TRABAJO: Relación entre la duración del pulso y la duración del período.

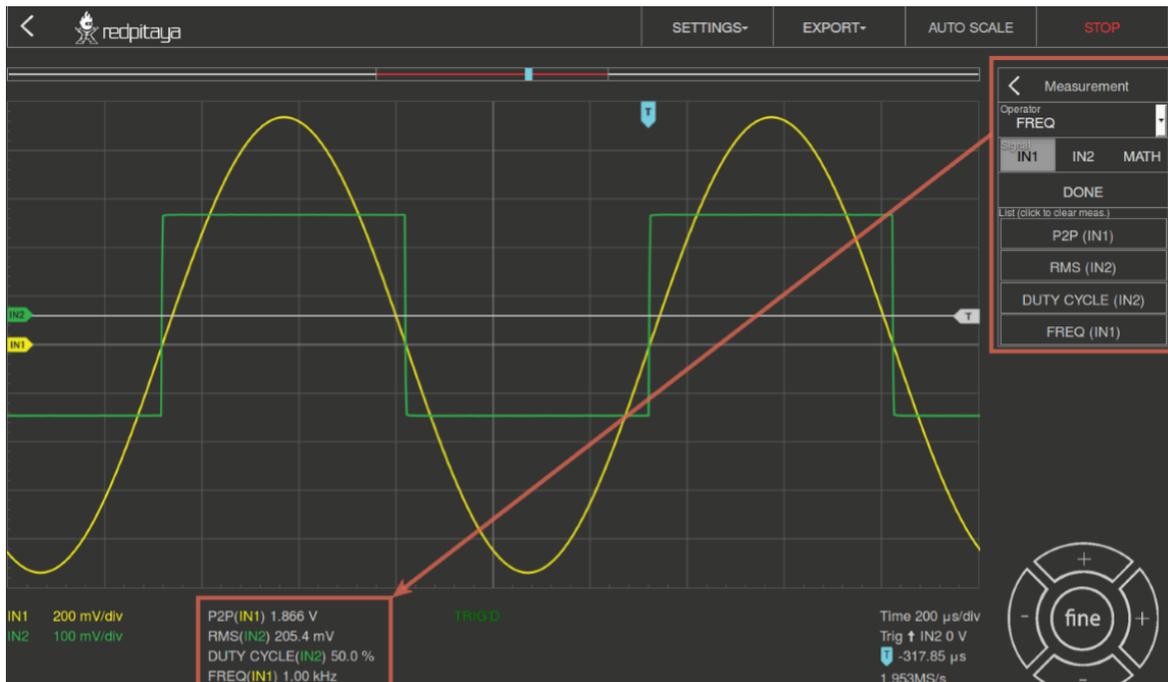


Figura 16. Mediciones. (Red pitaya, 2017).

Especificaciones

Osciloscopio: En la tabla 1 se puede encontrar las especificaciones de capacidad que posee el osciloscopio en cada modelo de tarjeta STEMLab de Red pitaya, en el caso de este proyecto, se utiliza el STEMLab 125-14.

Tabla 1. Especificaciones de osciloscopio. (Red pitaya, 2017).

	STEMlab 125 - 10	STEMlab 125 - 14
Input channels	2	2
Bandwidth	40MHz	50MHz
Resolution	10bit	14bit
Memory depth	16k samples	16k samples
Input range	$\pm 1V$ (LV) and $\pm 20V$ (HV)	$\pm 1V$ (LV) and $\pm 20V$ (HV)
Input coupling	DC	DC
Minimal Voltage Sensitivity	$\pm 1.95mV / \pm 39mV$	$\pm 0.122mV / \pm 2.44mV$
External Trigger	Yes	Yes

Generador de señales: En la tabla 2 se puede encontrar las especificaciones de capacidad que posee el generador de funciones de cada modelo de tarjeta de Red pitaya, en el caso de este proyecto, se utiliza STEMLab 125-14

Tabla 2. Especificaciones de generador de señales. (Red pitaya, 2017).

	STEMlab 125 - 10	STEMlab 125 - 14
Output channels	2	2
Frequency Range	0-50MHz	0-50MHz
Resolution	10bit	14bit
Signal buffer	16k samples	16k samples
Output range	$\pm 1V$	$\pm 1V$
Input coupling	DC	DC
External Trigger	Yes	Yes
Output load	50 Ω	50 Ω

El analizador lógico digital

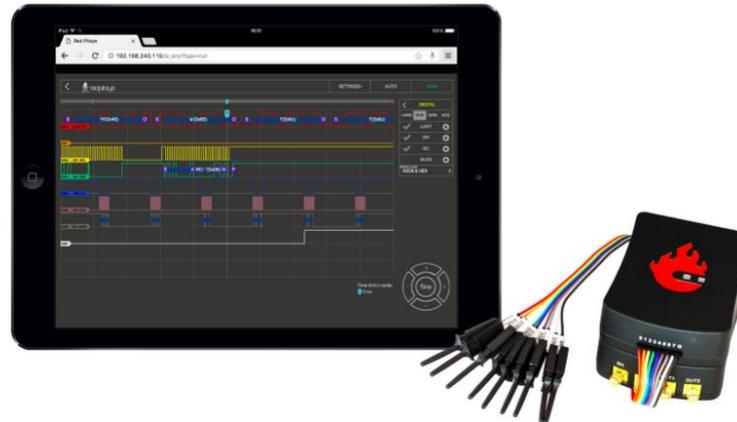


Figura 17. El analizador lógico digital. (Red pitaya, 2017)

Esta aplicación de Logic Analyzer realizar la representación de estados binarios que poseen señales digitales. Este aplicativo permite el manejo que son puramente binarias tales como las salidas de GPIO presentes en placas como: Arduino, Raspberry Pi, también permite analizar señales de comunicaciones binaria como: UART, SPI y I2C, para poder decodificar estos datos de transmisión, se observa un ejemplo claro de este proceso en la figura 18. (Red pitaya, 2017)



Figura18. Resultados del analizador lógico digital. (Red pitaya, 2017)

Características:

Analizando señales binarias.

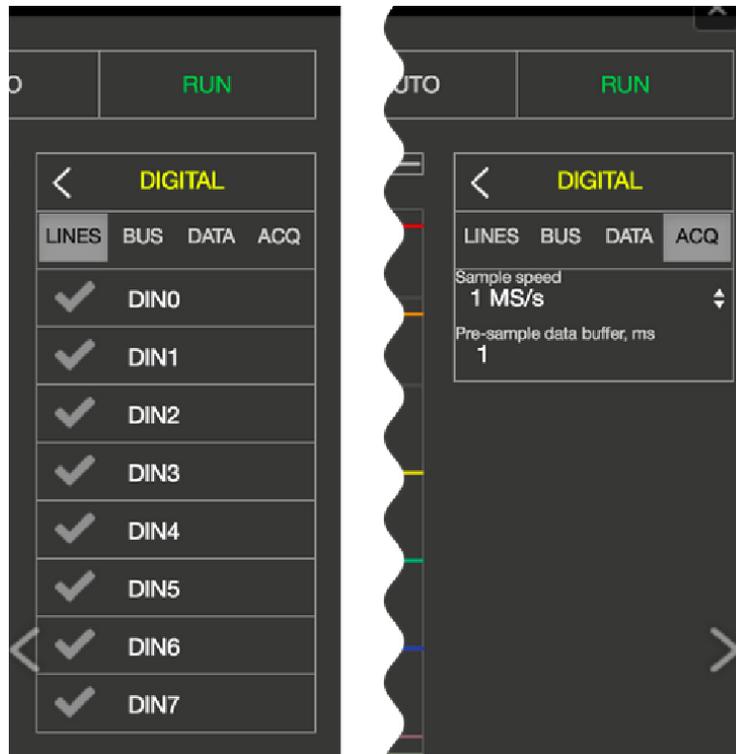


Figura19. Análisis de señales binarias (a). (Red pitaya, 2017)

En la figura 19 se procede a seleccionar el botón con el ícono de engranaje detrás del campo de selección DIGITAL, al hacer esto se ingresa al menú para proceder con la configuración del canal, se selecciona LINES donde se puede activar o desactivar canales con solo dar un clic en los mismos, mientras no se configuren los bus, los canales seguirán funcionando como entradas digitales del sistema y como consecuencia se mostrará el proceso.

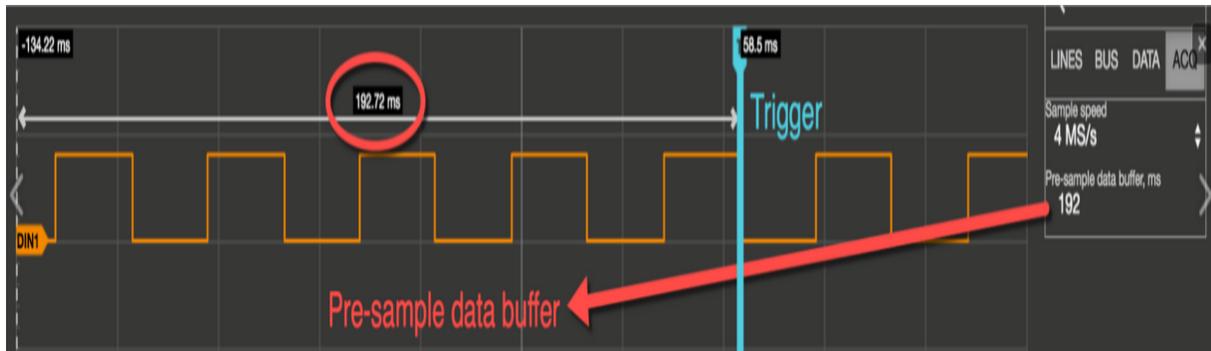


Figura 20. Análisis de señales binarias (b). (Red pitaya, 2017)

Se debe ingresar al ícono de ACQ que abre el campo de selección para poder configurar la frecuencia de muestreo, esta frecuencia influye de forma significativa en el tiempo. La memoria de esta aplicación es de 1 MS, que puede almacenar y mostrar 1,000,000 valores binarios, con esto deja claro que la frecuencia de muestreo es la que determina la cantidad de valores que se registran por segundo. Si se elige la tasa de muestreo máxima en el sistema que es de unos 125MS/S se llega a registrar un total de 125,000,000 de valores por segundo, esto con una frecuencia de muestreo de 1 MS/S, es decir el tiempo de la señal grabada será de 1 segundo completo, tal como se muestra en la figura 20. (Red pitaya, 2017)

Cuando se establece previamente a la muestra el valor de datos del búfer, la grabación ubica el evento de forma desencadenada, esto lo realiza para una mejor visualización de los datos.

Desencadenar:

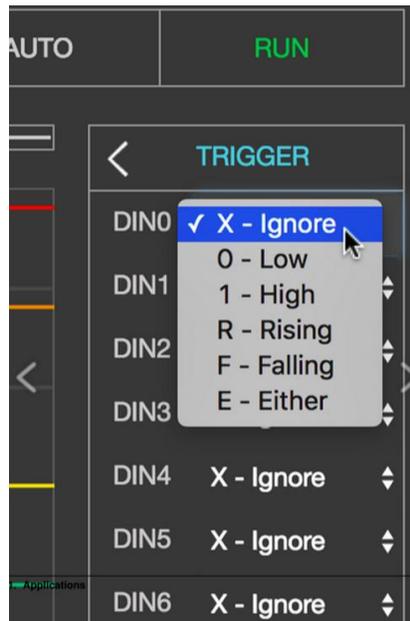


Figura 21. Desencadenar. (Red pitaya, 2017)

Se debe dar clic en el menú de Trigger para abrir el menú de activación, como se muestra en la figura 21, cada canal de este menú puede generar una fuente de disparo con la condición que se seleccione en dicho menú, para proceder con la activación se debe definir la fuente de Rising edge y Activación, para el Trigger las opciones son :

- X-Ignore no event
- R-Rising rising edge
- F-Falling Falling edge
- E-Either Edge change

En la pantalla de estado se informará si aún se está ejecutando el proceso indicado o si ya se ejecuto por completo. Después que finalice esta adquisición, los resultados se proceden a mostrar en un gráfico, también existen opciones de disparo adicionales tales

como BAJO y ALTO, las mismas que se utilizan para un disparo modelado. (Red pitaya, 2017)

Decode bus data:

En el menú DIGITAL de BUS da la opción de seleccionar la decodificación de líneas deseadas, en el cual se pueden definir hasta 4 autobuses, también se puede elegir entre I2C, UART, SPI que son los protocolos de decodificación disponibles en la aplicación. Al seleccionar uno de estos protocolos se abre un menú donde se puede configurar el protocolo deseado, este proceso se observa en la figura 22.

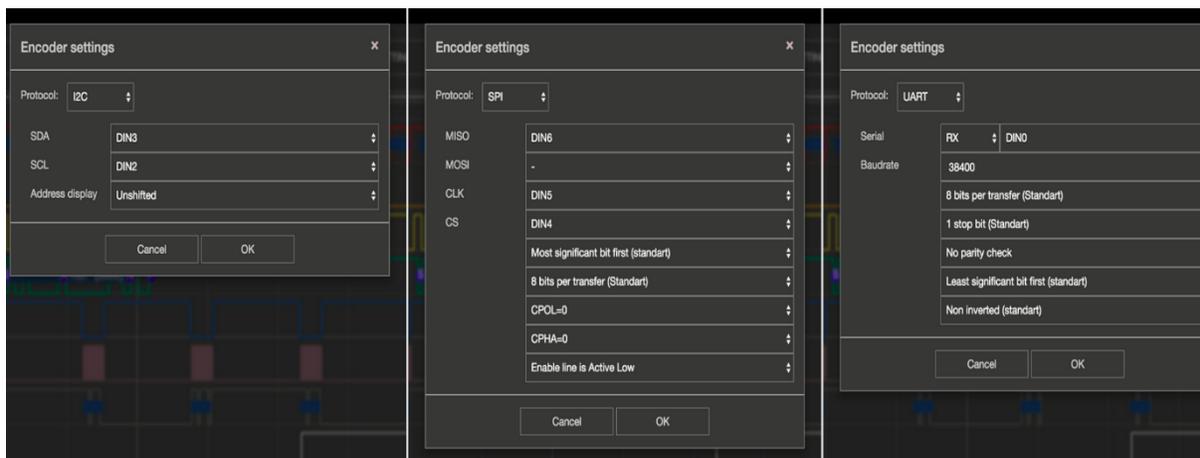


Figura 22. Decode bus data (a). (Red pitaya, 2017)

Existen dos posibles opciones para que el usuario visualice los datos decodificados, la primera opción es cuando los datos se colocan como una capa separada directamente en el gráfico de la señal, la segunda es usando el menú digital de datos para que los datos codificados se encuentren representados de forma accesible, esto se puede observar en la figura 23. (Red pitaya, 2017)

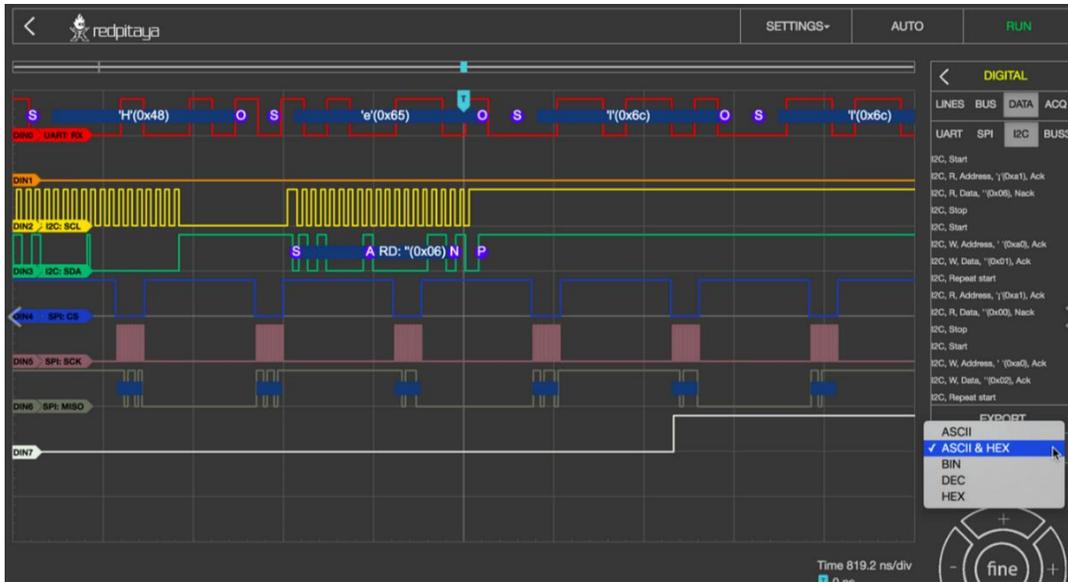


Figura 23. Decode bus data (b). (Red pitaya, 2017)

Cursores

Así como los cursores están presentes en el osciloscopio, también se encuentran como una herramienta del analizador lógico, estos mismos sirven para realizar mediciones rápidas, esto se debe a que no hay lectura de amplitud variable, en cambio solo existen niveles de señales discretas, en este caso los cursores están disponibles solo para mediciones en el eje X. (Red pitaya, 2017).

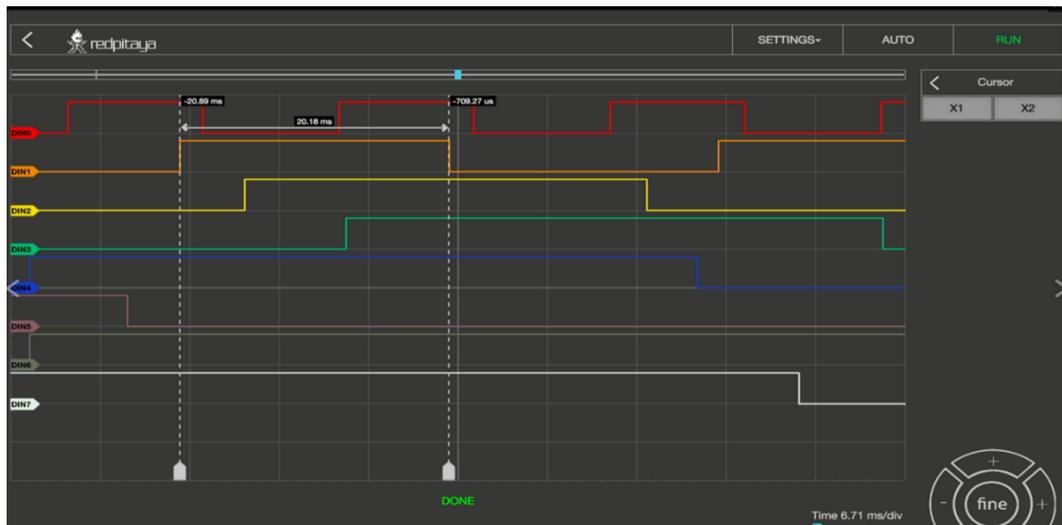


Figura 24. Cursores. (Red pitaya, 2017).

Especificaciones: En la tabla 3 se encuentran las especificaciones de capacidad del analizador lógico básico y analizador lógico Pro de STEMLab de Red pitaya, en el caso de este proyecto es el analizador básico.

Tabla 3. Especificaciones de Analizador lógico. *(Red pitaya, 2017)*

	Logic Analyzer Basic	Logic Analyzer PRO
Channels	8th	8th
Sampling rate (max.)	12MS/s	125MS/s
Maximum Input Frequency	3MHz	50MHz
Supported bus protocols	I2C, SPI, UART	I2C, SPI, UART
Input voltage	3.3V	2.5 ... 5.5V
Overload protection	not available	integrated
Level thresholds	0.8V (low) 2.0V (high)	0.8V (low) 2.0V (high)
Input impedance	100k, 3 pF	100k, 3 pF
Trigger types	Level, edge, pattern	Level, edge, pattern
Memory depth	1 MS (typical)	1 MS (typical)
Sampling interval	84ns	8ns
Minimum pulse duration	100ns	10ns

Hardware / Conexiones

Para obtener un máximo rendimiento de analizador lógico y a su vez la protección de la placa STEMLab, es recomendable usar el módulo de extensión del analizador lógico, (Red pitaya, 2017).

CONCLUSIONES

- Uno de los factores claves para la elaboración del proyecto de titulación fueron los conocimientos tanto teóricos como prácticos adquiridos durante los años de estudio en la Universidad Politécnica Salesiana.
- A medida que se ha trabajado con el hardware y software de la red pitaya conocida como STEMLab 125-14 se ha concluido que la red pitaya es una herramienta poderosa que ayuda en el aprendizaje y la enseñanza de la electrónica y las telecomunicaciones, debido a que accede a equipos de medición como: osciloscopio, analizador de espectros, Analizador de bode, analizador digital, además de poder con la misma tarjeta generar funciones de diferente tipo (senoidal, cuadrada, triangular, etc), y de diferentes frecuencias, permite acceder a 2 canales de salida y 2 canales de entrada, permitiendo además como se demostró en una de las prácticas configurar pines de entrada y de salida que permiten manejar protocolos seriales y manejar salidas que son manipuladas a través de programación C++, también puede interactuar con otros hardware como Raspberry Pi, y Arduino.
- Se realizó cada una de las prácticas propuestas y se cumplió cada uno de los objetivos de este proyecto de titulación, cada práctica fue elaborada con la ayuda de la tarjeta STEMLab de Red Pitaya.
- Se elaboró un manual que servirá como guía para los estudiantes al momento de realizar cada práctica de este módulo didáctico, todas las prácticas de este proyecto de titulación están ambientadas a las telecomunicaciones.
- Los Docentes podrán proporcionar conocimientos y nuevas habilidades de trabajo a los estudiantes, ya sea de forma online o presencial, debido a que el proyecto de titulación también se lo puede utilizar como un laboratorio digital, siendo así una herramienta clave de trabajo en esta pandemia

RECOMENDACIONES

- En base a la experiencia adquirida durante el trabajo con la red pitaya, se debe tener cuidado que la alimentación brindada a la tarjeta sea la adecuada según las especificaciones 5V y asegurarse que la capacidad de corriente sea de 2000 mA, esto asegura el buen funcionamiento de la tarjeta Red Pitaya.
- Monitorear frecuentemente los leds indicadores del buen funcionamiento del STEMLab Red Pitaya como lo indican las especificaciones de luz fija y parpadeo de ciertos leds, debido a que en su momento se produjo un problema de configuración del STEMLab 125-14 en su tarjeta SIM, lo cual se observó por la falta de parpadeo del led de color azul, que según el manual indica una falla de configuración en la mencionada tarjeta.
- Una vez ingresado el código URL que permite el acceso a la ventana de Red Pitaya, esta muestra entre sus íconos un portafolio de manuales tanto de procedimientos como de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema, por lo que se recomienda descargar dichos archivos y mantenerlos de reserva.
- Durante el encendido y funcionamiento de la tarjeta se recomienda mantenerla en un lugar fresco y ventilado a fin de que sus disipadores de calor actúen eficientemente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Final Test. (02 de Febrero de 2019). *Final Test S.A.* Obtenido de <https://www.finaltest.com.mx/product-p/art-03.htm>

Final test. (01 de Febrero de 2020). *finaltest.com*. Obtenido de <https://www.finaltest.com.mx/product-p/art-9.htm>

Hacedores. (09 de Junio de 2020). *hacedores.com*. Obtenido de <https://hacedores.com/red-pitaya-tu-laboratorio-electronico-portable/>

Logicbus S.A. (01 de Febrero de 2019). *logicbus.com*. Recuperado el Junio de 2020, de <https://www.logicbus.com.mx/analizador-espectro.php>

PCE IBERICA. (05 de Enero de 2017). *PCE inst*. Recuperado el 09 de Junio de 2020, de <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores/generadores-funciones.htm>

Red pitaya. (14 de Febrero de 2017). *Red pitaya d.d*. Obtenido de <https://redpitaya.readthedocs.io/en/latest/appsFeatures/apps-featured/oscSigGen/osc.html>

WORKANA. (01 de Mayo de 2012). *Workana LLC*. Obtenido de <https://www.workana.com/i/glosario/que-es-la-interfaz-grafica-de-usuario-gui/>

Anexos

		REVISIÓN 1/1	<i>Página 1 de 1</i>
		ANEXOS	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

**PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE PRUEBAS CON
HARDWARE Y SOFTWARE DE LA RED PITAYA Y ACCESORIOS**

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
KIT STEMLAB 125-14 CALIBRATED	1	\$615	\$615,00
GASTOS DE ENVIOS Y ARANCELES	1	\$120	\$120,00
CABLE DE RED	1	\$4	\$4,00
ANTENAS	3	\$8	\$24,00
CABLE COAXIAL RG-58	1	\$20	\$20,00
ESTRUCTURA	1	\$60	\$60,00
Puntas de prueba para osciloscopio	2	34	\$68,00
Conectores tipo BNC	2	8	\$16,00
Conectores SMA	2	9	\$18,00
Cable SMA - SMA	1	23	\$23,00
Caja de madera	1	40	\$40,00
Señalética del proyecto	2	10	\$20,00
Placas impresas	5	15	\$75,00
Cables y conectores adicionales	10	4	\$40,00
TOTAL			\$1.143,00

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR. FREDDY MACÍAS AGUILAR.	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO.	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCIA.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 1 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

PRÁCTICA #1

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. VICTOR LARCO TORRES

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: “Filtros pasivos.”

Elaborado por: DANIEL MACIAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCIAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 2 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

A. OBJETIVO GENERAL

- Conocer y comprender el funcionamiento de los filtros pasivos mediante el uso de STEMLab.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el comportamiento de los filtros pasivos para distintos valores de frecuencia y obtener el diagrama de bode a partir de datos experimentales.

C. MARCO TEÓRICO

QUE ES UN FILTRO

Un filtro eléctrico es un circuito capaz de atenuar determinadas frecuencias del espectro de la señal de entrada y permitir el paso de las demás, la figura 1 muestra un bosquejo de la acción de un filtro.

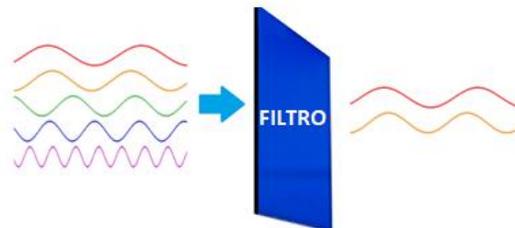


Figura 1. Funcionamiento de un filtro

Hay dos tipos de filtros, los pasivos, constituidos por resistencias, condensadores y bobinas, y los activos utilizan además OPAMP.

FILTROS PASIVOS

Un filtro es un circuito electrónico que posee una entrada y una salida, en la entrada se introduce señales alternas de distintas frecuencias y en la salida se obtienen ciertas señales que fueron procesadas por el filtro según su valor de frecuencia.

Un circuito **filtro pasivo**, está formado por elementos pasivos como son resistencias, condensadores y/o bobinas, a diferencia de un filtro activo el cual necesita de

Elaborado por: DANIEL MACIAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCIAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 3 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

alimentación (elemento activo como es una fuente de alimentación) para su funcionamiento.

Frecuencia de corte. – La función del filtro es dejar pasar o no las diferentes señales que lo atraviesan en función de su valor de frecuencia, y estas frecuencias que pasan o no hasta cierto límite (valor de frecuencia) impuesta por el filtro. Se considera que las señales procesadas por el filtro son aceptables si su ganancia en tensión cae de 1 a 0,707 (esto expresado en decibelios dB se diría que la señal cae 3dB de la máxima, que se considera como nivel de 0dB).

Según la respuesta en frecuencia, los filtros se clasifican principalmente en 4 categorías.

Filtro pasa bajos. -Son aquellos filtros que muestran muy poca atenuación a las frecuencias que resultan menores a la frecuencia de corte, en cambio las frecuencias que son mayores que la frecuencia de corte son atenuadas muy fuertemente.

La frecuencia de corte, o frecuencia de -3 dB porque el voltaje de salida se encuentra a 3 dB por debajo de su valor máximo en esta frecuencia, tal como se observa en el gráfico de la figura 2.

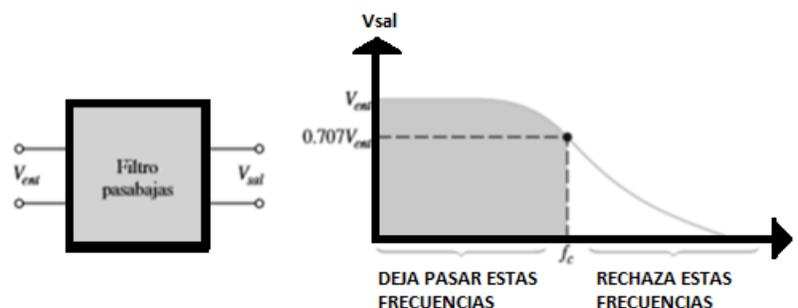
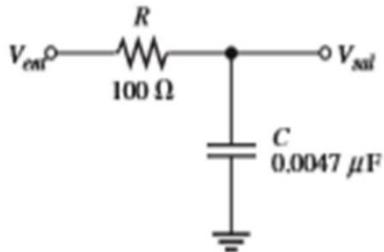


Figura 2. Filtro Pasa Bajo.

En el filtro RC pasa bajas mostrado en la figura 3, el voltaje de salida es igual al voltaje de entrada porque X_C es infinitamente grande. Conforme se incrementa la frecuencia de entrada, X_C disminuye y, por tanto, V_{sal} disminuye gradualmente hasta que se alcanza una frecuencia a la cual $X_C = R$. Esta es la frecuencia crítica, f_c , del filtro, el proceso de despeje de estas fórmulas se aprecia en la figura 4 y figura 5.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARIAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 4 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		



$$X_c = \frac{1}{2\pi f_c C} = R \Rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Figura 3. Circuito filtro pasa bajo

Figura 4. Fórmula frecuencia de corte.

La ganancia en tensión del filtro será

$$G_v = \frac{v_s}{v_e} = \frac{i \cdot X_c}{v_e} = \frac{\frac{v_e}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} \cdot X_c}{v_e} = \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}$$

$$G_v = \frac{X_c}{\sqrt{X_c^2 + X_c^2}} = \frac{X_c}{X_c \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$$

Figura 5. Ganancia de la tensión.

Pendiente decreciente (roll-off) de la curva de respuesta

La salida máxima es, por definición, de 0 dB como referencia. Cero decibeles corresponden a $V_{sal} = V_{ent}$ porque $20 \log (V_{sal}/V_{ent}) = 20 \log 1 = 0$ dB. La salida disminuye desde 0 dB hasta -3 dB en la frecuencia crítica y luego continúa disminuyendo a un ritmo fijo. Este patrón de disminución se conoce como pendiente decreciente de la respuesta a la frecuencia.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 5 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

De hecho, cada vez que la frecuencia se incrementa diez veces por encima de f_c , la salida se reduce en 20 dB, de acuerdo con los siguientes pasos. Se considera una frecuencia que es diez veces la frecuencia crítica ($f = 10f_c$). Como $R = X_C$ en f_c , entonces $R = 10X_C$ en $10f_c$ debido a la relación inversa de X_C y f . La atenuación es la reducción del voltaje expresada como la relación de V_{sal}/V_{ent} y se desarrolla como sigue en la figura 6:

$$\begin{aligned} \frac{V_{sal}}{V_{ent}} &= \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{X_C}{\sqrt{(10X_C)^2 + X_C^2}} \\ &= \frac{X_C}{\sqrt{100X_C^2 + X_C^2}} = \frac{X_C}{\sqrt{X_C^2(100 + 1)}} \\ &= \frac{X_C}{X_C\sqrt{101}} = \frac{1}{\sqrt{101}} \cong \frac{1}{10} = 0.1 \end{aligned}$$

La atenuación en decibeles es

$$20 \log\left(\frac{V_{sal}}{V_{ent}}\right) = 20 \log(0.1) = -20 \text{ dB}$$

Figura 6. Atenuación en decibeles.

Un cambio de diez veces en la frecuencia mostrado en la figura 7 se llama década. Así que, para un circuito RC, el voltaje de salida se reduce en 20 dB por cada incremento de una década en la frecuencia.

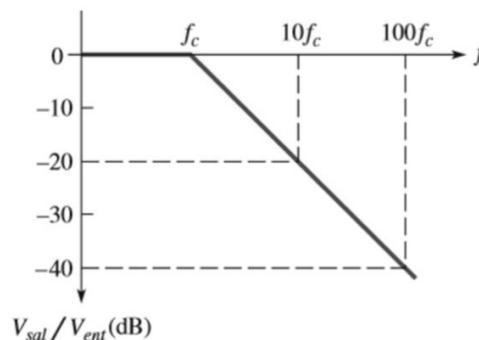


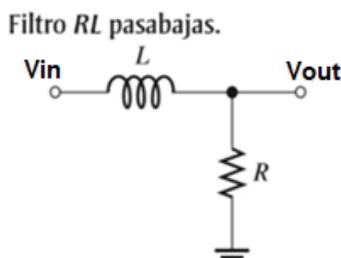
Figura 7. Gráfica de respuesta de frecuencia.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCHAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 6 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Filtro RL pasa bajas

Para $XL = R$ mostrado en la figura 8 se tiene que: Exactamente como en el filtro RC pasa bajas, $V_{sal} = 0.707V_{ent}$ y, por tanto, el voltaje de salida está a -3 dB por debajo del voltaje de entrada en la frecuencia crítica como se aprecia en la figura 9.



$$2\pi f_c L = R$$

$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi(L/R)}$$

Figura 8. Circuito RL pasa bajas

Figura 9. Calculo f_c para RL.

Filtro pasa alto. - En la figura 10 se observa que estos tipos de filtros son los que atenúan muy levemente las frecuencias que resultan mayores que la frecuencia de corte e introducen mucha atenuación a las frecuencias que resultan menores que dicha frecuencia de corte, la figura 11 corresponde al diagrama de este tipo de filtro.

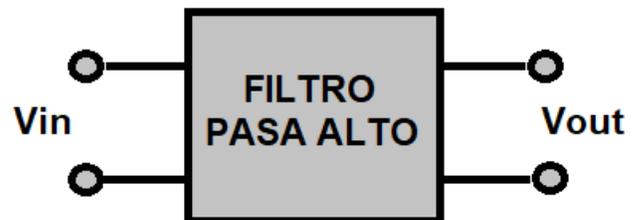
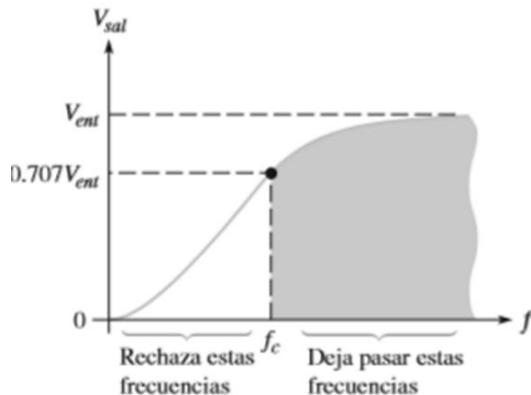


Figura 10. Filtro pasa alto

Figura 11. Diagrama del filtro.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 7 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Filtro pasa banda. – En la figura 12 se observa que en este tipo de filtro existen 2 frecuencias de corte, una superior y otra inferior, este filtro solo atenúa grandemente señales con frecuencias mayores a la frecuencia de corte superior o a las señales con frecuencias menores a la frecuencia de corte inferior. Este tipo de filtro solo permite el paso de un rango o banda de frecuencias sin atenuar, la figura 13 corresponde al diagrama de este filtro.

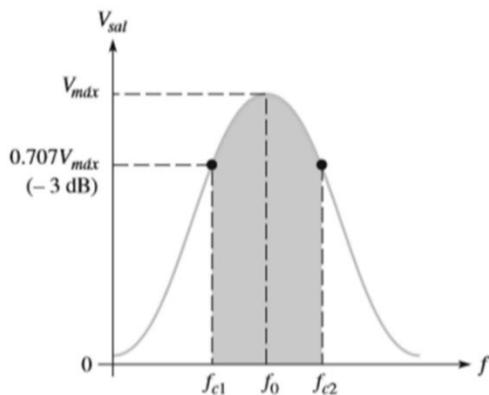


Figura 12. Gráfica de filtro pasa banda



Figura 13. Filtro pasa banda.

El ancho de banda de un filtro pasa banda en la figura 14 es el intervalo de frecuencias dentro del cual la corriente, y por tanto el voltaje de salida, es igual o mayor que el 70.7% de su valor en la frecuencia de resonancia.

AB o BW = $f_{c2} - f_{c1}$ donde f_{c1} es la frecuencia de corte baja y f_{c2} es la frecuencia de corte alta.

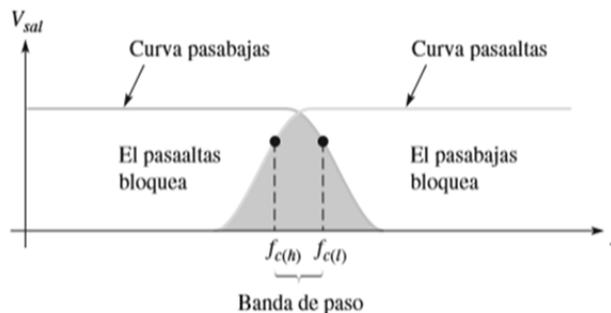


Figura 14. Ancho de banda de filtro pasa banda.

Elaborado por: DANIEL MACIAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 8 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Filtro elimina banda. -Este tipo de filtro no permite el paso a las señales que tengan una frecuencia comprendida entre una frecuencia de corte superior y otra de corte inferior. Estos filtros eliminan una banda completa de frecuencias introducidas en la entrada.

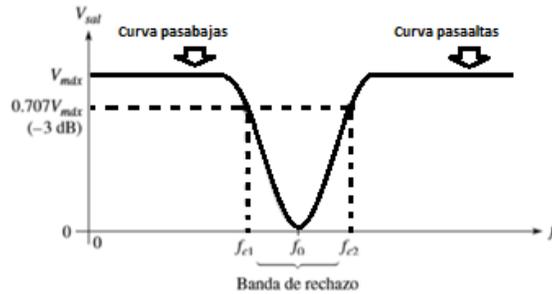


Figura 15. Filtro elimina banda.

Si la frecuencia crítica pasa bajas, $f_c (l)$, se ajusta más baja que la frecuencia crítica pasa alta, $f_c (h)$, se forma una característica rechaza banda tal como ilustra la figura 15.

D. MARCO PROCEDIMENTAL

1. Conectar la aplicación de la Red Pitaya. Para ello, se alimenta la tarjeta STEMLab 125-14, conéctela a la misma red de su computador en donde abrirá la aplicación, ingresar desde la computadora a al STEMLab red pitaya mediante el código URL: **rp-f069f3.local/**



Figura 1. Ingreso de código URL.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCHAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 9 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

2. Seleccionar el filtro Pasa bajo del módulo.

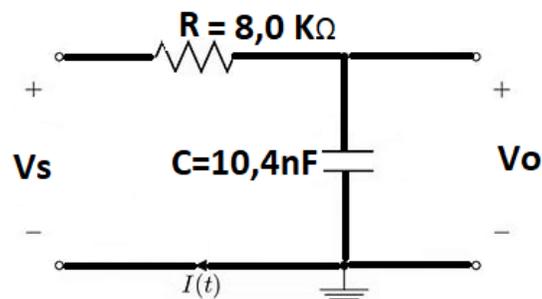


Figura 2. Diagrama de filtro pasa bajo

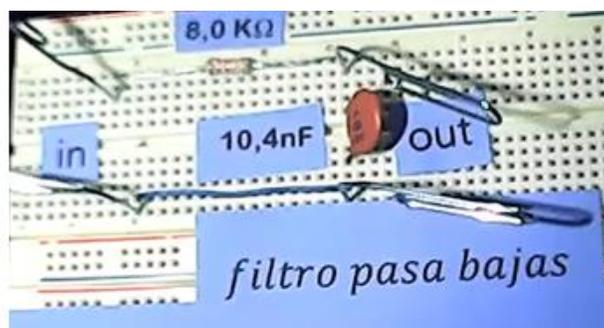


Figura 3. Circuito pasa bajo.

3. Calcular la frecuencia de corte utilizando los datos obtenidos del circuito.

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{6,28(8K\Omega)(10,4nF)} = 1913HZ$$

Figura 4. Fórmula de frecuencia de corte.

Elaborado por: DANIEL MACIAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 10 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

- Conectar un cable de punta de prueba de osciloscopio a la entrada In1 de la tarjeta STEMLab.

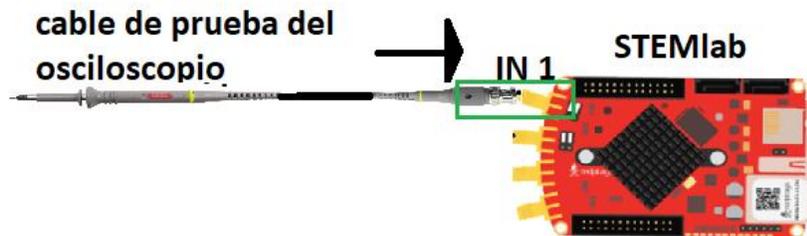


Figura 5. Conexión cable de prueba a tarjeta STEMLab.

- Conectar el cable de prueba del osciloscopio a la salida del circuito.

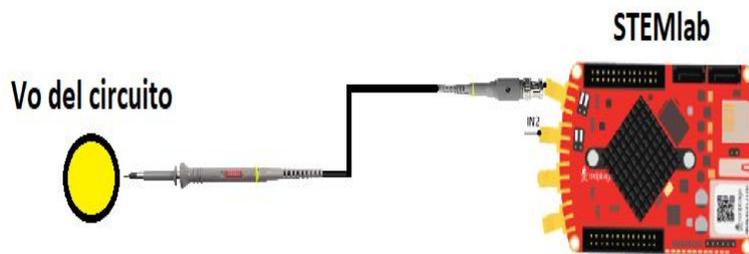


Figura 6. Conexión circuito a STEMLab.

- Verificar que la punta de prueba del osciloscopio esté activa en 1x para que no exista atenuación.

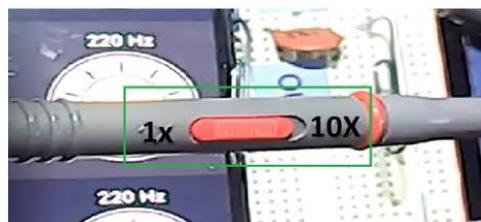


Figura 7. Punta de prueba osciloscopio.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 11 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

7. Conectar un cable de punta de prueba a la salida OUT1 de la tarjeta STEMLab.

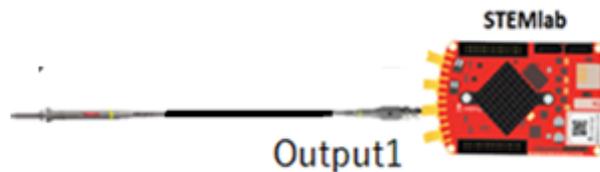


Figura 8. Conexión punta de prueba a out1.

8. Conectar la punta de prueba a la entrada Vin del circuito.

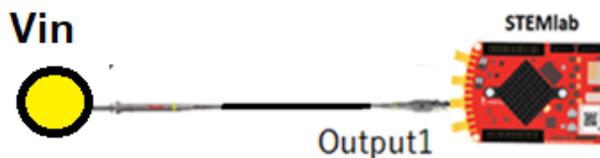


Figura 9. Conexión punta de prueba a Vin.

9. En el acceso directo del software de Red Pitaya-STEMlab y dar clic en el ícono del osciloscopio.



Figura 10. Ícono de ingreso para el osciloscopio.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 12 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

10. Ingresar una señal senoidal de 433Hz a la entrada del circuito Vin con la ayuda de un generador de funciones.

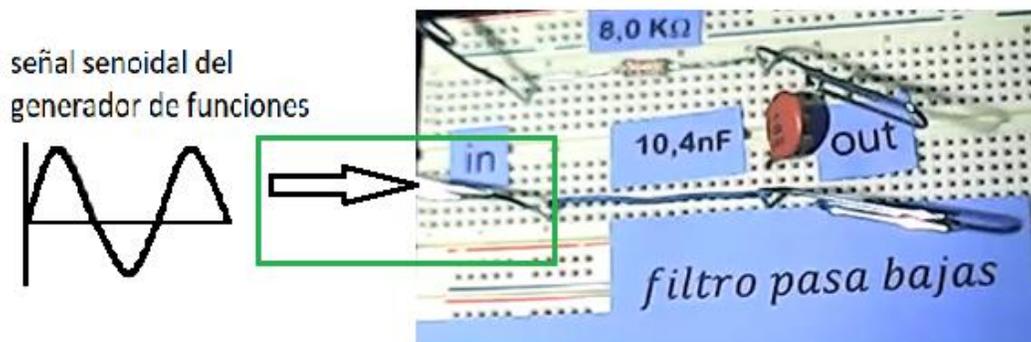


Figura 11. Señal ingresando al circuito

11. Se procede a observar la señal que se produce en el osciloscopio a gracias a el generador de funciones.



Figura 12. Señal generada.

Elaborado por: DANIEL MACIAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 13 de 20
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

12. Se procede a activar los cursores horizontales para ver cuál es el nivel de la señal senoidal. Como se observa en los cursores horizontales se muestra 8,24mV pico a pico y 4,1mV pico, se puede apreciar que la señal mantiene su nivel original dado que la frecuencia que se ha introducido en el filtro está muy por debajo de la frecuencia de corte que se calculó anteriormente.



Figura 13. Activación de los cursores.

13. Se procede a monitorear el voltaje pico de la señal de entrada a fin de aumentar la frecuencia hasta ver a que valor de frecuencia en el voltaje cae en un 29,3%, es decir mantiene el 70% de la señal original, a esa frecuencia encontrada seria la frecuencia de corte que se calculó teóricamente.

LA PERDIDA DE LA SEÑAL

$$(4,1\text{mv}) \times (29,3\%)$$

$$(4,1\text{mv}) \times (0,293) = 1,2\text{mv}$$

Figura 14. Fórmula de la pérdida de señal.

Elaborado por: DANIEL MACIAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCIAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 14 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

14. Por lo consecuente cualquier señal que este en el rango de 4,1mv hasta 2,89mv van a ser validas en el filtro a la salida, es decir mientras toda la señal se mantenga en un 70.7% del nivel nominal será una señal valida que tiene una buena potencia a la salida, si la señal de salida es menos a ese valor, la señal será desechada.

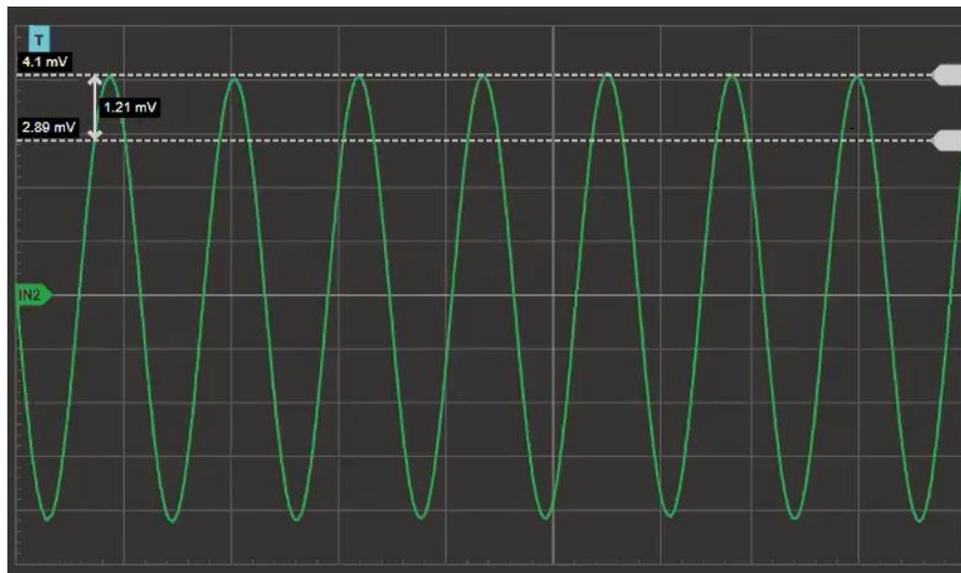


Figura 15. Señal medida con cursores.

15. Se procede a aumentar la frecuencia en el generador de funciones a unos 763Hz.

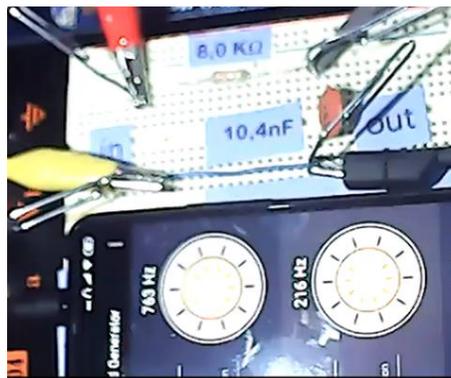


Figura 16. Aumento de frecuencia de la señal.

Elaborado por: DANIEL MACIAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCIAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 15 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

16. Al aumentar la frecuencia en el generados de funciones, se puede observar en el osciloscopio que la señal ha disminuido, pero sigue siendo una señal válida debido a que se encuentra en el rango de 4,2mv y 2,89mv.

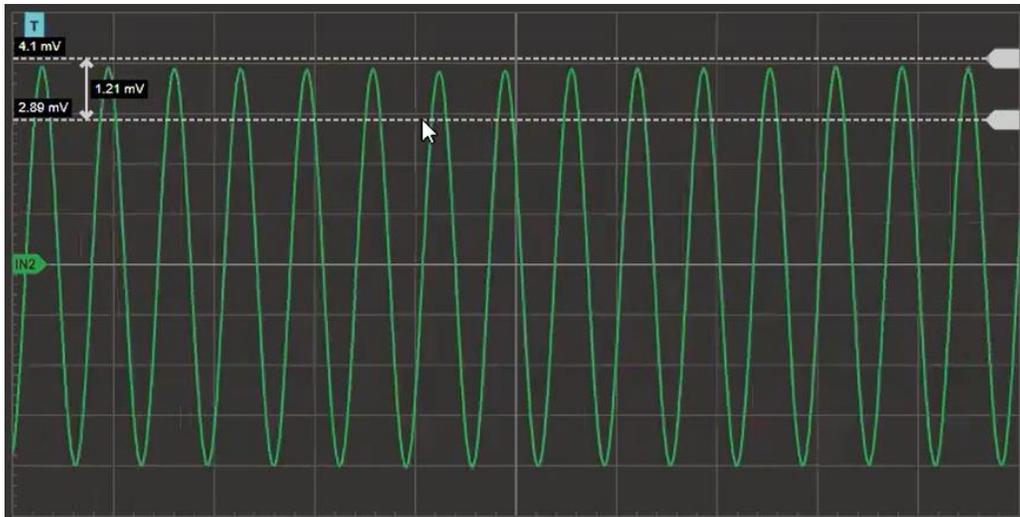


Figura 17. Señal levemente atenuada.

17. Se debe aumentar otra vez la frecuencia en el generado de funciones a unos 1.163 Hz.

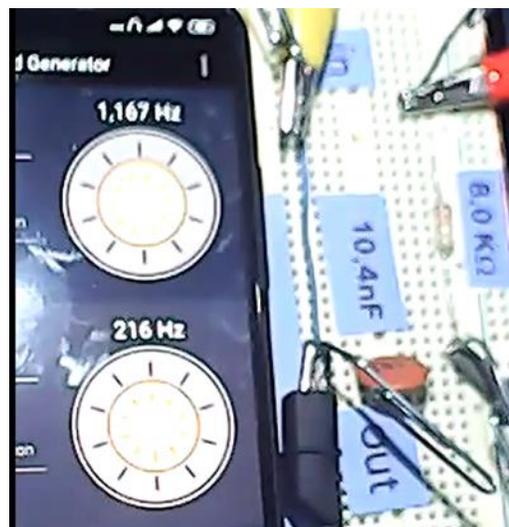


Figura 18. Aumento de frecuencia de la señal.

Elaborado por: DANIEL MACIAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 16 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

18. Ahora en el osciloscopio es más notorio el decrecimiento de la señal, aun así, sigue siendo una señal aceptable debido a que está en el rango que se calculó anteriormente.

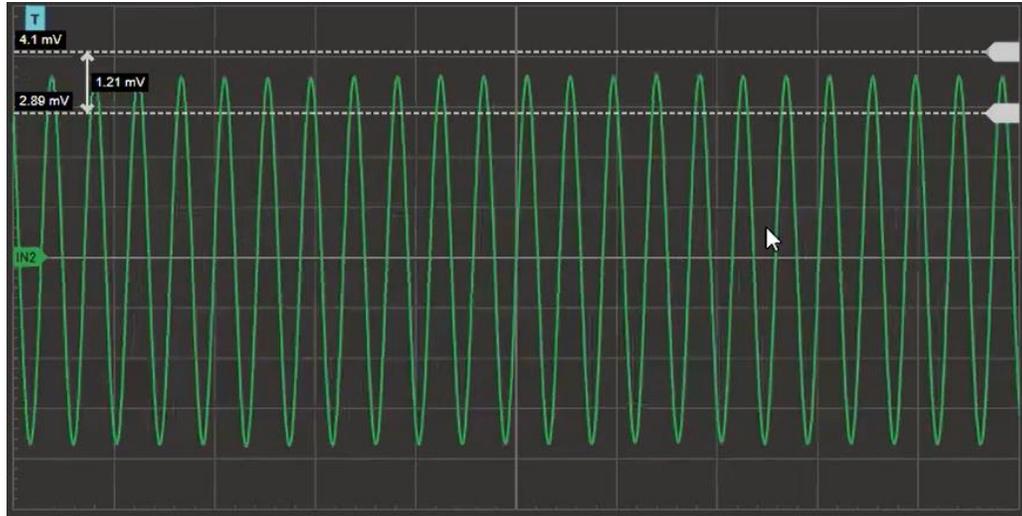


Figura 19. Señal atenuada dentro del rango permitido.

19. Se debe ir al generador de funciones e ingresar la frecuencia de corte que se calculó anteriormente que es 1913Hz.

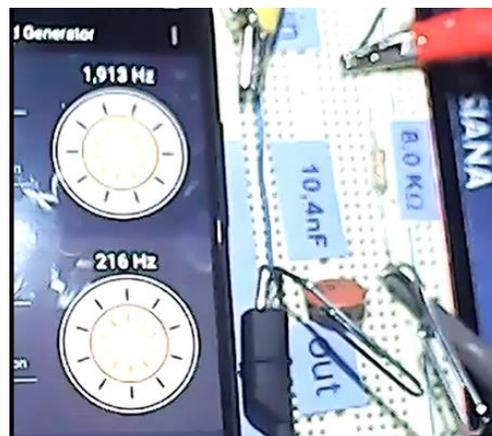


Figura 20. Aumento de frecuencia de la señal.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCIAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 17 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

20. Ahora se puede observar en el osciloscopio que la señal está al borde del nivel permitido para que sea una señal válida, menos de este nivel la señal es desechada.

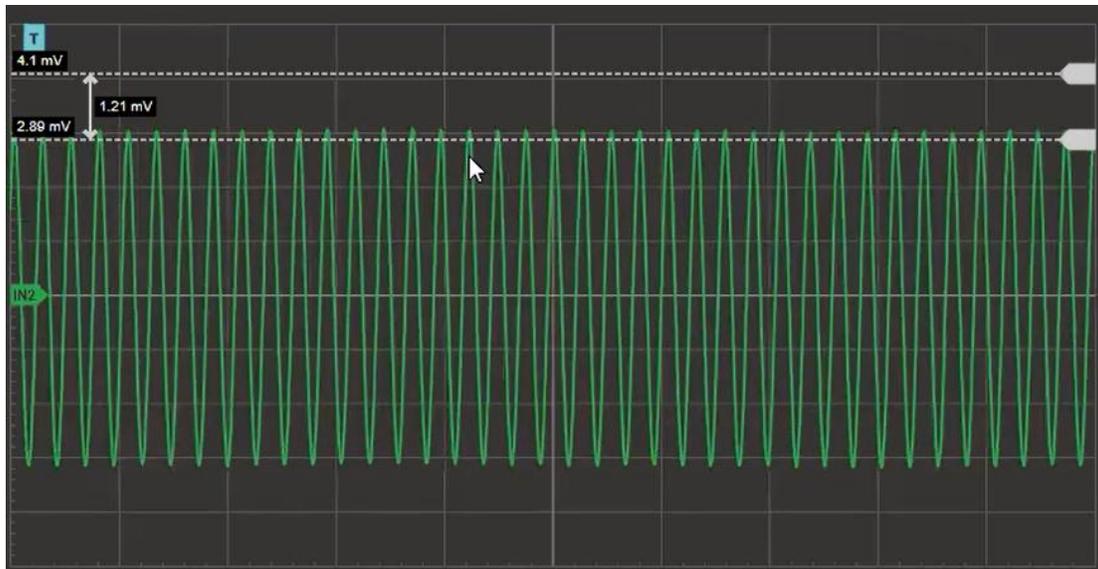


Figura 21. Señal atenuada al límite del rango permitido.

21. Utilizar el generador de funciones e ingresar una señal de 2.523Hz.

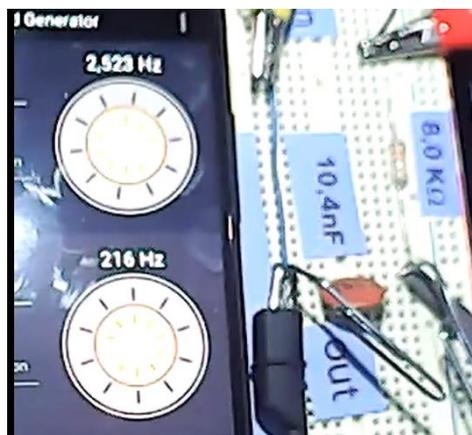


Figura 22. Aumento de frecuencia de la señal.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCIAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 18 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

22. Se procede a ver el osciloscopio y observar que esta señal va decayendo del nivel de potencia permitido, en pocas palabras esta es una señal no valida.

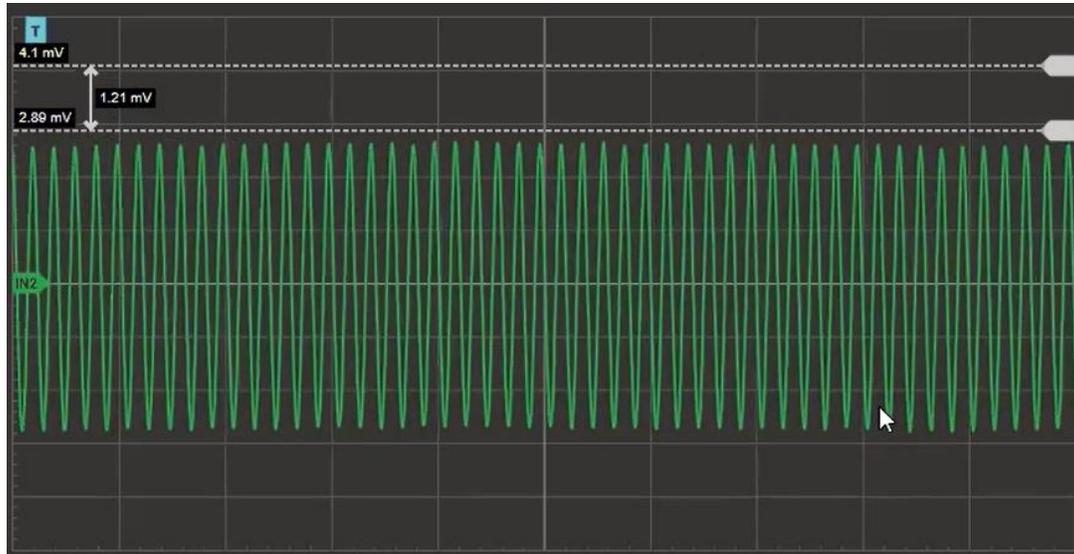


Figura 23. Señal atenuada fuera del rango permitido

23. Salir de la aplicación de osciloscopio e ingresar a la aplicación de bode Analyzer.



Figura 24. Ícono de ingreso para el bode Analyzer.

Elaborado por: DANIEL MACIAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 19 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

24. La aplicación BODE ANALYZER comienza automáticamente a graficar el diagrama de bode de las señales que se tiene en el osciloscopio. A continuación, colocar los cursores horizontales para medir el gráfico de la amplitud (gráfica amarilla), en la gráfica la señal cae un aproximado de 20db por década.

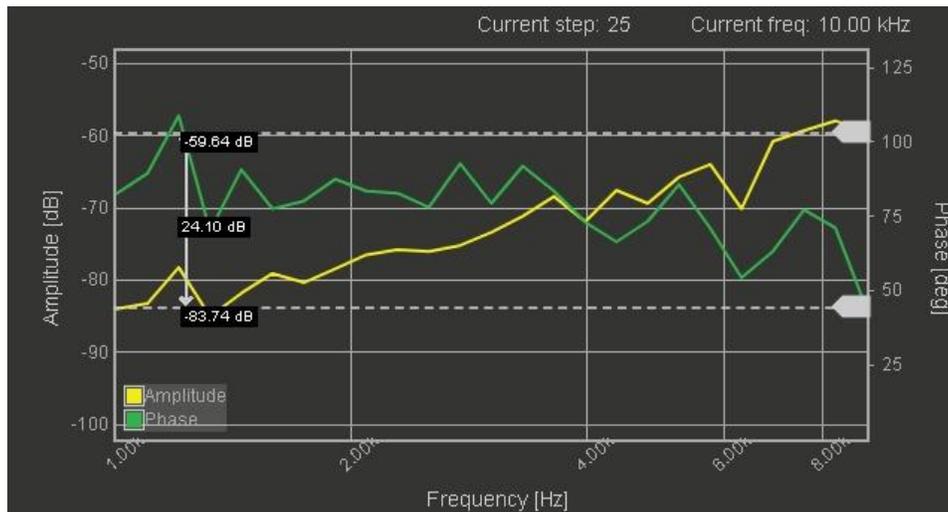


Figura 25. Diagrama de bode.

E. RECURSOS UTILIZADOS

- Un generador de funciones.
- Red Pitaya STEMLab 125-14 o 125-10: Osciloscopio
- Una resistencia de 8,0kΩ.
- Un condensador de 10,4 nF.
- Una tabla proto-board.
- Punta de prueba del osciloscopio

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 20 de 20
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

F. REGISTRO DE RESULTADOS

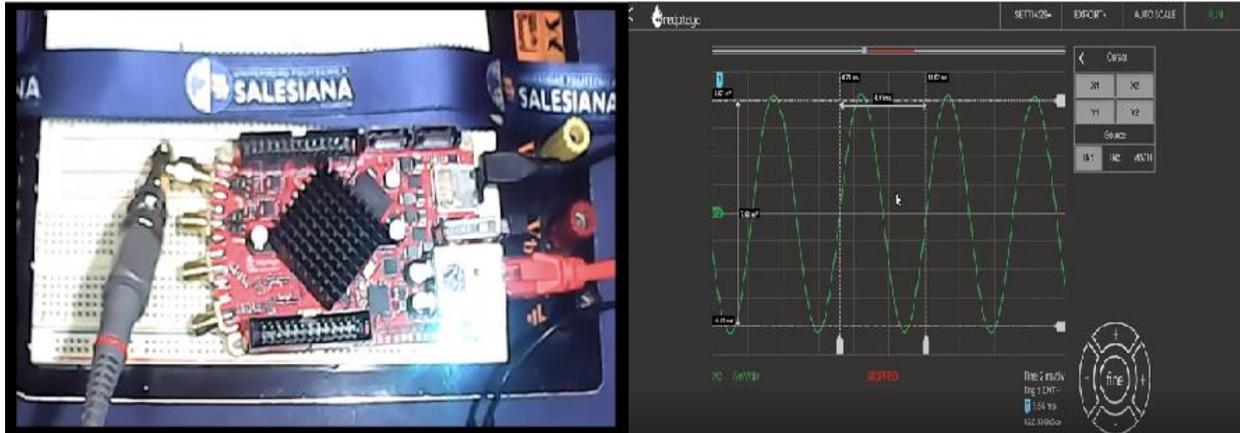


Figura 26. Registro de resultados

En esta figura se puede observar el funcionamiento de la práctica #1, el STEMLab procesando la información respectiva detallada en el marco procedimental y se puede apreciar la conexión con STEMLab a REDPITAYA.

Se observa que se cumple el objetivo de la práctica, al momento de caer 20 db por década se afirma que se está utilizando un filtro de primer orden.

Elaborado por: DANIEL MACIAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLANDO BARCÍAS.
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 21 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

PRÁCTICA #2

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. VICTOR LARCO TORRES

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: “MODULACIÓN AM.”

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 22 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

A. OBJETIVO GENERAL.

- Conocer y comprender el funcionamiento de la amplitud modulada en una señal de información.
- Identificar una señal de información y una señal portadora.
- Conocer y comprender que es sobre-modulación.

B. OBJETIVO ESPECÍFICO.

Poder observar las características de las señales de información por medio del STEMLab, ya sean señales simples o compuestas y poder estudiar el comportamiento de la señal de información al momento de modular su amplitud.

C. MARCO TEÓRICO

MODULACIÓN DE AMPLITUD AM.

La señal de información o mensaje que se desea transmitir de un lugar a otro, contienen señales de baja frecuencia **BF**, y es conocido que las bajas frecuencias no se las puede transmitir a grandes distancias, y; para poderlas transmitir se debe transportar este mensaje de baja frecuencia, con la ayuda de una señal de alta frecuencia **AF** llamada señal portadora, la cual se la denomina así como portadora porque es la señal de alta frecuencia que va a transportar a la señal de baja frecuencia, utilizando para este caso la técnica denominada modulación en amplitud AM.

La modulación de amplitud (AM) es una técnica utilizada para transmitir señales de baja frecuencia BF, mediante un sistema de radio frecuencia RF a través de un medio físico. que puede ser el aire o un cable, y para el efecto se utiliza una señal portadora sinusoidal de alta frecuencia AF cuya amplitud se modifica según varia la amplitud de la señal de baja frecuencia o mensaje que deseamos transmitir.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 23 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

En esencia, el mensaje que se va a transmitir queda registrado como la envolvente de la señal de forma que el receptor debe ser capaz de recuperar la forma de onda de la envolvente para poder recuperar el mensaje original, a este proceso de recuperación de la señal de información BF, se denomina demodulación AM, el proceso se puede observar en la figura 1 de forma gráfica.

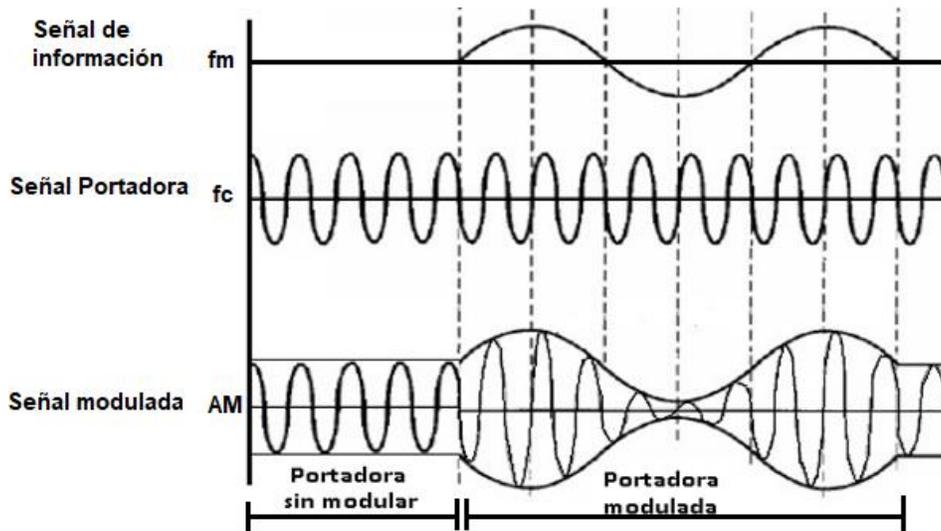


Figura 1. Proceso de señal modulada.

Para la señal de información es de baja frecuencia, llamada también señal moduladora, se trata en el caso concreto de la radiodifusión AM con la transmisión de señales de voz, noticias, música, etc. cuyo ancho de banda se sitúa sobre frecuencias bajas entre los 300 Hz a los 3700 Hz. Las frecuencias portadoras para radiodifusión AM en Ecuador están asignadas en la banda desde los 535 kHz hasta los 1605 kHz (ARCOTEL, plan nacional de frecuencias 2017), siendo la frecuencia de la portadora mucho mayor que la frecuencia de la señal de información, por lo que la extracción de la envolvente será de manera simple, en la figura 2 se observa los espectros de frecuencia.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 24 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Al analizar un ejemplo práctico, para lo cual se escogen valores de la frecuencia portadora capaces de generarse con los equipos disponibles. Se eligió una señal de información $f_m = 1$ KHz al 50% de la amplitud, comparada con una señal portadora $f_p = 20$ KHz al 100% de la amplitud, es decir que en este caso se escogió que la amplitud de la portadora sea el doble que la amplitud de la señal de información. El proceso que sigue este ejemplo se observa en la figura 3 de forma gráfica a su vez se puede analizar en el cuadro de la figura 4 el espectro de frecuencias.

Donde: $f_p - f_m$: frecuencia lateral inferior $f_{Li} = 20 \text{ KHz} - 1 \text{ KHz} = 19 \text{ KHz}$
 $f_p + f_m$: frecuencia lateral superior $f_{Ls} = 20 \text{ KHz} + 1 \text{ KHz} = 21 \text{ KHz}$
 AB es el ancho de banda = $f_{Ls} - f_{Li} = 21 \text{ KHz} - 19 \text{ KHz} = 2 \text{ KHz}$

ESPECTRO DE FRECUENCIAS.

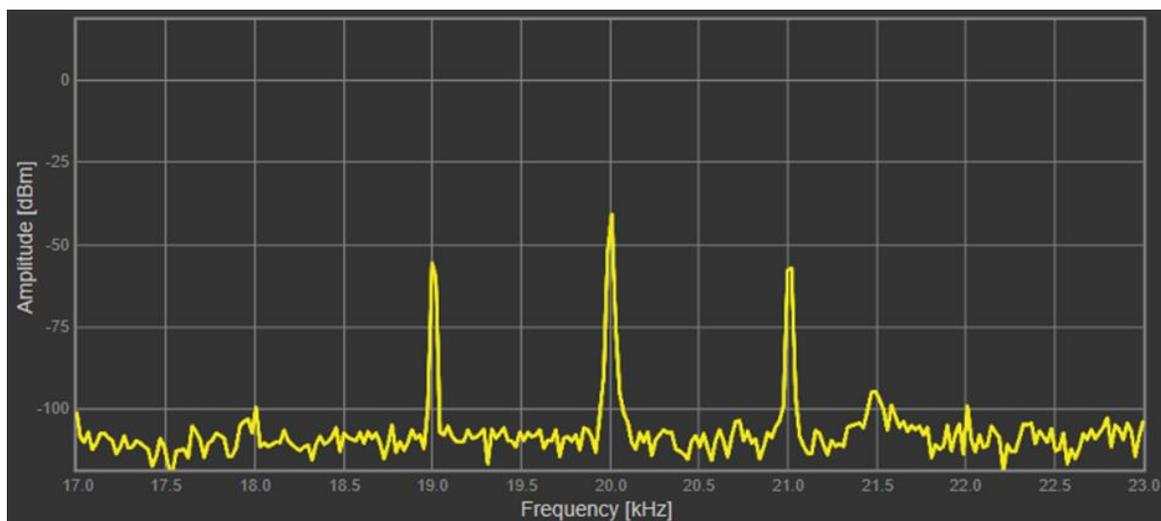


Figura 2. Señal compleja.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 25 de 38
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

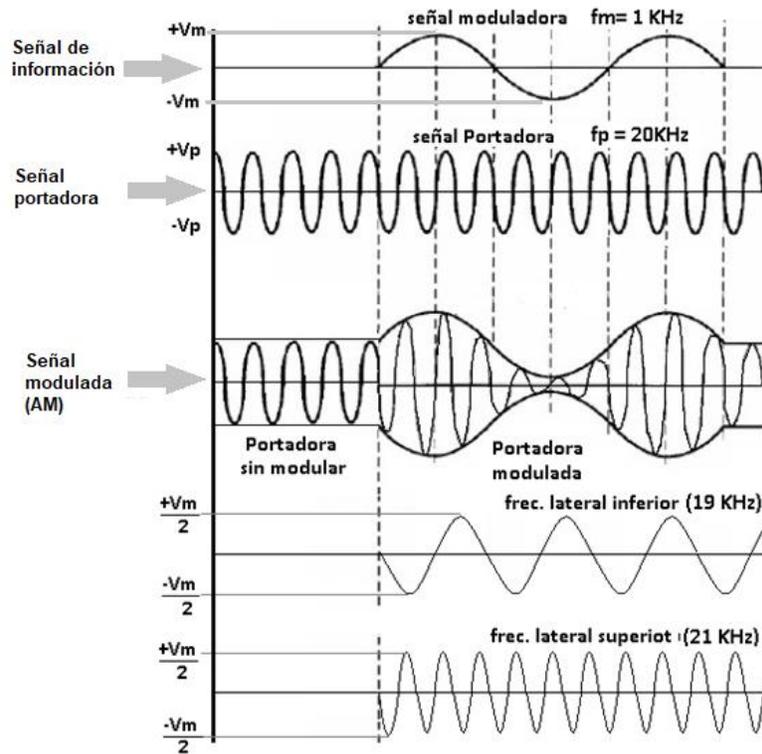


Figura 3. Gráfica del proceso de modulación.

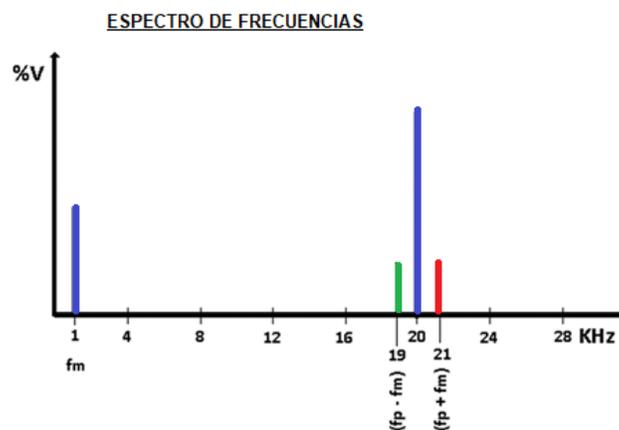


Figura 4. Espectro de frecuencias.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCÍAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 26 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Coeficiente de modulación y porcentaje de modulación.

El coeficiente o índice de modulación es un término utilizado para describir la cantidad de cambio de amplitud presente en una forma de una onda modulada AM. El porcentaje de modulación es simplemente el coeficiente de modulación establecido como un porcentaje. Por tanto, el porcentaje de modulación proporciona el cambio de porcentaje en la amplitud de la onda de salida cuando está actuando sobre la portadora por una señal modulante presente en la figura 5.

El coeficiente o índice de modulación es:

$$m = \frac{E_m}{E_p}$$

m = coeficiente de modulación (sin unidad)

E_m = voltaje de la señal moduladora (voltios)

E_p = voltaje de la portadora no modulada (voltios)

El porcentaje de modulación es:

$$m = \frac{E_m}{E_p} \times 100$$

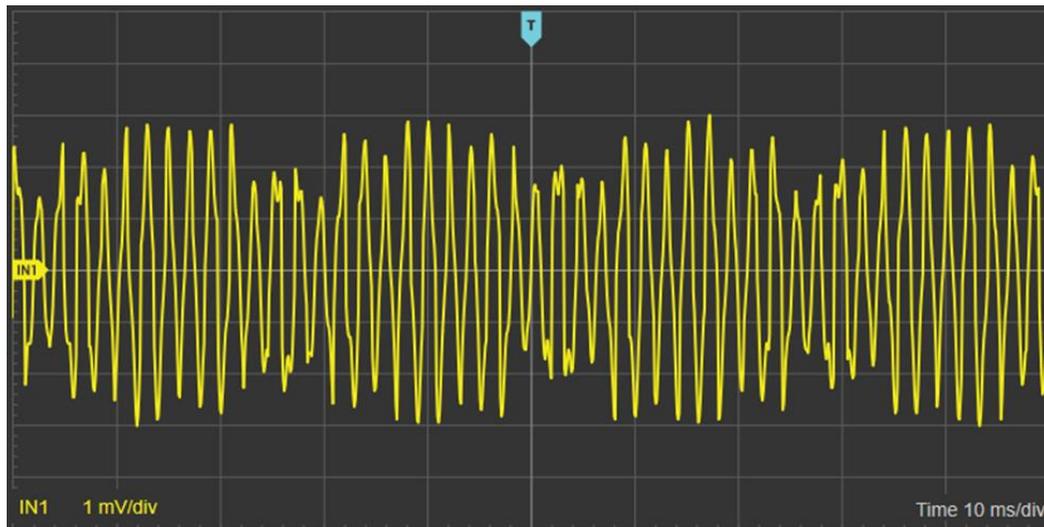


Figura 5. Señal con amplitud modulada.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 27 de 38
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

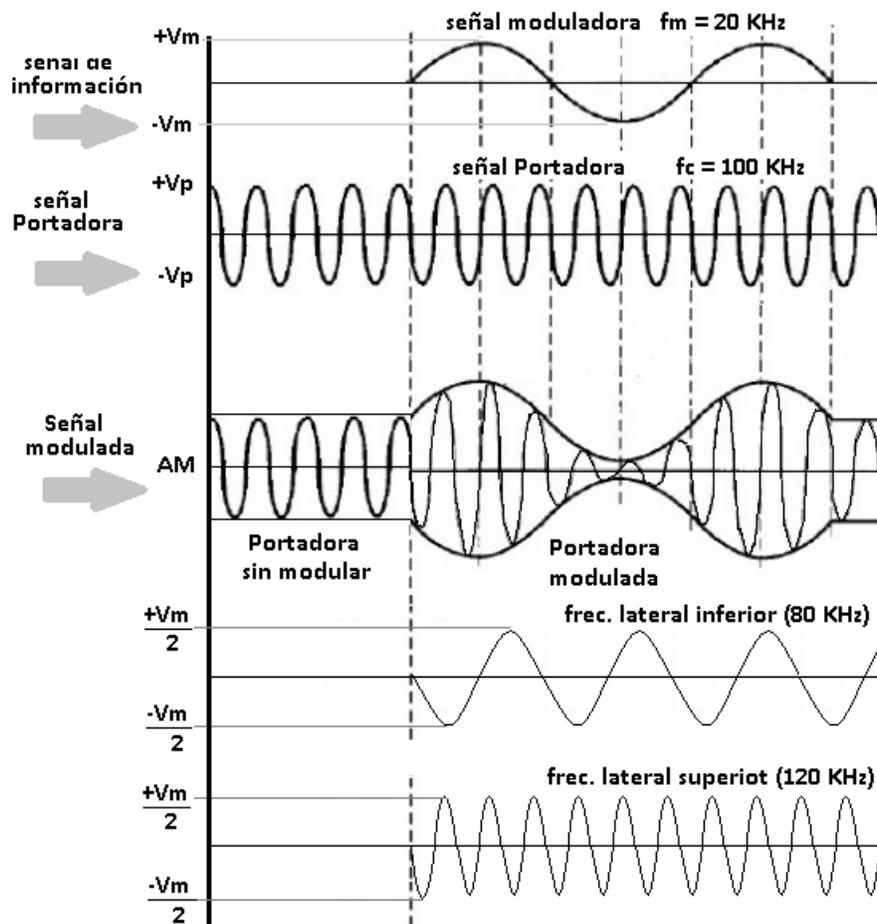


Figura 6. Proceso de modulación.

Sobre-modulación

Cuando el índice de modulación es mayor que 1, se dice que hay sobre-modulación. m% puede variar de 0% a 100% sin que exista distorsión, si se permite que el porcentaje de modulación se incremente más allá del 100% se producirá distorsión por sobre modulación, lo cual da lugar a la presencia de señales de frecuencias no deseadas, la figura 6 muestra un proceso de modulación correcto.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 28 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

caso 1: $m\% < 100\%$. En la figura 7 se observa una señal la cual su $m\%$ es menor al 100% y por lo tanto existe sobre-modulación.

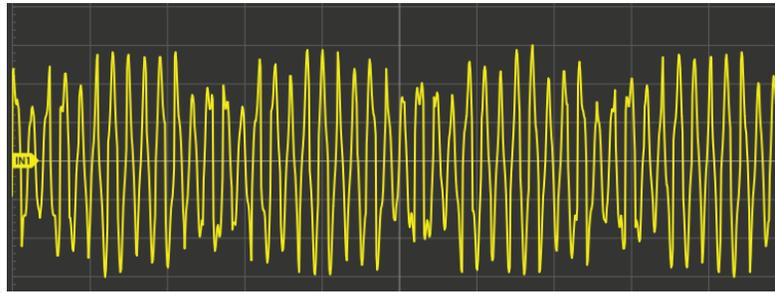


Figura 7. Sobre-modulación primer caso.

caso 2: $m\% = 100\%$ En la figura 8 se observa una señal la cual su $m\%$ es igual al 100% y por lo tanto existe sobre-modulación

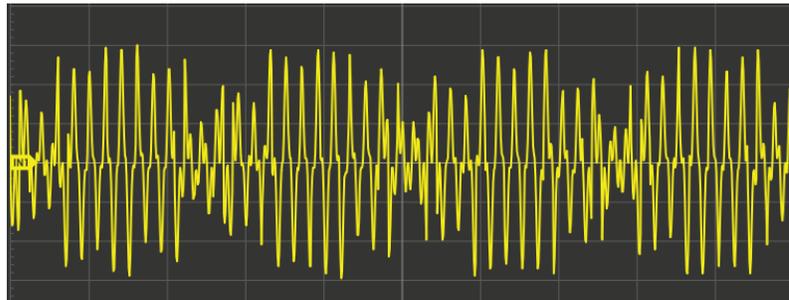


Figura 8. Sobre-modulación segundo caso.

caso 3: $m\% > 100\%$ En la figura 9 se observa una señal la cual su $m\%$ es mayor al 100% y por lo tanto existe sobre-modulación

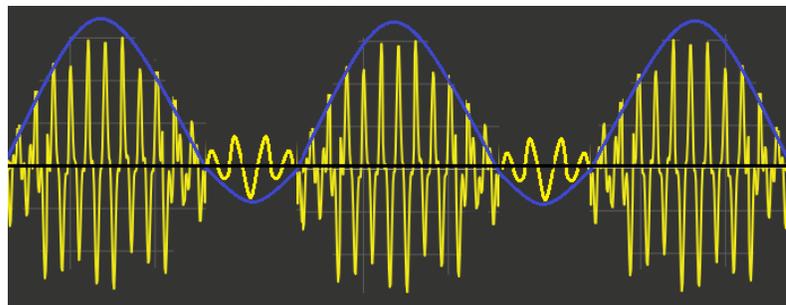


Figura 9. Sobre-modulación tercer caso.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 29 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

KEUWLISOFT DUAL CHANEL FUNCTION GENERATOR

El **Keuwlsoft** es un equipo de doble canal que genera diversas formas de onda, permitiendo obtener la señal en la salida de audio de los altavoces / auriculares, y tiene las siguientes características:

- Genera formas de onda sinusoidales, cuadradas y triangulares.
- Rango de frecuencia desde 1 MHz hasta 22 kHz.
- Amplitud como porcentaje 0-100%.
- Cambiar la fase de inicio de las formas de onda.
- Genera señales moduladas en amplitud (AM) y en frecuencia (FM)



Figura 10. Keuwlsoft.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 30 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Function Generator de Keuwlsoft, está disponible gestionando la suscripción de desde la aplicación Amazon Appstore y puede ser descargado e instalado en el teléfono celular con la versión en idioma inglés, el tamaño requerido será de 1,5 MB y requiere del Sistema operativo Android 2.2 como mínimo, el Tiempo de descarga aproximado es de unos 35 segundos.

D. MARCO PROCEDIMENTAL

1. Conectar la aplicación de la Red Pitaya. Para ello, alimente la tarjeta STEMLab 125-14, conéctela a la misma red de su computador en donde abrirá la aplicación, ingresar desde la computadora a al STEMLab red pitaya mediante el código URL: **rp-f069f3.local/**



Figura 1. Ingreso de código URL.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 31 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

1.1 Abrir el acceso directo del software de Red Pitaya-STEMlab y dar clic en el ícono del osciloscopio.



Figura 2. Pantalla de Inicio Red Pitaya STEMLab

25. GENERACIÓN DE LA SEÑAL AM.

2.1 Selección de la señal Portadora.

- Inicie la aplicación de generador de funciones **Keuwlsoft**.
- A través del generador, editar CH1 y seleccione la forma de onda senoidal (onda seno) con $FREQ = 10\text{ KHz}$, $FASE = 0.0^\circ$, $AMPL = 100\%$, $BIAS = 0\%$



Figura 3. Pantalla del generador de funciones Keuwlsoft.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCÍAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 32 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

2.2 Selección de la señal de información o señal moduladora.

- En el generador de funciones **Keuwlsoft**, seleccione MODULACIÓN AM, y seleccione la forma de onda senoidal (onda seno) con $FREQ = 0,5 \text{ KHz}$, y $AMPL = 50\%$



Figura 4. Ícono de modulación.

2.3 Generar la señal AM hacia la entrada IN1 de la red Pitaya.

- Conecte un extremo del cable balanceado Jack TRS a la salida de audio, y utilice la vía LEFT, luego pulse el botón OUT para tener disponible la señal modulada AM.



cable jack TRS

Figura 5. Conexión cable Jack TRS a generador de funciones.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 33 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

- Conecte el otro extremo del cable TRS a través punta de prueba para Osciloscopio, a la entrada IN1 de la Red Pitaya, la cual ya ha sido encendida puesta en red y en funcionamiento.



Figura 6. Conexiones de cables

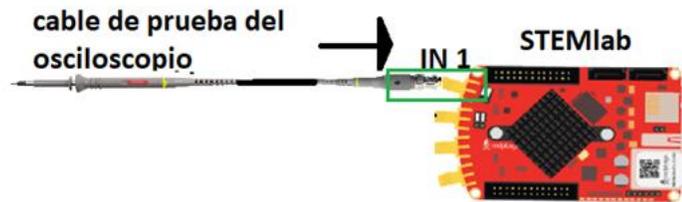


Figura 7. Diagrama de conexiones

26. ANÁLISIS DE LA SEÑAL AM EN EL DOMINIO DEL TIEMPO.

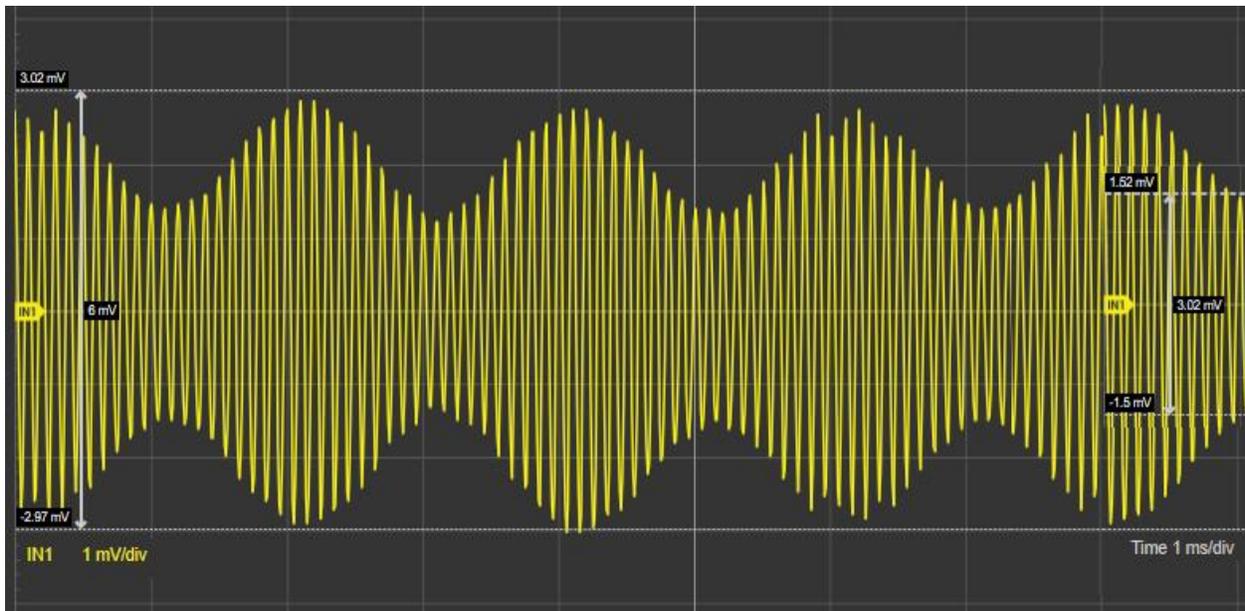


Figura 8. Señal AM en el dominio del tiempo.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 34 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Al observar la señal modulada en el dominio del tiempo, tenemos que:

$$V_{max} = 6,0 \text{ mV}; \quad V_{min} = 3,02 \text{ mV}$$

$$m\% = \frac{V_m}{V_p} \times 100 = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}} \times 100 = \frac{6,0 - 3,02}{6,0 + 3,02} \times 100 = 33,03\%$$

Figura 9. Análisis matemáticos de la señal AM.

27. ANALISIS DE LA SEÑAL AM EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.

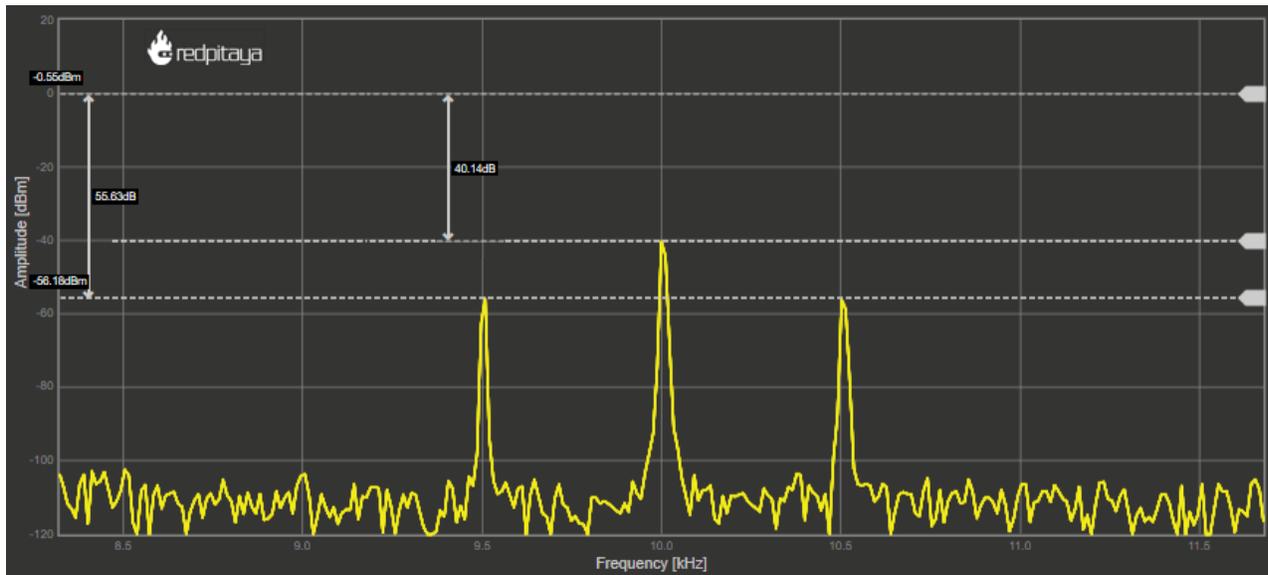


Figura 10. Señal observada en el dominio de la frecuencia.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 35 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

4.1 Medida y cálculo del índice de modulación mediante el analizador de espectro.

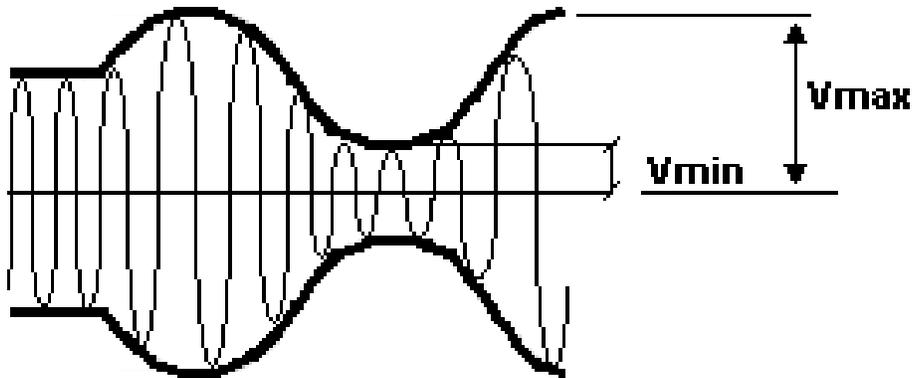


Figura 11. Gráfico del índice de modulación.

La siguiente expresión, se utiliza para calcular el índice de modulación consultando el valor en dBm de la portadora y bandas laterales visualizadas en el analizador de espectro.

$$\%m = \left(10^{\frac{6+P_{BL}(dB)-P_P(dB)}{20}} \right) \times 100$$

Figura 12. Fórmula índice de modulación.

En el espectro obtenido, para este caso se observa que la portadora tiene un nivel de -40,14 dBm y las bandas laterales -55,63 dBm, con estos datos se calcula el índice de modulación:

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 36 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

$$\%m = \left(10^{\frac{6+(-55,63)-(-40,14)}{20}} \right) \times 100 = 33,53\%$$

Figura 13. Desarrollo del índice de modulación.

4.2 Calcular el ancho de banda y los valores de las frecuencias: fundamental, laterales superiores y lateral inferior.

Observando la señal modulada, se tiene que:

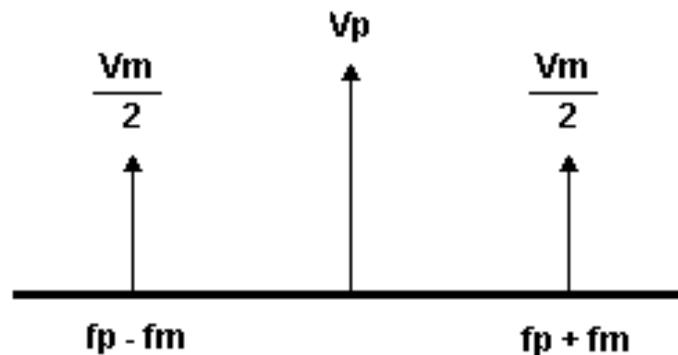


Figura 14. Señal modulada.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 37 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

$f_p = \text{frec. fundamental} = \text{frecuencia de la portadora} = 10 \text{ KHz}$

$f_m = \text{frec. moduladora} = 500 \text{ Hz} = 0,5 \text{ KHz}$

$f_{LI} = \text{frec. lateral inferior} = f_p - f_m = 10 \text{ KHz} - 0,5 \text{ KHz} = 9,5 \text{ KHz}$

$f_{LS} = \text{frec. lateral sup} = f_p + f_m = 10 \text{ KHz} + 0,5 \text{ KHz} = 10,5 \text{ KHz}$

$BW = \text{ancho de banda} = f_{LS} - f_{LI} = 10,5 \text{ KHz} - 9,5 \text{ KHz} = 1,0 \text{ KHz}$

E. RECURSOS UTILIZADOS

- Red Pitaya STEMLab 125-14 o 125-10: Osciloscopio.
- Red Pitaya STEMLab 125-14 o 125-10: Analizador de Espectro.
- Keuwlsoft, generador de funciones de dos canales.
- Cable JACK TRS.
- Punta de prueba del osciloscopio.

F. REGISTROS DE RESULTADOS



Figura 15. Registro de resultado.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 38 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

En las imágenes se puede observar las conexiones del STEMLab Red Pitaya con el Keuwlsoft y al mismo tiempo el funcionamiento correcto de la tarjeta al procesar la información para relazar la práctica#2 que ha sido detallada en el marco procedimental y se puede apreciar el resultado en la app de osciloscopio como se muestra en la siguiente figura.

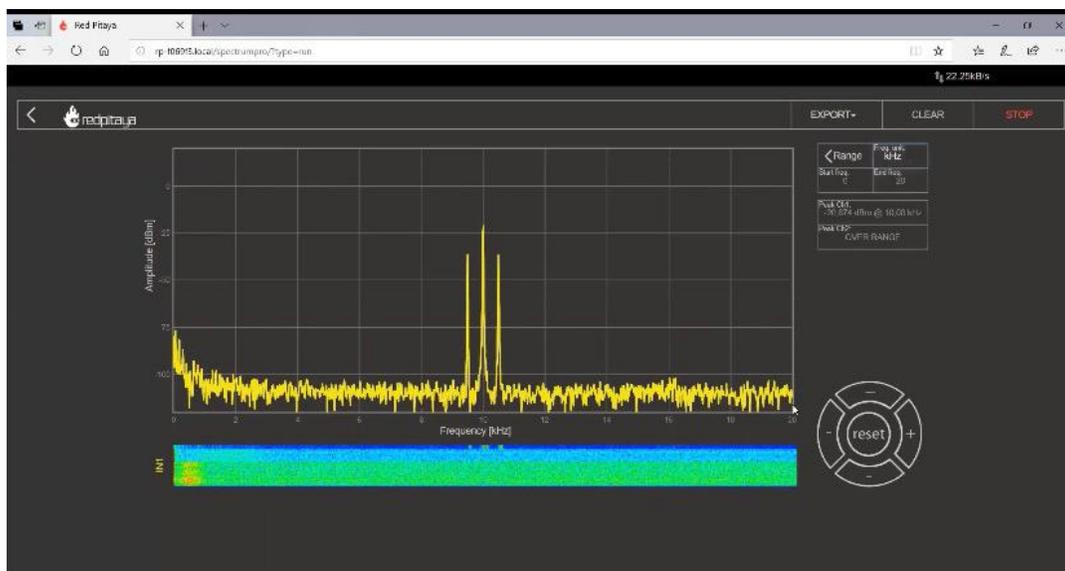


Figura 16. Registro de resultado.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCÍAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 39 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

PRÁCTICA #3

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. VICTOR LARCO TORRES

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: “IMPEDANCIA DE LAS LINEAS DE TRANSMISIÓN COAXIAL.”

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 40 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

A. OBJETIVO GENERAL

- Determinar con la ayuda de nuestro STEMLab de red pitaya, la impedancia característica de un cable coaxial de dimensiones no definidas, a fin de comprender conceptos básicos de instalaciones de cables coaxiales en sistemas de telecomunicaciones.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las características básicas de los cables coaxiales.
- Aprender sobre el acoplamiento de sistemas de telecomunicaciones que utilizan cables coaxiales como medio de transmisión

C. MARCO TEÓRICO

Los cables Coaxiales

los conductores coaxiales se utilizan ampliamente para aplicaciones de transmisión de señales de alta frecuencia, reduciendo así las pérdidas y para proteger las trayectorias de transmisión evitando interferencias de señales externas, en la figura 1 se observa el cable coaxial RG58.



Figura 1. Vista interna de un cable coaxial.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 41 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

El cable coaxial básico está formado por un conductor central rodeado por un conductor exterior concéntrico en el cual los dos conductores tienen el mismo eje y mantienen una distancia uniforme entre ellos. A frecuencias que son relativamente altas, el conductor coaxial externo proporciona una excelente protección contra las interferencias, por lo general este conductor coaxial externo está unido a tierra. La desventaja básica de las líneas de transmisión coaxiales es que son caras y tienen que utilizarse en el modo desbalanceado, estos componentes están detallados en la figura 2.

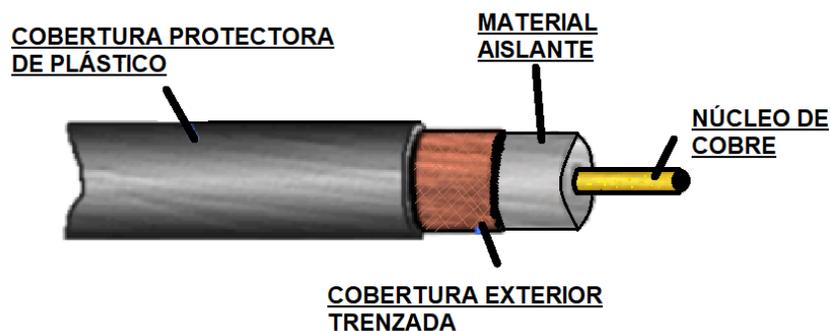


Figura 2. Estructura de un cable coaxial.

TIPOS DE CABLES COAXIALES

Los cables coaxiales se pueden clasificar según las características que deseemos, si es por su rigidez, ya sean: flexibles, semirrígidos y rígidos, también se pueden clasificar por la impedancia que poseen, los valores de impedancia más usados son los siguientes: 50 Ohm, 75 Ohm, 100 Ohm, podemos tomar en cuenta el dieléctrico y su clasificación sería: dieléctrico de aire o dieléctrico sólido.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 42 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

CABLES COAXIALES FLEXIBLES

Estas líneas de transmisión flexibles se usan en aplicaciones que no requieren de mucha potencia y frecuencia tales como interconexiones de equipos, sumadores de baja potencia, conexiones FI, etc. Debido a esto es muy frecuente usarlo en conexiones domésticas como televisión y radio frecuencia de baja frecuencia

CABLES COAXIALES SEMIRIGIDOS

Estos tipos de cables coaxiales se usan para la interconexión entre equipos y filtros, son los que menos perdidas representan y por eso se usan para radioenlaces en UHF y SHE. La ventaja de tener este tipo de cable es al tener un dieléctrico de aire ya que presenta menos pérdidas y puede soportar mayor potencia de propagación.

CABLES COAXIALES RIGIDOS

En el interior de estos cables coaxiales hay unos discos, por lo general de teflón, que recubren al conductor interno, esto lo hace con el propósito de mantener una distancia con el conductor externo. Estos tipos de cables están diseñados para poder soportar potencias muy altas, tiene pocas pérdidas y una alta velocidad de propagación, en la figura 3 se ve la estructura de un cable rígido.

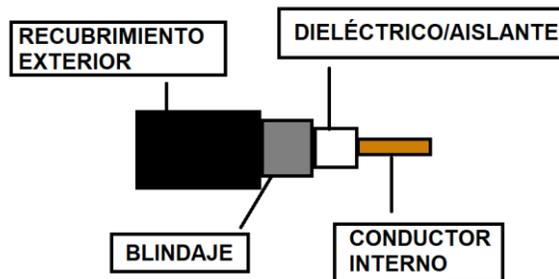


Figura 3. Estructura de cable coaxial rígido.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 43 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

MODELOS DE CABLES Y SUS CARACTERÍSTICAS

RG59: Es el más maleable debido a que es un cable delgado, ideal para circuitos cerrados, este cable no permite una transmisión de video en alta calidad debido a su ancho de banda, es económico y comúnmente se usa para instalaciones domésticas.

RG6: Es el más popular debido a que se usa frecuentemente para televisión en alta definición se lo considera un cable coaxial “estandar”, puede soportar una distancia de hasta 600 metros sin pérdida de señal, lo usan ampliamente compañías de cable y televisión satelital.

RG11: Puede soportar longitudes mayores a mil metros, puede operar en frecuencias de hasta 3GHz posee un ancho de banda mayor a los otros cables, suele usarse para conexiones entre antenas.

RG58: Este tipo de cable coaxial tiene una impedancia característica de 75Ω y un núcleo de 2.17mm se usa por lo general en conexiones domésticas, cuenta con un diámetro de 10.3mm, en la figura 4 se observa una porción del cable RG58 utilizado en la práctica.



Figura 4. Cable coaxial RG 58.

RG9: Este cable coaxial tiene una impedancia similar el cable RG8, siendo de 51Ω y con núcleo estandar, su diámetro es de 10.7mm, unos 4 mm más que el RG8.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 44 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

CABLES COAXIALES MÁS POPULARES

En la figura 5 se aprecian las ventajas y desventajas de los cables coaxiales más populares.

CABLE	IMPEDANCIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CABLE RG59	75 Ohm	Economico,es un cable flexible con poca malla que lo recubre	Cable central delgado,presenta muchas interferencias y atenuaciones
CABLE RG6	75 Ohm	Presenta un conductor central mas grueso que el RG59,trabaja con frecuencias de hasta 2.2GHZ	No puede operar a frecuencias muy altas,no puede extenderse a larga distancias
CABLE RG11	75 Ohm	Opera en frecuencias de hasta 3GHZ,perfecto para instalaciones de larga distancia	No es muy flexible,dificil de encontrar un conector de radifrecuencia que encaje con sus extremos

Figura 5. Ventajas y desventajas de cables coaxiales.

CABLES COAXIALES COMUNES

En la figura 6 se aprecian las ventajas y desventajas de los cables coaxiales más comunes.

CABLES	IMPEDANCIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CABLE RG8	50 Ohm	Bajas perdidas,ofrece un maximo rendimiento y facil de instalar	Poca rigidez
CABLE RG9	51 Ohm	Permite transmision de voz,datos y video,bajo nivel de peridas	Alto precio y poca rigidez

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 45 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Figura 6. Ventajas y desventajas de cables coaxiales comunes.

Los cables coaxiales se seleccionan basándose en 3 parámetros, estos dependen del uso que le demos al cable:

- IMPEDANCIA (50,75 o 93 Ω)
- FRECUENCIA (100 KHZ a varios GHZ)
- ATENUACIÓN (De 1 a varios cientos de db/100m)

IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA

Se conoce como impedancia a la oposición que tiene el cable coaxial al paso de la señal transmitida, esta se mide en ohmios(Ω). La impedancia es una constante para cada tipo de cable y no afecta la longitud del cable ni la frecuencia de la señal que se transmite.

Para poder conseguir una máxima eficiencia en la transmisión, la impedancia del receptor, la del transmisor y la del cable coaxial deben ser iguales, caso contrario se causará reflexiones de la señal y se degradará la transmisión. Los valores de impedancia más comunes en los cables coaxiales son: 50 Ω para equipos de transmisión, 75 Ω para equipos de recepción RTV y 93 Ω para transmisión de señales digitales.

FACTOR DE PROPAGACIÓN (%)

El factor de propagación es un valor que se expresa de manera porcentual y es el resultado de la relación entre la velocidad de propagación de la señal del cable y la velocidad de propagación de la luz en el vacío, el factor de propagación varía según el tipo de dieléctrico que contiene el cable, se considera que un valor superior o igual a 80% es lo óptimo tal como se aprecia en la figura 7.

$$V_f = V_p / C$$

V_f = Factor de propagación

V_p = Velocidad de propagación

C = velocidad de la luz

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 46 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Figura 7. Fórmula de Fp.

RESISTENCIA (Ω).

Cuando se habla de resistencia, se refiere a la oposición al paso de corriente continua existente. Suele darse para la malla y para el par vivo, mientras menor sea el valor de la resistencia mejor será el cable, debido a que la resistencia atenúa la señal.

PÉRDIDAS DE RETORNO (S.R.L.)

Estas pérdidas son ocasionadas debido a la falta de uniformidad en la construcción y en los materiales que se emplean, esto produce una variación puntual de la impedancia lo que ocasiona un retorno de parte de la señal del emisor, expresado en la figura 8.

$$RL = 10x \text{Log}_{10}(P_i/P_r)$$

Figura 8. Fórmula de retorno.

ATENUACIÓN (dB/m)

La atenuación es la pérdida de la potencia que sufre el cable, este valor disminuye al aumentar el diámetro que posee el cable, la conductividad del vivo y la malla, la pérdida está en función de la frecuencia de mi señal y se mide en decibelios/metro o también en decibelios/kilómetros, en la figura 9 se aprecia un ejemplo de atenuación.

ATENUACIÓN DE MI SEÑAL



Figura 9. Señal atenuada.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 47 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Pueden existir 3 tipos de atenuaciones que afectan a la señal de información: atenuación de potencia, tensión y corriente.

ATENUACIÓN DE POTENCIA

$$a = 10 \times \log (P1/P2)$$

ATENUACIÓN DE CORRIENTE

$$a = 10 \times \log (I1/I2)$$

ATENUACIÓN DE TENSIÓN

$$a = 20 \times \log (V1/V2)$$

ATENUACIÓN DE UNA SEÑAL SENOSOIDAL EN EL STEAMLAB

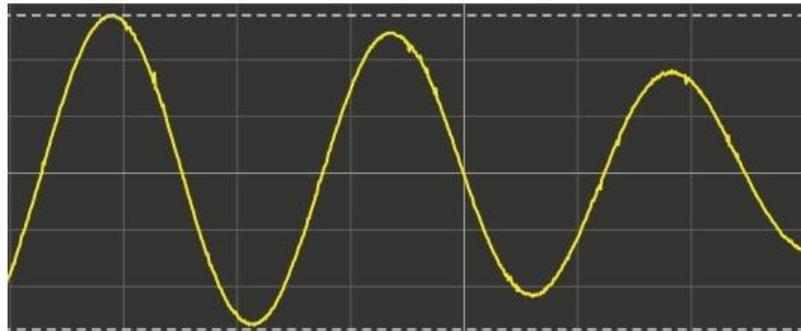


Figura 10. Señal atenuada vista desde STEMLab.

TENSIÓN DE TRABAJO (kV)

Se denomina tensión de trabajo al máximo nivel de tensión con el que se puede trabajar sin producir descargas eléctricas parciales que provocan interferencias eléctricas (efecto corona), esto a largo plazo produce la degradación irreversible del aislante.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 48 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

D. MARCO PROCEDIMENTAL

1. Conectar la aplicación de la Red Pitaya. Para ello, alimente la tarjeta STEMLab 125-14, conéctela a la misma red de su computador en donde abrirá la aplicación, ingresar desde la computadora a al STEMLab red pitaya mediante el código URL: **rp-f069f3.local/**.



Figura 1. Ingreso de código URL.

- 1.1 Abrir el acceso directo del software de Red Pitaya-STEMLab y dar clic en el ícono del osciloscopio.



Figura 2. Pantalla de inicio STEMLab red pitaya.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCÍAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 49 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

- En el osciloscopio seleccionar el ícono de **Output1** y generar una señal cuadrada, luego le ajustar los valores de la frecuencia a 3,58MHz

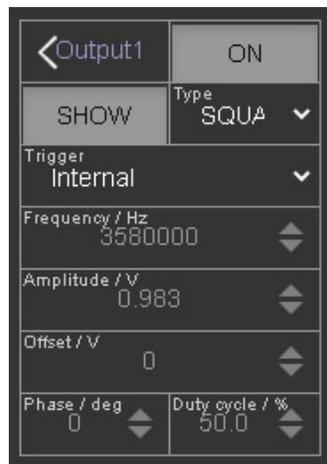


Figura 3. Cuadro de acceso del osciloscopio.

- Para poder observar la señal que se está generando en el osciloscopio se debe dar clic en el ícono de **ON** y luego en el ícono de **SHOW**.

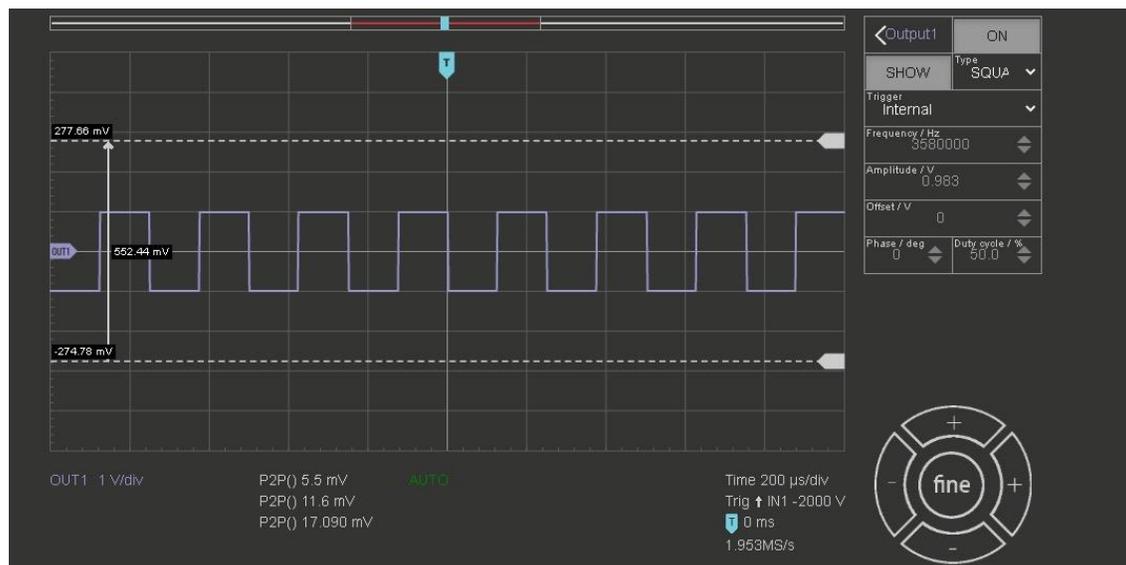


Figura 4. Señal generada por STEMLab red pitaya.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 50 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

3. Se procede a inyectar esta señal dentro del cable coaxial, en este caso un modelo RG58.



Figura 4. Cable coaxial.

- 3.1 Para poder inyectar la señal dentro del cable coaxial se debe conectar un extremo del cable a una punta de prueba del STEMLab.



Figura 5. Conexión de cables.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 51 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

3.2 Después se debe conectar la punta prueba a la salida **Output1** del STEMLab de red pitaya

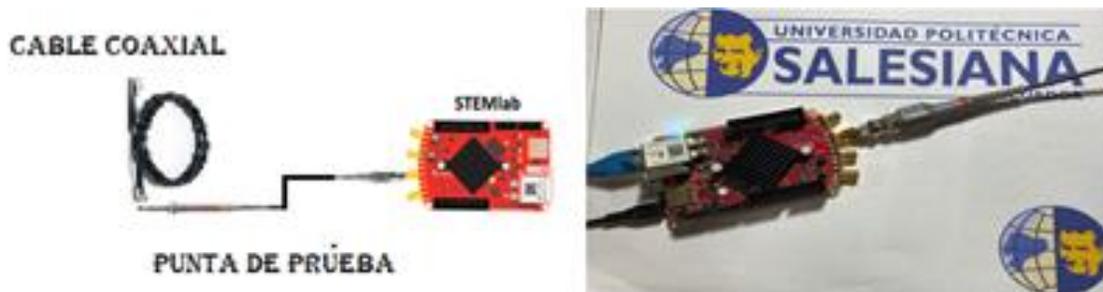


Figura 6. Conexión de cables a STEMLab.

3.3 A continuación, realizar una conexión en paralelo a el otro extremo del cable coaxial al terminal de un potenciómetro.



Figura 7. Conexión de potenciómetro en paralelo.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 52 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

3.4 Ahora proceder a conectar una punta de prueba a la conexión que se realizó con el potenciómetro, ese cable de punta de prueba estará conectada al Input1 del STEMLab con el fin de poder observar el comportamiento de la señal.

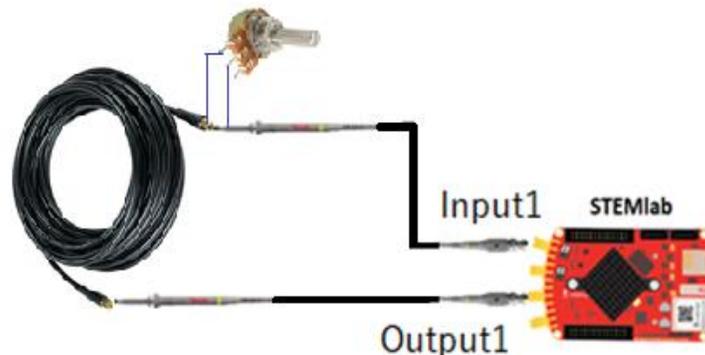


Figura 8. Prueba del potenciómetro.

3.5 Se puede apreciar en el osciloscopio que la señal se ha deformado debido a las diferentes impedancias que existente en la conexión con el potenciómetro, cabe recalcar que los valores del potenciómetro no son exactos, debido a amplio espectro que posee.

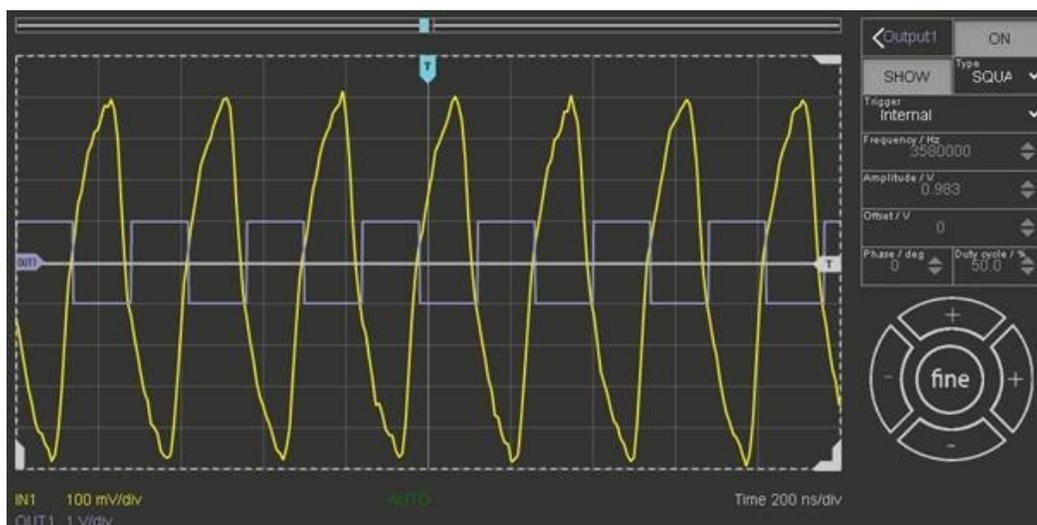


Figura 9. Resultado del potenciómetro.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCÍAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 53 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

4. A continuación, retirar el potenciómetro del circuito para poder conectar una de las mini antenas del módulo, en este caso la antena **A1**.



Figura 10. Conexión de antena A1.

- 4.1 Como se puede observar la señal se degrada debido a que la impedancia de esta antena es muy alta (150Ω), en pocas palabras se puede decir que la impedancia en la entrada no es igual a la impedancia en la salida y por eso se degrada la señal.



Figura 11. Prueba de antena A1.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 54 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

4.2 Proceder a retirar la antena **A1** y ahora conectar la antena **A2** que posee una impedancia diferente a la de la antena **A1**.



Figura 12. Conexión de antena A2.

4.3 Se puede apreciar que ahora la señal que se muestra en el osciloscopio es muy similar a la señal cuadrada mostrada anteriormente, esto ocurre debido a que la impedancia de la entrada es igual o aproximada a la impedancia que existe en la salida del circuito

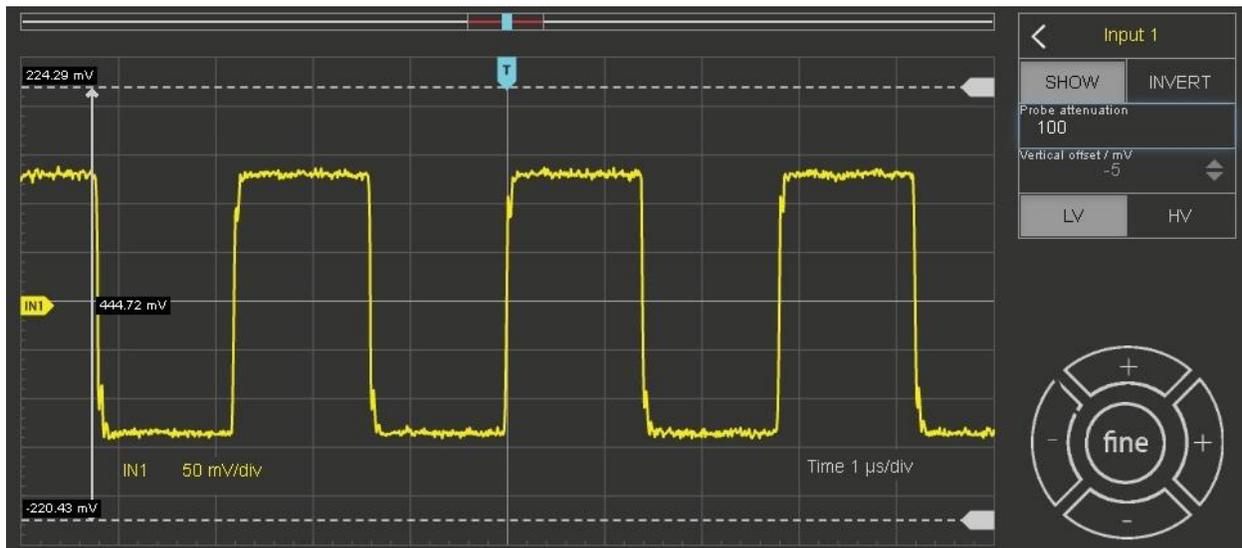


Figura 13. Prueba de antena A2.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 55 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

4.4 Se procede a retirar la antena **A2** y ahora conectar la antena **A3** que posee una impedancia diferente a las antenas **A1** y **A2**



Figura 14. Conexión de antena A3.

4.5 Como se puede observar la señal se deforma, no es similar a la señal que se está transmitiendo, esto sucede debido a que no hay un acople de impedancias en el sistema de transmisión, podemos concluir que la antena con la impedancia deseada es la antena A2

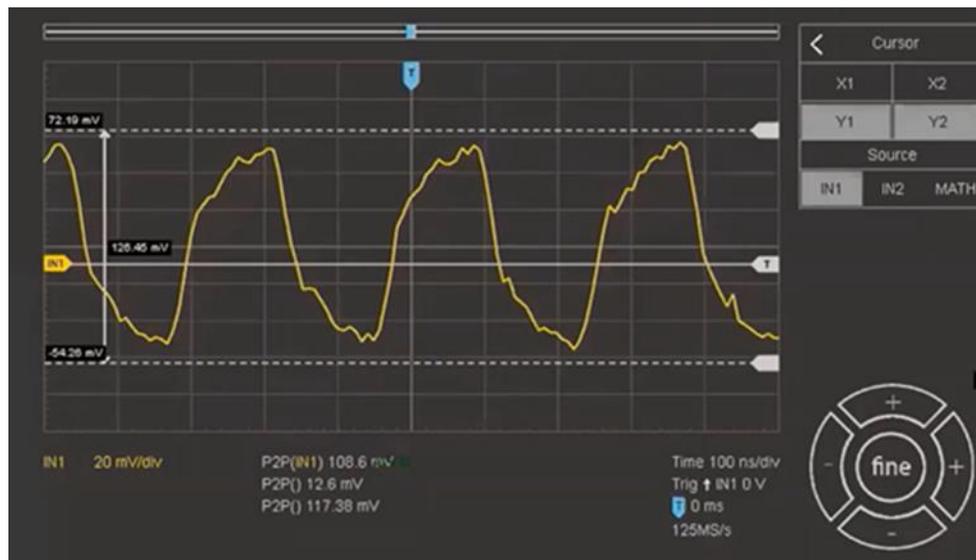


Figura 15. Prueba de antena A3.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCÍAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 56 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

E. RECURSOS UTILIZADOS

- Una computadora con conectividad a internet.
- Dos puntas de prueba.
- Un cable coaxial RG58
- Un potenciómetro
- Dos minis antenas de prueba.

F. REGISTRO DE RESULTADOS

Se puede concluir que para que exista la máxima transferencia de potencia en el sistema de transmisión línea TX y antena, el sistema debe estar acoplado correctamente.

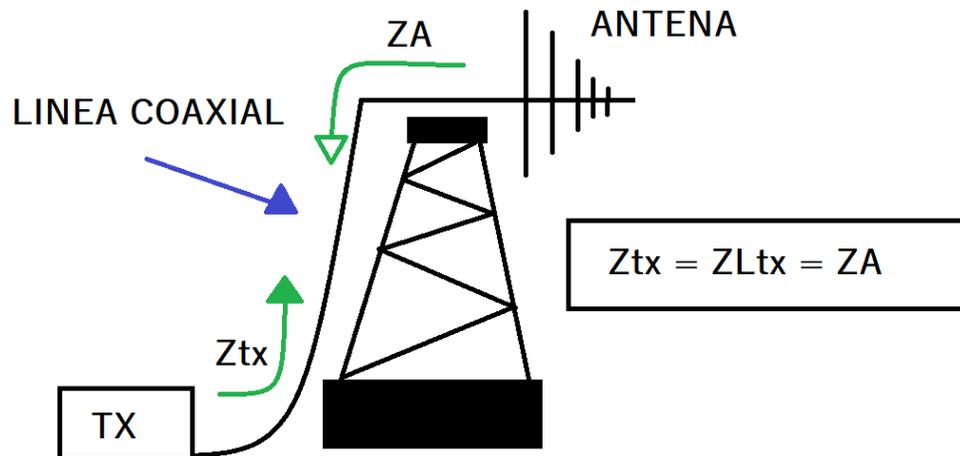


Figura 16. Registro de resultado.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 57 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

En esta imagen se puede observar la tarjeta STEMLab trabajando con las conexiones en Outpu1 que es el encargado de enviar la señal de información generada por la tarjeta procesadora.



Figura 17. Registro de resultado.

Aquí se puede observar a el STEMLab conectado con ambas puntas de prueba, una en el Outpu1 que es el que envía la señal y la otra en el Input1 que es el encargado de recibir la señal que genera la tarjeta.



Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 58 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Figura 18. Registro de resultado.

ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

PRÁCTICA #4

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. VICTOR LARCO TORRES

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: “Contador de frecuencia y cálculo de la tasa de error de bit (BER).”

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 59 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

A. OBJETIVO GENERAL

- Medir la frecuencia de una señal desconocida a través de un medidor de frecuencia digital y con estos datos, realizar una simulación de errores y calcular la tasa de error de modo de transmisión Tx - recepción Rx.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las características básicas de los cables coaxiales.
- Aprender el cálculo de la tasa de error "BER" y sus valores permitidos en la transmisión de señales digitales.
- Conocer las técnicas digitales de corrección de errores.

C. MARCO TEÓRICO

QUE ES LA TRANSMISIÓN DIGITAL

La transmisión digital consiste en el envío de información de datos, voz y video en forma de señales digitales. Por lo tanto, las señales de información que en un principio son analógicas, deberán ser convertidas en señales discretas o, en otras palabras, deberán ser digitalizadas antes de proceder a transmitidas, este proceso esta resumido en el diagrama de bloques de la figura 1.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 60 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

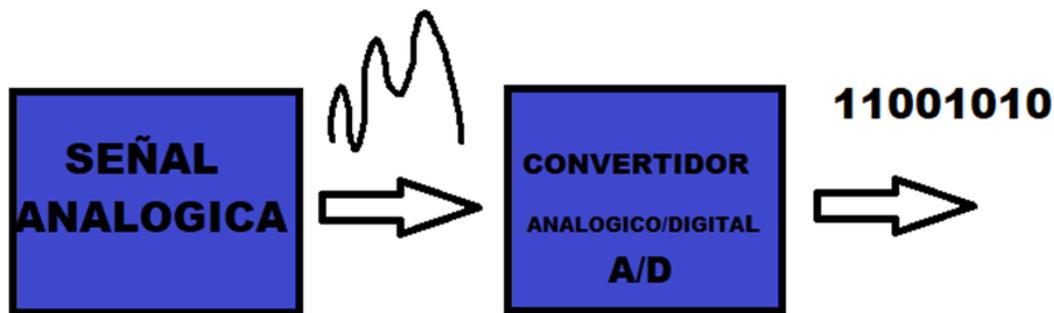


Figura 1. Diagrama de bloques-Transmisión digital

En la transmisión de la trama de datos (**trama** es una serie sucesiva de bits de un tamaño específico), mientras mayor es el tamaño de la trama que se transmite, mayor es la probabilidad de que contenga errores. Para detectar un error en la trama, se añade un código que al final de la transmisión, indicará si se ha cambiado algún bit en el camino. Este código añadido, deberá de ser interpretado tanto por el emisor como por el receptor. Los **errores en la transmisión** de datos son originados por fenómenos físicos como el ruido, como las características físicas del cable que transporta estos datos, la impedancia, influye también el movimiento a gran velocidad de los electrones dentro del cable, Interferencias, calor, magnetismo etc. Los diferentes sistemas de transmisión de datos deberán ser capaces de transferirlos con la mayor exactitud posible, sin embargo, siempre se generarán errores en el trayecto y los sistemas de comunicación deben ser diseñados con la capacidad de minimizar estos posibles errores e incluirán mecanismos para detectarlos y corregirlos

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 61 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

TIPOS DE ERRORES EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS.

En las líneas de transmisión de datos se pueden generar errores de dos tipos: Error de bit y error de ráfaga.

ERROR DE BIT.

Cuando un determinado bit de dato uno o cero, cambia su valor discreto de uno a cero o de cero a uno, este proceso esta resumido en el diagrama de bloques de la figura 2.

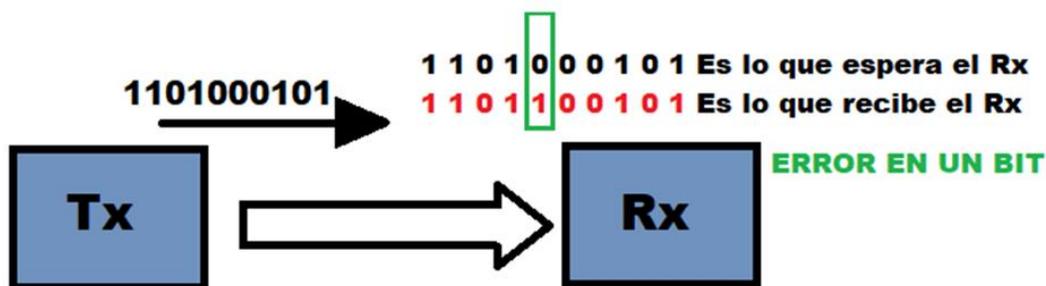


Figura 2. Diagrama de bloques – Error de bit.

En este caso, un solo bit errado, altera el significado del dato. Este tipo de error es el menos probable en una transmisión de datos serie, puesto que el periodo de duración del bit es muy breve $T = \frac{1}{f}$ y el ruido debería que tener un tiempo de duración insignificante lo que es poco probable. Sin embargo, este tipo de error de un solo bit, si puede ocurrir en una transmisión paralela, y; en este caso el cable puede sufrir una perturbación en algún tramo y alterar únicamente un bit de cada byte. Con más detalle se puede observar en la figura 3 una línea de transmisión de datos con error de bit.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 62 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE DATOS

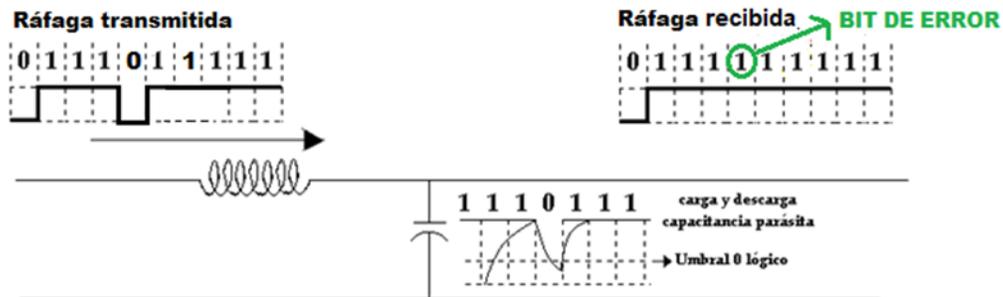


Figura 3. Línea de transmisión de datos.

ERROR DE RÁFAGA

En este tipo de error, significa que varios bits de la unidad de datos han cambiado. De estado en el receptor, no significando que estos errores de ráfaga se produzcan en periodos de bits consecutivos. La longitud de la ráfaga se mide desde el primero hasta el último bit incorrecto, sin importar que en intermedios hayan algunos bits sin errores, como se muestra en la figura 4.

LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE DATOS

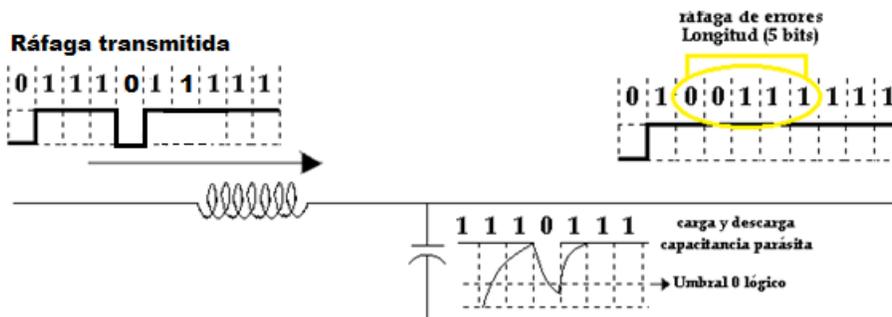


Figura 4. Línea de transmisión de datos – Error de ráfaga

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 63 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

DETECCIÓN DE ERRORES.

MÉTODO BIT DE PARIDAD:

Cuando se requiere transmitir los datos en una señal digital, se debe tener en cuenta que puede meterse un ruido. Dicho ruido es la superposición de una señal no deseada, cuando este ruido se adhiera a la señal y este llegue al receptor, lo va a tomar como un error.

Un método que se utiliza para evitar dicho problema es Bit De Paridad. Si se tiene un número de BITS que se desea transmitir, estos deben ser enviados antes por un generador de Paridad, el cual le agregará un BIT más, dicho BIT de paridad puede ser BIT de paridad PAR o BIT de paridad IMPAR, en la figura 5 se observa un diagrama de un circuito detector de errores.

BIT DE PARIDAD PAR:

El generador de paridad para ayudar que este BIT de paridad sea PAR le ayuda a emparejar a los números 1 y si este BIT ya los tiene emparejado, puedes le agrega otro número 0, y así se busca que los números 1 tengan una formación PAR.

Luego estos datos se los transmite y en el receptor habrá un comprobador de Paridad, donde este denotará si los números 1 forman pares para definirlos como CORRECTO y de no ser así lo va a catalogar como ERROR.

Este método solo va a detectar si ha habido cambio en uno de los BITS, pero no va a decir en cuál de ellos está el ERROR.

BIT DE PARIDAD IMPAR:

El generador de paridad para ayudar que este BIT de paridad sea IMPAR le agrega un número, el cual ayudará a que todo el BIT sea IMPAR.

Así cuando los datos se transmiten al receptor, el comprobador de paridad notará si es IMPAR para catalogarlo como CORRECTO y de no ser así, catalogarlo como ERROR.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 64 de 38
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

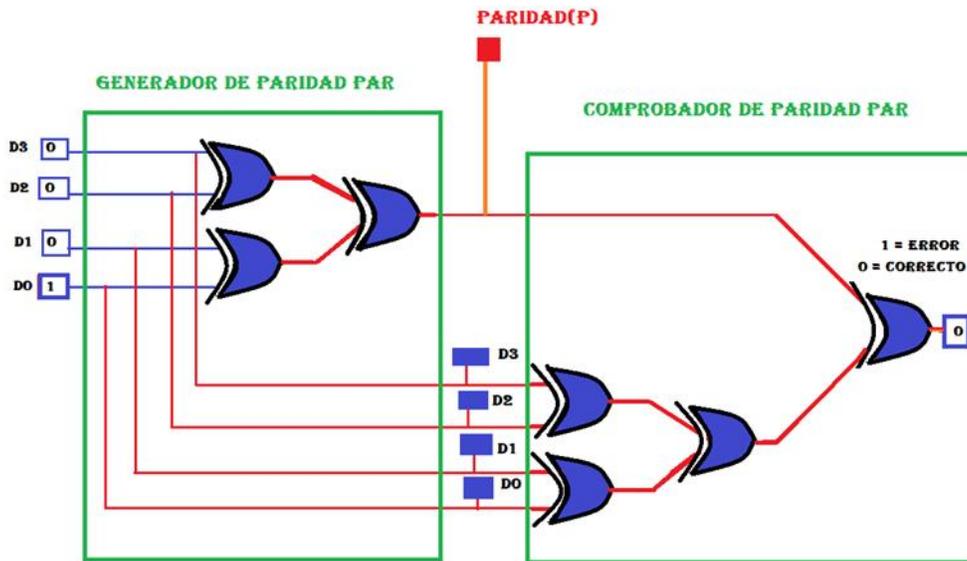


Figura 5. Diagrama de detección de errores.

Tasa de Error de Bits BER (Bit Error Rate)

Cuando existe una transmisión digital (trama de unos y ceros lógicos), en el recorrido se pueden producir errores, es decir ciertos datos llegarán alterados al receptor, y podríamos decir que el número de **errores** registrados, es el número de bits recibidos en una que se han alterado debido a muchos factores como el ruido, interferencias de cocanal o canal adyacente, errores de sincronización de bits, etc.

En una transmisión de datos digitales en telecomunicaciones, el BER "Tasa de Error de Bits" es la cantidad de bits recibidos con errores dividida por la cantidad total de bits recibidos o enviados por el correspondiente transmisor, durante un período de tiempo dado, este proceso se resume en la ecuación de la figura 6, a su vez se observa en la figura 7 el diagrama de bloques de error por ráfaga.

$$BER = \frac{\text{Cantidad de bits errados}}{\text{Cantidad total de bits procesados}}$$

Figura 6. Fórmula de BER.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 65 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

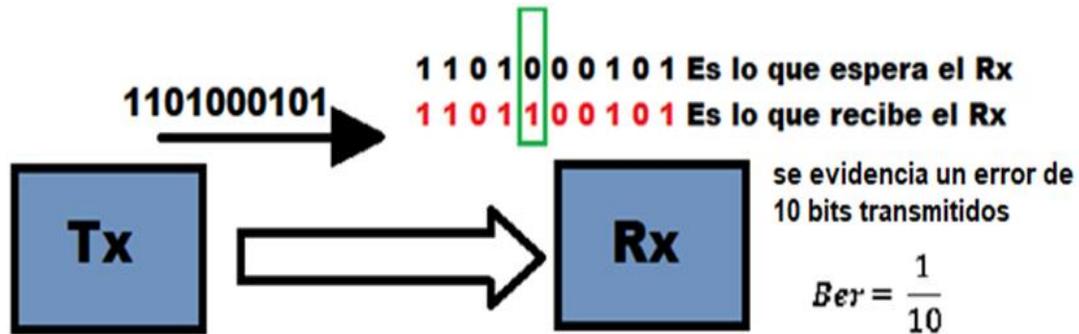


Figura 7. Diagrama de bloques- Error de ráfaga.

El BER normalmente es expresado como $BER = 10^{-x}$

- Por ejemplo, una transmisión puede tener un $BER = 10^{-8}$, lo que significa que, de 100.000.000 de bits transmitidos y recibidos, 1 bit tenía error. ($1/10^8 = 10^{-8}$).
- Por ejemplo, una transmisión puede tener un $BER = 10^{-11}$, lo que significa que, de 100.000.000.000 de bits transmitidos y recibidos, 1 bit tenía error. ($1/10^{11} = 10^{-11}$).
- Por ejemplo, una transmisión puede tener un $BER = 10^{-4}$, lo que significa que, de 10.000 de bits transmitidos y recibidos, 1 bit tenía error. ($1/10^4 = 10^{-4}$).

La BER en la figura 8 permite indicar la calidad de un sistema de transmisión digital, en base a valores referenciales estandarizados:

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 66 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Estado del Sistema de Tx	Valor de la tasa de error
Digital	“BER”
SISTEMA MUY BUENO	$BER = 10^{-9} a 10^{-11}$
SISTEMA BUENO	$BER = 10^{-7} a 10^{-8}$
SISTEMA REGULAR	$BER = 10^{-6}$
SISTEMA DEGRADADO	$BER = 10^{-3} a 10^{-5}$
SISTEMA DAÑADO	$BER > 10^{-3}$

Figura 8. Valores estandarizados.

EL ANALIZADOR DIGITAL DE LA RED PITAYA.

La aplicación Logic Analyzer permite la representación de los estados binarios de señales digitales.

El analizador lógico puede tratar con señales puramente binarias, como salidas GPIO de la placa Raspberry Pi o Arduino, así como analizar diferentes buses (I2C, SPI y UART) y decodificar los datos transmitidos.

Áreas y elementos claves:

1. Auto: restablece el zoom y trae el evento de activación en el medio del gráfico.
2. Ejecutar / Detener: inicia la grabación de las señales de entrada y la interrumpe cuando la grabación está activa.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 67 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

3. Canales / disparadores / herramientas de medición: este menú proporciona controles para entradas, disparadores y guías.

4. Panel de control de ejes: los botones horizontales +/- le permiten seleccionar la escala del eje X y cambiarla, y para seleccionar el rango de tiempo mostrado en el gráfico. Los botones verticales +/- cambian el eje Y, y por lo tanto la altura de la visualización del gráfico. Además, se muestra la configuración del período de tiempo, el disparo y la frecuencia de muestreo.

5. Pantalla de estado: muestra información sobre el estado actual de la grabación (detener, esperar, listo).

Al seleccionar el botón del campo de selección DIGITAL, ingresa al menú para la configuración del canal.

En el registro **LINES**, los canales se pueden activar o desactivar simplemente haciendo clic en la marca de verificación. Mientras no se han configurado sistemas de bus, los canales funcionan como entradas puramente digitales. La pestaña **ACQ** abre el campo de selección para la configuración de la frecuencia de muestreo. Al seleccionar los valores hay que tener en cuenta: la frecuencia de muestreo tiene una influencia significativa en la sección de tiempo, que se puede representar. La memoria de las aplicaciones de Logic Analyzer es de 1 MS, por lo que puede almacenar y mostrar 1.000.000 de valores binarios. De esto es claro que la frecuencia de muestreo determina cuántos valores se registran por segundo.

Al hacer clic la configuración de **TRIG**, se abre el menú de disparo. Cada canal se puede configurar como una fuente de activación con la condición deseada. Para que comience la adquisición, es necesario definir la activación Rising Edge.

Los criterios para el evento de activación son los siguientes:

X - No ignorar ningún evento

R - Flanco de subida ascendente

F - Flanco de bajada

E - Cambio de flanco (flanco de subida o bajada)

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 68 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Al hacer clic en el botón EJECUTAR, se inicia la grabación. La pantalla de estado le informa si el proceso aún está en ejecución (ESPERANDO) o ya se ha completado (HECHO). Después de finalizar la adquisición, se muestra los resultados en un gráfico.

Las opciones de disparo adicionales LOW y HIGH se utilizan para el denominado disparo con patrón. Por ejemplo:

Si configura la fuente de disparo en DIN0 - Flanco ascendente (para tener un canal definido como fuente de disparo con uno flanco descendente es una condición obligatoria para que comience la adquisición), DIN1 a HIGH y DIN2 a LOW, esto causará

tal comportamiento que la lógica de la aplicación esperará el estado en el que DIN0 pasa de 0 a 1, DIN1 es 1 y DIN2 es

0 para iniciar la adquisición.

DESCODIFICAR DATOS DEL BUS:

En el menú **DIGITAL** → **BUS** se puede seleccionar la decodificación de las líneas deseadas. Se pueden definir hasta 4 buses. Los protocolos de decodificación disponibles son I2C, UART y SPI. Al seleccionar el protocolo deseado, el menú de configuración se abre el protocolo seleccionado.

Son posibles dos opciones para la visualización de los datos decodificados: en primer lugar, los datos se colocan como una capa separada en el gráfico directamente en la señal. En segundo lugar, utilizando el menú **DIGITAL** → **DATOS** donde los datos decodificados se representan en una tabla formato. Puede seleccionar el formato de datos ASCII, DEC, BIN y HEX. Con el botón **EXPORTAR**, los datos decodificados pueden empaquetarse en un archivo CSV. Esto luego termina directamente en la carpeta de descarga y se puede usar para un análisis más detallado

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 69 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Protocolos de comunicación serie y paralelo

Transmisión paralela.

En una transmisión paralelo como se muestra en la figura 9, se transmiten todos los bits que contengan información al mismo tiempo, para lo cual se utilizan tantos canales como bits constituyen la información (un hilo de transmisión por cada bit a transmitir)

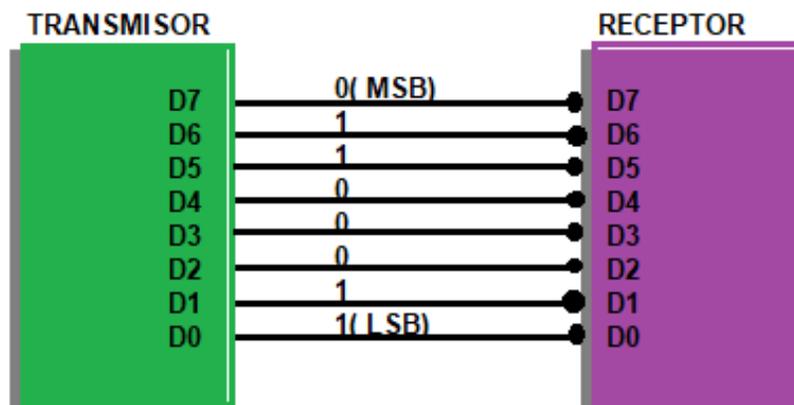


Figura 9. Transmisión paralela.

Transmisión serie.

El protocolo serie es una alternativa a los problemas de sincronización y cableado de la comunicación en paralelo, y; en este caso la forma de envío de los datos sería por un solo canal (un solo hilo) un bit tras otro bit por una misma línea de comunicación en lugar de varios bits a la vez por diferentes líneas como lo hace la transmisión en paralelo.

Las comunicaciones serie se definen por 4 parámetros:

- Velocidad de transmisión o número de bits por segundo de la transmisión, medido baudios (bauds).

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 70 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

- Cantidad de bits de datos, los valores típicos son 5, 7 y 8 bits. El número de bits que se envía depende del tipo de información que se transfiere.
- Bits de parada, indica el final de la transmisión y también se utiliza para permitir una tolerancia en la diferencia de sincronismo, puede ser de 1, 1,5 o 2 bits.
- Bit de Paridad, que permite verificar si se han producido errores durante la transmisión. La paridad está formada por 1 bit.

PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN SERIE.

Interfaz periférica serial (SPI)

Este protocolo de comunicación serial es de tipo síncrono, esta manejada por el maestro (Dispositivo que proporciona reloj para la comunicación); ningún esclavo (Dispositivo que o sea maestro que utiliza el reloj maestro para comunicarse) tiene permitido enviar datos, el maestro envía datos a través de MOSI (línea a través de la cual el maestro envía datos) mientras los esclavos responden a través de MISO (línea a través del cual los esclavos responden al maestro, tal como se observa en la figura 10.

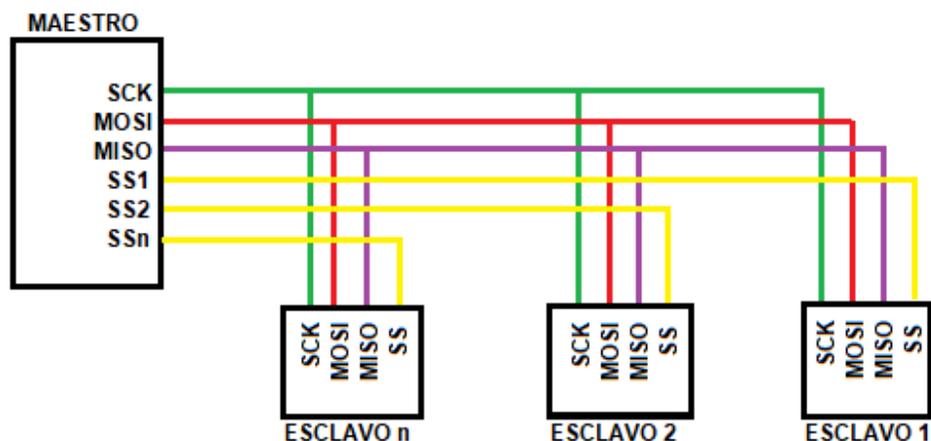


Figura 10. Diagrama de bloques SPI.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 71 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Circuito inter integrado (I2C).

El I2C utiliza datos en serie y reloj en serie para todo el proceso, esto le permite admitir múltiples dispositivos esclavos y a su vez también le permite admitir múltiples dispositivos maestros, en la figura 11 se muestra un diagrama de bloques de I2C.

Cada dispositivo puede enviar y recibir datos utilizando datos en serie, a su vez el reloj en serie es el encargado de mantener la sincronización entre los dispositivos por medio del reloj común que lo proporciona el maestro que se encuentre activo en ese momento.

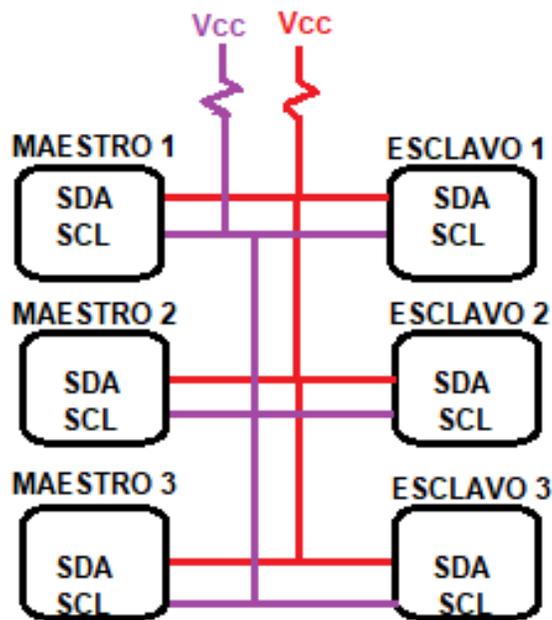


Figura 11. Diagrama de bloques I2C.

Cada esclavo tiene la labor de hacer coincidir su dirección con la del maestro que le corresponda. Cada mensaje enviado puede tener múltiples bytes de datos los cuales poseen un bit de reconocimiento llamado ACK o reconocimiento negativo NACK, es decir que cada mensaje se inicia con una condición de inicio y finaliza con una condición de detención.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 72 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

UART/USART

La única diferencia es que el USART puede realizar su proceso de comunicación en serie tanto de forma síncrona como asíncrona, proceso que el UART solo puede hacer de forma asíncrona.

Para el modo asíncrono estos protocolos utilizan los cables Rx y Tx, en este proceso ambos dispositivos deberán hacer uso de sus relojes internos independientes para poder funcionar. Para poder permanecer sincronizados se usa la tasa de baudios que permite fijar la velocidad del intercambio de datos, la tasa de baudios se refiere a la cantidad de bits de datos transmitidos por segundo, por lo tanto, para tener un correcto funcionamiento, ambos equipos deben mantener su velocidad en baudios.

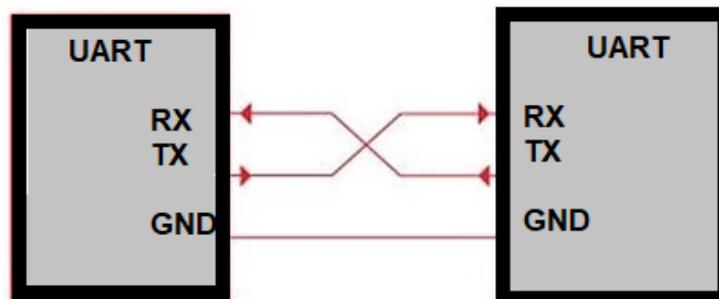


Figura 12. Diagrama de bloques UART

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 73 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

D. MARCO PROCEDIMENTAL

1. Conectar la aplicación de la Red Pitaya. Para ello, alimente la tarjeta STEMLab 125-14, conéctela a la misma red de su computador en donde abrirá la aplicación, ingresar desde la computadora a al STEMLab red pitaya mediante el código URL: **rp-f069f3.local/**



Figura 1. Ingreso de código URL.

2. Abrir el acceso directo del software de Red Pitaya-STEMLab y dar clic en el ícono de LOGIC ANALYSER.



Figura 2. Ingreso al Logic Analyser.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 74 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

3. En la aplicación **Logic Analyser** en la opción LINES, habilitar las entradas DIN1 y DIN2.



Figura 3. Selección de DIN.

4. En la aplicación **Logic Analyser** en la opción BUS, elegir BUS0 y BUS1 el protocolo serie UART, para la configuración del BUS0 elegir TX por el puerto DIN1 a una velocidad de 9600 baudios, 8 bits de transferencia 1 bit de stop y bit de paridad par “even”. Realizar la misma configuración en el BUS1, pero con RX en el puerto DIN2.

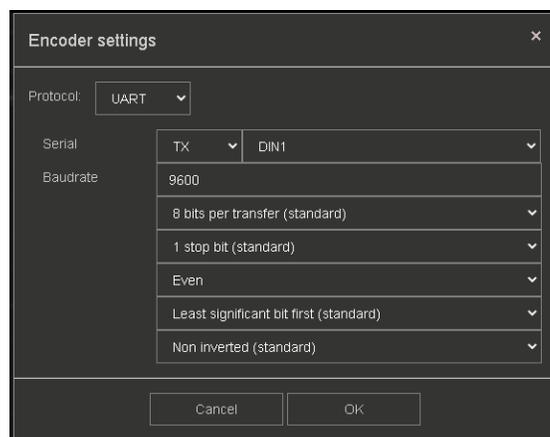


Figura 4. Ingreso de datos.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 75 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

4.1. Revisar la tabla de CONSIDERACIONES DEL BIT DE PARIDAD.

BITS DE DATOS	EVEN PARITY BIT (PAR)	ODD PARITY BIT (IMPAR)
0000000	0	1
0000001	1	0
0000010	1	0
0000011	0	1
0000100	1	0
1111110	0	1
1111111	1	0

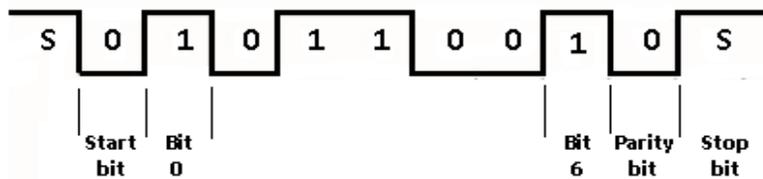


Figura 5. Bit de paridad.

5. En la ventana ACQ, seleccionar una tasa de muestreo de 4 MS/s.



Figura 6. Selección de ACQ.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 76 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

6. Interconectar los pines correspondientes Tx → Rx entre la tarjeta Arduino Uno con la red Pitaya (DIN1 para TX y DIN2 para RX). Previamente se ha corrido en ARDUINO un programa para la salida de datos UART en Tx-1.

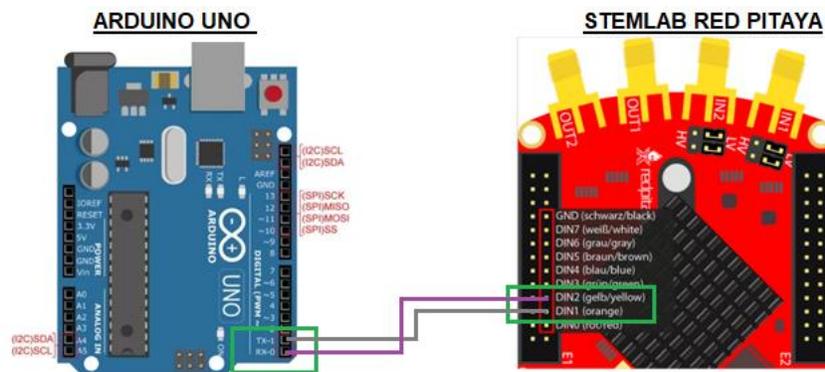


Figura 7. Conexiones Arduino uno-STEMlab Red Pitaya.

7. Visualizar en el Analizador Digital la estructura de la trama UART, incluyendo el bit start y el bit de paridad. Se puede observar la señal invertida con su respectivo bit de inicio S y bit de corrección de errores o bit de paridad par más los bits de intervalo para sincronizar el dato subsiguiente.
8. Como se puede observar en la pantalla, el periodo total por los 7 bits de datos es de 1,04 us, y que al dividir para 7 bits por muestra nos da un periodo aproximado de 6730 bps.

Frecuencia de transmisión de datos

$$f_{Tx} = \frac{\# \text{ bits por muestra}}{\text{periodo total utilizado en UART}} = \frac{7}{1,04 \text{ ms}} = 6730 \text{ bps}$$

Figura 8. Fórmula de fTx.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCÍAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		REVISIÓN 1/1	Página 77 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

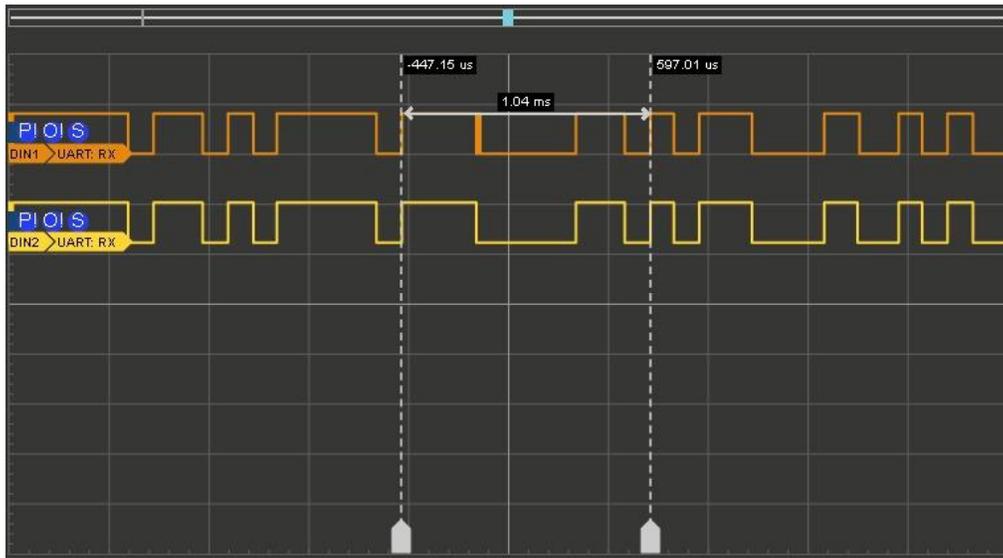


Figura 9. Gráfica de la transmisión en el STEMLab.

- Se procederá a calcular la cantidad de errores permitidos por día para garantizar la óptima transmisión.

**Cantidad de errores permitidos (c/día)
que garantizan optima Tx**

$$\#errores\ permitidos = 10^{-8} * fTx * \#segundos$$

$$\#errores\ permitidos = 10^{-8} * 6730 \frac{bits}{seg} * 86400seg = 5,81$$

Figura 10. Fórmula de la cantidad de errores.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 78 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

10. Por último, calcular el total de bits Tx y con ese valor se puede calcular la tasa de error (BER).

Bit Error Rate = $\frac{\# \text{ errores en la Transmisión}}{\# \text{ total de bits Tx}}$

$$\# \text{ total bits Tx} = 6730 \frac{\text{bits}}{\text{s}} * 86400\text{s} = 581472000 \text{ bits}$$

$$\text{Bit Error Rate} = \frac{\# \text{ errores en la Transmisión}}{\# \text{ total de bits Tx}} = \frac{6 \text{ errores}}{581472000 \text{ bits Tx}} = 1,03 \times 10^{-8}$$

Figura 11. Fórmula de bit de error.

11. Al observar la tabla de referencia, se puede concluir que la transferencia en BUENA.

Estado del Sistema de Tx	Valor de la tasa de error
Digital	"BER"
SISTEMA MUY BUENO	$BER = 10^{-9} \text{ a } 10^{-11}$
SISTEMA BUENO	$BER = 10^{-7} \text{ a } 10^{-8}$
SISTEMA REGULAR	$BER = 10^{-6}$
SISTEMA DEGRADADO	$BER = 10^{-3} \text{ a } 10^{-5}$
SISTEMA DAÑADO	$BER > 10^{-3}$

Figura 12. Tabla de referencia.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 79 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

E. RECURSOS UTILIZADOS

- Una computadora con conectividad a internet.
- Tarjeta STEMLab Red Pitaya.
- Una tarjeta ARDUINO UNO.
- Cables de conexión.

F. REGISTRO DE RESULTADOS

Se puede concluir que el estado del sistema de transmisión Tx digital se encuentra en la categoría de **BUENO** y que se ha cumplido el objetivo de esta práctica tanto de forma matemática como de forma experimental, utilizando la tarjeta procesadora de STEMLab red pitaya.



Figura 12. Registro de resultado

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 80 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

PRÁCTICA #5

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. VICTOR LARCO TORRES

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: “DEMODULACIÓN AM.”

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 81 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

A. OBJETIVO GENERAL.

- Determinar diferentes parámetros de una señal AM y visualizar las formas en el osciloscopio y analizador de espectro de una señal demodulada.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diferencias entre portadora modulada y señal de información.
- Aprender sobre las características y funcionamiento básico del demodulador.
- Mostrar la influencia del valor de la capacitancia en el proceso de la demodulación.

C. MARCO TEÓRICO.

FUNCIONAMIENTO BASICO DEL TRANSMISOR -AM

Previo a entrar en materia de demodulación AM, es necesario repasar y conocer los principios del funcionamiento del transmisor y conocer la forma de la señal transmitida (onda portadora modulada), a fin de evaluarla y tratarla con mejores bases en el receptor con el proceso de demodulación, en la figura 1 se observa el proceso de transmisión de una onda portadora modulada y en la figura 2 se aprecia el proceso de modulación de una señal

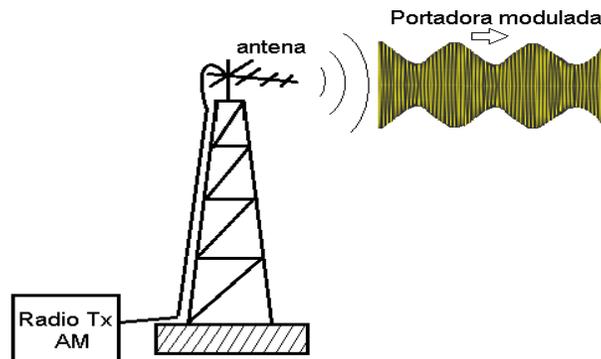


Figura 1. Onda portadora modulada.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 82 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

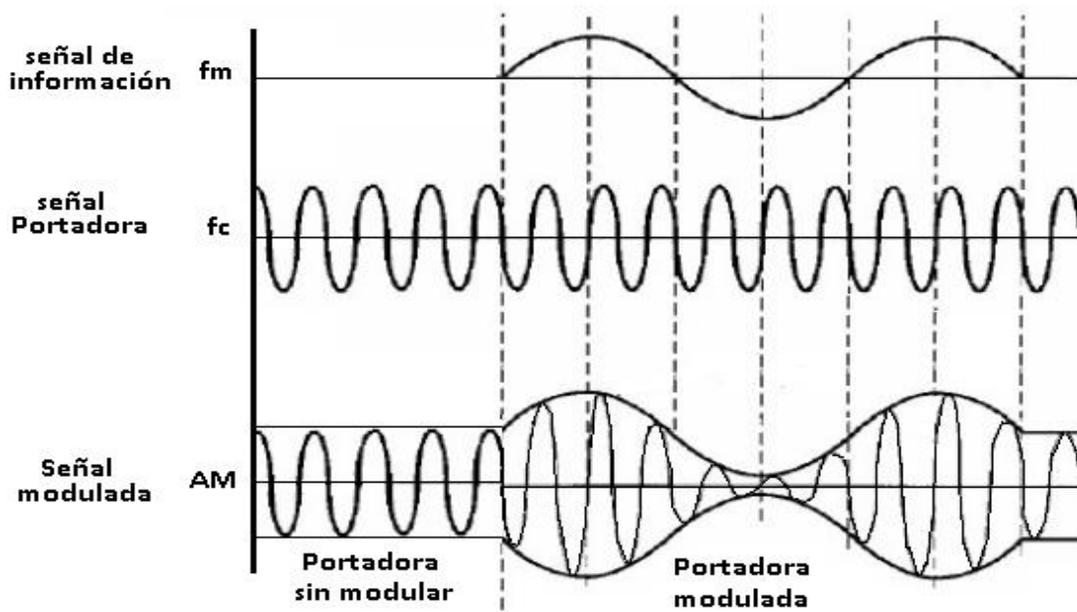


Figura 2. Diagrama onda modulada.

El Oscilador. - se encarga de generar las frecuencia o señal portadora, que es la frecuencia central a la cual se va a transportar la señal de información, la longitud de dicha onda portadora se expresa en metros y esta señal se la relaciona con la velocidad de la luz dando como resultado la siguiente fórmula.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Figura 3. Fórmula de longitud para la portadora.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 83 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

El modulador. - se encarga de combinar la señal proveniente del oscilador con la señal de audio que se desea transmitir, y efectúa el proceso de modulación que consiste en hacer variar la amplitud de la señal portadora proveniente del oscilador por la amplitud de la señal de audio o señal moduladora proveniente del micrófono generando como resultado una señal modulada AM, en la figura 4 se aprecia un diagrama de bloques de este proceso.

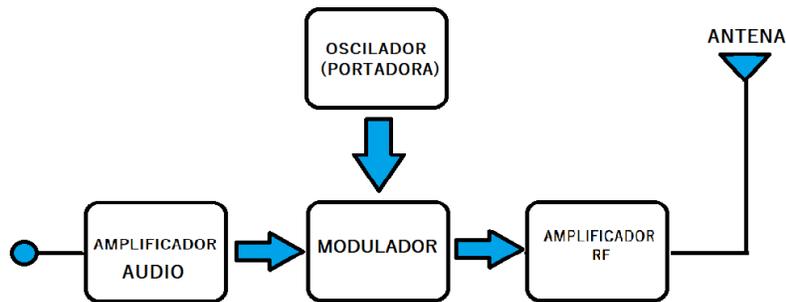


Figura 4. Modulador.

Amplificador de potencia de RF

En este amplificador se produce la elevación de la potencia de la señal que entrega el oscilador local hasta los niveles adecuados para ser entregada a la antena, presentes en la figura 5.

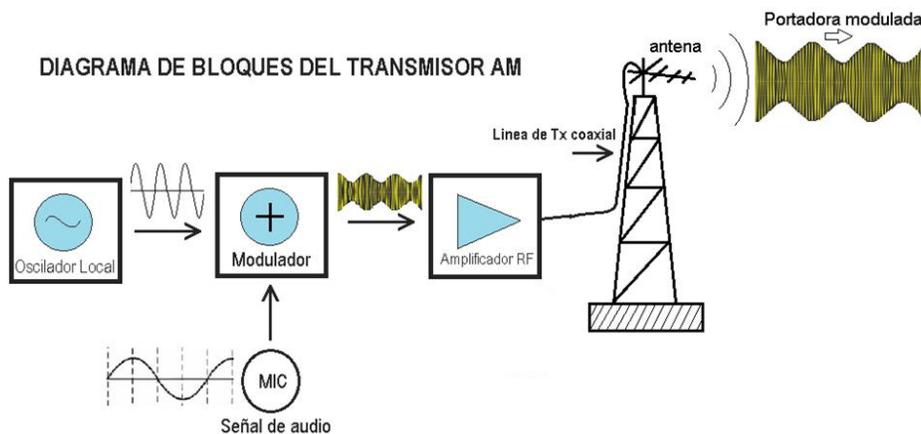


Figura 5. Diagrama de bloques del transmisor AM.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 84 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL RECEPTOR – AM

El sistema receptor AM, consiste en la conversión de la señal captada y seleccionada de alta frecuencia que transporta en amplitud, la señal de audio o de baja frecuencia, lo cual se consigue con la supresión de las medias ondas negativas, obteniendo como resultado la reproducción exacta en el auricular o altavoz de la misma señal de audio que se produjo en el transmisor o estación emisora. Para comprender mejor el proceso de detección o llamado proceso de demodulación que se produce en el receptor, analizaremos de la forma más sencilla el proceso.

La Antena.

tal como se observa en la figura 6, la antena capta todo el espectro radioeléctrico en la banda de frecuencias en que fue diseñada la antena, y; entre ellas la señal que se desea captar y procesar.

El Circuito de Sintonía.

Está compuesto por un circuito resonante RLC de condensador variable, y es el encargado de poner en resonancia o sintonizar sólo una frecuencia, que es la que va a pasar a la siguiente etapa del receptor, y las demás señales serán derivadas a tierra, en la figura 7 se muestra un ejemplo.

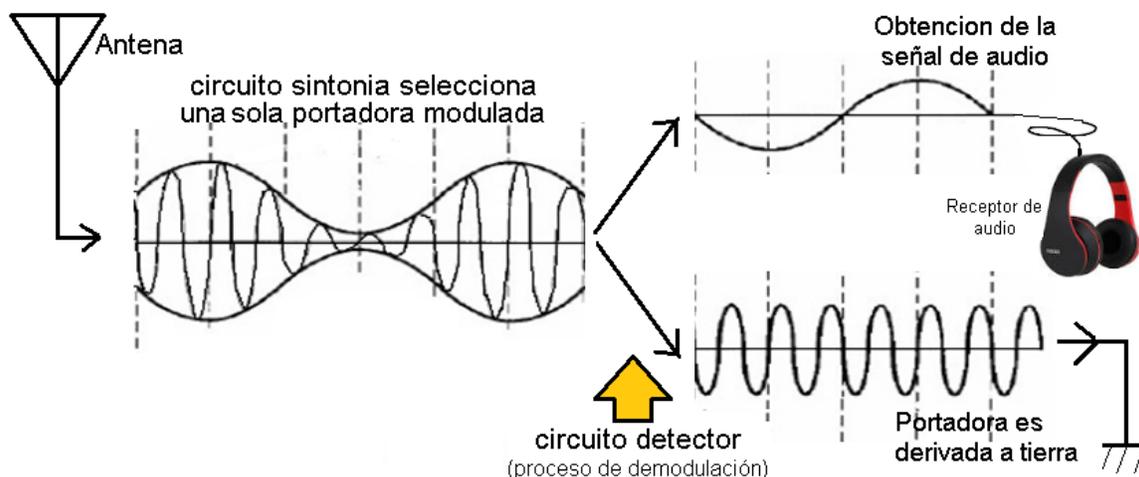


Figura 6. Circuito de sintonía.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 85 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

El circuito detector.

Es el encargado de separar la señal moduladora de la onda portadora, este proceso se conoce como demodulación, por tal motivo al circuito detector se lo denomina también demodulador que en su forma más sencilla está formado por un diodo el cual cortara la señal portadora modulada en dos puesto que el diodo al conducir en una sola dirección mantendrá en conducción únicamente las media ondas positivas para que luego un condensador electrolítico por el efecto de carga y descarga de una señal de alta frecuencia, reconstruirá el lomo de la portadora, obteniendo la señal de baja frecuencia o señal de audio, en la figura 8 se observa el comportamiento de esta señal.

Luego el **filtro para rango de banda de audio** (0,3 – 17 KHz), deriva a tierra cualquier señal fuera de este rango, dejando únicamente la señal de audio que se aplica a los auriculares, este proceso se observa a continuación en la figura 7.

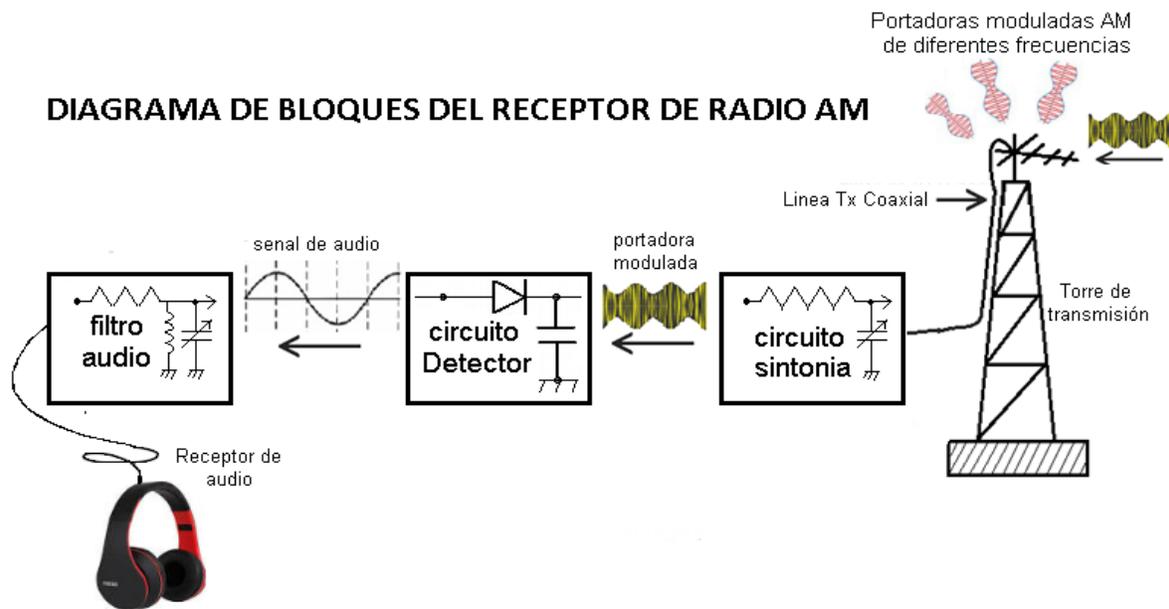


Figura 7. Diagrama de bloques del receptor de radio AM.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 86 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

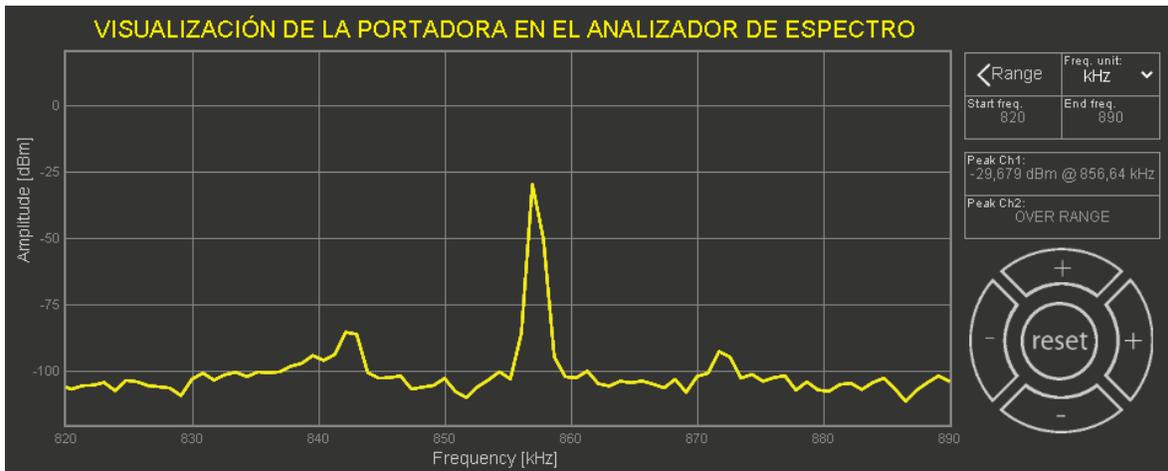


Figura 8. Visualización de la portadora en el analizador de espectro.

RECEPTOR SUPERHETERODINO.

El receptor superheterodino es un modelo de RF, utilizado universalmente en todos los receptores, y; principalmente en el diseño de radios de AM, FM, receptores de TV, y en general, en muchos receptores o canales de radiofrecuencia. Heterodinar significa mezclar dos frecuencias para obtener una tercera señal con características deseadas.

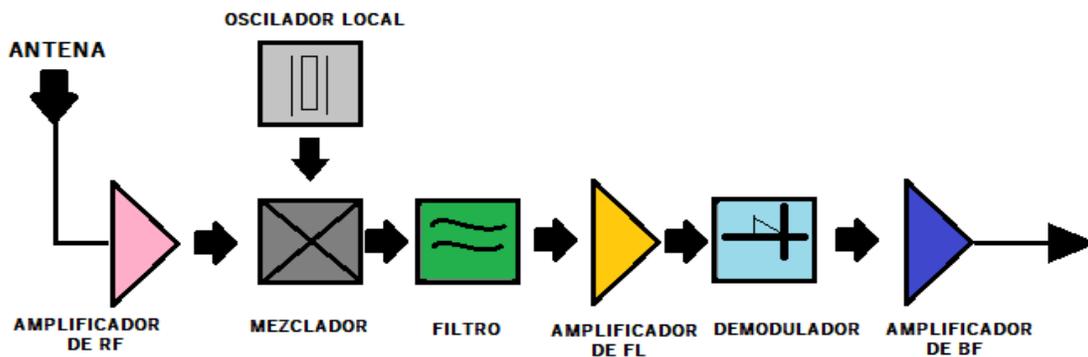


Figura 9. Diagrama del receptor superheterodino

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 87 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

COMPONENTES DEL RECEPTOR SUPERHETERODINO

SECCIÓN DE RF.

Aquí se encuentra en primera instancia, la etapa o circuito de sintonía, que generalmente consiste en un circuito RLC diseñado para resonar en la banda de frecuencias para la cual fue diseñado el radio receptor, dado que por la antena ingresan todas las señales moduladas en esta banda y que provienen de varios transmisores, pero el circuito de sintonía se encarga de seleccionar una de ellas (la deseada según el caso) y la dejará pasar a la siguiente etapa, todas las demás no seleccionadas, serán derivadas a tierra, para luego ser amplificada por un amplificador de RF, denominado así puesto que está diseñado para amplificar cualquier señal modulada RF seleccionada por el circuito de sintonía, proceso el cual se observa en la figura 10.

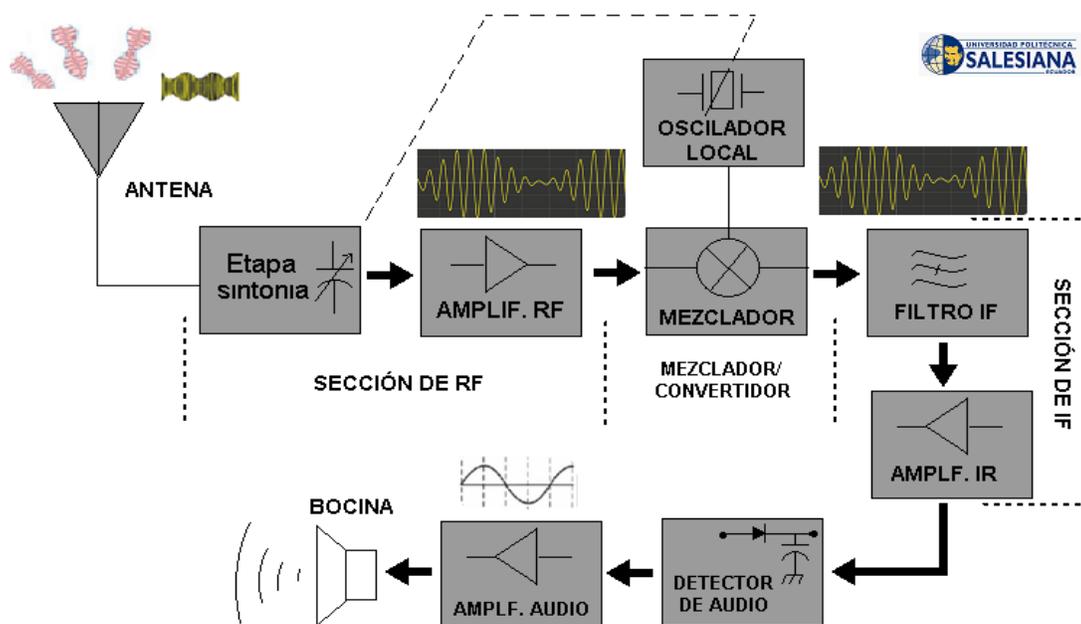


Figura 10. Diagrama de sección de RF.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 88 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

SECCIÓN DE MEZCLADOR - CONVERTIDOR

Consta de oscilador del Oscilador Local, el cual está encargado de generar una frecuencia que va a mezclarse con la que permite pasar el circuito de sintonía cuya frecuencia varía en sincronía con la frecuencia de la señal captada.

Consta además del mezclador que es un dispositivo que tiene como objetivo en convertir la frecuencia captada de RF a una frecuencia denominada frecuencia intermedia o llamada IF, el mezclador se encarga de que cualquier RF modulada captada por el circuito de sintonía se transfiera con la misma información, pero a la frecuencia intermedia, es decir manteniendo igual la forma de la envolvente y por ende la señal de información original que contiene la envolvente permanece sin alterarse. La frecuencia intermedia más utilizada en los receptores de la banda AM es 455 kHz.

SECCIÓN DE FRECUENCIA INTERMEDIA IF.

Lo importante de tener todas las señales moduladas provenientes del circuito del mezclador a una frecuencia única denominada frecuencia IF, es que la circuitería desde este punto en adelante es más sencilla, por ejemplo, el filtro de IF es construido no para una banda de frecuencias sino únicamente es diseñado para la frecuencia IF, reduciendo el ruido y minimizando las interferencias de canales, siguiendo la misma razón, también se simplificaría la circuitería del amplificador de IF.

SECCIÓN DE DETECTOR DE AUDIO.

El detector se encarga literalmente del proceso de demodulación que consiste en separar la señal portadora de la señal de información, y puede ser tan sencillo como un solo diodo acompañado de un condensador electrolítico o tan complejo como un demodulador en la señal de audio.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 89 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

KEUWLISOFT DUAL CHANEL FUNCTION GENERATOR

El **Keuwlsoft** mostrado en la figura 11 es un equipo de doble canal que genera diversas formas de onda, permitiendo obtener la señal en la salida de audio de los altavoces / auriculares, y tiene las siguientes características:

- Genera formas de onda sinusoidales, cuadradas y triangulares.
- Rango de frecuencia desde 1 MHz hasta 22 kHz.
- Amplitud como porcentaje 0-100%.
- Cambiar la fase de inicio de las formas de onda.
- Genera señales moduladas en amplitud (AM) y en frecuencia (FM)



Figura 11. Keuwlsoft.

Function Generator de [Keuwlsoft](#), está disponible gestionando la suscripción de desde la aplicación Amazon Appstore y puede ser descargado e instalado en el teléfono celular con la versión en idioma inglés, el tamaño requerido será de 1,5 MB y requiere del

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 90 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

Sistema operativo Android 2.2 como mínimo, el Tiempo de descarga aproximado es de unos 35 segundos.

D. MARCO PROCEDIMENTAL

1. Ingresar desde la computadora a al STEMLab red pitaya mediante el código Conectar la aplicación de la Red Pitaya. Para ello, alimente la tarjeta STEMLab 125-14, conéctela a la misma red de su computador en donde abrirá la aplicación, ingresar desde la computadora a al STEMLab red pitaya mediante el código URL: **rp-f069f3.local/**.



Figura 1. Ingreso del código URL.

2. GENERAR UNA SEÑAL AM:

2.1 Selección de la señal Portadora.

- Inicie la aplicación de generador de funciones **Keuwlsoft**.
- A través del generador, editar CH1 y seleccione la forma de onda senoidal (onda seno) con $FREQ = 10\text{ KHz}$, $FASE = 0.0^\circ$, $AMPL = 100\%$, $BIAS = 0\%$

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

REVISIÓN 1/1		Página 91 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES	
CARRERA	ELECTRÓNICA	
SEDE	GUAYAQUIL	



Figura 2. Keuwlsoft.

2.2 Selección de la señal de información o señal moduladora.

- En el generador de funciones **Keuwlsoft**, seleccione MODULACIÓN AM, y seleccione la forma de onda senoidal (onda seno) con $FREQ = 0,5 \text{ KHz}$, y $AMPL = 50\%$

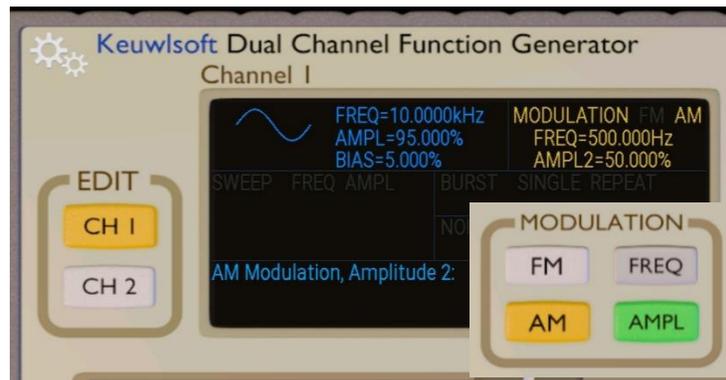


Figura 3. Selección de canal.

2.3 Generar la señal AM hacia el sencillo circuito demodulador AM

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 92 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

- Conecte un extremo del cable balanceado Jack TRS a la salida de audio, y utilice la vía LEFT, luego pulse el botón OUT para tener disponible la señal modulada AM. Verifique la señal modulada AM de salida del generador de funciones **Keuwlsoft**

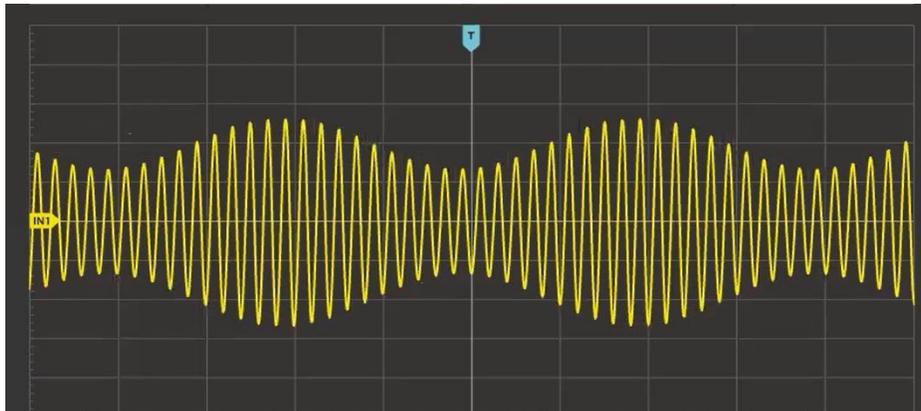


Figura 4. Señal AM.

3. Debido a que la señal proveniente del generador AM, es muy débil, sumado a que el detector contiene un diodo de germanio que reducirá la señal AM en 0.3 V adicionales, previo es necesario amplificarla para lo cual se utiliza un transformador con las siguientes características: P 110VAC/ S 24VAC,500Ma El transformador amplificará la señal que proviene del modulador AM, luego el secundario del transformador se conectará a la entrada del circuito detector (demodulador AM), el cual es un circuito formado por un diodo y un condensador.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		REVISIÓN 1/1	Página 93 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

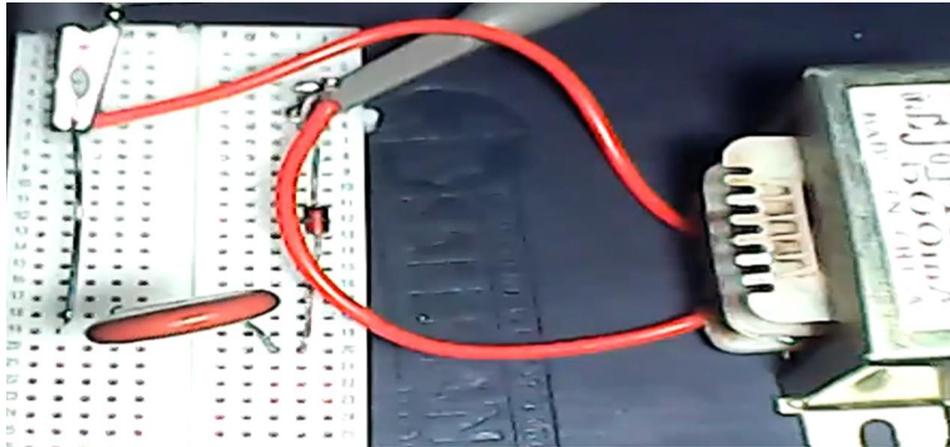


Figura 5. Conexión con potenciómetro.

3.1 Conectar el otro extremo del cable de prueba para Osciloscopio (conector sma macho), a la entrada IN1 de la Red Pitaya, la cual ya ha sido encendida, puesta en red y en funcionamiento.

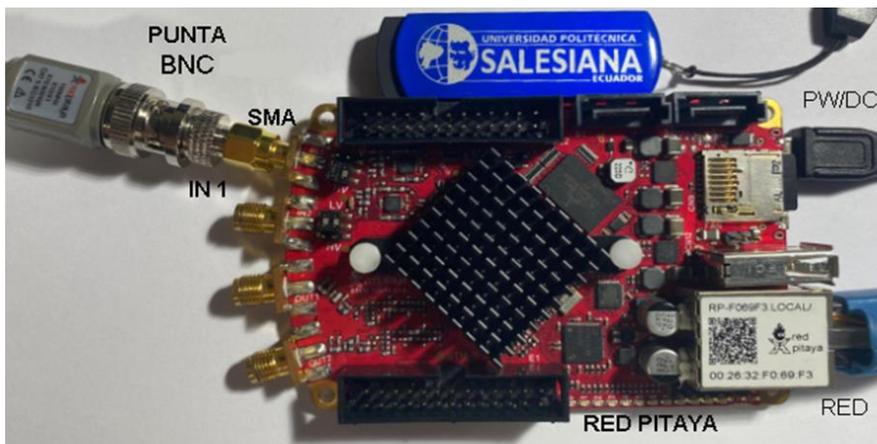


Figura 6. Conexión a red pitaya.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCÍAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 94 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

4. A continuación, seleccionar el osciloscopio en la red pitaya, para observar la señal proveniente del transformador.



Figura 7. Selección de osciloscopio.

5. En el osciloscopio se observa que la señal modulada AM, donde en la envolvente lleva la señal de información. Teniendo en cuenta que se mide a la salida del transformador.

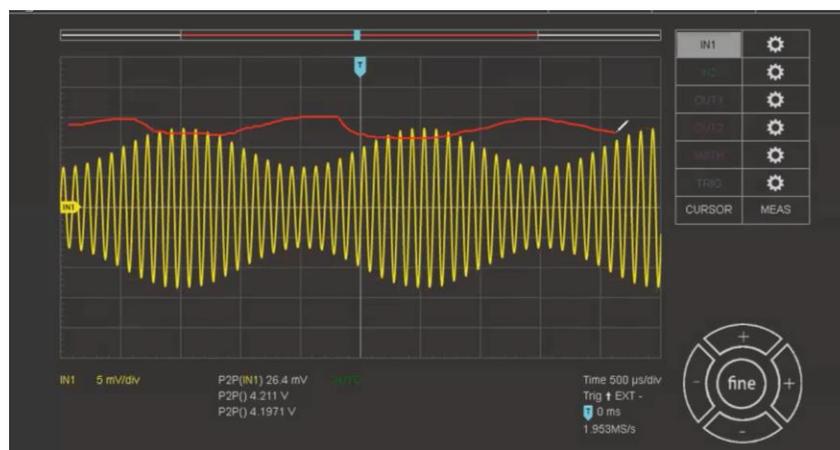


Figura 8. Señal AM medida a la salida del transformador.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 95 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

6. Regresar al circuito y cambiar la punta de prueba del osciloscopio al otro lado del diodo tal como se muestra en la figura.

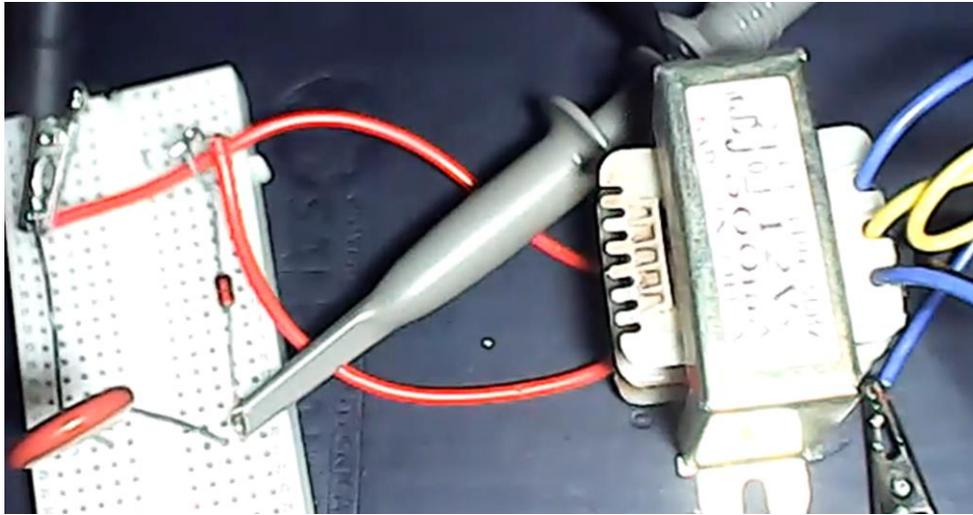


Figura 9. Conexión final con el circuito.

7. Se puede observar que el diodo de germanio realiza su trabajo cortando los picos negativos de la señal modulada AM y se visualiza en el osciloscopio una señal parecida a la de la figura.

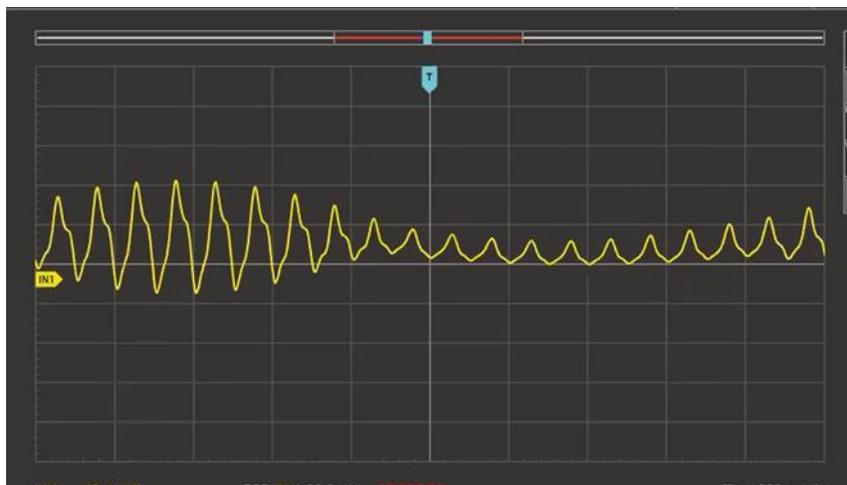


Figura 10. Señal vista en el osciloscopio.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 96 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

8. Nuevamente al observar el osciloscopio, se tiene una señal que prácticamente es la envolvente de la portadora modulada y en donde la portadora propiamente dicha ha sido derivada a tierra.

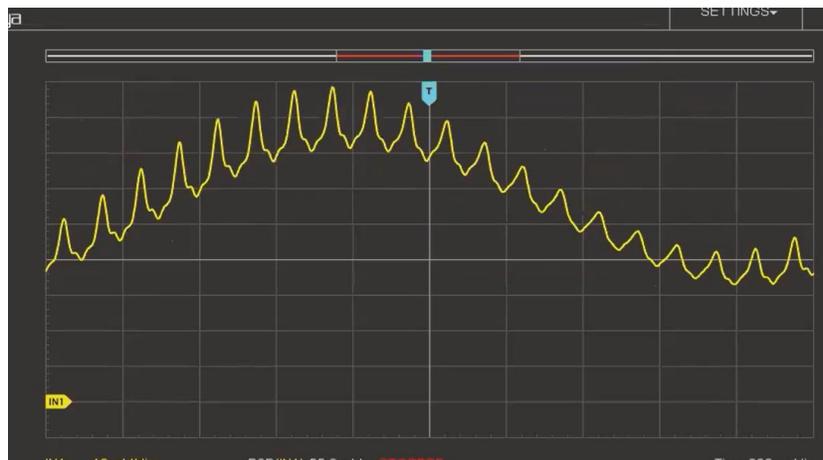


Figura 11. Señal de información.

E. RECURSOS UTILIZADOS

- Red Pitaya STEMLab 125-14 o 125-10: Osciloscopio
- Red Pitaya STEMLab 125-14 o 125-10: Analizador de Espectro
- Keuwlsoft, generador de funciones de dos canales
- Cable JACK TRS
- Punta de prueba del osciloscopio.

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:

		REVISIÓN 1/1	Página 97 de 38
		MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TELECOMUNICACIONES		
CARRERA	ELECTRÓNICA		
SEDE	GUAYAQUIL		

F. REGISTRO DE RESULTADOS

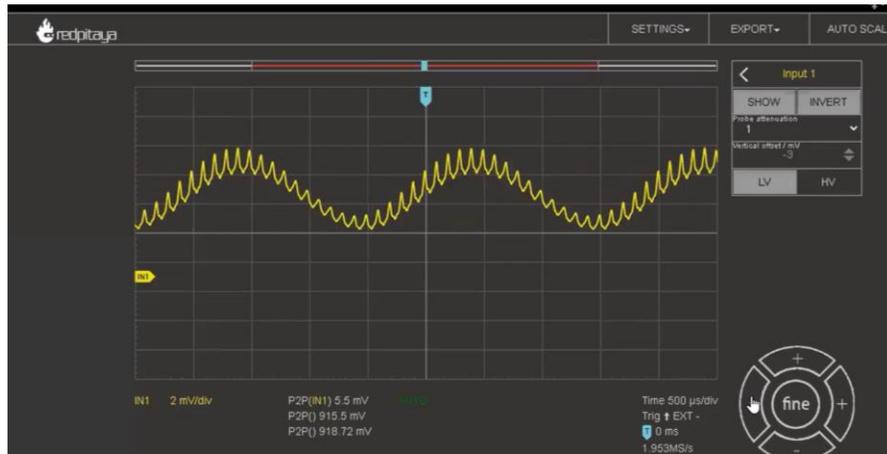


Figura 22. Registro de resultados

En esta figura se puede observar el funcionamiento de la práctica#5, el STEMLab usando el osciloscopio y analizador de espectro de una señal demodulada, cumpliendo el objetivo de la práctica al visualizar estas ondas de una señal demodulada

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera:



GUÍA DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA		SEDE: GUAYAQUIL	LABORATORIO: TELECOMUNICACIONES
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO: DEMODULACIÓN AM - FM	

Elaborado por: DANIEL MACÍAS AGUILAR FREDDY MACÍAS AGUILAR	Revisado por: MSC.VICTOR LARCO	Aprobado por: MSC.ORLADO BARCIAS
Fecha de Elaboración 15/12/2019	Fecha de Revisión 18/11/2020	Número de Resolución Consejo de Carrera: