

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:  
DESARROLLO DE UN DETECTOR DE ESTACIONES FM EN RADIO  
FRECUENCIA Y AUDIO PARA LA EMPRESA ECUTRONIX**

**AUTORES:  
CRISTÓBAL ALEJANDRO CAIZALUISA PILAGUANO  
DAVID GERARDO YÁNEZ SOSAPANTA**

**TUTOR:  
LUIS GERMÁN OÑATE CADENA**

**Quito, febrero del 2020**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Cristóbal Alejandro Caizaluisa Pilaguano, con documento de identificación N° 1723155741 y David Gerardo Yáñez Sosapanta, con documento de identificación N° 1725781833, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DESARROLLO DE UN DETECTOR DE ESTACIONES FM EN RADIO FRECUENCIA Y AUDIO PARA LA EMPRESA ECUATRONIX”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Nombre: Cristóbal Alejandro Caizaluisa Pilaguano

Cédula: 1723155741



.....  
Nombre: David Gerardo Yáñez Sosapanta

Cédula: 1725781833

Quito, febrero 2020

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DESARROLLO DE UN DETECTOR DE ESTACIONES FM EN RADIO FRECUENCIA Y AUDIO PARA LA EMPRESA ECUATRONIX”, realizado por Cristóbal Alejandro Caizaluisa Pilaguano y David Gerardo Yáñez Sosapanta, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero 2020



.....

Luis Germán Oñate Cadena

Cédula de Identidad: 1712157401

## **DEDICATORIAS**

Nuestra tesis la dedicamos a Dios, quien ha sido nuestra guía a lo largo de toda la Carrera, llevándonos por el camino del bien, brindándonos la fuerza para siempre seguir adelante y no desfallecer en las dificultades que se presentaron; enseñándonos a superar las adversidades y a no decaer en el intento.

A nuestras familias por su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos más difíciles y por apoyarnos con los recursos necesarios para culminar nuestros estudios. Nos han dado todo para ser las personas que somos, nuestros valores, principios, carácter, empeño, perseverancia y coraje para siempre conseguir nuestros objetivos.

También queremos dedicar este proyecto a las personas que nos incentivaron en el desarrollo del detector de estaciones FM en radiofrecuencia y audio quienes buscan incansablemente una mejora en la calidad del servicio que da la empresa Ecuatronix hacia sus clientes.

Alejandro Cristóbal Caizaluisa Pilaguano

David Gerardo Yáñez Sosapanta

## AGRADECIMIENTOS

Esta tesis es una manera de agradecimiento a nuestros padres que siempre han estado guiándonos de una manera u otra día a día con sus enseñanzas, preocupación, apoyo y sobre todo con su amor que es lo más importante. Y gracias a todo esto hemos logrado culminar nuestra carrera en la Universidad Politécnica Salesiana.

Quiero agradecer de manera muy especial a mis padres Piedad Sosapanta y Gillbert Yáñez que mediante sus consejos y enseñanzas han logrado que este en esta parte de mi vida, el cual es muy importante para mí; ya que es un objetivo más que logrado gracias al esfuerzo y dedicación que he puesto también de mi parte. También quiero agradecer a mi abuelita quien desde muy pequeño siempre me dio aliento y fuerzas para seguir y no desmayar; un profundo agradecimiento a mi compañero de tesis Alejandro Caizaluisa quien gran parte de la carrera con sus consejos y su presencia en tiempos difíciles me han ayudado a crecer como persona.

Por su apoyo, consejos, preocupación les agradezco infinitamente; gracias por ser parte de esta etapa de mi vida.

David Yáñez

Agradezco a Dios por guiarme en el camino de la vida y verles el lado bueno a las cosas, a mi abuelita Enma Collaguazo que ha sido un pilar fundamental en mi vida, a mi madre Ligia Pilaguano que me ha brindado todo el apoyo durante la carrera que sin duda este logro es por ella y para ella, a mis hermanos Javier y José Andrés que me brindaron su apoyo incondicional. A toda mi familia a mis tías, tíos y primas. Para Anderson y David que se han ganado toda mi confianza y que sigan los buenos pasos en su formación académica.

Cristóbal Caizaluisa

Agradecemos a nuestro tutor de tesis el MSc. Luis Oñate, por su apoyo y dedicación a nuestro proceso de formación académica y en nuestro proceso de titulación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIAS .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xii
<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos .....	2
1.4 Tema.....	2
1.5 Metodología.....	2
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>4</b>
<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>4</b>
2.1 Radiación electromagnética .....	4
2.2 Radiodifusión .....	4
2.2.1 Elementos de una estación radiodifusora.....	4
2.3 Radio FM (Frecuencia Modulada) .....	5
2.4 Detector de audio.....	5
2.5 Detectores de radiofrecuencia .....	6
2.5.1 R&S@UMS100.....	6
2.5.2 Radio definido por software (SDR).....	7
2.5.3 SignalShark.....	7
2.5.4 REMOTE ANALYZER NRA-6000 RX.....	8
<b>CAPITULO 3.....</b>	<b>9</b>
<b>DISEÑO DEL DETECTOR DE RADIOFRECUENCIA Y AUDIO .....</b>	<b>9</b>

3.1	Diagrama general de funcionamiento.....	9
3.2	Bloques de diseño del prototipo .....	10
3.2.1	Bloque de fuente de poder .....	11
3.3	Bloque de sintonización .....	11
3.4	Bloque de detección .....	12
3.4.1	Bloque de detección de radiofrecuencia .....	12
3.4.2	Bloque de detección de audio .....	13
3.4.3	Bloque de control.....	13
3.4.4	Bloque de visualización .....	14
3.5	Componentes electrónicos empleados en los módulos .....	14
3.5.1	Fuentes de poder .....	14
3.5.2	Módulo de interfaz grafica.....	15
3.5.3	Módulo de tarjeta de desarrollo .....	15
3.6	Implementación de la propuesta.....	16
3.6.1	Implementación del módulo de interfaz grafica .....	16
3.6.2	Implementación del módulo de tarjeta de desarrollo.....	17
3.6.3	Implementación del bloque de detección de audio.....	17
3.6.4	Implementación del bloque de detección de radiofrecuencia.....	18
3.6.5	Implementación final .....	18
<b>CAPITULO 4.....</b>		<b>20</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>		<b>20</b>
4.1	Pruebas de detección de audio.....	20
4.1.1	Pausas de audio por locución en una estación FM.....	20
4.1.2	Estación FM con niveles de audio bajo.....	21
4.1.3	Estación FM sin audio.....	22
4.2	Pruebas de detección de Radiofrecuencia .....	22
<b>CAPITULO 5.....</b>		<b>24</b>
<b>ANÁLISIS DE COSTOS .....</b>		<b>24</b>
5.1	Costos fijos .....	24
5.2	Costos variables.....	24
5.3	Valor Actual Neto (VAN) .....	25
5.1.1	Tasa de Descuento.....	25
5.1.2	Cálculo del VAN.....	26
5.4	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	26
5.3	Periodo de recuperación del capital .....	27

CONCLUSIONES .....	28
RECOMENDACIONES .....	29
BIBLIOGRAFÍA .....	30



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de bloques R&S®UMS100.....	6
Figura 2.2 Visual R&S®UMS100 Monitoring System.....	7
Figura 2.3 Software Defined Radio (SDR).....	7
Figura 2.4 Signal Shark.....	8
Figura 2.5 Remote Analyzer NRA-6000 RX.....	8
Figura 3.1. Diagrama General de funcionamiento.....	9
Figura 3.2. Esquema del prototipo.....	10
Figura 3.3 Circuito completo del prototipo.....	10
Figura 3.5 Circuito TA2022AFNG+Tuner.....	11
Figura 3.4 Diagrama de bloque detector de radiofrecuencia.....	12
Figura 3.6 Circuito detector y control de audio.....	13
Figura 3.7 Fuente de poder.....	14
Figura 3.8 Fuente de poder utilizadas.....	15
Figura 3.9 Arduino Mega.....	16
Figura 3.10 Visualización de la señales.....	16
Figura 3.11 Visualización del nivel de recepción.....	17
Figura 3.12 Placa utilizada para detección de audio.....	17
Figura 3.12 Placa utilizada para detección de audio.....	17
Figura 3.13 Placa utilizada para detección de radiofrecuencia.....	18
Figura 3.14 Estructura utilizada en el montaje final.....	19
Figura 4.1. Detección de Audio.....	19

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Promedio Tiempo de pausas por locución.....	20
Tabla 4.2 tiempos para que el condensador comience a cargar.....	22
Tabla 4.3 Voltajes máx. y min del circuito integrado TA2022AFNG+Tuner con respecto a recepción de señal.....	23
Tabla 5.1 Costo de elementos electrónicos.....	24
Tabla 5.2 Costo de mano de obra.....	24
Tabla 5.3 Costo total del proyecto.....	25
Tabla 5.4 Flujo de caja mensual.....	26

## **RESUMEN**

Las tecnologías implementadas en las estaciones de radiodifusión y los sistemas de monitoreo trabajan conjuntamente para ofrecer la disponibilidad hacia los receptores y evitar sanciones por entes reguladores por incumplimiento sobre errores en la transmisión. La empresa Ecuatronix brinda el servicio de monitoreo de radiofrecuencia y audio para la detección de errores a las diferentes estaciones radiodifusoras en FM con el equipo Audemat-Aztec, que actualmente es obsoleto con tecnología discontinuada. Los dispositivos electrónicos para la detección de radiofrecuencia y audio que hay en el mercado tienen un alto costo de implementación, con el presente proyecto se desarrolla un dispositivo electrónico que permite disminuir el tiempo de respuesta en la detección de errores, con alertas visuales y sonoras. El presente trabajo inicia con el análisis de los dispositivos disponibles por la empresa y los presentes en el mercado para establecer los requerimientos del dispositivo electrónico que cumple con las necesidades de la empresa. El dispositivo electrónico es rentable por el valor obtenido en el cálculo del VAN de 1035.12 con un periodo de recuperación del capital de 2.04 meses.

## **ABSTRACT**

The technologies implemented in the broadcasting stations and the monitoring systems work together to provide availability to the receivers and to avoid sanctions by regulators for non-compliance with transmission errors. The company Ecuatronix provides the service of radio frequency and audio monitoring for the detection of errors to the different FM radio stations with the Audemat-Aztec equipment, which is currently obsolete with discontinued technology. The electronic devices for radiofrequency and audio detection that are on the market have a high implementation cost, with this project we are developing an electronic device that allows us to reduce the response time in error detection, with visual and sound alerts. This work begins with the analysis of the devices available by the company and those present in the market to establish the requirements of the electronic device that meets the needs of the company. The electronic device is profitable for the value obtained in the calculation of the VAN of 1035.12 with a recovery period of 2.04 months.

## INTRODUCCIÓN

Los métodos para monitoreo de estaciones de radio han evolucionado de acuerdo a las necesidades de las emisoras para la disponibilidad de radiodifusión hacia los receptores y las leyes a las que estas se rigen sobre todo en las sanciones por incumplimiento, los incidentes que afectan a la adecuada transmisión están latentes en la actualidad, los principales son: interferencias generadas por el equipo de transmisión, el medios de transmisión, exceder la potencia de transmisión, fallas de energía eléctrica, perdida por línea de vista o apuntamiento de antenas, etc.

La empresa Ecuatronix brinda el servicio de monitoreo de radiofrecuencia y audio para la detección de errores a las diferentes estaciones radiodifusoras en FM actualmente posee el equipo electrónico Audemat-Aztec, que actualmente no abastece las necesidades de las estaciones radiodifusoras para la detección de errores en radiofrecuencia y audio utiliza la lectura en bucle provocando tiempo de respuesta extenso.

En el mercado existe variedad de dispositivos electrónicos para realizar la función de detección de radiofrecuencia y audio, pero con alto costo de implementación, con este antecedente se trata de optimizar los recursos económicos con un dispositivo de bajo costo con mayor desempeño. El presente proyecto se desarrolla en la Empresa Ecuatronix, mediante un dispositivo electrónico el cual permite la detección de radiofrecuencia y audio para disminuir el tiempo de respuesta en la detección de errores, adicionalmente implementa alertas visuales y sonoras cuando se detecta la falta radiofrecuencia y/o audio de las estaciones.

Para esto se realiza el análisis de los dispositivos disponibles por la empresa y los presentes en el mercado para establecer los requerimientos de la empresa. Para el desarrollar el dispositivo electrónico está dividido en cinco capítulos: El primer capítulo consta del planteamiento del problema, justificación, objetivos y la metodología. El segundo capítulo se basa sobre los fundamentos teóricos sobre las estaciones de radiodifusión y las tecnologías que existen actualmente en el mercado

para realizar la detección de radiofrecuencia y audio. El tercer capítulo contiene el desarrollo del dispositivo electrónico mismo que se dividió en etapas de sintonización, detección de radiofrecuencia y audio, control y visualización. En el cuarto capítulo se realiza las pruebas de funcionamiento y el análisis sobre las alarmas visuales y sonoras implementadas en la empresa Ecuatronix. Finalmente, en el capítulo cinco, se analiza el costo de implementación, mediante el cálculo de VAN determinar la viabilidad del proyecto.

# **CAPITULO 1**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La empresa Ecuatronix ubicada en la provincia de Pichincha en el Distrito Metropolitano de Quito, brinda soluciones integrales en la industria del broadcasting, además brinda el servicio de monitoreo de radiofrecuencia y audio para la detección de errores a las diferentes estaciones radiodifusoras en FM en el Distrito Metropolitano de Quito

La empresa Ecuatronix cuenta con el equipo de monitoreo Audemat-Aztec, que utiliza un sistema ya obsoleto y no abastece para la demanda de estaciones radiodifusoras en FM que existe actualmente en la empresa, provocando tiempo de respuesta extenso en la detección de errores en radiofrecuencia y audio, además es ineficiente ya que para la detección de un error en radiofrecuencia y audio utiliza la lectura en bucle, es decir, analiza una a una las estaciones radiodifusoras que para estos sistemas de monitoreo no son factibles.

Por lo antes expuesto es importante el desarrollo de un detector de estaciones FM en radiofrecuencia y audio.

### **1.2 Justificación**

Actualmente la empresa Ecuatronix brinda el servicio de monitoreo a diferentes estaciones de radio en FM, y no dispone de un dispositivo para la detección de radiofrecuencias que le permita identificar cuando existe un problema al instante en radiofrecuencia o audio para realizar el mantenimiento correctivo.

El presente proyecto técnico está enfocado en la detección de errores en radiofrecuencia y audio para las estaciones radiodifusoras en FM que la empresa Ecuatronix brinda servicio en el Distrito Metropolitano de Quito, ya que con el transcurso de los años la empresa tiene un crecimiento considerable de clientes y los dispositivos de monitoreo que actualmente tiene son obsoletos y los tiempos de respuestas son ineficientes.

Por todo lo expuesto anteriormente se hace necesario desarrollar de un dispositivo electrónico que permita detectar errores en radiofrecuencia y audio en la transmisión de estaciones radiodifusoras en FM con tiempos de respuesta cortos.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar un detector de radiofrecuencia y audio mediante la utilización de dispositivos electrónicos para el monitoreo de las estaciones de radio FM de la empresa Ecuatronix en el Distrito Metropolitano de Quito.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar las tecnologías de detección de radiofrecuencia y audio para el monitoreo de las estaciones de radio FM.
  
- Diseñar un dispositivo para el monitoreo en radiofrecuencia y audio en las estaciones de Radio FM que son gestionadas por Ecuatronix.
  
- Implementar el dispositivo en la detección de estaciones en radiofrecuencia y audio para la verificación de viabilidad técnica.
  
- Analizar los costos del detector de radiofrecuencia y audio para la implementación y operación del proyecto.

### **1.4 Tema**

Desarrollo de un detector de estaciones FM en radiofrecuencia y audio para la empresa Ecuatronix.

### **1.5 Metodología**

- El método analítico se indagará sobre los diferentes dispositivos electrónicos para la detección de radiofrecuencia y audio. Concluyendo con un análisis de costos para su futura implementación.



- El método experimental se aplica al realizar las pruebas de funcionamiento una vez terminado el dispositivo electrónico que permita detectar las estaciones de radiofrecuencia y audio en FM.
- El método inductivo se utiliza para relacionar los resultados obtenidos para posteriormente obtener conclusiones sobre el proyecto.
- El método comparativo permite relacionar los resultados obtenidos en el método experimental, para determinar si el método utilizado es eficiente para la detección de radiofrecuencia y audio en estaciones FM.

## **CAPITULO 2**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.1 Radiación electromagnética**

La radiación electromagnética se basa en la generación de ondas que se propagan por el espacio, las cuales son denominadas ondas electromagnéticas (Serway & Jewett Jr., 2009). Por otro lado la radiación electromagnética se considera como una forma de energía, consistente en campos electromagnéticos y se propagan en forma de ondas, transportando cantidades discretas de energía (López García & Caselles, 1991).

#### **2.2 Radiodifusión**

Es el servicio de radiocomunicación el cual permite la difusión de programación de audio a distancia, cuya señal es receptada directamente por el público en general.

La radio es considerada el medio de comunicación masivo, el cual contiene una antena transmisora con instalaciones necesarias para transmitir ondas eléctricas codificadas de audio, donde se asegure el servicio de radiodifusión en un área determinada y autorizada que pueden ser receptadas por el público en general, por ello, la radio es considerada un medio de comunicación de masas.

##### **2.2.1 Elementos de una estación radiodifusora**

Los elementos principales para la operación de una estación radiodifusora según la ARCOTEL son: transmisor, línea de transmisión, sistema radiante, equipos de enlace.

- **Transmisor:** El diseño del transmisor en estaciones radiodifusoras debe ajustarse a las características y parámetros técnicos autorizadas que adicionalmente deben contar con instrumentos de medición básicos. Es el dispositivo que genera señales de radiofrecuencia, en el caso de radiodifusión los transmisores son robustos y potentes para radiar sus señales. La señal de radiofrecuencia que entrega el transmisor sin modular se denomina portadora.

- **Línea de transmisión:** Una línea de transmisión se refiere a la conducción eléctrica que permiten la circulación de corrientes de RF. Es la línea que permite trasladar la energía desde el transmisor.
- **Sistema radiante:** Es el arreglo de antenas, la antena permite el envío y recepción ondas electromagnéticas hacia un espacio libre, los patrones de radiación se orientan para irradiar sectores específicos según los requerimientos y autorizaciones establecidas.
- **Equipos de enlace:** La comunicación se realiza entre transmisor, receptor y antena, los que deben ajustarse a parámetros técnicos autorizados para garantizar la comunicación entre los mismos, sin tener interferencias.

### **2.3 Radio FM (Frecuencia Modulada)**

Es un sistema de radiocomunicación el cual utiliza una modulación FM, en dicha modulación se transmite información por una onda portadora en la cual varía su frecuencia. En esta modulación se tiene un mejoramiento no solo en la relación señal ruido sino también presenta mejoramiento en la resistencia al efecto de desvanecimiento y a la interferencia.

En dicha estación se establece una separación entre cada canal de 200 KHz, entonces en esta banda se tiene 100 canales iniciando en 88.1 hasta el 107.9 MHz (Morales & Paulina, 2012).

### **2.4 Detector de audio**

La señal de salida de audio en un teléfono móvil o equipo de radio es una señal alterna, por lo cual para visualizar la señal se utiliza un detector de envolvente que vendría hacer un circuito que a partir de una señal de entrada que en este caso sería la de audio, determinará su envolvente.

Para esto hay que elegir bien los valores ya sea el del condensador y de la resistencia ya que de estos dependerá el buen funcionamiento del seguimiento de envolvente.

## 2.5 Detectores de radiofrecuencia

Los detectores de radiofrecuencia también conocidos como detectores de potencia de RF son dispositivos que permiten detectar la presencia de ondas de radiofrecuencia para la supervisión o verificación de ruido en un medio físico para comprobar el funcionamiento de los equipos o la presencia de señales de interferencia, pueden ser por un medio guiado como un cable o inalámbricamente.

### 2.5.1 R&S@UMS100

La empresa Rohde&Schwarz tiene en el mercado el sistema de monitoreo R&S@UMS100, su rango de operación es de los 20 MHz a los 1300 MHz y brinda soluciones de monitoreo de radiofrecuencia entre las principales son: seguridad de policía, servicios de rescate, ambulancias, brigadas de bomberos, sistemas de transmisión de TV y radio. En la Figura 2.1 se observa el detector R&S@UMS100 en su diagrama en bloques.

Figura 2.1. Diagrama de bloques R&S@UMS100

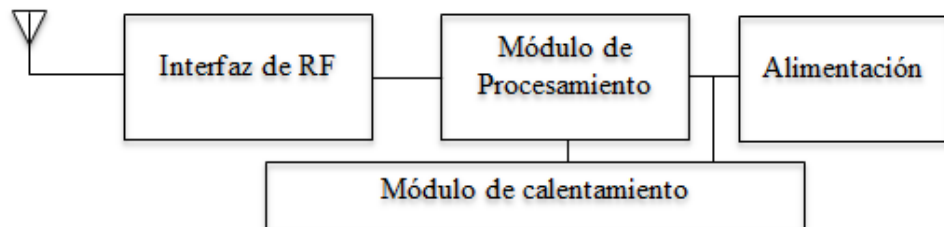


Diagrama de bloques del detector de RF R&S@UMS100 Monitoring System. Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez

El R&S@UMS100 está diseñado como un sistema de monitoreo autónomo muy económico y compacto, es la solución óptima para monitorear automáticamente todos los rangos de frecuencias y todos los transmisores de interés si se coloca dentro del área de cobertura (Rohde & Schwarz Regional Headquarter Latin America, 2019). En la Figura 2.2 se muestra la antena del R&S@UMS100 que es utilizada para la detección de señales RF.

Figura 2.2. R&S®UMS100 Monitoring System



Antena de monitores del R&S®UMS100. Fuente: (Rohde & Schwarz Regional Headquarter Latin America, 2019)

### 2.5.2 Radio definido por software (SDR)

Es una técnica para construir dispositivos y reemplazar componentes de hardware por rutinas de software, reduciendo los costos y tamaño. Existen variedad de equipos y herramientas de programación para implementar en la industria, que aportan para el desarrollo de tareas específicas y sistemas flexibles (Arteaga, 2012). En la Figura 2.3 se observa el diagrama en bloques que conforma un SDR, las etapas por las que pasa la señal desde la recepción de la señal hasta la visualización.

Figura 2.3. Software Defined Radio (SDR)

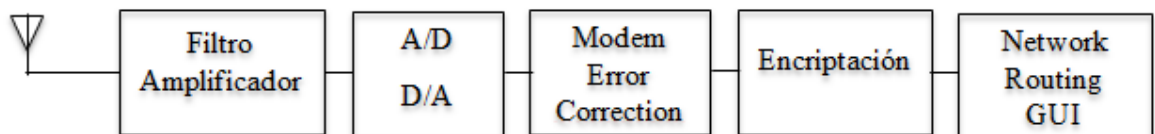


Diagrama de bloques del Software Defined Radio (SDR) Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez

### 2.5.3 Signal Shark

Es un analizador de señales para detectar, analizar, clasificar y localizar señales de RF en un rango desde los 9 kHz a 8 GHz. Comúnmente para uso estacionario y móvil (TesAméricaTM, 2018).

Figura 2.4. Signal Shark



Dispositivo electrónico SignalShark. Fuente: (LS Management Group, 2019)

#### 2.5.4 REMOTE ANALYZER NRA-6000 RX

Es un analizador de espectro remoto, excepcional en su alcance y se ejemplifica en la relación precio-rendimiento. Es especialmente adecuado para la supervisión radio. NRA-6000 RX permite un análisis exhaustivo en todos los rangos de frecuencia de radio que incluye la última comunicación móvil (TesAméricaTM, 2018). En la Figura 2.5 se muestra el dispositivo Remote Analyzer, con una vista frontal en la que se observa el modelo y las luces piloto.

Figura 2.5. Remote Analyzer NRA-6000 RX



Remote Analyzer vista frontal. Fuente: (Narda, 2014)

## CAPITULO 3

### DISEÑO DEL DETECTOR DE RADIOFRECUENCIA Y AUDIO

En este capítulo se detalla el diseño del detector de radiofrecuencia y audio, además se especifican los dispositivos y componentes electrónicos que se utilizarán tanto para la detección de radiofrecuencia como para la detección de audio y su funcionamiento conjunto.

#### 3.1 Diagrama general de funcionamiento

Se muestra el prototipo de un dispositivo electrónico el que consta de la sintonización de estaciones radiodifusoras y circuitos electrónicos que permiten la detección de radiofrecuencia y audio para comprobar la recepción de señal caso contrario se activa alarmas visuales y sonoras en la LCD, este proceso se realiza con la tarjeta de desarrollo Arduino Mega en la parte de control. Las estaciones presentan las siguientes necesidades: estación fuera del aire, estación con nivel de audio bajo y estación sin audio; se presentan distintas cualidades para solucionar el monitoreo en tiempo real y seguridad para sus clientes, en la Figura 3.1 se indica el diagrama con sus respectivos bloques.

Figura 3.1. Diagrama de funcionamiento

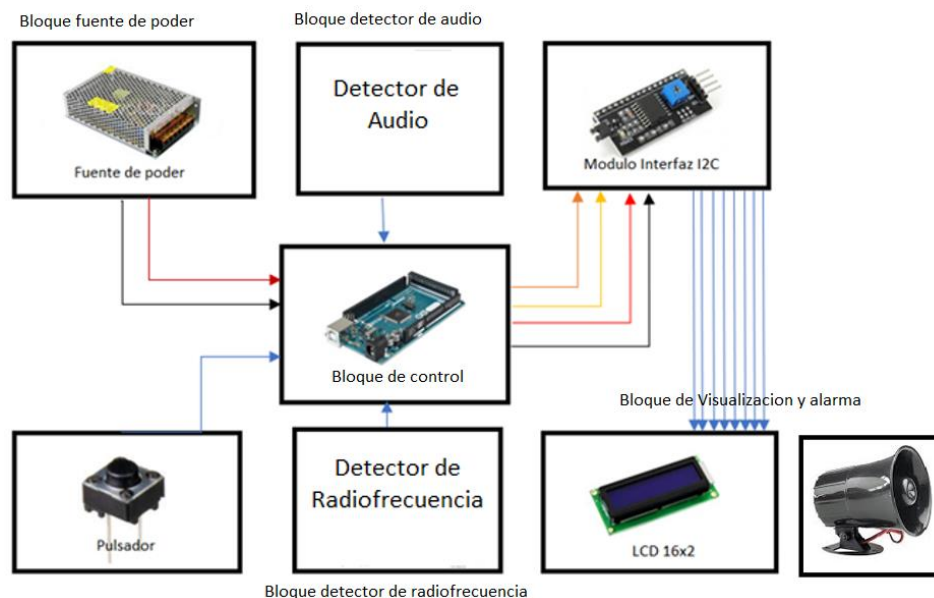
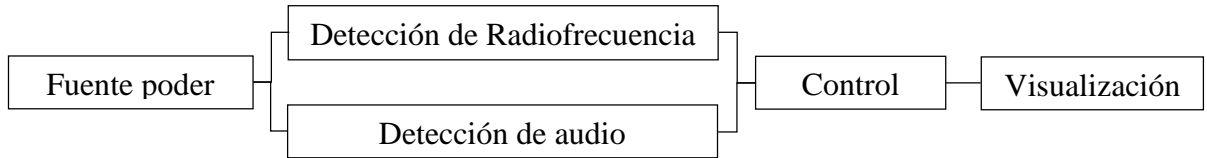


Diagrama de funcionamiento en bloques de un detector de radiofrecuencia y audio Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

### 3.2 Bloques de diseño del prototipo

En el diseño del prototipo se divide en los siguientes bloques: Fuente, detección, control y visualización, considerando que en la etapa de detección se subdivide en radiofrecuencia y audio como se puede ver en la Figura 3.2.

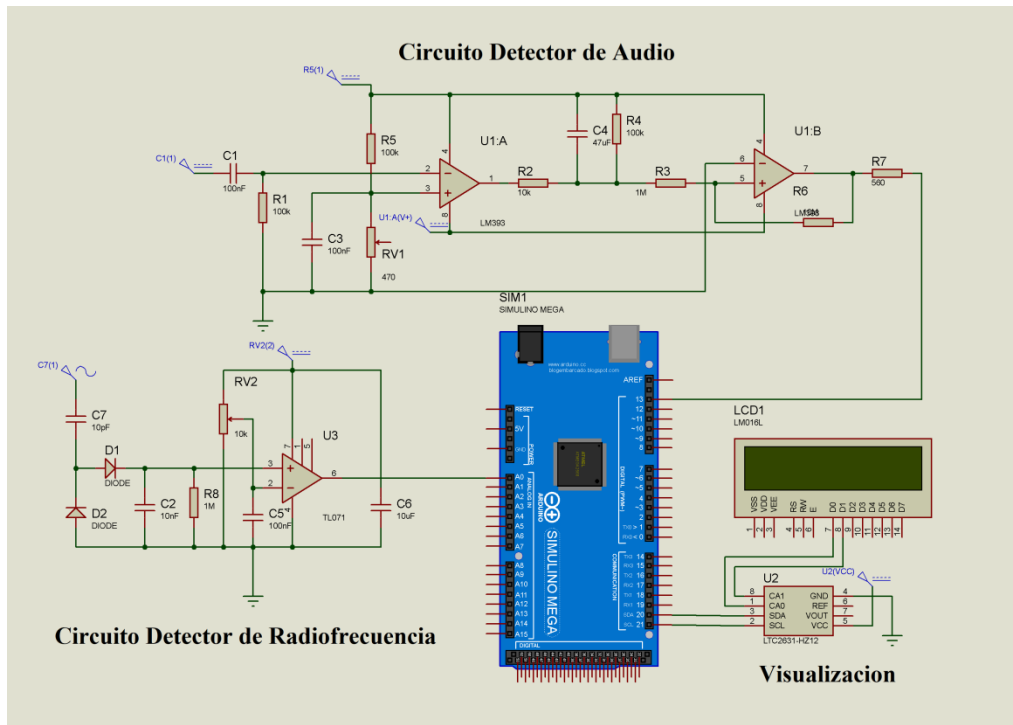
Figura 3.2. Esquema del prototipo



Esquema por bloques del prototipo electrónico. Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yánez.

Una vez ya conocidos todos los bloques que se desea implementar y los componentes deseados en cada módulo se procede a unir en un solo circuito con la ayuda del Arduino, para así tener el circuito funcionando en óptimas condiciones, a continuación, se presenta las conexiones necesarias para unir el circuito final del prototipo en la Figura 3.3.

Figura 3.3. Circuito completo del prototipo



Circuito final implementado en el prototipo. Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yánez.



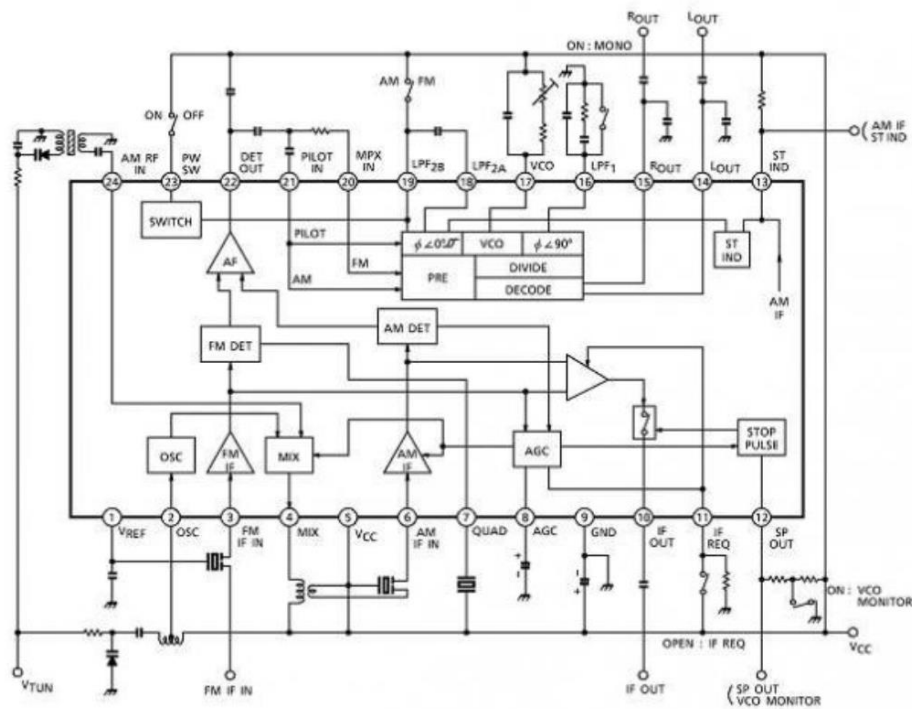
### 3.2.1 Bloque de fuente de poder

En el bloque de las fuentes de poder consta de 2 fuentes: la primera de 5 VDC con una corriente máxima de 1 A que energiza al bloque de control, visualización y detector de radiofrecuencia; y la segunda de  $\pm 12$  VDC con una corriente máxima de 1.5 A, que alimenta el bloque del detector de audio y sirena. Este bloque debe funcionar correctamente con los parámetros antes mencionados para energizar el circuito y su correcto funcionamiento de los otros bloques.

### 3.3 Bloque de sintonización

En esta etapa se utiliza el circuito TA2022AFNG+Tuner, es un receptor que permite detectar señales FM en la banda de 88 MHz a los 108 MHz, comúnmente utilizado en radios portátiles. Los bloques de funciones del circuito son los siguientes: Etapa de entrada RF (Radiofrecuencia), oscilador local, un limitador de amplitud IF y demodulador de fase que indica la Figura 3.4.

Figura 3.4 Circuito TA2022AFNG+Tuner



Circuito detector de radiofrecuencia TA2022AFNG+Tuner Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez

### 3.4 Bloque de detección

En este bloque se tiene dos partes que son la detección de radiofrecuencia y la detección de audio.

#### 3.4.1 Bloque de detección de radiofrecuencia

En esta etapa en esencia se recibe la señal por la antena, estas señales captadas entran en un circuito resonante tipo LC con bobinas (L) y condensadores (C) o circuito de entrada, en si cuando se trata de sintonizar una estación FM lo que se hace es tratar de sintonizar la frecuencia resonante del circuito LC con la señal recibida como se observa en la Figura 3.5 en el primer bloque, estos circuitos por eficientes que sean, no son ideales, es decir, otras frecuencias cercanas también pasa a la siguiente etapa amplificador RF como la frecuencia de resonancia de la señal deseada. El amplificador RF tiene la propiedad de separar la señal deseada y amplificar de señales no deseadas y de esta manera elimina las interferencias.

Figura 3.5 Diagrama de bloque detector de radiofrecuencia

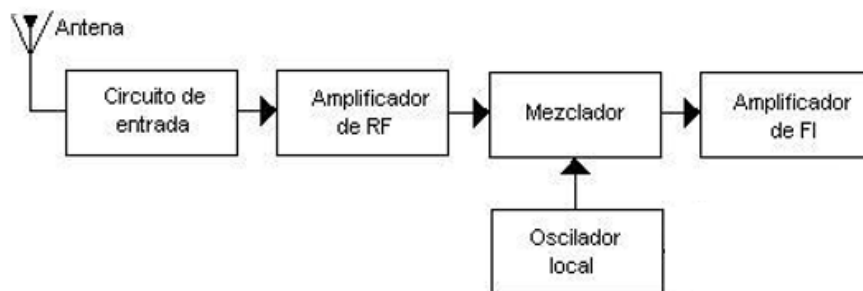


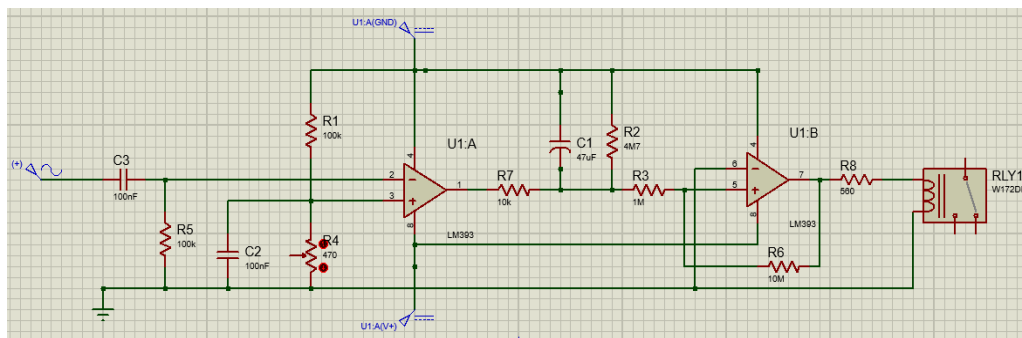
Diagrama en bloques de la detección de radiofrecuencia. Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

El conversor mediante el oscilador local logra interferencia entre la señal generada por el oscilador y las señales de entrada formando la frecuencia intermedia (FI), a la salida del mezclador se obtiene 4 frecuencias, la suma de la señal del oscilador y la frecuencia de la señal que entra, la resta de ambas señales, la señal de entrada, y la señal del oscilador local, por un filtro pasa banda se escoge nuestra señal, en los receptores comerciales de radiodifusión se escoge 10,7 MHz como valor de la frecuencia intermedia.

### 3.4.2 Bloque de detección de audio

Este bloque obtiene la señal de audio a partir de la detección de radiofrecuencia y que a su vez envía esta señal al Arduino para procesar y verificar si los niveles de audio son los óptimos para los sintonizadores de las estaciones FM. Esta etapa como se muestra en la Figura 3.6 consta de dos comparadores, el primero realiza la detección del audio y carga del condensador C1, y el segundo activa al relé siempre que el condensador C1 este cargada, y esto depende de la resistencia R7 ya que la función principal de esta resistencia es no hacer una activación indeseada con cualquier ruido instantáneo que pueda ingresar al circuito y solo se cargara si existe audio continuo. Para el tiempo de descarga de C1 dependerá de la resistencia R2 y es muy importante ya que en las emisoras de FM siempre hay intervalos de silencio más cuando están en locución, entonces este es el mecanismo que se utiliza para que después de haber cesado el audio por un tiempo corto el relé siga activo y de esta manera impide que el sistema de alarma se active de manera inadecuada.

Figura 3.6 Circuito detector y control de audio



Circuito detector de audio Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez

### 3.4.3 Bloque de control

Este bloque está conformado por diferentes funciones que son: adquisición de datos, interfaz gráfica y Tarjeta inteligente Arduino (procesamiento de datos); el bloque de control importante porque permite adquirir y procesar los datos luego enviar la señal necesaria para activar la alarma cuando una estación se encuentre en las siguientes condiciones: fuera del aire, nivel de audio bajo, sin audio; y de esta forma la empresa Ecuatronix puede tomar medidas preventivas o correctivas de sus respectivos clientes que presenten alguna novedad de las antes mencionadas, además realiza la gestión por medio de los módulos de interfaz gráfica, observando todos estos requerimientos se considera emplear una tarjeta Arduino.

### 3.4.4 Bloque de visualización

El bloque de visualización es el sistema que muestra la estación de FM que no cumple con los parámetros deseados tanto en audio como en radiofrecuencia, esto de acuerdo con la comparación entre los datos obtenidos y los esperados que se realiza en el Arduino. La visualización se implementa en una LCD 16x2 que tiene 16 pines por las características detalladas en el Anexo 1, conjuntamente con el sistema I2C que optimiza los pines, con el uso del SDA y el SCL del Arduino, de esta manera se tiene más entradas/salidas digitales disponibles en la tarjeta de desarrollo para la etapa de detección de audio como para radiofrecuencia.

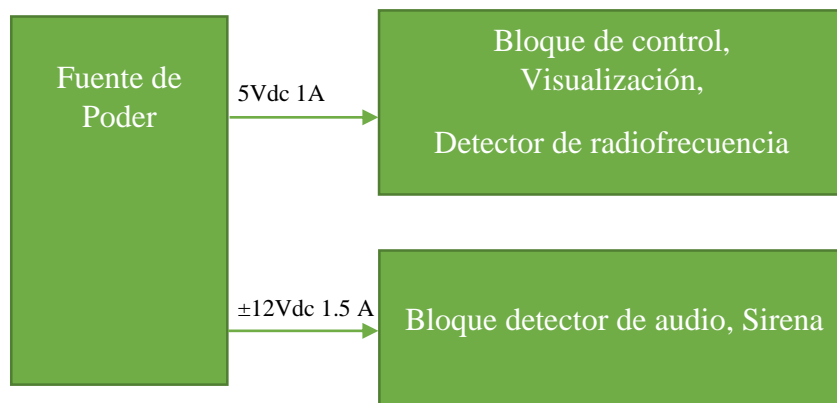
### 3.5 Componentes electrónicos empleados en los módulos

En este espacio se realiza una descripción de los componentes electrónicos que conforman cada módulo con su funcionamiento y la implementación. Para el diseño de cada módulo se utiliza diferentes placas mediante el software Kicad que es un software utilizado para diseños mismo que se utiliza para realizar circuitos impresos de acuerdo a las necesidades.

#### 3.5.1 Fuentes de poder

En la Figura 3.7 se puede observar cómo se energiza el prototipo electrónico con su respectiva distribución, cabe mencionar que estas fuentes deben tener una conexión a tierra para evitar un mal funcionamiento o avería de equipos a futuro.

Figura 3.7 Fuente de Poder



Distribución de fuente de poder Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

La fuente de poder que energiza todos los bloques antes mencionados son fuentes de voltaje comercial destinadas para experimentos los cuales cumplen los parámetros deseados para el buen funcionamiento de los equipos que dependen del mismo. En la Figura 3.8 se presenta las fuentes utilizadas para la alimentación del prototipo

Figura 3.8 Fuentes de poder utilizadas



Figura 3.8 Fuente variable de  $\pm 12$  V y Fuente de 5 V. Elaborado por: Cristóbal Caizaluiza, David Yáñez.

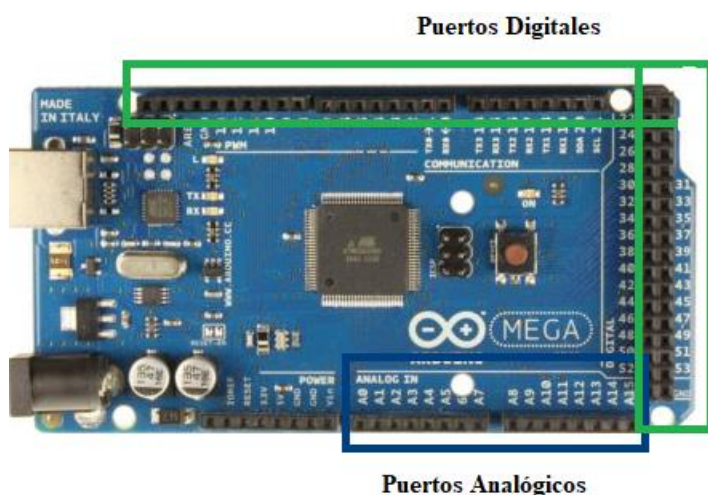
### 3.5.2 Módulo de interfaz grafica

Se emplea una LCD 16x2 junto con un módulo I2C y todo esto junto a un Arduino para visualizar parámetros como el estado de la señal de recepción y niveles de audio, de esta manera se puede llevar un control visual de los parámetros deseados y asignados.

### 3.5.3 Módulo de tarjeta de desarrollo

El presente proyecto se pretende emplear un Arduino Mega como se indica en la Figura 3.9, por sus grandes prestaciones y sus puertos analógicos y digitales.

Figura 3.9 Arduino mega



Arduino Mega con puestos analógicos y digitales. Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

### 3.6 Implementación de la propuesta

A continuación, se detallan los bloques del diseño del dispositivo con la implementación.

#### 3.6.1 Implementación del módulo de interfaz gráfica

La conexión del módulo I2C al Arduino se presenta en la tabla 1, este módulo a su vez va conectado a la LCD que permite al usuario ver textualmente parámetros como: estado de la señal de recepción y niveles de audio, en la Figura 3.10 se observa los diferentes parámetros presentados en esta interfaz gráfica.

Tabla 3.1. Conexiones de Arduino a módulo I2C.

Arduino	GND	+5V	20	21
I2C	GND	+5V	SDA	SCL

Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

Figura 3.10 Visualización de señales



Visualización de estado de señales en LCD. Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

En la Figura 3.11 se observa los niveles de recepción en la interfaz gráfica.

Figura 3.11 Visualización de niveles recepción



Visualización del nivel de señales en LCD. Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

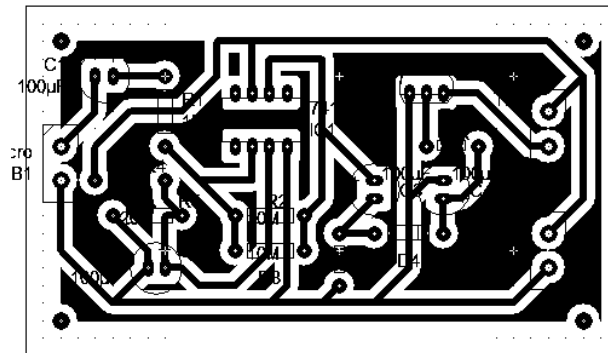
### **3.6.2 Implementación del módulo de tarjeta de desarrollo**

La implementación de este módulo es la más importante para el funcionamiento de los bloques y módulos en conjunto del dispositivo electrónico, la LCD se integra al Arduino mediante la tarjeta del módulo I2C por los pines digitales 20, 21, los cuales funcionan como comunicación I2C y ayudan a optimizar las entradas y salidas digitales para tener pines disponibles en la conexión de los módulos de detección de radiofrecuencia y audio. Las señales del módulo detector de radiofrecuencia ingresan la tarjeta de desarrollo en los pines 22 al 38, además la conexión al pin GND del Arduino y envía el 1L o 0L para visualizar el estado de la señal. El detector de audio se integra al Arduino mediante los pines analógicos que va desde A0 al A15 los que permite la lectura de señales analógicas adquiridas por el bloque de detección de audio. El sistema de alarma se utiliza el pin digital 7 que dependerá de los valores que ingresen al Arduino de la etapa de la detección de radiofrecuencia y audio para que esta se active o desactive.

### **3.6.3 Implementación del bloque de detección de audio**

Para implementar este módulo se realizó tomando en cuenta el circuito de la Figura 3.2, en la Figura 3.12 se muestra la tarjeta PCB concluida con los elementos para su funcionamiento y con sus respectivas borneras para el montaje y unión con los demás módulos.

Figura 3.12 Placa utilizada para detección de audio

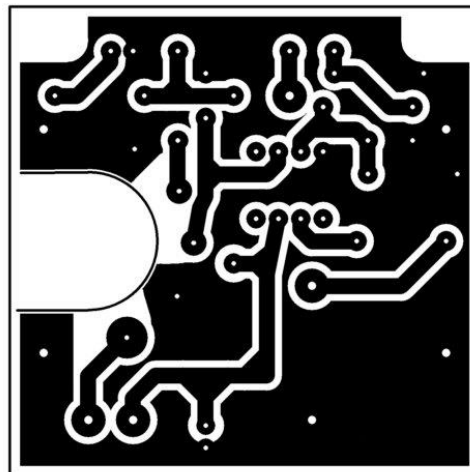


Tarjeta de detección de audio con montaje de los elementos necesarios. Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

### 3.6.4 Implementación del bloque de detección de radiofrecuencia

Para implementar este módulo se realizó tomando en cuenta que el circuito ya viene implementado en equipos portátiles de radio como se observa en la Figura 3.4, en la Figura 3.13 se observa la tarjeta PCB concluida con todos los elementos para su funcionamiento.

Figura 3.13 Placa utilizada para detección de radiofrecuencia



Tarjeta de detección de radiofrecuencia con montaje de los elementos necesarios. Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

### 3.6.5 Implementación final

La etapa final es unir los bloques que forman el dispositivo electrónico con una estructura que proteja al prototipo de la parte exterior para su buen funcionamiento, en la Figura 3.14 se puede observar la estructura principal y el montaje que se lo realizo



de una manera adecuada para evitar contacto entre módulos y que tenga espacio suficiente para no ocasionar problemas a futuro.

Figura. 3.14 Estructura utilizada en el montaje final



Estructura principal y montaje de los bloques de detección de radiofrecuencia, detección de audio, control, interfaz gráfica, módulo I2C. Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

La fuente de 5Vdc va en la parte externa de la estructura y el prototipo tiene acceso a esta mediante un conector USB que va anclado en la parte frontal de la estructura y que además de proporcionar energía a los equipos también servirá para ingresar al Arduino y modificar si es necesaria la programación en el Arduino.

La fuente de poder  $\pm 12\text{Vdc}$  va en la parte externa de la estructura y el prototipo tiene acceso a esta mediante conectores banana colocados en la parte posterior de la estructura, esta fuente va conectada directamente al módulo detector de audio y el sistema de alarma. Tanto la fuente de 5Vdc como el de  $\pm 12\text{Vdc}$  deben tener una tierra común para que el prototipo funcione de manera correcta.

Los módulos I2C y la interfaz gráfica se comunicarán mediante un bus de datos y los cuales intercambiara información con el Arduino y esta a su vez irán integrados en la parte frontal de la infraestructura

## CAPITULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se analiza los resultados obtenidos para el monitoreo en radiofrecuencia y audio en las estaciones radiodifusoras en FM y las pruebas de operatividad en todos sus sistemas.

#### 4.1 Pruebas de detección de audio

En la detección de audio se realiza la prueba en diferentes circunstancias que puede presentar una estación de FM, es decir cuando una estación esta sin audio, nivel de audio bajo y pausas de audio por locución.

##### 4.1.1 Pausas de audio por locución en una estación FM

Para este caso se tomó los tiempos máximos aproximados de las pausas de audio que se realiza cuando están locutando en las estaciones de radio FM a las que Ecuatronix brinda sus servicios y los resultados que se obtuvo se muestra a continuación en la tabla.

Tabla 4.1 Promedio Tiempo de pausas por locución

<b>Estación FM</b>	<b>Tiempo [s]</b>
La Otra	0,6
La bruja	0,8
Exa FM Ecuador	0,7
Radio Sucesos	0,8
Canela	0,9
Sonorama	1
Disney	0,9
Tropicalida	0,7
FM Mundo	0,5
Católica	0,7
Promedio Tiempo	0,76

Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

Como se muestra en la tabla se obtuvo un promedio de 0.76 s en las pausas de audio por locución y con este dato se logró calcular el tiempo de descarga del condensador,

en donde el valor de la resistencia y el condensador se varió hasta hallar un tiempo adecuado de descarga para así evitar que el sistema de alarma de audio se active cuando haya un tiempo menor a los 0.76 s. En el circuito se utilizó una resistencia de 10 K $\Omega$  y un condensador de 47  $\mu$ F. A continuación, aplicando la ecuación Ec. (4.1) de descarga de un condensador se obtuvo tanto la cantidad de voltaje restante a través del condensador como la cantidad de voltaje descargado del condensador:

$$V_c = V_0 e^{\frac{-t}{RC}} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

$$V_c = 0.99244531699 \text{ [V]}$$

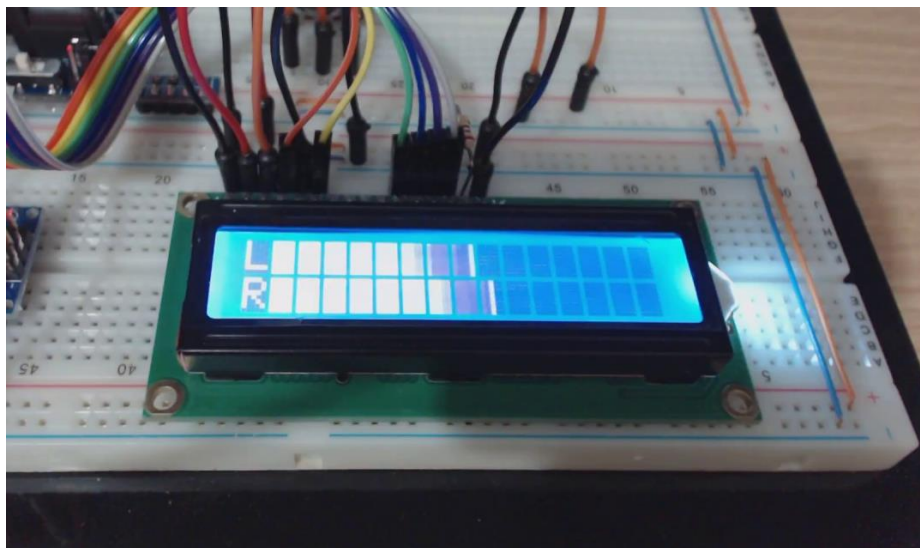
Entonces la cantidad de voltaje descargado del condensador es:

$$V_D = 5 - 0.99244531699 = 4.00755468301 \text{ [V]}$$

#### 4.1.2 Estación FM con niveles de audio bajo

Para este caso se tomó medidas de niveles de audio y se refleja mediante una barra que iría desde el punto 1 hasta el 16 de la LCD y de esta manera visualizar si los niveles de audio de las estaciones son las adecuadas. A continuación, se observa la Figura 4.1 la barra en la LCD en donde los niveles adecuados serían a partir del punto 3 hacia adelante.

Figura 4.1. Detección de Audio



Niveles de audio Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez

### 4.1.3 Estación FM sin audio

Para este caso actuaran los dos casos anteriormente mencionados; ya que los niveles de audio no serían los adecuados al igual que el tiempo para que el condensador se cargue pues debería ser un valor un poco más alto que el de descarga, es decir la carga del condensador es inversamente proporcional al de descarga; ya que el sonido que entraría al amplificador operacional no siempre es generada por la estación es decir puede ser cualquier interferencia , por eso el tiempo debe ser aproximadamente de 1.5 [s] para así evitar que cualquier interferencia pueda hacer que el sistema lo detecte como audio. En la Tabla 4.2 se muestra la generación de interferencia por un periodo corto de tiempo hasta llegar a una resistencia adecuada para que una vez pasado los 1.5 [s] pueda cargar el condensador siempre y cuando el audio sea continuo.

Tabla 4.2 Tiempos para que el condensador comience a cargar

Resistencia	Tiempo [s]
1 k $\Omega$	0,8
2,2 k $\Omega$	0,85
3,3 k $\Omega$	0,9
4,7 k $\Omega$	0,92
6,8 k $\Omega$	0,96
8,2 k $\Omega$	1,25
10 k $\Omega$	1,48

Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

En los resultados de la tabla se puede ver que la resistencia más cercana al valor del tiempo que se necesita es el de 10 K $\Omega$  porque tiene un tiempo de 1.48 [s] y es la más adecuada para así evitar que interferencias puedan hacer que el sistema lo detecte como audio.

### 4.2 Pruebas de detección de Radiofrecuencia

Para la detección de radiofrecuencia se realizó la prueba en el circuito integrado en donde se tomó mediciones de voltaje cuando se tiene recepción de señal caso contrario no hay señal, es decir, cuando la estación esta fuera del aire existe ausencia de voltaje de esta manera en la Tabla 4.3 se verifica el voltaje máximo y mínimo que llega a dar el circuito integrado en la mayoría de las estaciones de FM a la cual brinda servicios la empresa Ecuatronic.

Tabla 4.3 Voltajes máx. y min del circuito integrado TA2022AFNG+Tuner con respecto a recepción de señal

<b>Estación FM</b>	<b>Vmin. [mV]</b>	<b>V máx. [V]</b>
La Otra	9,2	2,959
La bruja	9,4	2,958
Exa FM Ecuador	9,3	2,961
Radio Sucesos	9,3	2,960
Canela	9,9	2,959
Sonorama	9,2	2,964
Disney	9,3	2,961
Tropicalida	9,4	2,960
FM Mundo	9,4	2,959
Católica	9,3	2,962
<b>Promedio Tiempo</b>	<b>9,37</b>	<b>2,9603</b>

Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

Como se observa en la tabla se obtuvo un promedio de V máx. de 2,9603 que ingresa al Arduino y es suficiente para enviar 1L al puerto digital al cual este asignado cada estación y con el V min que es de 9.37 mV sucede lo contrario es decir enviara 0L. Al enviar 0L el sistema de alarma se activa debido a que no se tiene señal (estación fuera del aire).

## CAPITULO 5

### ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis realizado sobre la implementación del proyecto y la rentabilidad que el mismo puede generar, se realizara a base del Valor Neto Actual (VAN)

#### 5.1 Costos fijos

Tabla 5.1 Costo de elementos electrónicos

<b>Elemento</b>	<b>Valor [\$]</b>
Arduino Mega	23,00
LCD	5,50
Fuente de poder	8,80
Modulo interfaz I2C	13,20
Elementos electrónicos	10,00
Módulos de radio	75,00
Cables de conexión	5,00
Total	140,50

Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

En la Tabla 5.1 se detalla los costos de los dispositivos y elementos electrónicos necesarios para la implementación del proyecto conjuntamente con los valores en los que fueron adquiridos.

#### 5.2 Costos variables

Tabla 5.2 Costo de mano de obra

<b>Elemento</b>	<b>Valor [\$]</b>
Diseño y simulación	130,00
Transporte	15,00
Total	145,00

Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

En la tabla 5.2 se indica el costo de la mano de obra, principalmente los conocimientos técnicos sobre programación y electrónica.

Tabla 5.3 Costo total del proyecto

Descripción	Valor [\$]
Elementos y dispositivos electrónicos	140,50
Diseño	145,00
Total	285,50

Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

En la Tabla 5.3 se detalla el costo total del proyecto entre los elementos y dispositivos electrónicos que se utiliza como los conocimientos técnicos sobre electrónica que se implementaron.

### 5.3 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN permite realizar un análisis sobre la inversión, utilizando los flujos en ingresos y egresos de la empresa, para estimar las ganancias brutas, el VAN mide las ganancias de quien invierte. Se calcula con la ecuación Ec. (5.1).

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{F * C}{(1+K)^t} \quad \text{Ec. (5.1)}$$

Dónde:

I= Costo Inicial de Inversión

FC= Flujo de Caja

n= periodo de vida útil

k=tasa de descuento

#### 5.1.1 Tasa de Descuento

La Tasa de Descuento según el Banco Central del Ecuador es del 8.37%.

## 5.1.2 Cálculo del VAN

Tabla 5.4 Flujo de caja mensual

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Total
<b>Saldo inicial</b>	0	-285,5	-145,5	-5,5	134,5	274,5	414,5	554,5	694,5	834,5	974,5	1114,5	1254,5	
<b>Ingresos</b>														
Mantenimiento preventivo	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	4800
Mantenimiento correctivo	0	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	7200
<b>Total Ingresos</b>	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	12000
<b>Egresos</b>														
Compra materiales	0	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1800
Compra herramientas	0	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	840
Honorarios	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	6000
Movilidad	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	480
Programacion	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1200
<b>Total Egresos</b>	0	860	860	860	860	860	860	860	860	860	860	860	860	10320
<b>Flujo de caja Mensual</b>	-285,5	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	1680
<b>Flujo de caja económico</b>	0	-145,5	-5,5	134,5	274,5	414,5	554,5	694,5	834,5	974,5	1114,5	1254,5	1394,5	
Inversion inicial	285,5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Implementacion</b>	-285,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Flujo de caja Mensual</b>	-285,5	-145,5	-5,5	134,5	274,5	414,5	554,5	694,5	834,5	974,5	1114,5	1254,5	1394,5	

Elaborado por: Cristóbal Caizaluisa, David Yáñez.

Según la Tabla 5.4 se obtiene un flujo anual de 1680.00, dato que se utilizara en el cálculo del VAN

$$VAN = 1\ 035.12$$

## 5.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR permite determinar la rentabilidad del proyecto, y se utiliza en proyectos de corta duración. Permite representar porcentualmente ganancias o pérdidas de la inversión con la ecuación Ec. (5.2).

$$VAN = \sum_{t=1}^n Ft(1 + TIR)^{-t} - I_0 \quad \text{Ec. (5.2)}$$

Dónde:

VAN: Valor neto actual inicialmente cero

Ft: Flujo de dinero en un periodo de tiempo

I<sub>0</sub>: Inversión Inicial

n: Número de periodos



Los datos obtenidos en el Anexo 4, sobre el flujo de caja mensual se utiliza para realizar el cálculo del TIR, tenemos como resultado

$$TIR = 49 \%$$

Aplicando el TIR da como resultado 49% lo que indica que el proyecto es viable.

### **5.3 Periodo de recuperación del capital**

Es la relación que existe entre la inversión inicial total ( $I_0$ ) con el flujo mensual dato que se encuentra en el Anexo 1, para conocer en qué tiempo se recupera el valor de la inversión, se calcula de la siguiente manera:

$$PRI = \frac{I_0}{Flujo\ Mensual} \quad \text{Ec. (5.3)}$$

$$PRI = \frac{285.50}{140}$$

$$PRI = 2.04 \text{ (Meses)}$$

El tiempo aproximado para recuperar el capital invertido es de dos meses aproximadamente.

## CONCLUSIONES

Se desarrolló este proyecto técnico por el motivo que el monitoreo es en tiempo real con un tiempo promedio de 0.76 segundos de cada una de las estaciones es decir que cada estación se está monitoreando individualmente sin seguir un bucle o secuencia, esto ayuda en el tiempo de respuesta y se logró que el sistema de alarma sea más rápido en comparación al equipo que contiene la empresa.

El detector de audio y radiofrecuencia proporcionan diferente información, permitiendo así un aviso de 0.0625  $\mu$ s de los problemas generados ya sea por estación de FM sin audio, niveles bajo de audio, y estación fuera del aire, además cuenta con un botón de reset para regresar a parámetros de fábrica si llegase a quedar el equipo inhibido, también cuenta con un botón por el cual se podrá ver los parámetros de cada estación y así realizar una inspección preventiva para evitar problemas futuros y lo más importante perder la confianza del cliente.

Se concluyó por los valores obtenidos en el cálculo del VAN con 1 035.12 y con signo positivo, TIR del 49% que el proyecto es rentable y un periodo de recuperación de capital de 2.04 meses, esto se debe por la utilización de tarjetas de desarrollo con módulos de radio para la lectura de señales de RF que permitieron optimizar los recursos económicos.

La detección de señales en radiofrecuencia tienen un rango de voltaje promedio desde los 2,9603 V (voltaje máximo) a 9.37 mV (voltaje mínimo), este último valor se tiene aun cuando hay ausencia de señal y esto se debe a que existe interferencia que genera algún circuito integrado (TA2022AFNG) algún voltaje.

## RECOMENDACIONES

El sistema de detector de radio frecuencia siempre tiene un voltaje promedio de 9.37 [mV] en la salida del circuito integrado TA2022AFNG en el puerto del Tuner y esto es debido a que siempre va a existir alguna interferencia que ingrese en el circuito integrado TA2022AFNG+Tuner, por lo cual para mitigar estos errores se debe calibrar o mejorar el filtro para de esta forma mejorar el sistema de detección de radiofrecuencia.

Para mejorar la velocidad de procesamiento de datos se puede usar tarjetas de desarrollo con características más potentes como Raspberry o versiones de Arduino superior al implementado o diseñar una placa que se acople a las utilidades considerando que debe monitorear aproximadamente 20 estaciones de clientes FM.

Para aumentar graficas tanto en la detección de audio como radiofrecuencia se puede hacer usos de tarjetas gráficas, una GLCD que tienen más características que la LCD y con esto llegar a realizar más funciones con respecto a los parámetros que se visualizaran en la pantalla es decir no solo visualizar el estado sino la señal como tal.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulacion y Control de las Telecomunicaciones. (s.f.). *Radiodifusión sonora y televisión abierta*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/radiodifusion-sonora-y-television-abierta/>
- Anguera, J., & Pérez, A. (2008). *Teoría de antenas*. Obtenido de [http://www.salleurl.edu/semipresencial/ebooks/ebooks/ebook\\_teoría\\_antenas.pdf](http://www.salleurl.edu/semipresencial/ebooks/ebooks/ebook_teoría_antenas.pdf)
- Arcotel. (Abril de 2015). *Norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en frecuencia modulada analógica*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/NORMA-TECNICA.pdf>
- Arteaga, A. (2012). *Architecture of a Spectrum Monitoring System Using Software-Defined Radio*. Revista S&T.
- Balanis, C. A. (2005). *Antenna theory analysis and design*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Publication.
- Giancoli, D. G. (2006). *Física Principios con aplicaciones* (sexta ed.). México: Pearson Educación.
- López García, M. J., & Caselles, V. (1991). *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales*. (S. Gandía, & J. Meliá, Edits.) Valencia.
- Lopez, J., & Villaruel, E. (2013). *Diagnóstico de la situación actual de los servicios de radio y televisión en el sur del país mediante el análisis de información del sistema automático de control del espectro radioeléctrico (SACER) de la superintendencia de telecomunicaciones (SUPERTEL)*. Cerrar. Recuperado el 01 de 09 de 2019
- LS Management Group. (2019). *SignalShark 40 MHz Real-time Spectrum Analyzer*. Obtenido de <https://www.lste.eu/en/rf/239-signalshark.html>
- Morales, G., & Paulina, V. (2012). *Estudio comparativo de los estándares de radiodifusión digital terrena orientado a definir su aplicabilidad en Ecuador*. Riobamba. Recuperado el 01 de 09 de 2019
- Narda. (Octubre de 2014). *NRA RX-Spectrum Analyzer*. Obtenido de <https://romsat.ua/upload/iblock/1d9/1d9ce33a013d2f0de3afb79a91ede996.pdf>
- Rohde & Schwarz Regional Headquarter Latin America, S. d. (2019). *ROHDE&SCHWARZ*. Obtenido de [www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)
- Ruesca, P. (25 de Septiembre de 2016). *Radio & Engineering Company SL*. Obtenido de <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/antenas-dipolo/>
- Serway, R. A., & Jewett Jr., J. W. (2009). *Física Electricidad y Magnetismo* (Séptima ed.). Mexico: Cengage Learning.

Stutzman, W. L., & Thiele, G. A. (2008). *Antenna Theory and Design 3rd* (Vol. 39).

TesAméricaTM. (2018). *TES AMÉRICA*. Obtenido de [www.tesamerica.com](http://www.tesamerica.com)