

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:
DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DETECTOR DE DRONES
CUADRICÓPTEROS EN ESPACIOS RESTRINGIDOS MEDIANTE FIRMAS
ACÚSTICAS DE SUS MOTORES**

**AUTORES:
JOEL LUIS BELTRÁN ERAS
DANIEL EDUARDO GASPAR SORIA**

**TUTOR:
WILLIAM MANUEL MONTALVO LÓPEZ**

Quito, marzo del 2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES

Nosotros Joel Luis Beltrán Eras, Daniel Eduardo Gaspar Soria, con documentos de identificación N° 1718408626 y N° 1723086946 respectivamente, 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 PROTOTIPO DETECTOR DE DRONES CUADRICÓPTEROS EN ESPACIOS RESTRINGIDOS MEDIANTE FIRMAS ACÚSTICAS DE SUS MOTORES, 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 formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Fecha: Quito, marzo del 2018



Joel Luis Beltrán Eras

CI. 1718408626



Daniel Eduardo Gaspar Soria

CI. 1723086946

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DETECOR DE DRONES CUADRICÓPTEROS EN ESPACIOS RESTRINGIDOS MEDIANTE FIRMAS ACÚSTICAS DE SUS MOTORES realizado por Joel Luis Beltrán Eras y Daniel Eduardo Gaspar Soria, obteniendo un producto que cumple con los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2018

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal dashed line.

William Manuel Montalvo López

CI. 1712789989

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico:

A Dios por iluminarme y darme la sabiduría para no desmayar y cristalizar mis anhelos, enseñándome que la perseverancia, la fe y la esperanza permiten lograr lo propuesto. A mis padres Sr. Joel Beltrán quien con su fortaleza y coraje me enseñó a sortear las adversidades de la vida, a mi madre MSc. Nimia Eras quien con sencillez, humildad y altruismo, me enseñó a no desmayar, que después de las tardes tristes vienen las mañanas alegres, su apoyo incondicional me dio el valor para triunfar y jamás me detendré porque seguiré su ejemplo, a mis abuelitos que desde el cielo me dan su bendición, a mis hermanas Patricia, Nidia, Nataly mi reconocimiento eterno, a mis cuñados, sobrinos, tíos/as y familiares mi infinita gratitud porque siempre estuvieron apoyándome, a mi novia Lic. Cristina Pérez que me apoyo en el proceso de mi proyecto

Joel Luis Beltrán Eras

El presente proyecto de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios por darme la salud, fuerzas y sabiduría para culminar esta etapa de mis estudios, a mi madre Margarita Soria que me ayudado tanto para conseguir este logro y que sin ella no sería posible este triunfo en mi vida, por sus consejos, amor, paciencia y esas palabras de motivación para seguir adelante cuando las cosas parecían ir mal, a mi padre Carlos Gaspar por compartir su experiencia y consejos para aprender de los errores y tomar un camino correcto además de ser una persona la cual admiro, a mis hermanos Carlos y Cristina por su amor, comprensión y ayuda durante toda esta etapa, mis gratos reconocimientos a mis cuñados en especial a Ronald Cedeño por su ayuda a mi familia, a mis sobrinos que son el complemento de mi familia, en general a toda mis familiares y amigos los cuales se sienten orgullosos de mi persona.

Daniel Eduardo Gaspar Soria

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos la fortaleza para culminar nuestra carrera, a nuestros padres y demás familiares ya que fueron el pilar fundamental para alcanzar esta meta, agradecemos a nuestros amigos/as, compañeros y docentes, ya que fueron parte importante de nuestra formación humana y académica.

Nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarnos por medio de nuestros docentes, el conocimiento y los valores que necesitaremos en la vida profesional.

Un agradecimiento especial para el Ing. William Montalvo quien fue tutor para el desarrollo de nuestro tema de titulación, brindándonos su apoyo y disposición para las dudas presentadas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE LOS AUTORES	ii
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	2
1. ANTECEDENTES	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Tema	4
1.4.1 Beneficiarios de la propuesta de investigación.....	4
CAPÍTULO 2.....	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1 Introducción	5
2.2 Ilegalidad y normativa.....	5
2.3 Ventajas de los detectores de drones.....	7
2.4 Elementos del detector de drones.....	8
2.4.1 Micrófono parabólico	8
2.4.2 Patrón cardioide o unidireccional	9
2.5 Tarjetas de desarrollo	11
2.5.1 Raspberry Pi3	11
2.5.2 Pc duino	11
2.6 Amplificador operacional	12
2.6.1 Características ideales	12
2.7 Filtros activos.....	13

2.7.1	Clasificación	13
2.8	Convertor	14
2.8.1	Clasificación	14
2.8.2	Convertor análogo digital	14
2.9	Sistema global para las comunicaciones móviles (gsm) , módulo sim 808	15
2.9.1	Características.....	16
2.10	Python	16
CAPÍTULO 3.....		16
3.	DESARROLLO DEL PROTOTIPO DETECTOR DE DRONES	16
3.1	Introducción	17
3.2	Diagrama de bloques	17
3.3	Selección de hardware y software.....	17
3.3.1	Tarjeta de desarrollo	18
3.4	Cuadro comparativo de tarjetas de desarrollo.....	18
3.5	Entrada/salida de propósito general (GPIO)	19
3.5.1	Características principales	19
3.6	Frecuencia de operación de los drones	20
3.7	Acondicionamiento de señal	20
3.8	Etapa amplificadora y filtros.....	21
3.8.1	Diagrama de bloques.....	21
3.9	Características LM358	21
3.10	Etapa amplificadora	22
3.11	Etapa de filtros.....	23
3.11.1	Filtro pasa bajo.....	23
3.11.2	Filtro pasa altos	25
3.12	Conversión análoga digital	26
3.12.1	Características.....	26
3.12.2	Entradas analógicas (CH0 y CH1)	26
	Fuente: (Electronic Components, 2017)	27
3.12.3	Descripción de pines	27
3.13	Interfaz de puerto serial (SPI)	27
3.14	Descripción de operación.....	28
3.14.1	Instalación de sistema operativo.	28
3.15	Implementación de la interfaz spi entre raspberry pi y el adc MCP3202.....	29

3.16	Extracción de base de datos	30
3.17	Diagrama de flujo.....	31
3.18	Programación	32
3.19	Desarrollo de fuentes.....	32
CAPÍTULO 4.....		34
4.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	34
4.1	Acondicionamiento del micrófono	34
4.2	Pruebas de etapas del prototipo	35
4.3	Pruebas de funcionamiento	36
4.4	Placa de acondicionamiento de señal.....	37
4.5	Montaje de componentes del prototipo.....	38
4.6	Pruebas finales.....	39
4.7	Análisis de resultados.....	39
CONCLUSIONES.....		52
RECOMENDACIONES.....		54
BIBLIOGRAFÍA		55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Detector de drones	7
Figura 2.2 Tipos de micrófonos	8
Figura 2.3 Forma de patrón cardioide.....	10
Figura 2.4 Micrófono parabólico	10
Figura 2.5 PC duino	12
Figura 2.6 Amplificador operacional	12
Figura 2.7 Conversor análogo - digital.....	15
Figura 3.1 Esquema de detector	17
Figura 3.2 Distribución de pines	19
Figura 3.3 Diagrama de bloques	21
Figura 3.4 Circuito Integrado LM358	21
Figura 3.5 Configuración sumador no inversor	22
Figura 3.6 Filtro pasa bajo.....	24
Figura 3.7 Filtro pasa alto.....	25
Figura 3.8 Circuito Integrado MCP3202.....	27
Figura 3.9 Comunicación SPI.....	28
Figura 3.10 Logotipos raspbian/noobs	29
Figura 3.11 Modo de operación del conversor	30
Figura 4.1 Placa Micrófono	34
Figura 4.2 Salida de audio y on/off del micrófono	34
Figura 4.3 Señal de entrada	35
Figura 4.4 Frecuencia máxima y mínima	35
Figura 4.5 Implementación del diseño	36
Figura 4.6 Señal de entrada (Prueba)	36
Figura 4.7 Señal obtenida del amplificador sumador no inversor.....	37
Figura 4.8 Forma de onda filtro pasa-banda.....	37
Figura 4.9 Circuito impreso.....	38
Figura 4.10 Montaje de Componentes	38
Figura 4.11 Estructura Final	38
Figura 4.12 Prueba final	39
Figura 4.13 Prueba Dron A.....	40
Figura 4.14 Prueba Dron B.....	41
Figura 4.15 Prueba Dron C.....	42

Figura 4.16 Prueba Dron A 20m.....	43
Figura 4.17 Prueba Dron B 20m.....	44
Figura 4.18 Prueba Dron C 20m.....	45
Figura 4.19 Prueba Dron A 25m.....	46
Figura 4.20 Prueba Dron B 25m.....	47
Figura 4.21 Prueba Dron C 25m.....	48
Figura 4.22 Comparación de sonidos	50
Figura 4.23Comparacion de diferentes Drones	51
Figura 4.24 Resultados de comparación.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características técnicas	10
Tabla 2.2 Entradas y salidas del AOP	13
Tabla 3.1 Cuadro comparativo.....	18
Tabla 3.2 Características LM358.....	21
Tabla 3.3 Características MCP3202.....	26
Tabla 3.4 Distribución de pines	27
Tabla 3.5 Modos del conversor.....	30
Tabla 4.1 Pruebas dron blanco.....	40
Tabla 4.2 Prueba dron rojo	41
Tabla 4.3 Prueba dron rojo/blanco	42
Tabla 4.4 Prueba dron blanco 20m	43
Tabla 4.5 Prueba dron rojo 20m	44
Tabla 4.6 Prueba dron rojo/blanco 20m	45
Tabla 4.7 Prueba dron blanco 25m	46
Tabla 4.8 Prueba dron rojo 25m	47
Tabla 4.9 Prueba dron rojo/blanco 25m	48
Tabla 4.10 Comparación de sonidos	49
Tabla 4.11 Comparación de diferentes drones.....	50
Tabla 4.12 Resultados de comparación	51

RESUMEN

El presente proyecto técnico tiene como propósito el desarrollo de un prototipo detector de Drones cuadricópteros, el cual está orientado a entidades que desean mantener la privacidad en sus propiedades, y a estudiantes en el campo de la Tecnología aportando nuevos conocimientos sobre detectores de DRONES. El desarrollo del Detector se basa en implementar un algoritmo en un sistema embebido, para la clasificación de patrones acústicos. El proceso de identificación del ruido de los motores en un cuadricóptero, es similar al reconocimiento del habla. El objetivo es tomar una señal sonora de los motores como entrada, mediante un micrófono y al final reconocer si este sonido es característico del dron. Este proceso consta de tres partes; la primera, extracción de características acústicas de los drones, para almacenarlas en la base de datos, la segunda, procesamiento de patrones, que inicia con el acondicionamiento de la señal para ser analizados en la tarjeta de desarrollo y la tercera, la comparación de la señal de entrada con cada muestra almacenada. Las pruebas de detección se realizó con tres drones, a distancias de 15 metros con un porcentaje del 97%, a 20 metros con un porcentaje mayor al 70% y a 25 metros el porcentaje disminuye al 20%, con esto se comprobó que el detector reconoce la presencia de drones a distancias menores a 22 metros, una vez verificado que las señales pertenecen a este tipo de vehículos aéreos no tripulados (Drones) se emite una alarma mediante un módulo GSM hacia el Smartphone.

ABSTRACT

The present technical project is to develop a prototype detector of quadcopters, which is aimed at entities that wish to maintain privacy in their properties, and students in the field of technology, providing new knowledge about DRONES detectors. The development of the detector is based on the implementation of an algorithm in an embedded programming to classify acoustic patterns. The identification process of the motor sound in a quadcopter drone is similar to voice recognition. The objective is to take an acoustic signal of the motors as an input through a microphone to, finally, recognize if the sound perceived comes from the drone. This process consists of three parts: first, the extraction of acoustic characteristics of the drone to store them in the database; secondly, the processing of patterns that starts with the conditioning of the signal, so they can be analyzed in the programming card; finally, the comparison of the signal input with each stored pattern. The detection tests were performed with three drones, and the results of drone detection are the following: 97% of detection with 15 meters of distance, a percentage higher than 70% of detection with 20 meters of distance, and with 25 meters, the percentage is lower than 20% of detection. With these results, it was proven that the detector recognizes the presence of drones at a distance lower than 22 meters. Once verified that the signals belong to this type of unmanned aircraft (drone), an alarm is beamed through a GSM module to a Smartphone.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto está encaminado a indagar sobre la implementación de un sistema de seguridad para alertar la presencia de cuadricópteros, estos vehículos aéreos no tripulados tienen una tecnología de gran impacto en los últimos años a nivel mundial, en el Ecuador no se ha indagado profundamente sobre el uso de estos dispositivos, pero su crecimiento ha sido notorio, teniendo un efecto de curiosidad en ciertos operadores, los cuales usan estos dispositivos como espías, para invadir el derecho de intimidad de las diferentes empresas o entidades que desean mantener sus procesos o áreas en secreto, al existir localizadores para este tipo de mini naves con un costo demasiado elevado se realiza un prototipo el cual detecte un cuadricóptero por sus características acústicas.

El capítulo uno detalla el tema del proyecto, objetivo general, objetivos específicos, planteamiento del problema, justificación, beneficiarios de la propuesta del proyecto.

El capítulo dos describe los conceptos generales del proyecto, características de cada elemento, dispositivos electrónicos a utilizar en el desarrollo del proyecto y diferentes sistemas detectores de drones que existen en la actualidad.

El capítulo tres especifica en detalle el desarrollo del prototipo detector de cuadricópteros, su construcción y la función que cumple cada dispositivo dentro del prototipo.

El capítulo cuatro, muestra las diferentes pruebas realizadas, emitiendo la alerta al usuario mediante el módulo GSM hacia el Smart-Phone, también se describe las conclusiones y recomendaciones, para validar el proyecto de titulación.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En el presente capítulo se detalla la información relacionada con el tema del proyecto, la importancia del mismo dentro de un contexto de seguridad y los objetivos planteados.

1.1 Planteamiento del problema

Vehículos aéreos no tripulados mejor conocidos como DRONES se han convertido en una preocupación para varios países debido al mal uso que se les puede dar, en un artículo elaborado por el diario británico THE INDEPENDENT, revela ciertas cifras sobre la adaptación de Drones en el ámbito civil. Tanto la falta de control y normativas como su enorme potencial delictivo, lo que ha generado que las denuncias a la policía la cual se cuadruplica cada año De los 94 de 2014 se pasó a 425 en 2015, y sólo en los cinco primeros meses del 2016 los casos relativos a intrusiones de esas pequeñas aeronaves ascendieron hasta 272. (Young, 2016).

En España Según datos de la Agencia Española de Seguridad Aérea (AESA), donde se han abierto un total de 69 expedientes sancionadores por el uso irregular de Drones, contados a partir de la entrada en vigor de la ley correspondiente, en julio de 2014. Sesenta de ellos están ya sancionados por más de 432.000 euros. (AESA, 2016).

La Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) se declaró preocupada por las denuncias recibidas de que 14 países americanos ya poseen aviones no tripulados o ‘Drones’, sin que exista un marco legal para su uso en el continente, y por lo tanto, los riesgos que representa para la privacidad y la seguridad de los ciudadanos. (NoticiasRCN, 2013)

En Ecuador la DAC (Dirección general de aviación civil) informa que se estableció una norma con la finalidad de precautelar la seguridad operacional en las actividades aéreas, usuarios del transporte aéreo y público en general, debido al incremento significativo de operaciones con Drones.

De esta manera, se estableció normativas para que este tipo de aeronaves no puedan sobrevolar espacios aéreos controlados. Con esto se restringe la operación de DRONES a una distancia igual o mayor a 9 kilómetros de los aeródromos (aeropuertos) o base aérea militar. (Universo, 2015).

El proyecto estará encaminada a indagar sobre la implementación de un sistema de seguridad para Drones que es una tecnología de gran impacto en los últimos años a nivel mundial, en nuestro país no se lleva mucho tiempo con estos dispositivos pero su crecimiento ha sido notorio, teniendo un efecto de curiosidad de ciertos operadores los cuales usan estos dispositivos como espías, lo cual invade el derecho de intimidad de los diferentes empresas o entidades que desean mantener sus procesos o áreas en secreto, al existir localizadores para este tipo de mini naves con un costo demasiado elevado se realizará un prototipo, el cual detecte un DRON por sus características acústicas.

1.2 Justificación

El presente proyecto es de gran interés e impacto ya que está orientado a indagar temas de protección y defensa, teniendo como objetivo el diseño e implementación de un prototipo detector de Drones en espacios restringidos mediante firmas acústicas de sus motores mediante la incorporación de un sistema de seguridad en distintas entidades, ya que en el proceso de vigilancia, estos vehículos aéreos no tripulados (mejor conocido como DRONES), son de difícil detección.

Dichos vehículos pueden estar operando como espías y sustrayendo información confidencial para las diferentes entidades, conociendo que existen sofisticados localizadores para este tipo de mini naves con un alto valor comercial, se plantea crear un prototipo económico con un alcance delimitado en base de los recursos propuestos.

La investigación es original e innovadora y servirá de guía para futuras mejoras en cuanto a diseño y software pudiéndose incorporar con otros sistemas de seguridad ante estos vehículos no tripulados.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo detector de Drones mediante la firma acústica característica de sus motores, para identificar su proximidad a una edificación.

1.3.2 Objetivos específicos

- Implementar un algoritmo en una tarjeta de desarrollo basado en técnicas de procesamiento de voz para la clasificación de patrones acústicos.
- Extraer firmas acústicas de diferentes Drones domésticos para almacenarlas en una base de datos.
- Establecer la presencia del DRON mediante la comparación de firmas acústicas dentro la base de datos sobre localizadores, para emitir una advertencia al usuario.
- Validar el funcionamiento del prototipo mediante pruebas de campo.

1.4 Tema

Desarrollo de un prototipo detector de drones cuadricópteros en espacios restringidos mediante firmas acústicas de sus motores

1.4.1 Beneficiarios de la propuesta de investigación

Este proyecto beneficiará a entidades públicas y privadas que desean mantener la privacidad en la operación y función de la empresa o de sus propiedades. Dichas entidades optarán por una inversión moderada para la seguridad de sus áreas.

El desarrollo del prototipo detector inteligente va encaminado a estudiantes en el campo de ingeniería y tecnología aportando con nuevos conocimientos sobre detectores de DRONES.

El prototipo detector quedará inventariado para el uso de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito-Campus Sur ayudando al aprendizaje

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Este capítulo describe el marco teórico, principales generalidades y características del dispositivo Detector de Drones,

2.1 Introducción

El Dron es un pequeño tipo de aparato volador no tripulado, que puede ser controlado en forma remota; tiene diferentes usos, entre los cuales se destacan una infinidad de tareas que el humano no puede o no quiere realizar, o simplemente son peligrosas, como por ejemplo, la exploración o la limpieza de residuos tóxicos, entre otros. (Suarez, 2017)

“Existe una amplia variedad de drones que se pueden encontrar fácilmente en el mundo y todos ellos están trabajando para diferentes aplicaciones, por lo que no se puede definir ningún criterio exacto para su clasificación, sin embargo Brown presenta una amplia clasificación de Drones dependiendo su necesidad, aplicación, tamaño, o diseño” (Brown, 2017).

“Entre los cuales se destacan los Drones cuadricópteros por su valor económico, esto se demuestra en la publicación denominada mejor calidad de precios de drones” (Morató, 2017). Este tipo de aeronaves son accesibles a cualquier persona, cuya función es, capturar fotos aéreas o grabar vídeos desde ángulos que normalmente serían difíciles de captar.

La sofisticada tecnología que poseen los drones, permite hoy en día, trabajar con un nivel de profesionalidad muy alto y por otro lado no se puede olvidar que se pueden usar a manera de juguete espía, y esto hace que la popularidad de los Drones cuadricópteros, aumente cada día más. (García I. , 2017).

2.2 Ilegalidad y normativa

A diferencia del campo militar, la comercialización y operación de drones sin ningún tipo de registro en el ámbito civil, trae consigo algunas consideraciones morales que se deben tener en cuenta, como por ejemplo la posibilidad de que estos drones puedan ser usados en actividades ilegales, como la distribución de drogas u otras mercaderías como explosivos, también es posible que los drones sean usados en otras actividades,

que si bien no son tan peligrosas como las mencionadas, involucran delinquir mediante la invasión a la privacidad, ya que los drones pueden ser capaces de portar una cámara de alta resolución para monitorear y grabar movimientos, tanto en lugares públicos como privados, de cualquier persona que sea de interés para el operador del Dron. (InformaticaHoy, 2016).

La Dirección General de Aviación Civil (DAC) emitió el reglamento para la Operación de drones, la resolución fue expedida el jueves 17 de septiembre de 2015.

El documento establece que los drones no podrán ser operados en las cercanías de las bases aéreas militares o aeródromos, lugar de aterrizaje y despegue de aviones. La distancia mínima para acercarse a estos espacios aéreos controlados es de 9 kilómetros. Además señala que la altura máxima de vuelo es de 400 pies (122 metros), sobre el terreno, y que las horas permitidas para operar son entre “la salida y puesta del sol”, y en condiciones meteorológicas adecuadas para ser visibles. (EL COMERCIO, 2015)

Asimismo, el documento detalla las condiciones de responsabilidad por las operaciones. La persona que está a cargo de los controles del dron será la responsable durante todo el vuelo. (EL COMERCIO, 2015)

El personal que opere un dron debe estar en condiciones fisiológicas adecuadas, se señala en la resolución. No podrá estar fatigado, ni bajo los efectos de bebidas alcohólicas o drogas. Además, no podrá utilizarse el sistema automático de la aeronave si este no le permite al operador intervenir en cualquier momento. (EL COMERCIO, 2015)

También, el reglamento de la DAC obliga a los dueños de los drones a contratar un seguro para responder por daños causados a terceros como resultado de sus actividades de vuelo. Este puede ser de USD 3 000 o USD 5 000 dependiendo de la masa máxima de despegue. (EL COMERCIO, 2015).

El Ecuador no posee regulaciones para drones en el uso civil, donde la maniobra se realice en departamentos o cercanía a ellos. En Brasil de acuerdo con las investigaciones, los ladrones elevaban los drones para medir y grabar los edificios que

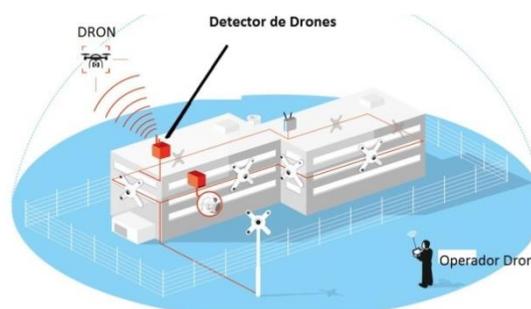
robarían, donde veían cómo eran los lugares a robar, si tenían mascotas, etc. Una vez realizado esto, planificaban la invasión de las residencias. Es por ello que la inseguridad ha ido aumentando drásticamente en los últimos años (EFE, 2016).

En otras partes del mundo como Reino Unido ya se han informado de los primeros casos de robos a domicilios y el peligro empieza a acechar también en España de cara a los próximos meses. (MOODY, 2015)

Debido a todos estos antecedentes se plantea un sistema detector de drones para facilitar la seguridad domiciliaria. Los detectores de drones son sistemas de emergencia inteligentes para detectar la incursión de aviones no deseados en su vecindad. El sistema de detección envía alertas que pueden integrarse con los protocolos de seguridad existentes. Una vez detectado, se puede desplegar contramedidas para mitigar la amenaza del Dron (NABOULSI, 2015).

El detector está constituido por diferentes partes como: un micrófono de largo alcance, un sistema de rotación electrónico y mecánico, una tarjeta de desarrollo y un software específicamente preparado para analizar “firmas acústicas” de cada dron, el modelo se puede identificar en la Figura 2.1 (NABOULSI, 2015)

Figura 2.1 Detector de drones



Fuente: (NABOULSI, 2015)

2.3 Ventajas de los detectores de drones

Según Chmielus, T. presenta una diversidad de ventajas en los detectores comerciales entre las que se destacan:

- Amplio alcance (por ejemplo. hasta 5km, según el tipo de Dron)
- Funciona durante la noche, cuando hay niebla o mal tiempo.
- Funciona con drones "escondidos" entre edificios, instalaciones industriales, árboles.
- Alta precisión de seguimiento.
- Ofrece la posibilidad de seguir el operador que está controlando el dron.
- Listo para el uso en unos pocos minutos (sistema móvil).
- Escaneo 360°.
- Análisis inteligente con alerta automática al usuario.
- El software identifica mediante la firma acústica de los Drones.

Estas ventajas permiten que los usuarios tengan privacidad en sus instalaciones (Chmielus, 2016).

2.4 Elementos del detector de drones

A continuación se presenta la descripción de los elementos que componen el detector.

2.4.1 Micrófono parabólico

Los micrófonos indistintamente del tipo o el uso que tengan, cumplen con una función principal que es la de transformar la energía acústica en eléctrica, es decir un transductor electro acústico. Las distintas formas de transformar la señal acústica, componentes, construcción y formas de captar los sonidos dan la variedad de micrófonos con los que se cuenta en la actualidad. (RUMSEY & McCORMICK, 2009)

Figura 2.2 Tipos de micrófonos



Fuente: (Recording Engineer School, 2011)

El tipo de captación se define por un diagrama polar que muestra una curva característica la cual define el tipo, entre los más importantes: Omnidireccional, unidireccional (excelente para captación de sonidos ambientales, tv), y bidireccional. (RUMSEY & McCORMICK, 2009)

El diagrama polar es una forma de mapa de contorno bidimensional, que muestra la magnitud de la salida del micrófono en diferentes ángulos de incidencia de una onda sonora. (RUMSEY & McCORMICK, 2009)

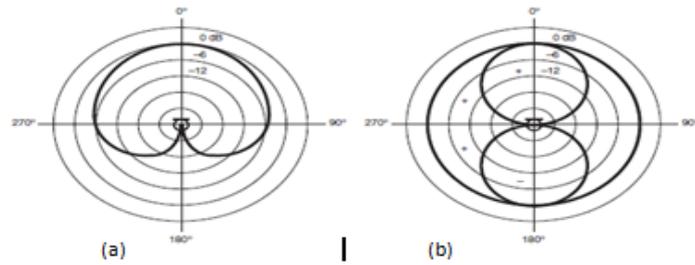
En el proyecto desarrollado se utilizó un micrófono unidireccional debido a que tienen un gran índice de sensibilidad.

2.4.2 Patrón cardioide o unidireccional

El patrón cardioide se describe matemáticamente como: $1 + \cos \theta$ donde θ es el ángulo de incidencia del sonido. Dado que el omni tiene una respuesta de 1 (igual a todos los redondos), y la figura-ocho tiene una respuesta representada por $\cos \theta$, el cardioide puede considerarse teóricamente como un producto de estas dos respuestas. (RUMSEY & McCORMICK, 2009)

La Figura 2.3, muestra un omni y una forma de figura en ocho superpuestos, y se puede ver que la adición de las dos produce la forma cardioide: A 0° , ambas respuestas polares son de amplitud y fase igual, y por lo tanto se refuerzan mutuamente dando un total que es en realidad el doble de la separada. A 180° , sin embargo los dos son de amplitud igual pero de fase opuesta y así se produce la cancelación completa y no hay salida. A 90° no hay salida de la forma de figura-ocho, solo de la combinación omni, por lo que la respuesta cardioide es de 6dB a 90° . (RUMSEY & McCORMICK, 2009)

Figura 2.3 Forma de patrón cardioide



(a) Diagrama polar idealizado de un micrófono cardioide. (b) Un micrófono cardioide puede ser visto como el equivalente matemático de una omni y una respuesta-ocho

Fuente: (RUMSEY & McCORMICK, 2009)

Como se muestra en la Figura 2.4 el amplificador de sonido, micrófono parabólico y monocular, permitirá ver y escuchar a diferentes distancias.

El construido en 10 X (diez veces de aumento) monocular le permitirá ver su blanco y el disco parabólico y de sensibilidad del micrófono ajustable le permitirá escuchar su destino. (EVOLTA, 2015).

Figura 2.4 Micrófono parabólico



Fuente: (EVOLTA, 2015)

Existen diversas características del micrófono parabólico las cuales brindan una mejor amplificación del sonido como se puede observar en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características técnicas

Alimentación:	Batería 9v
Franja de frecuencias audibles y amplificables:	100 Hz hasta 10kHz

Diámetro del espejo parabólico:	207mm
Auriculares y cable incluidos	Si
Peso:	440 g
Distancia	50 metros
Distancia efectiva máxima de observación:	80 metros
Grabación de audio	10 segundos

Fuente: (EVOLTA, 2015)

2.5 Tarjetas de desarrollo

Existen diferentes tarjetas electrónicas para el desarrollo o la implementación de sofisticados algoritmos de tratamiento de datos entre las cuales se define:

2.5.1 Raspberry Pi3

Raspberry Pi es una plataforma de desarrollo para productos o proyectos electrónicos; tiene incorporado en su estructura de hardware puertos USB, conector HDMI, conector de salida de video, puerto para comunicaciones TCP/IP, salida de audio de 3.5mm, slot para tarjeta SD, procesador de 700Mhz, entre otros. (Raspberry, 2016)

Existe una amplia especificación de la tarjeta raspberry para mejor información puede ingresar a la página oficial, (raspberrypi.org).

2.5.2 Pc duino

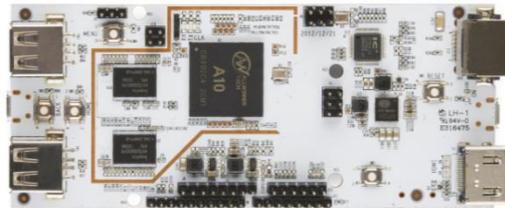
El Pc duino tiene un alto rendimiento, ya que posee una sola placa de ordenador. Funcional con sistemas operativos como Ubuntu, Linux y Android. Pc Duino tiene una interfaz HDMI para la salida de su pantalla de escritorio gráfico. Posee un decodificador de video multi-formato 1080p 60fps y 1080p 30fps H.264 y el codificador video MPEG4 con su motor de procesamiento video incorporado del hardware. (LIFENG & JINGFENG, 2017)

Apunta especialmente a las crecientes demandas de la comunidad de código abierto. PcDuino proporciona cadenas de herramientas fáciles de usar y es compatible con el popular ecosistema Arduino como Arduino Shields. Posee diferentes

dispositivos electrónicos que permiten sea una tarjeta de desarrollo óptima para procesamiento de datos como se puede observar en la Figura 2.5. (LIFENG & JINGFENG, 2017)

Para mayor información se puede recurrir a la página web de AMAZON

Figura 2.5 PC duino



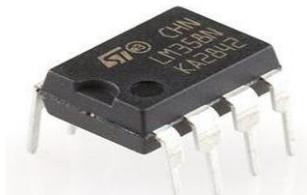
Fuente: (SPARKFUN,2017)

Para el presente prototipo se utiliza el raspberry PI 3, las razones se presentan en el Capítulo 3.

2.6 Amplificador operacional

El AOP es un amplificador de corriente continua multi etapa, con entrada diferencial cuyas características se aproximan a la de un amplificador ideal, son dispositivos que pueden realizar una gran cantidad de funciones dentro de un circuito electrónico como se observa en la Figura 2.6 (Pertence, 2001)

Figura 2.6 Amplificador operacional



Fuente: (García A. , 2013)

2.6.1 Características ideales

Existen muchas características de los amplificadores operacionales entre las cuales se destacan: (Pertence, 2001)

- Resistencia de entrada infinita.
- Resistencia de salida nula.

- Ganancia de tensión infinita.
- Respuesta de frecuencia infinita (CC a infinitos Hz).

El Amplificador operacional posee diferentes entradas y salidas las cuales se pueden observar en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Entradas y salidas del AOP

Elaborado por: Joel Beltrán y Daniel Gaspar

Existe usos del	- input	Entrada Inversora	variedad de
	+ input	Entrada no inversora	
	Output	Salida	
	+Vss	Alimentación Positiva	
	-Vss	Alimentación Negativa	

amplificador operacional el cual se puede visualizar en el libro amplificadores operacionales y filtros activos de Antonio Pertence, en el presente prototipo detector de drones se utiliza la configuración de amplificador sumador no inversor, filtro pasa alto y pasa bajo.

2.7 Filtros activos

Un filtro activo es un cuadripolo capaz de atenuar determinadas frecuencias del espectro de la señal de entrada y permitir el paso de las demás. Se denomina espectro de una señal a su descomposición en una escala de amplitudes respecto de la frecuencia, y se hace por medio de las series de Fourier o con el analizador de espectro. (Pertence, 2001)

2.7.1 Clasificación

Los filtros pueden clasificarse según tres aspectos:

- La función que llevan a cabo.
- Tecnología empleada.
- Función matemática utilizada para conseguir la curva de frecuencia.

El presente proyecto se enfoca al estudio del primer grupo, el cual se sub clasifica en:

- **Filtro pasa bajo (PB)**

Los filtros pasa-bajo como su nombre lo indica, permiten el paso de frecuencias inferiores a una determinada frecuencia de corte (F_c). Las frecuencias superiores resultan atenuadas. (Pertence, 2001)

- **Filtro pasa alto (PA)**

Estos filtros permiten pasar las frecuencias que se hallan por encima de una determinada frecuencia de corte, atenuando las inferiores. (Pertence, 2001)

- **Filtro pasa banda (PF).**

Estos filtros permiten el paso de frecuencias situadas dentro de una banda delimitada, las mismas que son limitadas por una frecuencia de corte inferior (FC_1) y otra superior (FC_2). Las frecuencias que no estén dentro de esta banda son atenuadas. (Pertence, 2001)

2.8 Conversor

La función básica de los conversores es transformar una señal digital en su equivalente analógico o viceversa, las características que más influyen sobre estos dispositivos son la velocidad y la resolución. (Huiracán, 2007)

2.8.1 Clasificación

Los conversores tienen dos modos de operación los cuales son:

- Conversor análogo digital.
- Conversor digital análogo.

2.8.2 Conversor análogo digital

Conceptualmente en esta conversión intervienen 3 pasos, los cuales se pueden observar en la Figura 2.7:

- **Muestreo:** Es la conversión de una señal de variable continua a otra de variable discreta que es el resultado de tomar muestras de la señal variable continua a ciertos instantes de tiempo. (Alvarado, 2011)

Para conseguir la frecuencia de muestreo se tiene que conocer la frecuencia máxima de trabajo para evitar que exista aliasing (solapamiento) se debe aplicar el teorema de Nyquist (Carrillo , 2015)

Teorema de Nyquist.

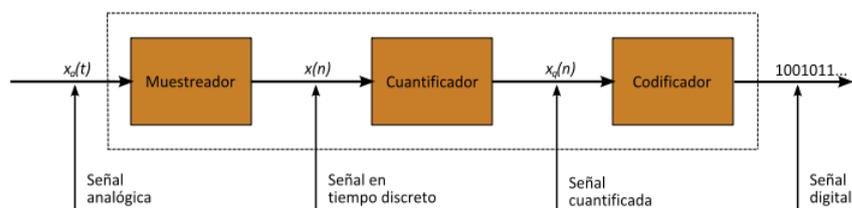
“La frecuencia de muestreo debe ser mayor que dos veces la frecuencia máxima encontrada en la señal, para que pueda ser recuperada sin pérdidas de información” (Carrillo , 2015)

- **Cuantificación:** Es la conversión de la señal de variable discreta y valores continuos a otra señal de variable discreta pero con valores discretos. El valor de cada muestra es aproximado entonces con un valor de un conjunto finito de posibles valores.

A la diferencia entre el valor continuo y su aproximación se le denomina error de cuantificación. (Alvarado, 2011)

- **Codificación:** Consiste en la asignación de una representación usualmente binaria para los valores cuantificados (Alvarado, 2011)

Figura 2.7 Conversor análogo - digital



Fuente: (Alvarado, 2011)

2.9 Sistema global para las comunicaciones móviles (gsm) , módulo sim 808

El SIM808 es un módulo completo de banda cuádruple GSM / GPRS que combina la tecnología GPS para la navegación por satélite.

2.9.1 Características

Techship presenta una lista de las principales características de este módulo

- Voltaje de suministro: 3.5V a 4V.
- Banda cuádruple 850/900/1800 / 1900MHz.
- Programable a través de comandos AT.
- Admite GSM, GPRS y GPS.
- Interfaz de antena a bordo para GSM, GPS y Bluetooth.
- Indicador LED a bordo para alimentación, estado y red.

Existe una amplia especificación del módulo la cual se puede identificar en: el siguiente link (Techship, 2017).

2.10 Python

Es un lenguaje de programación poderoso y fácil de aprender. Cuenta con estructuras de datos eficientes y de alto nivel, con un enfoque simple pero efectivo a la programación orientada hacia objetos. La sintaxis de Python permite un lenguaje ideal para desarrollo de aplicaciones en diversas áreas. (Python, 2016)

El intérprete de Python posee una extensa biblioteca estándar a libre disposición en forma binaria y de código fuente para las principales plataformas desde el sitio web de Python, (Python.org), las mismas que se pueden distribuir libremente, el mismo sitio contiene distribuciones y enlaces de muchos módulos libres, además toda la información necesaria para utilizar este lenguaje de programación. (Python, 2016)

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL PROTOTIPO DETECTOR DE DRONES

En el presente capítulo se detalla los dispositivos y métodos que se usó para la elaboración del detector

3.1 Introducción

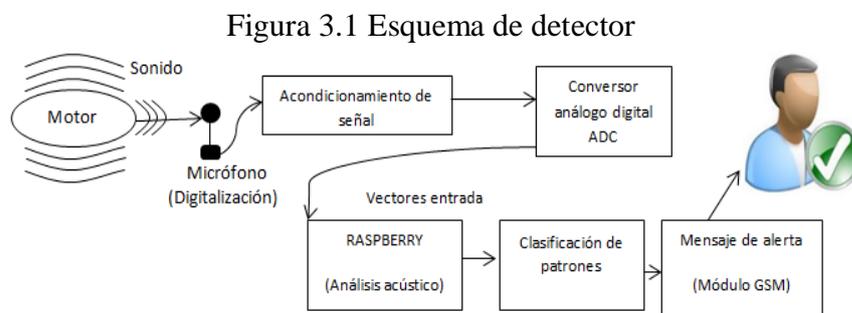
Para este proyecto se desarrolló un prototipo detector económico de drones cuadricópteros en espacios restringidos, a través de un software y hardware libre, orientado a entidades públicas y privadas que desean mantener la privacidad en la operación y función de la empresa o de sus propiedades además va encaminado a estudiantes en el campo de ingeniería y tecnología aportando con nuevos conocimientos sobre detectores de DRONES.

Utilizando la información recolectada sobre los tipos detectores de drones se determinó la mejor alternativa para realizar la implementación del proyecto usando elementos de bajo costo lo que reducirá el valor final del detector.

Las partes principales del detector son: Micrófono parabólico, amplificador de señal, filtro analógico, conversor análogo digital, tarjeta de desarrollo Raspberry PI 3, módulo GSM, software para el desarrollo del algoritmo.

3.2 Diagrama de bloques

En la Figura 3.1 se presenta una forma esquemática del proceso para la detección del dron, se observa una secuencia general de cada paso que se realiza, desde la captación del sonido por medio del micrófono hasta el mensaje de alerta enviado al usuario a través del módulo GSM.



Elaborado por: Joel Beltrán y Daniel Gaspar

3.3 Selección de hardware y software

En la siguiente sección se realiza la elección de los componentes electrónicos y lenguaje de programación más idóneos para su implementación en el detector de drones.

3.3.1 Tarjeta de desarrollo

Una de las partes fundamentales del proyecto es el hardware, encargado de la recolección, procesamiento, manipulación de datos y comunicación con diferentes interfaces, las cuales pueden ser visualizadas y controladas por el usuario para verificar su funcionamiento.

Los dispositivos con estas características son conocidos como tarjetas de desarrollo, estas cuentan con interfaces de bajo o alto nivel. Las interfaces de bajo nivel o pines de entrada y salida de propósito general (GPIO), permiten realizar una comunicación con dispositivos tales como: circuitos integrados o periféricos de alto nivel que requieran comunicación serial o paralelo. Las interfaces de alto nivel más utilizadas son USB, Ethernet y salidas de audio y video.

3.4 Cuadro comparativo de tarjetas de desarrollo

En la Tabla 3.1 se muestra un cuadro comparativo de las características de dos tarjetas de desarrollo, donde se pueden observar las especificaciones más representativas.

Tabla 3.1 Cuadro comparativo

	Raspberry PI	PcDuino
Chip	Broadcom BCM2835	
CPU	ARM1176JZ-F de 700MHz	1GHz ARM Cortex A8
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor	OpenGL ES2.0, OpenVG 1.1 Mali 400 core
Memoria RAM	512MB de SDRAM	1GB
Almacenamiento	Ranura para tarjetas SD, MMC, SDIO	2GB Flash, tarjeta SD de hasta 32GB
Interfaces de bajo nivel	26 pines GPIO	Interface de 2.54mm compatible con Arduino
Interfaces de alto nivel	3.5mm Jack de Audio, HDMI, 2x USB, 1 Ethernet RJ45	2xUSB, HDMI, Ethernet RJ45, 3.5mm Jack de Audio y WiFi integrado
Sistemas Operativos	Linux	Linux y Android
Soporte de la Comunidad	Alto	Medio

Fuente: (Hyteckblue, 2014)

Al observar el análisis de la Tabla 3.1 se compara las tarjetas de desarrollo propuestas, donde se muestra que tienen características equivalentes en cuanto a niveles de voltaje,

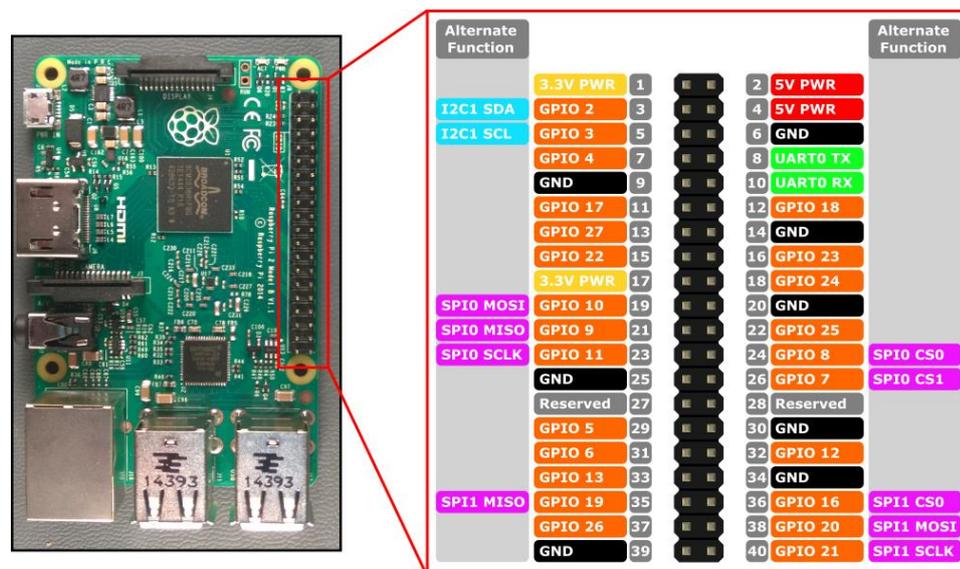
procesadores, sistemas operativos, puertos de bajo y alto nivel y memoria RAM, las aportaciones de la comunidad de software libre brindan drivers y actualizaciones que impulsan al desarrollo de nuevos proyectos, es por esta razón que la cantidad de miembros de esta comunidad es decisiva a la hora de seleccionar una tarjeta de desarrollo. Por ese motivo se toma como parte principal del proyecto el equipo raspberry PI3 ya que la comunidad que lo respalda es extensa como se puede observar en la página principal de la comunidad raspberry.org. (Raspberry, 2017)

Al tener la raspberry se tomó en cuenta sus especificaciones eléctricas y los tipos de comunicación disponibles a través del puerto GPIO, con esta información, se seleccionó el hardware enfatizando la compatibilidad con la tarjeta.

3.5 Entrada/salida de propósito general (GPIO)

Son pines de propósito general de entrada y de salida, raspberry PI3 permite conectar periféricos y placas de extensión, para acceder al CPU a través de este puerto, los cuales se encuentran controlados por un circuito integrado, que a su vez se encarga de otras funciones como manejar los puertos de alto nivel, en la Figura 3.2 se muestra la distribución de pines. (Raspberry, 2017)

Figura 3.2 Distribución de pines



Fuente: (Raspberry, Raspberry Pi 2 & 3 Pin Mappings, 2017)

3.5.1 Características principales

A continuación se presentan las características más importantes de la tarjeta raspberry.

- Chipset Broadcom BCM2837 a 1,2 GHz
- ARM Cortex-A53 de 64 bits y cuatro núcleos
- Memoria LPDDR2 de 1 GB
- Conector micro USB para fuente de alimentación de 2,5 A
- 1 puerto Ethernet 10/100
- 1 conector de vídeo/audio HDMI
- 1 conector de vídeo/audio RCA
- 1 conector de cámara CSI
- 4 x puertos USB 2.0
- 40 pines GPIO
- Antena de chip
- Conector de pantalla DSI
- Ranura de tarjeta microSD

Las características generales de la raspberry PI3 y del puerto GPIO se pueden encontrar en el DATASHEET de la tarjeta (Raspberry, 2016).

3.6 Frecuencia de operación de los drones

Para determinar el ancho de banda operable de los drones se usó un método experimental y por medio de un instrumento de visualización electrónica (Osciloscopio), se procedió ajustar la sensibilidad del micrófono parabólico en todo su rango, las frecuencias fueron determinadas, en un rango máximo de 1500Hz, y mínimo de 800 Hz, dando un ancho de banda de 700Hz, cabe recalcar que existen software los cuales permiten obtener una mejor precisión el espectro de frecuencia.

3.7 Acondicionamiento de señal

Para la extracción de la señal se procedió abrir el micrófono espía con el fin de obtener la señal directamente desde la placa electrónica que se encuentra en el interior del dispositivo, mediante un cable apantallado cuya característica principal es evitar interferencias desde el entorno hacia al cable y viceversa, adicional se extraerá una señal que permitirá el funcionamiento On/off del micrófono. La salida de este tipo de transductores al momento de su medición por medio del osciloscopio, dio como

resultado valores cercanos a 1V en sonidos fuertes y al mayor ajuste de sensibilidad del micrófono, en base a esto se procederá ajustar la ganancia requerida para el circuito, que requiere un máximo de 5V acorde a las características de sus elementos.

3.8 Etapa amplificadora y filtros

A continuación se presenta el uso de los amplificadores operacionales en donde su configuración permite su uso en diferentes modos de operación como son las de filtrar, comparar, sumar, amplificar entre otros usos.

3.8.1 Diagrama de bloques

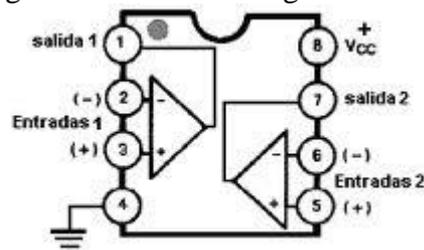
En la Figura 3.3 se muestra un diagrama de bloques del proceso de acondicionamiento de la señal, previo al ingreso al convertidor.



Elaborado por: Joel Beltrán y Daniel Gaspar

En estas etapas se utiliza el circuito integrado LM358, el cual consta internamente de 2 circuitos operacionales independientes como se observa en la Figura 3.4

Figura 3.4 Circuito Integrado LM358



Fuente: (Texas Instruments, 2017)

3.9 Características LM358

En la Tabla 3.2 se muestra las características principales del circuito integrado LM358.

Tabla 3.2 Características LM358

No. De amplificadores operacionales:	2
Voltaje de alimentación:	3 V a 32 V fuente sencilla (± 1.5 V a ± 16 V fuente dual)
Potencia	Bajo consumo
Ancho de banda típico:	0.7 MHz

Ganancia	Alta
Compatibilidad	Todas las formas lógicas
Encapsulado	DIP 8 pines

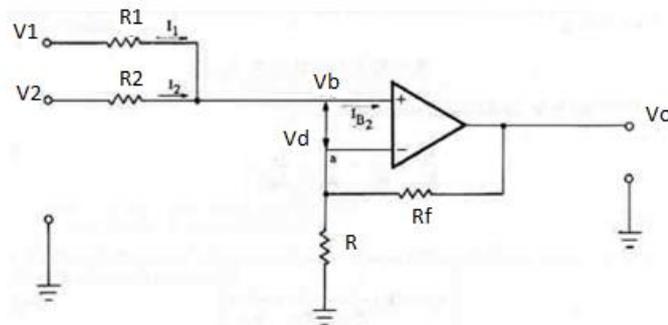
Elaborado por: Joel Beltrán y Daniel Gaspar

En el proyecto se utiliza al circuito integrado de dos formas, como circuito operador de señal (sumador) y como circuitos filtros activos (Pasa banda).

3.10 Etapa amplificadora

En el circuito de la Figura 3.5 se presenta la configuración de un sumador en donde la tensión de salida no sufre inversión.

Figura 3.5 Configuración sumador no inversor



Fuente: (Pertence, 2001)

Aplicando ley de Kirchoff en el punto B, se establece que:

$$\frac{V1 - Vb}{R1} + \frac{V2 - Vb}{R2} = 0 \quad \text{Ec. 3.1}$$

Vb = Si conductancia $G = \frac{1}{R}$, entonces: Ec. 3.2

$$Vb = \frac{G1 * V1 + G2 * V2}{G1 + G2}$$

Las resistencias R y Rf, forman un amplificador no inversor dado por:

$$Vo = \left(1 + \frac{Rf}{R}\right) * Vb \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) * \frac{G_1 * V_1 + G_2 * V_2}{G_1 + G_2} \quad \text{Ec. 3.4}$$

Todas las resistencias de una entrada del sumador no inversor son iguales, excepto la resistencia de retroalimentación que puede variar entonces $R_f = R(n - 1)$, donde n es el número de entradas, suponiendo que $R_1 = R_2$, y $R_f = 0$ se tendría:

$$V_o = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Que será la media aritmética de las tensiones aplicadas

Obteniendo la ganancia

$$G = 1 + \frac{R_f}{R} \quad \text{Ec. 3.6}$$

3.11 Etapa de filtros

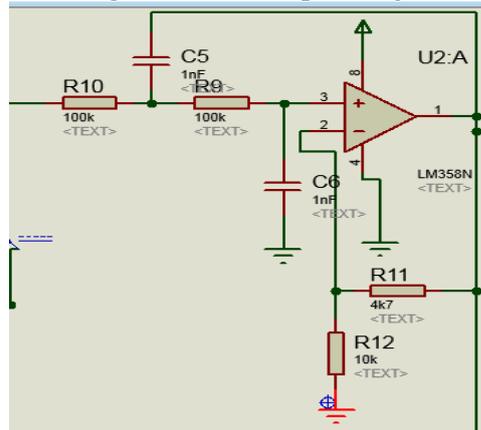
Para el presente diseño se utiliza una estructura de fuente de tensión controla por tensión (VCVS), entre las ventajas que se pueden mencionar: Buena estabilidad, baja impedancia de salida, facilidad de ajuste de la ganancia y frecuencia, necesidad de pocos componentes externos, etc.

En esta estructura el AOP, como amplificador de tensión puede ser comparado con una fuente de alimentación cuya salida dependa de la tensión de entrada y de la ganancia del circuito.

3.11.1 Filtro pasa bajo

En la Figura 3.6 se muestra el diseño de un filtro pasa bajos activo, además se cuenta con el cálculo de las resistencias y capacitores que se requieren para el corte a la frecuencia determinada.

Figura 3.6 Filtro pasa bajo



Diseño de un filtro pasa bajo en proteus 8.1

La frecuencia de corte requerida es 1500 Hz

$$F_c = \frac{1}{2 * \pi * R_9 * C} \quad \text{Ec. 3.7}$$

Se asume el valor del capacitor 1 nF

$$R_9 = \frac{1}{F_c * 2 * \pi * C} \quad \text{Ec. 3.8}$$

$$R_9 = \frac{1}{1500\text{Hz} * 2 * \pi * 1 * 10^{-9}\text{F}}$$

$$R_9 = 106103.2 \text{ ohm}$$

Normalizando la resistencia se tiene un valor de $R_9 = 100\text{K}\Omega$

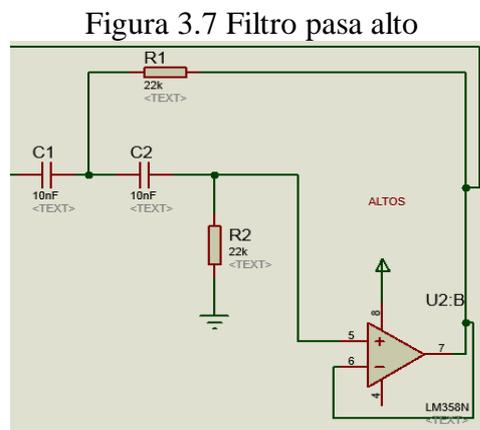
Donde R_9 y R_{10} como C_5 y C_6 , deben tener el mismo valor ya que al ser un filtro de segundo orden el valor de estos sirve para estabilizar el sistema.

Obtención de la ganancia

$$G = 1 + \frac{R_f}{R} \quad \text{Ec. 3.9}$$

3.11.2 Filtro pasa altos

En la Figura 3.7 se muestra el diseño de un filtro pasa altos activo, además se cuenta con el cálculo de las resistencias y capacitores que se requieren para el corte a la frecuencia determinada.



Diseño de un filtro pasa alto en proteus 8.1

Dónde:

K= Ganancia

R= Resistencia

C= capacitor

Frecuencia de corte requerida es 800 Hz

$$F_c = \frac{1}{2 * \pi * R1 * C} \quad \text{Ec. 3.10}$$

Se asume el valor del capacitor 1nF

$$R1 = \frac{1}{F_c * 2 * \pi * C} \quad \text{Ec. 3.11}$$

$$R1 = \frac{1}{800Hz * 2 * \pi * 10 * 10^{-9}F}$$

$$R9 = 19894.36hm$$

Normalizando la resistencia tenemos un valor de $R1 = 22\text{ K}\Omega$, donde $R1$ y $R2$ como $C1$ y $C2$, deben tener el mismo valor ya que al ser un filtro de segundo orden el valor de estos, sirven para estabilizar el sistema.

La obtención de la ganancia será la misma que la *Ecuación 3.9*

3.12 Conversión analógica digital

Los ADC (convertidor analógico-digital), deben ser de características eléctricas similares con el puerto GPIO de la tarjeta de desarrollo, al no ser compatible pueden producir averías a la tarjeta, ya que este no soporta sobre voltajes o cortocircuitos, también deben poseer algún tipo de comunicación soportada por la tarjeta de desarrollo.

En base a las necesidades requeridas para el prototipo se deben considerar: Tiempo de muestreo que es el tiempo requerido para completar una conversión de entrada, la resolución en bits depende del tipo de dispositivo que se realiza, los diseñadores recomienda utilizar un convertidor analógico digital de 12 bits MCP 3202 para una precisión adecuada.

3.12.1 Características

En la Tabla 3.3 se muestra las características principales del circuito integrado MCP3202.

Tabla 3.3 Características MCP3202

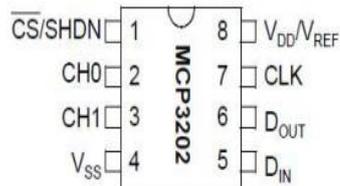
Resolución	12 bits
Tipo de convertidor	Análogo-Digital
rango de voltaje	2.7V a 5.5V
Frecuencia de muestreo	1.8 MHz
Comunicación	Interfaz serial
Compatibilidad	Protocolo SPI

Elaborado por: Joel Beltrán y Daniel Gaspar

3.12.2 Entradas analógicas (CH0 y CH1)

Estas entradas analógicas se las puede programar para ser utilizadas como dos canales independientes en modo Single-Ended o como única entrada pseudo-diferencial, en el proyecto se utilizó el modo Single-Ended ya que no se necesita ninguna comparación de voltaje o de señal. En la Figura 3.8 se muestra la distribución de pines de este circuito integrado.

Figura 3.8 Circuito Integrado MCP3202



Fuente: (Electronic Components, 2017)

3.12.3 Descripción de pines

En la Tabla 3.4 se describe cada uno de los pines con los que consta el integrado

Tabla 3.4 Distribución de pines

MSOP, PDIP, SOIC, TSSOP	Name	Function
1	$\overline{\text{CS}}/\text{SHDN}$	Chip Select/Shutdown Input
2	CH0	Channel 0 Analog Input
3	CH1	Channel 1 Analog Input
4	V _{SS}	Ground
5	D _{IN}	Serial Data In
6	D _{OUT}	Serial Data Out
7	CLK	Serial Clock
8	V _{DD} /V _{REF}	+2.7V to 5.5V Power Supply and Reference Voltage Input

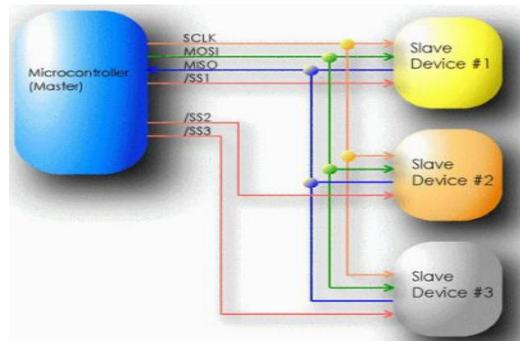
Fuente: (Electronic Components, 2017)

3.13 Interfaz de puerto serial (SPI)

El SPI es un estándar de comunicaciones el cual se usa para una transferencia de información a distancias cortas, se caracteriza por poseer tres líneas sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits. Cada una de estas tres líneas porta los datos entre los diferentes dispositivos conectados al bus. (LOPEZ, 2014), dos de estas líneas transfieren los datos (una en cada dirección) y la tercera línea es la de reloj, adicional se tiene una línea la cual sirve para el control del dispositivo con el que desea establecer la comunicación.

Los dispositivos que se conectan al bus se definen como maestro o esclavo, el primero es el que inicia la transferencia de datos y genera las señales de reloj, mientras que los esclavos son los dispositivos controlados con los cuales el maestro decidirá comunicarse. En la Figura 3.9 se observa una comunicación SPI entre un maestro y tres esclavos. (LOPEZ, 2014)

Figura 3.9 Comunicación SPI



Comunicación SPI con tres esclavos
Fuente: (LOPEZ, 2014)

Detalle de las líneas del estándar SPI:

- **SCLK:** Señal del reloj generada por el maestro la cual sincroniza la comunicación
- **MOSI** (Master out Slave in): Transporta datos del maestro al esclavo.
- **MISO** (Master in Slave out): Transporta los datos del esclavo al maestro.
- **SS1, SS2,....:** Esclavos los cuales son seleccionados por el bit de select.

Los dispositivos conectados al bus usan una comunicación serial tipo full dúplex aunque también se lo puede configurar para que sea dúplex o simplex. (LOPEZ, 2014)

3.14 Descripción de operación

En la siguiente parte se describe la parte correspondiente a la programación y formateo de la tarjeta de desarrollo para su uso.

3.14.1 Instalación de sistema operativo.

Al momento de trabajar con una tarjeta SD en blanco se requiere instalar raspbian, que es el sistema operativo oficial de raspberry en el cual vienen preinstalado una gran cantidad de software para programación y uso general.

Para instalar la imagen de sistema operativo en una tarjeta SD, se necesitó de una computadora con lector de tarjeta de este tipo, se requiere un instalador previo como NOOBS, que es un diseño fácil de usar, los archivos se pueden descargar del sitio oficial de raspberry. En la Figura 3.10 se muestra los logotipos de raspbian y Noobs, raspberry.org.

Figura 3.10 Logotipos raspbian/noobs



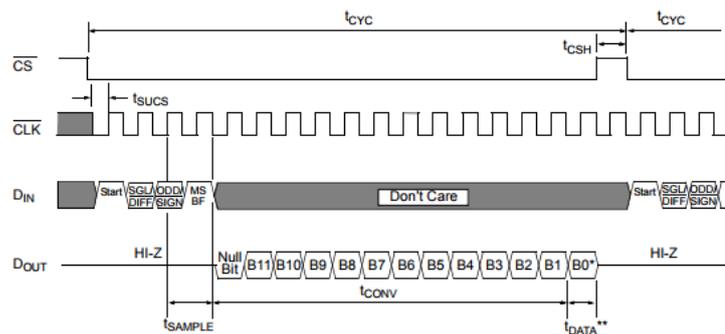
Fuente: (Raspberry, 2017)

3.15 Implementación de la interfaz spi entre raspberry pi y el adc MCP3202

Raspberry PI está constituido por un bus SPI con dos selectores de chip (Figura 3.2) lo cual permite la conexión de hasta dos dispositivos, el controlador maestro de SPI esta desactivado de forma predeterminado en raspbian.

La comunicación entre la raspberry y el conversor MCP3202 se realiza mediante una interfaz periférica serial SPI. En la Figura 3.11 se observa la inicialización del dispositivo que se efectúa mediante la línea CS en bajo, si el dispositivo fue alimentado con el pin CS bajo este debe ser elevado y bajar para el inicio de la comunicación, para constituir el bit de inicio la primera señal de reloj debe estar con CS en bajo y Din en alto, dentro de la trama Din (dato serial de entrada), después del bit de inicio se encuentran los bits SGL/DIFF y ODD/SIGN los cuales sirven para seleccionar la configuración del canal de entrada, que pueden ser single-Ended o Pseudo-diferencial, (ver Tabla 3.5).

Figura 3.11 Modo de operación del convertor



Modo de operación del reloj y entrada de datos analógicos

Posteriormente el bit más significativo (MBS) se transmite y se utiliza para habilitar el primer formato del bit menos significativo (LSB) para el dispositivo

Tabla 3.5 Modos del convertor

	Config Bits		Channel Selection		GND
	SGL/DIFF	ODD/SIGN	0	1	
Single-Ended Mode	1	0	+	-	-
	1	1	-	+	-
Pseudo-Differential Mode	0	0	IN+	IN-	
	0	1	IN-	IN+	

Fuente: (Electronic Components, 2017)

Los bits B11 al B0 del conjunto de la conversión analógica digital entregan el resultado a la raspberry por medio de la interfaz SPI.

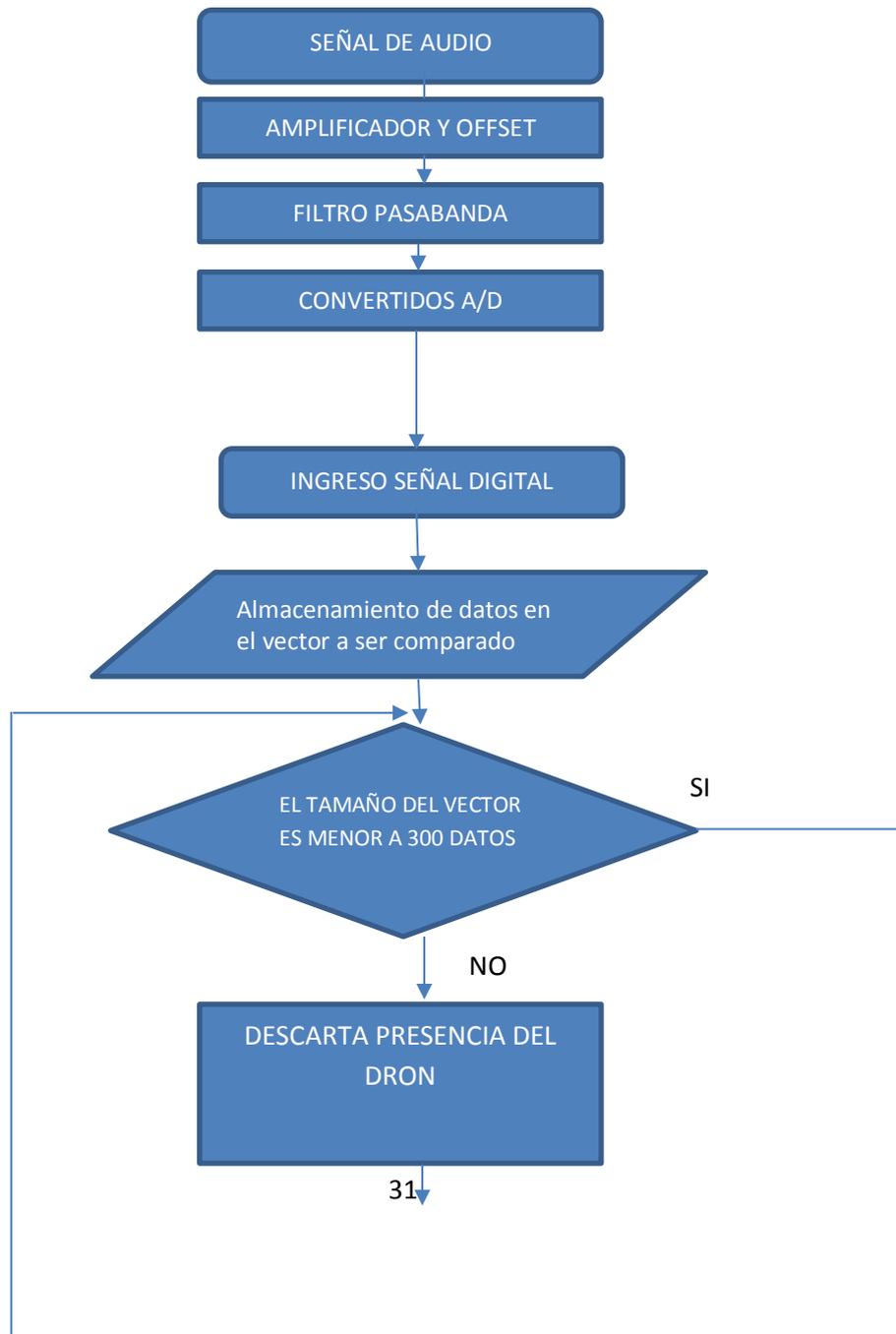
3.16 Extracción de base de datos

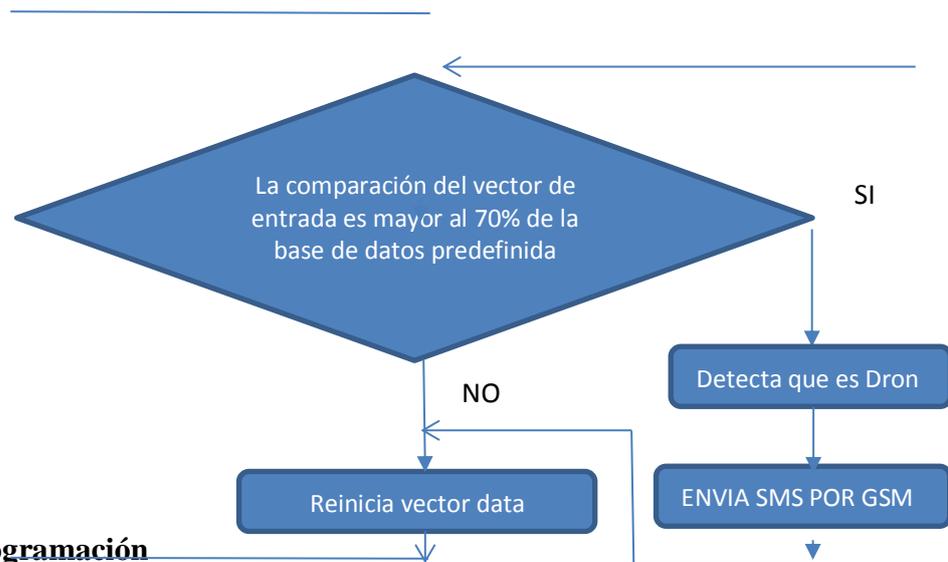
Para el análisis de los datos que se van a obtener se usará las librerías de Python para la transformada de Fourier.

Los datos obtenidos por el convertidor se guardan en un vector, después se analiza mediante transformada rápida de Fourier (FFT) donde se trata al vector obtenido en ese momento, como respuesta el espectro de frecuencias de la señal discreta.

Se usa un limitador o umbral que servirá para desechar frecuencias bajas que no servirán para la comparación, estos valores resultantes se los guardará en una matriz de comparación (ver Anexo 8).

3.17 Diagrama de flujo





3.18 Programación

Para el análisis de los datos que se van a obtener se usó las librerías de Python para la transformada de Fourier. Los datos obtenidos por el convertidor se guardan en un vector, después entra a analizar mediante transformada de Fourier rápida (FFT) donde se trata el vector obtenido en ese momento y se obtiene como respuesta el espectro de frecuencias de la señal discreta.

Posteriormente la muestra será comparada con el banco de espectros obtenidos anteriormente para determinar si el audio registrado pertenece o no al de un dron. Si esta muestra pertenece o es similar al banco de datos, enviará la notificación mediante GSM por medio del puerto serial de la raspberry (ver Anexo 8).

3.19 Desarrollo de fuentes

El prototipo requiere de un voltaje máximo de 5V, y al ser un dispositivo inalámbrico se usa baterías tipo lipo (abreviatura de litio y polímero), son baterías recargables usadas en aplicaciones que demanda un consumo de corriente considerable en poco peso y espacio, estas baterías se componen de celdas de 3.7V. En el proyecto se utilizó una de 2 celdas las mismas que proveen un voltaje de $7.4V = 2 \text{ celdas} * 3.7 \text{ V (2S)}$, con un amperaje de 3000mA, como se obtiene un voltaje superior al requerido se utilizó un módulo reductor Duola LM2596, que permite reducir el voltaje a 5V con una entrada hasta 12V.

Además se utilizó un voltímetro salva lipo de 1 a 8 celdas, el cual sirve para visualizar el estado de la batería y tiene incorporado un sonido alarma la cual se activa con niveles bajos.

CAPÍTULO 4

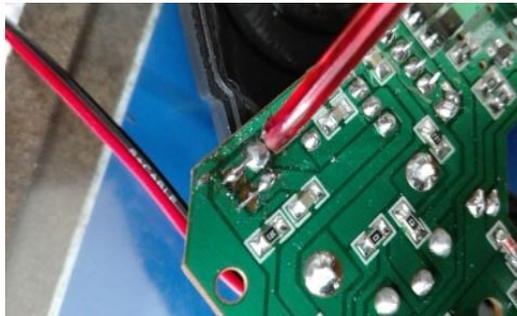
ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el capítulo 4 se presenta los resultados obtenidos tras el desarrollo del prototipo, un análisis estadístico del grado de porcentaje en el cual se detecta el dron.

4.1 Acondicionamiento del micrófono

En la Figura 4.1 se muestra cómo se acoplo el cable apantallado para obtener una conexión directa, el cual realiza la acción de transmitir la señal desde el micrófono hacia la placa de acondicionamiento.

Figura 4.1 Placa Micrófono



Acople de cable apantallado

El resultado del acoplamiento que consta en la Figura 4.2 verifica la continuidad del cable, permitiendo transmitir la señal a la placa para iniciar el proceso.

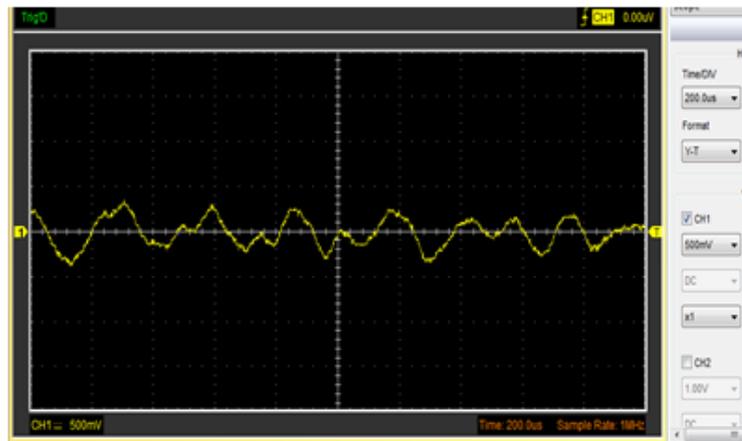
Figura 4.2 Salida de audio y on/off del micrófono



Resultado de la soldadura de cables

Se observa la forma de onda de la señal del micrófono, la cual tiene un voltaje aproximado a 1 voltio (Figura 4.3).

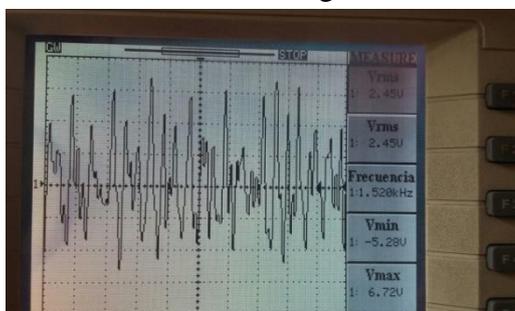
Figura 4.3 Señal de entrada



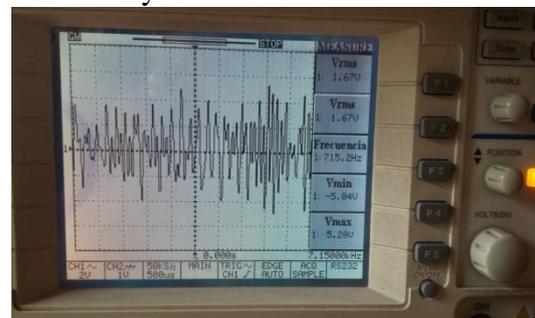
Forma de onda (entrada de señal)

Las Figuras 4.4(a) y 4.4(b) detallan las frecuencias de trabajo del Dron, las cuales son el resultado de la variación de la sensibilidad del micrófono, las mismas que son fundamentales para el cálculo de los filtros del prototipo.

Figura 4.4 Frecuencia máxima y mínima



(a) Forma de onda a sensibilidad máxima 1500Hz

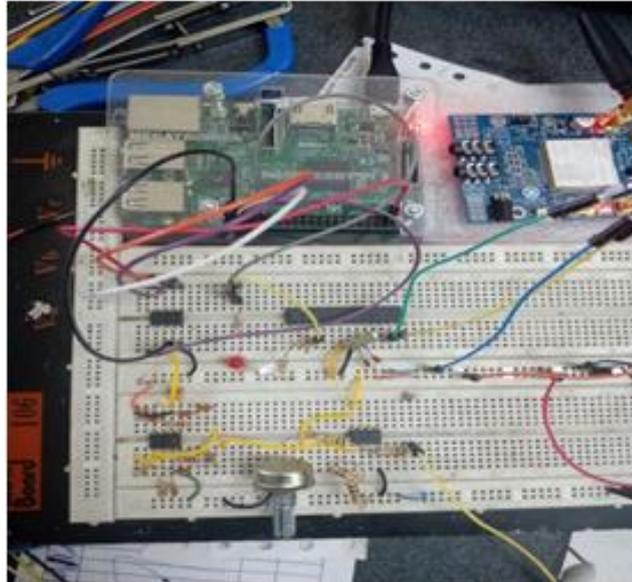


(b) Forma de onda a sensibilidad mínima 800 Hz

4.2 Pruebas de etapas del prototipo

La implementación del diseño de las diferentes etapas del proyecto, armadas en protoboard se muestra en la Figura 4.5, que permitió verificar el funcionamiento del prototipo antes de elaborar las placas finales.

Figura 4.5 Implementación del diseño

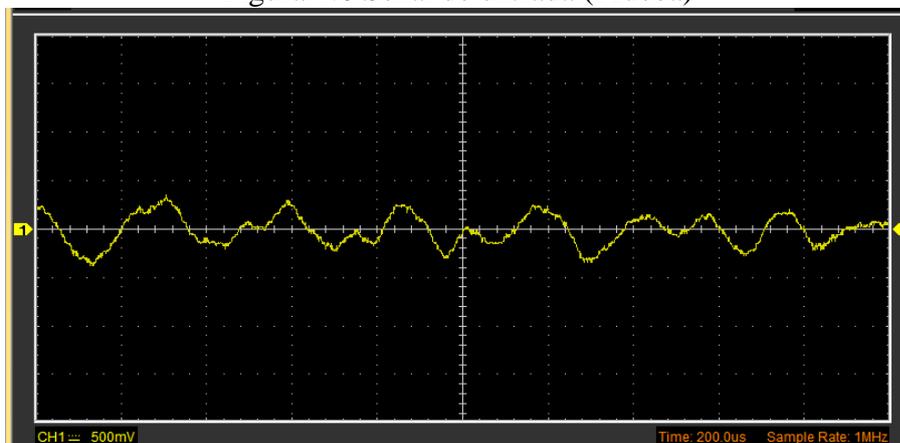


Verificación del prototipo, antes de elaborar placas finales

4.3 Pruebas de funcionamiento

La Figura 4.6 visualiza la forma de onda de la señal de entrada la cual tiene un voltaje aproximado de 1 voltio pico-pico.

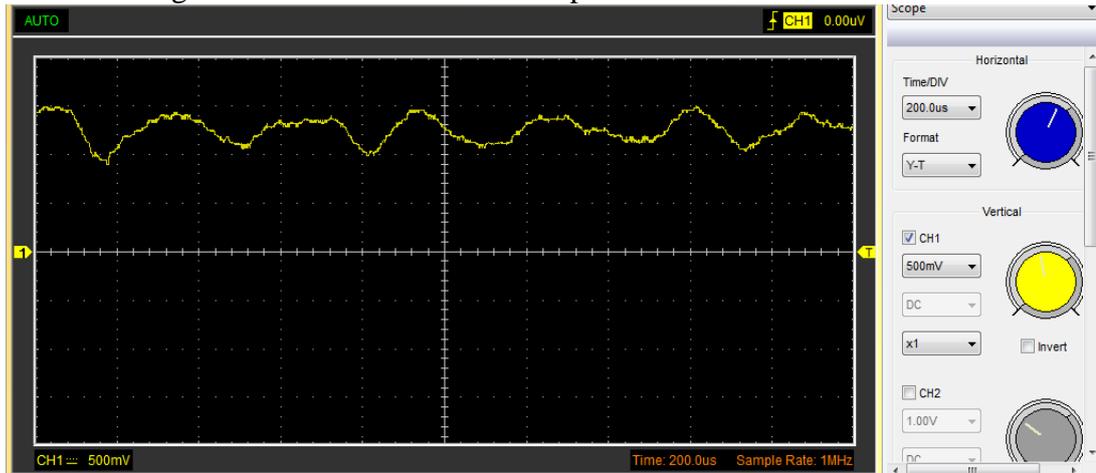
Figura 4.6 Señal de entrada (Prueba)



Forma de onda de la señal de entrada a la distancia de 15 metros

La forma de onda desplazada hacia el cuadrante positivo que es el resultado de la etapa del amplificador sumador no inversor se observa en la Figura 4.7, esto se realizó por motivo que el convertidor MCP 3202 no admite voltajes negativos.

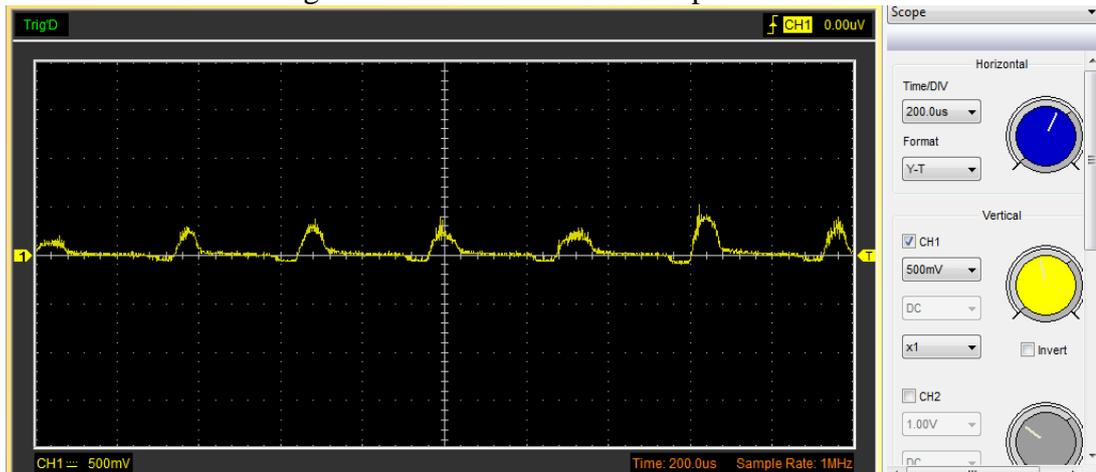
Figura 4.7 Señal obtenida del amplificador sumador no inversor



Señal desplazada hacia el cuadrante positivo

La forma de onda del filtro pasa banda cuyas frecuencias de corte varían de 800Hz a 1500Hz, esta señal es la que ingresa al conversor análogo digital (ver Figura 4.8).

Figura 4.8 Forma de onda filtro pasa-banda



Señal recortada entre las frecuencias de 800Hz a 1500Hz

4.4 Placa de acondicionamiento de señal

La Figura 4.9 muestra la placa del circuito impreso con cada uno de sus componentes electrónicos.

Figura 4.9 Circuito impreso

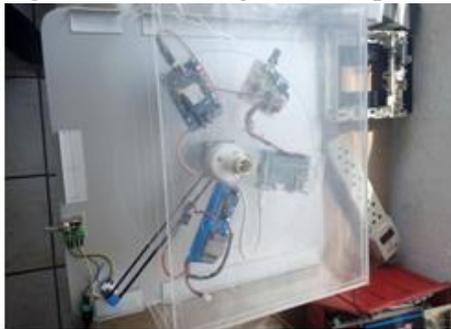


Circuito de acondicionamiento de señal

4.5 Montaje de componentes del prototipo

Cada una de las placas electrónicas, entre las cuales constan Raspberry Pi3, módulo GSM, placa de acondicionamiento, fuentes, se encuentran distribuidas de una forma homogénea como se observa en la Figura 4.10.

Figura 4.10 Montaje de Componentes



Montaje de placas electrónicas al verificarse el correcto funcionamiento

En la Figura 4.11 se observa la estructura final del Prototipo Detector de Drones con todos sus componentes electrónicos, que consta de una protección de acrílico.

Figura 4.11 Estructura Final



Prototipo Detector de Drones

4.6 Pruebas finales

La Figura 4.12(a) representa la prueba de detección, en el cual el presente Dron se encuentra a una distancia de 20 metros del detector, se programó la condición que al identificar la presencia del Dron se active el módulo GSM para el envío de un mensaje de alerta la misma que se verifica en la Figura 4.12(b).

Figura 4.12 Prueba final



4.12(a) Prueba realizada en el parque Itchimbia

4.12 (b) Mensaje de alerta

4.7 Análisis de resultados

Resultados de las pruebas aplicadas al Detector de Drones cuadricópteros. En el estudio se utilizó diversidad de drones cuadricópteros de los cuales se escogió una muestra de tres drones para realizar pruebas en el proceso de detección de drones.

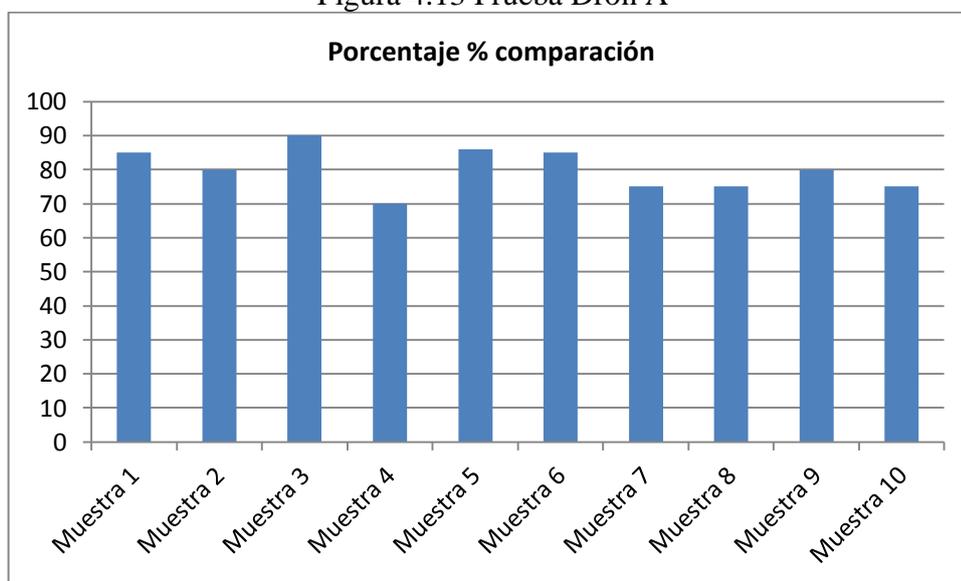
- **Prueba N° 1**

Con respecto a la observación de la prueba número uno, realizada a 15 metros del detector, se obtuvo 10 muestras en un minuto, que arrojaron los siguientes resultados (ver Tabla 4.1). En tal virtud se concluye que todas las muestras están con un porcentaje mayor al 75% (ver Figura 4.13), con respecto a la base de datos programada en la tarjeta de desarrollo, que relaciona las firmas acústicas de diferentes drones. Por lo tanto se verifica el funcionamiento del detector de Drones, emitiendo una señal al usuario.

Tabla 4.1 Pruebas dron A

Muestra	Porcentaje % comparación	Respuesta
Muestra 1	85	Es dron
Muestra 2	80	Es dron
Muestra 3	90	Es dron
Muestra 4	70	Es dron
Muestra 5	86	Es dron
Muestra 6	85	Es dron
Muestra 7	75	Es dron
Muestra 8	75	Es dron
Muestra 9	80	Es dron
Muestra 10	75	Es dron

Figura 4.13 Prueba Dron A



Porcentaje de las diferentes muestras tomadas con el dron A

Los datos obtenidos se pueden verificar en el Anexo 1.

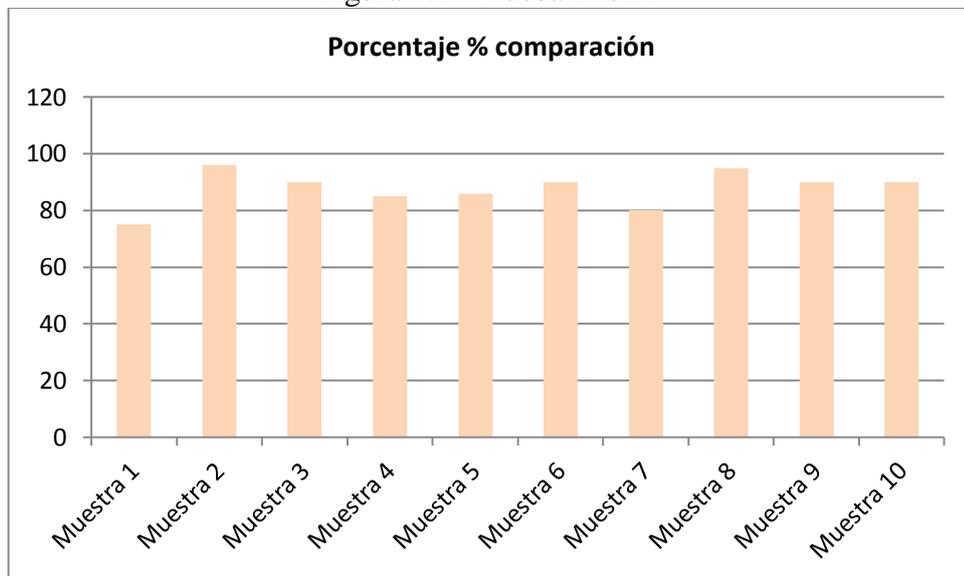
- **Prueba N° 2**

En la prueba dos del dron B, se adquirió 10 muestras en un minuto, a una distancia de 15 metros (ver Tabla 4.2), donde se pudo constatar que todas sus muestras superan el 75% (ver Figura 4.14), con respecto a la base de datos programada en la tarjeta de desarrollo, que relaciona las firmas acústicas de diferentes drones. Determinando que es factible el funcionamiento del detector de Drones, que emite una señal de advertencia al usuario.

Tabla 4.2 Prueba dron B

Muestra	Porcentaje % comparación	Respuesta
Muestra 1	75	Es dron
Muestra 2	96	Es dron
Muestra 3	90	Es dron
Muestra 4	85	Es dron
Muestra 5	86	Es dron
Muestra 6	90	Es dron
Muestra 7	80	Es dron
Muestra 8	95	Es dron
Muestra 9	90	Es dron
Muestra 10	90	Es dron

Figura 4.14 Prueba Dron B



Porcentaje de las diferentes muestras tomadas con el dron B

Los datos obtenidos se pueden verificar en el Anexo 2.

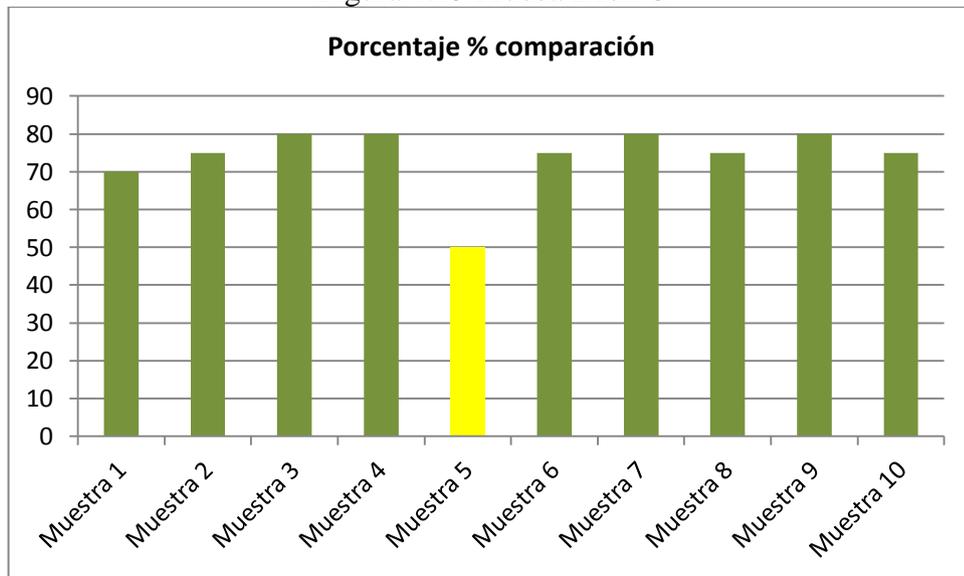
- **Prueba N° 3**

Con relación a la prueba tres del dron C, se observó 10 muestras en un minuto a 15 metros (ver Tabla 4.3), donde se pudo constatar que nueve muestras superan el 70%, mientras la muestra 5, indica que no es dron con un 50%, (ver Figura 4.15), de acuerdo a la base de datos programada en la tarjeta de desarrollo, que comprueba las firmas acústicas de diferentes drones Determinando que es posible el funcionamiento del detector de Drones.

Tabla 4.3 Prueba dron C

Muestra	Porcentaje % comparación	Respuesta
Muestra 1	70	Es dron
Muestra 2	75	Es dron
Muestra 3	80	Es dron
Muestra 4	80	Es dron
Muestra 5	50	No es dron
Muestra 6	75	Es dron
Muestra 7	80	Es dron
Muestra 8	75	Es dron
Muestra 9	80	Es dron
Muestra 10	75	Es dron

Figura 4.15 Prueba Dron C



Porcentaje de las diferentes muestras tomadas con el dron C

Los datos obtenidos se pueden verificar en el Anexo 3.

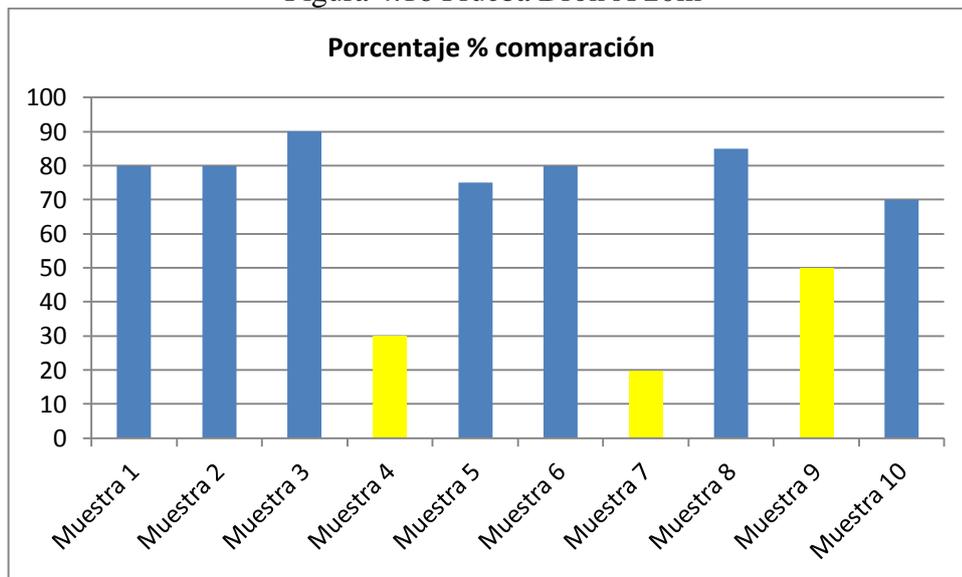
- **Prueba N° 4**

Con respecto a la prueba cuatro del dron A, se adquirió 10 muestras en un minuto a 20 metros (ver Tabla 4.4), donde se pudo constatar que siete muestras superan el 70%, mientras que tres muestras, indican que no existe la presencia de un dron (ver Figura 4.16), con relación a la base de datos programada en la tarjeta de desarrollo, que compara con las firmas acústicas de diferentes drones. Determinando que es posible el funcionamiento del detector de Drones, en vista al mayor porcentaje de aceptación.

Tabla 4.4 Prueba dron A 20m

Muestra	Porcentaje % comparación	Respuesta
Muestra 1	80	Es dron
Muestra 2	80	Es dron
Muestra 3	90	Es dron
Muestra 4	30	No es dron
Muestra 5	75	Es dron
Muestra 6	80	Es dron
Muestra 7	20	No es dron
Muestra 8	85	Es dron
Muestra 9	50	No es dron
Muestra 10	70	Es dron

Figura 4.16 Prueba Dron A 20m



Porcentaje de las diferentes muestras tomadas con el dron A, 20 metros

Los datos obtenidos se pueden verificar en el Anexo 4.

- **Prueba N° 5**

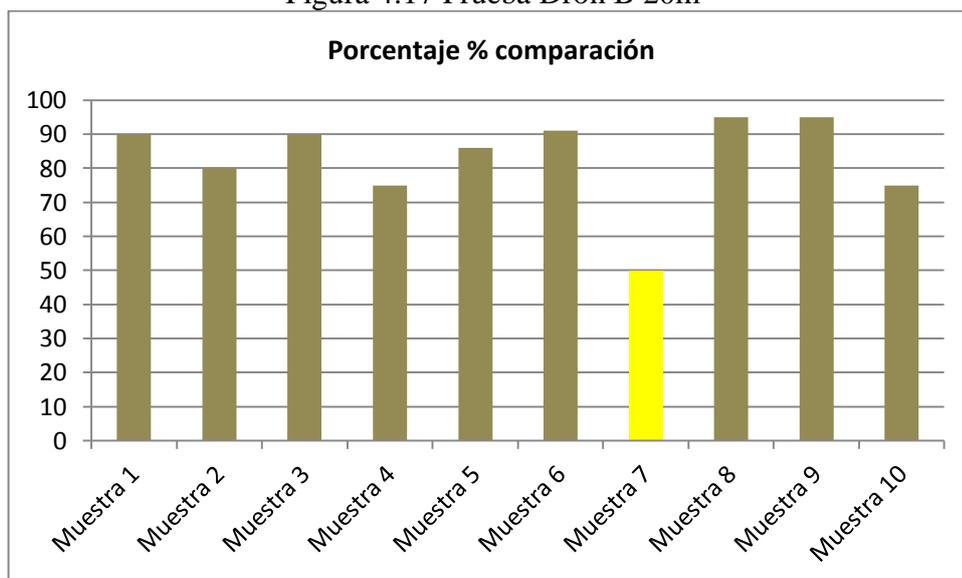
De acuerdo a la prueba cinco del dron B, se adquirió 10 muestras en un minuto a 20 metros (ver Tabla 4.5), donde se pudo constatar que nueve muestras superan el 75%, mientras que una muestras, indica que no existe la presencia de un dron (ver Figura 4.17), esta relación se analiza con la base de datos programada en la tarjeta de

desarrollo, que relaciona las firmas acústicas de diferentes drones. Estableciendo que es factible el funcionamiento del detector de Drones.

Tabla 4.5 Prueba dron B 20m

Muestra	Porcentaje % comparación	Respuesta
Muestra 1	90	Es dron
Muestra 2	80	Es dron
Muestra 3	90	Es dron
Muestra 4	75	Es dron
Muestra 5	86	Es dron
Muestra 6	91	Es dron
Muestra 7	50	No es dron
Muestra 8	95	Es dron
Muestra 9	95	Es dron
Muestra 10	75	Es dron

Figura 4.17 Prueba Dron B 20m



Porcentaje de las diferentes muestras tomadas con el dron B, 20 metros

Los datos obtenidos se pueden verificar en el Anexo 5.

- **Prueba N° 6**

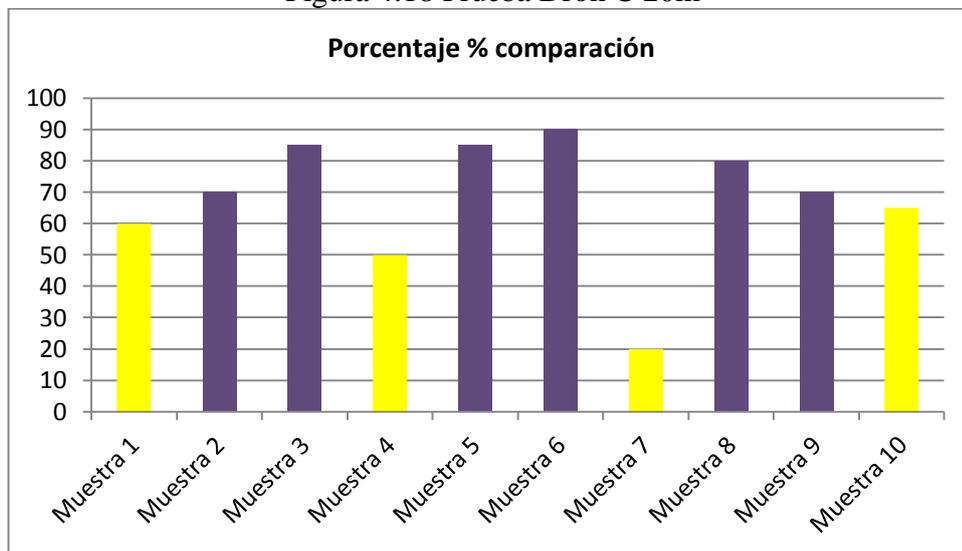
En el análisis de la prueba seis del dron C, se adquirió 10 muestras en un minuto a 20 metros (ver Tabla 4.6), donde se pudo constatar que nueve muestras superan el 75%, mientras que una muestra, indica que no existe la presencia de un dron (ver Figura

4.18), este estudio se contrasta con la base de datos programada en la tarjeta de desarrollo, en relación con las firmas acústicas de diferentes drones. Comprobando que es viable el funcionamiento del detector de Drones.

Tabla 4.6 Prueba dron C 20m

Muestra	Porcentaje % comparación	Respuesta
Muestra 1	60	No es dron
Muestra 2	70	Es dron
Muestra 3	85	Es dron
Muestra 4	50	No es dron
Muestra 5	85	Es dron
Muestra 6	90	Es dron
Muestra 7	20	No es dron
Muestra 8	80	Es dron
Muestra 9	70	Es dron
Muestra 10	65	No es dron

Figura 4.18 Prueba Dron C 20m



Porcentaje de las diferentes muestras tomadas con el dron C, 20 metros

Los datos obtenidos se pueden verificar en el Anexo 6.

- Prueba N° 7

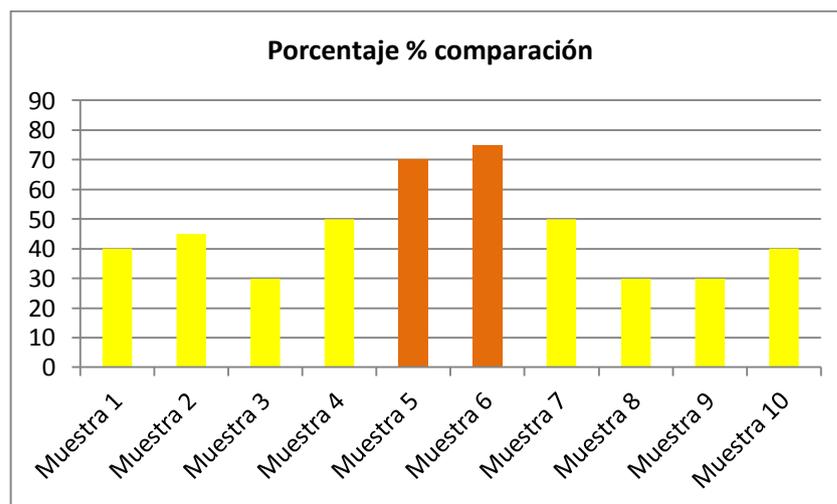
En el estudio de la prueba siete del dron A, se adquirió 10 muestras en un minuto a 25 metros (ver Tabla 4.7), donde se pudo constatar que ocho muestras no superan el 70%, mientras que dos muestras, indican que existe la presencia de un dron con un 70% y 75% respectivamente (ver Figura 4.19), muestras que fueron verificadas con la base de datos programada en la tarjeta de desarrollo, en relación con las firmas acústicas de diferentes drones.

Comprobando que no es posible el funcionamiento del detector de Drones a esta distancia.

Tabla 4.7 Prueba dron A 25m

Muestra	Porcentaje % comparación	Respuesta
Muestra 1	40	No es dron
Muestra 2	45	No es dron
Muestra 3	30	No es dron
Muestra 4	50	No es dron
Muestra 5	70	Es dron
Muestra 6	75	Es dron
Muestra 7	50	No es dron
Muestra 8	30	No es dron
Muestra 9	30	No es dron
Muestra 10	40	No es dron

Figura 4.19 Prueba Dron A 25m



Porcentaje de las diferentes muestras tomadas con el dron A, 25 metros

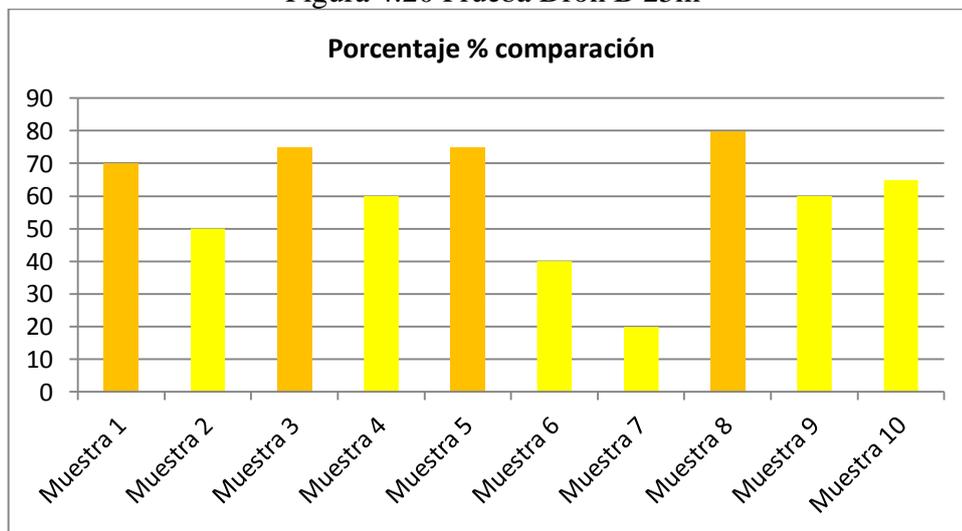
- **Prueba N° 8**

De acuerdo a los resultados de la prueba ocho del dron B, se recibió 10 muestras en un minuto a 25 metros (ver Tabla 4.8), donde se pudo constatar que seis muestras no superan el 70%, mientras que cuatro muestras, indican que existe la presencia de un dron con un 70%, 75% y 80% respectivamente (ver Figura 4.20), muestras que fueron confirmadas con la base de datos programada en la tarjeta de desarrollo. Evidenciando que no es posible el funcionamiento del detector a esta distancia.

Tabla 4.8 Prueba dron B 25m

Muestra	Porcentaje % comparación	Respuesta
Muestra 1	70	Es dron
Muestra 2	50	No es dron
Muestra 3	75	Es dron
Muestra 4	60	No es dron
Muestra 5	75	Es dron
Muestra 6	40	No es dron
Muestra 7	20	No es dron
Muestra 8	80	Es dron
Muestra 9	60	No es dron
Muestra 10	65	No es dron

Figura 4.20 Prueba Dron B 25m



Porcentaje de las diferentes muestras tomadas con el dron B, 25 metros

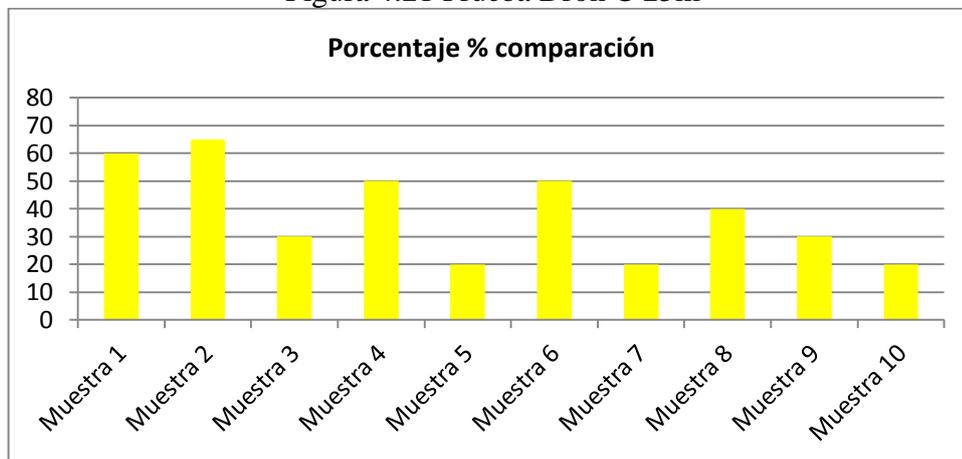
- **Prueba N° 9**

La prueba 9, muestra los resultados arrojados del diagnóstico del funcionamiento del dron C, donde se recibió 10 muestras en un minuto a 25 metros (ver Tabla 4.9), constatando que diez muestras no superan el 70%, (ver Figura 4.21), muestras que fueron confirmadas con la base de datos programada en la tarjeta de desarrollo. Evidenciando que no es posible el funcionamiento del detector a esta distancia.

Tabla 4.9 Prueba dron C 25m

Muestra	Porcentaje % comparación	Respuesta
Muestra 1	60	No es dron
Muestra 2	65	No es dron
Muestra 3	30	No es dron
Muestra 4	50	No es dron
Muestra 5	20	No es dron
Muestra 6	50	No es dron
Muestra 7	20	No es dron
Muestra 8	40	No es dron
Muestra 9	30	No es dron
Muestra 10	20	No es dron

Figura 4.21 Prueba Dron C 25m



Porcentaje de las diferentes muestras tomadas con el dron C, 25 metros

- **Prueba N° 10**

En el estudio se utilizaron variedad de sonidos para realizar pruebas en el proceso de detección de drones, programando las condiciones en la tarjeta de desarrollo para comparar con la base de datos, analizando el porcentaje de similitud y la longitud del

vector menor a 300 posiciones, que son características de las firmas acústica de los motores, si cumple con las dos condiciones se establece la presencia del Dron.

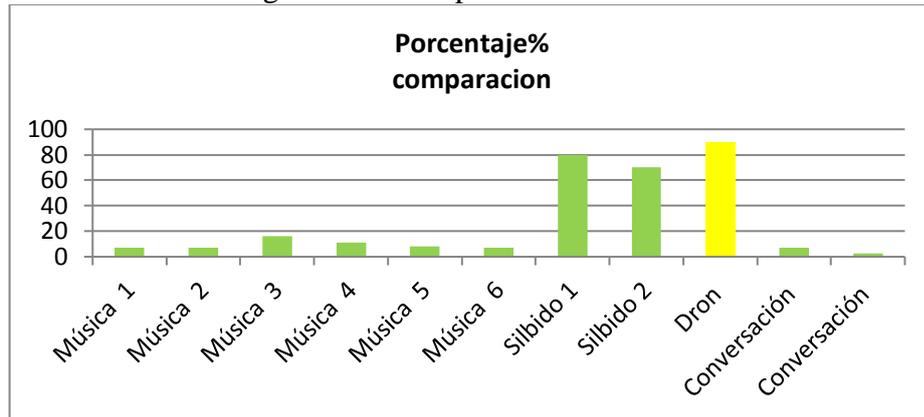
Al examinar la prueba diez, realizada a 15 metros del detector, se obtuvo 11 muestras con los siguientes resultados (ver Tabla 4.10), las muestras de música tuvieron un porcentaje de comparación menor al 70%, por lo cual el resultado especifica que no existe presencia de dron, en las muestras de silbido alcanzan un porcentaje del 80% y 90%, con una longitud del vector de 512 y 492 respectivamente, por lo cual no cumple con las dos condiciones establecidas. Indicando que no es un dron.

En las muestras de conversación se obtuvo un porcentaje de comparación menor a 70%, el resultado afirma que no es dron y finalmente se realizó la prueba con un dron dando como resultado un 90% de comparación, la longitud del vector es 224, por ende el resultado detecta la presencia del dron (ver Figura 4.22). En tal virtud se verifica el funcionamiento del detector de Drones.

Tabla 4.10 Comparación de sonidos

Comparación entre sonidos			
Resultados	Muestra	Porcentaje% comparacion	Longitud del vector <=300
No es dron	Música 1	7	20
No es dron	Música 2	7	19
No es dron	Música 3	16	46
No es dron	Música 4	11	31
No es dron	Música 5	8	22
No es dron	Música 6	7	20
No es dron	Silbido 1	80	512
No es dron	Silbido 2	70	492
Es dron	Dron	90	134
No es dron	Conversación	7	21
No es dron	Conversación	2,7	8

Figura 4.22 Comparación de sonidos



Muestras tomadas de diferentes sonidos para la comparación

Los datos obtenidos se pueden verificar en el Anexo 7.

- **Prueba N° 11 Detector de drones en movimiento**

En el estudio se tomaron 39 muestras de las tres clases de drones, a una distancia de 15 metros con relación al detector en movimiento, de las cuales 13 muestras son para identificar a cada dron, logrando los siguientes resultados:

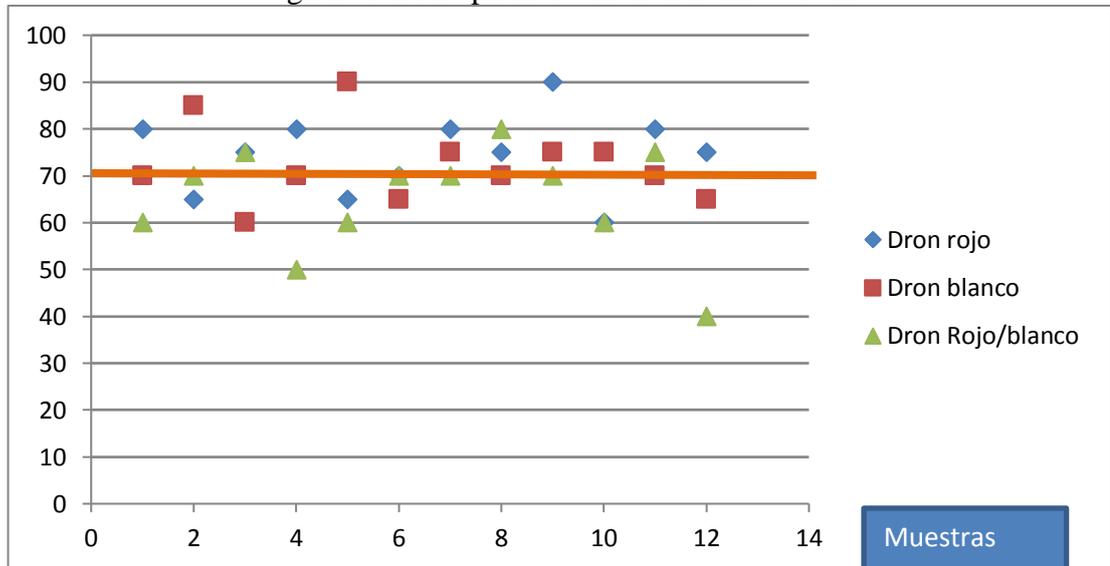
Al analizar los datos del Dron A se obtuvo 10 muestras que detectan la presencia del dron, en el dron B 8 muestras y en el C 7 muestras (ver Tabla 4.11), todos los datos obtenidos superan el 70% de la comparación con la base de datos, la misma que verifica el funcionamiento del prototipo detector de Drones.

Tabla 4.11 Comparación de diferentes drones

Porcentajes			
15 Metros	Dron A	Dron B	Dron C
muestra 1	90	60	70
muestra 2	80	70	60
muestra 3	65	85	70
muestra 4	75	60	75
muestra 5	80	50	50
muestra 6	65	90	60
muestra 7	70	65	70
muestra 8	80	75	70
muestra 9	75	70	80
muestra 10	90	75	70
muestra 11	60	75	60
muestra 12	80	70	75
muestra 13	75	65	40

Mientras que los datos obtenidos del dron A, 3 muestras no detectan la presencia del dron, en el dron blanco 5 muestras y en C 6 muestras (ver Figura 4.23), las mismas que no superan el 70% en comparación con la base de datos desarrollados en la tarjeta raspberry, en tal virtud no se identifica la presencia del dron

Figura 4.23 Comparacion de diferentes Drones



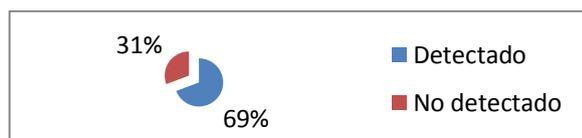
Drones cuyo porcentaje sea mayor o igual a 70%, son identificados como drones

Luego del análisis realizado en la Tabla 4.12, los investigadores concluyen que de 39 muestras que representan el 100% en los tres drones, 27 detectan la presencia del Dron que representa el 69% y 12 que representan el 31%, no identifican el sonido característico de los drones (ver Figura 4.24).

Tabla 4.12 Resultados de comparación

Total de muestras	Detectado	No detectado
39	27	12

Figura 4.24 Resultados de comparación



CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó el prototipo detector de drones, determinando que el sistema identifica la presencia de un cuadricóptero aproximándose a una edificación, mediante las pruebas a diferentes distancias, se obtuvo que el detector reconozca la presencia de drones a distancias menores a 22 metros, emitiendo un mensaje de advertencia al usuario.

Se desarrolló un algoritmo en base a técnicas de procesamiento de voz, mediante un lenguaje de programación libre, acondicionando el código e implementado con librerías propias de python, se obtuvo el espectro de frecuencia que representa las firmas acústicas del sonido de los motores, para generar la base de datos almacenada en una matriz.

Se tomó los datos provenientes del sonido de los motores del dron, para acondicionar la señal en un ancho de banda determinado previamente en el capítulo 3, con los datos digitales respuesta del conversor se procedió a descomponer la señal en el espectro de frecuencia que serán posiciones semejantes en el dominio del tiempo, las cuales serán almacenadas en un vector que representa al sonido de un dron, la base de datos se formó con una matriz de las diferentes muestras de sonidos.

El limitador de muestras dentro del análisis en la tarjeta de desarrollo, se usó con el fin de dar una longitud determinada al vector, esto debido a que las firmas acústicas de sonidos de motores de otros dispositivos contienen un número mayor de datos con un porcentaje elevado de coincidencia con el vector almacenado y tiende a dar como detectada la presencia de un dron, por lo tanto este limitador funciona como un filtro.

El detector de drones producto de la experimentación de campo, reconoció la presencia de las tres muestras de drones a distancias de 15 metros con un porcentaje del 97%, a 20 metros con un porcentaje detectado que supera el 70% y a 25 metros el porcentaje disminuye al 20% de identificación, por esta razón se verificó que el alcance máximo de detección es hasta 20 metros.

El sistema fue sometido a diferentes pruebas con una variedad de sonidos (música, silbidos, diálogo y dron en funcionamiento), diez muestras obtuvieron un porcentaje menor al 70% en la comparación con la base de datos y la longitud del vector fue mayor a 300 posiciones en dos casos, estas condiciones no coincidieron con las programadas en la tarjeta de desarrollo, el identificador descartó satisfactoriamente las muestras que no pertenecieron al sonido del dron, este resultado verifica el funcionamiento del prototipo al identificar la única muestra del cuadricóptero analizada.

El detector en movimiento al ser sometidos a diferentes pruebas, identificó el sonido característico de los drones en un porcentaje del 69%, validando el prototipo detector de drones cuadricópteros en espacios restringidos mediante firmas acústicas de sus motores

RECOMENDACIONES

Para un mayor campo de reconocimiento del dron, se recomienda el uso de un micrófono omnidireccional de largo alcance, el cual permite la captación del sonido en 360 grados, contrario al micrófono parabólico utilizado que necesita apuntar en la dirección del objeto.

El detector debe estar ubicado en un sitio a campo abierto, ya que por las características del micrófono, al estar ubicado en un lugar cerrado causa interferencias y posteriormente un solapamiento al ingresar la señal de audio.

Para optimizar las pruebas con los diferentes drones se recomienda reemplazar las baterías de los drones con una fuente externa, ya que el tiempo de duración de la batería del dron es aproximadamente de 5 minutos, tiempo no adecuado en el proceso de desarrollo del prototipo

Para extraer las firmas acústicas características de los drones, es aconsejable realizarlo en un lugar donde el ruido sea mínimo, factor muy importante para generar la base de datos.

Investigar a profundidad la comunidad raspberry ya que posee librerías, métodos y foros que facilitan la implementación de algoritmos en software libre.

Aplicar este proyecto como servicio a la sociedad, siendo un ejemplo para la juventud salesiana y futuras promociones que deseen indagar en el mundo de sistemas de detección de vehículos aéreos no tripulados conocidos como Drones.

BIBLIOGRAFÍA

- AESA. (23 de Diciembre de 2016). AESA. Recuperado el 6 de Enero de 2017, de http://www.seguridadaerea.gob.es/lang_castellano/noticias_revista/noticias/drones_no_son_juguetes.aspx
- Alvarado, J. P. (2011). *Procesamiento Digital de señales*. Cartago.
- Brown, L. (28 de junio de 2017). *Filmora*. Recuperado el lunes de julio de 2017, de <https://filmora.wondershare.com/drones/types-of-drones.html>
- Carrillo , F. D. (2015). *Analizador de espectro con Hardware libre*. Recuperado el 15 de AGOSTO de 2017, de http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/13066/1/Tesis_t1037ec.pdf
- Chmielus, T. (2016). *AARONIA*. Recuperado el Miercoles de Abril de 2017, de <http://www.aaronia.es/productos/solutions/Detector-de-drones-de-Aaronia/>
- EFE. (4 de Marzo de 2016). *EL UNIVERSAL*. Recuperado el Miercoles de Abril de 2017, de <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/techbit/2016/03/4/desarticulan-banda-que-utilizaba-drones-para-robar-en-brasil>
- EL COMERCIO. (18 de Septiembre de 2015). *Resolucion 251*. Recuperado el Miercoles de Abril de 2017, de http://www.elcomercio.com/uploads/files/2015/09/18/Resolucion_de_la_DGAC.pdf
- Electronic Components. (Abril de 2017). *AllDatasheet*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2017, de <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/74935/MICROCHIP/MCP3202.html>
- Evolta. (2012). *Amplificador de Sonido Parabólico!* Obtenido de http://www.evoluta.cl/product_info.php?cPath=103&products_id=2591&osCsid=a30ac09255fbc3a63b047c85064c0d7
- EVOLTA. (3 de AGOSTO de 2015). *EVOLTA*. Recuperado el MIERCOLES de ABRIL de 2017, de http://www.evoluta.cl/product_info.php?cPath=103&products_id=2591&osCsid=a30ac09255fbc3a63b047c85064c0d7
- García, A. (28 de junio de 2013). *Amplificadores Operacionales y su uso en la electrónica*. Recuperado el viernes de Julio de 2017, de <http://panamahitek.com/amplificadores-operacionales-y-su-uso-en-la-electronica/>
- García, I. (marzo de 2017). *ESTUDIO SOBRE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS*. Recuperado el Miercoles de Mayo de 2017, de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/23021/1/TFG-P-528.pdf>
- Huircán, J. (abril de 2007). *Conversores Análogo-Digital y Digital-Análogo: CONCEPTOS BASICOS*. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de Universidad Nacional Abierta y

a Distancia Colombia:

<http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/5272/1/ad03.pdf>

Hytekblue. (Junio de 2014). *pcDuino vs Beaglebone black vs Raspberry pi*. Recuperado el Miércoles de Septiembre de 2017, de One Mans Anthology:

<http://www.onemansanthology.com/blog/pcduino-vs-beaglebone-black-vs-raspberry-pi/>

InformaticaHoy. (2016). *Drones espías: Un ojo en el cielo*. Recuperado el 14 de Mayo de 2017, de <https://www.informatica-hoy.com.ar/gadgets/Drones-espias-ojo-cielo.php>

LIFENG, Z., & JINGFENG, L. (2017). *AMAZON*. Recuperado el 05 de Julio de 2017, de INTRODUCTION TO pcDUINO:

<https://s3.amazonaws.com/pcduino/book/Introduction+to+pcDuino.pdf>

Llinares Morató, P. (Abril de 2017). *Mejor Calidad Precio*. Recuperado el Miércoles de Abril de 2017, de <http://mejorcalidadprecio.com/mejor-drone-calidad-precio/>

LOPEZ, E. (2014). *Protocolo SPI*. Recuperado el viernes de septiembre de 2017, de <http://www.i-micro.com/pdf/articulos/spi.pdf>

Masood, L. (20 de Mayo de 2014). *Directional Responses and Polar Diagrams of Microphones*. Obtenido de <http://audioundone.com/directional-responses-and-polar-diagrams-of-microphones>

Montero , J. (20 de Junio de 2016). *TODRONE*. Recuperado el Miércoles de Abril de 2017, de <http://www.todrone.com/funciona-sistema-deteccion-drone-thales/>

MOODY, G. (19 de Mayo de 2015). *ars TECHNICA*. Recuperado el Miércoles de Abril de 2017, de <https://arstechnica.com/gadgets/2015/05/uk-burglars-find-new-use-for-low-cost-drones-casing-properties/>

Morató, P. (Abril de 2017). *Mejor Calidad Precio*. Recuperado el Miércoles de Abril de 2017, de <http://mejorcalidadprecio.com/mejor-drone-calidad-precio/>

NABOULSI, Z. (SEPTIEMBRE de 2015). *DRONE DETECTOR*. Recuperado el JUEVES de ABRIL de 2017, de <http://www.dronedetector.com/>

NoticiasRCN. (Noviembre de 2013). *NoticiasRCN*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de <http://www.noticiasrcn.com/internacional-america/drones-sin-regulacion-america-latina-alertan-cidh>

Pardo, L. (2 de MAYO de 2013). *NEOTEO*. Recuperado el Miércoles de Abril de 2017, de <http://www.neoteo.com/droneshield-deteccion-de-drones-de-codigo-abierto/>

Perez, D. (14 de julio de 2016). *El detector de drones que todo paranoico necesita*. Recuperado el Miércoles de Junio de 2017, de <http://omicro.no.espanol.com/2016/07/dronetracker-detector-drones/>

- Perez, D. (5 de Julio de 2016). *Omicrono*. Recuperado el Miercoles de Abril de 2017, de <http://omicrono.elespanol.com/2016/07/dronetracker-detector-drones/>
- Pertence, A. (2001). *Amplificadores operacionales y filtros activos*. Madrid: McGraw-Hill.
- Python. (2016). *Tutorial Python*. Recuperado el 06 de Octubre de 2017, de <http://docs.python.org.ar/tutorial/3/real-index.html>
- Raspberry. (Octubre de 2016). Recuperado el 9 de Julio de 2017, de DATASHEET Raspberry Pi Compute Module (CM1): https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/RPI-CM-DATASHEET-V1_0.pdf
- Raspberry. (28 de Agosto de 2017). *Raspberry Pi 2 & 3 Pin Mappings*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2017, de <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/iot-core/learn-about-hardware/pinmappings/pinmappingsrpi>
- Recording Engineer School. (2011). *Which microphone should I buy?* Recuperado el 12 de Octubre de 2017, de <http://recordingengineerschool.com/blog/the-25-most-asked-questions-about-sound-engineering/which-microphone-should-i-buy/>
- RUMSEY, F., & McCORMICK, T. (2009). *SOUND AND RECORDING APLICATION AND THEORY*. Great Britain: Focal Press.
- Suarez Caballero, R. (Enero de 2017). *Instituto Internacional Español de Marketing Digital*. Recuperado el Miercoles de Abril de 2017, de Instituto Internacional Español de Marketing Digital: <https://iiemd.com/que-es-drone/>
- Suarez, R. (Enero de 2017). *Instituto Internacional Español de Marketing Digital*. Recuperado el Miercoles de Abril de 2017, de Instituto Internacional Español de Marketing Digital: <https://iiemd.com/que-es-drone/>
- Techship. (2017). *Techship*. Recuperado el 05 de Mayo de 2017, de https://techship.com/products/simcom-sim808-gsm-gps-smt/?ref=dsa-products-brands&gclid=EAlaIQobChMIhPu5vquK2QIVRR6GCh1Gcw58EAAYASAAEgJn2fD_BwE
- Texas Instruments. (2017). *Texas Instruments*. Recuperado el jueves de Agosto de 2017, de <http://www.ti.com/product/lm358/description?keyMatch=lm358&tisearch=Search-EN-Everything>
- Universo, E. (9 de Septiembre de 2015). Recuperado el 14 de Diciembre de 2016, de El Universo: <http://m.eluniverso.com/noticias/2015/09/19/nota/5134157/drones-solo-podran-volar-durante-dia-ecuador>
- Young, P. (Agosto de 2016). *THE INDEPENDENT*. Recuperado el 12 de Enero de 2017, de <http://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/drones-police-crime-reports-uk-england-safety-surveillance-a7155076.html>

ANEXO 1

Prueba 1

Resultado de las diferentes muestras obtenidas con el dron A, comparadas con la base de datos, a una distancia de 15 metros

- Porcentaje de comparación 70%

```
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[26901.311661455868, 27788.497945411258, 35839.961804754894, 27875.061681198487, 28092.108143956182, 30030.966807956032, 27391.889841507913, 32315.832727749668, 25868.5
33217879634, 25243.042747975596, 29341.991002160874, 30140.90556571152, 27447.222820564341, 31912.023152722028, 40651.385157779776, 31825.19438487873, 36746.83888441856
8, 26791.383897174917, 26929.085734222623, 30205.145070512008, 31254.199735174312, 27073.907647635213, 31549.701757529911, 25128.461752966065, 26521.009834626751, 34855
.13941066285, 25135.767220535916, 29717.72647786076, 28732.480872855369, 27429.124025817629, 25128.335647008462, 25095.799107332707, 33637.618576965426, 28164.836455702
978, 25896.913880561086, 50748.015818238579, 26794.801733958444, 30377.376107021057, 27309.551543172431, 26694.248005218225, 32400.777032211725, 27572.487610315602, 315
87.922668089446, 30620.833131702886, 25017.003731836634, 25143.810463553284, 25606.365264435157, 27403.219294425362, 26726.003090462091, 27139.839444398927, 25489.69699
3543163, 27294.751080194139, 40384.301039835198, 26391.75558405948, 31489.609638847483, 32312.03854446052, 26509.496915994241, 26393.972529971968, 26865.113426888413, 3
2455.590871415767, 25797.315848379207, 25294.839148197887, 31481.800066495591, 26630.64501608898, 34340.222712120318, 28695.270998233596, 38629.56640777873, 25243.57861
0708893, 25982.967411943955, 26239.684795625642, 26012.162277282725, 37513.530432180334, 40500.252277371692, 38924.587006994407, 29348.276236653885, 26780.398277601747,
44070.988802970249, 35330.812450777645, 37725.079516502134, 27989.801817445488, 29755.4158880931036, 29246.536477349389, 46188.655797594292, 29863.950610172662, 25031.8
92790251317, 37227.202279818564, 38639.104609022819]
vector posicion picos ...
[48, 276, 280, 286, 291, 298, 308, 313, 314, 317, 336, 338, 349, 353, 354, 355, 360, 362, 363, 375, 380, 387, 390, 398, 403, 404, 594, 634, 655, 668, 710, 784, 791, 821
, 823, 856, 857, 873, 878, 889, 901, 906, 989, 996, 1075, 1083, 1097, 1143, 1161, 1171, 1172, 1231, 1245, 1246, 1251, 1270, 1274, 1275, 1276, 1278, 1376, 1392, 1402, 14
16, 1421, 1425, 1427, 1428, 1433, 1435, 1441, 1442, 1443, 1448, 1455, 1457, 1459, 1463, 1466, 1470, 1476, 1477, 1479, 1481, 1487, 1489, 1495]
numero =
87
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 70%
```

- Porcentaje de comparación 75%

```
[25902.903285807704, 30376.666124381802, 26452.770720006269, 31727.115992751809, 26838.563213037425, 25131.487711933642, 25165.827954198878, 25924.7384
61461671617, 26106.812310912232, 33139.066687483093, 31595.605861522548, 29102.198567907846, 27059.349000774815, 29281.588996177521, 27300.693129532741
423, 32907.849073187506, 27105.590319409606, 26816.77148006159, 27075.829723317496, 34456.665656047466, 34119.623825441537, 30985.542908866297, 25211.6
5.624576818933, 25063.324703153201, 30842.635621038506, 29924.793200430402, 31475.547895811462, 30720.695972753336, 25968.184117904515, 27044.6711791919
033519, 28412.708389990425, 36555.559351228098, 29189.288647423607, 30033.398980027232, 27471.891283640762, 48997.00232085638, 32946.222349260475, 400
40320.626602826029, 35529.7387800041247, 27916.384326422965, 25220.137675555299, 38463.128864789513, 36371.882048494786, 41160.049741190523, 32805.19351
0203423258, 31154.350992792904, 28101.280501326877, 35896.270691505306, 67516.235911619471, 28566.946775855518, 25887.762583877262, 27122.991378277482,
71, 31347.41861076744, 38805.359036906302, 32653.171472331189, 26059.543811476247, 34249.969545243599, 32249.369038936773, 27992.966909492861, 26216.05
.233014049329, 37844.917316815314, 36997.279005578552, 25652.501377831937, 35152.905446218159, 34502.582549359649, 27312.316799919896, 25706.8951372599
158, 35119.027449936875, 30971.953377467849, 26467.906629550078]
vector posicion picos ...
[14, 16, 26, 36, 39, 47, 50, 73, 121, 139, 141, 171, 186, 187, 192, 208, 209, 220, 235, 236, 237, 238, 654, 659, 676, 843, 1162, 1274, 1287, 1296, 1319
8, 1343, 1354, 1355, 1359, 1365, 1367, 1369, 1372, 1373, 1375, 1380, 1383, 1386, 1387, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1395, 1397, 1400, 1403, 1405, 141
6, 1419, 1422, 1427, 1428, 1429, 1431, 1432, 1437, 1445, 1451, 1456, 1457, 1458, 1463, 1464, 1470, 1475]
numero =
79
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 75%
```

- Porcentaje de comparación 80%

```
5795277707, 36327.059673983153, 25010.299356698881, 31555.128607830218, 26383.325882814512, 28281.414105198324, 25407.964862538036, 25312.10342
98, 29404.578289613281, 30962.486228456386, 31968.25763221737, 30889.332748951947, 38137.290870486991, 32111.782577536371, 26715.07847133026, 2
182574529419, 26838.713119421023, 25577.023149869419, 29426.090691586251, 28835.461697205792, 29918.67798035263, 31879.936320576246, 32383.4235
48, 31753.459439918366, 25778.326089245791, 34624.277201135403, 35793.073157081148, 44495.277134454285, 31898.386244601912, 32157.227204808343,
3.316030695358, 31345.352548811607, 38230.697421274032, 36530.406229958215, 44515.309237231886, 28352.113690789087, 33686.538724400743, 27335.1
386482, 31918.756672523527, 27122.658915114072, 38861.385458886565, 26011.370361010588, 29201.921934786758, 35573.768253927585, 40233.669088076
40113.539462566128, 26604.685648468083, 26511.382474140381, 29194.226710721221, 35795.664275884417, 34728.37509891115, 36453.330121769053, 3180
723404918, 26794.956836475452, 29020.547672222929, 26678.885239602747, 29927.458651031786, 27654.79348965811, 28634.59391333213]
vector posicion picos ...
[43, 45, 60, 67, 94, 125, 134, 142, 152, 181, 202, 255, 258, 271, 277, 617, 653, 660, 661, 663, 666, 667, 670, 671, 874, 879, 881, 937, 1274, 1
26, 1330, 1342, 1347, 1349, 1354, 1356, 1363, 1369, 1373, 1377, 1382, 1386, 1388, 1400, 1401, 1406, 1411, 1412, 1413, 1417, 1418, 1420, 1422, 1
31, 1434, 1435, 1436, 1438, 1443, 1445, 1455, 1462, 1466, 1478, 1479, 1486]
numero =
74
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 80%
```

- Porcentaje de comparación 90%

```

34826.21862448156, 29283.025293112587, 29234.897497850165, 30940.110589260188, 25570.165070008825, 32612.356440946984, 25791.51
9440461906, 29757.994269582421, 31834.696437140734, 25477.932732763573, 26393.567552521996, 26681.733835011724, 28411.1186694140
26091.246058688954, 29595.259411503761, 27565.780789886918, 30787.538960413407, 26001.221923136654, 29031.715468174119, 27760.
869515043498, 31006.832350652265, 31792.274374955494, 31516.575792527423, 27785.945015853511, 26039.449774227734, 27459.49962826
2094, 25762.773508162722, 25138.285003858815, 25486.94391964372, 30017.547056649462, 41332.827136944499, 33603.930612222481, 313
93.244257746395, 29702.045962794429, 28510.587475839486, 25724.412145210576, 26650.744678283383, 33013.123261124783, 30408.74915
9732403, 38324.386285440967, 41908.022686203636, 28100.543665340228, 27063.737525293152, 27839.0579584558, 37097.382262806335, 3
108.97749799725, 25601.22942955291, 29504.246914309191, 32886.022743381458, 30039.22039809432, 25246.850857941743, 30172.980711
70498, 26692.487814466767, 35666.110551847072, 35695.232090073776, 27244.649995148218, 48514.241845347518, 31672.899757296542, 5
4238.202102264055, 36055.651801656742, 34678.383949545285, 31796.251438115887, 47522.870965355003, 40411.700966838245, 28601.068
95054245, 32792.551762867646, 34433.777626927578, 30002.96636353555, 28560.685423643517, 37855.655661886783, 49320.423173458184,
30838.518296354614, 32364.841170912576, 28195.338104740611, 59457.417180452561, 30947.833268738908, 41181.325414117106, 27409.3
86754497512, 26911.460345631669, 32206.024184492144, 25964.476060887555, 27655.998545596416]
vector posicion picos ...
22, 36, 37, 43, 167, 190, 191, 212, 233, 237, 258, 283, 293, 353, 361, 380, 425, 482, 585, 588, 606, 617, 627, 720, 760, 798, 8
1178, 1184, 1199, 1206, 1249, 1254, 1297, 1298, 1299, 1300, 1305, 1306, 1321, 1322, 1337, 1343, 1361, 1363, 1367, 1368, 1370, 1
1387, 1388, 1389, 1392, 1394, 1396, 1397, 1398, 1401, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1415, 1418, 1419, 1423, 1424, 1
1434, 1435, 1436, 1438, 1440, 1443, 1444, 1448, 1451, 1457, 1459, 1461, 1479, 1482, 1487, 1496]
numero =
106
es dron
mensaje enviado.
comparacion 90%

```

Anexo 2

Prueba 2

Resultado de las diferentes muestras obtenidas con el dron B, comparadas con la base de datos, a una distancia de 15 metros

- Porcentaje de comparación 86%

```

25484.830458929355, 25858.082784764127, 28511.497048291167, 25944.783693512876, 27352.228106998067, 39608.74
42921992407, 29148.114583762115, 26646.35227249108, 27949.636421634645, 25824.57464046486, 25648.385160529597
3, 27548.554884765199, 36726.072879190615, 29625.926283675872, 35925.66286098519, 25988.648112410094, 26761.2
888196803029, 26333.421214875849, 25459.393583020516, 26200.668831313818, 53802.899594190611, 26836.44480893
65, 31042.155856860667, 42028.615622594749, 33276.211608667945, 45390.579561723403, 33301.087250468168, 28683
7.837227324439, 27038.363213563527, 48970.331913517912, 27487.778980679388, 27230.626713052639, 38106.7609216
531237, 31955.183461244094, 25468.82057966982, 37740.628876052026, 26541.095357594786, 36700.939601658443, 29
0837.082320791895, 30115.881390963947]
vector posicion picos ...
56, 76, 82, 158, 165, 179, 226, 231, 236, 262, 263, 330, 951, 1140, 1230, 1244, 1245, 1292, 1299, 1303, 132
2, 1373, 1384, 1386, 1389, 1393, 1397, 1398, 1401, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1415, 1418, 1420, 1423, 1426, 1429, 143
8, 1496, 1499]
numero =
51
es dron
mensaje enviado.
comparacion 86%

```

- Porcentaje de comparación 90%

```

leyendo señal del convertidor...
analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
34826.21862448156, 29283.025293112587, 29234.897497850165, 30940.110589260188, 25570.165070008825, 32612.356440946984, 25791.516986082806, 39798.589653498803, 52417.80
9440461906, 29757.994269582421, 31834.696437140734, 25477.932732763573, 26393.567552521996, 26681.733835011724, 28411.11866941402, 26539.85118644961, 26183.832201582318
26091.246058688954, 29595.259411503761, 27565.780789886918, 30787.538960413407, 26001.221923136654, 29031.715468174119, 27760.795355394635, 28421.144832510538, 32032.
869515043498, 31006.832350652265, 31792.274374955494, 31516.575792527423, 27785.945015853511, 26039.449774227734, 27459.499628268411, 27073.09898440189, 26380.34521280
2094, 25762.773508162722, 25138.285003858815, 25486.94391964372, 30017.547056649462, 41332.827136944499, 33603.930612222481, 31348.396230676015, 27192.183233629068, 251
93.244257746395, 29702.045962794429, 28510.587475839486, 25724.412145210576, 26650.744678283383, 33013.123261124783, 30408.749152156637, 31213.276946474822, 34847.52412
9732403, 38324.386285440967, 41908.022686203636, 28100.543665340228, 27063.737525293152, 27839.0579584558, 37097.382262806335, 36835.212366803557, 36066.640864110426, 4
108.97749799725, 25601.22942955291, 29504.246914309191, 32886.022743381458, 30039.22039809432, 25246.850857941743, 30172.980711976506, 28510.50929746811, 47150.3878941
70498, 26692.487814466767, 35666.110551847072, 35695.232090073776, 27244.649995148218, 48514.241845347518, 31672.899757296542, 54600.103246498969, 25225.022133680744, 4
4238.202102264055, 36055.651801656742, 34678.383949545285, 31796.251438115887, 47522.870965355003, 40411.700966838245, 28601.068894295007, 31061.108531455566, 33896.1786
95054245, 32792.551762867646, 34433.777626927578, 30002.96636353555, 28560.685423643517, 37855.655661886783, 49320.423173458184, 45480.093523723561, 37766.18719202963,
30838.518296354614, 32364.841170912576, 28195.338104740611, 59457.417180452561, 30947.833268738908, 41181.325414117106, 27409.36843764539, 31660.260271902196, 31857.5
86754497512, 26911.460345631669, 32206.024184492144, 25964.476060887555, 27655.998545596416]
vector posicion picos ...
22, 36, 37, 43, 167, 190, 191, 212, 233, 237, 258, 283, 293, 353, 361, 380, 425, 482, 585, 588, 606, 617, 627, 720, 760, 798, 810, 817, 827, 969, 975, 991, 1012, 1130,
1178, 1184, 1199, 1206, 1249, 1254, 1297, 1298, 1299, 1300, 1305, 1306, 1321, 1322, 1337, 1343, 1361, 1363, 1367, 1368, 1370, 1371, 1375, 1378, 1380, 1381, 1383, 1384,
1387, 1388, 1389, 1392, 1394, 1396, 1397, 1398, 1401, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1415, 1418, 1419, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1429, 1430, 1431, 1432,
1434, 1435, 1436, 1438, 1440, 1443, 1444, 1448, 1451, 1457, 1459, 1461, 1479, 1482, 1487, 1496]
numero =
106
es dron
mensaje enviado.
comparacion 90%

```

- Porcentaje de comparación 95%

```
14084436579, 27477.892021131029, 31382.081124626297, 25240.414303304373, 37836.52815326587, 35568.35810142116, 34081
1, 57244.704626169754, 39961.270499330036, 28550.816857981325, 39865.738820817955, 49809.537373432075, 35820.6667913
.608728119936, 25877.901098380222, 41743.963745331304, 25437.801745363864, 26551.296624971292, 26927.890302756216, 3
7807, 35076.97272697241, 29283.605323202446, 27423.877443341757, 30616.866301109261, 27110.266687319625, 42546.23865
4.167760622338, 38133.318732508262, 47943.110376727287, 39615.63808910604, 45244.574453318521, 39809.571386533717, 3
30303, 27445.873485915254, 25996.055239480542, 28788.694432328666, 27519.709644673636, 26824.410944438008, 33094.703
2070.171993450014, 27363.552435491634, 27768.71958968079, 27071.378295312748, 29400.466580112308, 26659.398513024513,
5561846, 26314.849689983879, 41535.730973505626, 31107.107905278295, 30127.955141074373, 31847.471794974157, 27280.4
27578.057110750262, 30124.779415281231, 32734.86399421687, 29027.510136789791, 27199.881808476555, 25927.07946792579
48389315, 25400.256987620083, 30143.882151783531, 26221.83721918799, 26491.944729449911, 31611.538037451115, 31174.7
41951.428734861474, 33256.704258848826, 29379.071340064926, 37930.380347869883, 29292.978283273442, 27462.002496360
61440727729, 48418.273058398343, 33392.636037620061, 25039.964969043631, 28130.081821738044, 28540.747836805, 26516.4
, 27467.426953888364, 31827.573733866771, 42288.818153885288, 32417.117793448971, 65751.337056838907, 39575.85370634
739717836877, 41436.953273782274, 25926.41936040984, 42297.910331079918, 36871.9143562846, 52503.421009785648, 25465.
1, 53851.344616938193, 51775.312281157785, 30581.847910166471, 26677.315077839827, 72836.275118635007, 42578.6578548
.23296025864, 65242.186366684909, 44837.897162597459, 31037.880863225502, 60170.355459702907, 28374.908367752734, 26
9788, 48148.026985472832, 35955.026002459934, 46163.375590555064, 25588.846038779884, 30487.64494258643, 33519.97425
07.043913986257, 45294.58140075043, 25117.877322525317, 32753.995824432623, 50631.681690057274, 39096.61130970154, 3
62311, 32267.282982744862, 36160.492804944472, 27886.974256556936, 25398.734390387635, 28058.947066282781, 27139.188
vector posicion picos ...
[5, 11, 23, 25, 38, 39, 49, 71, 93, 115, 135, 136, 137, 143, 144, 150, 159, 161, 166, 167, 175, 194, 195, 197, 209,
7, 258, 259, 261, 263, 265, 266, 268, 279, 286, 298, 303, 306, 308, 312, 335, 351, 376, 377, 493, 497, 501, 502, 503,
569, 573, 580, 602, 659, 738, 762, 797, 854, 884, 901, 917, 943, 957, 1001, 1004, 1007, 1021, 1023, 1027, 1031, 1061,
39, 1171, 1211, 1219, 1220, 1236, 1259, 1274, 1276, 1280, 1281, 1286, 1287, 1290, 1292, 1293, 1300, 1323, 1326, 1328,
57, 1358, 1360, 1361, 1363, 1365, 1374, 1377, 1378, 1380, 1383, 1385, 1389, 1391, 1392, 1394, 1396, 1397, 1399, 1401,
17, 1420, 1421, 1425, 1428, 1429, 1431, 1432, 1433, 1434, 1435, 1436, 1437, 1438, 1439, 1440, 1453, 1454, 1455, 1457,
95]
numero =
184
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 95%
```

- Porcentaje de comparación 96%

```
72.1222076931, 20030.84180023007, 30070.97031054438, 35038.211029423003, 39210.941310340010, 30070.80103723003, 32730.230402
1535725, 26955.053831949404, 34848.839943307132, 34423.992505063077, 45462.241013277118, 32100.401778470965, 30605.594791249441, 3
42150.325869289991, 43144.758284732379, 79430.556610847052, 30684.372278931616, 32647.130763594916, 45414.63136254187, 91194.4702
610001252, 35146.160630964077, 51114.042997297503, 34865.388445267075, 56849.173289234255, 29110.357099070199, 39178.677425623915,
4, 40254.55688841761, 39631.158941821348, 29929.921409610783, 38725.612568470417, 25061.225234498008, 42067.474512339861, 33040.87
725998116064, 25928.191287649192, 36094.078574982537, 26946.592826728207, 32237.437438864712, 62903.853105678136, 41497.3173261037
0546, 26540.12832677261, 25062.731665904954, 33989.520893025983, 30534.259841960244, 33410.592290001718, 34681.034256222323, 33618
53.098775676379, 25297.415136829182]
vector posicion picos ...
[5, 6, 11, 14, 38, 43, 58, 60, 63, 75, 107, 132, 138, 139, 149, 152, 161, 166, 173, 179, 189, 196, 203, 207, 211, 214, 231, 239, 2
315, 316, 324, 327, 329, 331, 335, 360, 363, 464, 566, 578, 580, 585, 595, 611, 629, 660, 689, 752, 790, 799, 801, 809, 815, 827,
2, 1076, 1101, 1158, 1227, 1232, 1236, 1237, 1238, 1244, 1247, 1259, 1261, 1263, 1266, 1270, 1276, 1283, 1297, 1299, 1304, 1305, 1
5, 1330, 1331, 1334, 1339, 1344, 1345, 1347, 1349, 1357, 1358, 1365, 1366, 1368, 1370, 1376, 1377, 1380, 1382, 1385, 1387, 1388, 1
0, 1401, 1402, 1404, 1406, 1410, 1411, 1414, 1415, 1416, 1418, 1419, 1420, 1421, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1430, 1433, 1436, 1
3, 1455, 1456, 1457, 1463, 1464, 1466, 1472, 1482, 1483]
numero =
162
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 96%
```

Anexo ·3

Prueba 3

Resultado de las diferentes muestras obtenidas con el dron C, comparadas con la base de datos, a una distancia de 15 metros

- Porcentaje de comparación 50%

```
129.949339341907, 40336.087757807552, 54545.816454637847, 79116.495684075132, 59703.188516839029, 54531.034908223206, 54742.202479984993, 85226.0726708835131, 59325.1738
98074652, 43502.970421551428, 28234.941706609552, 27116.497759497681, 31020.579952909899, 26321.563688858852, 45953.491296240405, 46586.894348880298, 38377.792708573601
, 37407.917901921966, 25856.241936218434, 34400.406836154049, 34576.254780839823, 27561.580763720573, 37052.857997368134, 25770.845751015138, 45560.364261616429, 44934.
092932879736, 26174.759966725553, 33908.334895684027, 29863.140933643062, 36275.06271794287, 55004.226874401764, 25049.667063448607, 26217.519354169592, 32220.431110802
168, 51684.330136338118, 53256.829905753031, 52127.147112430772, 26009.812666944272, 27892.574191141786, 30513.72084401322, 25247.153138311729, 37180.792770120839, 3315
6.458610899041, 39445.362947070069, 44647.513155097222, 26505.941733444695, 34761.165296603351, 26813.934727351127, 25618.617242249471, 25437.542458216471]
vector posicion picos ...
[1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 20, 22, 23, 25, 27, 29, 30, 44, 46, 47, 49, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 66, 68, 70, 75, 76, 77, 78, 91, 95, 107, 108, 109, 112, 114, 1
26, 127, 137, 138, 139, 140, 143, 157, 158, 169, 170, 172, 174, 178, 182, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 205, 206, 207, 208, 209,
210, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 233, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 252, 253, 255, 256, 25
7, 258, 263, 266, 267, 269, 270, 271, 279, 280, 283, 288, 306, 309, 324, 328, 332, 348, 378, 379, 433, 434, 438, 448, 450, 464, 491, 500, 542, 548, 621, 708, 753, 884,
894, 921, 923, 961, 971, 990, 1031, 1093, 1104, 1121, 1122, 1127, 1129, 1130, 1133, 1135, 1136, 1137, 1159, 1160, 1161, 1164, 1165, 1166, 1167, 1180, 1181, 1182, 1183,
1184, 1186, 1187, 1190, 1194, 1195, 1197, 1198, 1200, 1202, 1203, 1214, 1239, 1240, 1241, 1245, 1252, 1256, 1265, 1276, 1279, 1281, 1282, 1283, 1298, 1306, 1310, 1317,
1318, 1319, 1325, 1327, 1333, 1334, 1339, 1341, 1344, 1346, 1347, 1348, 1352, 1355, 1358, 1360, 1361, 1362, 1364, 1365, 1367, 1368, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374,
1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404,
1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1413, 1414, 1417, 1418, 1422, 1423, 1424, 1426, 1427, 1428, 1429, 1430, 1431, 1433, 1435, 1439, 1440, 1441, 1444, 1447, 1451,
1452, 1454, 1460, 1465, 1468, 1469, 1473, 1474, 1476, 1478, 1480, 1484, 1485, 1486, 1492, 1493, 1494, 1495, 1496]
numero =
303
no es dron
comparacion 50%
```

- Porcentaje de comparación 70%

```
[30117.257676910467, 29985.435050760792, 26250.74696485651, 26276.298115262813, 26081.407455044406, 26682.650239625833, 43919.70498301
450275964, 26317.829500427648, 27065.232887791459, 27574.648601894147, 26018.347389616112, 44037.643825783984, 36090.246975720271, 3356
, 33768.940356868363, 38005.724568585429, 28824.64342768578, 40114.646703454891, 39147.252311123288, 28790.967423331142, 48385.23521012
69996881275, 33356.204579260746, 34726.839538557208, 31922.892629343041, 40363.099426590583, 25380.373712197401, 55486.504232818501, 39
538, 28910.22465535214, 26514.806843158316, 27550.877906981492, 34117.510183606544, 32722.107756400303, 30228.045037463013, 31299.18032
8.133549233622, 30364.152711632774, 27637.911811587615, 30491.909287160139, 29742.086722900884, 28637.843811545954, 34351.236190348718,
479065, 45845.302951658283, 29549.157638888333, 34063.94074356246, 28852.415066449928, 34352.878649416292, 36639.425700882879, 25444.73
5706.419799577558, 27345.039400792124, 26091.817434796991, 38513.844758692459, 31491.685562995757, 27457.591143435719, 44107.8862495975
56086758, 29954.03481267019, 33956.529944835573, 31572.481864196092, 28239.963898869013, 27880.522323095985, 30098.567706225796, 25150.
vector posicion picos ...
[3, 65, 88, 172, 176, 303, 624, 645, 752, 763, 770, 772, 774, 775, 776, 778, 781, 784, 785, 786, 790, 791, 792, 793, 794, 796, 799, 800
15, 818, 823, 827, 831, 832, 833, 846, 850, 859, 862, 863, 871, 873, 877, 884, 1078, 1079, 1187, 1314, 1323, 1339, 1340, 1348, 1350, 13
1379, 1380, 1385, 1400, 1411, 1419, 1423, 1436, 1461, 1496]
numero =
75
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 70%
```

- Porcentaje de comparación 75%

```
Mensaje enviado.
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[25156.893111135229, 25862.478493571194, 30308.4778868832, 37022.568371354326, 34984.976119487168, 26753.122331037863, 26924.03736041
307080279, 26061.458655797756, 29902.934379636645, 28382.516916397781, 47231.499940896792, 27100.573168884497, 26726.318220936271, 36
3, 29640.200690694368, 27261.624016083282, 28411.973444825802, 26795.028087763763, 27020.506405655648, 27487.28420153675, 39919.80259
301804563765, 26479.523719919045, 27051.107357245928, 27997.321553705591, 26709.966108215609, 26028.663372306979, 26855.011159625145,
2187, 26042.455532982236, 31492.728516491221, 34303.03312546404, 25739.007533462627, 25360.113875976793, 27830.68147553382, 25401.351
422898665533, 27350.083273662451, 28088.88882547008, 25857.605936434789, 33382.853346324831, 27659.556230009788, 28384.903187317926,
0488, 26972.499331685736, 29269.321764653465, 30842.098189458062, 30083.934113721425, 34346.032329851187, 25016.454659593277, 27434.3
705.489688316375, 31075.046061942441, 29620.014652758029, 31448.091811324466, 31957.78701742757, 26579.019220255573, 37802.45163611283
190159, 33119.89704147946, 37339.505273955794, 25345.431551774494, 26354.104600453142, 30037.629418958171, 39002.102076161464, 29665.
5285.948455881506, 57070.835543438159, 39326.666782749278, 35195.735722115613, 34664.419340072898, 26786.579819564096, 33881.12105857
576765098, 25325.557595692506]
vector posicion picos ...
[143, 210, 212, 259, 261, 263, 317, 409, 415, 416, 417, 423, 424, 426, 438, 440, 441, 450, 452, 456, 504, 572, 619, 621, 623, 677, 87
1121, 1128, 1138, 1142, 1147, 1150, 1192, 1193, 1219, 1220, 1236, 1260, 1290, 1291, 1292, 1298, 1309, 1312, 1317, 1340, 1346, 1349, 1
1390, 1392, 1393, 1394, 1395, 1401, 1402, 1403, 1416, 1407, 1408, 1409, 1416, 1418, 1419, 1429, 1431, 1436, 1441, 1446, 1453, 1455, 1
numero =
86
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 75%
```

- Porcentaje de comparación 80%

```
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[25977.296627237851, 26885.977985584697, 25781.36597614592, 31277.317960434397, 30466.16619776373, 27045.657563231849, 25461.738419954963, 25885.397673811825, 31906.706
940523702, 26046.302171493135, 31817.389156484121, 29310.099273498006, 26668.571057019748, 27201.301935477022, 27045.01375350833, 34482.135707633024, 27135.044660632176
, 27805.50648433977, 37238.045596539094, 31539.067303046846, 25736.240045474566, 34754.667480844641, 29807.167480746997, 51689.129014127073, 37489.575261191872, 34238.7
9347719904, 25836.754566392483, 28505.897221979503, 36135.546118288586, 26097.737272570284, 25389.867560058723, 31520.507561444967, 25457.099796170314, 29466.719128075
023, 26779.08558777018, 49504.751057508671, 27699.906397603565, 25058.71603849484, 25331.870884097661, 29550.064705262811, 25602.030458975762, 37808.08986865214, 28931
54496869075, 26204.695918739882, 31111.022078378797, 26318.638378637329, 40406.642981160892, 29186.365097392845, 33053.823868599034, 29383.68349856364, 29209.8312610
53019, 33987.971265897615, 25580.443668782248, 37051.072876576953, 29237.687130556362, 30251.843862405312, 27578.813362635832, 25852.878766789312, 32214.355569364965, 2
5778.891182278334, 26768.00460046843, 37788.418492167093, 25968.351882070492, 34033.161398564356, 25896.899313694128, 25371.116167177803, 35931.661593991317, 32283.7275
77832295, 30430.557350879786, 25208.133784248021, 35754.959716283018, 27941.393042167198, 32032.967516048189, 30131.139983019286, 28780.798419402363, 47803.133310207864
, 37145.065511375928, 34449.968004706927, 27502.394102497074, 29056.00639622446, 47403.630921284101, 30948.342997906664, 32058.161269727731, 33831.366515159752, 56685.1
48489721912, 38060.797152477746, 33910.014854492139, 31754.21087557391, 28397.135946917773, 60207.442681805907, 34196.781151569412, 30990.459491610636, 35342.3111628472
18, 30657.575685817035, 51374.114529683124, 50885.013218861823, 30289.551933491923, 26207.438494219678, 33363.05403131304, 37573.116711879593, 25909.407798899363, 28404
.465293509496, 39240.355597065107, 30066.401855752032, 25036.031971482003, 34936.370453644864, 27049.843718834756, 25087.281990672222, 35163.701881600464, 28473.9803980
09004, 34578.988202445013, 30306.418037659358, 27708.898687722449, 39630.814477110995, 26319.9170344083]
vector posicion picos ...
[12, 43, 46, 79, 96, 108, 111, 124, 125, 143, 171, 181, 207, 236, 240, 253, 316, 317, 321, 323, 326, 327, 328, 330, 336, 340, 364, 378, 421, 424, 430, 573, 574, 583, 58
4, 587, 588, 769, 867, 894, 922, 926, 939, 937, 970, 976, 1016, 1055, 1058, 1082, 1095, 1190, 1200, 1217, 1238, 1243, 1246, 1251, 1253, 1264, 1265, 1276, 1278, 1280, 12
89, 1300, 1302, 1328, 1330, 1336, 1341, 1342, 1349, 1351, 1355, 1370, 1371, 1375, 1377, 1381, 1383, 1384, 1388, 1394, 1397, 1398, 1400, 1402, 1404, 1405, 1406, 1409, 14
11, 1412, 1416, 1419, 1420, 1424, 1427, 1434, 1435, 1436, 1437, 1439, 1440, 1443, 1446, 1454, 1460, 1461, 1463, 1465, 1478, 1492, 1499]
numero =
115
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 80%
```

Anexo 4

Prueba 4

Resultado de las diferentes muestras obtenidas con el dron A, comparadas con la base de datos, a una distancia de 20 metros

- Porcentaje de comparación 20%

```
no es dron
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[50391.184319585082, 53307.792208706414, 31007.351154824351, 26601.70547508014, 35587.548252673005, 34191.762903433631, 27885.9494579710
456407181, 25583.347520850271, 26932.680730006883, 27460.367180431283, 35685.226464245374, 25818.660781223705, 28763.042517319478, 35028
9, 30003.547275918467, 28622.929605996222, 26606.610896522157]
vector posicion picos ...
[1, 2, 4, 522, 1047, 1048, 1049, 1050, 1054, 1056, 1322, 1326, 1327, 1328, 1329, 1330, 1332, 1333, 1341, 1404]
numero =
20
no es dron
comparacion 20%
```

- Porcentaje de comparación 70%

```
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[25156.893111135229, 25862.478493571194, 30308.4778868832, 37022.568371354326, 34984.976119487168, 26753.122331037863, 26
307080279, 26061.458655797756, 29902.934379636645, 28382.516916397781, 47231.499940896792, 27100.573168884497, 26726.3182
3, 29640.200690694368, 27261.624016083282, 28411.973444825802, 26795.028087763763, 27020.506405655648, 27487.28420153675,
301804563765, 26479.523719919045, 27051.107357245928, 27997.321553705591, 26709.966108215609, 26028.663372306979, 26855.0
2187, 26042.455532982236, 31492.728516491221, 34303.03312546404, 25739.007533462627, 25360.113875976793, 27830.6814755338
.422898665533, 27350.083273662451, 28088.88882547008, 25857.605936434789, 33382.853346324831, 27659.556230009788, 28384.9
0488, 26972.499331685736, 29269.321764653465, 30842.098189458062, 30083.934113721425, 34346.032329851187, 25016.454659593
705.489688316375, 31075.046061942441, 29620.014652758029, 31448.091811324466, 31957.78701742757, 26579.01922025573, 37802
190159, 33119.89704147946, 37339.505273955794, 25345.431551774494, 26354.104600453142, 30037.629418958171, 39002.10207616
5285.948455881506, 57070.835543438159, 39326.666782749278, 35195.735722115613, 34664.419340072898, 26786.579819564096, 33
576765098, 25325.557595692506]
vector posicion picos ...
[143, 210, 212, 259, 261, 263, 317, 409, 415, 416, 417, 423, 424, 426, 438, 440, 441, 450, 452, 456, 504, 572, 619, 621,
1121, 1128, 1138, 1142, 1147, 1150, 1192, 1193, 1219, 1220, 1236, 1260, 1290, 1291, 1292, 1298, 1309, 1312, 1317, 1340, 1
1390, 1392, 1393, 1394, 1395, 1401, 1402, 1403, 1406, 1407, 1408, 1409, 1416, 1418, 1419, 1429, 1431, 1436, 1441, 1446, 1
numero =
86
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 70%
```

- Porcentaje de comparación 80%

```

3.693415103553, 53036.066160065137, 51930.119564718385, 36919.161416541152, 31573.770700367735,
29899, 25126.270493609132, 47239.299122677177, 47351.996294442513, 67664.306302346231, 38393.136
910.11826411627, 41242.490342497316, 29532.77270720583, 31995.793092498985, 26557.310080548497,
0247, 53312.192768301189, 38308.011201828122, 31603.864612223577, 52510.372411542128, 56198.2348
96.736000169909, 34911.56838734854, 25940.469842834922, 33323.566946017323, 38608.813562410018,
169997, 30012.078411006674, 43177.167206645157, 32780.253627294755, 28599.301666886993, 48560.87
5709.098317035601, 28764.695143520017, 27095.771335545189]
vector posicion picos ...
[1, 15, 18, 24, 29, 35, 52, 54, 102, 106, 111, 116, 118, 131, 140, 142, 145, 163, 167, 172, 174,
44, 247, 252, 254, 256, 262, 266, 271, 272, 278, 291, 321, 324, 336, 349, 351, 354, 359, 370, 38
421, 423, 445, 472, 475, 478, 516, 532, 543, 603, 608, 613, 614, 618, 628, 629, 653, 657, 663,
0, 782, 783, 784, 790, 794, 795, 796, 797, 798, 803, 804, 810, 811, 812, 814, 822, 830, 831, 836
4, 1108, 1109, 1119, 1124, 1152, 1165, 1176, 1178, 1183, 1196, 1199, 1200, 1204, 1211, 1222, 123
5, 1293, 1296, 1297, 1299, 1304, 1305, 1308, 1309, 1311, 1312, 1318, 1320, 1321, 1324, 1325, 132
7, 1370, 1371, 1372, 1374, 1376, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 138
0, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1416, 1417, 1419, 1420, 1425, 1427, 1428, 1431, 1432, 1436, 143
9]
numero =
248
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 80%

```

- Porcentaje de comparación 90%

```

38721, 26668.36978007454, 29518.037850780606, 29470.162013689111, 29118.891826520522, 39046.3848079894
6641.015810829624, 26679.534492433868, 33893.837568031937, 31263.043995953238, 68963.840072498366, 4655
51809768, 30112.993800896518, 35871.430702823702, 29188.657823248508, 52021.815424406144, 49215.9526385
, 34589.762063549038, 30150.157759311373, 27960.06033344242, 40114.429482822037, 38605.072758540853, 25
55195651059, 27136.274730682602, 30726.716141334411, 27876.714179790124, 27698.759216196093, 26252.7422
223, 29708.080578590103, 27187.531129880717, 27239.581927826926, 29561.122446590558, 28961.819502987917
07.395925567744, 30354.336414767935, 40205.347132544041, 27800.538665424396, 36988.763363176447, 29684.
5597163, 27131.692694838268, 28796.59707541743, 27834.396261199472, 31767.654255870046, 26301.837613680
31865.945622989158, 37516.521917430895, 32246.924152195101, 34006.590627333928, 27784.78461763234, 2800
362406206, 26823.069063407867, 29263.461321279014, 31746.433246799723, 32992.364543027914, 31544.304186
, 29042.442002810243, 25814.617051376277, 34457.845993491639, 37442.249875735179, 25462.789539278885, 5
50503084313, 27248.428428625331, 36694.897615442133, 30718.672190877853, 29752.918632608245, 27151.9897
908, 26000.219652862266, 25848.18628118738, 30936.632778322186, 34486.963783743202, 49329.309981108374,
7.908762896179, 29501.511942118083, 28781.427767308887, 27336.330537557402, 47286.30884588552, 26658.64
91522, 38232.359724377748, 38255.063330509016, 25950.675418126077, 36073.971477696199, 28346.3696514569
4690.044322581212, 60217.0157588035, 32653.718505995956, 30052.986415853498, 38372.231145658312, 28918.
8241846, 45534.696816157717, 26550.482363544565, 53120.364514724308, 25799.924959614411, 53076.32154416
26735.139401945711, 44892.495929429679, 43668.197999350188, 38366.429544228791, 33132.312421993025, 38
48549181252, 45666.71516732288, 40826.864982714804, 55582.884951035223, 34034.625865024253, 37578.83576
32, 30186.610842989427, 28714.010456646683, 49389.337654282252, 56273.580502270823, 43397.68572468865,
.230596108209, 30054.997829561915, 42701.213726695809, 31081.433671345385, 25601.636529372579, 25218.76
56748, 47702.894918600359, 25846.973528588591]
vector posicion picos ...
[4, 10, 11, 26, 37, 41, 42, 47, 53, 55, 70, 114, 120, 122, 129, 138, 152, 164, 178, 195, 198, 215, 216,
301, 304, 309, 329, 330, 331, 339, 342, 343, 345, 347, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 356, 357, 358, 36
6, 549, 607, 623, 655, 661, 662, 668, 669, 676, 682, 688, 706, 710, 716, 743, 815, 855, 861, 877, 878,
075, 1077, 1081, 1091, 1092, 1097, 1144, 1146, 1176, 1189, 1191, 1197, 1204, 1217, 1218, 1225, 1228, 12
260, 1263, 1264, 1269, 1277, 1280, 1281, 1285, 1286, 1289, 1290, 1292, 1294, 1304, 1306, 1313, 1314, 13
351, 1355, 1356, 1357, 1359, 1360, 1361, 1366, 1367, 1369, 1377, 1379, 1380, 1382, 1384, 1386, 1390, 13
408, 1409, 1413, 1414, 1419, 1421, 1422, 1427, 1428, 1429, 1431, 1433, 1434, 1438, 1442, 1444, 1445, 14
numero =
213
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 90%

```

Anexo 5

Prueba 5

Resultado de las diferentes muestras obtenidas con el dron B, comparadas con la base de datos, a una distancia de 20 metros

- Porcentaje de comparación 50%

```
129.949339341907, 40336.087757887552, 54545.816454637847, 79116.495684875132, 59703.188516839029, 54531.034908223206, 5474.98074652, 43502.970421551428, 28234.941706609552, 27116.497759497681, 31020.579952909899, 26321.563688858852, 45953.491296, 37407.917901921966, 25856.241936218434, 34400.406836154049, 34576.254780839823, 27561.580763720573, 37052.857997368134, 4092932879736, 26174.759966725553, 33908.334895684027, 29863.140933643062, 36275.06271794287, 55004.226874401764, 25049.667168, 51684.330136338118, 53256.829905753031, 52127.147112430772, 26009.812666944272, 27892.574191141786, 30513.72084401322, 6.458610899041, 39445.362947070069, 44647.513155097222, 26505.941733444695, 34761.165296603351, 26813.934727351127, 25618.1, vector posicion picos ... [1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 20, 22, 23, 25, 27, 29, 30, 44, 46, 47, 49, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 66, 68, 70, 75, 76, 127, 137, 138, 139, 140, 143, 157, 158, 169, 170, 172, 174, 178, 182, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 196, 198, 199, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 233, 241, 242, 243, 244, 245, 247, 258, 263, 266, 267, 269, 270, 271, 279, 280, 283, 288, 306, 309, 324, 328, 332, 348, 378, 379, 433, 434, 438, 448, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000], numero = 303 es dron Mensaje enviado. comparacion 50%
```

- Porcentaje de comparación 86%

```
81.991608768, 33910.361440759174, 25192.519886566064, 35836.174538181644, 30213.159944347866, 35450.580609396937, 6.48687.424451994542, 61497.182434649854, 56731.219370564155, 36200.429009588363, 38599.445835181112, 30418.4510.815984669083, 25927.147160556386, 30275.924570158462, 26808.296290837407, 26599.671879010773, 32385.897611109402, 02226, 32052.679907013196, 26525.276187402909, 25778.448562308084, 26018.201220285802, 25896.071675512369, 27083.7731.631118683657, 28111.616769936572, 26102.243410421706, 28578.955698610847, 28340.52059935814, 29788.662799271, 4252909, 36544.417652869044, 35660.196380847141, 26067.439327280095, 27991.729565254587, 36227.867694700544, 3165.25050.651031588823, 25489.462804122402, 26521.465465079607, 29346.613609630724, 33001.83369602423, 27472.59246357, 55567066, 27683.946720185046, 28233.654167790966, 25665.20479226665, 36999.890222159731, 25195.041891778063, 2707.26040.460876928159, 31382.842434099115, 30300.354848827803, 27378.796680718311, 25209.498975977367, 27016.7322305, 885184848, 29313.279315879103, 25143.786472650732, 36342.915451999455, 34592.894090330599, 31316.761990136776, 29.6, 31466.424380521348, 53595.093911327618, 27424.926215600492, 41077.819858084775, 29578.714048436719, 28382.2816.384479214765, 41516.781050238671, 25278.572843969003, 45806.478289523053, 29014.759944974194, 49245.304024685443, 42157, 45833.165791742773, 28919.034654417897, 37892.953708186498, 42946.809869638899, 27423.634553477914, 44388.7883.829814891869, 37114.519453323897, 35253.351288995371, 36478.070437760703, 36515.056383299408, 33045.30836216, 973615538, 29422.534027302088, 38923.163280279405, 32731.816113620629, 25025.333163534789, 26930.670477590633, 29.4, 25153.882946739803, 26343.682411708829, 29273.314349427888, 31384.599429051217, 25466.616918060721, 28310.3304.508033202237, 30212.268432207853, 26328.310939851784], vector posicion picos ... [43, 122, 135, 205, 259, 268, 270, 271, 280, 292, 325, 362, 370, 388, 396, 401, 407, 410, 411, 412, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000], numero = 146 es dron Mensaje enviado. comparacion 86%
```

- Porcentaje de comparación 90%

```
Leyendo señal del convertidor... Analizando valores y encontrando frecuencia... vector picos ... [30923.615442173919, 25497.230638168305, 30375.128817942012, 25471.248702368885, 36734.669923923226, 26497.35090746363, 45965929978, 31796.329320783054, 28254.666594802053, 36609.232688212818, 28347.183178467163, 26156.734032747343, 38598.524, 26463.550077974218, 28527.599724402415, 31288.494959086009, 28713.126337241159, 25390.331148121721, 36029.97111306, 53.324763696437, 32002.928891215564, 25416.420254737011, 33948.478524381622, 31131.334902029004, 28696.149642826607, 3.9201065, 29709.823976698819, 32924.759595900025, 36812.031341833223, 40536.383305826472, 45677.842084012933, 35688.241.44626.66633982896, 34508.560828775648, 38403.944942548515, 33871.688070260447, 33454.90077093416, 25172.255783411652, 674511469, 31766.802523029281, 31839.119261411281, 26088.094680754391, 26132.937865685533, 30084.444631463244, 28897.5.9, 26136.594989169076, 26217.85385238329, 30063.086277470731, 31096.94099576195, 30825.554440230128, 25736.68907642410, 60815881529, 25104.746821895635, 25380.193933884919, 31232.895249799003, 27770.694353700143, 32307.232843571146, 38670.98, 25384.891771070786, 26853.961839016061, 25638.835081520923, 29615.207859275626, 25856.847354213543, 26849.04638637, 2.102827180956, 29591.295987885827, 33097.864169696215, 25349.442985346508, 27482.870674509049, 35822.038336043021, 25.798226, 39818.532988902087, 27666.504254685438, 34327.815612237006, 28782.754169359912, 26723.994805256396, 32030.5777, 50617.560863088918, 26725.288826907916, 27868.498746243542, 27442.303151907221, 38387.436818308262, 28520.653453222476, 1547747116, 38625.515037861769, 32933.963041518975, 27766.851705957026, 62985.01771030706, 38322.407182385505, 32492.7.7, 27277.260217980111, 29332.012592433512, 29221.205671175805, 39331.505638877599, 27990.356375843137, 39731.882118482, 1.344201340893, 25958.276846372679, 43216.551763090807, 34496.624888153492, 25777.140500497619, 25686.826182173892, 301.40233, 38539.449049265779, 28231.647625009369, 25910.868864646061, 26263.831122815882, 44248.712869704126, 31243.85696.624.3724262524338, 27161.898386647608, 34272.330035521896], vector posicion picos ... [11, 48, 56, 60, 70, 134, 146, 147, 153, 157, 167, 168, 180, 189, 194, 196, 210, 211, 217, 219, 220, 236, 240, 252, 27.6, 378, 384, 385, 386, 394, 397, 398, 402, 403, 404, 405, 409, 411, 416, 481, 556, 557, 598, 608, 617, 656, 664, 760, 47, 1049, 1054, 1063, 1068, 1077, 1107, 1108, 1139, 1156, 1165, 1183, 1187, 1192, 1196, 1206, 1218, 1221, 1237, 85, 1314, 1321, 1326, 1341, 1352, 1354, 1356, 1360, 1361, 1367, 1368, 1377, 1380, 1384, 1385, 1388, 1389, 1390, 1396, 15, 1416, 1420, 1421, 1422, 1423, 1430, 1431, 1433, 1436, 1441, 1442, 1443, 1444, 1447, 1448, 1452, 1462, 1466, 1470, 1471, 1472, 1473, 1474, 1475, 1476, 1477, 1478, 1479, 1480, 1481, 1482, 1483, 1484, 1485, 1486, 1487, 1488, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1494, 1495, 1496, 1497, 1498, 1499, 1500], numero = 146 es dron Mensaje enviado. comparacion 90%
```

- Porcentaje de comparación 86%

```
vector picos ...
[31906.938973565095, 25781.089815631593, 25622.348055059207, 26195.755274268053, 31885.94333665134, 29855.114663
61438027, 31084.466109637942, 26471.23977978986, 26090.721931393589, 25368.554101809008, 25968.834372965732, 26
, 32940.412312385932, 25032.690456931763, 26306.545049030949, 27795.103789263996, 32342.793402290084, 27676.2390
07341598529, 26624.287131450485, 39473.337648204622, 28531.30645167442, 32554.711592981628, 35762.736407393022,
42, 37161.400835337219, 30041.988668971127, 27258.561697075766, 25442.251087978239, 25529.836618974779, 34535.52
1.532713161356, 25979.435005624757, 26418.807177035327, 26872.740463068349, 26382.225730656777, 30127.51629291384
73938, 27362.319714327401, 33596.592627626567, 33048.223554834098, 27913.149014152426, 25462.356180324281, 29114
6466.89141429853, 26972.563142746487, 35612.838996042294, 27069.496309897691, 30406.397499287286, 34494.82795807
63011486, 31807.609173182591, 26886.700629519033, 28149.018120530407, 26878.930790463131, 27828.591757581351, 33
25755.343603014724, 25931.677677143733, 25701.519012744197, 26179.133673990418, 27992.834551730808, 40036.75778
68943510854, 27064.792941076925, 25552.287675459058, 30664.585434498225, 29162.740539166065, 25521.445906265268,
7, 34147.831546679903, 28101.543848208767, 26285.152666778748, 37714.358445221398, 38473.059213556327, 28594.136
.852577622449, 32139.842289753782, 45875.49081176077, 29076.711366821051, 29865.258515482321, 33440.901112871266
99, 35698.647485045076, 41117.947130822096, 31578.405054357718, 30788.433408629036, 38050.815680417392, 39401.43
7.094893073336, 27115.939014309984, 38289.84408080671, 27538.995400016043, 29444.376290939483, 41003.77083724194
176, 54094.144967608139, 45570.972263631913, 31831.999599184128, 30810.355027301179, 45793.246274231795, 25358.3
45.045801201817, 26648.398720780988, 25808.380185714846, 38046.187991094579, 28156.528034524308, 37143.497399237
4035622, 26206.571918420672, 32108.871102207955, 26216.556796442786]
vector posicion picos ...
[13, 20, 38, 42, 60, 73, 141, 151, 155, 158, 162, 174, 175, 186, 199, 207, 212, 215, 221, 245, 256, 292, 297, 30
, 377, 389, 394, 397, 401, 402, 443, 449, 478, 555, 557, 562, 593, 598, 602, 608, 626, 628, 630, 654, 677, 710,
34, 937, 975, 1008, 1029, 1101, 1123, 1138, 1161, 1174, 1181, 1183, 1196, 1217, 1220, 1221, 1225, 1238, 1244, 12
, 1335, 1336, 1338, 1339, 1342, 1349, 1355, 1358, 1359, 1369, 1373, 1374, 1384, 1386, 1389, 1390, 1392, 1396, 13
, 1415, 1416, 1417, 1419, 1422, 1423, 1424, 1426, 1431, 1432, 1433, 1434, 1439, 1440, 1441, 1442, 1443, 1447, 14
numero =
147
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 95%
```

Anexo 6

Prueba 6

Resultado de las diferentes muestras obtenidas con el dron C, comparadas con la base de datos, a una distancia de 20 metros

- Porcentaje de comparación 65%

```
129.949339341907, 40336.087757887552, 54545.816454637847, 79116.495684875132, 59703.188516839029, 54531.0349082
98074652, 43502.970421551428, 28234.941706609552, 27116.497759497681, 31020.579952909899, 26321.563688858852, 4
, 37407.917901921966, 25856.241936218494, 34400.406836154049, 34576.254780839823, 27561.580763720573, 37052.857
092932879736, 26174.759966725553, 33908.334895684027, 29863.140933643062, 36275.06271794287, 55004.226874401764
168, 51684.330136338118, 53256.829905753031, 52127.147112430772, 26009.812666944272, 27892.574191141786, 30513.
6.458610899041, 39445.362947070069, 44647.513155097222, 26505.941733444695, 34761.165296603351, 26813.934727351
vector posicion picos ...
[1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 20, 22, 23, 25, 27, 29, 30, 44, 46, 47, 49, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 66, 6
26, 127, 137, 138, 139, 140, 143, 157, 158, 169, 170, 172, 174, 178, 182, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 19
210, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 233, 241, 242, 243,
7, 258, 263, 266, 267, 269, 270, 271, 279, 280, 283, 288, 306, 309, 324, 328, 332, 348, 378, 379, 433, 434, 438
894, 921, 923, 961, 971, 990, 1031, 1093, 1104, 1121, 1122, 1127, 1129, 1130, 1133, 1135, 1136, 1137, 1159, 116
1184, 1186, 1187, 1190, 1194, 1195, 1197, 1198, 1200, 1202, 1203, 1214, 1239, 1240, 1241, 1245, 1252, 1256, 126
1318, 1319, 1325, 1327, 1333, 1334, 1339, 1341, 1344, 1346, 1347, 1348, 1352, 1355, 1358, 1360, 1361, 1362, 136
1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 139
1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1413, 1414, 1417, 1418, 1422, 1423, 1424, 1426, 1427, 1428, 1429, 143
1452, 1454, 1460, 1465, 1468, 1469, 1473, 1474, 1476, 1478, 1480, 1484, 1485, 1486, 1492, 1493, 1494, 1495, 149
numero =
147
no es dron
comparacion 65%
```

- Porcentaje de comparación 85%

```
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[152380.70742958869, 82723.741574764805, 85268.338040646675, 58554.177130207587, 25994.783618571881, 27784.95757.
05544667397, 25432.390971661891, 26283.427955178249, 30320.572201750398, 25108.522599115786, 36718.696071710241,
241, 28989.756988232057, 26284.836675654286, 30859.265467926278, 25162.324011911871, 25558.316773413724, 29101.7
00.529079222342, 26177.990506030896, 25124.450636021371, 33630.895029101644, 28662.269577868894, 32137.772546451
4057657, 28315.414641187785, 25450.797739530401, 27445.620702847256, 25904.980034633681, 25275.933400927013, 307
44185.730524354534, 38599.498829667384, 27192.684287657503, 29065.551691156128, 27915.181310418317, 44087.67235
86237096338, 39632.345827647303, 35166.56104559364, 32444.769243164923, 30065.135402169843, 40660.914047367638,
5, 41907.476121129483, 30252.348469146178, 28439.853105106406, 25612.205249538871, 29112.002915170127, 43093.886
.675850763131, 32025.477466606649, 25134.950851617061, 33376.195491497172, 37910.000810281228, 33722.44580401921
41059, 38452.452936241745, 33567.11020761598, 35011.127045198795, 26234.492372596022, 25345.054389162338, 25413.
668.453081633386, 43090.337044683321, 47612.966782506264, 47813.109913435561, 42674.79518869923, 39490.573941384
2939074, 32708.504607372339, 29485.5318642579, 31816.878536439879]
vector posicion picos ...
[1, 2, 3, 4, 31, 32, 62, 63, 64, 67, 79, 80, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 119, 120, 121, 147, 148, 149, 150, 161, 17
388, 1389, 1402, 1403, 1404, 1409, 1410, 1412, 1413, 1415, 1417, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1428,
442, 1443, 1444, 1445, 1446, 1450, 1451, 1452, 1453, 1454, 1455, 1456, 1459, 1460, 1462, 1463, 1464, 1465, 1472,
489, 1492, 1493, 1496]
numero =
96
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 85%
```

- Porcentaje de comparación 90%

```
84202848483, 28961.490221922555, 47331.460192552229, 30043.404752770668, 32469.807644179222, 41282.717481478787, 35
846, 28271.370837232746, 30644.032603707619, 29913.425258633939, 39710.305003515052, 29213.70890290504, 45954.80538
2.936721295984, 80452.775757270225, 34473.847319112792, 36673.79956987092, 38440.419509834996, 28095.165397214387,
06767, 36736.278174744126, 55277.222506281614, 26971.024074617133, 36228.15804536533, 33585.530690822729, 31151.088
825.117385246809, 28663.778918563155, 32092.734544997882, 27915.236919552783, 33171.220937736958, 36107.41073916218
39042006, 25101.059808096928, 33766.439345346946, 25200.380361857715, 27072.494370778837, 25389.379114020707, 31686
, 25161.976466717595, 25028.492681421882, 33969.6020050886, 29039.813232765282, 36211.607165844456, 35802.574157508
666689124, 34899.587224983385, 26734.755154561277, 25191.590607894748, 28036.681105438387, 33091.162832669019, 2761
4, 27263.093957929254, 29190.243372697547, 25927.796955837479, 35621.62854163778, 26341.43862462807, 29441.57977350
60785021752, 29757.99274916893, 27783.041411314149, 37884.256428365814, 34270.084359085522, 30842.114790572345, 265
63, 25245.720297119951, 29655.551661753005, 29656.528879081699, 31830.383224786401, 27133.318625626565, 26003.54698
3.820516929016, 38315.296899374924, 32374.317470533224, 33860.167779243544, 25539.085400800981, 26018.717825736563,
1242, 37064.526198211424, 27220.282395904422, 29610.255072898028, 38385.740318334712, 29732.429881045064, 28087.362
04.255128944245, 45041.815572712869, 27376.273668133363, 32092.927681036326, 44320.326784640063, 27041.404571181549
9132141, 25901.058288742635, 25183.694649949346, 32259.275619965603, 25290.29798516654, 27134.89432926118, 26190.60
vector posicion picos ...
[3, 6, 11, 25, 26, 122, 134, 138, 171, 249, 253, 254, 256, 257, 281, 299, 310, 345, 346, 370, 371, 373, 374, 376, 3
393, 394, 395, 400, 406, 418, 428, 459, 505, 543, 549, 552, 559, 562, 564, 566, 587, 600, 601, 639, 658, 664, 672,
2, 892, 969, 983, 999, 1023, 1059, 1060, 1102, 1149, 1154, 1157, 1158, 1168, 1173, 1220, 1223, 1260, 1266, 1269, 12
328, 1330, 1341, 1344, 1350, 1354, 1355, 1359, 1366, 1369, 1373, 1374, 1384, 1389, 1392, 1396, 1398, 1403, 1405, 14
429, 1437, 1438, 1444, 1451, 1459, 1466, 1469, 1491]
numero =
134
es dron
Mensaje enviado.
comparacion 90%
```

- Porcentaje de comparación 20%

```
no es dron
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[50391.184319585082, 53307.792208706414, 31007.351154824351, 26601.70547508014, 35587.548252673005, 34191.762903433613, 27885.949457971001,
456407181, 25583.347520850271, 26932.680730006883, 27460.367180431283, 35885.226464245374, 25818.660781223705, 28763.042517319478, 35028.994
9, 30003.547275918467, 28622.929605996222, 26606.610896522157]
vector posicion picos ...
[1, 2, 4, 522, 1047, 1048, 1049, 1050, 1054, 1056, 1322, 1326, 1327, 1328, 1329, 1330, 1332, 1333, 1341, 1404]
numero =
20
no es dron
comparacion 20%
```

ANEXO 7

Prueba 7

Resultado de las diferentes muestras obtenidas con diferentes sonidos, comparadas con la base de datos, a una distancia de 15 metros.

- Porcentaje de comparación 7% (música)

```
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[33083.290857238899, 33024.26997015805, 32385.44480831207, 38500.201509980136, 25150.14395630053, 32138.603916
20368353, 32815.094683530704, 44904.602781393725, 25596.389285890833, 36717.636234534228, 33198.930960819329,
27616.400798838717, 31085.074489815819]
vector posicion picos ...
[88, 97, 806, 1024, 1025, 1413, 1439, 1448, 1449, 1450, 1451, 1452, 1453, 1462, 1463, 1464, 1466, 1467, 1475]
numero =
19
no es dron
Leyendo señal del convertidor...
comparacion 7%
```

- Porcentaje de comparación 16% (música)

```
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[37173.640450332576, 49660.630773583951, 63544.586480216749, 26967.79977710823, 47599.34649133958, 30492.46
029985716, 26698.016037901376, 25561.047848384176, 26447.318382737845, 33084.805672426563, 27220.837633968
8, 29016.478863262528, 26304.469320857348, 35073.938672257122, 26578.712248171607, 31511.058999260262, 649
998203439885, 52000.736571672969, 33450.850954610221, 40517.280818068117, 44368.585307419533, 26635.279000
6196, 27999.985394037009, 40662.699887833107, 34339.581076776849, 26907.082604353895, 27103.569593288939,
126.877266015334, 36806.306211346127, 29876.213336135195, 26256.795283821852]
vector posicion picos ...
[1, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 236, 317, 319, 321, 322, 339, 556, 993, 995, 1317, 1336, 1337, 1338, 1339,
81, 1390, 1391, 1393, 1394, 1451, 1455, 1467, 1484, 1485, 1486, 1487, 1489]
numero =
46
no es dron
comparacion 16%
```

- Porcentaje de comparación 11% (música)

```
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[44868.431345512319, 33495.90754657823, 29838.134119971051, 26521.621092559573, 27902.457970548818, 25453.943700081127, 27885.055
4745960528, 39675.923751467475, 28343.258260248716, 32039.732299653635, 64977.396383992578, 42764.194680377259, 31007.87537872168
59, 28162.570767397163, 31336.245816014547, 27347.955659930314, 39874.450106889461, 53405.967684517054, 56123.045276582619, 44225
3.167118045574, 25770.487602706165, 40477.704334094757, 27741.423560951291, 25562.126406509822, 25162.732494501499]
vector posicion picos ...
[1, 3, 301, 305, 683, 685, 710, 712, 713, 714, 719, 720, 721, 723, 724, 931, 1331, 1336, 1337, 1339, 1342, 1343, 1345, 1346, 1347]
numero =
31
no es dron
comparacion 11%
```

- Porcentaje de comparación 8% (música)

```
Leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[58818.395451709643, 27763.98071806159, 36913.523518439768, 29918.093698919845, 27471.072125129129, 2
1271348305, 30625.498155690315, 25896.844216072604, 25680.179187881629, 66418.018166078095, 54667.651
17, 39003.248716044844, 30542.279575412278, 26660.592723113714]
vector posicion picos ...
[1, 3, 4, 6, 625, 724, 725, 1328, 1330, 1331, 1341, 1343, 1347, 1348, 1349, 1350, 1352, 1355, 1356, 1
numero =
20
no es dron
comparacion 8%
```

- Porcentaje de comparación 80% (silbido)

```
29231.83767809203, 30793.094333262930, 40323.114490938744, 39223.230260089033, 23000.378423424873,
675215774841, 54656.340082892304, 51146.233307599672, 38540.374156376034, 28206.891476330962, 31373.51
894, 25431.851901298858, 35201.596275230382, 51044.501580202785, 52886.014132536104, 37123.5122001261
4.59106534857, 37084.256678137972, 47267.838101182511, 50162.279465303596, 36496.847643248067, 36090.1
2082, 26555.168998236604, 25981.353217613501, 37720.402272589679, 42388.425471619361, 28632.205047476
517.814240857406, 27950.763122802317, 32963.537173275945, 34107.403234843739, 29598.310745804461]
vector posicion picos ...
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 17, 18, 19, 26, 27, 37, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 68, 69, 70, 76, 77, 80, 81, 115
191, 192, 198, 199, 200, 206, 207, 210, 211, 222, 223, 224, 225, 239, 240, 256, 257, 258, 266, 267, 2
, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 305, 318, 319, 320, 331, 332, 337, 338, 339, 340, 344, 381, 393, 394,
46, 447, 448, 449, 460, 461, 462, 467, 468, 469, 473, 476, 477, 478, 498, 499, 500, 503, 508, 522, 52
552, 563, 564, 569, 570, 574, 575, 576, 588, 589, 605, 606, 621, 622, 628, 629, 633, 634, 635, 636,
8, 679, 680, 681, 684, 685, 686, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 706, 709, 710, 711, 712, 715
746, 747, 759, 760, 761, 766, 767, 772, 773, 774, 778, 779, 780, 783, 784, 785, 786, 790, 791, 803, 80
, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 880, 881, 882, 883, 884, 890, 891, 892, 921, 922, 926, 927, 928,
67, 998, 1001, 1002, 1003, 1026, 1035, 1036, 1037, 1038, 1041, 1042, 1043, 1044, 1050, 1053, 1054, 10
9, 1088, 1089, 1090, 1094, 1095, 1098, 1099, 1100, 1101, 1104, 1105, 1106, 1108, 1109, 1110, 1111, 11
4, 1125, 1126, 1127, 1128, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1139, 1140, 11
2, 1163, 1164, 1165, 1166, 1167, 1177, 1178, 1179, 1182, 1183, 1184, 1186, 1187, 1190, 1191, 1195, 11
9, 1210, 1211, 1217, 1218, 1219, 1229, 1230, 1234, 1235, 1236, 1237, 1242, 1243, 1244, 1247, 1248, 12
1, 1298, 1299, 1300, 1301, 1312, 1313, 1314, 1315, 1317, 1318, 1319, 1322, 1323, 1324, 1326, 1327, 13
9, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1358, 1359, 1360, 1363, 1364, 1367, 1368, 1373, 1374, 1377, 1378, 13
7, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1435, 1436, 1437, 1440, 1441, 1442, 1443, 1444, 1445, 1447, 14
5, 1483, 1484, 1485, 1486, 1488, 1489, 1490, 1491, 1494, 1495, 1496, 1497]
numero =
512
no es dron
comparacion 80%
```

- Porcentaje de comparación 70% (silbido)

```
37019668153, 33025.167223650809, 32027.991853191121, 31576.950450439323, 33112.421948413714, 36833.535003193
422, 31925.042780771593, 31355.529547104539, 36552.832348232623, 32763.121149431234, 26760.666285653486, 283
08.755738270993, 59687.493896726359, 46970.016288072286, 46064.456675335969, 50071.648000568479, 42368.20929
2978099, 26825.671352043788, 26604.567837272218, 31864.993917477703, 28459.128380718357, 31235.61138497046,
32715.031851168889, 26420.926772456143, 39024.837461273157, 51406.156614435327, 52521.338286655402, 51059.05
1405453572, 46686.822660444624, 26583.165199449882, 26414.696551704466, 29583.793017843844, 28910.7237950789
76, 29615.087661738915, 41715.279764442552, 54649.288107113382, 56879.679976262487, 49714.16703227612, 37306
4284540893, 65201.444377714535, 59520.280376866656, 45114.303698439187, 38007.135582780727, 53304.8905704384
41, 44635.458570505274, 42791.875656443241, 48859.783426864065, 44257.158366988231, 29854.592472717319, 3007
2.528018573212, 33173.921199931268, 44895.522815561089, 42043.323902102173, 25610.764962338235, 26541.513840
73377, 28415.300241179397, 33263.947615014964, 35043.934640994426, 34172.994794658407, 29686.326925049223, 2
9815.598264437562, 31748.28240336047, 32135.085367833137, 30840.954368917999, 27809.059739253484, 28951.4635
29828089, 25562.515449828414, 25127.426843875335]
vector posicion picos ...
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 21, 29, 42, 43, 44, 47, 48, 49, 53, 54, 58, 59, 60,
113, 122, 123, 124, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 153, 173, 174, 177, 178, 179, 182, 183, 184, 185
, 236, 239, 240, 241, 242, 243, 248, 249, 250, 251, 267, 268, 269, 270, 277, 281, 282, 283, 284, 285, 296, 2
20, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 333, 345, 346, 350, 362, 363, 364, 365, 409, 410, 417, 418, 419, 420, 421,
445, 446, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 479, 480, 481, 482, 488, 489, 49
7, 528, 529, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 567, 568, 572, 577, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 632, 651,
737, 738, 739, 750, 751, 764, 765, 766, 769, 770, 771, 789, 790, 791, 797, 798, 799, 800, 801, 815, 816, 817
, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 916, 917, 918, 922, 923, 924, 944, 945, 946, 947, 952, 953, 9
, 1005, 1006, 1009, 1010, 1011, 1012, 1013, 1014, 1034, 1035, 1036, 1037, 1038, 1047, 1048, 1049, 1050, 105
, 1078, 1094, 1095, 1096, 1097, 1114, 1115, 1116, 1117, 1138, 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144, 1155, 1156
, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213, 1218, 1219, 1220, 1221, 1222, 1226, 1228, 1229, 1230, 1231, 1232, 1233, 1237
, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1266, 1267, 1268, 1269, 1270, 1271, 1272, 1273, 1276, 1277, 1278, 1279, 1280
, 1302, 1303, 1304, 1305, 1306, 1307, 1308, 1309, 1313, 1314, 1315, 1319, 1320, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327
, 1346, 1347, 1348, 1351, 1352, 1356, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1370, 1373, 1374, 1375
, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413
, 1438, 1439, 1440, 1441, 1445, 1446, 1460, 1461, 1462, 1463, 1464, 1465, 1470, 1471, 1472, 1473, 1480, 149
numero =
492
no es dron
leyendo señal del convertidor...
comparacion 70%
```

- Porcentaje de comparación 7% (conversación)

```
leyendo señal del convertidor...
Analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[57059.295193585567, 71624.385518636816, 69957.678829391225, 27175.091272943311, 25654.012686838079, 27632.128326307695, 25
06310766059, 30942.53006077302, 30126.702048675626, 25729.112785136582, 34419.943793137703, 27224.009146062563, 40112.3903
197, 27811.746908023324, 28312.517611596413, 26029.33110061524, 26428.997275873768]
vector posicion picos ...
[1, 2, 3, 83, 85, 86, 217, 1371, 1378, 1385, 1392, 1395, 1396, 1397, 1406, 1407, 1408, 1409, 1426, 1435, 1450]
numero =
21
no es dron
comparacion 7%
```

- Porcentaje de comparación 2,7% (conversación)

```

leyendo señal del convertidor...
analizando valores y encontrando frecuencia...
vector picos ...
[34913.263219805733, 34670.978090771459, 51249.055536654509, 25073.640582502445, 25845.238862108927, 26913.418359487521]
vector posicion picos ...
[2, 3, 4, 5, 1370, 1404, 1408, 1412]
numero =
3
comparacion 2.7%

```

ANEXO 8

Logaritmo implementado en la tarjeta de desarrollo para el detector de Drones

```

#!/usr/bin/env python
import time # para manejar delay
import serial
import RPi.GPIO as GPIO # para manejar la gpio de la raspberry
import numpy as np # para encontrar la frecuencia
from scipy import signal, fftpack, pi
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
time.sleep(1)
ser = serial.Serial('/dev/serial0', baudrate=9600, parity=serial.PARITY_NONE, stopbits=serial.STOPBITS_ONE, bytesize=serial.EIGHTBITS)
time.sleep(1)
ser.close()
# funcion para el gsm

def gsm():
    msg = "ALERTA! ALERTA! DRON EN SU ESPACIO RESTRINGIDO."
    ser.open()
    ser.write("AT\r")
    time.sleep(1)
    ser.write("AT+CMGF=1\r")
    time.sleep(1)
    ser.write('AT+CMGS="+593984894106"\r')
    time.sleep(1)
    ser.write(msg + chr(26))
    time.sleep(1)
    ser.close()
    print "Mensaje enviado."
    time.sleep(1)
    return 1

# funcion para leer dato del convertidor MCP3202
def Leer_Dato(adcnun, clockpin, mosipin, misopin, cspin):
    if ((adcnun > 1) or (adcnun < 0)):
        return -1
    GPIO.output(cspin, True)
    GPIO.output(clockpin, False)
    GPIO.output(mosipin, False)
    commandout = adcnun
    commandout |= 0x18
    commandout <<= 3
    for i in range(5):
        if (commandout & 0x80):
            GPIO.output(misopin, True)

```

```

else:
    GPIO.output(mosipin, False)
    commandout <<= 1
    GPIO.output(clockpin, True)
    GPIO.output(clockpin, False)
adcout = 0
# lectura de los 3 bytes que retorna el convertidor
for i in range(13):
    GPIO.output(clockpin, True)
    GPIO.output(clockpin, False)
    adcout <<= 1
    if (GPIO.input(misopin)):
        adcout |= 0x1
GPIO.output(cspin, True) #
adcout >>= 1
return adcout

```

funcion para obtener la frecuencia de la señal discreta obtenida

```

def Obtener_Frecuencia(datos, espacio, cantidad, umbral):
    test = [ [391,395,410,412,1173,1176,1177,1182,1282,1283,1284,1285,1286,1290,1291,
g1295,1297,1300,1301,1302,1361,1371.1484,1497],[405,425,433,782,1163,1166,1167,1168,1281,12
82,1283,1284,1285,1289,1290,1291,1292,1297,1298,1299,1344,1345,1366,1369,1372,1485,1490],[2
08,409,418,423,1170,1172,1184,1185,1186,1187,1283,1284,1285,1286,1287,1288,1289,1290,1291,1
292,1293,1294,1363,1372,1495,1497],[675,763,767,782,790,791,792,799,800,802,807,815,1378,138
4,1387,1388,1389,1391,1394,1406,1423,1459,1461,1463,1471,1476,1477,1479,1480,1482,1484,1490
,1491,1495,1496,1498],[750,778,782,784,785,787,789,791,792,793,794,795,796,797,831,1323,1372,
1402,1410,1411,1412,1414,1416,1418,1419,1422,1423,1438,1447,1450,1453,1455,1458,1471,1479],
[655,706,766,780,785,786,787,788,789,790,791,792,794,795,1408,1409,1410,1411,1413,1416,1417,1
418,1420,1422,1444,1447,1449,1450,1451,1460,1466,1470,1483,1492,1493]]
    encontrado = 0
    picos = []
    picos_pos = []
    yf = fftpack.fft(datos)
    tf = fftpack.fftfreq(len(yf), espacio)
    tf = tf[0:cantidad/2]
    valores = np.abs(yf[0:cantidad/2])
    puntos = len(tf)
    mayor = 0
    pos = 0
    for x in range(1, puntos):
        if (valores[x]>umbral):
            picos.append(valores[x])
            mayor = valores[x]
            pos = x
            picos_pos.append(x)

    print "vector picos ..."
    print picos
    print "vector posicion picos ..."
    print picos_pos
    print "numero = "
    print len(picos_pos)
    if (len(picos_pos)<=300):
        for v in range(len(test)):
            total = len(test[v])
            contador = 0
            for x in range(0, len(test[v])):
                max = test[v][x] + 2
                min = test[v][x] - 2

```

```

        for y in range(0, len(picos_pos)):
            if ( (picos_pos[y]>=min) and (picos_pos[y]<=max) ):
                contador+=1
        porc = total * 0.7
        if (contador>=porc):
            encontrado = 1
    return encontrado
def Inicio():
    GPIO.output(DRON_LED, True)
    time.sleep(0.5)
    GPIO.output(DRON_LED, False)
    time.sleep(0.5)
    GPIO.output(DRON_LED, True)
    time.sleep(0.5)
    GPIO.output(DRON_LED, False)
    time.sleep(0.5)
    GPIO.output(DRON_LED, True)
    time.sleep(2)
    GPIO.output(DRON_LED, False)
    time.sleep(1)

# CONFIGURACION DE PINES EN LA RASPBERRY PI PARA LA CONEXION CON EL
MCP3202
# Los numeros que se detallan son los de la GPIO no de los pines de la raspberry

SPICLK = 16
SPIMISO = 20
SPIMOSI = 21
SPICS = 26
# LED PARA VERIFICACION DE DRON
DRON_LED = 12
# se deshabilita advertencias que existan

GPIO.setwarnings(False)
# configura los pines a usar como salida o entradas

GPIO.setup(SPIMOSI, GPIO.OUT)
GPIO.setup(SPIMISO, GPIO.IN)
GPIO.setup(SPICLK, GPIO.OUT)
GPIO.setup(SPICS, GPIO.OUT)
GPIO.setup(DRON_LED, GPIO.OUT)
canal = 0
cantidadDeMuestras = 3000
espacioEntreMuestras = 1.0 / 100
umbral = 25000
#Inicio()
try:
    while(True):
        """ analog_value = Leer_Dato(canal, SPICLK, SPIMOSI, SPIMISO, SPICS)
        print analog_value
        time.sleep(espacioEntreMuestras)
        """
        data = []
        print "Leyendo señal del convertidor... "
        for x in range(0, cantidadDeMuestras):
            byte = Leer_Dato(canal, SPICLK, SPIMOSI, SPIMISO, SPICS)
            data.append(byte)
        print "Analizando valores y encontrando frecuencia..."
        freq = Obtener_Frecuencia(data, espacioEntreMuestras, cantidadDeMuestras, umbral)
    if (freq==1):

```

```
        print "es dron"
        gsm()
        #gsm("+593995001186")
    else:
        print "no es dron"
    data[:] = [] # encera o reinicia el vector de datos
    time.sleep(1)
finally:
    GPIO.output(DRON_LED, False)
    GPIO.output(SPIMOSI, False)
    GPIO.output(SPICLK, False)
    GPIO.output(SPICS, False)
    print ("Haciendo limpieza")
    GPIO.cleanup()
    print ("Hasta luego")
```