



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TEMA:

**Diseño de un sistema automatizado por ultrasonido en subestaciones
eléctricas para minimizar el impacto ambiental a la fauna**

AUTOR:

Yagual Pozo, Cristhian Darío

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR:

M. Sc. Quezada Calle, Edgar Raúl

GUAYAQUIL, ECUADOR

8 de marzo del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Sr. **Yagual Pozo, Cristhian Darío** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**.

TUTOR

M. Sc. Edgar Raúl, Quezada Calle

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Yagual Pozo Cristhian Darío

DECLARÓ QUE:

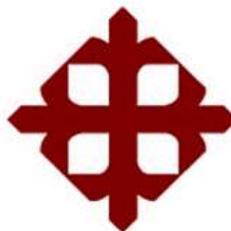
El trabajo de titulación: “Diseño de un sistema automatizado por ultrasonido en subestaciones eléctricas para minimizar el impacto ambiental a la fauna”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

YAGUAL POZO, CRISTHIAN DARÍO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Yo, Yagual Pozo Cristhian Darío

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “Diseño de un sistema automatizado por ultrasonido en subestaciones eléctricas para minimizar el impacto ambiental a la fauna”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

YAGUAL POZO, CRISTHIAN DARÍO

REPORTE DE URKUND

The screenshot displays the URKUND interface. On the left, document details are shown: 'Documento: Yagual_Cristhian.docx (D131151711)', 'Presentado: 2022-03-22 05:37 (-05:00)', 'Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com', 'Recibido: orlando.philco.ucsg@análisis.orkund.com', and 'Mensaje: tesis yagual. Mostrar el mensaje completo'. A progress bar indicates '0%' of 45 pages are composed of text present in 0 sources. On the right, a 'Lista de fuentes' (List of sources) table is visible, listing categories and file names. Below the main interface, two source preview windows are open, showing metadata for a document from the Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. The left window shows the title 'ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO', author 'Yagual Pozo, Cristhian Dario', and tutor 'M. Sc. Quezada Calle, Edgar Raúl'. The right window shows the title 'ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO', author 'Hualoto, Geovany', and tutor 'M. Sc. Quezada Calle, Edgar Raúl'.

URKUND

Orlando Philco Asqui (orlando.philco)

Documento: [Yagual_Cristhian.docx \(D131151711\)](#)

Presentado: 2022-03-22 05:37 (-05:00)

Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com

Recibido: orlando.philco.ucsg@análisis.orkund.com

Mensaje: tesis yagual. [Mostrar el mensaje completo](#)

0% de estas 45 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	TESIS CRISTHIAN YAGUAL.docx
	https://docplayer.es/123059779-Universidad-catolica-de-santiago-de-guayaquil.html
	http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/935/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-247.pdf
	http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15591/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-330.pdf

Fuentes alternativas

57% #1 Activo Fuente externa: <https://docplayer.es/123059779-Universidad-catolica-de-santiago-de-guayaquil...> 57%

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA

ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TEMA: "Diseño de un sistema automatizado por ultrasonido en subestaciones eléctricas para minimizar el impacto ambiental a la fauna"

AUTOR: Yagual Pozo, Cristhian Dario

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR: M. Sc. Quezada Calle, Edgar Raúl

GUAYAQUIL, ECUADOR 8 de marzo del 2021

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA

ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TEMA: Diseño de un sistema de riego automatizado para el cultivo de legumbres en un huerto en el de la

AUTOR: Hualoto, Geovany

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR

M. Sc. Edgar Raúl, Quezada Calle

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo a mis padres por todo el apoyo durante este proceso. Una dedicatoria especial para mi hija Ivanna quien es la luz que guía mi camino y por quien estoy dispuesto a superarme día tras día.

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios por llenarme de salud y bendiciones a pesar de en ocasiones llegar a perder la fe, siempre estuvo presente.

A mis padres, por todo el apoyo que me han brindado. A pesar de mis errores, siempre estuvieron para darme una mano y un consejo, sin importar la distancia siempre estuvieron presentes a lo largo de todo este proceso mediante una llamada al menos hasta los fines de semana que podíamos vernos, son mi ejemplo a seguir y por quienes me esforzaré para que estén siempre orgullosos. Agradezco también a mis hermanos, por todo el apoyo y consejos. De manera especial a mi hija Ivanna, quien llego en momentos difíciles para iluminar mi vida y brindarme esa fuerza para seguir creciendo.

A mis amigos de la universidad, con quienes compartí varios años de aprendizaje dentro y fuera de las aulas, y a mis amigos del colegio Rubira quienes siempre estuvieron presentes en cualquier circunstancia, siempre apoyándonos como estudiantes foráneos.

A mi profesor del colegio Daniel Gómez, quien me encamino por esta maravillosa carrera siempre creyendo en mí y apoyándome.

A los profesores de la universidad que supieron ganarse a sus estudiantes apoyándonos y compartiendo todos sus conocimientos. A mi tutor el Ing. Edgar Quezada por todo el apoyo, guía y tiempo brindado en este proyecto. Agradezco al Ing. Carlos Galarza por la ayuda brindada en la búsqueda del tema.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

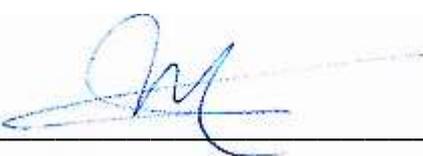
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS
DECANO

f. 

M. Sc. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

M. Sc. SUAREZ MURILLO, EFRAIN OSWALDO
OPONENTE

INDICE

Capítulo 1 : ASPECTOS GENERALES.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos del problema de investigación	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.6 Metodología de la investigación.....	5
Capítulo 2 : MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Sistema eléctrico.....	6
2.2 Subestación eléctrica	6
2.3 Elementos principales de una subestación eléctrica.....	7
2.3.1 Transformador.....	7
2.3.2 Interruptor de potencia	8
2.3.3 Restaurador	9
2.3.4 Cuchillas fusibles	10
2.3.5 Cuchilla desconectadora.....	10
2.3.6 Tableros eléctricos dúplex de control	11
2.3.7 Apartarrayos.....	12
2.3.8 Barras colectoras	14
2.3.9 Sistema de protecciones	15
2.4 Tipos de subestaciones eléctricas	17
2.4.1 Subestación de maniobra.....	17
2.4.2 Subestación elevadora.....	17
2.4.3 Subestación reductora	18
2.4.4 Subestación de enlace	19
2.5 Clasificación de las subestaciones eléctricas por su función.....	20
2.5.1 Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas	20
2.5.2 Subestaciones receptoras primarias.....	20
2.5.3 Subestaciones receptoras secundarias	20
2.6 Clasificación de las subestaciones eléctricas por el tipo de instalación	21
2.6.1 Subestaciones tipo intemperie.....	21

2.6.2	Subestaciones tipo interior	21
2.6.3	Subestaciones tipo blindado	22
2.7	Sistema nacional de transmisión de energía eléctrica	23
2.8	Principales problemas presentes en una subestación eléctrica	24
2.8.1	Cables bajo tierra.....	25
2.8.2	Falla en los transformadores	25
2.8.3	Rayos.....	28
2.8.4	La presencia de fauna en las instalaciones de un sistema eléctrico.	31
2.8	Sistemas embebidos	46
Capítulo 3 : DISEÑO DE PROTOTIPOS Y ANALISIS		51
3.1	Practicar correctas para el manejo de la presencia de fauna en las instalaciones eléctricas según el grupo taxonómico.....	51
3.2	Métodos más utilizados en Latinoamérica para impedir el acceso de avifauna en una instalación eléctrica	52
3.3	Métodos más utilizados en Latinoamérica para impedir el acceso mastofauna en una instalación eléctrica	53
3.4	Métodos más utilizados en Latinoamérica para impedir el acceso de herpetofauna en una instalación eléctrica	53
3.5	Uso de frecuencias sonoras para controlar la presencia de diferentes tipos de fauna. 54	
3.5.1	La percepción del sonido.....	55
3.6	Sistema generador de altas frecuencias utilizando el circuito integrado NE555 en modo estable.....	58
3.6.1	Control del sistema.....	60
3.6.2	Generación de ultrasonidos	62
3.6.3	Esquema de conexiones y simulación del sistema.....	66
3.6.4	Software del sistema	68
3.6.5	Puesta en marcha y resultados del sistema ahuyentador de animales con el CI NE555 en modo estable	70
3.7	Sistema generador de ultra frecuencias utilizando el modulo generador de frecuencias AD9833.....	72
3.7.1	Componentes del sistema.....	73
3.7.2	Descripción y funcionamiento del módulo de generación de frecuencias AD983374	

3.7.3	Diagrama del sistema	75
3.7.4	Control del sistema.....	75
3.7.5	Software del sistema	76
3.7.6	Puesta en marcha y resultados del sistema ahuyentador de animales con el módulo AD9833.....	80
3.8	Instalación de los sistemas de generación de ultra frecuencias para la protección de los equipos eléctricos y electrónicos de una subestación eléctrica..	82
3.9	Comparación de resultados	84
Capítulo 4 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		87
4.1	Conclusiones	87
4.2	Recomendaciones.....	89
ANEXO 1 Código de programación del microcontrolador para el proyecto de generador de impulsos sónicos a altas frecuencias con el circuito integrado NE555.		
94		
ANEXO 2 Código de programación del microcontrolador para el proyecto de generador de impulsos sónicos a altas frecuencias con el módulo AD9833.....		95

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2-1: Sistema de suministro eléctrico.....	6
Figura 2-2.: Subestación eléctrica de Durán, Provincia Guayas.....	7
Figura 2-3: Transformador eléctrico.....	8
Figura 2-4: Interruptor de potencia.....	9
Figura 2-5: Restaurador trifásico smART RC.....	10
Figura 2-6: Cuchillas desconectoras.....	11
Figura 2-7: Tablero eléctrico.....	12
Figura 2-8: Apartarrayos.....	13
Figura 2-9: Mantenimiento de apartarrayos en una subestación eléctrica.....	14
Figura 2-10: Barras colectoras en 132 kV en una subestación eléctrica.....	15
Figura 2-11: Prueba de protecciones del sistema de potencia eléctrica.....	16
Figura 2-12: Subestación eléctrica de maniobra.....	17
Figura 2-13: Subestación eléctrica elevadora Baba.....	18
Figura 2-14: Subestación reductora Alpacacha.....	19
Figura 2-15: Enlace de una subestación eléctrica.....	19
Figura 2-16: Proyecto de central generadora Mazar Dudas.....	20
Figura 2-17: Subestación tipo intemperie.....	21
Figura 2-18: Subestación tipo interior.....	22
Figura 2-19: Subestación de tipo blindada.....	23
Figura 2-20: Sistema Nacional de Transmisión.....	24
Figura 2-21: Fallo en el aislamiento de un cable subterráneo producido por la humedad.....	25
Figura 2-22: Análisis del aceite dieléctrico en un transformador.....	26
Figura 2-23: Reemplazo de bushing dañado en un transformador eléctrico.....	28
Figura 2-24: Impacto de rayo en el hilo de guarda.....	30
Figura 2-25: Impacto de una descarga atmosférica en una torre eléctrica.....	30
Figura 2-26: Impacto de un rayo en un conductor de fase.....	31
Figura 2-27: Réptil dentro de un tablero eléctrico afectando el cableado.....	32
Figura 2-28: Nido de ave presente en dispositivos externos.....	34
Figura 2-29: Subestación eléctrica Salitral.....	35
Figura 2-30: Impactos y efectos de líneas de alta tensión sobre la fauna.....	38
Figura 2-31: Dispositivo anti escalamiento.....	41

Figura 2-32: Dispositivo tipo barrera para prevenir el ingreso de animales a las redes eléctricas.....	41
Figura 2-33: Dispositivos electrostáticos colocados sobre los aisladores de porcelana de los soportes de las cuchillas en una subestación	42
Figura 2-34: Dispositivo anti-percha tipo pico de paloma.....	42
Figura 2-35: Protectores rígidos colocados en aisladores de porcelana de interruptores de una subestación.....	44
Figura 2-36: protectores de polímero rígido para protección del terminal de un transformador	44
Figura 2-37: Protectores de hule de silicón tipo manguera, para aislar el Jumper y polímero rígido para el cable	45
Figura 2-38: Cable conductor con recubierta semiaislada	46
Figura 2-39: Componentes de los sistemas embebidos	47
Figura 2-40: Microcontrolador Arduino Uno	48
Figura 2-41: Sensores.....	49

CAPITULO 3

Figura 3-1: Distribución porcentual de prácticas para el manejo de la flora y fauna y su presencia en los sistemas de redes eléctricas.....	51
Figura 3-2: Proporción de uso de las prácticas para aves en 4 países de Latinoamérica	52
Figura 3-3: Proporción de uso de las prácticas para mamíferos en 4 países de Latinoamérica.....	53
Figura 3-4: Proporción de uso de las prácticas para anfibios y reptiles en 4 países de Latinoamérica.....	54
Figura 3-5: Curvas de rangos auditivos en humanos	56
Figura 3-6: Ahuyentadores ultrasónicos	58
Figura 3-7: Diagrama de flujo del sistema.....	59
Figura 3-8: Control del sistema en lazo cerrado	60
Figura 3-9: Conexión del sensor PIR al ARDUINO UNO	60
Figura 3-10: Funcionamiento del sensor PIR	61
Figura 3-11: Potenciómetros para regular el sensor PIR	62
Figura 3-12: Conexiones del módulo relé.....	62
Figura 3-13: Esquema de conexiones del circuito integrado NE555.....	63

Figura 3-14: Diagrama esquemático del circuito	66
Figura 3-15: Esquema de conexión del sistema de control.....	67
Figura 3-16: Activación de la bobina del relé.....	67
Figura 3-17: Generación de una frecuencia de 35KHz.....	68
Figura 3-18: Código de programación en Arduino	69
Figura 3-19: Cambio de estados del programa	69
Figura 3-20: Dimensionamiento del proyecto.....	70
Figura 3-21: Conexiones del circuito.....	70
Figura 3-22: Conexiones del circuito 555.....	71
Figura 3-23: Estructura armada del proyecto.....	71
Figura 3-24: Módulo generador de frecuencias programables AD9833.....	73
Figura 3-25: Pines del módulo AD9833	75
Figura 3-26: Diagrama del circuito con el módulo AD9833	75
Figura 3-27: Conexiones de los pines del AD933 al microcontrolador.....	76
Figura 3-28: Código de programación parte 1	77
Figura 3-29: Código de programación parte 2	78
Figura 3-30: Código de programación parte 3	79
Figura 3-31: Frecuencias generadas.....	80
Figura 3-32: Dimensiones del proyecto con el módulo AD9833	80
Figura 3-33: Conexiones del sistema con el módulo AD9833	81
Figura 3-34: Área de protección de gabinetes eléctricos	83
Figura 3-35: Área de protección de equipos eléctricos externos	84
Figura 3-36: Gráficos comparativos de los sistemas.....	85

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

Tabla 2-1: Lista taxonómica de las especies de mamíferos registradas en la subestación Salitral	35
Tabla 2-2: Lista taxonómica de las especies de aves registradas en la subestación Salitral	35
Tabla 2-3: Lista taxonómica de las especies de anfibios y reptiles registradas en la subestación Salitral.....	36
Tabla 2-4: Dispositivos de protección de la red eléctrica para la prevención de electrocución de la fauna.....	39
Tabla 2-5: Dispositivos previsores de colisión en el tendido eléctrico o dispositivos para aumentar la visibilidad de cables del tendido eléctrico.....	42
Tabla 2-6: Cable aislado y semiaislado para la protección de los dispositivos eléctricos y de la fauna presente ante accidentes.....	45

CAPITULO 3

Tabla 3-1: Frecuencias ultrasónicas audibles por algunos animales.....	57
Tabla 3-2: Cálculo de frecuencias.....	65
Tabla 3-3: Resultados y efectos de las pruebas en algunos animales	72
Tabla 3-4: Resultados obtenidos con el proyecto	81
Tabla 3-5: Comparación de sistemas	84

INDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO 2

Ecuación 2-1: Las tensiones originadas en el hilo de guarda y en el conductor de fase 29

Ecuación 2-2: Tensión máxima en un conductor de fase producida por una descarga atmosférica 31

CAPITULO 3

Ecuación 3-1: Tiempo de carga del condensador a una tensión de $2/3V_{cc}$ 64

Ecuación 3-2: Tiempo de descarga del condensador 64

Ecuación 3-3: Duración del estado en alto 65

Ecuación 3-4: Duración del estado en bajo 65

Ecuación 3-5: Cálculo de la frecuencia en el circuito 65

RESUMEN

El presente trabajo nace a partir de la necesidad de erradicar las plagas de diferentes animales en subestaciones eléctricas. Para evitar este tipo de inconvenientes, se presenta este proyecto que trabaja mediante la generación de ultra frecuencias con el fin evitar la presencia de animales en las instalaciones de una subestación eléctrica, lo cual puede salvaguardar la vida del animal y proteger el buen funcionamiento de los equipos eléctricos. Se utiliza un sensor de infrarrojos pasivo denominado PIR que detecta la presencia de algún animal y envía una señal al microcontrolador, esta señal genera una orden para energizar la bobina de un relé que permite la alimentación del circuito generador de frecuencias. Estas frecuencias deben ser superior al rango audible del ser humano para evitar molestias en las personas, por lo que se debe generar frecuencias superiores a los 20 KHz. Esto se logra de dos maneras, la primera es a través de un circuito con un encapsulado NE555 en modo astable en el cual se manipulan los elementos resistivos y capacitivos en el circuito para lograr las frecuencias deseadas para generar estímulos de estrés en los animales; la segunda forma estudiada es a través de un módulo generador de frecuencias AD9833, el cual se encarga de producir ondas sonoras de ultra frecuencias las cuales pueden ser programables para generar determinados tipos de ondas a diferentes frecuencias en un intervalo de tiempo determinado, lo cual permite reducir la adaptabilidad de los animales a los estímulos producidos por las ultra frecuencias.

Palabras claves: ARDUINO, ULTRA FRECUENCIAS, GENERADOR, PLAGAS, SENSOR, SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

ABSTRACT

The present work is born from the need to eradicate the pests of different animals in electrical substations. To avoid this type of inconvenience, this project is presented that works through the generation of ultra frequencies in order to avoid the presence of animals in the facilities of an electrical substation, which can safeguard the life of the animal and protect the proper functioning of the Electric equipment. A passive infrared sensor called PIR is used that detects the presence of an animal and sends a signal to the microcontroller, this signal generates an order to energize the coil of a relay that allows the frequency generator circuit to be fed. These frequencies must be higher than the audible range of the human being to avoid discomfort in people, so frequencies higher than 20 KHz must be generated. This is achieved in two ways, the first is through a circuit with an NE555 package in astable mode in which the resistive and capacitive elements in the circuit are manipulated to achieve the desired frequencies to generate stress stimuli in the animals; The second way studied is through a frequency generator module AD9833, which is responsible for producing ultra-frequency sound waves which can be programmable to generate certain types of waves at different frequencies in a given time interval, which allows reduce the adaptability of animals to the stimuli produced by ultrafrequencies.

Keywords: ARDUINO, ULTRA FREQUENCY, GENERATOR, PESTS, SENSOR, ELECTRICAL SUBSTATION

Capítulo 1 : ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

Las subestaciones eléctricas son instalaciones formadas por equipos o dispositivos eléctricos cuya función es la conversión de voltaje, protección, control, regulación y distribución de la energía eléctrica. Además, en estos complejos se transforman los niveles de voltaje para que la energía pueda llegar al sector industrial, comercial, hospitales, colegios, vías públicas y hogares, entre otros. (Grupo Energía Bogotá, 2021)

El presente proyecto “Diseño de un sistema automatizado por ultrasonido en subestaciones eléctricas para minimizar el impacto ambiental a la fauna”, está diseñado para tener una correcta protección contra la presencia y posibles daños que puedan ocasionar los animales en los equipos como transformadores, cables, elementos de potencia, elementos de control, entre otros dispositivos presentes en las diferentes subestaciones eléctricas. Es de vital importancia mantener la calidad de todos los componentes o elementos de una subestación eléctrica como la llegada línea de transmisión, transformadores de potencia, estructuras metálicas, equipos de potencia, entre otros, para de esta manera asegurar un correcto funcionamiento en todo el proceso energético en cualquier tipo de subestación.

Los accidentes ocasionados por los animales que ingresan a las subestaciones por el fácil acceso ocasionan daños significativos para la empresa y sin lugar a duda para el medio ambiente. Territorialmente hablando podemos expresar que finalmente el hombre es la especie invasora, sin embargo, la necesidad de crear recursos en el mejoramiento y la calidad de energía incluye ciertos factores que deben ser compensados y balanceados para que no solo se brinde un excelente servicio de energía si no a su vez se contribuya al cuidado y la preservación de las especies. El acceso ilimitado que tienen estas especies al ingreso de cada subestación facilita las dificultades ocasionando pérdidas millonarias para la empresa y para la fauna. (Ordoñez, 2019)

1.2 Planteamiento del problema

En las subestaciones eléctricas hay equipos de potencia y de control sumamente delicados y costosos, por eso están bajo una constante observación y varios mantenimientos para asegurar su correcto funcionamiento. Estos centros de distribución de energía eléctrica por lo general están ubicados siempre en sectores al aire libre y en lugares externos, en donde se puede encontrar diferentes tipos de problemas debido al entorno ambiental, estos problemas especialmente son ocasionados por la fauna como aves, roedores y diferentes reptiles. Estos animales cuando entran en contacto con los dispositivos donde se maneja la electricidad y logran hacer tierra debido a su baja resistencia corporal quedan electrocutados y producen cortocircuitos y pérdidas de energía, lo cual puede ocasionar daños severos o incluso irreparables a los equipos utilizados en las subestaciones eléctricas. Cuando ocurre este tipo de problemas también se corta el suministro de energía en alguna localidad específica, afectando de manera directa a los domicilios conectados al suministro eléctrico o incluso afectando a fábricas y a su producción.

1.3 Justificación

La creciente demanda por el suministro eléctrico ha generado la creación de varias plantas generadoras de energía eléctrica, y a su vez se ha creado una red de distribución en diferentes sectores estratégicos para poder transportar la energía eléctrica en altos voltajes para disminuir las pérdidas, esta energía es recolectada y transformada dependiendo su uso final en las denominadas subestaciones eléctricas, las cuales están ubicadas en entornos al aire libre y están propensas a diferentes problemas especialmente cuando la fauna interviene de manera directa o indirecta.

Los problemas eléctricos se presentan de diferentes maneras dependiendo de la especie de animal que los cause. Las especies que anidan comúnmente lo hacen en las torres de alta tensión o en las instalaciones principales de las subestaciones. Este material puede ocasionar fallas, mientras que el excremento puede contaminar a los aislantes. De igual forma, su presencia puede atraer a todo tipo de depredadores, lo que significa más animales de los cuales hay que preocuparse. Algunas aves prefieren solo posarse en los cables para descansar o buscar a sus presas. Mientras estén sobre uno solo no hay ningún tipo de riesgo, pero sí tocan otro generan un circuito que las electrocuta. (TECSA, 2020)

Cuando ocurre esto se ve afectada la vida de las diferentes especies de animales, pero también el correcto funcionamiento de las subestaciones eléctricas. Es por eso por lo que se requiere de diferentes métodos para mitigar la presencia de cualquier tipo de plagas en las instalaciones. Por citar varios ejemplos, se puede evitar la presencia de varios animales utilizando cercados eléctricos, trampas e incluso varios químicos, pero estos procedimientos también pueden poner en riesgo la vida de los seres humanos, por eso es necesario implementar un sistema sofisticado que utilice tecnología que no sea dañina para ningún ser vivo pero que cumpla con controlar la presencia de estos animales en las subestaciones eléctricas para evitar cualquier tipo de problemática.

1.4 Objetivos del problema de investigación

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un prototipo de un sistema generador de impulsos ultrasónicos automatizado para evitar el acceso de diferentes especies de animales como aves, roedores, reptiles, entre otros, a los diferentes elementos de potencia y control de una subestación eléctrica.

1.4.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este tema son:

- Conocer a detalle la frecuencia del sonido a utilizar para controlar el acceso de la fauna dependiendo de su especie.
- Realizar un análisis de la intervención de los animales y la relación en la interrupción del flujo de la energía eléctrica.
- Analizar los beneficios de mantener controladas las diferentes plagas en las subestaciones eléctricas.

1.5 Hipótesis

El diseño de este sistema de generación de impulsos ultrasónicos automatizados permitirá controlar y evitar la presencia de animales tales como aves, reptiles, roedores, entre otros en las inmediaciones de las subestaciones eléctricas, esto evitará daños en la subestación, evitando la presencia de heces fecales y el contacto con los

equipos esto podría provocar cortocircuitos y la muerte de ellos. De esta manera se incrementa a un 99,9% el funcionamiento de cada uno de los elementos de la distribución eléctrica.

1.6 Metodología de la investigación

En este trabajo se hizo uso de tres metodologías de investigación: científica, descriptiva y documental. La investigación científica es un conjunto de fases normadas que contienen reglas genéricas de acción científica y es considerada como un elemento clave en la actividad universitaria, porque a través de esta se logra la interrelación de las funciones de docencia e investigación. (Viñan, Navarrete, & Puente, 2018)

La investigación descriptiva analiza las características de una población o fenómeno sin entrar a conocer las relaciones entre ellas (Arias, 2021). La investigación documental es, como su nombre indica, aquella que se realiza a partir de la información hallada en documentos de cualquier especie, como fuentes bibliográficas, hemerográficas o archivísticas. (Vivero & Sanchez, 2019)

Capítulo 2 : MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema eléctrico

Está compuesto por las centrales generadoras, líneas de transporte, subestaciones, líneas de distribución y centros de consumo. (Resalmex, 2020) Este es un proceso que inicia desde la generación en las centrales eléctricas, la energía eléctrica generada pasa por una serie de etapas como transformación, transporte y distribución hasta llegar al usuario final como se muestra en la figura 2-1.

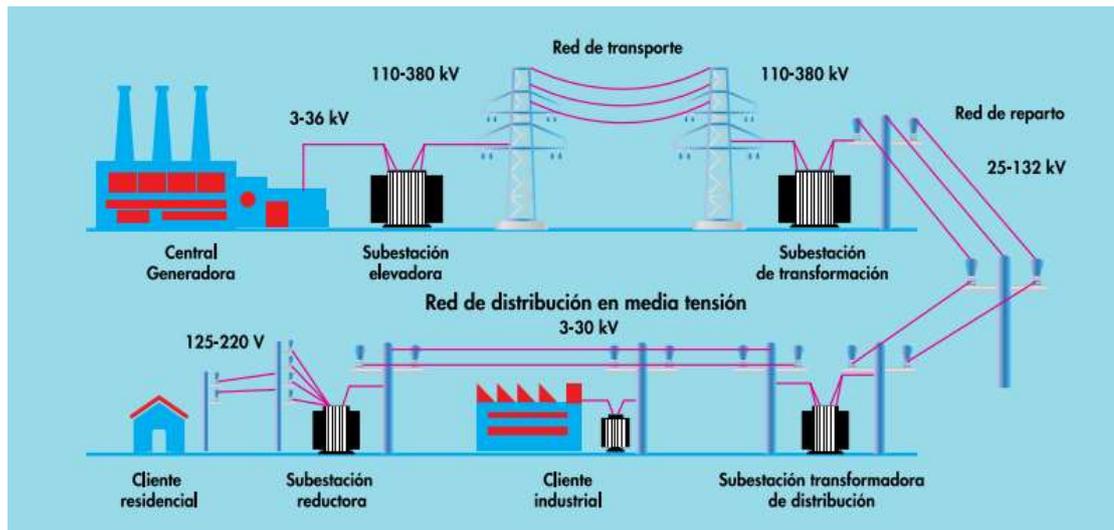


Figura 2-1: Sistema de suministro eléctrico

Fuente: (Enrique Marín, 2011)

2.2 Subestación eléctrica

Este sistema es el punto neurálgico en la generación de la electricidad, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Son un medio de conexión y distribución entre las diferentes líneas de un sistema eléctrico. Están divididas por secciones, que por lo regular son: sección de medición, sección de cuchillas, sección de interruptor principal y secciones derivadas, estas suelen estar acompañadas por un transformador si incluye como función es elevar o disminuir el voltaje recibido. Si su función es solo distribuir solo incluyen las secciones mencionadas anteriormente. (Arcondec, 2021)

En la figura 2-2 se puede observar la subestación eléctrica de Durán en la provincia del Guayas, el nuevo sistema de transmisión facilita un punto de conexión a CNEL EP, Unidad de Negocio Guayas – Los Ríos con el Sistema Nacional de Transmisión (SNT), a nivel de 69 kilovoltios (kV). Las obras que conforman el sistema

son: la línea de transmisión de conexión asociada de 12 kilómetros de longitud a 230 kV de doble circuito, y la subestación Durán, que cuenta con una capacidad instalada de 225 MVA. (CELEC, 2018)



Figura 2-2.: Subestación eléctrica de Durán, Provincia Guayas
Fuente: (Naranjo, 2021)

2.3 Elementos principales de una subestación eléctrica

Este sistema está compuesto por diversos dispositivos que se encargan de transformar los parámetros de la potencia eléctrica. (Resalmex, 2020) Los principales elementos de una subestación eléctrica son:

2.3.1 Transformador

Este dispositivo eléctrico tiene el propósito básico de transferir energía eléctrica de un circuito a otro mediante conductores acoplados inductivamente, convirtiendo esa energía eléctrica, que tiene un voltaje o una corriente determinados, en energía eléctrica con otro voltaje o corriente. Estos mecanismos se basan en dos principios esenciales: el electromagnetismo y la inducción electromagnética. (Estigarribia, 2019)

La función principal de estos equipos es elevar o disminuir el nivel de tensión de la energía que requiere ser transportada a través del sistema eléctrico. Otro de los propósitos de los transformadores de potencia, es regular el voltaje en el lado de alta y baja tensión, manteniendo los niveles de tensión dentro de límites de operación seguros para lograr una operación adecuada del sistema eléctrico. (Rosales, 2019)



Figura 2-3: Transformador eléctrico

Fuente: (Endesa, 2021)

2.3.2 Interruptor de potencia

Su propósito es efectuar la conexión y desconexión de circuitos con o sin carga de una subestación. Dichos aparatos deben ser capaces de interrumpir el flujo de corriente en caso de que se presenten condiciones anormales o fallas que puedan afectar la instalación. Los interruptores de potencia son el elemento central de las subestaciones aisladas en aire (AIS) y aisladas en gas (GIS). Los interruptores de potencia de alta tensión son equipos mecánicos de maniobra que interrumpen y cierran los circuitos eléctricos y, en estado cerrado, conducen la corriente nominal. (Rosales, 2019)

Las partes principales de un interruptor son:

- Cámara de interrupción
- Contactos: fijo y móvil
- Medio de interrupción
- Accionamiento.

Los interruptores tienen un mecanismo de almacenamiento de energía, que le permite cerrar hasta cinco veces, antes de que la energía sea interrumpida totalmente, estos mecanismos tienen un accionamiento:

- Neumático (aire comprimido).
- Hidráulico (nitrógeno comprimido).
- Neumático - hidráulico (combinación).
- Mecanismo de resorte.



Figura 2-4: Interruptor de potencia
Fuente: (Ingelmec, 2017)

2.3.3 Restaurador

Este elemento se utiliza para sensibilizar e interrumpir en determinado tiempo las sobrecorrientes en un circuito debidas a la eventualidad de una falla, así como hacer cierres automáticamente y volver a energizar el círculo. En caso de persistir la falla, se repite el mecanismo (Alta tecnología, 2018) Dependiendo de las necesidades para una buena coordinación estos dispositivos se los puede programar de diferentes maneras:

- Dos operaciones instantáneas (disparo y recierre), seguidas por dos operaciones de disparo con retardo, antes de que se presente la apertura definitiva.
- Una operación instantánea seguida por tres operaciones con retardo.
- Tres operaciones instantáneas más una operación con retardo.
- Cuatro operaciones instantáneas.
- Cuatro operaciones con retardo.

Un restaurador realiza las funciones de una combinación de interruptor de potencia, un relevador de sobrecorriente y un relevador de cierre automático. El restaurador consta fundamentalmente de una cámara de interrupción y los correspondientes contactos principales que operan en aceite, así como el mecanismo

de control del accionamiento del disparo y del recierre, un operador, un integrador y un mecanismo de paro. (Guzman, 2018)



Figura 2-5: Restaurador trifásico smART RC
Fuente: (Arteche, 2021)

2.3.4 Cuchillas fusibles

Son elementos de conexión y desconexión de circuitos eléctricos.

Tienen dos funciones:

- Como cuchilla desconectadora, para lo cual se conecta y desconecta.
- Como elemento de protección.

El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible, que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión. El dispositivo fusible se selecciona de acuerdo con el valor de corriente nominal que va a circular por él, pero los fabricantes tienen correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal. (Mendez, 2018)

Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de plata, cobre electrolítico con aleación de plata, o cobre aleado con estaño.

2.3.5 Cuchilla desconectadora

Es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico. Por lo general, se operan sin carga, pero con algunos complementos se puede operar con carga hasta ciertos límites. (Resalmex, 2020)

En la figura 6 se observa los componentes de una cuchilla desconectadora la cual está formada por un montaje típico de una cuchilla fusible, elemento y el cartucho fusibles.

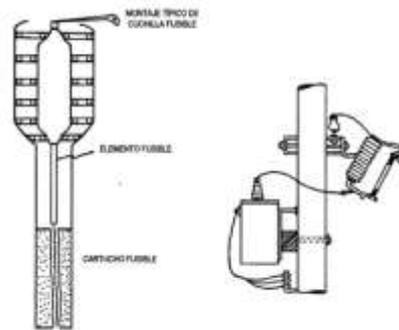


Figura 2-6: Cuchillas desconectadoras
Fuente: (Mendez, 2018)

2.3.6 Tableros eléctricos dúplex de control

Son caja o gabinetes que contienen los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados. Específicamente los tableros eléctricos son armazones metálicos que se utilizan para proteger a todos los componentes de mando y de control de cualquier sistema eléctrico, ya sea desde un circuito básico de un hogar hasta los componentes de uno más complejo como el de una planta industrial. Prácticamente se podría decir que ninguna instalación eléctrica es viable sin la existencia de un tablero eléctrico. (Grupo diganma, 2021)



Figura 2-7: Tablero eléctrico
Fuente: (Grupo Diganma, 2021)

Los tableros eléctricos se clasifican en:

- Según su ubicación y función
 - Tableros generales
 - Tableros generales auxiliares
 - Tableros de distribución
 - Tableros de paso
 - Tableros de comando
 - Tableros centro de control
- Según el uso de la energía eléctrica
 - Tableros de alumbrado
 - Tableros de fuerza
 - Tableros de calefacción
 - Tableros de control
 - Tableros de señalización

2.3.7 Apartarrayos

Según la institución Nacional Electrical Code (NEC), un apartarrayos es un dispositivo de protección para limitar sobretensiones descargándolas o desviando el incremento de corriente, y también evita que el flujo de la corriente residual mientras que son capaces de repetir estas funciones. (Huerta, 2020)



Figura 2-8: Apartarrayos
Fuente: (Sector Electricidad, 2017)

2.3.7.1 Clases de apartarrayos

2.3.7.1.1 CLASE ESTACIÓN

Están diseñados para la protección de los equipos que pueden estar expuestos a cantidades de energía significativa debido a la apertura-cierre de las líneas eléctricas y en lugares donde pueda existir una corriente de falla de gran magnitud se fabrican de 3 a 400 kV. (Turrubiates, 2017)

2.3.7.1.2 CLASE INTERMEDIA

Están diseñados para proporcionar protección económica y fiable de los equipos eléctricos de media tensión. Los apartarrayos clase intermedia son una excelente opción para la protección de transformadores tipo seco. (Turrubiates, 2017)

2.3.7.1.3 CLASE DISTRIBUCIÓN

Se utilizan con frecuencia para pequeños transformadores enfriados por aceite y tipo seco, también son utilizados para la protección de líneas de distribución aéreas, líneas de distribución subterráneas (tipo codo) y para transiciones aéreas subterráneas (riser pole). Se fabrican en un rango de 3 hasta 34.5 kV (Turrubiates, 2017)

2.3.7.2 Tipos de apartarrayos para subestaciones eléctricas.

Los apartarrayos también pueden clasificarse por su clase de descarga de línea:

- Clase 2. Para tensiones hasta 34.5 kV, en aplicaciones de transición aéreo-subterráneo.
- Clase 3. Para tensiones hasta 230 kV
- Clase 4. Para tensiones de 400 kV. (Turrubiates, 2017)

Se deben realizar mantenimientos periódicos para cerciorar el correcto funcionamiento de un apartarrayo, como se muestra en la figura 2-9.



Figura 2-9: Mantenimiento de apartarrayos en una subestación eléctrica
Fuente: (Instalaciones y Proyectos de Vanguardia, 2017)

2.3.8 Barras colectoras

Son conocidos también como buses, son el conjunto de conductores que se utilizan como nodo o conexión común de los diferentes circuitos que conforman una subestación eléctrica. A estos puntos se pueden conectar generadores, líneas de transmisión, bancos de transformadores, bancos de tierras y demás elementos que pueden contribuir a mejorar la eficiencia de la subestación. (Navarro, 2018)



Figura 2-10: Barras colectoras en 132 kV en una subestación eléctrica
Fuente: (Sector Electricidad, 2020)

Las barras colectoras están formadas principalmente por los siguientes elementos:

- Conductores eléctricos
- Cadena de aisladores, que sirven como elemento aislante eléctrico y de soporte mecánico del conductor
- Conectores y herrajes, que sirven para unir los distintos tramos de conductores y para sujetar el conductor al aislador. (Sector Electricidad, 2020)

2.3.9 Sistema de protecciones

Para que una instalación eléctrica sea completamente segura existen diferentes protecciones ante cualquier contingencia, pero hay cuatro fundamentales que se deben usar en todo tipo de instalación a cualquier nivel de tensión. Estas cuatro protecciones eléctricas son: (Osorio & Culma, 2017)

- Protección contra cortocircuito.
- Protección contra sobrecarga.
- Protección de la calidad del suministro.
- Protección contra electrocución



Figura 2-11: Prueba de protecciones del sistema de potencia eléctrica

Fuente: (Bitransfotmadores, 2018)

El objetivo de los sistemas de protección (SdP) es sacar de servicio, es decir aislar eléctricamente, lo más rápido posible cualquier equipo del sistema de potencia que comienza a operar en una forma anormal. El propósito, es también, limitar el daño causado a los equipos de potencia, para mantener la integridad y estabilidad del sistema de potencia. (Martinez, 2017)

Un sistema de protección tiene los siguientes componentes son principales:

- Alimentación
- Transductores
- Interruptores
- Sistemas de comunicación
- Alarmas y señalizaciones
- Cableados y elementos asociados (llaves de transferencia, relés auxiliares y de monitoreo, lógicas cableadas)
- Aterramiento de equipos y cableados
- Tomás para ensayo
- Sincronización horaria
- Relés de protección
- Descargadores
- Entre otros dispositivos

2.4 Tipos de subestaciones eléctricas

Se pueden diferenciar, por el tipo de trabajo para que se las requiera, por la función que vayan a cumplir en una determinada tarea, por el tipo de instalación y por el tipo de tecnología que se utilice en la construcción de todo el sistema. (Semillero de empresarios, 2018)

Los principales tipos de subestaciones eléctricas son:

2.4.1 Subestación de maniobra

“Se caracterizan por no tener un banco de transformación que modifique el nivel de tensión de las fuentes de alimentación. Se emplea cuando no se requiere cambiar el nivel de tensión de los circuitos y/o fuentes de alimentación, y están destinadas a efectuar sólo operaciones de maniobra (conexión y desconexión)” (Sector electricidad, 2017)



Figura 2-12: Subestación eléctrica de maniobra
Fuente: (Instituto tecnológico de Los Mochis, 2017)

2.4.2 Subestación elevadora

Es elevadora cuando tiene banco de transformación que aumenta el nivel de tensión de las fuentes de alimentación. Este tipo de subestaciones se usa normalmente en las plantas generadoras, cuando se trata de elevar los voltajes de generación a valores de voltajes de transmisión; es decir, se modifican los parámetros principales de generación de energía eléctrica por medio de transformadores de potencia, estos equipos elevan el voltaje y reducen la corriente para transmitir grandes cantidades de

energía eléctrica a grandes distancias; por medio de líneas de transmisión, con el mínimo de pérdidas. (Alcántar, 2017)

Los equipos que forman parte de la subestación elevadora ubicada en el nivel 95.20 msnm, son los siguientes:

- Dos Transformadores de potencia, 13,8/230KV, 37/51MVA;
- Dos Seccionadores de apertura horizontal de 242 kV, 1.600 A, accionamiento motorizado, sin cuchillas de puesta a tierra;
- Seis Pararrayos de 192 kV, 10 kA.



Figura 2-13: Subestación eléctrica elevadora Baba
Fuente: CELEC, 2014

2.4.3 Subestación reductora

Tiene un banco de transformación que disminuye el nivel de tensión de las fuentes de alimentación. En estas subestaciones, los niveles de voltaje de transmisión (500 [kV] y 230 [kV]) se reducen a niveles de voltaje de Sub-transmisión (115 [kV], 57.5 [kV] y 34.5 [kV]) y distribución (13.2 [kV] y 11.4 [kV]), es decir, se reduce la tensión y se incrementa la corriente por medio de transformadores de potencia. Las subestaciones reductoras se conectan a líneas de transmisión, Subtransmisión o distribución para transmitir la energía eléctrica a distancias medias o cortas y alimentar a las redes de distribución de bajos voltajes. (Sector electricidad, 2017)



Figura 2-14: Subestación reductora Alpacacha
Fuente: CELEC, 2018

2.4.4 Subestación de enlace

Se encuentra dentro de la red de transmisión de la energía eléctrica, tiene la función de facilitar el enlace y/o direccionamiento, normalmente con estas subestaciones finaliza la línea de transmisión desde la subestación de maniobra. El mismo sistema de interconexión las hace necesarias para tener flexibilidad y confiabilidad en el servicio, permite ejecutar maniobras de conexión y de apertura de circuitos según las necesidades que requiera el servicio. (Resalmex, 2020)

En este tipo de subestaciones no se modifican los parámetros en la transmisión de la energía eléctrica, son nodos de entrada y salida sin elementos de transformación y son utilizados como interconexión de líneas, derivación en otras direcciones, y la conexión de compensación reactiva y capacitiva. (CELEC, 2018)



Figura 2-15: Enlace de una subestación eléctrica
Fuente: (INCIBE, 2015)

2.5 Clasificación de las subestaciones eléctricas por su función.

Las subestaciones eléctricas tienen diferentes funciones según la necesidad, pueden clasificarse en:

2.5.1 Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas

Estas se encuentran adyacentes a las centrales eléctricas o plantas generadoras de electricidad para modificar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores para permitir la transmisión en alta tensión en las líneas de transmisión a este respecto se pueden mencionar que los generadores pueden suministrar la potencia entre 5 a y 25kV y la transmisión dependiendo del volumen de energía y la distancia. (Cruz & Alava, 2020)



Figura 2-16: Proyecto de central generadora Mazar Dudas
Fuente: CELEC, 2018

2.5.2 Subestaciones receptoras primarias

Se alimentan directamente de las líneas de transmisión, y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de subtransmisión o redes de distribución, de manera que, dependiendo de la tensión de transmisión pueden tener en su secundario tensiones de 115, 69 y eventualmente 34.5, 13.2, 6.9 o 4.16KV. (Semillero de empresarios, 2018)

2.5.3 Subestaciones receptoras secundarias

Están formada por un sistema de barras sencillo que conecta directamente a la línea de alimentación con el transformador de la instalación. En este arreglo el uso de un interruptor longitudinal es poco común y solo se emplea en aquellos casos en donde por condiciones muy especiales de mantenimiento así se requiere el empleo de interruptores tripolares es más común para evitar fallas en la red de suministro en caso

de desconexión por alguna falla, en la subestación receptora secundaria. (Cruz & Alava, 2020)

2.6 Clasificación de las subestaciones eléctricas por el tipo de instalación

El tipo o manera de la instalación de una subestación eléctrica es un parámetro para poder clasificarlas de distintas maneras.

2.6.1 Subestaciones tipo intemperie

Están diseñadas para poder operar al aire libre estando expuestas a las condiciones meteorológicas, lluvia, viento, granizo o temperaturas extremas, también se debe considerar su exposición a la contaminación. En consecuencia, este tipo de subestaciones necesitan de unos aislamientos correctamente diseñados que permitan alargar la distancia dieléctrica y mantener la rigidez dieléctrica necesaria. Al estar a la intemperie, se debe de considerar el impacto visual de la instalación. (Cañellas, 2019)



Figura 2-17: Subestación tipo intemperie

Fuente: (CELEC, 2019)

2.6.2 Subestaciones tipo interior

Operan en interiores, no se encuentran sujetas a las condiciones de la intemperie. Esta solución en la actualidad sólo se utiliza en subestaciones que ocupan poco espacio, operan en un rango de 5 a 35 [kV] y se emplean en el interior de industrias o comercios. Estas subestaciones también se conocen como subestaciones unitarias. En este tipo de subestación los aparatos y máquinas que se usan, están diseñadas para operar en interiores, esta solución se usaba hace algunos años en la práctica europea,

actualmente son pocos los tipos de subestaciones tipo interior y generalmente son usados incluyendo la variante de las subestaciones del tipo blindado. (González, 2017)



Figura 2-18: Subestación tipo interior
Fuente: ISM Ingeniería, 2020

2.6.3 Subestaciones tipo blindado

En este tipo de subestaciones los equipos que la componen se encuentran completamente aislados en Hexafloruro de Azufre (SF₆) evitando así los arcos eléctricos. A pesar de que el equipo utilizado en estas subestaciones es más costoso que los convencionales, éstas resultan económicas a largo plazo ya que se reducen los costos de mantenimiento. Por otro lado, el espacio que ocupan es 4 veces menor que el que ocupan las aisladas en aire, por lo que estas subestaciones se utilizan cuando se tienen problemas de espacio o en áreas de alta contaminación. (González, 2017)

Son una variante del tipo interior, se instalan en edificios que disponen de espacios reducidos para alojarlas. Sus componentes deben estar bien protegidos. Los parámetros eléctricos a considerar para definir el tipo de construcción y los equipos y aparatos de las subestaciones son: la tensión que requiere la instalación, el nivel de aislamiento aceptable en los aparatos, la corriente máxima y la corriente de corto circuito. Por lo general se usan en el interior de fábricas, hospitales, edificios y centros comerciales que requieren de poco espacio para estas instalaciones por lo que se usan en tensiones de distribución y utilización. (Cruz & Alava, 2020)



Figura 2-19: Subestación de tipo blindada
Fuente: (RAPE, 2020)

2.7 Sistema nacional de transmisión de energía eléctrica

El sistema de transmisión está conformado por 51 subestaciones fijas y 4 subestaciones móviles. Considerando las características del equipamiento de transformación instalado, éstas pueden clasificarse de la manera siguiente: (CELEC, 2018)

- 3 subestaciones con patios de 500 y 230 kV
- 2 subestaciones con patios de 230 kV únicamente
- 7 subestaciones con patios de 230, 138 y 69 kV
- 5 subestaciones con patios de 230 y 138 kV
- 5 subestaciones con patios de 230 y 69 kV
- 2 subestaciones con patios de 138 kV únicamente
- 23 subestaciones con patios 138 y 69 kV
- 4 subestaciones con patios 138 kV y 22 o 13,8 kV.
- 3 subestaciones móviles de 138/69 kV y una de 230/69 kV, mismas que permiten de manera temporal el suministro del servicio a empresas eléctricas de distribución.

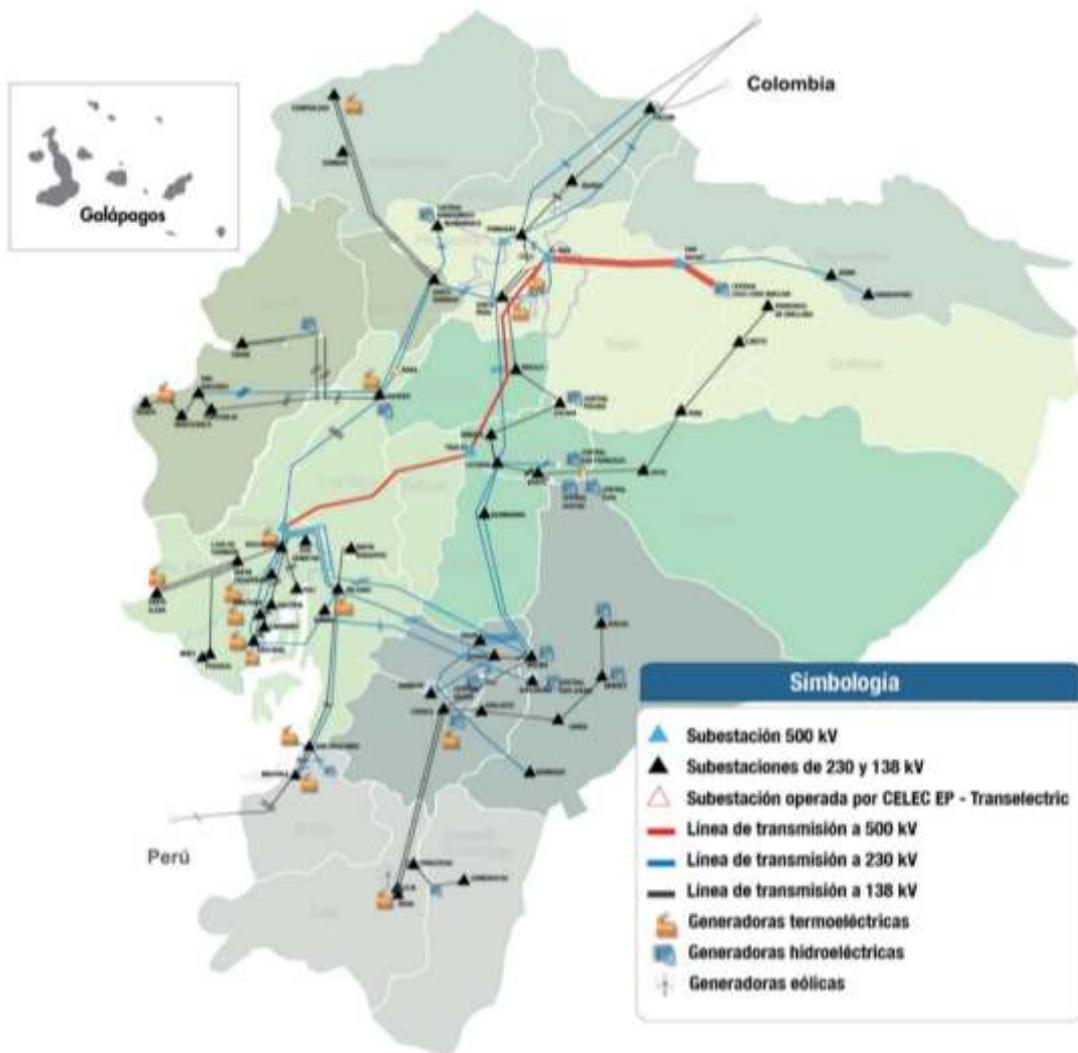


Figura 2-20: Sistema Nacional de Transmisión
Fuente: (CELEC, 2018)

2.8 Principales problemas presentes en una subestación eléctrica

En una subestación eléctrica todo debe trabajar de una manera eficiente y correcta para asegurar la correcta distribución de energía eléctrica de calidad a todos los usuarios, pero en ocasiones se presentes inconvenientes con elementos externos que

pueden afectar al trabajo de los componentes de la subestación. Entre los principales problemas que pueden suceder están los siguientes: (Autor, 2021)

2.8.1 Cables bajo tierra

Una de las grandes preocupaciones sobre los cables bajo tierra es la penetración de humedad en la presencia de un campo eléctrico, lo que reduce la fuerza dieléctrica del aislamiento del cable. Cuando esta se degrada lo suficiente, los transitorios causados por rayos o el switching pueden resultar en una descompostura dieléctrica. Esto conoce en inglés como electrochemical treeing. El fenómeno usualmente afecta a los cables dieléctricos extruidos como los cables de polietileno de cadena cruzada (XLPE) y de etileno propileno (EPR), y se atribuye principalmente a imperfecciones en el aislamiento y una fabricación defectuosa. No todas las fallas del sistema de cables subterráneo se deben al aislamiento. Un porcentaje importante ocurre en las terminaciones, articulaciones y empalmes. Las causas principales tienen que ver con el contacto con el agua y errores humanos. Se pueden utilizar cubiertas termos contráctiles en estas áreas para hacerlas a prueba de agua y mejorar su confiabilidad. (TECSA, 2020)



Figura 2-21: Fallo en el aislamiento de un cable subterráneo producido por la humedad
Fuente: (TECSA, 2020)

2.8.2 Falla en los transformadores

Es fundamental garantizar el buen funcionamiento de estos equipos, ya que, ante alguna falla o eventualidad, y al operar con grandes cantidades de energía, se pueden ocasionar daños materiales y al personal que se encuentre en las inmediaciones, de ser el caso. En términos económicos, suelen ser equipos bastante costosos y, en ocasiones, la procura para la entrega de un nuevo suministro suele ser larga, por lo que, de presentarse alguna falla en un transformador de potencia, puede ocasionar un paro del

suministro eléctrico en planta, causando pérdidas significativas para la industria. Para prevenir cualquier tipo de falla se deben realizar los respectivos mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos dependiendo de la necesidad y planificación. (Moreno, 2019)

2.8.2.1 Mantenimiento predictivo

Este proceso es orientado al uso de equipos especializados de ensayo, medición y monitorización de los parámetros de funcionamiento del transformador, con la finalidad de detectar algún indicio que pueda suponer un mal funcionamiento a futuro en el equipo. En este tipo de mantenimiento, suelen realizarse los siguientes tipos de ensayos dieléctricos: (Moreno, 2019)

- Prueba de tangente delta
- Resistencia del aislamiento
- Relación de transformación
- Prueba de resistencia óhmica de devanados
- Análisis fisicoquímico del aceite dieléctrico
- Análisis cromatográfico

Una de las pruebas más utilizadas es el análisis de fisicoquímico del aceite dieléctrico, en donde se comprueba la calidad y nivel del aceite presente en el transformador, como se muestra en la figura 2-22.



Figura 2-22: Análisis del aceite dieléctrico en un transformador
Fuente: Cite Energía, 2019

2.8.2.2 Mantenimiento preventivo

Se programa de acuerdo a un cronograma establecido con la finalidad de identificar futuras fallas o averías en las piezas o componentes del transformador, estas se identifican de forma visual, realizando una inspección a detalle de todas las partes del transformador en búsqueda de indicios de desgaste. Se debe inspeccionar el estado de los bushings, pernería de conexión al busbar, válvulas de alivio y purga, aterramiento, relé buchholz, si es el caso. Este tipo de mantenimiento se centra en la inspección a detalle, limpieza integral del transformador, ajuste de pernería en general. (Moreno, 2019)

2.8.2.3 Mantenimiento correctivo

Es el tipo de mantenimiento que se desea evitar por los costos que representa una parada inesperada de la subestación eléctrica, además del costo por la reparación, reemplazo de piezas, hasta la pérdida total del transformador. Suelen realizarse tras incidentes causados por error humano al momento de realizar maniobras de instalación o puesta en servicio, y también por falta de mantenimiento preventivo. (Moreno, 2019)

Este tipo de mantenimiento se da cuenta se presentan ciertas fallas, entre las más comunes están las siguientes:

- Fallas en el devanado: que pueden ser del tipo dieléctrico, térmico o mecánico.
- Fallas en el cojinete: por aflojamiento de los conductores causado por vibraciones en el transformador, lo que conlleva a sobrecalentamientos y deterioro del papel aislante y aceite dieléctrico. Por rotura de sellos del cojinete, por presencia de agua o desgaste.
- Fallas del núcleo: por una posible descompostura en el laminado del núcleo, por corrosión, relacionado al aceite dieléctrico contaminado y/o con presencia de humedad.
- Fallas en el tanque: normalmente causado por condiciones ambientales desfavorables (humedad, radiación solar, alta polución y corrosión).
- Fallas en el sistema de protección: falla en el relé buchholz, válvula de alivio, protección contra sobrecargas, entre otros.

- Fallas en el sistema de refrigeración: sistemas presentes en transformadores de gran potencia. Pueden originarse fallas en los ventiladores, bombas de aceite e intercambiadores de calor por condiciones ambientales desfavorables. Una falla de estos equipos causa un incremento de calor y acumulación de presión del gas, lo cual podría desencadenar en una explosión. (Moreno, 2019)



Figura 2-23: Reemplazo de bushing dañado en un transformador eléctrico
Fuente: Cite Energía, 2019

2.8.3 Rayos

En las subestaciones eléctricas se pueden presentar problemas debido al impacto directo de fenómenos atmosféricos como un rayo el cual genera diversas ondas, pero solo llegan a la subestación aquellas cuya magnitud es inferior al nivel de aislamiento de la línea y que, por lo tanto, no alcanzan a contornear los aisladores de la instalación. Estas ondas pueden ser de polaridad positivas, predominando esas últimas. Las sobretensiones de origen atmosférico pueden ser originadas por el impacto directo de rayos en líneas eléctricas y subestaciones, o inducidas por rayos que impactan en las proximidades de una línea o subestación. Los impactos directos de rayos sobre líneas de transmisión producen pérdida de aislamiento del material, contorneando los aisladores y produciendo fallas a tierra que son despejadas en última instancia por las protecciones convencionales. Las líneas de transmisión están generalmente blindadas, por lo que el contorneo se puede originar cuando una descarga alcanza un conductor

de fase o un cable de tierra, ya sea en una torre o en algún punto intermedio de un vano. (Hernández, 2018)

Los efectos secundarios de un impacto de rayo directo o cercano incluyen:

- **Carga electrostática:** La célula de tormenta induce una carga estática en cualquier estructura inmersa en la tormenta. Esta carga estática estará relacionada con la carga de la célula de la tormenta. Por esto se inducirá una diferencia de potencial en la estructura o conductor respecto a tierra que será un posible causante de interferencias.
- **Pulsos electromagnéticos:** Son el resultado de los campos electromagnéticos transitorios que se forman por el flujo de corriente, a través del canal de descarga del rayo. Después de que se establece el canal de descarga del rayo entre la nube y la tierra, llega a formarse un camino tan conductivo como un conductor eléctrico. La corriente de neutralización comienza a fluir rápidamente y produce un campo magnético en relación a la misma.
- **Pulsos electrostáticos:** Son el resultado directo de la variación del campo electrostático que acompaña a una tormenta eléctrica. Cualquier conductor suspendido sobre la superficie de la tierra, está inmerso dentro de un campo electrostático y será cargado con un potencial en relación con su altura, sobre la superficie de la tierra. (Hernández, 2018)

2.8.3.1 Impacto de la carga atmosférica en el hilo de guarda

Cuando un rayo impacta en medio del vano del hilo de guarda, se originan dos ondas con intensidad igual a la mitad de la del rayo, que se propagan en sentidos opuestos hacia las torres más próximas, como se muestra en la figura 2-24 Las tensiones originadas en este cable y en el conductor de fase serán:

$$U_g = \frac{Z_{glmax}}{2} U_f = K U_g$$

Ecuación 2-1: Las tensiones originadas en el hilo de guarda y en el conductor de fase

Siendo Z_g la impedancia características del cable de tierra, I_{max} la intensidad de cresta del rayo, y K el coeficiente de acoplamiento entre el cable de tierra y el conductor. Si la diferencia $U_g - U_f = (1-K)U_g$ es suficientemente grande, entonces el

contorneo se producirá entre el cable de tierra y el conductor de fase en el punto de impacto. En caso contrario, las ondas de tensión que se produjeron en el punto de impacto alcanzarán las torres más próximas donde se originarán ondas que viajarán a tierra. (Hernández, 2018)

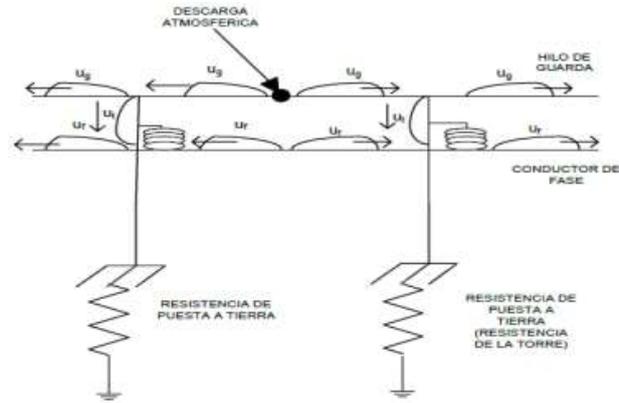


Figura 2-24: Impacto de rayo en el hilo de guarda
Fuente: Hernandez, 2018

2.8.3.2 Impacto directo de la descarga atmosférica en la torre.

Cuando cae una descarga de un rayo en una torre eléctrica se producen sobretensiones como se observa en la figura 2-25.

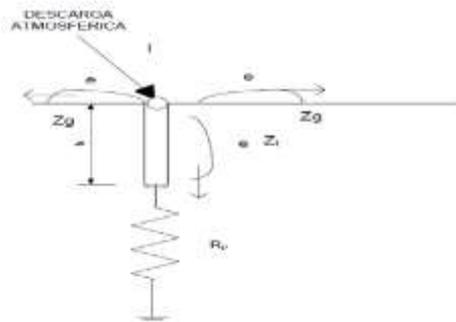


Figura 2-25: Impacto de una descarga atmosférica en una torre eléctrica
Fuente: Hernandez, 2018

El circuito equivalente incluye:

- La torre, que es representada mediante una línea ideal con impedancia característica Z_t y el tiempo de propagación.
- Los tramos del cable de tierra a ambos lados de la torre, que son representados por líneas aéreas ideales, de longitud infinita en impedancia característica Z_g .

- La impedancia de puesta a tierra de la torre, que es representada por una resistencia constante R_p .

2.8.3.3 Impacto en un conductor de fase

Cuando un rayo descarga su energía eléctrica directamente en un conductor, generalmente será el conductor situado en la fase más elevada o en una fase exterior. La corriente del rayo se dividirá en dos partes iguales que darán lugar a dos tensiones que se propagarán en ambos sentidos como se observa en la figura 2-26. (Hernández, 2018)

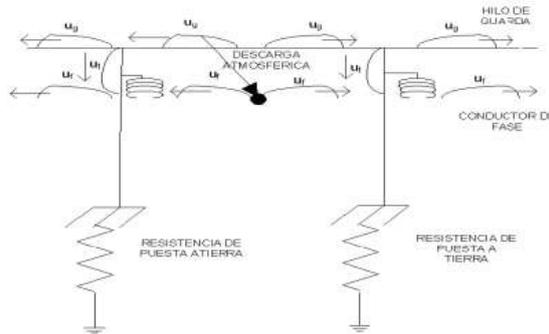


Figura 2-26: Impacto de un rayo en un conductor de fase
Fuente: Hernandez, 2018

La tensión máxima vendrá dada por la expresión:

$$U1 = Zc I_{max}/2$$

Ecuación 2-2: Tensión máxima en un conductor de fase producida por una descarga atmosférica

Siendo Z_c la impedancia característica del conductor de fase. En las otras fases de la línea también se originarán sobretensiones por acoplamiento. (Hernández, 2018)

2.8.4 La presencia de fauna en las instalaciones de un sistema eléctrico.

Como con cualquier elemento existente en el paisaje, la fauna interacciona con los tendidos y estaciones eléctricas. Aunque hay diversos grupos zoológicos que lo hacen, en las aves es más evidente. Esa interacción suele ser perjudicial, tanto para las aves como para las propias líneas eléctricas, aunque hay algunas especies que pueden llegar a verse favorecidas. La incidencia de la infraestructura eléctrica sobre los ecosistemas supone un coste en términos de pérdida de biodiversidad, contaminación, degradación ambiental, etc. El coste económico que todo ello representa es difícil de precisar, aunque se estima que sea de varios millones al año. (Martín, 2020)

Los animales pueden provocar daños en las subestaciones eléctricas que afectan la confiabilidad y la continuidad de los sistemas eléctricos. Entre los daños que pueden provocar se encuentran:

- Disparos de corriente.
- Interrupciones de corriente.
- Daños en el cableado del equipo.
- Daños en transformadores
- Derrame de aceite causado por una falla eléctrica.
- Daño equipo eléctrico como computadores, debido a la interrupción del servicio eléctrico.



Figura 2-27: Réptil dentro de un tablero eléctrico afectando el cableado
Fuente: (Tecsa, 2020)

2.8.4.1 Daños en el ecosistema de la fauna presente en un proyecto de energía eléctrica

Antes de que una subestación eléctrica esté operativa, el terreno donde fue construida pertenecía a la fauna presente en ese espacio, las cuales se ven obligadas a ser desplazadas por los trabajos de construcción de la subestación.

Para la valoración de los impactos se ha de distinguir entre la fauna terrestre y la avifauna, ya que sobre la primera los posibles impactos se centran exclusivamente en la potencial destrucción de nidos y madrigueras y, en casos muy concretos, en las

alteraciones de los ecosistemas afectados, el estrés que se provoca sobre el ecosistema durante la realización de los trabajos de construcción o la modificación permanente del hábitat en el emplazamiento de la selección. Estos efectos no son, en general, significativos ya que el impacto es pasajero y finaliza con el abandono de la zona por parte de los animales, siendo la magnitud del impacto función de la situación en que se encuentran tales animales en la zona y, sobre todo, de la época del año en que se realizan los trabajos. Sobre la avifauna la situación es similar, teniendo en común con la fauna terrestre la posible destrucción de nidos durante la fase de construcción. (Red eléctrica de España, 2019)

2.8.4.2 Tipo de fauna con mayor presencia en las redes y subestaciones eléctricas

Los animales que provocan más daños en las subestaciones eléctricas son:

- La avifauna, las aves son los principales bioindicadores sobre la salud de los ecosistemas, pues al estudiar su presencia es una manera más fácil de medir de manera científica cuál es el estado de dicho ecosistema, es decir, cuando se analiza un hábitat, los pájaros son más visibles que otras especies como reptiles o peces, además de que pueden ser detectados de otras formas, como los nidos y los sonidos que hacen, que pueden ser imitados para llamarlos, estas suelen entrar en las subestaciones eléctricas para colocar sus nidos alejados de sus depredadores.
- La mastofauna, en nuestro país los mamíferos habitan en todas las regiones naturales, cumpliendo roles ecológicos importantes en el mantenimiento y funcionamiento de los ecosistemas, hasta la fecha se han registrado 433 especies, por lo que Ecuador a pesar de tener una extensión territorial pequeña, es el país con la Mastofauna más diversa por unidad de superficie. Entre ardillas, ratones, entre otros roedores, estos entran para buscar alimento y protección de sus depredadores.
- La herpetofauna, los anfibios y reptiles poseen un papel funcional clave en los ecosistemas y son importantes, de manera directa o indirecta, para el ser humano. Este grupo indica y sostiene la salud del ecosistema a través de diferentes procesos: ayudan a mantener las aguas limpias, soportan las cadenas tróficas; influyen en la producción primaria de nutrientes, polinizan los órganos florales y dispersan (y viabilizan) semillas, incrementan la dinámica

de sedimentos en los cuerpos de agua (bioturbación) y, en general, mantienen el flujo de materia y energía entre ambientes acuáticos y terrestres, así como entre el dosel de los bosques y el suelo serpientes y reptiles. Al ser de sangre fría, necesitan una fuente de calor externo y las subestaciones eléctricas representan una oportunidad para ellas. (García, 2018)

Los animales y en especial los grandes vertebrados dejan evidencias de su presencia y actividades en el medio natural, estos pueden ser: excrementos, huella, restos de pelos o mudas, rasguños, restos óseos, restos de comida, alteraciones en la vegetación, sendas, o incluso nidos o madrigueras como se muestra en la figura 2-28.



Figura 2-28: Nido de ave presente en dispositivos externos
Fuente: (Tecsa; 2018)

Según CELEC, en la subestación Salitral que se muestra en la figura 2-29, la cual se encuentra en la vía Perimetral de la ciudad de Guayaquil, se realizó un estudio de campo con el fin de recabar la información sobre la presencia de las principales especies de animales que se pueden encontrar en las instalaciones, arrojando como resultado la presencia de un mamífero como se detallada en la tabla 2-1.



Figura 2-29: Subestación eléctrica Salitral
Fuente: (CELEC, 2018)

Tabla 2-1: Lista taxonómica de las especies de mamíferos registradas en la subestación Salitral

ÓRDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Didelphimorphia	Didelphidae	Didelphis marsupialis	Zarigüeya común

Fuente: Trabajo de campo CELEC, 2018

En la tabla 2-2, se evidencia la composición de la avifauna que se encuentra conformada por 11 especies, agrupadas en 9 familias y 5 órdenes.

Tabla 2-2: Lista taxonómica de las especies de aves registradas en la subestación Salitral

ÓRDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Passeriformes	Tyrannidae	Pyrocephalus rubinus	Mosquero Bermellón
Passeriformes	Furnariidae	Furnarius leucopus	Hornero del Pacífico
Columbiformes	Columbidae	Columbina buckeyi	Tortolita Ecuatoriana
Pelecaniformes	Ardidae	Ardea Cocoi	Garza

Accipitriformes	Cathartidae	Coragyps atratus	Gallinazo
Accipitriformes	Cathartidae	Cathartes aura	Gallinazo cabirojo
Cuculiformes	Cuculidae	Crotophaga sulcirostris	Garrapatero
Passeriformes	Icteridae	Cacicus cela	Cacique
Passeriformes	Icteridae	Dives warszewiczi	Negro
Passeriformes	Tityridae	Tityra inquisitor	Titira
Passeriformes Pinzon Sabanero	Thraupidae	Sicalis flaveol	Pinzon Sabanero

Fuente: CELEC, 2018

En la tabla 2-3 se muestra las especies de anfibios y reptiles observados en el trabajo de campo. En el área de estudio se identificó tres especies de anfibios y dos especies de reptiles.

Tabla 2-3: Lista taxonómica de las especies de anfibios y reptiles registradas en la subestación Salitral

ÓRDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
ANURA	Bufo	Rhinella horribilis	Rana común
ANURA	Leptodactylidae	Engystomops montubio	Rana túngara montubia
ANURA	Hylidae	Trachycephalus jordani	Rana de casco de Jordan
Squamata: Sauria	Iguanidae: Iguaninae	Iguana iguana	Iguanas verdes sudamericanas
Squamata: Serpentes	Boidae	Boa imperator	Boa

Fuente: CELEC, 2018

2.8.4.3 Impacto de la interacción de la avifauna en las redes de transmisión de energía eléctrica

La presencia de tendidos eléctricos puede ser atractiva para las aves por diversos motivos:

- **Sustratos de nidificación:** Muchas especies utilizan los apoyos de las líneas eléctricas como plataformas o sustratos para construir sus nidos.
- **Posaderos para el descanso o la caza:** Para muchas aves rapaces constituyen excelentes posaderas desde las que pueden vigilar su territorio y emprender sus acciones de caza.
- **Hábitat favorable:** En zonas con abundante cobertura vegetal la eliminación de la vegetación por debajo de las líneas eléctricas favorece la presencia de especies propias de medios más abiertos, que amplían su distribución a lo largo de esos trayectos, que funcionan como auténticos corredores para ellas. (Martín, 2020)

Las redes eléctricas de distribución también representan un gran peligro para los diferentes tipos de ave que puedan existir en ese ecosistema, los principales problemas con los tendidos eléctricos y la fauna son:

- **Pérdida, degradación o fragmentación del hábitat.** La eliminación de la vegetación a lo largo de las líneas eléctricas, aunque puede favorecer a algunas especies, perjudica a aquellas ligadas a los ambientes de vegetación más densa para las que supone una alteración directa de su hábitat.
- **Molestias por el aumento de la actividad humana.** Se dan sobre todo durante la fase de construcción, pero también en las épocas que tienen lugar las labores de mantenimiento de la línea.
- **Efecto barrera.** Las grandes líneas de transporte constituyen una barrera física para los desplazamientos diarios y estacionales de las aves, que pueden modificarlos por el mayor gasto energético de evitarlos o cruzar sobre ellos; incluso podrían modificar el comportamiento migratorio y los patrones de vuelo de algunas especies.
- **Mortalidad directa.** La existencia de líneas eléctricas constituye un riesgo directo para numerosas especies de aves, que sufren importantes bajas en su interacción con ellas. Hay tres tipos de interacciones directas negativas

de los tendidos eléctricos sobre las aves: electrocución, colisión y enganche. (Martín, 2020)

- La colisión consiste en el choque del ave en vuelo contra los cables de la línea eléctrica. Es el tipo de interacción más extendida, pues se produce en todo tipo de líneas, desde las grandes de transporte hasta incluso en las de baja tensión.
- La electrocución se produce cuando el ave sufre una descarga eléctrica al tocar dos elementos en tensión con diferente potencial o uno en tensión y otro metálico con derivación a tierra de manera simultánea, normalmente una parte del apoyo o su cable de tierra, mientras está posada o al aterrizar o despegar.
- El enganche es la menos frecuente y tiene lugar muy raramente. Se produce cuando el ave, al posarse en un apoyo, queda enganchada por sus patas (más raramente por las alas) con un elemento metálico. El animal acaba muriendo colgado, sin poder soltarse, o tras las heridas que se produce al liberarse.



Figura 2-30: Impactos y efectos de líneas de alta tensión sobre la fauna
 Fuente: Tomado y adaptado de Biasotto & Kindel, (2018)

En algunas zonas del mundo se ha estimado que entre el 10-23,5% de los cortes en el sistema eléctrico son producidos por incidentes con las aves. Sus causas son variadas:

- Contacto de los elementos eléctricos con los materiales de nidos.
- Contactos entre conductores producidos por el cimbreo de un conductor al despegar de él un bando grande de aves.

- Caída de presas o sus restos sobre los conductores o el equipamiento eléctrico.
- Acumulación de excrementos sobre elementos conductores.
- Rotura o contacto de conductores por colisiones.
- Daños en aisladores o fusibles producidos por electrocuciones.

De todas ellas las electrocuciones son la más importante fuente de problemas. Algunos estudios muestran que entre el 10-55% de los casos de electrocución producen cortocircuitos, que pueden derivar en problemas más graves. (Martín, 2020)

2.8.4.4 Dispositivos para impedir el acceso de la fauna en los dispositivos de una instalación eléctrica.

En la tabla 2-4, se muestran los principales dispositivos de tipo barrera que se utilizan para proteger a la fauna de accidentes de electrocución, y a los dispositivos eléctricos de una subestación contra fallas generadas por la presencia de animales. Se describen las principales características de cada uno de los dispositivos y su lugar de trabajo en el cual son colocados estratégicamente para que cumplan la función requerida. (Lara, Sánchez, Ramírez, Ramírez, & Rodríguez , 2020)

Tabla 2-4: Dispositivos de protección de la red eléctrica para la prevención de electrocución de la fauna

Nombre del dispositivo	Descripción	Tipo de colocación
Dispositivo antiescalamiento	Están contruidos con un material metálico inoxidable tipo paleta, de 20 cm de ancho por 50 cm de largo con una longitud de 1,5 metros.	Se coloca en los cables de anclaje a una altura superior de tres metros y todos a una misma altura.
Dispositivo tipo barrera para prevenir el ingreso de animales a redes eléctricas y subestaciones	Es un dispositivo giratorio que se fijan sobre la línea de la red eléctrica, cable de anclaje o acometida eléctrica; son utilizados para prevenir el ingreso de la fauna a las subestaciones, ya que se pueden colocar en cables de salida o ingreso de energía que alimenta la subestación o los cables del sistema de alumbrado. Deben ser de un polímero que permita su instalación con las líneas energizadas si fuera necesario y deben tener una longitud	Se colocan en líneas eléctricas, cables de anclaje, acometidas eléctricas, cables de alimentación eléctrica de luminarias, cables de comunicación, entre otros. Es importante considerar que este tipo de dispositivo debe colocarse y fijarse sobre la línea, y a una distancia máxima de 1 metro del poste para evitar que el animal esté en contacto con la línea eléctrica.

	mayor a 1,5 metros para evitar que algunos animales se salten el dispositivo.	
Protectores electrostáticos	Los protectores electrostáticos tienen dos diseños: el dispositivo tipo disco de polímero rígido. Y el dispositivo electroestático en material siliconado liso y en forma cónica, para utilizar en aisladores de porcelana de la red eléctrica, este diseño evita que las aves perchen y/o construyan sus nidos sobre el dispositivo, inclusive que la fauna trepadora tenga fácil acceso al tendido eléctrico.	El dispositivo electrostático de polímero rígido se coloca principalmente sobre los aisladores de porcelana de los soportes de las cuchillas en subestaciones; o sobre aisladores de porcelana que se encuentren en posición horizontal, para que el dispositivo quede colocado verticalmente, así impedir que las aves tengan una superficie donde construir sus nidos.
Dispositivo anti-percha	Es plástico rígido para evitar que las aves perchen sobre cualquier tipo de estructura del tendido eléctrico. Puede ser utilizado el tipo “pico de paloma” (pigeonspike) o triángulo plástico rígido.	Se pueden colocar sobre aisladores, inclusive en los cruceros, con el fin de evitar que las aves perchen cerca del cableado.

Fuente: Sistema Nacional de Áreas de Conservación

En la figura 2-31, se muestra un dispositivo antiescalamiento de 20x50 cm instalado en una línea de distribución eléctrica para prevenir que animales escaladores suban por el cable hasta las torres.



Figura 2-31: Dispositivo antiescalamiento
Fuente: (CNFL, 2020)

En la figura 2-32, se muestra el diseño e instalación de los dispositivos tipo barrera para prevenir el ingreso de animales a las redes eléctricas.

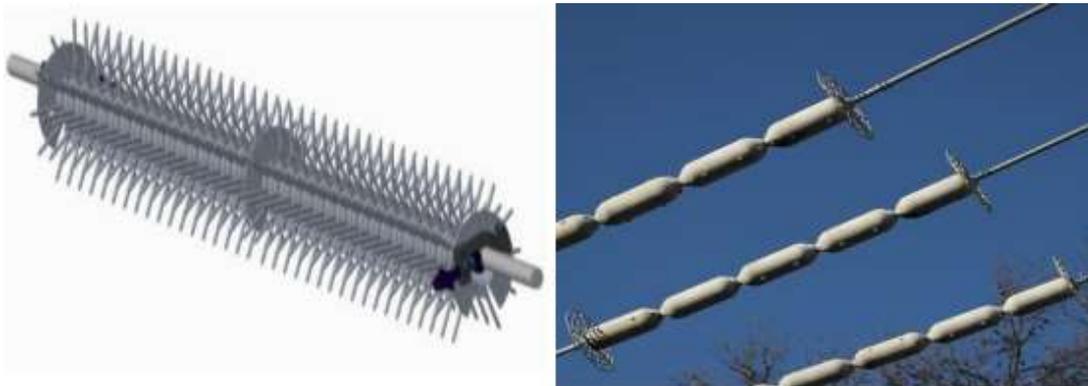


Figura 2-32: Dispositivo tipo barrera para prevenir el ingreso de animales a las redes eléctricas
Fuente: (CNFL, 2020)

En la figura 2-33, se muestran los dispositivos electrostáticos instalados sobre los aisladores de porcelana de los soportes de las cuchillas de una subestación eléctrica.



Figura 2-33: Dispositivos electrostáticos colocados sobre los aisladores de porcelana de los soportes de las cuchillas en una subestación

Fuente: (CNFL, 2020)

En la figura 2-34, se muestran los dispositivos anti-percha tipo pico de paloma instalados en las torres de distribución de energía eléctrica.



Figura 2-34: Dispositivo anti-percha tipo pico de paloma

Fuente: (CNFL, 2020)

En la tabla 2-5, se muestran los principales dispositivos previsores de colisión en el tendido eléctrico o dispositivos para aumentar la visibilidad de cables del tendido eléctrico que se utilizan para proteger a la fauna de accidentes de electrocución.

Tabla 2-5: Dispositivos previsores de colisión en el tendido eléctrico o dispositivos para aumentar la visibilidad de cables del tendido eléctrico

Nombre del dispositivo	Descripción	Tipo de colocación
Previsores de colisión en el tendido eléctrico o dispositivos para aumentar la visibilidad de cables del tendido eléctrico		
Cobertores de goma y cobertores poliméricos rígidos	Cobertores de goma siliconada y cobertores poliméricos para aislar los puntos de contacto y secciones o tramos de red energizadas.	Se utilizan para cubrir puntos de unión, cuchillas cortacircuitos, pararrayos, “jumpers”, contactos del transformador, aisladores de porcelana, entre otras partes de la red eléctrica y subestaciones, bajo criterio de diseño y ambiental.
Protector de silicón tipo manguera	Protectores de silicón tipo manguera, para aislar el cable.	Se coloca en salidas de transformadores y “jumpers”. También se puede colocar envolviendo el cable eléctrico desnudo en una distancia de 1,5 m desde el aislador de porcelana en ambos extremos.
Cinta aislante adhesiva	Cinta aislante adhesiva, para aislar los puntos de unión de cables.	Es importante considerar que la cinta debe cumplir con las recomendaciones técnicas de cada elemento aislante y adaptarse a la tensión en donde será colocada

Fuente: Sistema Nacional de Áreas de Conservación

En la figura 2-35, se muestra la cobertura y protección de los interruptores de una subestación eléctrica instalados en la parte superior utilizando cobertores de goma y cobertores poliméricos rígidos



Figura 2-35: Protectores rígidos colocados en aisladores de porcelana de interruptores de una subestación
Fuente: (CNFL, 2020)

En la figura 2-36, se muestra la cobertura y protección de los terminales de un transformador utilizando protectores de polímero rígido.



Figura 2-36: protectores de polímero rígido para protección del terminal de un transformador

Fuente: (CNFL, 2020)

En la figura 2-37, se muestra la correcta instalación de los protectores de hule de silicón tipo manguera, para aislar el Jumper y polímero rígido para el cable.



Figura 2-37: Protectores de hule de silicón tipo manguera, para aislar el Jumper y polímero rígido para el cable

Fuente: (ESPH, 2020)

En la tabla 2-6, se muestran los cables aislados y semi-aislados que se utilizan para proteger a la fauna de accidentes de electrocución.

Tabla 2-6: Cable aislado y semiaislado para la protección de los dispositivos eléctricos y de la fauna presente ante accidentes

Nombre del dispositivo	Descripción	Tipo de colocación
Cable aislado y semiaislado		
Cable aislado y semiaislado	Cable conductor recubierto con material aislante.	Se aplica de acuerdo a un criterio técnico en lugares vulnerables a que se den interrupciones de energía causados por flora y fauna

Fuente: Sistema Nacional de Áreas de Conservación

En la figura 2-38, se muestra un cable utilizado para la distribución de energía a altos voltajes, el cual está protegido por un cobertor semi-aislado lo cual brinda mayor seguridad contra accidentes eléctricos a distintas especies de animales. (Lara, Sánchez, Ramírez, Ramírez, & Rodríguez , 2020)



Figura 2-38: Cable conductor con recubierta semiaislada
Fuente: (ESHP, 2020)

2.8 Sistemas embebidos

Básicamente son sistemas electrónicos digitales diseñados específicamente para una determinada tarea, normalmente en aplicaciones de control y monitorización. Los sistemas embebidos cumplen con estrictos requerimientos de costo tamaño consumo y prestaciones que lo hacen apto para ser utilizado en un entorno específico. (Ramón, 2021)

Los componentes de un sistema embebido son los siguientes, en la parte central se encuentra el microprocesador, microcontrolador, DSP, etc. La CPU o unidad que aporta la capacidad de cómputo del sistema, pudiendo incluir memoria interna o externa, un micro con arquitectura específica según los requisitos. Los sistemas embebidos se pueden programar directamente en el lenguaje ensamblador del microcontrolador o microprocesador incorporado sobre el mismo, o también, utilizando los compiladores específicos, pueden utilizarse lenguajes como C o C++; en algunos casos, cuando el tiempo de respuesta de la aplicación no es un factor crítico, también pueden usarse lenguajes como JAVA.

2.8.4 Características básicas de un sistema embebido.

Estos sistemas integrados son muy importantes en diferentes proyectos de electrónica de control y automatización, especialmente por sus características y beneficios que pueden ofrecer ante otros dispositivos de control. Las principales características son las siguientes:

- Deben ser confiables

- La confiabilidad, es la probabilidad de que el sistema trabaje correctamente
- La mantenibilidad, es la probabilidad de que el sistema vuelva a trabajar correctamente d unidades de tiempo después de un fallo.
- La disponibilidad, es la probabilidad de que el sistema esté funcionando en el tiempo.
- La seguridad informática: consiste en disponer de una comunicación confidencial y autenticada.
- La creación de un sistema confiable debe ser considerada desde un comienzo
- Deben ser eficientes en cuanto a la energía, al tamaño de código, al peso y al costo.
- Están dedicados a ciertas aplicaciones.
- Interfaces de usuario dedicadas

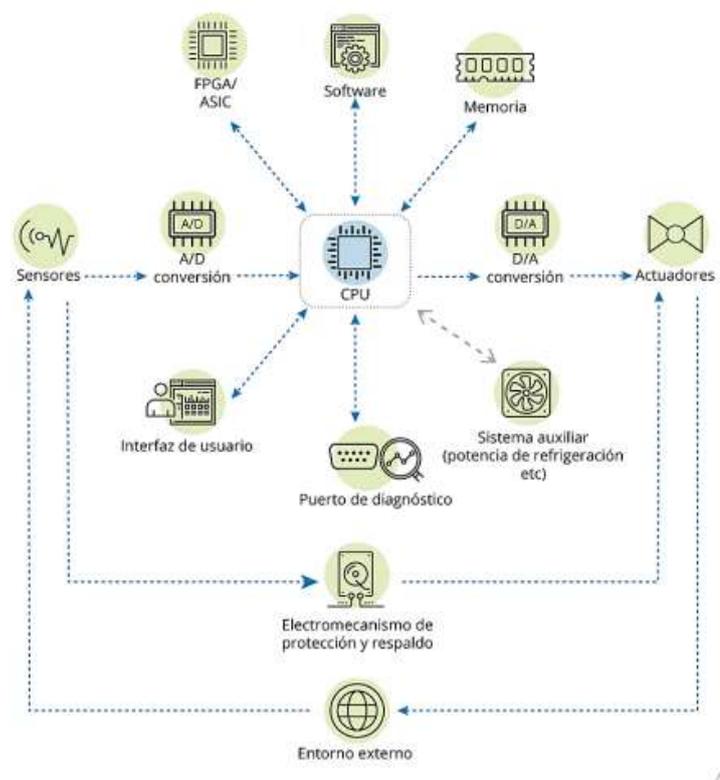


Figura 2-39: Componentes de los sistemas embebidos

Fuente: Incibe, 2018

2.12.1 Microcontrolador

Microcontrolador es un circuito integrado VLSI que contiene en una sola pastilla de semiconductor la unidad de lógica y aritmética y la unidad de control; además, memoria para datos, memoria de programa y circuitos elementales de entrada y salida. En vista a los circuitos que contiene se le denomina también una microcomputadora en un solo chip. Son circuitos que han sido diseñados para su aplicación orientada al control y permiten el manejo de información en estructura de datos a nivel de byte o bit. Las principales partes de un microcontrolador son: (Alvear & Freire, 2010)

- Memoria Principal.
- Unidad central de Procesos
- Unidad aritmética lógica
- Unidad de control
- Unidad de entrada y salidas
- Reloj



Figura 2-40: Microcontrolador Arduino Uno
Fuente: Arduino, 2018

2.8.5 Sensores

Son dispositivos utilizados para detectar variables en magnitudes químicas o físicas y transformarlas consecuentemente en variables eléctricas en relación con la cantidad que se está midiendo, por ejemplo, un elemento para medir temperatura, la capacidad para transformar la entrada de temperatura en un cambio de resistencia para determinar el calor térmico en una métrica determinada. Los sistemas de monitorización y control requieren sensores para medir cantidades físicas tales como

posición distancia, fuerza, deformación, temperatura, vibración, aceleración, etc. (Aguilar, 2020)

Existen diferentes tipos de sensores, con funcionalidades diferentes, todo depende de la variable que se requiere medir en relación al propósito u objetivo del proyecto. Entre los más utilizados están:

- Sensor de temperatura
- Sensor de movimiento
- Sensor de distancia
- Sensor de imagen

En la figura 2-41, se muestran estos tipos de sensores.



Figura 2-41: Sensores
Fuente: Pce, 2017

2.8.6 Actuadores

Es un dispositivo capaz de transformar diversos tipos de energía en procesos de fabricación automatizada. Un actuador automático es un dispositivo cuya función es generar y proporcionar fuerza para actuar o mover otro dispositivo mecánico. Todo se produce por medio de un controlador que da una respuesta al captar un impulso y transformarlo en acción. (Bosque, 2021)

Los actuadores son los dispositivos que permiten al sistema de control ‘actuar’ sobre el ‘mundo real’ para realizar las acciones deseadas, existen multitud de sistemas actuadores aunque el mando y control de los mismos es más fácil, en general, que el manejo de sensores. El objetivo final de los sistemas de control automático consiste en iniciar, parar o regular el funcionamiento de los actuadores. Existen una gran cantidad

de actuadores. (DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA IES ANTONIO SEQUEROS, 2018)

- Cilindros neumáticos e hidráulicos
- Motores eléctricos
- Motores paso a paso y servomotores
- Lámparas
- Sirenas
- Electroválvulas

En el mundo de los actuadores tenemos la siguiente clasificación:

- Actuadores neumáticos: Utilizan el aire comprimido como fuente de energía.
- Actuadores hidráulicos: Para la generación de movimientos usan líquidos como aceites.
- Actuadores mecánicos: Para operar se valen de cadenas, poleas, resortes, engranajes, rieles, etc.
- Actuadores eléctricos: Extraen la energía de alguna fuente externa, como una batería. De esa manera operan motores, convirtiendo en fuerza mecánica la energía eléctrica.
- Actuadores térmicos: Se valen de la energía magnética o térmica para generar el movimiento. (Bosque, 2021)

Capítulo 3 : DISEÑO DE PROTOTIPOS Y ANALISIS

En el presente capitulo se presentan varios métodos para resolver la problemática, y se detalla el diseño, prototipo y las pruebas realizadas del objetivo principal. Se menciona a detalle el hardware y software que se utiliza en el proyecto, como el microcontrolador Arduino UNO, los sensores para detectar presencia mediante ultrasonido, los amplificadores de frecuencia y todo el desarrollo de la programación.

3.1 Practicas correctas para el manejo de la presencia de fauna en las instalaciones eléctricas según el grupo taxonómico

Según el estudio realizado en cuatro países diferentes de Latinoamérica como son Brasil, Chile, México y Perú sobre la distribución de las prácticas de manejo por grupo taxonómico, se identificó que la vegetación es el grupo al que se dirigen la mayor parte de las prácticas de manejo con un 41% de las prácticas totales, seguido de las aves con un 20%. Por otra parte, hacia la herpetofauna se direccionaron el 15% de las actividades, en cuanto al manejo de mamíferos correspondió a un 21%, como se muestra en la figura 3-1.

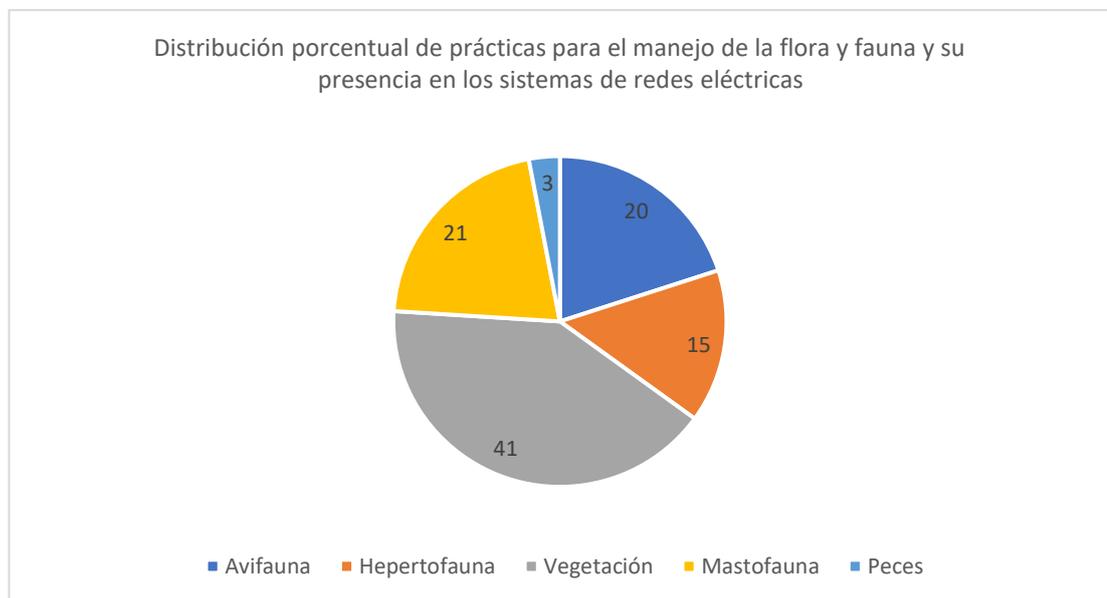


Figura 3-1: Distribución porcentual de prácticas para el manejo de la flora y fauna y su presencia en los sistemas de redes eléctricas

Fuente: Autor

3.2 Métodos más utilizados en Latinoamérica para impedir el acceso de avifauna en una instalación eléctrica

Para las aves se reportaron 8 prácticas de manejo: Ahuyentamiento, aporte monetario a la investigación, conectividad, desviadores de vuelo y aisladores, estudios poblacionales, investigación, rescate y rehabilitación animales heridos por colisión y Sensibilización. La práctica más usada para el grupo es el uso de desviadores de vuelo y aisladores seguida de sensibilización y ahuyentamiento con porcentajes de uso de 69.2%, 61.5% y 46.1% respectivamente. El rescate y rehabilitación de animales heridos por colisión se usó en el 13.3% de las experiencias; las demás prácticas como aporte monetario a la investigación, conectividad, estudios poblacionales e investigación se reportaron en uno de los 13 expedientes consultados, como se muestra en la figura 3-2. (Bonell, 2018)

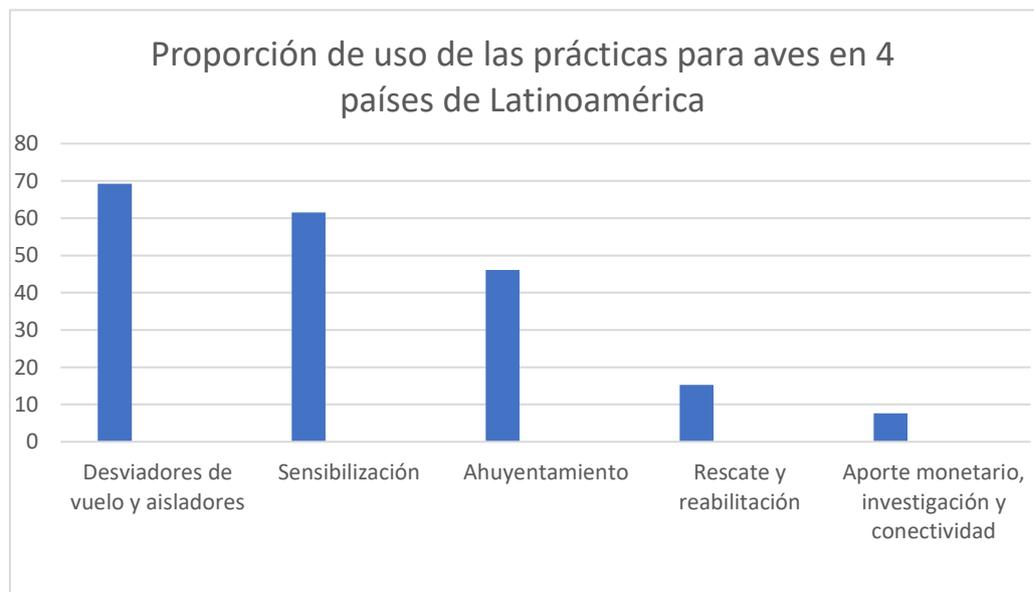


Figura 3-2: Proporción de uso de las prácticas para aves en 4 países de Latinoamérica

Fuente: Autor

Para la práctica de manejo más usada, una experiencia en Brasil contempló la instalación de desviadores de vuelo y aisladores en puntos críticos con movimiento luces para facilitar la visualización en las aves que vuelan de noche. Países como Chile y Perú sugieren el uso de instrumentos de persuasión de aves en torres. Se reportó una experiencia dónde la instalación de estos dispositivos tiene en cuenta los ríos de mayor cauce. (Bonell, 2018)

3.3 Métodos más utilizados en Latinoamérica para impedir el acceso mastofauna en una instalación eléctrica

Según el estudio realizado en los países seleccionados de Latinoamérica, para los mamíferos se obtuvo un total de 8 prácticas de manejo, el mayor porcentaje de uso lo presentaron en orden descendente las prácticas sensibilización y ahuyentamiento con 84.6% y 61.5% respectivamente. Las demás prácticas conectividad, aporte monetario a la investigación, desviadores de vuelo y aisladores, investigación, mejoramiento de hábitat y rescate y rehabilitación de animales heridos por colisión fueron muy poco frecuentes al encontrarse en 1 de las 13 experiencias consultadas en el ámbito latinoamericano como se muestra en la figura 3-3.

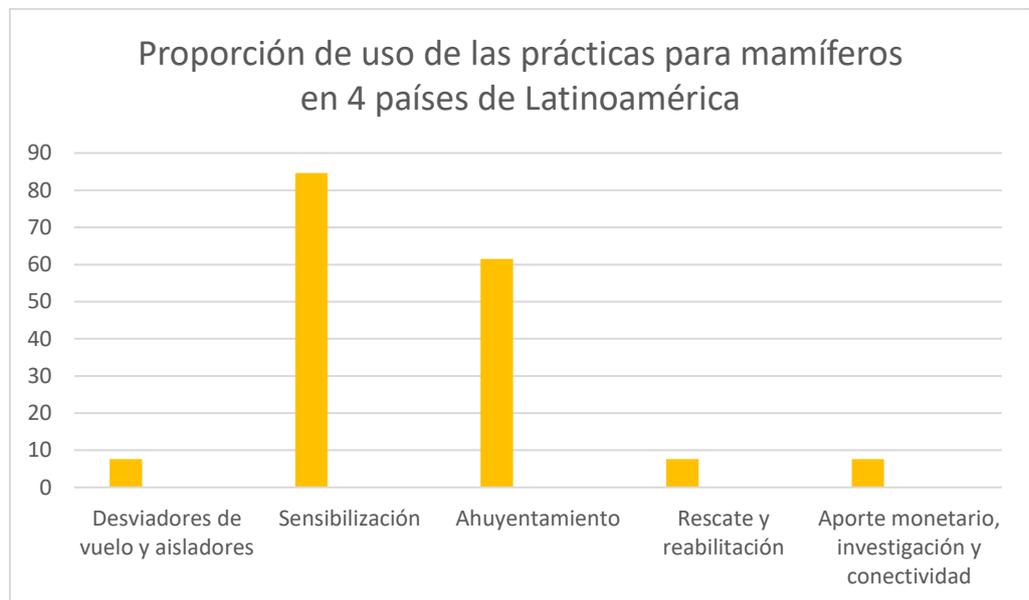


Figura 3-3: Proporción de uso de las prácticas para mamíferos en 4 países de Latinoamérica
Fuente: Autor

A pesar de su poco porcentaje de uso en las experiencias latinoamericanas, en Brasil se propuso instalar desviadores de vuelo y aisladores en puntos críticos con movimiento y luces para facilitar la visualización de los murciélagos debido a que la mayoría de estas especies se encuentran activas en la noche. (Bonell, 2018)

3.4 Métodos más utilizados en Latinoamérica para impedir el acceso de herpetofauna en una instalación eléctrica

Para el grupo herpetofauna se reportaron a nivel latinoamericano 6 prácticas de manejo, cuyo mayor porcentaje de uso lo presentaron prácticas como el ahuyentamiento y la sensibilización con proporciones de 61.5%, las prácticas como

aporte monetario a la investigación, conectividad, mejoramiento de hábitat e investigación se encontraron solo en una de las 13 experiencias consultadas, como se muestra en la figura 3-4. (Bonell, 2018)

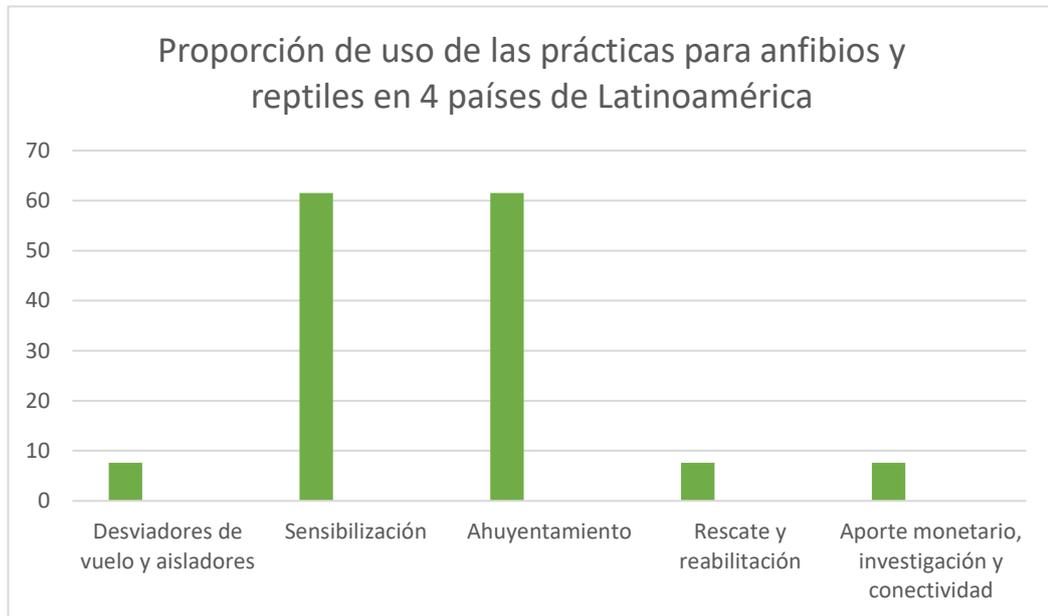


Figura 3-4: Proporción de uso de las prácticas para anfibios y reptiles en 4 países de Latinoamérica

Fuente: Autor

3.5 Uso de frecuencias sonoras para controlar la presencia de diferentes tipos de fauna.

Este método se utiliza para evitar la presencia de diferentes animales, básicamente son ahuyentadores electrónicos de roedores, aves, reptiles entre otros, son una gran opción para evitar el acceso de animales instalaciones, dado que estos sistemas se caracterizan por ser sofisticados y limpios. Existen varios tipos de ahuyentadores entre ellos tenemos a los ultrasónicos, por ondas electromagnéticas y algunos que combinan las dos tecnologías. Funciona a través de ondas ultrasónicas agudas, las cuales son inaudibles para el ser humano, sin embargo, son altamente audibles y molestas para los roedores, de esta manera hace que se alejen de la zona protegida. El aparato está conectado a toda la red eléctrica, generando una especie de barrera ultrasónica invisible, evitando el acercamiento de animales y proliferación por ausencia de nidos. Uno de los beneficios de estos dispositivos es que la frecuencia y el patrón de sonido de las ondas pueden ser configurados según se requiera. Su

efectividad es al instante puesto que el ruido provocado por este aparato es sumamente fuerte para estos animales. (Freire, 2017)

Cabe destacar que no existe evidencia de que los disuasores ultrasónicos funcionen, la evidencia indica que la mayoría de las especies de aves no pueden oír en el rango ultrasónico (>20kHz), además no existen bases biológicas para su uso, muestra de esto es un estudio que probó que las palomas ignoran por completo dichos aparatos. Asimismo, se debe tener presente que al igual que cualquier otro sonido, la transmisión se verá afectada por la dirección del viento, además de cómo estos son reflejados por las estructuras aledañas. La temperatura también sería un factor importante. Se describe que algunos aparatos podrían alcanzar hasta 300m (230), lo que quiere decir, esta técnica no puede ser utilizada en lugares muy amplios, además de ser cara. (Gonzalez, 2015)

La efectividad de este método para ahuyentar a las aves aún está en discusión. Su éxito depende de diversos factores, siendo esta multifactorialidad lo que aumenta la variación de sus resultados. Las características de las especies y del lugar son fundamentales al momento de aplicarlo. Se ha visto que las frecuencias y ruidos que no tienen un componente biológico de “miedo” no son útiles a largo plazo, generando una pronta habituación por parte de las aves. De igual manera la especie de ave determinará la reacción frente al uso de vocalizaciones de alarma, pudiendo obtenerse incluso el efecto contrario, haciendo que se active una respuesta de investigación del lugar desde donde provienen. (Gonzalez, 2015)

3.5.1 La percepción del sonido

El campo auditivo humano corresponde a una banda específica de frecuencias y un rango concreto de intensidades. Solo las vibraciones acústicas incluidas dentro de este campo se consideran sonidos. El oído humano percibe sonidos con frecuencias comprendidas entre los 20 Hz, el tono más bajo, y los 20.000 Hz, el tono más alto. Todos los sonidos por debajo de 20 Hz se califican como infrasonidos, aunque algunos animales, como la rata topo o el elefante, son capaces de escucharlos. Del mismo modo, todos los sonidos por encima de 20.000 Hz se califican como ultrasonidos.

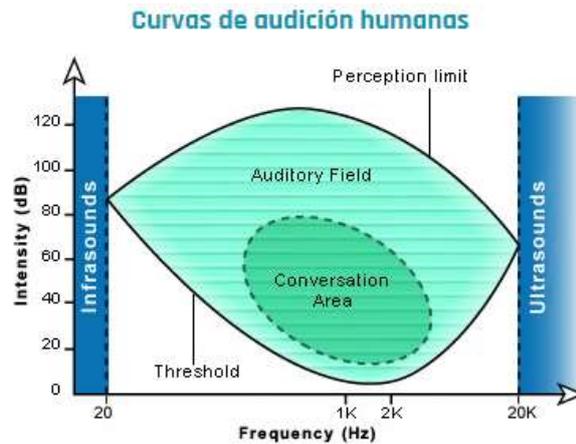


Figura 3-5: Curvas de rangos auditivos en humanos
Fuente: Minary, 2020

En la figura 3-5 se muestra que el campo auditivo humano (verde) está limitado por la curva del umbral de percepción sonora (abajo) y una curva que da el límite superior de la percepción del sonido (arriba). En cada frecuencia, entre 20 Hz y 20 kHz, el umbral de nuestra sensibilidad es diferente. El mejor umbral (alrededor de 2 kHz) es cercano a 0 dB. También es en este rango medio de frecuencias donde la dinámica de la sensación es la mejor (120 dB). El área de conversación (verde oscuro) muestra el rango de sonidos más comúnmente utilizado en la percepción de la voz humana; cuando la pérdida de audición afecta esta área, la comunicación se altera. (Morell, 2018)

Los gatos y los perros pueden percibir ultrasonidos por encima de los 40.000 Hz, el delfín puede llegar a percibir ultrasonidos de hasta 160.000 Hz y el murciélago de hasta 200.000 Hz. Existen animales depredadores, también tienen la necesidad y por tanto la facultad de detectar con gran precisión, no solo los sonidos, sino también la dirección de la que provienen. Pero esa gran capacidad auditiva también hace que los animales sean mucho más sensibles a los ruidos, por ello les afecta sobremanera el estruendo, lo que en muchos de ellos activa sus mecanismos de huida y defensa, o sufren estrés acústico que puede influir negativamente en su comportamiento. (Bravo, 2021)

Las palomas como otros animales se comunican con diferentes sonidos cuando llega el momento de alimentarse, reproducirse y protegerse de los depredadores. El rango auditivo de las palomas va desde los 200 Hz hasta los 7500 Hz según los

experimentos realizados por Brand A.R y Kellog P.P, existen estudios en donde se indica que las palomas sienten o perciben las frecuencias bajas de manera similar a los humanos.

El oído animal está más desarrollado que el oído humano, en cuanto a su sensibilidad, debido a que una gran cantidad de especies dependen de señales auditivas para comunicarse entre sí. Estructuralmente el oído de las aves es similar al de los mamíferos. Los animales, pueden percibir sonidos con una amplitud mínima, por lo tanto, son sensibles a los sonidos con una mayor amplitud, los cuales le causan malestares auditivos. Los sonidos perceptibles por las aves son reducidos, alcanzando los 30 KHz. (Molina & Vasquez, 2012)

Tabla 3-1: Frecuencias ultrasónicas audibles por algunos animales

Clases de animales	Rango de frecuencias ultrasónicas audibles (20KHZ)
Aves	20 a 35
Perros, gatos, conejos	20 a 30
Ratones y hámster	20 a 40
Lagartijas	20 a 35
Ratas	20 a 40
Roedores de campo	20 a 50

Fuente: Autor

3.5.2 Características ahuyentador electrónico

- Los ahuyentadores más avanzados cuentan con un radio de acción muy amplio.
- El radio de acción de estos aparatos puede alcanzar a cubrir toda una casa sin ningún problema.
- Son de bajo costo, dado que su ahorro de energía es muy notable comparado con otro tipo de métodos.
- Tiene la facilidad de alcanzar los lugares difícilmente accesibles para el hombre y que, con otros métodos como trampas, venenos y más no es posible.
- No representan ningún peligro para niños y mascotas.



Figura 3-6: Ahuyentadores ultrasónicos

Fuente: Extertronic, 2017

3.6 Sistema generador de altas frecuencias utilizando el circuito integrado NE555 en modo astable.

El diseño de este prototipo se basa en la utilización del circuito integrado NE555 en modo astable, siendo este la parte principal del circuito de fuerza debido a que genera la frecuencia deseada también consta de una parte de control y dos alimentaciones independientes para la parte lógica y la de potencia. El trabajo general del sistema es detectar la presencia de un animal en un área específica para enviar la señal de la activación del sistema de generación de ultra frecuencias, cuando el sensor detecta un cambio en alto de la variable de presencia activa el sistema y cuando detecta la variable en bajo desactiva el sistema. El sistema trabaja generando unas frecuencias por arriba de los 20kHz para que no sea audible por el oído del ser humano, pero que, si sean lo suficientemente perceptibles para el sistema auditivo de algunos animales y poder crear un comando de estrés en su sistema nervioso, para que de esta manera el animal se vea obligado a retirarse del sitio evitando daños en las instalaciones y salva guardando su vida ante un posible riesgo eléctrico.

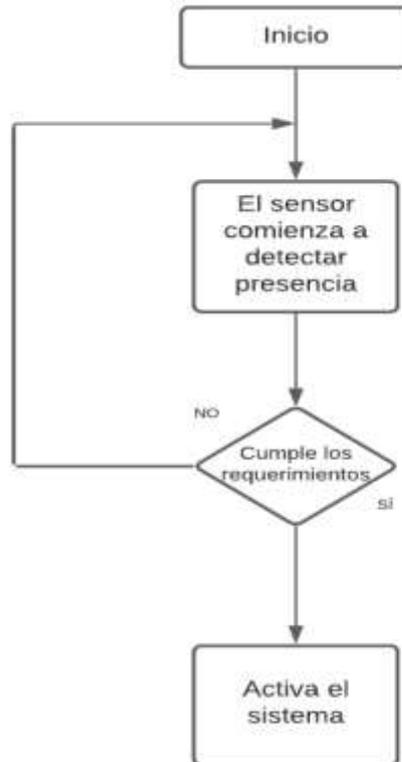


Figura 3-7: Diagrama de flujo del sistema

Fuente: Autor

Los componentes del sistema son los siguientes:

- Microcontrolador ARDUINO UNO
- Sensor infrarrojo PIR
- Circuito integrado NE555
- Capacitor cerámico de 10 nF
- Capacitor electrolítico de 0.22uF
- Resistencias
- Módulo Relé de 5 V de Arduino
- Batería de 9V para la alimentación del microcontrolador
- Batería Lipo de 2 celdas de 7.4V y 0.8A para la alimentación del circuito de generación
- Speaker con rango para ultra frecuencias
- Foco LED indicador
- Protoboard
- Cables

La función de este sistema se basa en la detección de la presencia de algún tipo de animal mediante el sensor que trabaja de retroalimentación para el lazo cerrado, esta señal digital del sensor es enviada a la tarjeta del microcontrolador para ser procesada y posteriormente enviar una señal de salida que energice la bobina del relé para alimentar el sistema accionando el speaker a una frecuencia de audio determinada.

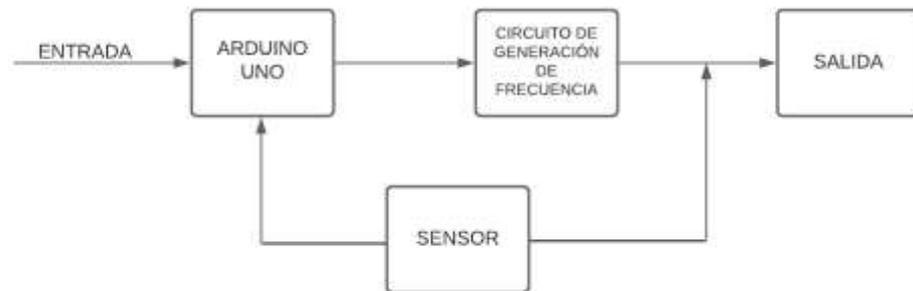


Figura 3-8: Control del sistema en lazo cerrado
Fuente: Autor

3.6.1 Control del sistema

La tarjeta controladora Arduino UNO es la que comandará todo el proceso, como se muestra en la figura 3-9 la retroalimentación estará basada en las lecturas que realice el sensor PIR, el cual estará conectado en el pin 2 de los puertos digitales del microcontrolador y estará configurado como una entrada digital para la lectura de la señal recibida.

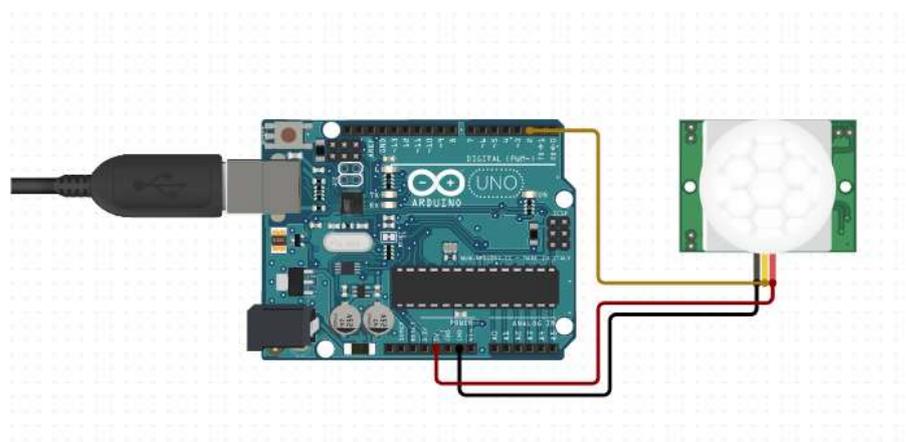


Figura 3-9: Conexión del sensor PIR al ARDUINO UNO
Fuente: Autor

Como se muestra en la figura 52 el sensor pir tiene 3 pines:

- VCC: Voltaje de alimentación: de 5 a 12 VDC
- GND: Es la conexión a tierra
- OUT: Es la conexión de la señal que se enviará al microcontrolador

El sensor PIR trabaja gracias a la detección de la variación de la energía electromagnética infrarroja, gracias al lente de Fresnel la detección tiene un campo más amplio de lectura.

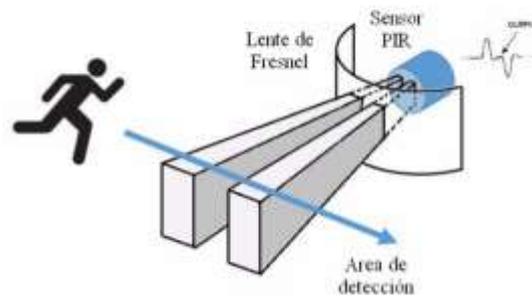


Figura 3-10: Funcionamiento del sensor PIR
Fuente: (INGEN, 2019)

El rango de detección es ajustable alcanzando un aproximado de 7 metros de distancia con un cono de detección con aperturas de los 90° y 110° . Como se muestra en la figura 3-11, el sensor utiliza 2 potenciómetros que permiten modificar sus parámetros y adaptarlo a las necesidades de la aplicación, el potenciómetro de la izquierda permite regular el tiempo de lectura que puede ser desde los 3 segundos hasta los 5 minutos y se regula en el sentido de las manecillas del reloj; el potenciómetro de la derecha permite regular la distancia de lectura del sensor la cual puede ir desde pocos centímetros hasta los 7 metros de alcance.



Figura 3-11: Potenciómetros para regular el sensor PIR

Fuente: Autor

Una vez realizado el trabajo de detección de la presencia de algún animal el sensor enviará la señal de HIGH para activar el modulo relé que estará conectado al pin digital 3 y configurado como salida para su funcionamiento. El modulo relé tiene 3 pines de control y 3 pines de fuerza, los pines de control son de VCC, GND y el de la señal; los pines de fuerza son un contacto normalmente abierto NO, un contacto normalmente cerrado NC y un común como se muestra en la figura 3-12.



Figura 3-12: Conexiones del módulo relé

Fuente: Autor

El relé permite la energización independiente del circuito de fuerza, mediante el accionamiento de la bobina y de sus contactos permite dar energía eléctrica al circuito donde se generará la frecuencia a utilizar en el proyecto

3.6.2 Generación de ultrasonidos

El circuito integrado NE555 trabaja en modo astable, es el encargado de realizar el trabajo de generación de altas frecuencias, las cuales se pueden controlar modificando los valores de las resistencias o cambiando el valor del condensador. En modo astable, el pin de disparo, pin 2, está conectado a la patilla umbral pin 6, lo que hace que la salida pase a alternar continuamente entre los estados alto y bajo.

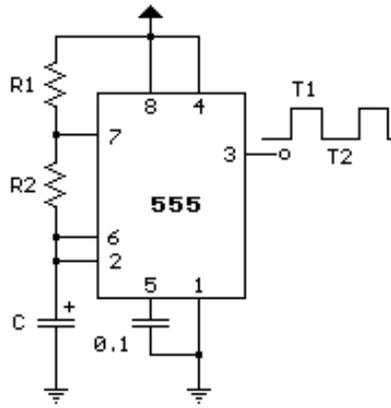


Figura 3-13: Esquema de conexiones del circuito integrado NE555

Fuente: Autor

Como se muestra en la figura 3-13, el CI NE555 consta de 8 pines de conexión, aquí se detalla el datasheet:

- Pin 1 (tierra): el pin de tierra (o común) es el potencial de suministro más negativo del dispositivo
- Pin 2 (disparador): este pin es la entrada que hace que la salida suba y comience el ciclo de tiempo.
- Pin 3 (Salida) - El pin de salida del 555 se mueve a un nivel alto de 1,7 voltios menos que la tensión de alimentación cuando comienza el ciclo de temporización.
- Pin 4 (Reinicio): - Un nivel lógico bajo en este pin reinicia el temporizador y devuelve la salida a un estado bajo. Normalmente está conectado a la fuente + línea si no se utiliza.
- Pin 5 (Control) - Este pin permite cambiar los voltajes de disparo y umbral aplicando un voltaje externo. Cuando el temporizador está funcionando en el modo astable u oscilante, esta entrada podría usarse para alterar o modular la frecuencia de la salida.
- Pin 6 (umbral): se usa para restablecer el pestillo y hacer que la salida baje.
- Pin 7 (Descarga) - Este pin es una salida de colector abierto que está en fase con la salida principal en el pin 3 y tiene una capacidad de hundimiento de corriente similar.
- Pin 8 (V +): este es el terminal de voltaje de suministro positivo del IC del temporizador 555. El rango de funcionamiento de la tensión de alimentación es de +4,5 voltios (mínimo) a +16 voltios (máximo).

El proceso de trabajo de este circuito integrado en modo astable se inicia con el condensador C sin carga. El voltaje del condensador C, es igual a la tensión en los pines, umbral (pin 6) y de disparo (pin 2). Como los pines 2 y 6 están a 0V, la salida estará a alto. Debido a que el condensador C está en serie con Vcc, R1 y R2, está siendo aplicada la Vcc y la corriente pasa a través de las resistencias, hasta el condensador, empezando a acumular carga. Cuando el voltaje a través del condensador C es igual a $2/3V_{cc}$, el pin umbral registra un alto, e invierte al comparador conectado a la patilla de umbral. Esto lleva la salida a bajo y habilita el pin descarga. El tiempo que tarda el condensador en acumular una tensión de $2/3V_{cc}$, viene dada por:

$$\frac{2}{3} * V_{cc} = (V_{cc} - V_o) * (1 - e^{-t/(R1+R2)*C})$$

Ecuación 3-1: Tiempo de carga del condensador a una tensión de $2/3V_{cc}$

Estando el pin 7 de descarga activado, la carga comienza a fluir, descargando el condensador, a través de R2, y el pin de descarga del 555. Esto, reduce la tensión en el condensador como se describe en la ecuación siguiente:

$$(Tension\ del\ condensador) = (Voltaje\ pico\ en\ el\ condensador) * e^{-t/(R2*C)}$$

Donde, la tensión pico en el condensador era el voltaje ($2/3V_{cc}$), justo antes de activar el pin 7 de descarga:

$$(Tensión\ en\ el\ condesandor) = \frac{2}{3} * V_{cc} * e^{-\frac{t}{R2*C}}$$

El tiempo que se tarda en descargar el condensador desde $2/3V_{cc}$ a $1/3V_{cc}$, se obtiene con:

$$t = 0.7 * R2 * C \quad segundos$$

Ecuación 3-2: Tiempo de descarga del condensador

Por lo tanto, la duración total de ambos estados, alto y bajo de la salida es:

$$0.7 * (R1 + R2) * C + 0.7 * R2 * C$$

Ecuación 3-3: Duración del estado en alto

Y,

$$0.7 * (R1 + 2R2) * C \quad \text{en segundos}$$

Ecuación 3-4: Duración del estado en bajo

Entonces, la frecuencia se calcula:

$$frecuencia = 1 / (0.7 * (R1 + 2R2) * C)$$

Debido a esto, el valor de la frecuencia se puede regular y controlar cambiando los valores de las resistencias R1 y R2 y el valor de la capacitancia del condensador C.

$$f = \frac{1}{t} = \frac{1.44}{R1 + 2R2} * C$$

Ecuación 3-5: Cálculo de la frecuencia en el circuito

En la tabla 3-2, se muestran valores calculados matemáticamente utilizando la fórmula de la frecuencia del NE555 en modo astable cambiando los valores de las resistencias y de la capacitancia de C.

Tabla 3-2: Cálculo de frecuencias

R1 ohms	R2 ohms	C	FRECUENCIA
1K	10K	1uF	68.7 Hz
1K	1K	1uF	480 Hz
500	10	1uF	2.72 KHz
150	10	1uF	8.4 KHz
510	56	0.22uF	10.54 KHz
300	56	0.22uF	15.9 KHz
270	56	0.22uF	17.16 KHz
100	56	0.22uF	30.93 KHz
56	56	0.22uF	39.63 KHz

Fuente: Autor

3.6.3 Esquema de conexiones y simulación del sistema

En la figura 3-14, se muestra el diagrama esquemático realizado en el programa de simulación PROTEUS 8 PROFESSIONAL, en este circuito se utiliza:

- R1= 56 ohms
- R2= 56 ohms
- C2= 0.22 uF
- C1= 1 nF (se utiliza para anular el ruido en el sistema)

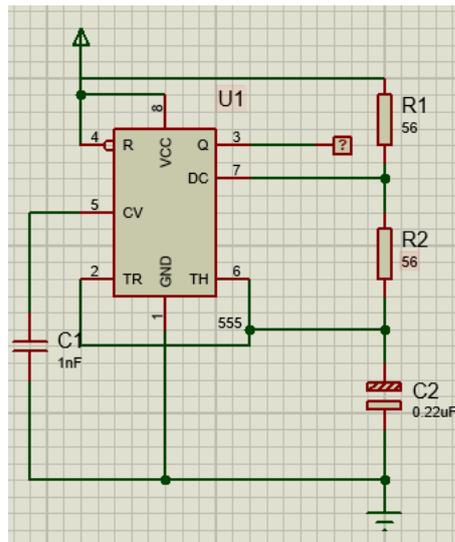


Figura 3-14: Diagrama esquemático del circuito

Fuente: Autor

En la figura 3-15, se muestra el esquema de conexiones de la parte de control del sistema, el pín de salida del sensor PIR está conectado al pín 8, el cual generará la señal de salida digital desde el pín 7 que será enviada al relé para su activación.

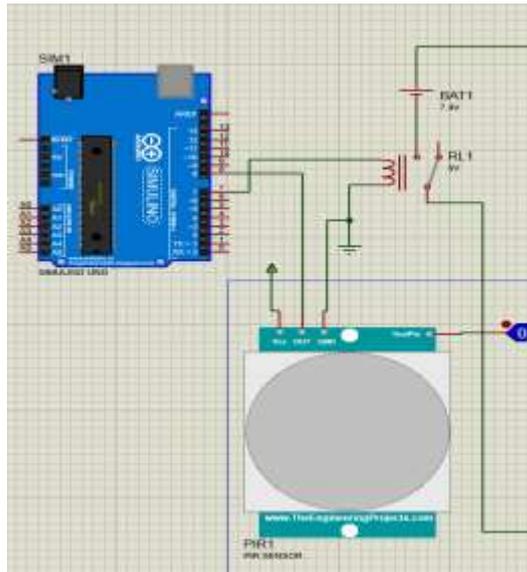


Figura 3-15: Esquema de conexión del sistema de control
Fuente: Autor

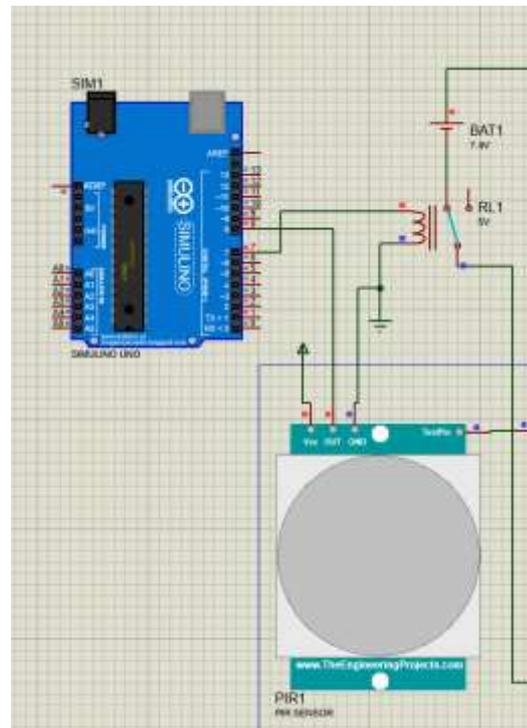


Figura 3-16: Activación de la bobina del relé
Fuente: Autor

En la figura 3-17, se muestra el funcionamiento completo del sistema obteniendo como resultado un valor aproximado lo anteriormente calculado con dos resistencias de 56 ohms y una capacitancia de 0.22 uf se obtuvo una frecuencia de salida de 35.18 KHz.

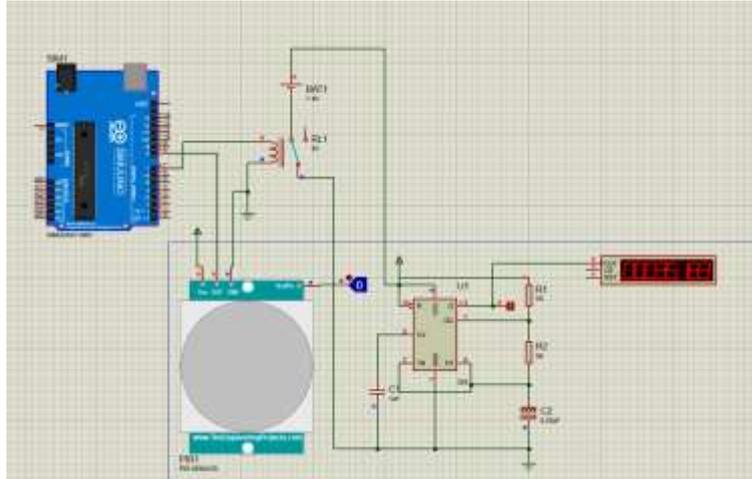


Figura 3-17: Generación de una frecuencia de 35KHz

Fuente: Autor

3.6.4 Software del sistema

El lenguaje de programación utilizado es el lenguaje C, el cual se desarrolla en el entorno de simulación del microcontrolador Arduino, debido a que permite utilizar diferentes funciones porque utiliza un sistema de lenguaje abierto.

A continuación, se detalla el código de programación utilizado en el sistema de control del proyecto. Se empieza declarando las variables, configurando los pines 7 y 8 y estableciendo el “Estado=0” como una variable entera.

En el void setup, se establecieron el modo de los pines que se utilizará en el sistema, se configuró el pin del relé como un pin de salida digital, y el del sensor PIR como un pin de entrada digital, se añadió una línea de código para utilizar el monitor serial a 9600 baudios y poder visualizar en tiempo real el cambio de la variable del sensor.

En el void loop, se realiza la lectura digital del sensor PIR para recibir la señal de la presencia, se establece una condición para que cuando la variable int “Estado” esté en HIGH se envíe una señal de salida de HIGH para el pin de salida que alimenta la bobina del relé, esto se hace para poder alimentar el sistema de generación de frecuencias, caso contrario se envía un LOW para que el sistema no sea activado.

3.6.5 Puesta en marcha y resultados del sistema ahuyentador de animales con el CI NE555 en modo astable

El proyecto está construido en una caja de 35cmx12cmx15cm en la cual están instalados los elementos del sistema, en el interior están los elementos de control y de fuerza, y en la cara externa de la caja están instalados el speaker, el sensor PIR y el led indicador, como se muestra en la figura 3-20.

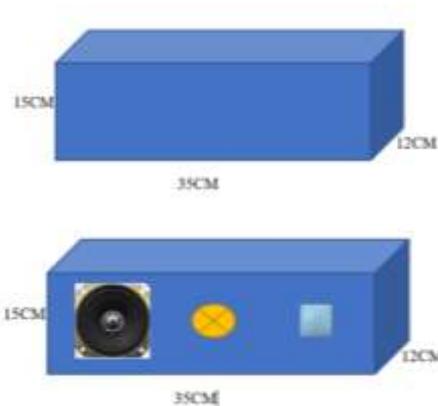


Figura 3-20: Dimensionamiento del proyecto
Fuente: Autor

Trabaja con una alimentación de 9V para el microcontrolador ARDUINO UNO, las conexiones de VCC y GND del sensor PIR y del módulo relé van puenteadas hacia la placa protoboard para alimentarlas con los 5V y el GND del microcontrolador. La bobina del relé está alimentada con los 5V que entrega el microcontrolador, pero para el circuito de generación de frecuencias se utiliza una fuente independiente, la cual será una batería de lipo de 2 celdas de 7.4 V para poder energizar el circuito armado con el integrado NE555 y poder generar la señal de salida hacia la bocina, como se muestra en la figura 3-21.

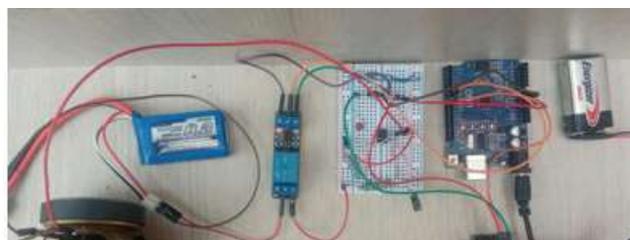


Figura 3-21: Conexiones del circuito
Fuente: Autor

Dentro de la estructura armada está instalado el controlador, el relé, las baterías y el circuito 555. Este circuito está conformado por 2 resistencias de 56 ohms, 1

capacitor de 0.22 uF, 1 capacitor cerámico 103 y la salida hacia el speaker como se muestra en la figura 3-22.

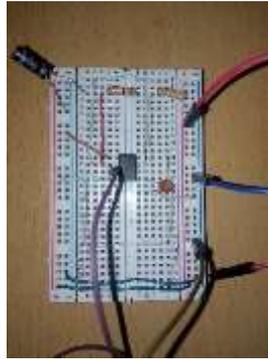


Figura 3-22: Conexiones del circuito 555

Fuente: Autor

Como se muestra en la figura 3-23, la estructura final tiene unas dimensiones adaptables a espacios grandes y pequeños, en los cuales el sistema se puede instalar con mucha facilidad para su puesta en marcha.



Figura 3-23: Estructura armada del proyecto

Fuente: Autor

Estos determinados componentes permiten al sistema generar una frecuencia aproximada entre los 35 KHz y 40 KHz. Según la investigación, el rango de estos valores nos permite ahuyentar a animales con un espectro audible comprendido entre estos dos valores, como aves, gatos, perros y roedores los cuales son los más recurrentes en una subestación eléctrica.

Para obtener mejores resultados y medir la adaptabilidad de los animales a las frecuencias expuestas, se utilizó diferentes valores de resistencias para aumentar el nivel de frecuencias tratando de llegar a niveles de estrés en el sistema nervioso de los animales que sean evidentes y consecuentes con lo requerido. En la tabla 3-3, se muestra las diferentes pruebas físicas que se realizaron con los animales accesibles en el medio como perros domésticos, aves y roedores.

Tabla 3-3: Resultados y efectos de las pruebas en algunos animales

R1 ohms	R2 ohms	C uF	FRECUENCIA	PERROS	AVES	ROEDORES
100	80	0.22	25.22 KHz	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto
90	56	0.22	32.46 KHz	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto
56	56	0.22	39.03 KHz	Efecto leve	Sin efecto	Sin efecto
56	40	0.22	48.2 KHz	Efecto leve	Efecto leve	Efecto leve
30	40	0.22	59.6 KHz	Sin efecto	Efecto leve	Efecto leve

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos demuestran que los animales tienen una gran adaptabilidad a los sonidos de altas frecuencias a los que son expuestos con regularidad, es decir pueden funcionar las primeras ocasiones presentando pequeños y casi nulos episodios de estrés en ciertos animales, pero luego van perdiendo el efecto deseado en la fauna gracias a la adaptabilidad de cada especie.

3.7 Sistema generador de ultra frecuencias utilizando el modulo generador de frecuencias AD9833.

Para tratar de mejorar la eficacia y los resultados obtenidos del proyecto de generación de frecuencias con el circuito integrado NE555 en modo astable, se diseñó este prototipo de generación de altas frecuencias con el módulo AD9833, el cual se muestra en la figura 3-24.



Figura 3-24: Módulo generador de frecuencias programables AD9833

Fuente: Autor

El principio de trabajo y funcionamiento es el mismo, se realiza una retroalimentación a través de un lazo cerrado con un sensor que enviará las lecturas de presencia hacia el microcontrolador para que sean generadas dos órdenes, la primera es la de activación del módulo generador de frecuencias AD9833 y la segunda orden es la de activación de la bobina del relé para que sea alimentada la salida del speaker.

La diferencia principal de este circuito con el del NE555, es que el módulo AD9833, permite la configuración de tipo de onda ya sea triangular, cuadrática o sinusoidal que será generada en la salida, también permite un rango mucho más amplio de frecuencias que va desde 1 Hz hasta 12.5MHz. Esto permite generar diferentes tipos de ondas de sonido a diferentes frecuencias para tratar de evitar la adaptabilidad de los animales como en el entorno anterior.

3.7.1 Componentes del sistema

La estructura básica del sistema cambia radicalmente en comparación con el circuito del NE555, debido a que no se necesita elementos externos a la placa AD9833 porque su configuración interna ya está establecida de fábrica. Los componentes que se necesitan para este proyecto son:

- Microcontrolador ARDUINO UNO
- Sensor PIR
- Módulo de relé
- Batería de 9V para la alimentación de la placa microcontrolador
- Módulo generador de ondas y frecuencias AD9833

- Speaker
- Batería lipo de 2 celdas 7.4 V
- Jumpers

3.7.2 Descripción y funcionamiento del módulo de generación de frecuencias AD9833

El módulo AD9833 es un componente muy versátil utilizado para varias funciones como equipos de prueba y equipos médicos donde se requieren aplicaciones de proximidad, movimiento y detección de defectos. Es un elemento que no requiere de componentes externos para funcionar lo cual reduce el espacio y el costo de un proyecto. Este generador permite la programación que el usuario desee para la generación de la forma de onda, ideales para aplicaciones de detección, actuación y reflectometría. Los parámetros de frecuencia y fase son programables con la interfaz periférica serial SPI de 3 alambres.

Las características y apartados técnicos principales del módulo AD9833 son:

- Frecuencia programable digitalmente y fase
- 12.65 mW consumo de energía en 3 V
- 0 MHz a 12.5 MHz rango de frecuencia de salida
- 28-Resolución de bits: 0.1Hz a 25 MHz reloj de referencia
- Interfaz SPI-
- Rango de temperatura extendido: -40°C A + 105 °C
- Corriente de entrada: 10 y micro; a
- Capacitancia de entrada: 3pF
- Rango de temperatura de funcionamiento de 105 °C a + °C
- Tamaño: 17*12mm/0.66*0.47"
- 2.3 V a 5.5 V fuente de alimentación
- Salida máxima: 0.65 V
- VOut mínimo: 38mV
- Tensión alta de entrada: 1.7-2.8 V

El módulo de AD9833 consta de 8 pines de conexión los cuales sirven para la alimentación, comunicación, sincronización, señal del reloj interno y para la salida de la onda y frecuencia generada, como se muestra en la figura 3-25.

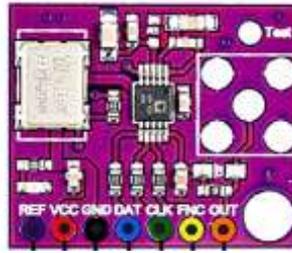


Figura 3-25: Pines del módulo AD9833

Fuente: Autor

3.7.3 Diagrama del sistema

Para este módulo de generación de frecuencias las librerías para los programas de simulación no se encuentran habilitadas al usuario en general, por lo cual se dificulta la simulación del sistema en el programa PROTEUS 8 PROFESSIONAL. En la figura 3-26 se muestra un diagrama o esquema del proceso del sistema, en donde se empieza con una alimentación para el microcontrolador y pasa por todo el proceso del sensor, activación del módulo de generación y del relé hasta llegar a la salida del speaker.



Figura 3-26: Diagrama del circuito con el módulo AD9833

Fuente: Autor

3.7.4 Control del sistema

El microcontrolador ARDUINO UNO es el dispositivo que se encarga del control del sistema, una vez generada la lectura de presencia mediante el sensor PIR se ejecutará la línea de código para la activación del módulo AD9833 y la energización del relé para el funcionamiento de la salida mediante el speaker.

Los pines de conexión del módulo AD9833 tendrán la siguiente configuración, como se muestra en la figura 3-27.

- VCC a 5V
- GND a GND
- DAT al pin 11 digital

- CLK al pin 13 digital
- FNC al pin 10 digital
- OUT a la salida del sistema

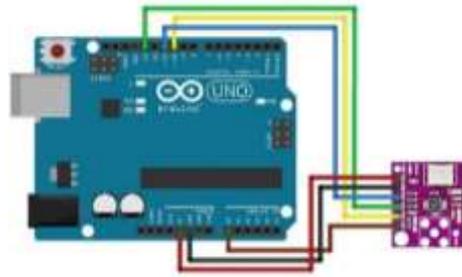
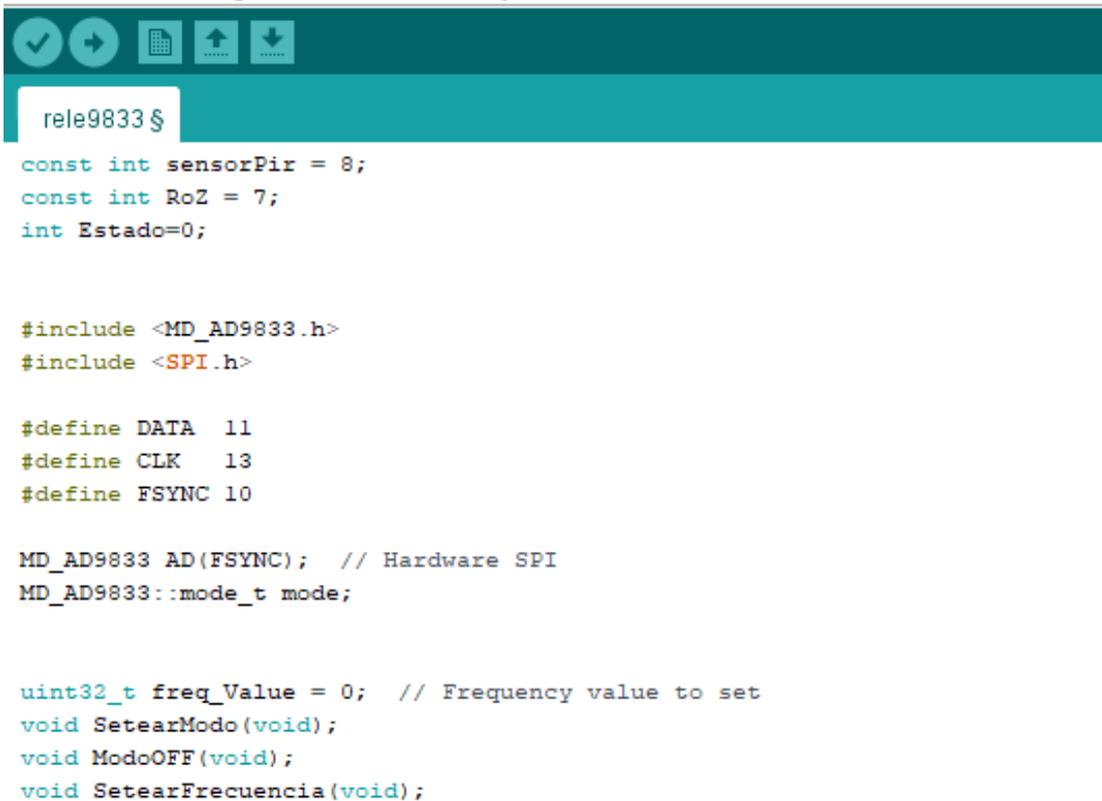


Figura 3-27: Conexiones de los pines del AD933 al microcontrolador
Fuente: Autor

Una vez activada mediante la señal del HIGH del sensor PIR se enviará un HIGH al relé para la energización independiente del sistema de salida de ultra frecuencia. En este proyecto se variará la onda generada y la frecuencia de la misma mediante la programación para que los animales estén sometidos a diferentes ondas de sonido a diferentes frecuencias para provocar efectos más contundentes y verificar su reacción y adaptabilidad al entorno al que serán expuestos.

3.7.5 Software del sistema

A continuación se detalle cada parte y estructura del código de programación. Se empieza declarando los pines que utiliza el sensor PIR y la bobina del relé. En este apartado se realiza la declaración de los pines de comunicación del módulo AD9833 con el arduino, se incluyen las librerías del generador de frecuencia y la comunicación SPI, los pines de comunicación son DATA 11, CLK 13 y FSYNC 10, y por último se declaran los modos de operación que va a realizar el módulo como “setear frecuencia”, “setear modo” y el “modo off”, como se muestra en la figura 3-28.



```
rele9833 $
const int sensorPir = 8;
const int RoZ = 7;
int Estado=0;

#include <MD_AD9833.h>
#include <SPI.h>

#define DATA 11
#define CLK 13
#define FSYNC 10

MD_AD9833 AD(FSYNC); // Hardware SPI
MD_AD9833::mode_t mode;

uint32_t freq_Value = 0; // Frequency value to set
void SetearModo(void);
void ModoOFF(void);
void SetearFrecuencia(void);
```

Figura 3-28: Código de programación parte 1

Fuente: Autor

El void setup se inicia declarando las variables de entrada y salida de los pines del sensor PIR y del relé, se declaran los modos de operación y sus funciones, como se muestra en la figura 3-29.



```
rele9833 $
void setup(void)
{  Serial.begin(9600);

    Serial.println("Iniciando...");

pinMode(RoZ, OUTPUT);
pinMode(sensorPir, INPUT);
}

void SetearModo(void)
{
    //mode = MD_AD9833::MODE_SINE;
    //mode = MD_AD9833::MODE_TRIANGLE;
    mode = MD_AD9833::MODE_SQUARE1;
    //mode = MD_AD9833::MODE_OFF;
    AD.setMode(mode);
}
void ModoOFF(void)
{
    mode = MD_AD9833::MODE_OFF;
    AD.setMode(mode);
}
void SetearFrecuencia(void)
{
    if (freq_Value != 0)
    {
        if (freq_Value > 12500000) freq_Value = 12500000;
        AD.setFrequency(0, freq_Value);
    }
}
```

Figura 3-29: Código de programación parte 2

Fuente: Autor

En la parte final del código se programan los ciclos loop que comandarán el programa, se inicia con las ordenes de leer el pin digital de entrada del sensor PIR, si este valor es “HIGH” se activar la salida para la energización del relé, de igual manera se inicia el módulo AD9833 generando ondas cuadráticas con frecuencia de 30 KHz durante 10 segundos, transcurrido este tiempo se cambia la frecuencia de la onda a 40 KHz durante 10 segundos y finalmente se aumenta la frecuencia a 50 KHz, todo este trabajo se realizará de forma repetitiva en el void loop siempre y cuando el sensor detecte algún tipo de presencia y cambios en la variable de detección, como se muestra en la figura 3-30.



```
rele9833 $
void loop(void)
{
  Estado = digitalRead(sensorPir);
  if (Estado == HIGH)
  {
    AD.begin();
    SetearModo();
    Serial.println("30 KHz");
    freq_Value = 30000; SetearFrecuencia(); delay(2000);
    Serial.println("40 KHz");
    freq_Value = 40000; SetearFrecuencia(); delay(2000);
    Serial.println("50 KHz");
    freq_Value = 50000; SetearFrecuencia(); delay(2000);
  }
  else
  {
    ModoOFF();
  }
  delay(500);

  Estado = digitalRead(sensorPir);
  if (Estado == HIGH)
  {
    digitalWrite (RoZ, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(RoZ, LOW);
  }
  delay(500);
}
```

Figura 3-30: Código de programación parte 3

Fuente: Autor

Con la herramienta del monitor serial a 9600 baudios, se puede verificar la correcta generación de frecuencias iniciando con 30KHz, 40 KHz y finalmente con 50KHz, como se muestra en la figura 3-31, esto se da cuando llega la señal de HIGH del sensor PIR.

```

Arduino IDE v1.8.19
Archivo Editar Formato Herramientas Ayuda

AD9833
void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);

  Serial.println("Iniciando...");
  Serial.println("40 kHz");
  Serial.println("80 kHz");
  Serial.println("40 kHz");
  pinMode(DAC, OUTPUT);
  pinMode(AD9833, INPUT);
}

void RepeatMode(void)
{
  //mode = MD_AD9833::MODE_SINE;
  //mode = MD_AD9833::MODE_TRIANGLE;
  mode = MD_AD9833::MODE_SQUARE;
  //mode = MD_AD9833::MODE_OFF;
  AD.setMode(mode);
}

void ModoOFF(void)
{
  mode = MD_AD9833::MODE_OFF;
  AD.setMode(mode);
}

void ReleaseTransmision(void)
{
  if (freq_Value != 0)
  {
    if (freq_Value > 1280000) freq_Value = 1280000;
    AD.setFrequency(0, freq_Value);
  }
}

```

Serial Monitor (9600 baud)

```

Iniciando...
40 kHz
80 kHz
40 kHz

```

Autoscroll Mostrar marca temporal

Figura 3-31: Frecuencias generadas
Fuente: Autor

3.7.6 Puesta en marcha y resultados del sistema ahuyentador de animales con el módulo AD9833.

El proyecto está construido en una caja de 20cmx12cmx15cm en la cual están instalados los elementos del sistema, en el interior están los elementos de alimentación, control y el módulo de generación de frecuencias, y en la cara externa de la caja están instalados el speaker, el sensor PIR y el led indicador como se muestra en la figura 3-32.



Figura 3-32: Dimensiones del proyecto con el módulo AD9833
Fuente: Autor

La tarjeta de control se alimenta de 9V, las conexiones de VCC y GND del sensor PIR y del módulo relé van conectadas con los 5V y el GND del microcontrolador. Dentro de la estructura armada está instalado el ARDUINO UNO, el módulo relé de 5V, las baterías y el módulo AD9833. La bobina del relé y el módulo AD9833 están alimentados con los 5V que entrega el microcontrolador, para la salida del speaker se

utiliza una fuente independiente, la cual será una batería de lipo de 2 celdas de 7.4 V, como se muestra en la figura 76.

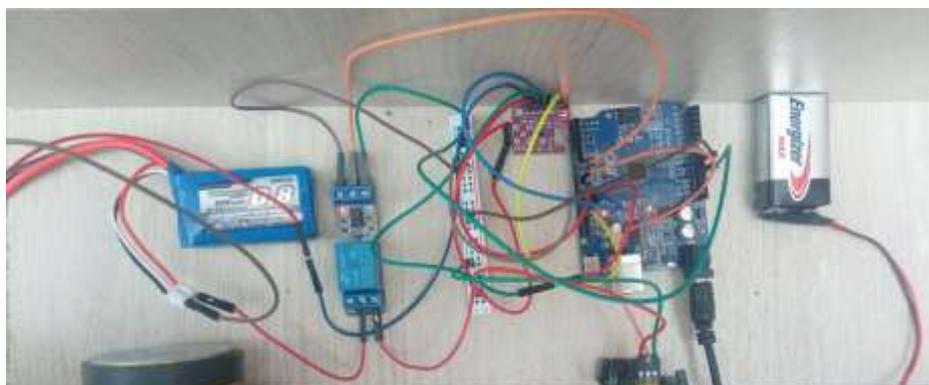


Figura 3-33: Conexiones del sistema con el módulo AD9833

Fuente: Autor

Según la investigación y los resultados obtenidos del proyecto anterior, se deduce que los animales tienen una adaptabilidad a determinados sonidos y frecuencias, debido a eso en este proyecto se configuró diferentes tipos de onda de sonido a diferentes frecuencias en intervalos de tiempo que no permitan la adaptabilidad de los animales a estos estímulos, el rango de estos valores nos permite ahuyentar a animales con un espectro audible determinado, como aves, gatos, perros y roedores los cuales son los más recurrentes en una subestación eléctrica.

En la tabla 3-4, se muestra las diferentes pruebas físicas que se realizaron con los animales accesibles en el medio como perros domésticos, aves y roedores.

Tabla 3-4: Resultados obtenidos con el proyecto

TIEMPOS	FRECUENCIAS	PERROS	AVES	ROEDORES
<ul style="list-style-type: none"> • 0-20s • 20s-40s • 40s-60s 	<ul style="list-style-type: none"> • 25KHz • 30 KHz • 35 KHz 	Efectos leves	Sin efectos	Sin efectos
<ul style="list-style-type: none"> • 0-20s • 20s-40s 	<ul style="list-style-type: none"> • 28KHz • 33 KHz • 39 KHz 	Efectos leves	Efectos leves	Sin efectos

<ul style="list-style-type: none"> • 40s-60s 				
<ul style="list-style-type: none"> • 0-20s • 20s-40s • 40s-60s 	<ul style="list-style-type: none"> • 30KHz • 35 KHz • 40 KHz 	Efectos leves	Efectos leves	Sin efectos
<ul style="list-style-type: none"> • 0-20s • 20s-40s • 40s-60s 	<ul style="list-style-type: none"> • 38KHz • 45 KHz • 55 KHz 	Sin efectos	Efectos leves	Efectos leves
<ul style="list-style-type: none"> • 0-20s • 20s-40s • 40s-60s 	<ul style="list-style-type: none"> • 60KHz • 70 KHz • 80 KHz 	Sin efectos	Sin efectos	Efectos leves

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos demuestran una pequeña variación en el comportamiento de los animales con respecto al proyecto del CI NE555, los animales demuestran una adaptabilidad un poco menor a los sonidos de frecuencias diferentes en distintos intervalos de tiempo, los cuales crean un estímulo un poco mayor de estrés en los animales.

3.8 Instalación de los sistemas de generación de ultra frecuencias para la protección de los equipos eléctricos y electrónicos de una subestación eléctrica.

Una subestación eléctrica tiene diferentes dimensiones según su estructura, trabajo y ubicación, lo cual hace que la instalación de este tipo de proyectos varíe según las instalaciones, por lo general se encuentran en un terreno con una

construcción en donde se instalan los equipos de control y mandos de potencia en gabinetes o tableros eléctricos, estos dispositivos se deben proteger principalmente contra roedores debido a que el acceso a las aves es muy limitado, por lo cual se debe ser ubicado a una distancia de entre 1 y 4 metros del gabinete eléctrico con un foco de amplitud que cubra la mayor parte posible, como se muestra en la figura 3-34.

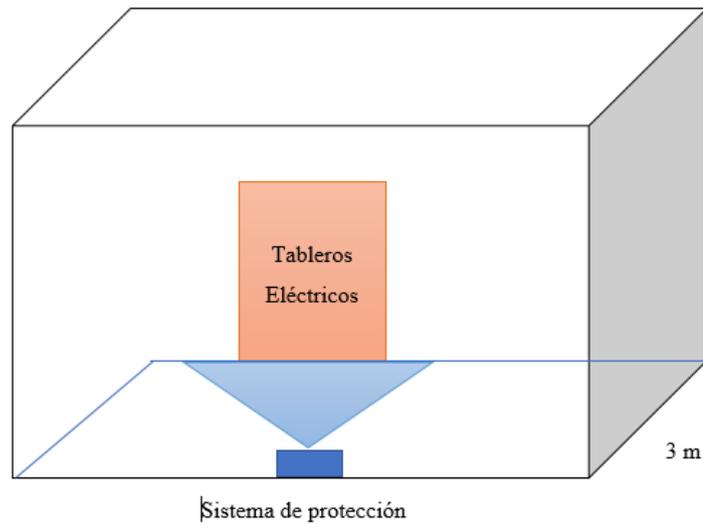


Figura 3-34: Área de protección de gabinetes eléctricos
Fuente: Autor

En la parte externa de la subestación eléctrica, los elementos fundamentales a proteger son los transformadores los cuales tienen dimensiones amplias según la utilidad y tienen sistemas anexos que también deben ser protegidos, debido a esto se debe utilizar el máximo rango de detección del sistema del sensor PIR, como se muestra en la figura 3-35.

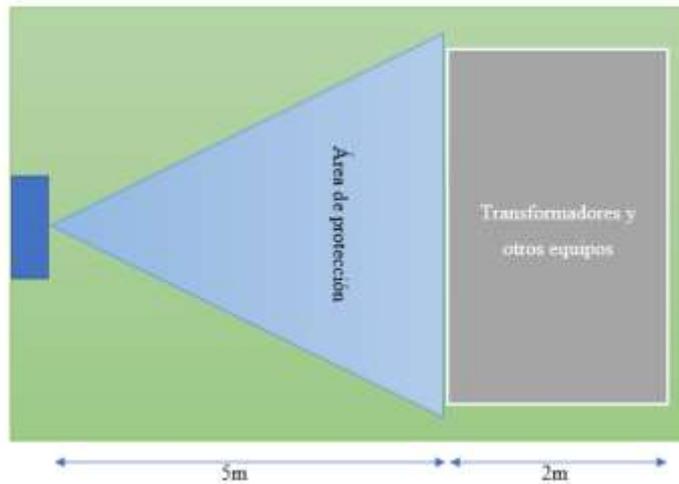


Figura 3-35: Área de protección de equipos eléctricos externos
Fuente: Autor

3.9 Comparación de resultados

Para realizar un análisis o comparación de los resultados obtenidos se hizo un estudio de la presencia de animales de entorno doméstico y urbano como perros, hámster y palomas, durante 30 minutos en donde se aprovechó la necesidad de alimentos para analizar los diferentes casos. Como se muestra en la tabla se hizo el estudio en ambientes libres de ahuyentadores y con los dos sistemas de generación de ultra frecuencias, arrojando como resultados escenarios en donde los sistemas de protección implementados se accionaron con la presencia de los animales generando ondas de ultra frecuencias desde los 25 KHz hasta los 80 KHz produciendo un estímulo de estrés lo cual conllevó al abandono del sitio del animal.

En los casos de los sistemas diseñados, con el CI NE555 se deduce que el animal después de un cierto tiempo logra una adaptabilidad a estos estímulos debido a la que la frecuencia de la onda sonora es constante, por ende, regresa al sitio y no presenta signos de estrés que alteren su comportamiento. Con el modulo generador AD9833, el resultado es una adaptabilidad menor debido a que las frecuencias generadas son programables y van incrementado en diferentes intervalos de tiempo.

Tabla 3-5: Comparación de sistemas

Sistema de protección	de	Presencia de animales	de	Ahuyentamiento	No. De animales ahuyentados
Sin sistema		6		NO	0

Sistema manual	6	SI	6
Sistema CI NE555	6	SI	4
Sistema AD9833	6	SI	5

Fuente: Autor

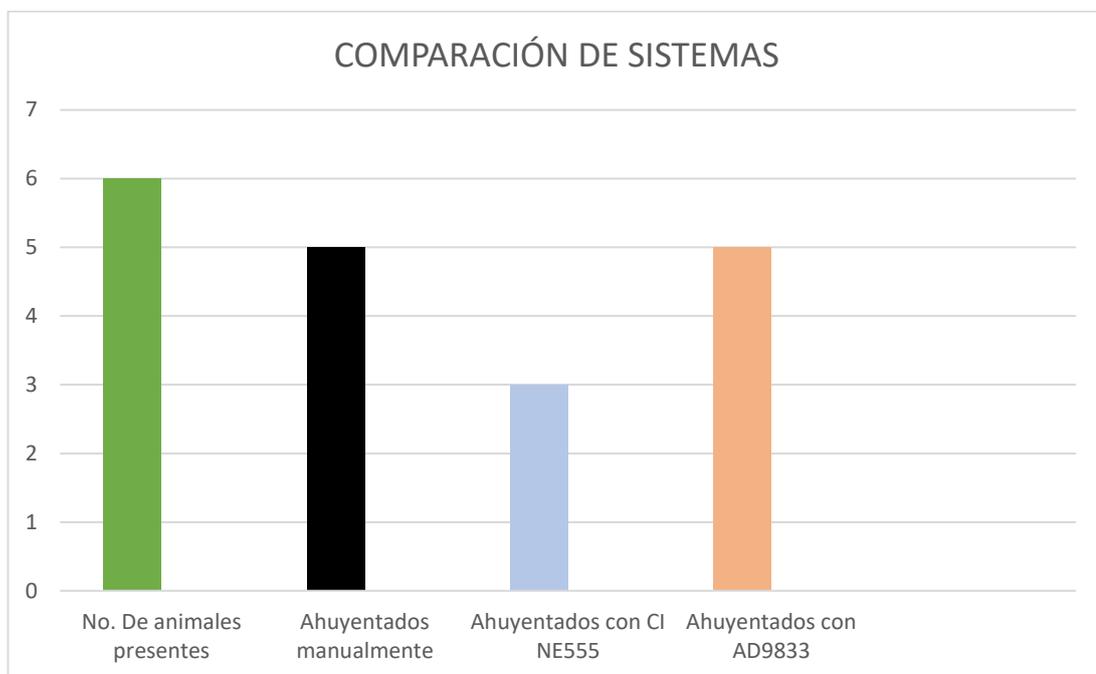


Figura 3-36: Gráficos comparativos de los sistemas

Fuente: Autor

La figura 3-36 indica la comparación de los sistemas estudiados, en donde se observa los diferentes resultados de un ahuyentamiento manual en donde debe intervenir una persona cada vez que un animal entre a un espacio determinado, lo cual conlleva a pérdidas de tiempo, dinero y mano de obra; con los ahuyentadores se vio un resultado favorable pero con ciertas observaciones a tener en consideración, debido a que la eficacia de estos sistemas está propensa a la adaptabilidad del animal, condiciones del entorno ambiental, calidad del speaker, entre otros.

Como se indica en la hipótesis, estos sistemas protegen las instalaciones de la presencia de animales y los daños que estos puedan causar, de una manera efectiva y sin ocasionar efectos secundarios en los seres humanos y en los animales expuestos, de esta manera, se logra una menor tasa de accidentes y se asegura el correcto funcionamiento de los diferentes equipos.

Capítulo 4 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se detallan las conclusiones obtenidas de los diferentes métodos y prototipos que se diseñaron y analizaron, como los diferentes métodos tradicionales utilizados para ahuyentar a la fauna y los proyectos implementados de generación de ultra frecuencias. Se detallan algunas recomendaciones con justificaciones para su análisis.

4.1 Conclusiones

El manejo de buenas prácticas de sensibilización, ahuyentamiento y la instalación de desviadores de vuelos y aisladores es un gran aporte a nivel de Latinoamérica para el control de plagas de aves, rededores, anfibios, entro otros, estos son los métodos más utilizados, sin embargo no son altamente eficientes, debido a que requieren de personal con total disponibilidad de horarios y que sean altamente capacitados para difundir la sensibilización acerca de la protección de las especies y riesgos eléctricos, otra de las razones es que los dispositivos instalados muchas veces tiene dimensiones grandes y están ubicados en lugares de difícil acceso para los operarios. Debido a estas y otras razones, se realizó el estudio para la implementación de un prototipo de ultrasonidos.

La implementación del prototipo de un ahuyentador automatizado mediante el control y generación de ondas sonoras de altas frecuencias permitió el estudio del impacto de los impulsos de ultrasonidos en el comportamiento de diferentes especies de animales con el fin de controlar la presencia de plagas sin atentar contra el entorno físico y biológico de la fauna.

Como se muestra en el capítulo 3, el diseño del prototipo de generador de ultra frecuencias con el circuito integrado 555 en modo astable mediante la variación del valor de las resistencias y de la capacitancia del condensador permitió generar impulsos de ultra sonidos por encima de los 20KHz, evitando crear molestias para el oído humano ya que el rango audible de las persona está por debajo de este valor, pero para los animales las frecuencias sobre ese rango si son audibles y en algunas especies crean diferentes estímulos. Para las aves se realizó el estudio con palomas, para estas se utilizó frecuencias desde los 25 KHz sin obtener ningún tipo de resultados, se incrementó la frecuencia a un rango aproximado de entre los 45 y 50 KHz en donde se

pudo observar un pequeño estímulo de estrés causado en las aves por unos segundos, posteriormente se vio un efecto casi nulo en esta especie, lo cual corresponde a la adaptabilidad a los impulsos de ultrasonidos a los que estuvieron expuestas. Para los roedores se utilizó un hámster, el cual fue expuesto a frecuencias mínimas de 30 KHz sin obtener resultados, se realizó nuevas conexiones con R1 de 30 ohms, R2 de 40 ohms y C de 0.22 uF para incrementar la frecuencia a un valor aproximado de 60 KHz en donde se pudo observar un comportamiento un poco errático del roedor por unos segundos, luego los estímulos a esa frecuencia no causaron mayores estragos en el animal por el proceso de adaptabilidad y la necesidad de alimento.

La implementación del prototipo automatizado de generación de ultra frecuencias con el módulo AD9833 permitió desarrollar un sistema generador de barrido de varias frecuencias y formas de onda, gracias al módulo generador programable se estableció diferentes valores de ultra frecuencias en el microcontrolador, para que este trabaje enviando ondas sonoras a valores desde los 25 KHz incrementándose en un lapso de tiempo para evitar la adaptabilidad de la especie a un mismo tono de frecuencias. En las aves se utilizó ondas cuadráticas a una frecuencia inicial de 25 KHz, luego de 20 se iba incrementando y variando hasta llegar a los 50 KHz en un minuto en donde se evidenció un comportamiento errático de las palomas por un tiempo prolongado. En los roedores se evidenció el mismo efecto, pero a frecuencias desde los 40 KHz hasta los 80 KHz en un periodo de tiempo de 1 minuto.

En conclusión, el método de ahuyentar plagas de animales de los elementos y dispositivos de una subestación eléctrica mediante la generación de ultra sonidos es de utilidad en ciertas especies las cuales responden de manera favorable al estudio pero tiene una eficacia por debajo de lo esperado gracias a la adaptabilidad de los animales a los estímulos de los ultra sonidos, con el módulo generador AD9833 se evidencio un porcentaje mayor de eficacia y de facilidad de trabajo debido a que es un módulo electrónico programable el cual se puede configurar desde una computadora para que realice diferentes trabajos de generación de frecuencias.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar más estudios en diferentes especies de animales para evidenciar su comportamiento cuando están expuestos a estímulos de sonidos en ultra frecuencias
- Se debe analizar el comportamiento de los animales teniendo en cuenta diferentes variables como necesidad de alimento o refugio, clima, entorno hostil, depredadores, entre otros factores de vulnerabilidad, con el fin de evidenciar su reacción ante técnicas de ahuyentamiento ultrasónico.
- Este estudio fue realizado con animales domésticos y urbanos, por lo cual los resultados pueden variar en entornos o ambientes rurales o silvestres como en los que están instaladas algunas subestaciones eléctricas.
- La calidad del speaker o altavoz puede variar según la marca comercial adquirida, y esto también sería una característica a tomar en cuenta para generar ondas de ultrasonidos eficientes para la necesidad del proyecto.
- Tomar en cuenta la escalabilidad del proyecto dependiendo de los dispositivos que serán utilizados y del área a ser protegida.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, R. (2020). *Sistema para el Control Domótico como Soporte a Personas con Esclerosis Lateral Amiotrófica*. Hermosillo: Instituto Tecnológico Hermosillo.
- Alcántar, L. (2017). *Estructuras y equipos de subestaciones eléctricas*. Los Mochis: Instituto tecnológico de México.
- Alta tecnología. (2018). *Asesores en alta tecnología*. Obtenido de <https://altatecnologia.com.mx/restauradores-parte-del-equipo-primario-de-las-subestaciones-electricas/>
- Arcondec. (Enero de 2021). *Arcondec*. Obtenido de <https://arcondec.mx/noticias/funciones-de-subestaciones-electricas-tipos-de-subestaciones-niveles-de-voltaje-y-distribucion/>
- Arias, E. (2021). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html>
- Bonell, A. (2018). *Prácticas de manejo implementadas en líneas de alta tensión para contrarrestar los impactos negativos sobre la fauna y flora: análisis del caso colombiano y de algunos países en Latinoamérica*. Medellín: Pontificia Universidad Javeriana.
- Bosque, A. D. (31 de Julio de 2021). *GSL Industria*. Obtenido de <https://www.industriasgsl.com/blog/post/actuador-automatico>
- Bravo, J. (Febrero de 10 de 2021). *Beltone*. Obtenido de <http://blog.beltone.es/oido-humano-vs-oido-animal/>
- Cañellas, J. (2019). *DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA MÓVIL*. Bilbao: Universidad del País Vasco.
- CELEC. (2018). *CELEC*. Obtenido de Gobierno Nacional impulsa el desarrollo industrial de Durán con un nuevo sistema de transmisión a 230 kV:

https://www.celec.gob.ec/transelectric/index.php?option=com_content&view=article&id=298&Itemid=565&lang=es

- Cruz, W., & Alava, J. (2020). *OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO PARA AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN PARQUE INDUSTRIAL Y SUBESTACIÓN PUCALLPA, INTERCONECTADA A LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 kV ELECTROUCAYALI S.A.* Nuevo Chimbote: UNS.
- DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA IES ANTONIO SEQUEROS. (2018). *SISTEMAS DE CONTROL Y ROBÓTICA*. San Antonio.
- Estigarribia, J. (2019). *El transformador, principios de funcionamiento*. Mexico: Instituto técnico superior GPE.
- Freire, R. (2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y REPULSIÓN DE ROEDORES EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE NONO A TRAVÉS DE TECNOLOGÍA INFRARROJA Y ULTRASONIDO*. . Quito: UDLA.
- García, X. (2018). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO “RECONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN PROPICIA – ATACAMES”*. Atacames: Cnel EP.
- Gonzalez, G. (2015). *MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN AVES Y MURICELAGOS*. Santiago de Chile: Universidad pontifica de Chile.
- González, M. (2017). *MODELO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA*. Ciudad de Mexico: UNAM.
- Grupo diganma. (2021). Importancia de los tableros eléctricos para asegurar la distribución de la energía. *Revista Perú Construye*.
- Grupo Energía Bogotá. (2021). Qué es una subestación eléctrica. *Transformación*, 24.
- Guzman, C. (2018). *PROCEDIMIENTO PARA EL ORDEN DE LOS RAMALES DEL TGU 4010 AL TGU 4100 DE LOS ALIMENTADORES DE LA SUBESTACIÓN TUXTLA UNO*. Chiapas: SEP.

- Hernández, L. (2018). *ESTUDIO Y ANALISIS DE LA OPERACIÓN DE APARTARRAYOS TIPO ALEA, CLASE I EN LINEAS DE SUBTRANSMISION 115KV*. Tuxla: Tecnológico Nacional de Mexico.
- Lara, L., Sánchez, A., Ramírez, D., Ramírez, D., & Rodríguez, K. (2020). *Guía para la prevención y mitigación de la electrocución de la fauna silvestre por tendidos eléctricos*. San José: Ministerio de Ambiente y Energía.
- Martín, J. (2020). *Aves y tendidos eléctricos*. Málaga: Grefa.
- Martinez, F. (2017). *PROTECCION DE SUBESTACIONES DE TRANSMISIÓN*. Academica.
- Mendez, G. (2018). *Plan de Crecimiento y Reordenamiento de la Red General De Distribución de Tuxla*. Chiapas: Instituto tecnologico de Tuxla.
- Molina, R., & Vasquez, J. (2012). *AHUYENTADOR DE AVES EN LINEAS DE TRANSMISION DE CFE*. Chiapas: INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA.
- Morell, M. (6 de Junio de 2018). *Frecuencias percibidas por el hombre y otros mamíferos*. Obtenido de Viaje al mundo de la audición: <http://www.cochlea.org/es/sonidos/campo-auditivo-humano>
- Moreno, C. (2019). *MANTENIMIENTO Y FALLOS COMUNES EN TRANSFORMADORES*. *Cite Energía*.
- Navarro, A. (2018). *Barra colectora o bus de una subestación*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Ordoñez, E. (2019). *PROTOCOLO DE MANEJO Y PRIMEROS AUXILIOS DE FAUNA SILVESTRE*. UCC. Bucaramanga: UCC. Recuperado el 2021, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2019_PROTOCOLO%20E%20INFORME%20FINAL%20LISTO%20PARA%20ENTREGAR%203.pdf
- Ramón, L. (2021). *Diseño y desarrollo de una red de sistemas embebidos integrados*. Cuenca.
- Red eléctrica de España. (2019). *Estudio del impacto ambiental*. Ibiza: Formentera.

- Resalmex. (2020). *Subestaciones eléctricas*. Obtenido de <https://www.relsamex.com/subestaciones-electricas/>
- Rosales, J. (2019). *“PUESTA EN SERVICIO DEL INTERRUPTOR DE POTENCIA DE 115KV MARCA SIEMENS*. Chiapas: Tecnológico Nacional de México.
- Sector electricidad. (6 de enero de 2017). *Líneas de transmisión como canal de comunicación mediante trampas de onda*. Obtenido de <https://www.sectorelectricidad.com/17005/lineas-de-transmision-como-canal-de-comunicacion-mediante-trampas-de-onda/>
- Sector Electricidad. (20 de Febrero de 2020). *Barras colectoras de 132 kV*. Obtenido de <https://www.sectorelectricidad.com/28171/barras-colectoras-en-132-kv/>
- Semillero de empresarios. (2018). *Subestaciones eléctricas*. San Andrés Tuxtla: TEC.
- TECSA. (2020). *Tecsaqro*. Obtenido de <https://www.tecsaqro.com.mx/blog/fallas-en-subestaciones-electricas/>
- Turrubiates, V. (26 de Octubre de 2017). *Expo Energia*. Obtenido de <https://www.exposolucionesenenergia.com/blog/instalacion-de-apartarrayos-2.php?m=>
- Viñan, J., Navarrete, F., & Puente, M. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA COMO INSTRUMENTO EN LA PRODUCCIÓN Y REALIZACIÓN DE UNA INVESTIGACIÓN*. Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Vivero, L., & Sanchez, B. (2019). *Unidades de Apoyo para el Aprendizaje*. CUAED/Facultad de Arquitectura-UNAM.

ANEXO 1 Código de programación del microcontrolador para el proyecto de generador de impulsos sónicos a altas frecuencias con el circuito integrado NE555.

```
const int sensorPir = 8;
const int RoZ = 7;
int Estado=0;
void setup()
{
  pinMode(RoZ, OUTPUT);
  pinMode(sensorPir, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop ()
{
  Estado = digitalRead(sensorPir);
  if (Estado == HIGH)
  {
    digitalWrite (RoZ, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(RoZ, LOW);
  }
  Serial.println(Estado);
  delay(500);
}
```

ANEXO 2 Código de programación del microcontrolador para el proyecto de generador de impulsos sónicos a altas frecuencias con el módulo AD9833.

```
const int sensorPir = 8;

const int RoZ = 7;

int Estado=0;

#include <MD_AD9833.h>

#include <SPI.h>
#define DATA 11
#define CLK 13
#define FSYNC 10
MD_AD9833 AD(FSYNC); // Hardware SPI

MD_AD9833::mode_t mode;
uint32_t freq_Value = 0; // Frequency value to set
void SetearModo(void);
void ModoOFF(void);
void SetearFrecuencia(void);

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Iniciando...");
  pinMode(RoZ, OUTPUT);
  pinMode(sensorPir, INPUT);
}
void SetearModo(void)
{
  //mode = MD_AD9833::MODE_SINE;
  //mode = MD_AD9833::MODE_TRIANGLE;
  mode = MD_AD9833::MODE_SQUARE1;
  //mode = MD_AD9833::MODE_OFF;
  AD.setMode(mode);
}
void ModoOFF(void)
{
  mode = MD_AD9833::MODE_OFF;
  AD.setMode(mode);
}
void SetearFrecuencia(void)
```

```

{
if (freq_Value != 0)
{
if (freq_Value > 12500000) freq_Value = 12500000;
AD.setFrequency(0, freq_Value);
}
}
void loop(void)
{
Estado = digitalRead(sensorPir);
if (Estado == HIGH)
{
AD.begin();
SetearModo();
Serial.println("30 KHz");
freq_Value = 30000; SetearFrecuencia(); delay(10000);
Serial.println("40 KHz");
freq_Value = 40000; SetearFrecuencia(); delay(1000);
Serial.println("50 KHz");
freq_Value = 50000; SetearFrecuencia(); delay(1000);
}
else
{
ModoOFF();
}
delay(500);
Estado = digitalRead(sensorPir);
if (Estado == HIGH)
{
digitalWrite (RoZ, HIGH);
}
else
{
digitalWrite(RoZ, LOW);
}
delay(500);
}

```



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Yagual Pozo, Cristhian Darío** con C.C: # 240001136-3 autor del Trabajo de Titulación: **Diseño de un sistema automatizado por ultrasonido en subestaciones eléctricas para minimizar el impacto ambiental a la fauna** previo a la obtención del título de **INGENIERA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigente.

Guayaquil, 8 de marzo del 2022

f. _____

Nombre: Yagual Pozo, Cristhian Darío

C.C: 240001136-3

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño de un sistema automatizado por ultrasonido en subestaciones eléctricas para minimizar el impacto ambiental a la fauna		
AUTOR(ES)	Yagual Pozo, Cristhian Darío		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Edgar R. Quezada Calle		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	8 de marzo del 2022	No. DE PÁGINAS:	95
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas embebidos, Generador de ultrafrecuencias		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Arduino, Ultra frecuencias, Generador, Plagas, Sensor, Subestación eléctrica		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo nace a partir de la necesidad de erradicar las plagas de diferentes animales en subestaciones eléctricas. Para evitar este tipo de inconvenientes, se presenta este proyecto que trabaja mediante la generación de ultra frecuencias con el fin evitar la presencia de animales en las instalaciones de una subestación eléctrica, lo cual puede salvaguardar la vida del animal y proteger el buen funcionamiento de los equipos eléctricos. Se utiliza un sensor de infrarrojos pasivo denominado PIR que detecta la presencia de algún animal y envía una señal al microcontrolador, esta señal genera una orden para energizar la bobina de un relé que permite la alimentación del circuito generador de frecuencias. Estas frecuencias deben ser superior al rango audible del ser humano para evitar molestias en las personas, por lo que se debe generar frecuencias superiores a los 20 KHz. Esto se logra de dos maneras, la primera es a través de un circuito con un encapsulado NE555 en modo astable en el cual se manipulan los elementos resistivos y capacitivos en el circuito para lograr las frecuencias deseadas para generar estímulos de estrés en los animales; la segunda forma estudiada es a través de un módulo generador de frecuencias AD9833, el cual se encarga de producir ondas sonoras de ultra frecuencias las cuales pueden ser programables para generar determinados tipos de ondas a diferentes frecuencias en un intervalo de tiempo determinado, lo cual permite reducir la adaptabilidad de los animales a los estímulos producidos por las ultra frecuencias.</p>			
ADJUNTO PDF:	SI	NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593991057046	E-mail: cristhianyagual@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-67608298		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			