



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y REPULSIÓN DE
ROEDORES EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE NONO A TRAVÉS DE
TECNOLOGÍA INFRARROJA Y ULTRASONIDO.



AUTOR

Roberto Andrés Freire Orozco

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y REPULSIÓN DE ROEDORES
EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE NONO A TRAVÉS DE TECNOLOGÍA
INFRARROJA Y ULTRASONIDO.

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones

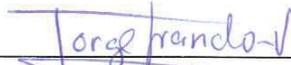
Profesor Guía
MSc. Jorge Wilson Granda Cantuña

Autor
Roberto Andrés Freire Orozco

Año
2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema elegido y cumpliendo con todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de titulación”



Jorge Wilson Granda Cantuña

Máster en Ingeniería Eléctrica

C.I.: 1708594187

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación”

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Iván Ricardo Sánchez Salazar', written over a horizontal line.

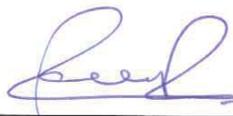
Iván Ricardo Sánchez Salazar

Magister en Calidad, Seguridad y Ambiente

C.I.: 1803456142

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”



Roberto Andrés Freire Orozco

C.I.: 0603015173

AGRADECIMIENTO

En primera instancia a Dios por guiarme siempre en el camino y permitirme tener muchas bendiciones y anhelos en la vida. A mis padres, por siempre estar en los momentos buenos y malos, por inculcarme valores, responsabilidad y honestidad. A mi esposa Romy, quien más que una ayuda siempre estuvo a mi lado apoyándome en cada momento, con su amor su firmeza y constancia; gracias por ser la mujer de mi vida y la madre de mi hijo.

A mi hermana, por siempre estar preocupada y pendiente de todas las cosas que me ha pasado y por ser mi apoyo. A Santiago Solorzano que me apoyado y guiado en el desarrollo de mi tema.

Roberto Freire.

DEDICATORIA

Primeramente, quiero dedicar este nuevo triunfo a mis padres y a mi hermana que ha sido de mucho apoyo en toda mi etapa estudiantil.

A mi esposa que día a día a estado en cada paso que he dado en mi vida ya que juntos hemos formado una gran familia. A mi hijo ya que quiero que tenga una buena imagen de su padre por lo que todo y cada uno de mis triunfos en mi vida son para él. También quiero dedicar este triunfo a una persona muy especial para mí un gran hermano que desde el cielo estará observando cada uno de mis metas cumplidas siempre con la ayuda y la bendición de Dios.

Roberto Freire.

RESUMEN

La granja experimental de NONO de la Universidad de las Américas dispone de 44.6 hectáreas, está ubicada en la provincia de Pichincha en la parroquia de Nono a 22Km de la ciudad de Quito. En ella se realizan distintas actividades como la producción agropecuaria, tratado de productos, investigaciones, prácticas académicas y proyectos de vinculación.

La vegetación montañosa, selvática con una flora y fauna del bosque andino contribuye para que alberguen roedores como las ratas, que por lo general se posesionan en lugares habitados por personas, ya que en estos lugares el acceso a comida o residuos es mucho más fácil y les ahorra el trabajo de ir en busca de alimento. Estos animales considerados como desagradables cuentan con un periodo de vida largo y su reproducción es numerosa. La granja de Nono cuenta con diferentes módulos como: gallicultura, coturnicultura, cuyicultura, sembríos y sitios donde se llevarán a cabo procesamiento de alimentos, donde no se puede permitir la propagación de estos roedores ya que con el tiempo podrían transformarse en plaga por proliferación abundante.

Dado este motivo, el objetivo del presente proyecto es la realización de un sistema de detección y repulsión de roedores de forma electrónica. El dispositivo genera ondas ultrasónicas que afecta al sistema nervioso de los roedores, lo que hace insoportable la permanencia en el lugar afectado. Los dispositivos están conectados por medio de una red de sensores inalámbricos WSN (Wireless Sensor Networks), conformada formada por varios Nodos; cada uno controlado por un microcontrolador, conectados a un XBEE una fuente de alimentación y los dispositivos electrónicos para repeler roedores.

El sistema cuenta con una interfaz gráfica amigable con el usuario, desarrollada en el software Visual Studio. En esta interfaz se puede observar los valores obtenidos por la red WSN, así como también, la detección de roedores.

ABSTRACT

The NONO Farm which is part of the University of the Americas is located in Pichincha in the county of Nono, 22 kilometers from the city of Quito. It has an extension of 44.6 acres and its main activities include Agricultural Production, Processing Products, and Practices Academic, Research as well as community projects.

The mountainous, jungle vegetation with flora and fauna of the Andean forest contributes to the existence of rodents like rats which live in places inhabited by people or places with garbage, or packed food pantries, which facilitates their search for food. These unpleasant animals live throughout the year and like all rodents are reproduced easily.

The Nono Farm has different modules such as: gallicultura, coturnicultura, cuyicultura and foods processing sites conducted Food Processing, where rodent presence should be avoided along with any related disease. For the aforementioned reasons this project has been implemented.

The device generates ultrasonic waves that affect the nervous system of animals making unbearable to remain in the place of preference.

These devices are connected through a network of Wireless Sensor Network (Wireless Sensor Networks) which are comprised of several nodes; each node is controlled by the UN ATmega328 microcontroller.

The system has a friendly graphic user interface which is this software developed in Visual Studio, which displays the values obtained by the WSN network with the detection of rodents.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Alcance	2
Justificación	2
Objetivos	3
Objetivo General.....	3
Objetivos específicos.....	3
1. Capítulo I. Marco Teórico	3
1.1 Granja de Nono UDLA	3
1.1.1 Clima de la Granja	4
1.1.2 Límites de la granja de Nono	4
1.1.3 Actividades en la Granja de la UDLA.....	5
1.1.4 Importancia de proteger la granja de Nono.....	6
1.2 Ahuyentadores electrónicos de roedores	7
1.2.1 Características ahuyentador electrónico.....	9
1.2.2 Funcionamiento ahuyentador electrónico	9
1.2.3 Frecuencia Ultrasónica	10
1.2.4 Seguridad de dispositivos ahuyentadores electrónicos	11
1.2.5 Efectividad del ahuyentador electrónico	12
1.2.6 Instalación del ahuyentador electrónico.....	12
1.2.7 Beneficio ahuyentador electrónico	13
1.2.8 Recomendaciones ahuyentador electrónico	13
1.3 Dispositivos en el mercado	14
1.3.1 Ahuyentador por Ultrasonido de plagas Techline AR1001	14
1.3.2 Ahuyentador de Ratas y Ratones - para toda la casa.....	16
1.3.3 Ultrasonido AR3001	17
1.4 Redes inalámbricas	18
1.4.1 Tipos de redes inalámbricas	19
1.4.1.1 Wireless PAN (Personal Area Network).....	20
1.4.1.2 Wireless LAN (Local Area Network).....	20

1.4.1.3 Wifi.....	20
1.4.2 Red inalámbrica de sensores (WSN)	20
1.4.3 Topología.....	22
1.4.4 No estructurados.....	22
1.4.5 Estructuradas.....	22
1.4.6 Topología de estrella	23
1.4.7 Topología de árbol	23
1.4.8 Topología de malla	23
1.4.9 Topología dinámica.....	23
1.5 XBEE	24
1.6 X-CTU	25
1.7 Visual Studio.....	27
1.8 Proteus.....	30
1.8.1 Elaboracion de un proyecto en Proteus	31
1.8.1.1 Diseño del circuito.....	31
1.8.1.2 Diseño de la placa del circuito	33
1.8.1.3 Imagen en tres dimensiones del circuito.....	34
1.9 Introducción Arduino	35
2. Capitulo II. Diseño e Implementación del Sistema	38
2.1 Preliminares.....	38
2.2 Diseño del Sistema	39
2.2.1 Selección de PC	40
2.2.2 Sensor PIR	40
2.2.3 Transmisor Infrarrojo.....	42
2.2.4 Ahuyentador Ultrasónico.....	42
2.3 Selección de materiales y comparativa.....	43
2.3.1 Ahuyentador Roedores	43
2.3.2 Módulo de radio frecuencia.....	44
2.3.3 Microcontrolador	45
2.3.4 Alimentación	46
2.4 Diseño del Nodo Sensor en Inventor	47

2.4.1 Funcionalidad	47
2.4.2 Elaboración de piezas	49
2.5. Elaboración de ensamblajes	50
2.5.1 CAD del Nodo sensor	51
2.6 Implementación del Nodo Sensor	53
2.6.1 Placa Principal.....	53
2.7 Justificación de elementos.....	54
2.7.1 Cálculo de la resistencia de la base.....	56
2.7.2 Arduino Pro Mini versión de 5V	59
2.7.3 Módulo ZigBee XBee PRO S2B.....	60
2.7.4 ProDeals Eco-friendly Outdoor PIR Ultrasonic	61
2.7.5 Corte de la caja contenedora.....	62
2.8 Configuración de la red WSN	65
2.9 Programación de los Nodo Sensores.....	69
2.10 Interfaz Gráfica	71
2.11 Costos.....	73
2.11.1 Costo Primarios	73
3. Capitulo III. Presentación de Resultados	74
3.1 Pruebas del sistema	74
3.2 Pruebas de Funcionamiento de los Nodos	75
3.3 Pruebas con Hámsters.....	78
3.4 Resultados Obtenidos Escenario 1	85
3.5 Resultados Obtenidos Escenario 2.....	87
4. Conclusiones y Recomendaciones	90
4.1 Conclusiones.....	90
4.2 Recomendaciones	91
REFERENCIAS.....	92
ANEXOS	95

INTRODUCCIÓN

En la Granja experimental de la Universidad de las Américas, UDLA se ha detectado la presencia de roedores mediante verificaciones anteriores por parte de los trabajadores y estudiantes de la universidad, los cuales mencionan haberlos visto alimentándose de los cultivos; mismos que están desapareciendo por esta causa y ha influido también en el deterioro de la misma por el daño que ocasionan, debiendo tomarse también en consideración el problema de transmisión de enfermedades que puede darse a los animales que también forman parte de la granja. El listado de animales de la granja experimental incluye aves, cerdos, cuyes, ganado, etc...., los mismos que requieren un cuidado especial y un espacio libre de contaminación.

Los ahuyentadores electrónicos son los más recomendados en la actualidad para la eliminación de todo tipo de roedores debido a que generan ondas de ultrasonidos, afectando así al sistema nervioso de estos animales (Eliminarplagas, s.f.); la mayor ventaja de utilizar este método para la repulsión de roedores es que no utilizan ondas audibles, por tanto, no afecta en absoluto a personas ni animales domésticos.

En el proyecto se utiliza un dispositivo ahuyentador de roedores que forma parte de un Nodo el cual consta de diferentes elementos electrónicos que permiten la administración del mismo, además un led infrarrojo para complementar el sistema que aturdirá el sistema nervioso de los roedores, todo este sistema administrado por una WSN (red de sensores inalámbricos).

Las WSN, constan de elementos de bajo costo y de bajo consumo. Una de sus características es que procesan información de manera local en un entorno, también permiten la comunicación a través de enlaces inalámbricos hacia un Gateway central o también conocido como nodo central. Este tipo de red está conformada por distintos nodos sensores, los cuales utilizan elementos para

informar la condición en que se encuentran en distintos puntos, así como en: ruido, temperatura, vibración, presión, posición, movimiento, entre otros.

Las redes WSN contribuyen al proyecto para converger toda la información de detección de roedores en una PC la cual cuenta con un Interfaz gráfico que puede ser administrado por el personal en la granja de Nono.

Alcance

Este tema de investigación se aplicará en la granja experimental de la UDLA, mediante la implementación de un sistema de sensores inalámbricos y ultrasonidos destinados a detectar y repeler roedores que traten de ingresar a los predios de la granja sin afectar las condiciones de vida de los animales, cumpliendo con los estándares de calidad adoptados por la granja experimental UDLA. Para ello se realizará un análisis técnico profundo sobre la tecnología infrarroja, ultrasonido, aplicaciones en redes de sensores inalámbricos y efectos sobre el comportamiento de los roedores identificando el sentido auditivo de cada uno de ellos, con lo que se procederá a realizar un estudio donde se va a implementar los sensores así como también identificar mediante un análisis comparativo el tipo de dispositivos para poder diseñar y profundizar el tema mediante un prototipo establecido para la implementación futura.

Justificación

El presente proyecto tiene un fin social, enfocado a proteger la salud de los animales y cultivos de la granja experimental UDLA, objetivo que está alineado con el Plan Nacional del Buen Vivir. Es decir, que trata de solventar los inconvenientes observados en la granja experimental de la UDLA hacia los animales y los cultivos de la granja para que no se contagien con enfermedades transmitidas por roedores; para ello se implementara un sistema a base de sensores de ultrasonido e infrarrojo y así poder disminuir el impacto económico que representa remediar los efectos dañinos ocasionados por dichos roedores.

Este proyecto llegará a eliminar pérdidas económicas, pérdidas de cultivos y de animales afectados en sectores de la granja experimental UDLA para así tener un mejor desempeño y sin contaminación alguna que producen los roedores mediante el sistema a implementarse junto con las pruebas realizadas.

Objetivos

Objetivo General

- Diseño de un sistema de detección y repulsión de roedores en la granja experimental de Nono a través de tecnología infrarroja y ultrasonido.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis del área afectada por los roedores.
- Desarrollar el sistema electrónico que permita la repulsión de los roedores.
- Realizar la red WSN por medio de Nodos para que permitan la detección de roedores.
- Implementar el sistema de repulsión contra roedores y presentar los datos en una Interfaz Gráfica.

1. Capítulo I. Marco Teórico

1.1 Granja de Nono UDLA

La Granja UDLA, está atravesando un proceso de desarrollo y crecimiento. En ella se realizan actividades de producción agropecuaria, tratado de productos, prácticas académicas, investigaciones y proyectos de vinculación. Se encuentra conformada por dos lotes, el primero de 36.5 hectáreas adquirido en el 2013 y un segundo lote adquirido en febrero de 2014.



Figura 1. (Granja de Nono Udla)

Tomado de. (Universidad de las Américas, s.f.)

La Granja UDLA, se encuentra localizada en las faldas del volcán Pichincha en la parroquia de Nono a 22Km del noroccidente de Quito, a treinta y cinco minutos desde la ciudad de Quito, aproximadamente. Conformada por 44.6 hectáreas.

1.1.1 Clima de la Granja

Por su ubicación en la zona denominada “Boca de Montaña”, el clima cuenta con fuentes de vientos provenientes de oriente y neblina efecto de la humedad de los bosques; la temperatura varía dependiendo de los factores y la altitud, se encuentra entre los catorce y dieciséis grados centígrados, la mínima es de siete y ocho grados centígrados. El clima lluvioso, se presentan con más frecuencia entre los meses de noviembre a mayo.

1.1.2 Límites de la granja de Nono

La parroquia de Nono se encuentra ubicado en las faldas del volcán Pichincha a 2.724 metros sobre nivel del mar y sus límites geográficos son:

Tabla 1.
Límites de la granja de Nono

NORTE	Parroquia de Calacalí y Nanegal
SUR	Parroquia de Lloa y Mindo.
ESTE	Parroquia de Cotocollao.
OESTE	Parroquia de Nanegalito y Mindo.

Adaptado de: (Universidad de las Américas s.f.)



Figura 2. Mapa de Nono

Tomado de. (Viaja conoce vive, s.f.)

1.1.3 Actividades en la Granja de la UDLA

Entre las actividades económicas más sobresalientes en la parroquia se tiene la ganadería y la agricultura, ya que cuenta con una gran variedad de condiciones ecológicas, característica propia de los pisos altitudinales y favoreciendo a la presencia de distintos microclimas, esto conlleva a poseer un esquema productivo diverso.

La Granja UDLA contiene las siguientes actividades:



Figura 3. Actividades en la Granja UDLA

1.1.4 Importancia de proteger la granja de Nono

La parroquia de Nono posee una vegetación tanto montañosa como selvática, albergando así una riqueza forestal que conlleva a la protección de la biodiversidad existente de flora y fauna en los bosques andinos, como, por ejemplo:

- ✓ **En la flora:** árbol de papel, guanto, romerillo, fucunero, pucachasha, orquídeas, entre otros
- ✓ **En la fauna:** con alrededor de veinte y siete variedades de colibríes o quindes, osos de anteojos, pavas de monte, chivas de monte, lobos, zorros, tórtolas y truchas.

El hecho de contar con una gran variedad de especies, incentiva a que las personas realicen actividades como la pesca deportiva. Dando así un crecimiento sustentable a la comunidad.



Figura 4. Vista de Nono

Tomado de. (Aabikers, s.f.)

Por la importancia que tiene el agua para la vida, los estudiantes brindan cursos enfocados al uso correcto del agua y el manejo de cuencas hidrográficas. Dado que el agua es considerada como base fundamental para la conservación de la biodiversidad, la producción agropecuaria y la vida mismo. (Aabikers, s.f.)



Figura 5. Flora Nono

Tomado de. (Wikiloc, s.f.)

1.2 Ahuyentadores electrónicos de roedores

Un roedor es un mamífero de tamaño pequeño se caracteriza por la forma de sus dientes incisivos, con aproximadamente 2280 especies en el mundo;

muchos se alimentan de semillas o plantas, aunque algunos tienen dietas más variadas. Entre estas especies algunas fueron consideradas como plagas ya que han causado y esparcido varias enfermedades, estos se manifiestan especialmente en zonas rurales y entornos naturales. Sin embargo, son pocos los roedores que se han extendido como especies antrópicas o animales de compañía, por otra parte, numerosas especies apenas han sido investigadas y tienen una distribución muy reducida.

Para evitar la presencia de estos animales, hoy en día la gente ha optado por la utilización de ahuyentadores electrónicos de ratas y ratones, 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. (Extertronic, s.f.)



Figura 6. Ahuyentadores electrónicos de roedores.

Tomado de. (Extertronic, s.f.)

1.2.1 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 económico, 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.

1.2.2 Funcionamiento ahuyentador electrónico

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, y en cada ocasión que la electricidad pase por un cable se creará un campo electromagnético, generando una especie de barrera ultrasónica invisible, evitando el acercamiento de los roedores 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.

Los dispositivos utilizados en interiores pueden llegar a tener un alcance en área de 500 y 350 pies cuadrados (150 -152 metros cuadrados). En cuanto a los dispositivos que trabajan con baterías, utilizados especialmente para

campos abiertos, tiene un alcance de 100 pies cuadrados 30 metros cuadrados. (Extertronic, s.f.)

Los ahuyentadores son totalmente seguros para el resto de aparatos electrónicos que se encuentren conectados a la misma red, es decir no interfieren en el funcionamiento de los mismos. La ubicación del aparato es flexible, pero es recomendable que se lo ubique en el lugar o habitación donde se haya visto más actividad por parte de los roedores. (Glebaambiental, s.f.)

1.2.3 Frecuencia Ultrasónica

En el espectro de sonido, se puede encontrar ondas intra y ultrasónicas inaudibles para el ser humano. El dispositivo ultrasónico da origen a un pulso muy penetrante mayor a los 20.000Hz. El hombre puede escuchar todo sonido que se encuentre entre el rango de audición de 20 Hz y menor a 20.000Hz. Los murciélagos y roedores son capaces de captar frecuencias superiores a los 20.000 Hz y menores o iguales a los 100.000hz.

Con respecto a lo anterior se espera que los equipos de ultra sonido sean diseñados y regulados correctamente en el espectro que sea más eficaz para conseguir lo requerido.

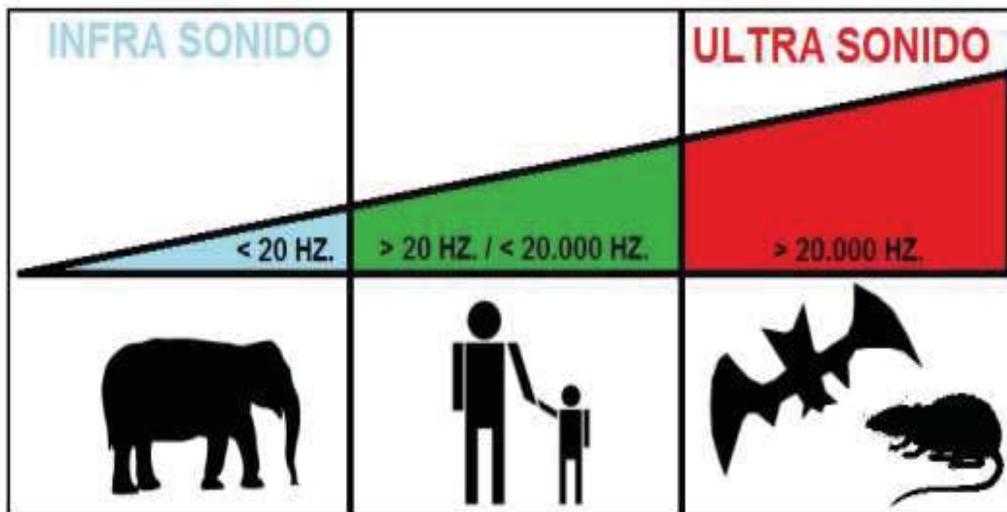


Figura 7. Espectro de sonido y rango de audición según la especie.

Tomado de. (Glebaambiental, s.f.)

1.2.4 Seguridad de dispositivos ahuyentadores electrónicos

Como ya se trató anteriormente los humanos no son capaces de percibir las ondas producidas por estos dispositivos, tampoco los animales domésticos como: perros, gatos, aves o reptiles; sin embargo, los hamsters, cobayas o chinchillas pueden sufrir cierto malestar, es recomendable sacarlos de la zona tratada mientras el ahuyentador está funcionando.

Una de las desventajas es que, si bien las frecuencias son inaudibles por las personas, si pueden llegar a ser percibidas por medio de micrófonos y otros dispositivos semejantes; además pueden llegar a perjudicar la calidad del sonido, esto referente a cuando se utiliza el teléfono. También es posible que estos silencien los dispositivos de recepción de sonido y en el caso de contar con sistemas de alarma de robo, las señales de estos sistemas pueden ser detenidas.

1.2.5 Efectividad del ahuyentador electrónico

Según Garbarino J. la Comisión Federal de Comercio (The Federal Trade Commission), pone en duda la efectividad de estos dispositivos, dado que la mayoría de ellos no garantizan su correcto funcionamiento. Y recomiendan tomar en cuenta otras alternativas como sellar las aberturas que conectan el interior con el exterior de una vivienda, así evitando la infesta de roedores, también es recomendable eliminar cualquier tipo de maleza cercana al lugar en donde se esconden estos animales.

Los animales pueden llegar a adaptarse al dispositivo en un periodo de tiempo relativamente corto, se debe tratar de optar por medidas que dificulten el acceso a la comida y el refugio, ya que esto los atrae. Uno de los beneficios con los que cuentan estos dispositivos es que se puede ampliar la efectividad al atraparlos, porque se puede trasladar los patrones de movimiento de los roedores, y así encaminarlos a una trampa. (Garbarino J., s.f.).

1.2.6 Instalación del ahuyentador electrónico

Se recomienda la utilización de estos dispositivos en lugares limpios, se debe considerar objetos como cajas, cajones, paneles, telas, cualquier objeto que se interponga entre el equipo y área que se desea proteger. La emisión de las ondas ultrasónicas se debe interpretar como si fuera un haz de luz, y cuando cualquier cuerpo se cruce a este haz puede generar un área sombría. De esto depende que el equipo llegue a cubrir toda el área deseada, ya que sin ningún obstáculo las ondas pueden rebotar sin impedimentos en su trayecto. Por ello se recomienda ubicarlo a dos metros de altura con relación al suelo y apuntarlo al socalo de la pared opuesta más cercana.

Los sitios que obstaculicen las ondas y se comporten como aislantes acústicos, son los que sirven de refugio para los roedores. Es fundamental dimensionar los tratamientos e instalar la cantidad de equipos necesarios por zona o ambiente.

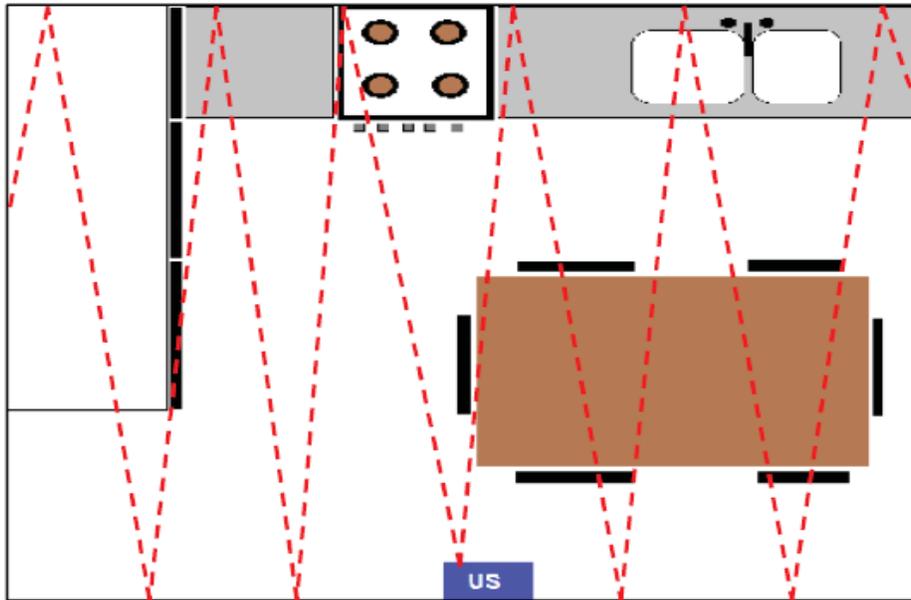


Figura 8. Rebote de ondas ultrasónicas.

Tomado de. (Techline, s.f.)

1.2.7 Beneficio ahuyentador electrónico

- ✓ La utilización de estos dispositivos es higiénica, ya que no contienen ningún tipo de veneno.
- ✓ Las ondas que producen permiten alcanzar lugares de difícil acceso para el hombre, como paredes, suelos, etc.
- ✓ Evita la presencia de cadáveres y con ello olores desagradables.

1.2.8 Recomendaciones ahuyentador electrónico

En cuanto a las recomendaciones generales para la utilización de estos dispositivos tenemos:

- ✓ No se debe obstruir al equipo.
- ✓ En el caso de que el equipo no cuente con baterías, no debe ser desenchufado por ningún motivo.
- ✓ Deben ser instalados entre 1.5 y 2 metros de altura con relación al suelo.

- ✓ Se recomienda elegir un vértice del lugar donde se vaya a instalar, que tenga de frente una pared o un vidrio donde las ondas del equipo puedan rebotar.
- ✓ No se debe colocar el equipo frente a cortinas o sillones.
- ✓ No se debe utilizar el equipo en ambientes donde duermen niños menores o mascotas.

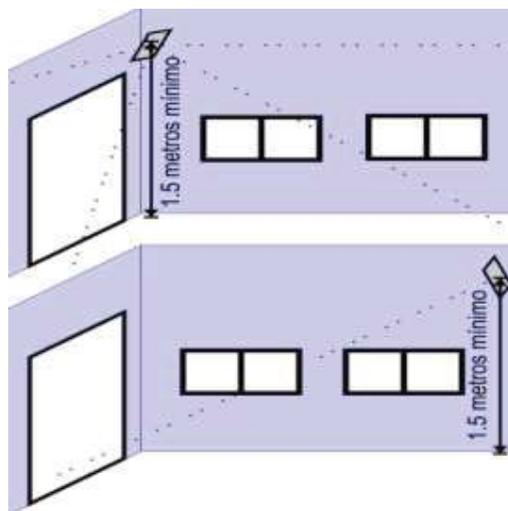


Figura 9. Recomendaciones de instalación de repelente ultrasónico.

Tomado de. (Techline, s.f.)

1.3 Dispositivos en el mercado

1.3.1 Ahuyentador por Ultrasonido de plagas Techline AR1001

Es un repelente ultrasónico electrónico de roedores y murciélagos en grandes superficies. El cual evita el anidamiento y la reproducción de roedores y murciélagos. Es auto regulable y el consumo de corriente es mínimo. No requiere mantenimiento.



Figura 10. Techline AR1001.

Tomado de. (Techline, s.f.)

Cuenta con dos generadores de ultrasonido amplificados, el resultado es una emisión potente. Esto permite el desalojo de ámbitos altamente infestados y nidos establecidos. No se debe olvidar que estos equipos pueden modificar la conducta de los animales, es decir pueda que la acción no sea inmediata. Se recomienda utilizar cebos o carnadas durante los primeros 15 – 21 días. (Techline, s.f.)

Tabla 2.

Datos de equipo.

Área de cobertura	100 metros cuadrados
Potencia de Audio	115 dB
Frecuencia de Operación	31 a 45 KHZ (variación automática)
Consumo de energía	11W (instalado a 220V)

Adaptado de: (Techline, s.f.)

1.3.2 Ahuyentador de Ratas y Ratones - para toda la casa

Fabricado por la marca "Pestbye". Se lo recomienda en el mercado por su alta efectividad.



Figura 11. Ahuyentador de Ratas y Ratones.

Tomado de. (Primrose, s.f.)

Combina dos sistemas de plagas las cuales son, la interferencia electromagnética y el sonido ultrasónico. Haciéndolo eficaz para algunos insectos reparadores.

Tabla 3.

Datos equipo ultrasónico.

Área de cobertura	185 metros cuadrados
Consumo de energía	instalado a 220V

Adaptado de: (Primrose, s.f.)

1.3.3 Ultrasonido AR3001

Apto para el control de roedores y murciélagos, es una versión mejorada del AR1001, ya que este dispositivo tiene una cobertura más amplia.



Figura 12. Ultrasonido AR3001.

Tomado de. (Techline, s.f.)

Las características técnicas se describen a continuación:

Tabla 4.

Datos equipo ultrasónico.

Área de cobertura	300 metros cuadrados
Potencia de Audio	125 DB
Frecuencia de Operación	24 a 50 KHZ (variación automática)
Consumo de energía	16W (instalado a 220V)

Adaptado de: (Techline, s.f.)

1.4 REDES INALÁMBRICAS



Figura 13. Redes Inalámbricas.

Tomado de. (CEPA, s.f.)

Una red inalámbrica es en la que dos o más terminales se pueden comunicar sin una conexión por cables. Permitiendo al usuario mantener la conectividad al desplazarse dentro de un área geográfica determinada.

Este tipo de redes se basan en un enlace donde se utilizan ondas electromagnéticas como el radio o infrarrojo y no el cable estándar. De esta manera se accede a que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad sin importar la distancia que exista entre ellos. Otro beneficio es que la instalación de estas redes no requiere mayor alteración en cuanto a la infraestructura, al contrario de las redes cableadas.

Las redes electromagnéticas se pueden transmitir a través de varios dispositivos de uso tanto militar, científico o aficionados, por ello son propensos a interferencias, para evitar esto se ha establecido que todos los países deben contar con regulaciones los cuales establezcan los niveles de frecuencia y la potencia de transmisión que se permita a cada clase. (CCM, s.f.)

1.4.1 Tipos de redes inalámbricas

El término red inalámbrica se utiliza en diferentes aplicaciones, para designar la conexión de nodos que se da por medio de ondas electromagnéticas, sin necesidad de una red cableada o alámbrica. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos.

Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya que se elimina el cableado ethernet y conexiones físicas entre nodos, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos.

En la Figura 14 se puede apreciar la clasificación de las redes inalámbricas:

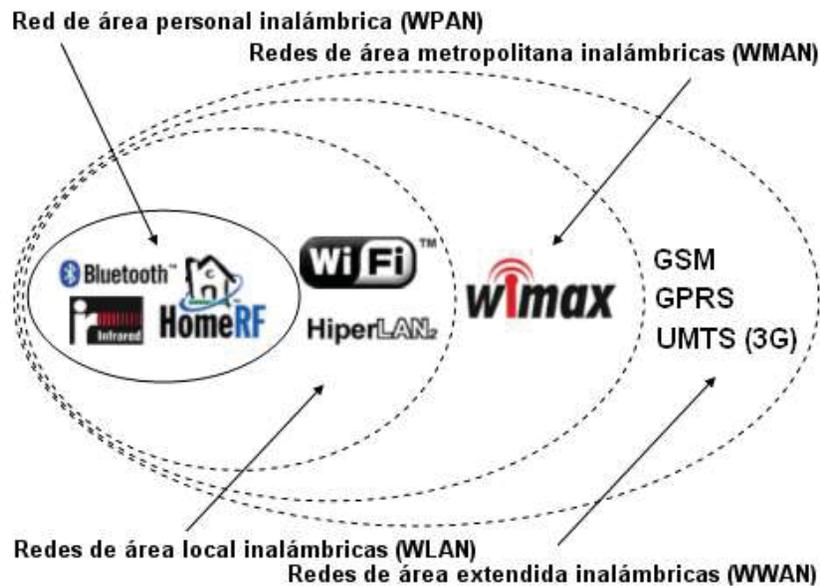


Figura 14. Tipos de redes inalámbricas.

Tomado de. (CCM, s.f.)

1.4.1.1 Wireless PAN (Personal Area Network)

Es una conexión inalámbrica de corto alcance entre los dispositivos como PC, teléfonos móviles. Entre los estándares más comunes de esta conexión tenemos:

- ✓ Bluetooth
- ✓ Telecomunicaciones inalámbricas digital mejorada (DECT)
- ✓ Infrarrojo

1.4.1.2 Wireless LAN (Local Area Network).

Permiten la conexión de una red de ordenadores en una localidad geográfica, de forma inalámbrica, lo cual permitirá compartir archivos, servicios, impresoras y más recursos.

1.4.1.3 Wifi

Permite la implementación de redes locales también conocida como LANS, de esta forma no se requiere infraestructura física es decir cableada, para dar la conectividad al usuario. La característica principal es la rapidez de construcción y uso.

1.4.2 Red inalámbrica de sensores (WSN)

Es una red que contiene un conjunto de pequeños dispositivos, los cuales son capaces de medir distintas variables de ambiente donde se encuentren, además procesan y comunican la información de manera inalámbrica.

Los sensores utilizados por los diferentes dispositivos pueden controlar varias condiciones en distintos puntos como es el caso de, la temperatura, el sonido, vibración, presión, entre otros. Estos sensores pueden ser fijos o móviles.

Además, estos dispositivos se caracterizan por ser unidades autónomas que cuentan con un microprocesador, una fuente de energía, radio transceptor y un elemento sensor.



Figura 15. Estructura de los dispositivos de una red WSN

Tomado de. (Crossbow, s.f.)

Sus aplicaciones son varias, como en la detección de ataques nucleares, químicos o biológicos; en cuanto al medio ambiente, el monitoreo de microclimas, detección de fuego, inundaciones, agricultura. En la salud, monitoreo tanto de médicos como de pacientes y la automatización del hogar, entre otras aplicaciones. (Garbarino, s.f.)

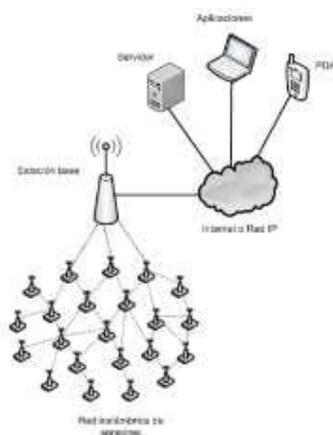


Figura 16. Infraestructura de una red inalámbrica de sensores

Tomado de. (Garbarino, s.f.)

1.4.3 Topología

En cuanto el área de sensado, los sensores se interconectan a través de enlaces inalámbricos multisalto, de corta distancia y baja potencia de transmisión, y así envían información a estaciones recolectoras o de monitoreo. Existen dos tipos de redes como:

1.4.4 No estructurados

Es un repositorio de nodos densa, desplegados al azar. Cuando se hayan desplegado todos, la red opera automáticamente, monitoreando y reportando información. Se caracteriza por la dificultad de mantenimiento, de administración de conectividad y la detección de fallas, dado que cuenta con una gran cantidad de nodos.

1.4.5 Estructuradas

En ella la mayoría de los nodos son movidos de manera pre-planificada, y son ubicados en posiciones fijas. Una de sus ventajas es que puede utilizar menor cantidad de nodos y así conseguir una cobertura de área a bajo costo, tanto administrativo como de mantenimiento. Existen tres tipos de topologías de red para los nodos WSN.

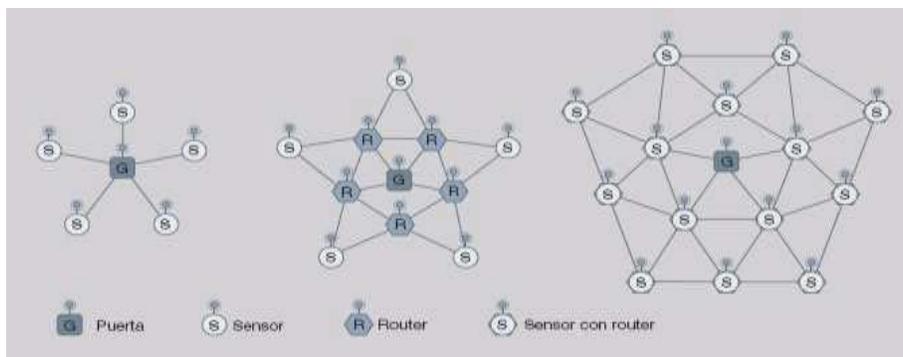


Figura 17. Topología de redes WSN

Tomado de. (Saya, 2012)

1.4.6 Topología de estrella

Cada nodo se conecta directamente a un punto central (Gateway), donde todas las comunicaciones se hacen por medio de este punto.

Los dispositivos no están conectados entre sí, esto impide que haya un gran flujo de información, y por su transmisión, en este tipo de topología se cuenta con un nodo central activo que es el encargado de prevenir problemas referentes al eco.

1.4.7 Topología de árbol

En este tipo de topología cada nodo es colocado en forma de árbol, es decir cada nodo se encuentra conectado a otro nodo de mayor jerarquía, hasta llegar al nodo de enlace troncal, donde nacen los demás nodos, asemejando a la estructura de un árbol de ahí su nombre. Se caracterizan por compartir el mismo canal de comunicaciones. En el caso de que uno de sus nodos falle, no existirá interrupción en la transmisión de datos.

1.4.8 Topología de malla

Se caracteriza porque cada nodo tiene conexión a todos los demás nodos, así se puede transmitir la información de un nodo a otro por distintos caminos, evitando la existencia de fallos o interrupciones en la comunicación.

1.4.9 Topología dinámica

Cuando se habla de red de sensores, su topología debe estar sujeta a la existencia de cambios, es decir debe adaptarse y así poder lograr la comunicación de nuevos datos adquiridos.

El diseño tradicional de redes WSN se basa en capas apiladas. De esta manera se simplifica el diseño de la red. Este tipo de estructura conlleva a

tener protocolos robustos y escalables. El diseño y la operación de las capas en la pila se tornan aislados, la interferencia entre capas es estática e independiente en cuanto a las obligaciones de cada una, las aplicaciones de red también son individuales.

Muchas redes WSN se dedican a la recolección de información en tiempo real, es ahí cuando existen retrasos en los límites y altas demandas de ancho de banda.

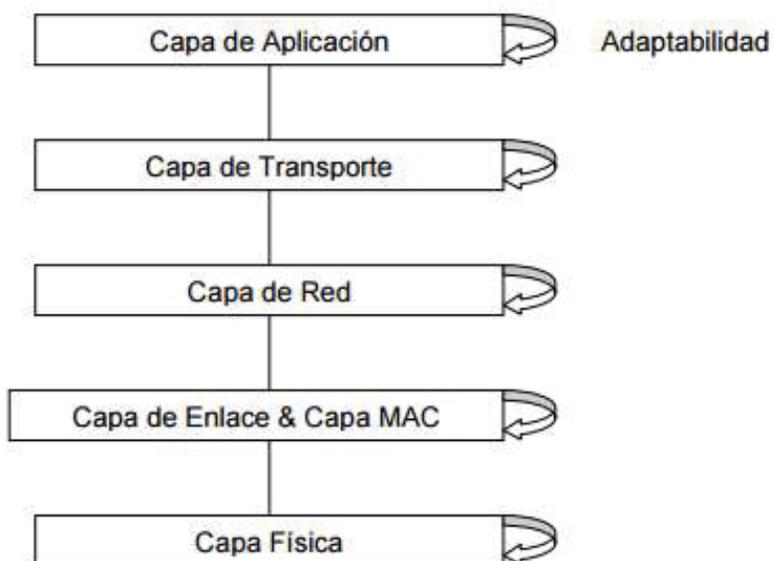


Figura 18. Tradicional pila de capas de protocolo para redes WSN

Tomado de. (Garbarino, s.f.)

Para lograr la comunicación entre nodos sensores por medio inalámbrico se fueron desarrollando diferentes protocolos, con el tiempo han ido evolucionando para lograr una adaptación de las características y las limitaciones propias de las redes WSN.

1.5 XBEE

Los módulos XBee son módulos inalámbricos de fácil uso, considerados soluciones integradas, los cuales nos proporcionan un medio inalámbrico, el cual permite la interconexión y la comunicación entre dispositivos.

Se basa en el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4, el cual crea redes punto a multipunto, también redes punto a punto.

Desarrollados específicamente para programas/aplicaciones que necesiten una baja latencia, alto tráfico de datos y, además, sincronización de comunicación predecible.

XBee está basado en el protocolo Zigbee producido por Digi.



Figura 19. XBee

Tomado de. (Digi, s.f.)

XBee Serie 1, es la serie más fácil para utilizar, no necesitan ser configurados. En cuanto a la comunicación Punto a punto, estos módulos trabajan muy bien.

1.6 X-CTU

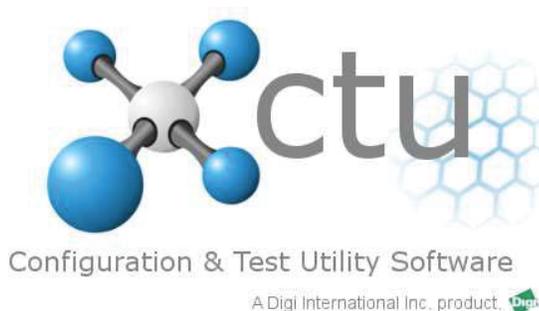


Figura 20. Logo X-CTU

Tomado de. (Tutoelectro, s.f.)

X-CTU es una aplicación basada en Windows, posee una interfaz gráfica, la cual permite la configuración e interacción, es decir permite enviar y recibir datos mediante el puerto en el que estén conectados los diferentes módulos de radiofrecuencia específicamente del fabricante DIGI, como el XBee.

Para la configuración del módulo XBee se lo debe conectar de la siguiente manera:

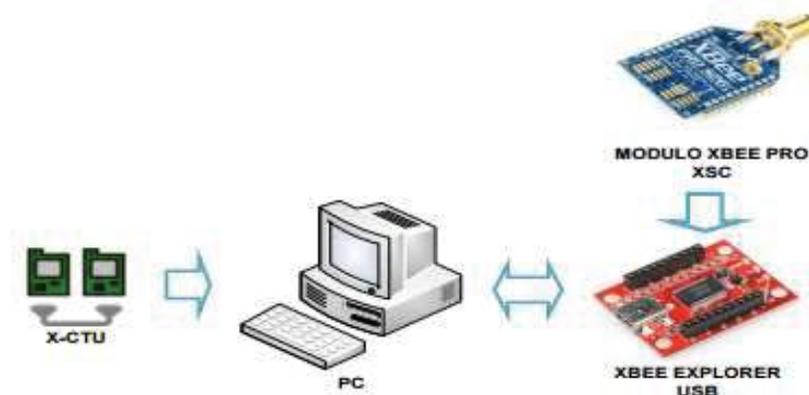


Figura 21. Como conectar el XBee para su configuración con X-CTU.

Tomado de. (Tutoelectro, s.f.)

Cuenta con una interfaz amigable y de fácil uso.

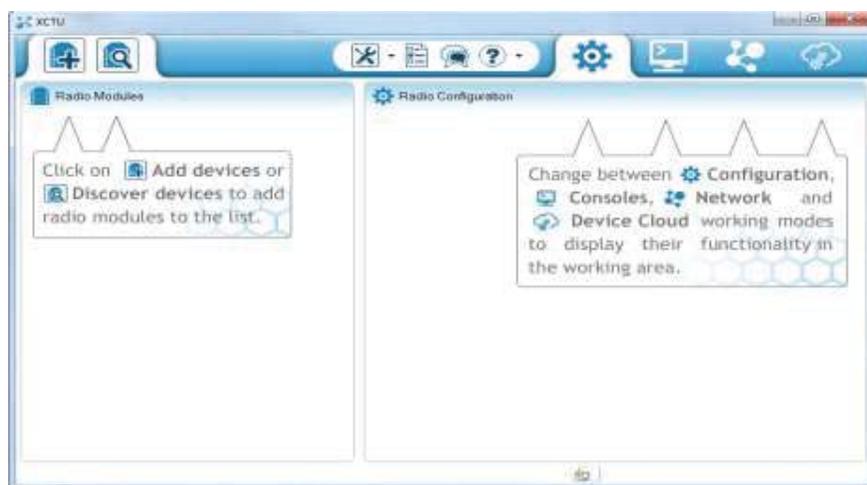


Figura 22. Interfaz de X-CTU.

Tomado de. (Tutoelectro, s.f.)

1.7 Visual Studio



Figura 23. Logo Visual Studio

Tomado de: (Microsoft, s.f.)

Visual estudio es un software enfocado en el desarrollo y diseño de aplicaciones Web ASP.NET, servicios web XML, aplicaciones tanto de escritorio como móvil. Utiliza un entorno de desarrollo integrado (IDE) para escribir código para distintas plataformas como iOS, Android y Windows.

Permite la utilización de varios lenguajes de programación, como C++, C#, Visual Basic.NET, Java, Python, etc. Una de las características de Visual Studio es que aumenta la productividad y además es fácil de usar.

En cuanto al desarrollo de la interfaz gráfica para una aplicación, Visual Studio cuenta con un entorno de desarrollo interactivo y de fácil uso para el programador o desarrollador, en ella podemos encontrar un cuadro de herramientas con botones, check boxes, y todo lo necesario para desarrollo de una aplicación adecuada.



Figura 24. Cuadro de herramientas- Visual Studio

Pasos para diseñar una interfaz de usuario Visual C#:

1. Crear un nuevo proyecto

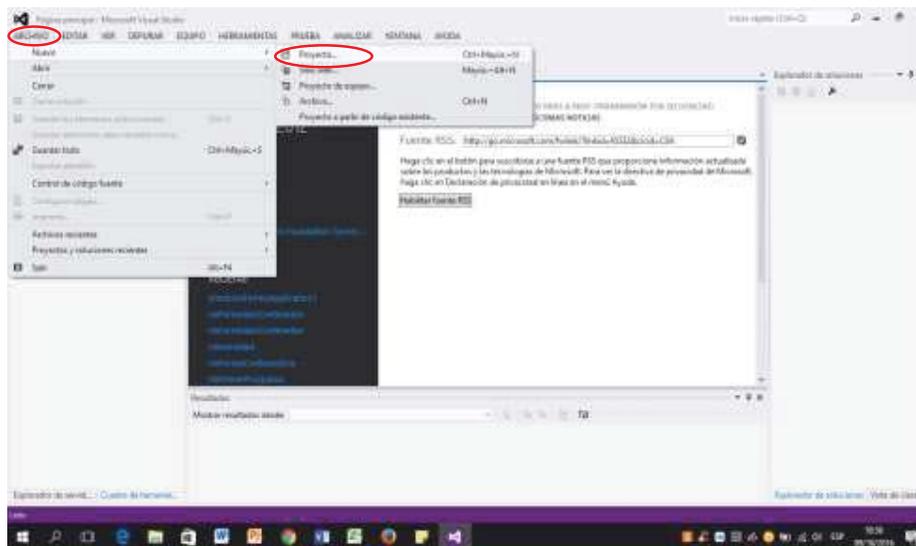


Figura 25. Crear un nuevo proyecto.

2. Se debe escoger el lenguaje en el que se desea trabajar en este caso C#, escogemos el tiempo de aplicación a desarrollar Aplicación Windows Forms, colocamos el nombre del proyecto y la ubicación del mismo.

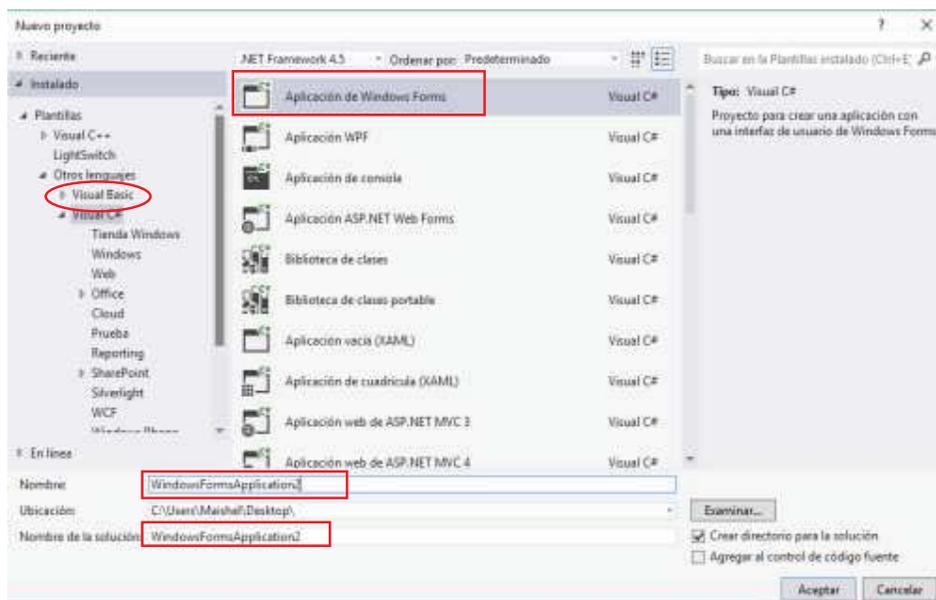


Figura 26. Estableciendo parámetros para el proyecto.

3. Agregar los controles a la superficie de diseño. Para agregar los controles a la superficie de trabajo deben ser arrastrados con el mouse.

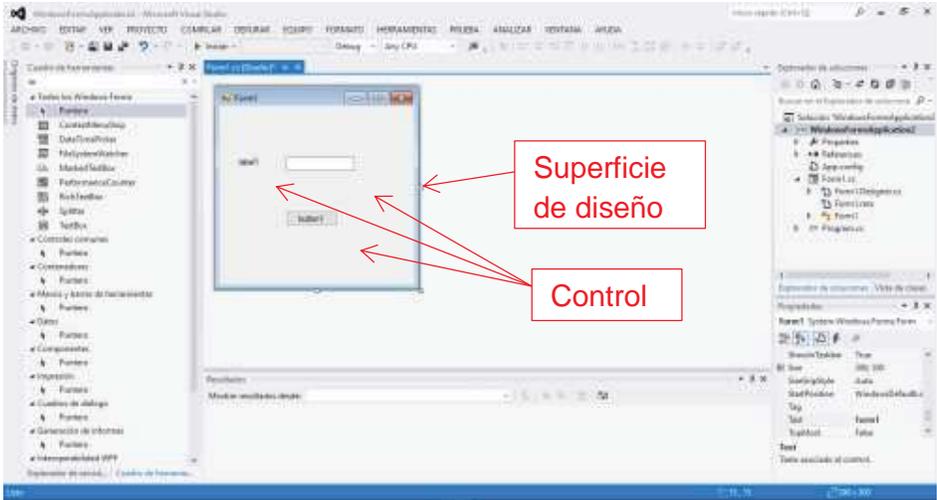


Figura 27. Agregando controles a la superficie de diseño.

4. Establecer las propiedades iniciales de los controles
Luego de agregar un control a la superficie de diseño se puede utilizar la ventana Propiedades para establecer las propiedades del mismo, como el texto predeterminado, el color, entre otros.
Como podemos observar en la parte derecha de la siguiente imagen:

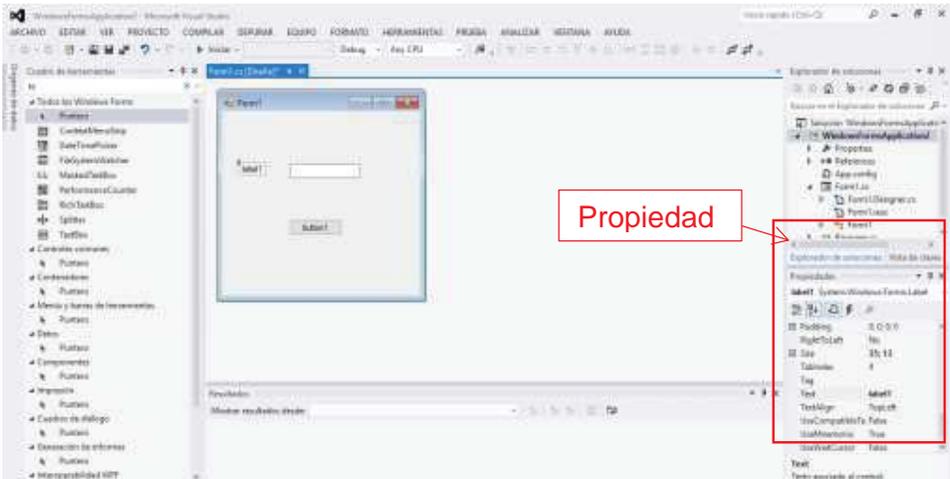


Figura 28. Para establecer propiedades a los controles.

5. Escribir los controladores para los eventos especificados.

Para escribir el código de la aplicación se debe hacer doble clic sobre el control deseado, como por ejemplo al dar doble clic sobre el botón y así agregar un controlador de eventos para el evento clic.

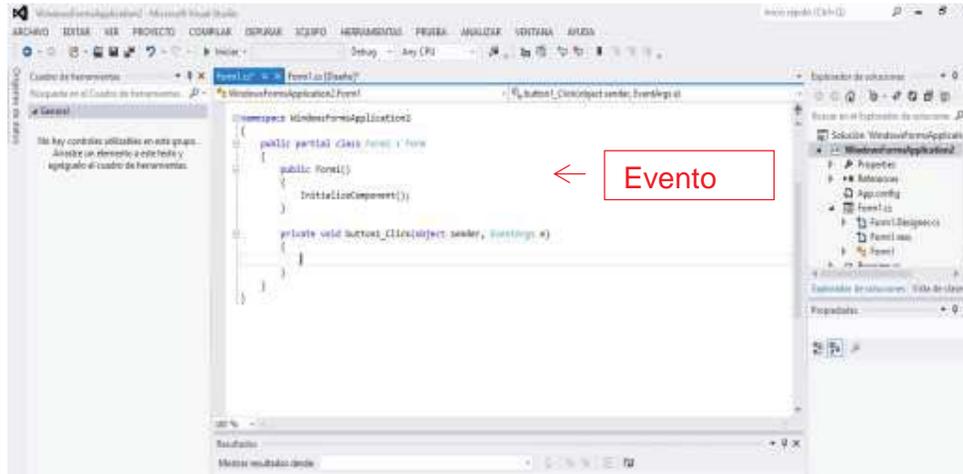


Figura 29. Eventos de los controles.

1.8 Proteus

Proteus es un entorno integrado desarrollado para el diseño de proyectos electrónicos en todas sus fases, es decir en el diseño, simulación depuración y construcción de los mismos.

Proteus se caracteriza por seguirlos reglamentos industriales estrictamente, esto favorece dado que los trabajos elaborados con este software serán legítimos y seguros.



Figura 30. Proteus

Tomado de. (hubor, s.f.)

Está conformado por dos dispositivos principales **ISIS** y **ARES**.

- ✓ **ISIS**: se encarga de la generación de circuitos reales, evalúa el correcto funcionamiento del trabajo, de este modo se corrigen los errores.
- ✓ **ARES**: enruta, sitúa y edita los distintos componentes de la fabricación de las placas PCB.

Con la utilización de Proteus la construcción de un equipo electrónico consta de las siguientes etapas:

1. Diseño del circuito electrónico
2. Desarrollo del software.
3. Simulación del circuito y del programa
4. Diseño del circuito impreso
5. Construcción del prototipo físico (circuito impreso y soldadura de componentes).

1.8.1 Elaboracion de un proyecto en Proteus

1.8.1.1 Diseño del circuito

Para el diseño del esquema electrónico debemos utilizar ISIS.



Figura 31. Ingreso a ISIS.

Una vez ingresado a ISIS se muestra la suite de diseño, conformada por dos partes. La primera ubicada a la izquierda donde contiene el visor del plano del proyecto, debajo una ventana donde se muestran los dispositivos. La segunda parte se encuentra a la derecha la cual es la zona de trabajo donde se traza los circuitos electrónicos deseados.



Figura 32. Suite de diseño en ISIS

Para seleccionar los dispositivos necesarios para la realización de los circuitos debemos dar clic en el botón P ubicado al lado izquierdo de la pantalla. Dicho botón permitirá la visualización de una ventana donde se elige el dispositivo. Aquí se puede encontrar alrededor de 6.000 modelos de dispositivos tanto analógicos como digitales.

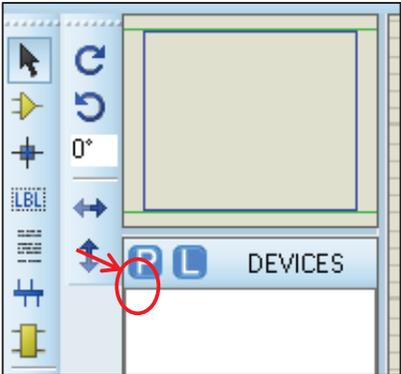


Figura 33. Botón para visualizar dispositivos.

Durante la elaboración del circuito se pueden ir realizando simulaciones para comprobar el correcto funcionamiento del circuito. Para ello podemos hacer uso de herramientas como ProSPICE y VSM, la una enfocada a la simulación del circuito electrónico, mientras que la otra enfocada a la simulación de la lógica del programa.

1.8.1.2 Diseño de la placa del circuito

Cuando ya se ha finalizado el diseño del esquema electrónico, se genera un conjunto de redes de forma automática.

Una red es una colección de pines interconectados, mientras que la lista de redes es la que nos permite formar el diseño del circuito. Se debe utilizar Layout de ARES PCB, que es una herramienta para la elaboración de placas de circuito impreso.

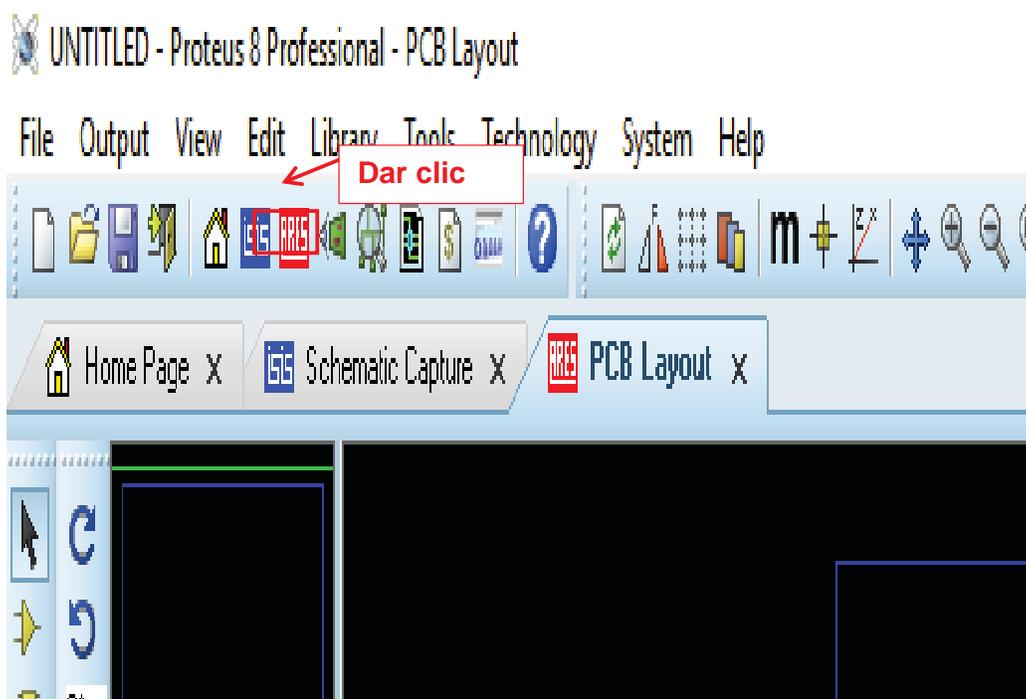


Figura 34. Ingreso a PCB Layout.

ARES cuenta con un posicionado automático de elementos, con generación automática de pistas.



Figura 35. Panel de simulación.

1.8.1.3 Imagen en tres dimensiones del circuito

Cuando se haya finalizado con la elaboración de las pistas para la placa del circuito, es posible obtener una imagen en tres dimensiones como la siguiente:

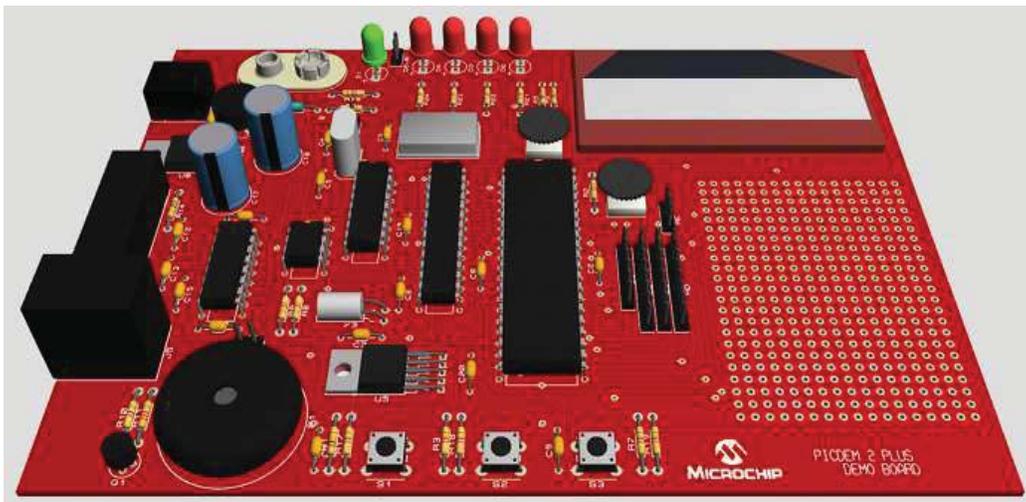


Figura 36. Ejemplo de placa en tres dimensiones.

Si se desea realizar algún cambio en el circuito todo el diseño cambiará automáticamente.

1.9 Introducción Arduino

Para la programación del nodo sensor que dispone de un microcontrolador atmega 328P, se optó por el software Arduino ya que la interfaz es amigable y facilita la programación por el uso de funciones.

Para la instalación del entorno de desarrollo Arduino IDE en la página en la sección de descargas debe seleccionar la versión correspondiente al sistema operativo que se disponga.



Figura 37. Software Arduino.

Una vez seleccionada la descarga deberá instalarla como cualquier otro programa.



Figura 38. Icono de escritorio Arduino.

En el escritorio encontrará el siguiente icono el cual le permitirá ingresar a la plataforma Arduino.

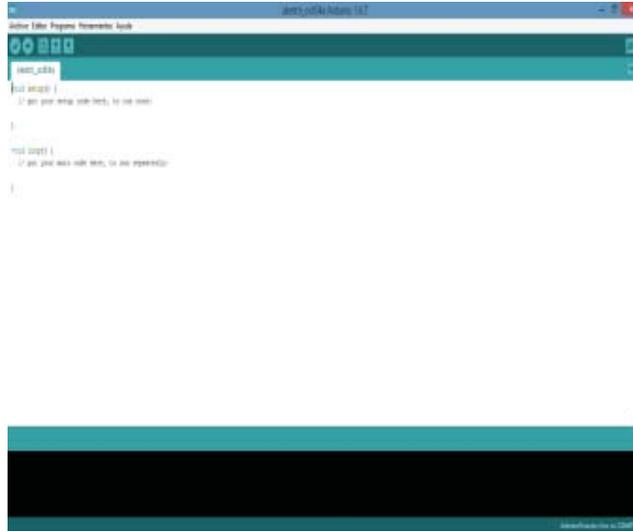


Figura 39. Plataforma Arduino.

En la parte superior se puede observar el nombre del programa más Arduino y la versión que está instalada.

Seguido de eso está una barra donde se tiene acceso a Archivo, Editar, Programa, Herramientas, Ayuda. Estas pestañas permitirán interactuar con ejemplos o programas ya creados y servirá para seleccionar el Arduino que se esté manejado y al puerto que esté conectado.

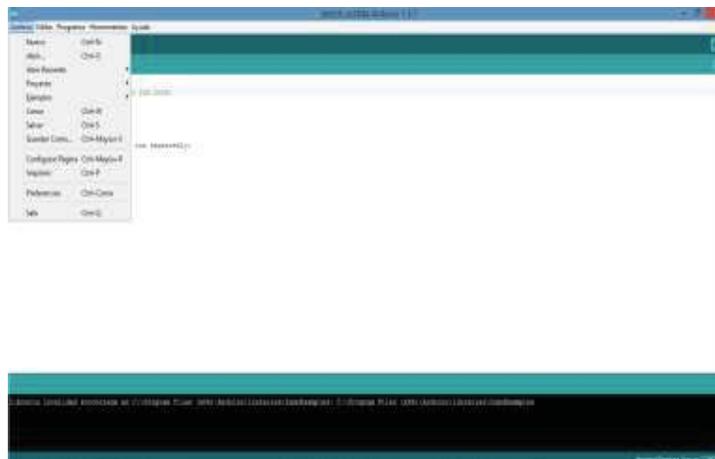


Figura 40. Ejemplo de programación.

Después se puede observar la siguiente barra donde están visibles 5 iconos los cuales van a permitir de manera más interactiva compilar un programa, abrir o guardar entre otros.



Figura 41. Compilación del programa.

Después de esta sección esta la venta donde se programa el código o el nuevo Sketch.

```
sketch_oct04a $  
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
}
```

Figura 42. Código de Inicio.

Finalmente, en la parte posterior esta una interfaz de color negro donde muestra diferente información como por ejemplo cuando no se compila bien el código o errores en la programación

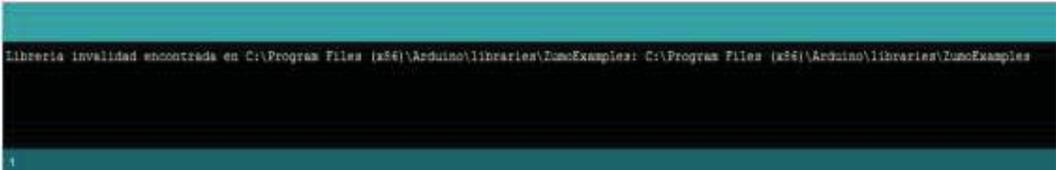


Figura 43. Errores de programación.

2. CAPITULO II. Diseño e Implementación del Sistema

2.1 Preliminares

En el presente capítulo se presenta paso a paso el desarrollo de la red inalámbrica de sensores para la repulsión de roedores, en la figura se puede observar que la red está compuesta por tres nodos los cuales constan cada uno de una placa principal que tiene una Arduino Mini Pro, dos baterías de Lipo de 3,7v a 5000mA para la alimentación, un módulo de radio frecuencia XBee Pro S2B y el dispositivo electrónico para repeler roedores con un rango de 10m y ángulo de 120 de cobertura.

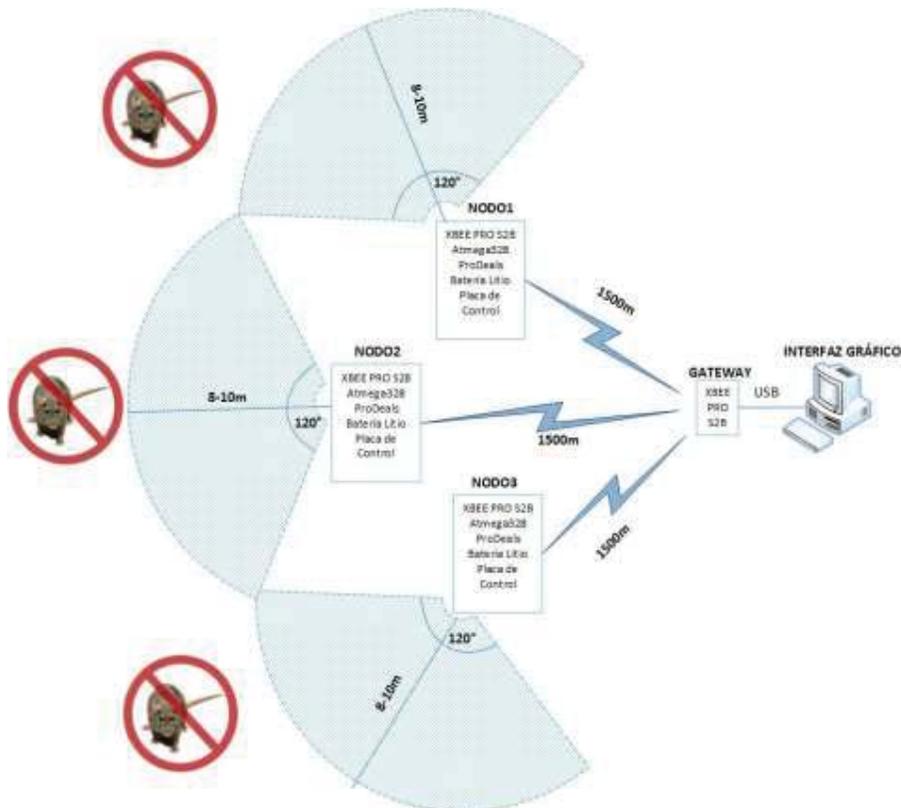


Figura 44. Sistema de repulsión de roedores

Se implementa una red con topología punto multipunto, los módulos pueden funcionar a una distancia de 1500 m en línea de vista con el Gateway este a su vez está conectado mediante un cable USB a la computadora en la cual está

alojado un software desarrollado en Visual Studio en lenguaje C# con el cual se tiene el control y la información de los parámetros de la red WSN.

2.2 Diseño del Sistema

El diagrama de bloques general se puede observar en la siguiente figura, aquí se identifican las variables que se toman en cuenta para el funcionamiento del sistema.

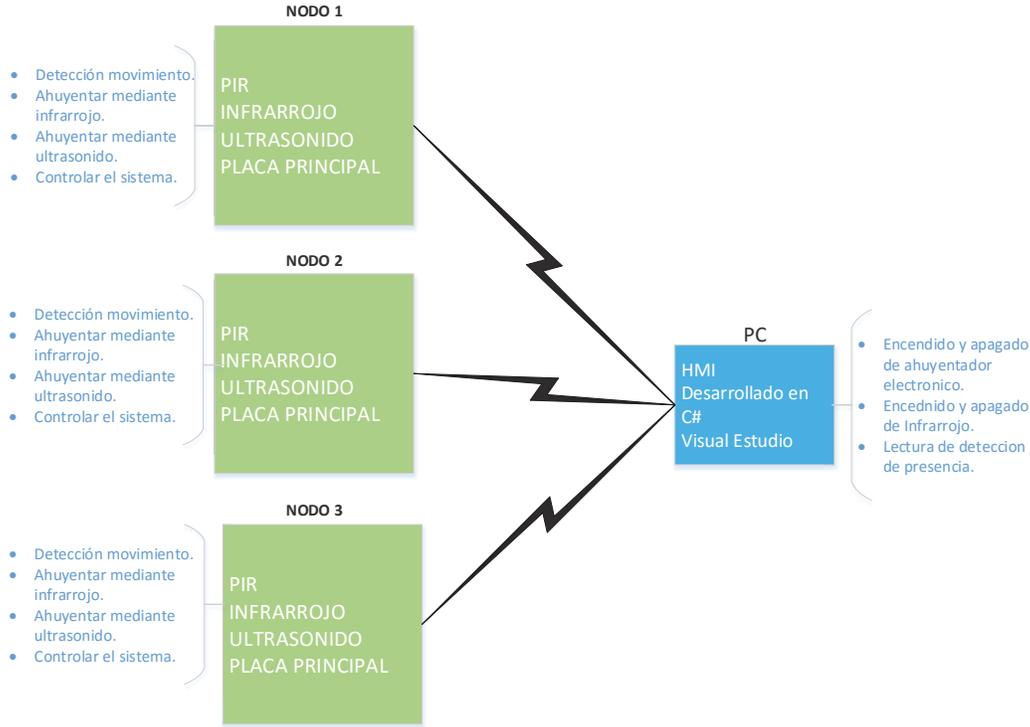


Figura 45. Flujograma Sistema.

En el diagrama de flujo se puede observar de forma general lo que requiere el sistema para ahuyentar roedores, para eso se realizó un análisis de los dispositivos necesarios y a continuación se detalla la elección de los mismos.

2.2.1 Selección de PC

Para la implementación del software se requiere de una PC la cual va estar instalada el software Visual Studio los requerimientos de esta no son complejos ya que es un programa que no requiere de características especiales, para la elección de la PC se toma en cuenta los parámetros más relevantes que se indican en el siguiente diagrama de flujo:



Figura 46. Elección de PC.

2.2.2 Sensor PIR

Para la detección de presencia de roedores se utiliza un sensor denominado PIR, por sus siglas Sensor Infrarrojo Pasivo; es un dispositivo que mide la luz infrarroja (IR) radiada de los objetos situados en el campo de visión todos los objetos con una temperatura por encima del cero absoluto emiten calor, esta radiación es invisible para el ojo humano ya que irradian en longitudes

infrarrojas, pero puede ser detectado por dispositivos electrónicos diseñados para ese propósito.



Figura 47. Elección de sensor de Movimiento.

2.2.3 Transmisor Infrarrojo

El led utilizado emite un tipo de radiación electromagnética llamada infrarroja que es invisible para el ojo humano porque su longitud de onda es mayor a la del espectro visible.

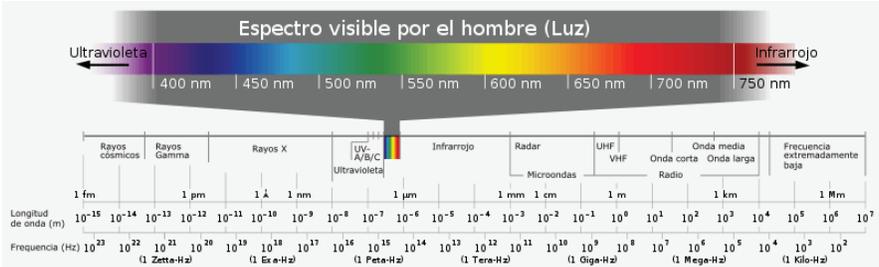


Figura 48. Espectro visible por el hombre.
Tomado de. (Circuitoselectronicos, 2010)

Ya que no se puede observar a simple vista si el emisor infrarrojo está funcionando se procede a comprobar utilizando una cámara fotográfica o video digital como la de un celular.



Figura 49. Comprobación de encendido y apagado sensor IR.
Tomado de. (Circuitoselectronicos, 2010)

2.2.4 Ahuyentador Ultrasónico

Con el ahuyentador ultrasónico se pretende repeler la reproducción y el anidamiento de roedores dentro de las áreas tratadas, con un mínimo consumo de corriente no requiere de mantenimiento continuo que cubra un área prudencial.

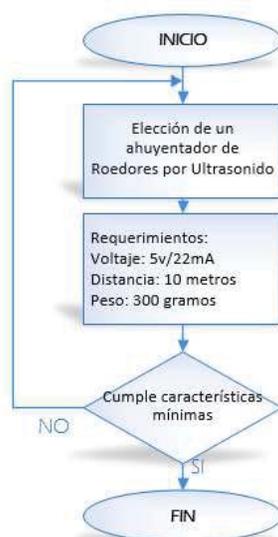


Figura 50. Elección de ahuyentador Roedores.

2.3 Selección de materiales y comparativa

Para la selección de materiales se realizó un breve análisis con los dispositivos encontrados en el mercado ecuatoriano y el uso más frecuente para diferentes aplicaciones.

2.3.1 Ahuyentador Roedores

Para la elección de un dispositivo ahuyentador de roedores electrónico se hizo un análisis con dispositivos disponibles en el mercado en la siguiente tabla se puede observar algunas características de estos equipos.

Tabla 5.
Tipos de Ahuyentadores.

Características	Exterminador Ultrasonico	Ahuyentador de animales Solar	Ahuyentador multifuncional	Ahuyentador de palomas, roedores
Tipo de ahuyentador	WK0220	EL95008	EL95006	ProDeals
Alcance	135m2	5m2	70m2	8-10m/ 90-120°

Alimentación	230v	4,5v	9v	Baterías 6v
Repelente de:	Hormigas, cucarachas, arañas, garrapatas y pulgas como también a ratones y ratas.	conejos, gatos, topos, ratas, animales pequeños y algunos pájaros	conejos, gatos, topos, ratas, animales pequeños y algunos pájaros	Hormigas, cucarachas, arañas, garrapatas y pulgas como también a ratones y ratas.
Ondas Generadas	ultrasonidos entre 20 y 45 Khz.	De 13.5 kHz a 17.5 kHz	15-26Khz	ultrasonidos entre 20 y 45 Khz.
Precio	Alto	Alto	Alto	Medio
Tamaño	Mediano	Grande	Grande	Pequeño

Como se puede observar se dispone de una gran variedad de dispositivos ahuyentadores de roedores, sin embargo, para este proyecto se va utilizar el ProDeals dispone de un tamaño pequeño, puede ahuyentar diferentes animales y para las pruebas realizadas se observará el comportamiento del dispositivo con una inversión baja.

2.3.2 Módulo de radio frecuencia

En la tabla se puede observar una comparación de módulos de radio frecuencia disponibles en el mercado ecuatoriano, como se puede observar todos trabajan en banda libre de 2.4 Ghz, y el alcance de la WSN cubriría mínimo los 40 metros que para este proyecto y las pruebas realizadas serían suficientes; debido a que en un futuro se desea implementar en la granja de Nono se escogió el XbeePRO S2B mismas características de los anteriores módulos con la pequeña diferencia en la distancia hacia un Gateway ya que cubre en línea de vista 1500 metros.

Tabla 6.
Comparación de módulos inalámbricos.

Mota o Nodo	Lora	Tymote TelosB	XbeeS1	Xbee ProS2B
				
Distribuido	Libelium	Tymote	Digi International	Digi International
Compatibilidad	-	-	Serie1	Serie2
Antena	Wire	Wire	Wire	Wire
Rango de Datos	-	-	250 kbps/up to 115 kbps (1)	250 kbps/up to 1 Mbps (1)
Rango interior	100 m	40m	100 ft (30 m)	600 ft (200m)
Línea de Visión	300 ft (100 m)	-	300 ft (100 m)	4921 ft (1500 m)
Configuración	API Y AT	-	API Y AT	API Y AT
Frecuencia de Banda	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Batería	Solar/ Pila	Pila	Pila	Pila

Adaptado de: (Escutar, 2016)

2.3.3 Microcontrolador

Para la elección del microcontrolador se realizó el análisis con los dispositivos más comerciales en Ecuador, todos estos cubren fácilmente con los requerimientos del sistema ya que solo se necesita entradas y salidas digitales.

Tabla 7.

Características Microcontroladores.

Características	Mini Pro	Mega 2560	Leonardo	DUE
Tipo de microcontrolador	Atmega 328	Atmega 2560	Atmega 32U4	AT91SAM3X8E
Velocidad de reloj	16 MHz	16 MHz	16 MHz	84 MHz
Pines digitales de E/S	14	54	20	54
Entradas analógicas	6	16	12	12
Salidas analógicas	0	0	0	2
Precio	Bajo	Alto	Medio	Medio
Tamaño	Pequeño	Grande	Mediano	Grande

Tomado de: (sabetecnologica, 2017)

Como se puede observar en la tabla comparativa cualquiera de los microcontroladores podría cubrir la necesidad y requerimientos del sistema, en este caso se seleccionó el Arduino Mini Pro porque facilita la instalación del software de Arduino y permite mayores velocidades de comunicación con la computadora, además, es pequeño y permite el desarrollo de una PCB más optimizada.

2.3.4 Alimentación

Para la elección del sistema de alimentación se realiza una tabla comparativa de los tres tipos de baterías más comunes para alimentar redes WSN entre estos tenemos baterías de Ni-Cd, Ni-MH, Li-Ion. El criterio más importante que se toma en cuenta para elección de la batería, es el uso más común que se les da.

Las baterías NiCd son de uso más doméstico y se las puede encontrar más en baterías de laptops. Las baterías NI-Mh son utilizadas para cuando se dispone de motores de alto consumo de corriente como Drones, Robots de Batalla, etc. Las baterías de Li-ION son más utilizadas cuando el uso de corriente es bajo aplicaciones como redes WSN donde no requieran motores, circuitos lógicos entre otros.

Tabla 8.
Tipos de Batería.

	TIPO DE BATERÍA		
	Ni-Cd	Ni-MH	Li-Ion
Particularidades	<ul style="list-style-type: none"> • Soportan más de 1000 cargas antes de presentar deterioro. • Tienen la menor densidad energética, lo que significa que para producir la misma energía que una batería de Ni-MH o Li-Ion deberían ser más grandes y pesadas. • Se autodescargan durante el almacenamiento (pierden la carga poco a poco, incluso cuando no se usan), pero no tan rápidamente como las baterías de Ni-MH. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecen hasta un 40 % más de densidad energética que las de Ni-Cd, aunque no son tan duraderas como estas. • Son las más adaptables al trabajo ligero, ya que las altas temperaturas y el uso pesado pueden disminuir su vida útil de 300-500 ciclos de carga/descarga a solo 200-300. • Son un 20 % más caras que las baterías de Ni-Cd, pero esto se compensa con su mayor densidad energética. 	<ul style="list-style-type: none"> • El litio es un metal liviano que forma iones fácilmente, por lo que es ideal para la fabricación de baterías. • Son las más costosas, pero muy pequeñas y ligeras, con una densidad energética que duplica la de las baterías de Ni-Cd. • Su forma puede adaptarse a la de la herramienta, a diferencia de las de Ni-Cd y Ni-MH, que tienen limitaciones de forma y, por ello, todas ofrecen un aspecto similar.

Tomado de: (demaquinasyherramientas, 2012)

Para este proyecto se adquirió baterías Li-Ion de 3,7v a 5000mAh, se observará el funcionamiento y en las conclusiones se recomendará o no el uso de estas baterías para el sistema que se plantea.

2.4 Diseño del Nodo Sensor en Inventor

Para el diseño del nodo se utilizó la plataforma Inventor, es un software enfocado al modelado paramétrico de sólidos en 3D, es producido por la empresa Autodesk.

El propósito es diseñar todas las piezas que va contener el nodo y después combinarlas en un ensamblaje, para finalmente exportarlos a un CAD donde se puede colocar las cotas para la realización física de las mismas. El software está disponible en la página de autodesk; donde existe una versión estudiantil para trabajar en los prototipos.

2.4.1 Funcionalidad

La interfaz de inventor se muestra en la siguiente figura, la parte fundamental en inventor es el diseño de las piezas, basadas en bocetos 2D, como cuando

se requiere obtener un cubo, se procede a seleccionar un plano y dibujar un cuadrado y con las opciones de extracción se le puede levantar y dar volumen convirtiéndolo en un cubo.

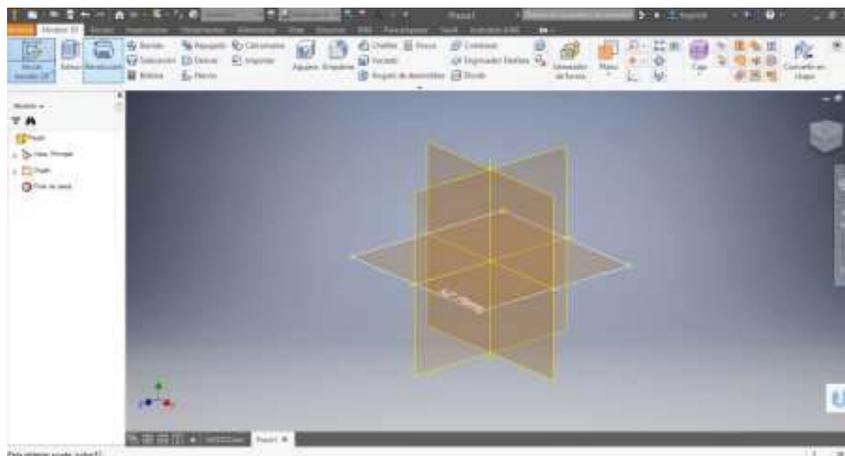


Figura 51. Diseño Inventor.

La principal ventaja en este tipo de diseño es que todos los bocetos, junto con sus características pueden ser modificadas y a su vez podríamos corregirlas en cualquier momento, sin tener que volver a diseñar la pieza ni empezar nuevamente desde cero. Para finalizar el proceso cada parte es colocada para ser ensamblada.

Los ensamblajes pueden ser realizados por piezas separadas o por otros ensamblajes a su vez. Estos son realizados empleando restricciones en las superficies, bordes, planos, puntos y ejes.

Así podemos observarlo si se coloca el XBee encima del dispositivo ahuyentador para roedores, se debe hacer una restricción de superficie para que este no la traspase ni en el peor de los casos pueda llegar afectarlo en la placa al momento de realizar las pruebas respectivas. (Inventor, s.f.)

2.4.2 Elaboración de piezas

En esta parte se elaboró todas las piezas que componen el nodo sensor; es decir elaboramos todos los componentes a utilizar en la placa madre para tener las dimensiones exactas se utilizó un calibrador.

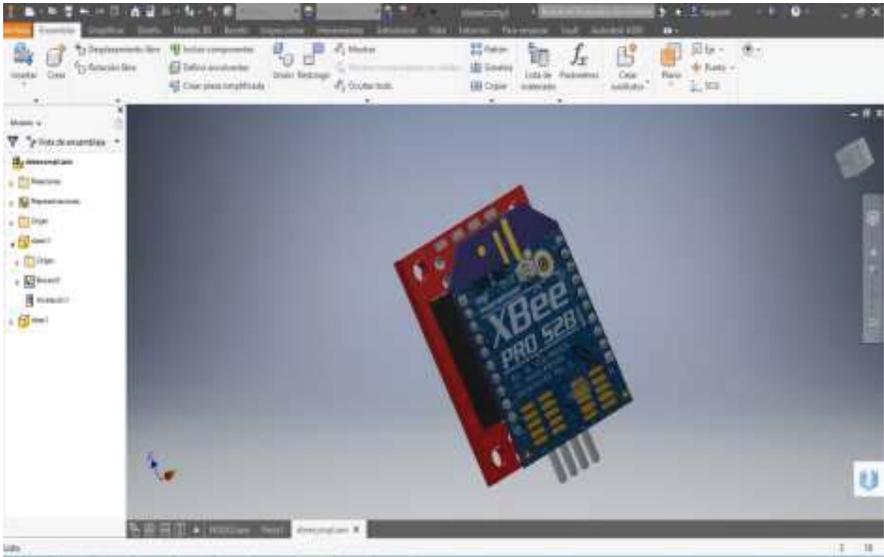


Figura 52. XBee diseño.

Las diferentes piezas que se elaboraron son las siguientes:

Tabla 9.
Piezas del sistema.

Pieza	Nombre
	XBee ProS2B
	XBee Explorer
	Sensor PIR

	Porta Pila Litio
	Placa Principal
	Pila Litio 3,7v
	Arduino Mini Pro
	Ahuyentador de Roedores Electrónico

2.5. Elaboración de ensamblajes

Para la elaboración de ensamblajes se tuvo que realizar varias restricciones tanto de ejes como de planos para poder llegar a un resultado eficaz con la elaboración de los equipos a ser utilizados en toda la placa dentro del nodo y se lo muestra a continuación.

Tabla 10.

Ensamblajes.

Ensamblaje	Nombre
	Xbee Pro S2B con Explorer

	Placa Principal con Arduino Mini Pro
	Sistema de Alimentación

Finalmente se diseñó una caja que contendrá todos los elementos del nodo y en la siguiente imagen se muestra el prototipo renderizado con todos los componentes.



Figura 53. Nodo.

2.5.1 CAD del Nodo sensor

En la siguiente imagen se indica el CAD renderizado donde se puede observar la posición de los componentes y el diseño de la caja.

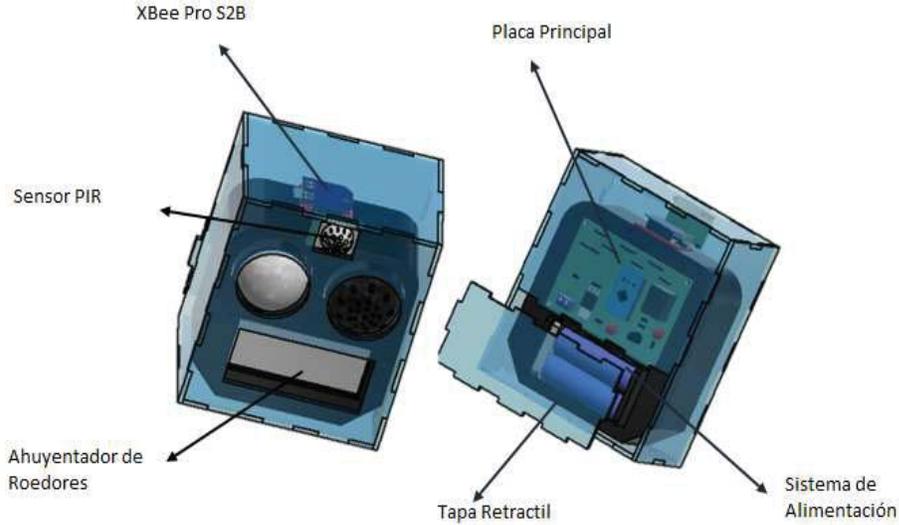


Figura 54. Nodo con sus elementos.

Planos de la caja para ser diseñada en acrílico.

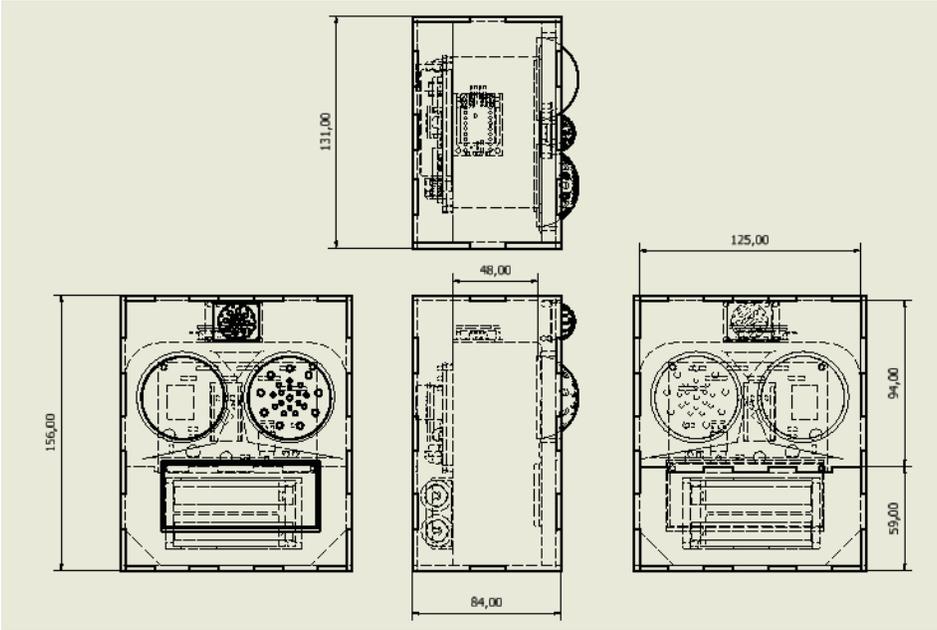


Figura 55. Diseño de caja.

De esta manera se puede obtener una vista previa del nodo final con todos los componentes y así diseñar un prototipo adaptado a las necesidades de cada usuario.

2.6 Implementación del Nodo Sensor

2.6.1 Placa Principal

Para la implementación de los nodos en el software Proteus se realizó el diseño de la placa que va interconectar los sensores y el módulo de radio frecuencia Xbee Pro S2B.

En primera instancia se elabora el circuito en la plataforma ISIS de Proteus en la Figura 51, se puede observar que la placa dispone de diferentes etapas.

La etapa de regulación de voltaje permitirá conectar las Pilas de Litio 18650 de 7,4v a una bornera que está controlada por un Switch, esta entrada está a un regulador 7805 que dispone de una salida de 5v para alimentar a todo el circuito.

La etapa de arduino son pines que permiten conectar una placa Arduino Mini Pro y de este conectar a los diferentes pines de salida.

En la etapa de puertos esta la disponibilidad de algunos pines que dispone la placa arduino Mini Pro, un ejemplo de estos es la conexión del sensor PIR y también la conexión a la tarjeta XBee.

Finalmente, la etapa control de Ultrasonido permite administrar un relé que funciona para el encendido ON-OFF del ahuyentador electrónico de roedores. Además, la placa dispone de dos diodos leds con los cuales se tiene una alerta visual del funcionamiento del circuito y un pulsador para empezar el envío de los datos; estos dispositivos que se observan en la tercera etapa del diseño del circuito denominado Control Ultrasonido, también permiten cargar programas demos del Arduino (blink, button) y comprobar el correcto funcionamiento de la placa.

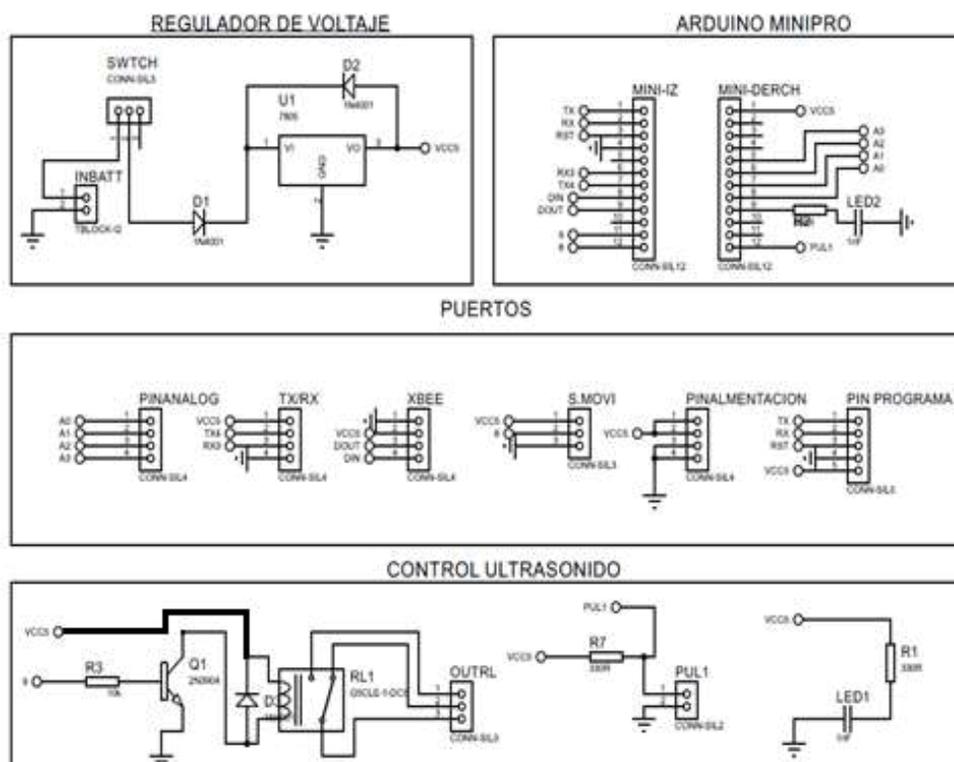


Figura 56. Diseño del circuito.

2.7 Justificación de elementos.

Para el encendido y apagado automático del dispositivo ahuyentador de roedores se realiza la conexión de un relé el cual actúa mediante las señales enviadas por el microcontrolador cuando reciba la orden enviada desde el ordenador.

Para eso se hace uso de los siguientes elementos:

- Relé 5V
- Resistencia 1k Ohm
- Resistencia 10k Ohm
- Transistor 3904
- Diodo rectificador – 1N4148

- LED (OPCIONAL)

A continuación, se muestra el esquema que se tomó en cuenta para esta implementación:

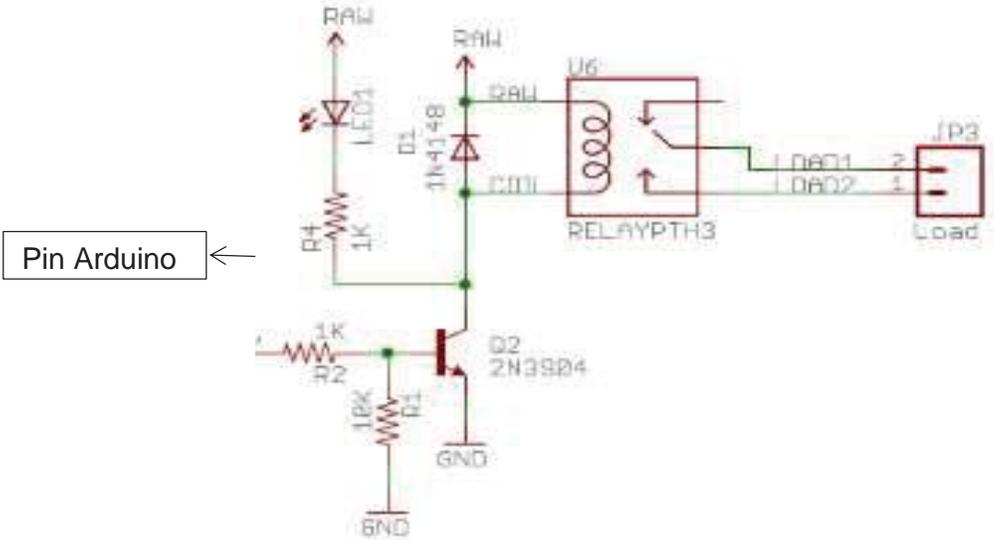


Figura 57. Control ultrasónico.

Conectado al pin del Arduino con el que se activara el relé se tiene una resistencia de $1k\Omega$ (R2), que a su vez se conectara a la base del transistor. El emisor del transistor va a masa (GND) y al colector se tiene conectado un diodo rectificador (este se ocupa de que las corrientes solo se muevan en un sentido y no puedan dañar al microcontrolador) y en paralelo el relé, es decir, las patillas de control de la bobina del relé que serán las que activen o desactiven las salidas de este (el ahuyentador). Además, al colector va unido una resistencia de $1k\Omega$ (R4) seguido de un diodo led que indicara cuando el relé esté funcionando. Donde RAW en este caso es de 5v ya que la bobina del relé utilizado funciona a ese voltaje.

2.7.1 Cálculo de la resistencia de la base

Describir el funcionamiento detallado de los transistores va más allá del objetivo de este proyecto, para controlar un relé sirve saber solamente que la base del transistor debe superar los 0,6V para que este entre en conducción y que la corriente que el transistor dejará pasar entre emisor y colector puede depender de la corriente que entra por la base multiplicada por la ganancia en continua característica del transistor (HFE). Esta sería la fórmula para obtener la resistencia de base:

$$R = \frac{(V_{in}-0,6)*HFE}{I_{relé}} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

R: resistencia de base

V_{in}: tensión de control

HFE: ganancia en continua del transistor

I_{relé}: corriente del relé

La ganancia en continua de un transistor (HFE) depende del modelo de transistor y puede ser entre 50 y 300. Existen transistores con ganancias más bajas (generalmente los de alta potencia) y con ganancias muy altas (conocidos como Darlington). Si usamos transistores comunes podemos considerar razonable una ganancia de 100; una vez resuelto la fórmula el resultado es 8,8 K ohms y por ello se conecta una resistencia comercial de 10Kohms.

$$R = \frac{(5v-0,6)*100}{I_{relé}} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

$$R = \frac{(4,4) * 100}{0,05A}$$

$$R = 8,800 \text{ Ohms} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Una vez realizado este esquema en Proteus se procede en el software de ARES al diseño de la PCB.

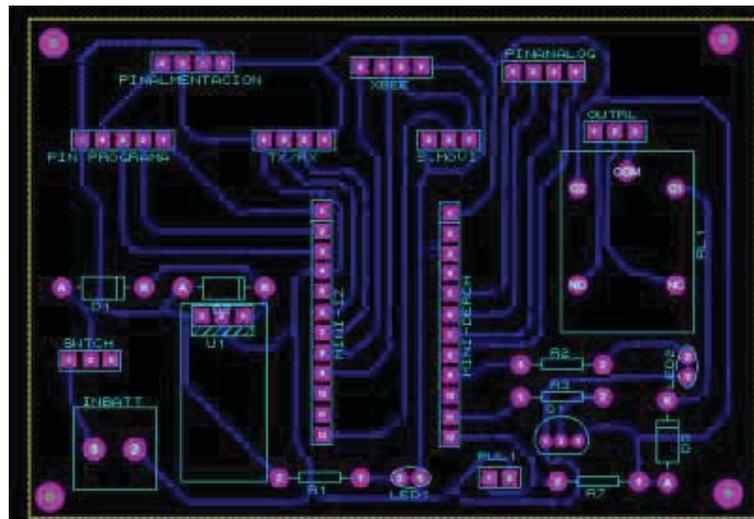


Figura 58. Diseño de pistas.

En esta etapa se colocan los diferentes materiales y circuitos electrónicos que va disponer la placa y se restringe el diámetro de la misma, para obtener una visualización de cómo está la placa se procede a una observar el diagrama en 3 dimensiones.

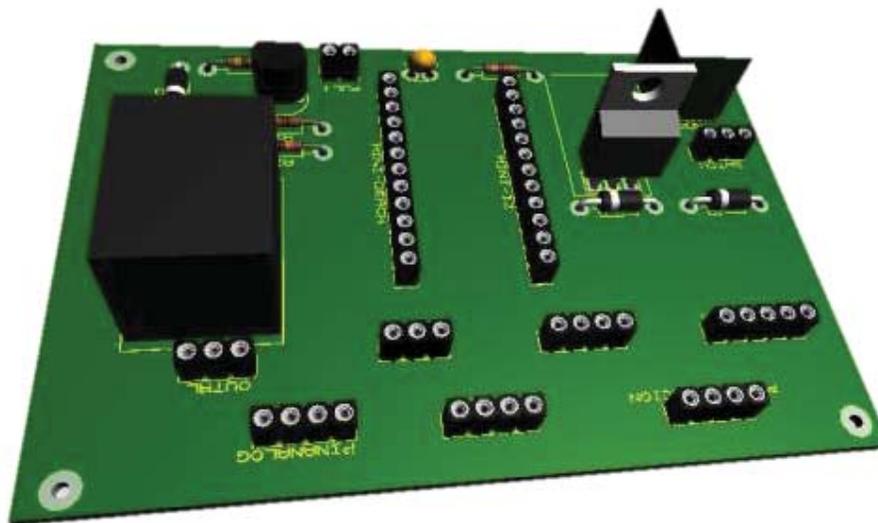


Figura 59. Diseño 3D.

Cuando ya se verifique el diseño se procede a la elaboración de la PCB, una vez soldada y colocada los materiales se obtiene la siguiente figura.

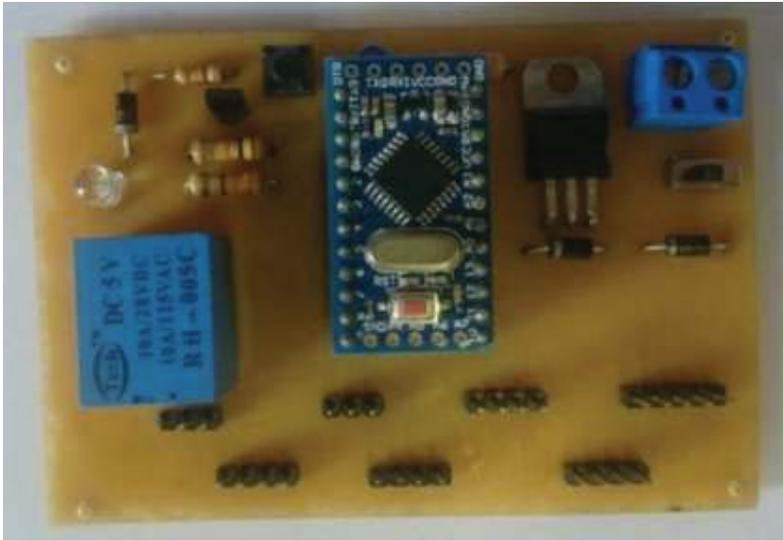


Figura 60. Diseño de la placa PBC.

En esta placa converge todos los demás sistemas para formar los nodos sensores un esquema general de la conexión será el que se observa a continuación:

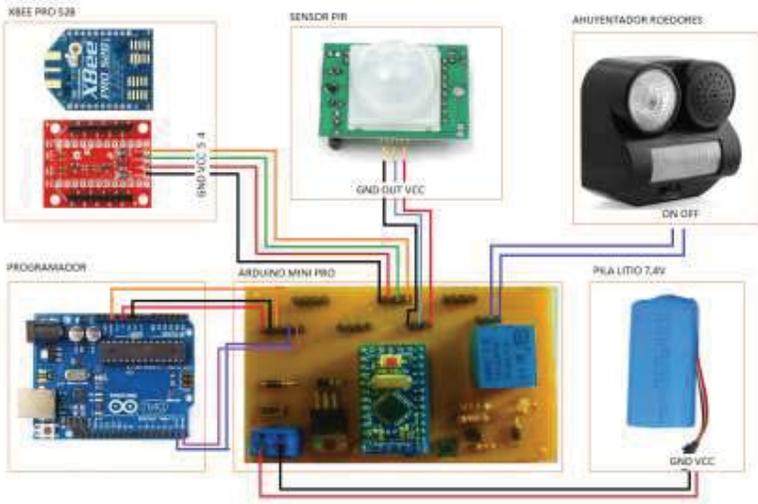


Figura 61. Conexiones con la placa PBC.

De esa manera queda finalizada la fabricación e implementación del nodo sensor cabe resaltar que la parte de PROGRAMADOR no va en el nodo solo se utiliza para cargar el código al microcontrolador, además se puede observar algunos pines libres estos son pines analógicos y digitales que se puede utilizar para expandir con más sensores el NODO.

2.7.2 Arduino Pro Mini versión de 5V

El arduino mini pro es una placa electrónica que funciona con el microcontrolador ATmega328 el diseño de esta placa permite el montaje de diferentes pines o la soldadura directa de cables, el tamaño es pequeño lo cual le permite utilizar en circuitos donde se requiera de poco espacio, existen dos versiones la de 3.3v y la de 5v que la que se utilizara en este proyecto, las especificaciones técnicas se describen a continuación.

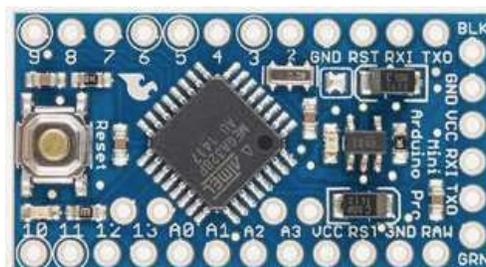


Figura 62. Arduino MiniPro

Tabla 11.

Datos técnicos de Arduino Mini Pro

Parámetros	Descripción
Micro controlador	ATmega328
Voltaje de Operación	5-12V
E/S Digitales	14
Corriente para E/S	40mA
Pines Analógicos	6
PWM	6
UART	1
Memoria Flash	32K
Velocidad de Reloj	16MHz

Adaptado de: (Arduino s.f.).

2.7.3 Módulo ZigBee XBee PRO S2B

Módulo ZigBee S2B proporciona conectividad inalámbrica con bajo consumo de corriente, autonomía extendida a 63mW y velocidad de 1Mbps en la banda 2,4GHz son muy utilizados en las redes WSN por tamaño reducido en este proyecto se dispone del XBee PRO S2B ver imagen a y las características se describen a continuación.



Figura 63. Módulo XBee PRO S2B

Tabla 12.
Características técnicas Xbee.

Parámetros	Descripción
Alcance Línea de vista	1500m
Alcance Interiores	90m
Frecuencia	2,4GHz
Velocidad de Datos	1Mbps
Voltaje de Operación	5V

Adaptado de: (Digi s.f.).

Para complementar el módulo XBee se dispone de la tarjeta XBee Explorer ver imagen a con un regulador de voltaje a 5V y cuatro pines en la parte posterior Din, Dout, 5V, GND para fácil acople a la placa principal.

2.7.4 ProDeals Eco-friendly Outdoor PIR Ultrasonic

El ProDeals utiliza la tecnología de ultra sonido para repeler selectivamente aquellos animales que no son deseados; el producto no afecta a las personas o los animales domésticos. Se puede utilizar en el jardín, granja, balcón, y otro entorno al aire libre. El sonido y la luz intermitente repeler animales.

El dispositivo se puede controlar: el modo DÍA sólo puede emitir flash, así, es necesario bloquear el sensor de luz, lo que está en el medio de la luz del flash LED y el altavoz.



Figura 64. Ultrasonic.

Tabla 13.

Características técnicas del equipo.

Material de la carcasa:	Plástico ABS
Color:	Negro
Voltaje:	6V
Sonido distancia de trabajo de onda:	8-10m
Dimensiones:	125 * 125 * 71.5mm
Peso neto:	205g
Corriente de trabajo:	22mA

Adaptado de: (Extertronic. s.f.)

2.7.5 Corte de la caja contenedora

Una vez diseñada en inventor la caja se procede a exportar las piezas para realizar el corte laser de la misma.

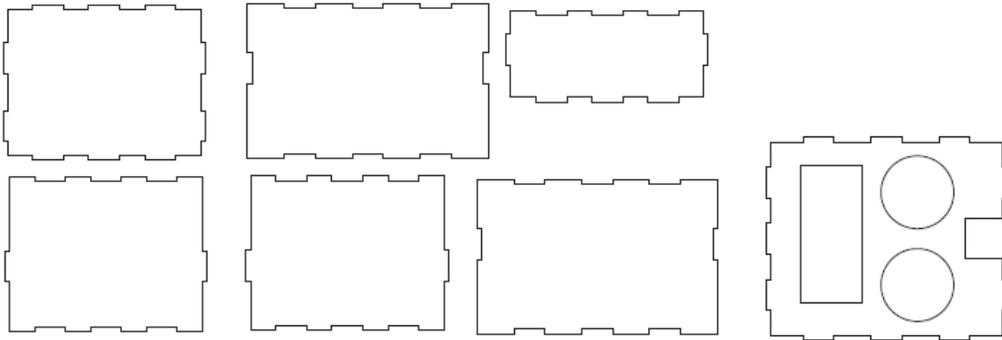


Figura 65. Corte Caja.

Para eso con una maquina CNC se exporta el modelo en un formato .xls que permite el corte de las diferentes piezas que conformaran la caja.

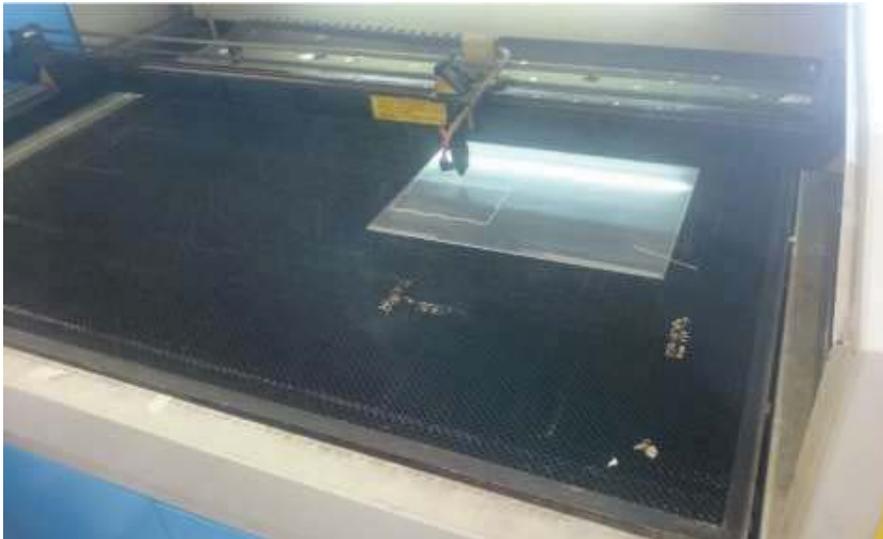


Figura 66. Diseño Acrílico.

Después de 3 minutos de corte laser se obtiene la siguiente figura.

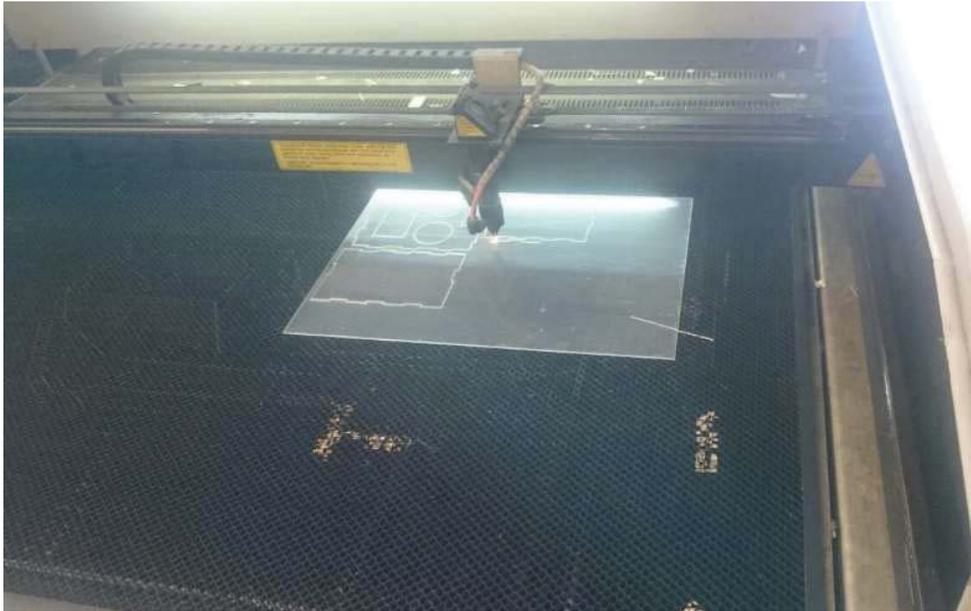


Figura 67. Corte Acrílico.

Una vez cortada la caja se ensambla pegando con silicón o con goma las piezas para obtener el siguiente resultado.

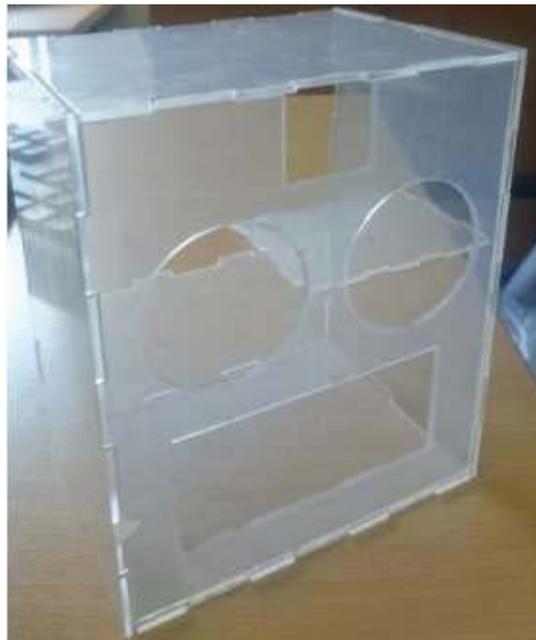


Figura 68. Caja Acrílica.

Finalmente se coloca la placa principal con la alimentación el módulo de radio frecuencia y el ahuyentador electrónico en la caja contenedora.



Figura 69. Cajas cartón prensado y acrílico.

En la siguiente imagen se observar los tres nodos con sus respectivos contenedores.



Figura 70. Nodos con la placa.

2.8 Configuración de la red WSN

Para la configuración de la red WSN se utiliza el software de la empresa digi XCT.exe como se describió al principio del capítulo se va utilizar una topología punto multipunto hacia los tres nodos ya se dispone del XBEE Pro S2B con una cobertura en línea de vista de 1,5Km.

Para configurar los parámetros se abre el software y se realiza los siguientes pasos:

1.- Se procede agregar un nuevo dispositivo en el software XCTU



Figura 71. Diseño XCTU.

2.- Al realizar doble clic en el dispositivo encontrado en el lado izquierdo de la pantalla aparecerán los datos de dispositivo encontrado.

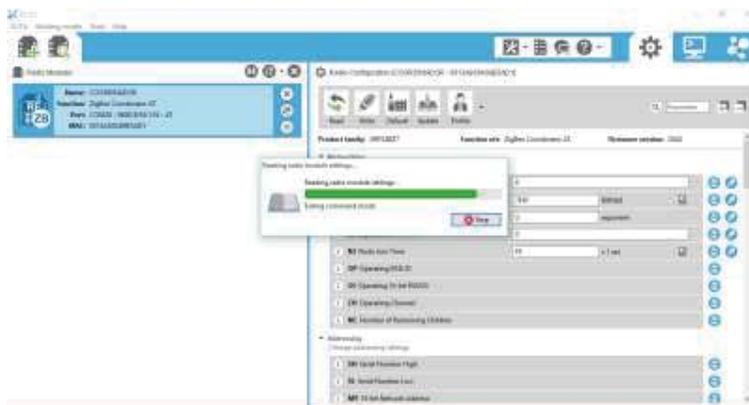


Figura 72. Datos en XCTU.

3.- Para la configuración del Dispositivo coordinador se modifican los siguientes parámetros que se muestran en la Tabla 10, donde se modifica el nombre del dispositivo la red a la que pertenece entre otros.

Parámetros de configuración del dispositivo Coordinador:

Tabla 14.

Parámetros coordinador.

ID PAN ID	7919
SC Scan Channels	A
DH	0
DL	FFFF
NI Nodo Identifier	COORDINADOR
BD Baud Rate	9600

Configuración de los parámetros en el software XCTU:

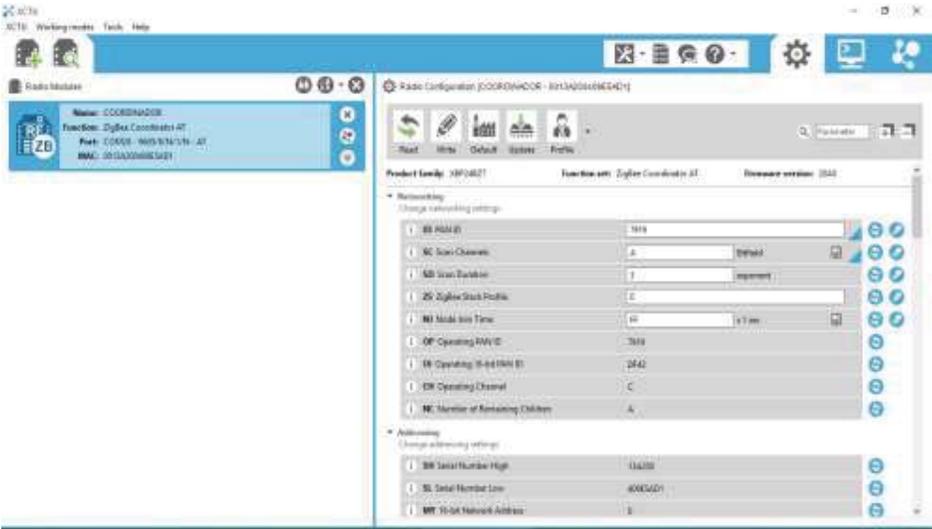


Figura 73. Parámetros en XCTU.

4.- Una vez modificado estos parámetros se realiza clic en WRITE para grabar los valores en el dispositivo Xbee.

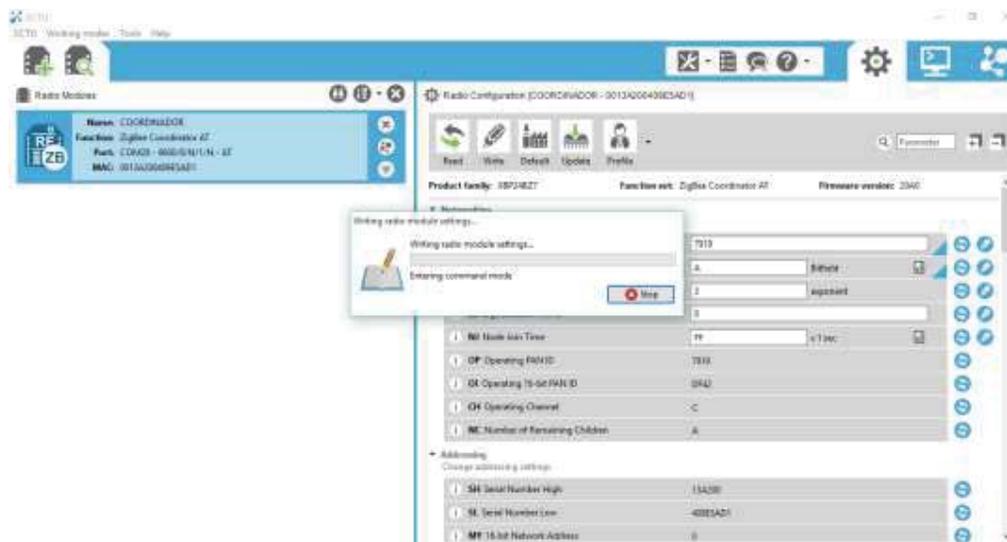


Figura 74. Carga de valores en XBee.

5.- Adicionalmente como este va a ser el dispositivo coordinador de la red se carga el firmware para esto se realiza clic en Update donde se despliega la ventana de la siguiente figura se selecciona “Zigbee Coordinador AT” y después “Update”.

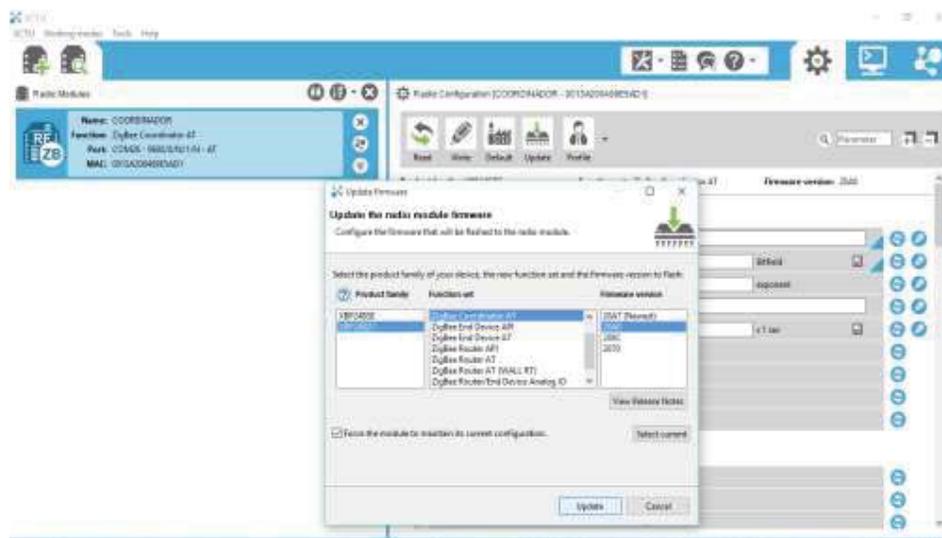


Figura 75. Zigbee Coordinador AT.

6.- Para los nodos finales se realiza los pasos 1,2 y se cargan los siguientes datos, y se realiza el paso 4.

Los datos de la tabla 15 muestran los parámetros que se modificara en el nodo final.

Tabla 15.

Parámetros nodo final

ID PAN ID	7919
SC Scan Channels	A
DH	13A 200
DL	409E5AD1
NI Nodo Identifier	N1
BD Baud Rate	9600

Configuración de los parámetros en el software XCTU:

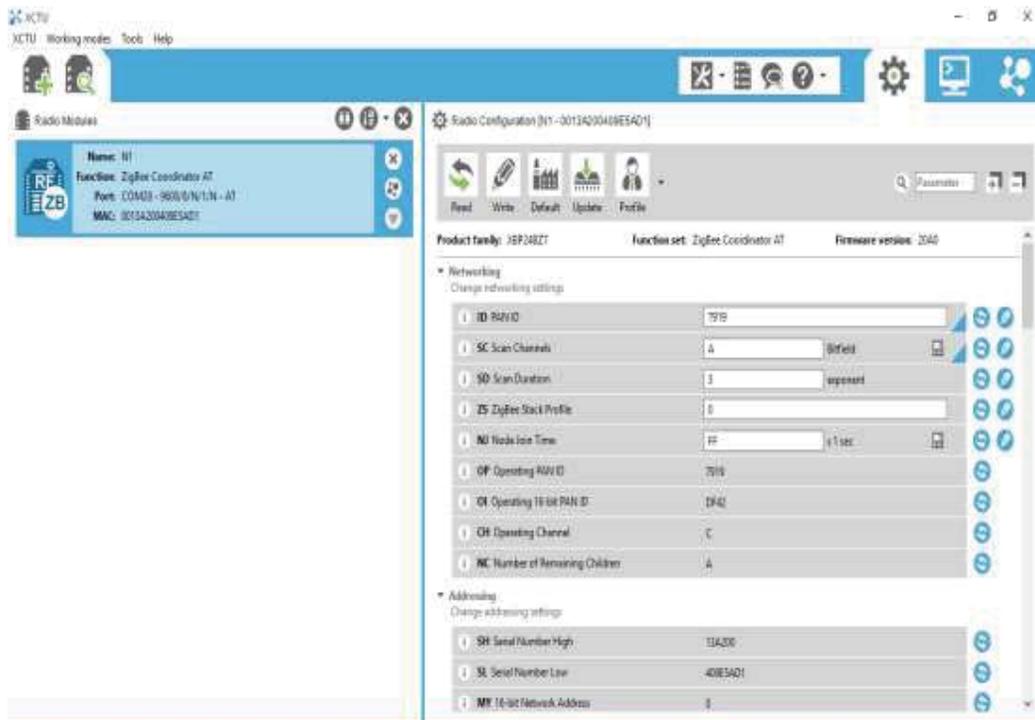


Figura 76. Datos Zigbee.

En el siguiente diagrama de flujo se explica el algoritmo implementado.

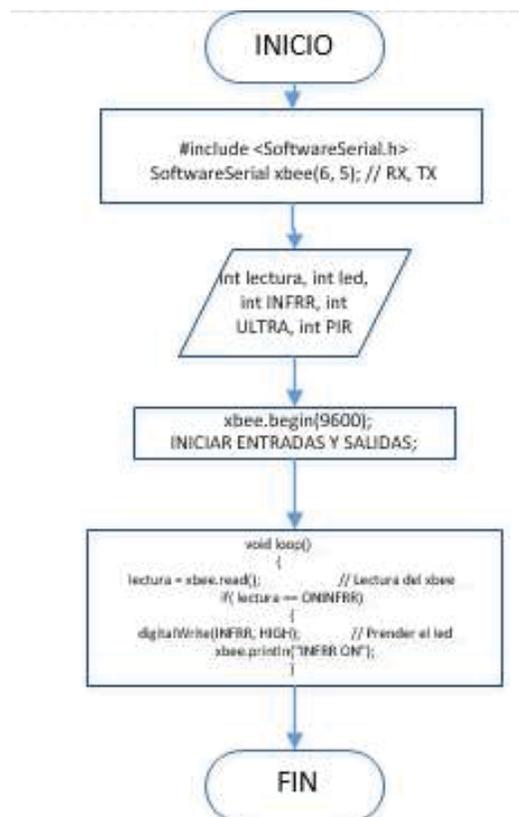


Figura 79. Flujo grama Algoritmo.

En el algoritmo se declaró la función SoftwareSerial.h en la cual se crea un objeto XBee que hace referencia a dos números (6,5) estos son los pines digitales del microcontrolador en los cuales está conectado el XBEE el pin 6 será recepción y el 5 transmisión.

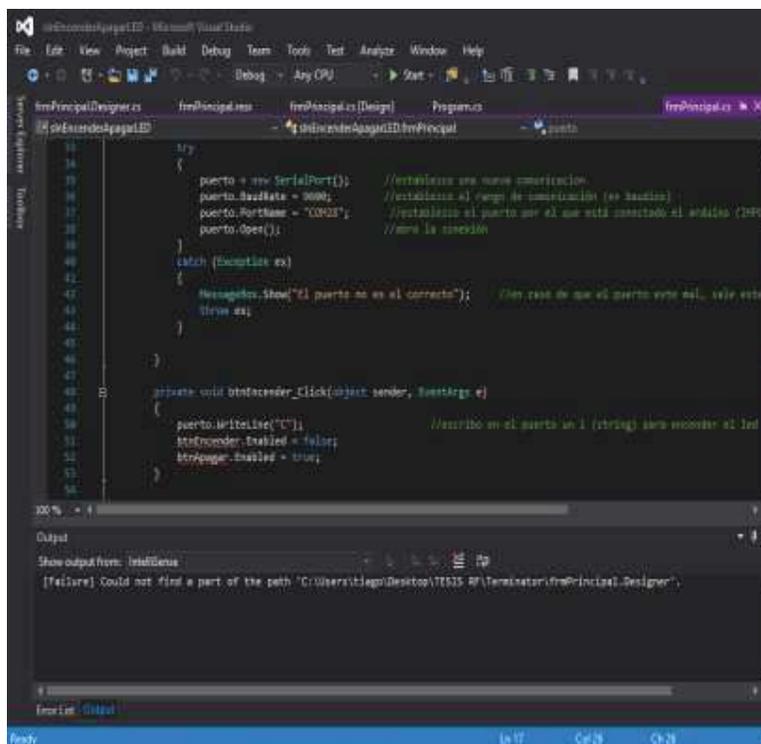
Después se declara las variables a utilizar en estas están tres una para el sensor de Ultrasonidos, Infrarrojo, y el de sensor de movimiento con estas se puede implementar el encendido y apagado de los sistemas en la placa principal.

En el siguiente diagrama de proceso se inicializa la velocidad de transmisión 9600 Baud entre el microcontrolador y el XBee, así como también se especifica si las variables van hacer de entrada o de salida.

Finalmente, en la función “void loop” se implementa un “if” el cual si es que llega el carácter de encendido se prendera el relé que está conectado al equipo ahuyentador de roedores o el carácter para el apagado. Este código se implementa en los tres nodos finales cambiando los caracteres de encendido y apagado para cada uno de los nodos.

2.10 Interfaz Gráfica

Para la interfaz gráfica se utiliza el software Visual Studio y se programa en lenguaje c# c-sharp se realiza una conexión con el puerto serial mandando los parámetros en el código transparente para el usuario, de esta forma cada vez que se cambie el puerto COM del coordinador se tendrá que cambiar en el código fuente.



```

13 try
14 {
15     puerto = new SerialPort(); //establece una nueva comunicación
16     puerto.BaudRate = 9600; //establece el rango de comunicación (en baudios)
17     puerto.PortName = "COM3"; //establece el puerto por el que está conectado el módulo (BPS)
18     puerto.Open(); //hace la conexión
19 }
20 catch (Exception ex)
21 {
22     MessageBox.Show("El puerto no es el correcto"); //en caso de que el puerto vaya mal, así este
23     Show ex;
24 }
25 }
26
27 private void btnEncender_Click(object sender, EventArgs e)
28 {
29     puerto.WriteLine("1"); //escribo en el puerto un 1 (string) para encender el led
30     btnEncender.Enabled = false;
31     btnApagar.Enabled = true;
32 }
33
34
35
36

```

Output

Show output from: frmPrincipal

[False] Could not find a part of the path 'C:\Users\lago\Desktop\TESIS RP\Terminator\frmPrincipal.Designer'.

Figura 80. Interfaz gráfica.

Una primera vista de la interfaz se puede observar en la siguiente figura donde están los botones para enviar los caracteres a la placa principal mediante los XBee; donde tenemos a continuación botón de los 3 nodos, botón de encendido y botón de apagado y un adicional del estado, y finalmente un mensaje en el cual nos despliega la trama obtenida.

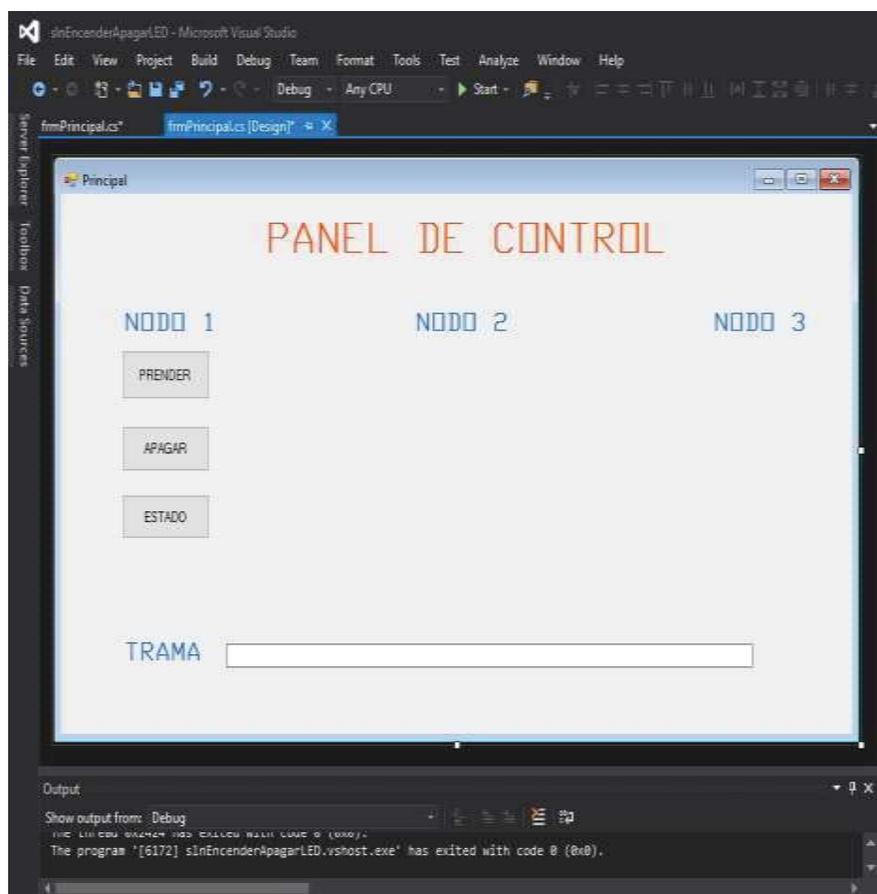


Figura 81. Panel de control.

La interfaz terminada se muestra a continuación y se la adecuo algunas imágenes para que sea atractiva a los usuarios y entendible para poder realizar los mandos correspondientes.



Figura 82. Panel de control finalizado.

2.11 Costos

2.11.1 Costo Primarios

Tabla 16.

Costos Primarios.

Descripción	Cantidad	Valor
Sensor PIR	3	23,70
Cable Arduino	20	3,60
Switch Proto	4	1,60
Bornera Azul	3	1,05
Diodo 1 A	10	1,00
Regulador 5V	2	0,90
Relay 5V	2	1,90
Pulsador	3	0,75
Cable UTP	1	0,25
Baquelitas	2	5,00
Acido para baquelitas	1	5,00
Materiales Electrónicos	Estaño, Cable termo contraíble	40,00

Microcontroladores 328P	3	56,67
Ahuyentador Roedores	3	60,00
xBee Pro S2B	4	311,24
xBee Explorer	4	103,36
Baterías 18650	6	60,00
Material y Corte Laser	3	30,00
TOTAL		706,02

2.11.2. Costo Total

Tabla 17.

Costo total.

Costo Primario	706,02
Costo Interfaz	400
Costo Diseño	400
Hámster con jaula y comida (Primera prueba)	120
Hámster, conejos y cuy (Segunda Prueba)	120
TOTAL	1746,02

3. CAPITULO III. Presentación de Resultados

3.1 Pruebas del sistema

Escenario 1:

Para el plan de pruebas se dispuso de la Unidad de Innovación Tecnológica (UITEC) que tiene un área de 25 metros cuadrados en donde se encuentra mesas, materiales y computadores, así como los elementos y equipamiento tecnológico para la realización de proyectos. En éste se seleccionó un espacio de 2 metros para el área de pruebas con los hámsters, así cercando un área adecuado para que las pruebas sean efectivas.

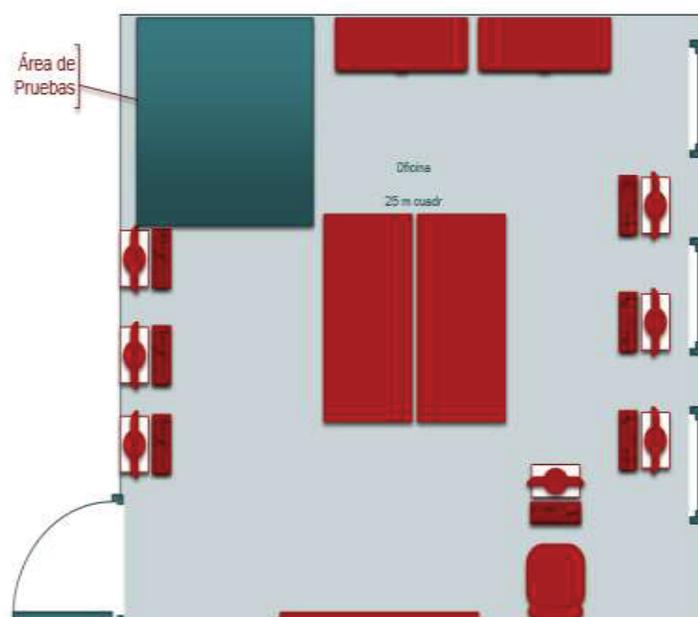


Figura 83. Área de pruebas.

El paso a seguir para el plan de pruebas se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 18.

Parámetros de pruebas.

Dispositivo-Software	Escenario	Número de Pruebas	Elemento o sujeto de prueba
Multímetro	Laboratorio UITEC	5	Placa principal
XCT.exe	Laboratorio UITEC	2	XBEE
Real Term	Casa	10	Red WSN
Arduino	Casa	20	Arduino MiniPRO
Arduino	Laboratorio UITEC	2	Sensor PIR
Arduino	Laboratorio UITEC	2	Sensor infrarrojo
Arduino	Laboratorio UITEC	2	Ahuyentador
Nodos	Laboratorio UITEC	10	RED WSN
Visual Studio	Casa	20	HMI
Nodos	Laboratorio UITEC	3	Hamsters

3.2 Pruebas de Funcionamiento de los Nodos

Como se detalló en el plan de pruebas, parte del funcionamiento de la red WSN es la comprobación del funcionamiento de los Nodos Sensores es por ello que en las siguientes imágenes se muestra el encendido y apagado de los

sensores tanto infrarrojo como el dispositivo ahuyentador, así como se verifica el funcionamiento de la detección de movimiento con el sensor PIR y todo esto se visualiza en la HMI.



Figura 84. Nodos Pruebas.

Observamos el ultrasonido encendido cuando detecta presencia de movimiento, y el dispositivo ahuyentador genera una luz proveniente de los leds que se dispone.

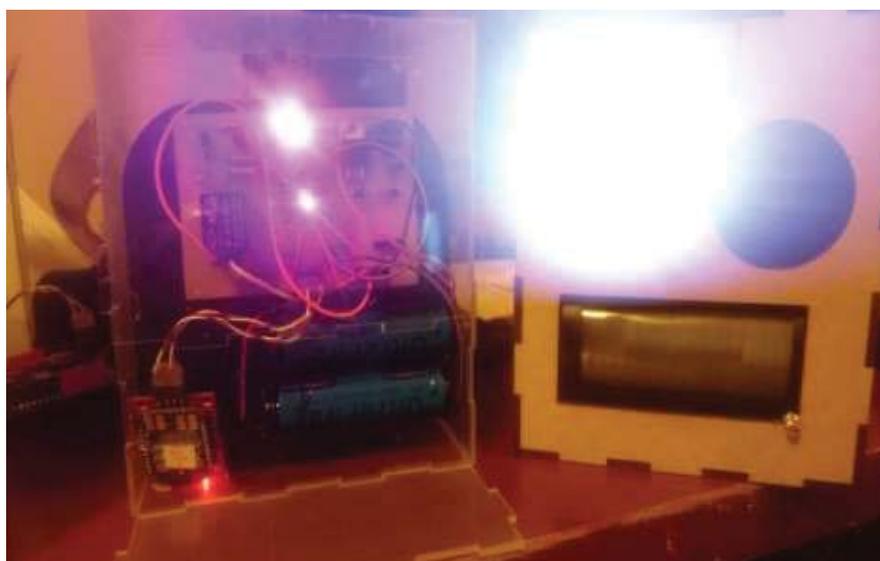


Figura 85. Prueba de dispositivo ahuyentador.

En el dispositivo número tres se observa el encendido de un led, este se enciende cuando existe presencia de algún objeto o movimiento.

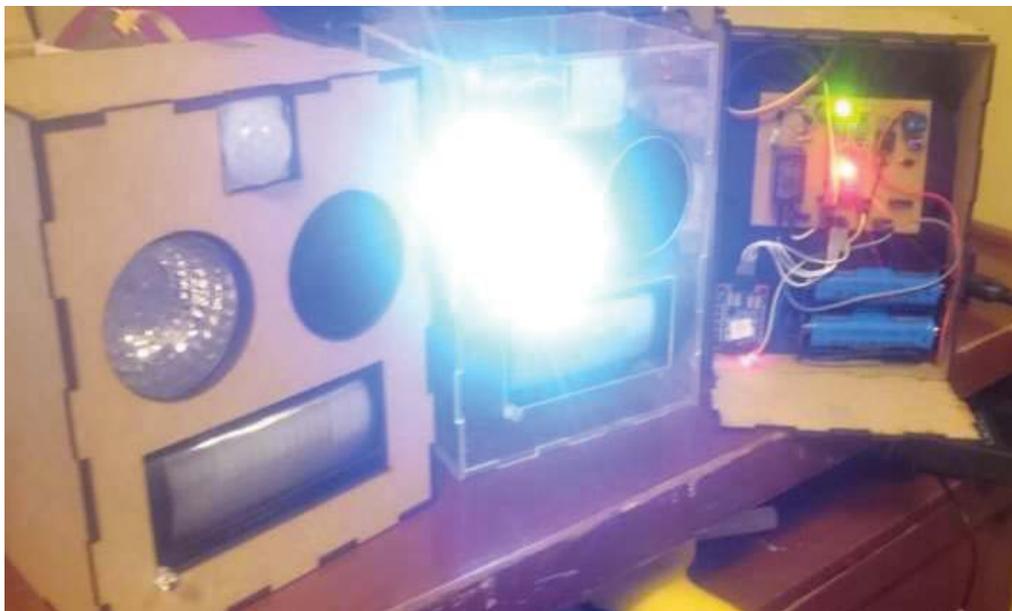


Figura 86. Prueba de Placa en el Nodo.

Los nodos en los contenedores con todos los elementos configurados.



Figura 87. Nodos y elementos.

3.3 Pruebas con Hámsters

Para validar el funcionamiento del sistema Ahuyentador de roedores se realizó un escenario de 2 metros cuadrados en la Unidad de Innovación Tecnológica de la FICA ubicada en la sede Queri bloque 4.

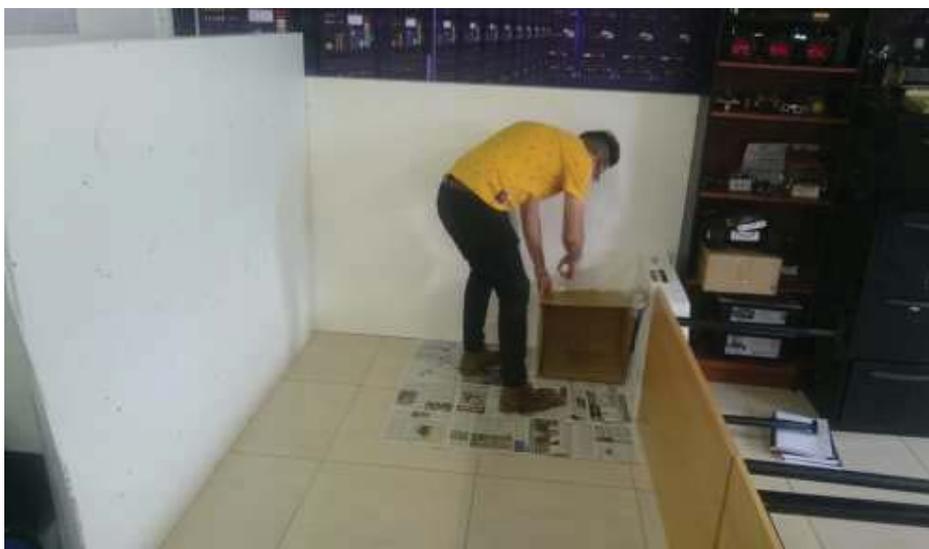


Figura 88. Escenario de pruebas.
Preparación del área de pruebas.



Figura 89. Campo para roedores.

El área fue cercada para evitar que los hámsteres se escapen así también se adecuo una casa de cartón para que puedan permanecer ahí durante el experimento.



Figura 90. Pruebas con equipos.

Los hámsteres utilizados son de raza rusa los más similares a un ratón blanco y se adquirieron tres ejemplares, en las siguientes imágenes se muestra uno de ellos y en la jaula que están conviviendo.



Figura 91. Roedor (Hámster Ruso).

Los roedores están totalmente interactivos.



Figura 92. Roedores de Prueba.

Una vez preparado el escenario de prueba coloque los nodos finales en dos esquinas de laboratorio para realizar las pruebas requeridas y reales con los roedores.



Figura 93. Máquina de mando.

Aquí podemos observar el comportamiento del roedor antes de las pruebas.



Figura 94. Prueba con los roedores en el campo.

Seguido coloqué al hámster en el escenario, para proceder con las pruebas de laboratorio para eso les removí de la jaula al escenario preparado en la Unidad de Innovación Tecnológica.



Figura 95. Roedores en jaula.

Aquí ya observamos que se les deja libres a los roedores para las pruebas.



Figura 96. Roedores fuera del área.

En la siguiente imagen se puede observar el hámster a lado del dispositivo ahuyentador a un hámster; como el dispositivo está apagado el roedor solo se acerca y lo percibe al parecer está identificando el lugar que lo rodea.



Figura 97. Funcionamiento de Nodos con roedores.

A continuación, se puede observar las siguientes imágenes donde se evidencia las pruebas realizadas con los hámsters.



Figura 98. Área con roedores y equipo apagado.

En la siguiente figura ya se encuentra el ahuyentador encendido y se puede observar cómo el roedor se aleja de la zona cercana al dispositivo.



Figura 99. Funcionamiento de Nodos encendidos.

Aquí se observa como el roedor se queda frente al dispositivo sin acercarse en su totalidad.

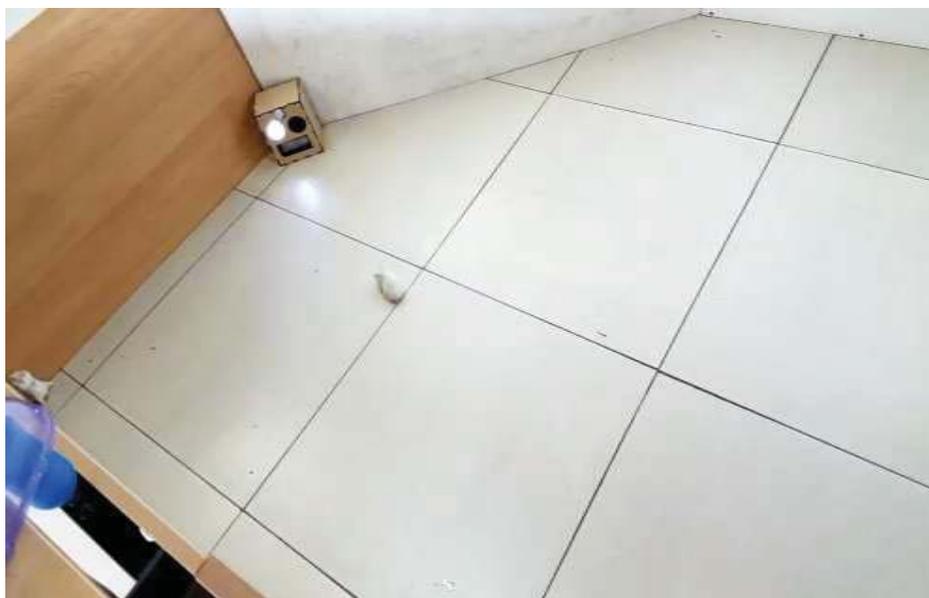


Figura 100. Comportamiento roedor con equipo.

De igual manera en la siguiente imagen se puede observar a los roedores cerca del dispositivo buscando alguna salida del escenario.



Figura 101. Roedores aturdidos.

3.4 Resultados Obtenidos Escenario 1

En los resultados se puede realizar dos observaciones una referente a los dispositivos ahuyentadores de roedores, que con las pruebas realizadas cumplieron con el objetivo con una duración de autonomía de 5 horas en este tiempo no hubo desconexión de la red y los sensores de movimiento, ultrasónico, led infrarrojo funcionaron de manera adecuada.

Al momento que se descargaron las baterías la placa principal quedo parcialmente encendida durante algunos minutos, pero los sensores ya no funcionaron esto dio lugar a que uno del hámster se coloque a lado del nodo uno y se pudo observar que ya no causaba ningún efecto sobre éste, y el equipo tampoco emitía la luz intermitente.



Figura 102. Escenario después de pruebas.

Con referente a los roedores, fueron expuestos al ahuyentador durante 4 horas en el escenario de 2 metros cuadrados, al momento que se encendieron los dispositivos estos se acercaron a este para olfatearlo y se pudo evidenciar que no se alejaban.



Figura 103. Roedor con el NODO.

Pero después de un corto lapso se puede evidenciar la eficacia ya que los roedores se alejaban del dispositivo y se alteraron tratando de escapar del lugar.



Figura 104. Comportamiento luego de pruebas.

Finalmente, después de las 4 horas que los ahuyentadores estaban encendidos los roedores terminaron escondidos en la casa de cartón.



Figura 105. Roedores en descanso.

3.5 Resultados Obtenidos Escenario 2

En el escenario número dos se contó con un conejo un cuy y dos hamsters para realizar las pruebas respectivas, los dispositivos se colocaron en un área de 3 metros cuadrados, los mismos estaban totalmente funcionales.



Figura 106. Roedores escenario 2.

En estas pruebas realizadas se observó que el ahuyentador no funciono de manera adecuada ya que los roedores no se veían afectados por el mismo, sin embargo, cabe mencionar que el tiempo que estuvieron expuestos fue de 30 minutos.

3.5.1 Causas posibles para el incorrecto funcionamiento del sistema

En general la red WSN para ahuyentar roedores presenta dificultades respecto al equipo utilizado ya q los roedores pueden acostumbrarse al Ultrasonido; sin embargo, en las demás etapas se pudo observar que el funcionamiento de los elementos utilizados es óptimo.

Podemos considerar un hecho la norma de la comisión federal de comercio ya que nos dice que posiblemente pone en duda la efectividad de estos dispositivos electrónicos para ahuyentar roedores y aves, en cuanto pasan las horas los roedores podrían llegar acostumbrarse a la onda otorgada por el sistema y ya no observaríamos un dispositivo eficaz.

En cuanto al software podemos considerar que la placa funciona correctamente al igual que la aplicación establecida para el control del sistema, vemos que la alimentación del dispositivo es óptimo por lo que las baterías nos dan la duración establecida de más o menos 4 a 5 horas, la programación en el micro nos permite la recepción y transmisión de datos y detección de movimiento con el sensor PIR, en cuanto a la programación del arduino es efectiva ya que nos permite una buena comunicación entre los 3 nodos del sistema.

Tabla 19.

Consideraciones técnicas de HW y SW

Nombre	Rendimiento	Consideración de HW	Observación
Red WSN	Optimo	Los dispositivos Xbee Pro S2B cumplen con la distancia especificada en el Data sheet	Eficiente, sin pérdida de datos durante las pruebas
Placa Principal	Optimo	Reducción de elementos para optimizar espacio	-
Sistema de alimentación	Optimo	Duración de 4 horas con todos los elementos funcionando	Se puede considerar un sistema de carga solar para las baterías
HMI	Optimo	Requerimientos de la PC para que funcione la aplicación: Ram: 4Gb Disco Duro: 500Gb Sistema Operativo: win7/8/10	Interfaz sencilla, falta información sobre los datos de transmisión serial.
Ahuyentador Electrónico	Bajo	No emiten las ondas de ultrasonido necesarias para afectar a los roedores. No cumple con las características descritas en el Data sheet.	El dispositivo utilizado es el de más bajo coste en el mercado y permite un radio pequeño de cobertura.
Sensor Infrarrojo	Bajo	-	Los roedores no parecen ser afectados por la emisión de infrarrojo
Sensor PIR	Medio	El rango de detección es solo de 120 grados y el alcance de 5 metros	-
Diseño de la caja contenedora	Medio		La caja diseñada al estar en el piso provoca que los roedores se traten de subir en la misma.

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

En la investigación se determinó la necesidad de utilizar un dispositivo electrónico ahuyentador de roedores en la granja de Nono, para evitar la que roedores invadan las distintas zonas donde se requiere un cuidado riguroso de limpieza.

El diseño en un software de CAD en este caso Inventor facilito la implementación cuando ya se disponía de todos los materiales teniendo un dispositivo final a la medida de todo lo que contenía sin improvisar en cortes o en otro tipo de materiales para acomodar los dispositivos electrónicos.

En cuanto al diseño del sistema se puede optar por cambiar de material de la caja contenedora porque como pudimos validar en las pruebas realizadas los roedores trataban de subirse al prototipo.

El dispositivo evita el anidamiento y la reproducción de roedores ya que les causa perturbación y no permite la permanencia de estos en zonas de importancia como las naves de la granja de NONO.

De acuerdo a las pruebas realizadas pudimos apreciar que la comunicación entre los 3 nodos es efectiva, así comprobamos que la investigación realizada en cuanto a comunicación esta óptima para continuar con el sistema en caso de ser implementado.

La red inalámbrica de sensores con los dispositivos XBee tiene buena fiabilidad ya que en las pruebas realizadas en el laboratorio no se perdió la señal.

La utilización de pilas de Lio ion de 3,7 V a 5000mAh tuvieron una buena respuesta con una duración aproximada de 5 horas de autonomía.

Los hámsteres terminaron totalmente aturdidos en la primera prueba que se desarrolló, estos estaban escondidos en una caja de cartón después de que se les expuso a las cuatro horas de pruebas con los nodos ahuyentadores.

En la segunda prueba se dispuso de hámsters, un conejo y un cuy, en esta prueba se pudo evidenciar la deficiencia del equipo seleccionado puesto que los roedores no se vieron tan afectados, sin embargo, estuvieron expuestos 30 minutos.

La norma de la comisión federal de comercio dice que posiblemente pone en duda la efectividad de estos dispositivos electrónicos para ahuyentar roedores y aves, en cuanto pasan las horas los roedores podrían llegar acostumbrarse a la onda otorgada por el sistema.

Con el sistema infrarrojo no se notó mayor afectación a los roedores ya que cubre una distancia de aproximadamente 50 cm, y los roedores son muy rápidos como para que el sistema les afecte.

En base a lo estudiado podemos deducir que el sentido auditivo de los roedores es totalmente distinto para los otros animales existentes en la granja como son conejo, gallinas, gatos y más ya que para ellos y nosotros como humanos es inmune.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda para la implementación en campo de un dispositivo más potente como el Ultrasonido AR3001 ya que con este se puede tener: un área de cobertura de 300 metros cuadrados también permite la variación de frecuencia y no solo ahuyenta roedores sino otro tipo de animales como ardillas, etc.

Para validar más el sistema se puede realizar más pruebas ya no solo en el laboratorio si no en un medio externo donde se validan otro tipo de variables

como temperatura, calidad ambiental para ver cuál es el comportamiento de dispositivo realizado.

El equipo ahuyentador de roedores no debe ser obstruido, porque de esa forma no mantendrá su funcionamiento óptimo.

Para mejorar los nodos sensores se puede implementar el uso de paneles solares para que sean totalmente autónomos y no dependan de una carga de baterías externas.

Si el equipo se va a implementar necesitamos realizar más pruebas de funcionamiento y mejorar la respuesta del ultrasonido para que pueda ser más efectivo el equipo.

REFERENCIAS

Aaabikers. (s.f.). La ruta de la media vuelta - Quito - Nono - Calacalí - San Antonio – Quito. Recuperado el 04 de Octubre de 2016 de <http://www.aaabikers.com/2010/04/24-de-abril-la-ruta-de-la-media-vuelta.html>

Arduinotutoriales. (s.f.). Funcionamiento Arduino - Recuperado el 04 de octubre de 2016 de <http://www.arduinotutoriales.com/instalacion-del-entorno-desarrollo-arduino/>

Arduino. (s.f.). Características empleadas por arduino - Recuperado el 04 de octubre de 2016 de www.arduino.cc

Casa de Madera. (s.f.). Ahuyentador electrónico para ratas y ratones. Recuperado el 04 de Octubre de 2016 www.casasdemaderahoy.com/control_plagas/eliminar_plagas/ahuyentador_electronico.html

CCCM. (s.f.). Redes inalámbricas. Recuperado el 05 de Octubre de 2016 de <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>

- CEPA. (s.f.). Redes inalámbricas y redes wifi. Recuperado el 05 de Octubre de 2016 de <http://www.cepaelec.com/services/redes-wifi/>
- Crossbow. (s.f.). Redes de sensores Inalámbricas. Recuperado el 05 de Octubre de 2016 de <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>
- Digi. (s.f.). XBee. Recuperado el 06 de Octubre de 2016 de <https://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/rf-modules/xbee-zigbee>
- Eliminarplagas. (s.f.). Eliminación de plagas - Recuperado el 04 de Octubre de 2016 de http://www.eliminarplagas.com/eliminar_plagas/eliminar_ratasones/eliminar_ratasones.html
- Extertronic. (s.f.). Ahuyentadores roedores. Recuperado el 04 de Octubre de 2016 de <http://www.extertronic.com/shop/es/42-ahuyentadores-roedores>
- Garbarino, J. (s.f.). Protocolos para redes inalámbricas de sensores. Recuperado el 06 de Octubre de 2016 de <http://materias.fi.uba.ar/7500/Garbarino.pdf>
- Glebaambiental. (s.f.). Manual de instalación equipos de ultrasonido. Recuperado el 04 de Octubre de 2016 de <http://www.casadeinsecticidas.com.ar/imgprod/ManualInstalacion-ULTRASONIDO.pdf>
- HUBOR. (s.f.). Proteus. Recuperado el 09 de Octubre de 2016 de <http://hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2-proteus.html>
- Microsoft (s.f.). Visual Studio. Recuperado el 08 de Octubre de 2016 de [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/fx6bk1f4\(v=vs.100\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/fx6bk1f4(v=vs.100).aspx)
- Primrose. (s.f.). Ahuyentadores de ratas y ratones. Recuperado el 05 de Octubre de 2016 de <http://www.primrose.es/ahuyentador-ratas-ratones-para-toda-casa-p-6490.html>
- Ruth, K. (s.f.). Funcionan los dispositivos electrónicos de sonido para repeler a los roedores. Recuperado el 04 de Octubre de 2016 http://www.ehowenespanol.com/funcionan-dispositivos-electronicos-sonido-repeler-roedores-sobre_130142/

- Saya. (2012). Redes de sensores inalámbricos WSN. Recuperado el 05 de Octubre de 2016 de <http://redescontent.blogspot.com/2012/07/redes-de-sensores-inalambricos-wsn.html>
- Techline. (s.f.). Ahuyentador por ultrasonido de plagas. Recuperado el 05 de Octubre de 2016 de http://www.techlineonline.com.ar/detalle.php?id_prod=77
- Tutoelectro. (s.f.). Software X-CTU. Recuperado el 09 de Octubre de 2016 de <http://www.tutoelectro.com/tutoriales/otros/x-ctu/>
- Universidad de las Américas. (s.f.). Agricultural management and biodiversity. Recuperado el 04 de Octubre de 2016 de <http://www.udla.edu.ec/internacional/cursos-internacionalidad/agricultural-management-and-biodiversity/granja-integral-y-su-biodiversidad/>
- Universidad de las Américas. (s.f.). Granja experimental UDLA. Recuperado el 03 de Octubre de 2016 de <http://blogs.udla.edu.ec/ingenieriaambiental/category/granja-nono/>
- Viaja conoce vive. (s.f.). Maravillas del otro Quito. Recuperado el 03 de Octubre del 2016 de <https://viajaconocevive.wordpress.com/category/nono/>
- Wikiloc. (s.f.). Quito-Nono-Tandayapa-Bellavista. Recuperado el 04 de Octubre de 2016 de <http://es.wikiloc.com/wikiloc/view.do?id=249453>
- Wikipedia. (s.f.). Funcionamiento de inventor y programación- https://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Inventor
- Escuntar, V. (2016). Diseño de un prototipo de red de sensores inalámbricos para monitorear la contaminación ambiental acústica/ sonora en la ciudad de Quito sector la Coruña y San Ignacio. Quito: Universidad Metropolitana AEDE QUITO.. Recuperado el 04 de Octubre de 2016 de <http://www.circuitoselectronicos.org/2010/05/sensor-de-infrarrojos-emisor-y-receptor.html>

ANEXOS

Anexo A

Algoritmo Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial xbee(6, 5);           // RX, TX
char ONINFRR = 'A';                 // Carácter para prender el
led
char OFFINFRR = 'B';
char ONULTRA = 'C';                 // Carácter para prender el
led
char OFFULTRA = 'D';
char ONPIR = 'E';                   // Carácter para prender el led
char OFFPIR = 'F';

int lectura = 0;
int led = 13;
int INFRR= 4;
int ULTRA=11;
int PIR=9;

void setup()
{
    pinMode(led, OUTPUT);
    pinMode(INFRR, OUTPUT);
    pinMode(ULTRA, OUTPUT);
    pinMode(PIR, OUTPUT); // Led como salida
    xbee.begin(9600);       // Baud rate Xbee
}

void loop()
{
    lectura = xbee.read();   // Lectura del xbee
```

```

if( lectura == ONINFRR)
{
    digitalWrite(INFRR, HIGH);           // Prender el led
    xbee.println("INFRR ON");
}
if(lectura == OFFINFRR)
{
    digitalWrite(INFRR, LOW);           // Apagar el led
    xbee.println( "INFRR OFF" );
}
if( lectura == ONULTRA)
{
    digitalWrite(ULTRA, HIGH);         // Prender el led
    xbee.println("ULTRA ON");
}
if(lectura == OFFULTRA)
{
    digitalWrite(ULTRA, LOW);         // Apagar el led
    xbee.println( "ULTRAOFF" );
}
if( lectura == ONPIR)
{
    digitalWrite(PIR, HIGH);           // Prender el led
    xbee.println("PIR ON");
}
if(lectura == OFFPIR)
{
    digitalWrite(PIR, LOW);           // Apagar el led
    xbee.println( "PIR OFF" );
}
    delay( 100);
}delay( 100}

```

Anexo B
Algoritmo C#

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.IO.Ports;
namespace EXTERMINATOR
{
    public partial class TERMINATOR : Form
    {
        private SerialPort puerto;
        public TERMINATOR()
        {
            InitializeComponent();
            inicializarPuerto();

            // btnApagar.Enabled = false;
        }
        public void inicializarPuerto()
        {
            try
            {
                puerto = new SerialPort(); //establezco una nueva comunicacion
```

```

        puerto.BaudRate = 9600;    //establezco el rango de comunicaci3n
(en baudios)
        puerto.PortName = "COM28";    //establezco el puerto por el que
est3 conectedo el arduino (IMPORTANTE!!)
        puerto.Open();
        string estado = puerto.ReadLine();
        txtTRAMA.Text = estado;//abro la conexi3n
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show("El puerto no es el correcto");    //en caso de que
el puerto este mal, sale este error
        throw ex;
    }

}

private void btn1ONINFRA_Click(object sender, EventArgs e)
{
    puerto.WriteLine("A");
    string estado = puerto.ReadLine();
    txtTRAMA.Text = estado;
}

private void btn1OFFINFRA_Click(object sender, EventArgs e)
{
    puerto.WriteLine("B");
    string estado = puerto.ReadLine();
    txtTRAMA.Text = estado;
}

private void btn1ONULTRA_Click(object sender, EventArgs e)

```

```
{
    puerto.WriteLine("C");
    string estado = puerto.ReadLine();
    txtTRAMA.Text = estado;
}
```

```
private void btn1OFFULTRA_Click(object sender, EventArgs e)
{
    puerto.WriteLine("D");
    string estado = puerto.ReadLine();
    txtTRAMA.Text = estado;
}
```

```
private void btn2ONINFRA_Click(object sender, EventArgs e)
{
    puerto.WriteLine("E");
    string estado = puerto.ReadLine();
    txtTRAMA.Text = estado;
}
```

```
private void btn2OFFINFRA_Click(object sender, EventArgs e)
{
    puerto.WriteLine("F");
    string estado = puerto.ReadLine();
    txtTRAMA.Text = estado;
}
```

```
private void btn2ONULTRA_Click(object sender, EventArgs e)
{
    puerto.WriteLine("G");
    string estado = puerto.ReadLine();
    txtTRAMA.Text = estado;
}
```

```
}
```

```
private void btn2OFFULTRA_Click(object sender, EventArgs e)
```

```
{
```

```
    puerto.WriteLine("H");
```

```
    string estado = puerto.ReadLine();
```

```
    txtTRAMA.Text = estado;
```

```
}
```

```
private void btn3ONINFRA_Click(object sender, EventArgs e)
```

```
{
```

```
    puerto.WriteLine("I");
```

```
    string estado = puerto.ReadLine();
```

```
    txtTRAMA.Text = estado;
```

```
}
```

```
private void btn3OFFINFRA_Click(object sender, EventArgs e)
```

```
{
```

```
    puerto.WriteLine("J");
```

```
    string estado = puerto.ReadLine();
```

```
    txtTRAMA.Text = estado;
```

```
}
```

```
private void btn3ONULTRA_Click(object sender, EventArgs e)
```

```
{
```

```
    puerto.WriteLine("K");
```

```
    string estado = puerto.ReadLine();
```

```
    txtTRAMA.Text = estado;
```

```
}
```

```
private void btn3OFFULTRA_Click(object sender, EventArgs e)
```

```
{
```

```
puerto.WriteLine("L");  
string estado = puerto.ReadLine();  
txtTRAMA.Text = estado;  
}  
}  
}
```

Anexo C

Características Ahuyentador Roedores

5. ProDeals® Eco-friendly Outdoor PIR Ultrasonic Bird Repeller/ Sound Flashlight Harmless Bats Birds Pests Animal Repellent/ PIR Motion Activated Sensor Detector for Yard Garden



Product Description

Specifications:

Material : ABS Plastic

Color : Black

Voltage: 6V

Infrared sense angle: 90° -120°

Effective range: 200 Sq.M

Power supply: 4 * AA alkaline batteries (not included)

Dimensions: 135*135*75mm

Net weight: 280g

Description: The product use microcomputer technology to produce very special simulated gun shot and flashing lights, which can cause birds physiological disorder and make them uncomfortable. So the gun sound and flashing light can achieve the purpose of driving out the birds.

Switch to "DAY":

When PIR senses the unwanted birds, the product will send gun shot sound making unwanted birds uncomfortable then leave.

If the light is weak the LED lights will also flash to drive out birds.

Switch to "NIGHT":

Repel birds with flashing light. When the unwanted birds or animals come near, LED lights will flash every 5 seconds without sending gun shot sounds.

Switch "OFF":

When you don't use it please switch to "OFF".

Remark:

If storms are coming please take the unit to indoor area.

Turn off the unit if pets are playing around the protected area.

Please don't cover PIR sensor lens.

When the LED light become darker and the PIR sensor not work properly, please change new batteries.

Package Included:

1* Bird Repeller (batteries not included)



Anexo D

1 Pila UltraFire 3.7v 5000mAh TR 18650 Rechargeable LI-ION



1 Pila UltraFire 3.7v 5000mAh TR 18650 Rechargeable LI-ION

Especificaciones

Características:

Voltaje: 3.7V

Capacidad: 5000mAh

Batería recargable con PCB

Descarga de alta velocidad, sin efecto memoria

Corto circuito, sobre carga y la protección de la descarga

Vida PCB es de alrededor de 10 años

Especificaciones:

Tamaño: 18 * 66 mm (D * H)

Peso neto: 38 g

Peso del paquete: 48 g

Color: Purple

Contenido del embalaje:

1 x Li-ion

