

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**SISTEMA DOMÓTICO DE EMERGENCIA MÓVIL EN CASO DE  
SISMO**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecatronico, que presenta el bachiller:

**Saul Trujillo Castillo**

**Asesor: Gustavo kato Ishizawa**

# Resumen

El Perú está situado en la zona volcánica denominada como el Cinturón de Fuego del Pacífico, por lo que nos encontramos en un constante riesgo sísmico. El último gran sismo que sacudió al Perú en el año 2007, originó la pérdida de una gran cantidad de viviendas y construcciones. Debido a esto, los nuevos hogares en el Perú deberán tener sistemas que faciliten la evacuación de las personas.

Por tanto como alternativa de solución a esta problemática, se propone un sistema automático que apoye en la evacuación de personas de una vivienda en caso ocurra un terremoto. El sistema estará dividido en tres dispositivos: móvil, actuador de cerradura y sensor sísmico. Las funciones del móvil se dividen en dos modos: normal y emergencia. En el modo normal es capaz de desplazarse autónomamente, decir la hora y saludar a los miembros de la familia que llegan al hogar. En el modo emergencia se encargará de emitir sonidos de emergencia cuando ocurra un sismo y buscar a personas incapacitadas después del terremoto. El móvil también cuenta con un kit de emergencia el cual podrá ser desmontable por cualquier persona, la que contendrá herramientas de emergencia para su uso.

La función del actuador de cerradura se centra en abrir la puerta en dos situaciones: En el modo normal, se abre la puerta cuando una persona presenta su tarjeta-llave, mandando la información de esa llave al móvil para que pueda ser identificado y en el modo de emergencia, cuando ocurre un sismo. El dispositivo sísmico enviará una señal en la cual abrirá la puerta para evitar que el siniestro descuadre el marco y se atasque la puerta.

El último dispositivo es el sensor sísmico. Este estará constantemente monitoreando alguna actividad telúrica. Cuando éste detecte un temblor enviará una señal para que la puerta se pueda abrir y de esa manera dejar la ruta de escape libre.

El dispositivo móvil funciona a baterías. Cuando el móvil esté con su batería baja, se dirige a su base de cargado en la cual recargara su batería lo que le da una larga autonomía al sistema.

# Índice

Resumen.....	2
Índice.....	3
Capítulo 1 .....	4
Presentación de la problemática.....	4
Capítulo 2 .....	6
Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto.....	6
2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico.....	6
2.2 Concepto de la solución .....	8
Capítulo 3 .....	11
Sistema mecatrónico .....	11
3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.....	11
3.2 Sensores y actuadores.....	13
3.3 Planos del sistema mecatrónico.....	28
3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema .....	38
3.5 Diagrama de flujo del programa de control .....	43
Capítulo 4 .....	51
Presupuesto.....	51
Capítulo 5.....	53
Conclusiones .....	53
Bibliografía .....	54

## Anexos

- Anexo 1: Componentes de emergencia
- Anexo 2: Calculo de resistencia
- Anexo 3: Cálculos de velocidad y consumo
- Anexo 4: Tríptico Medidas Preventivas
- Anexo 5: Planos

# Capítulo 1

## Presentación de la problemática

El Perú está situado en la zona volcánica denominada como el Cinturón de Fuego del Pacífico, por lo que nos encontramos en un constante riesgo sísmico. Según los datos estadísticos proporcionados por el INEI (Instituto Nacional de Estadística e informática) [1], la cantidad de sismos detectado ha ido en aumento en un 13% anualmente desde 1999. Se debe resaltar que los departamentos más afectados son: Lima, Ica y Arequipa; ya que la costa peruana se encuentra entre la intersección de la placa sudamericana y la placa nazca.

En las ciudades del Perú existe una falta de conocimiento de técnicas y cultura de prevención de desastres. Según el Ing. Julio Kuroiwa, en su libro “Alto a los desastres” [11], Explica como la población cae en un círculo de desastre en el país. Las poblaciones que migran desde la sierra invaden zonas que están calificadas como de alto riesgo; las autoridades ignoran la invasión, por lo que los invasores comienzan la construcción de sus viviendas con material precario. Después de un tiempo, el mismo estado instala los servicios básicos de agua, desagüe y tendido eléctrico a estos asentamientos humanos, haciendo más difícil su retirada. Cuando ocurre un fenómeno natural, causa pérdidas materiales y humanas. Esta población que es afectada se moviliza hacia otro sector, de alto riesgo también, y lo invade, repitiendo este problema otra vez.

Se han realizado estudios en el suelo Limeño que dan como conclusión que al menos seis distritos en la metrópolis son vulnerables y peligrosos para construir cualquier tipo de edificación.

Otro punto a considerar son los materiales utilizados en la construcción de viviendas. Mayormente éstos son muy rígidos y macizos, esto puede ocasionar que la vivienda se derrumbe en caso de sismo, ya que la construcción no podría resistir al movimiento. En el Perú no existe una conciencia de construcción de acuerdo a normas. Esto incluye a los materiales, distribución de la vivienda y ubicación. El crecimiento de las ciudades de forma caótica debido a la migración de poblaciones rurales a zonas urbanas, sumándole la pobreza y las construcciones inadecuadas, son factores que vulneran la seguridad de la población.

En la actualidad, para reducir el impacto de los movimientos telúricos, se están implementando aisladores sísmicos en las bases de nuevos edificios. Estos están hechos a base de caucho con discos de acero en su interior. Esto permite que tenga una gran flexibilidad en el desplazamiento horizontal y resista pesos de hasta 4000 toneladas de forma vertical [2]. A inicios de año, se ha comenzado a construir el primer edificio con aisladores sísmicos en Perú por el grupo inmobiliario Labok en el distrito de San Miguel [3]. La implementación de esta medida tiene costos muy elevados y no proporciona una ayuda en la evacuación de las personas en el momento del siniestro.

La domótica cuenta con sistemas cuyos componentes sirven para automatizar una vivienda o edificio. Aporta servicios de seguridad, comunicación, bienestar y eficiencia energética [4]. Sin embargo, en el tema de seguridad, los sistemas domóticos se encargan de proteger bienes materiales con sistemas de alarmas de intrusión y circuitos cerrados de cámaras o vidas humanas con detectores y alarmas de incendios. En ninguno de los casos contempla un sistema automático de evacuación en caso de sismos.

## Capítulo 2

### Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto

#### 2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico

##### Requerimientos generales

La función principal de este sistema automático es apoyar en la evacuación de las personas de una vivienda en caso ocurra un terremoto a través del desbloqueo de la puerta de salida de manera automática. El segundo objetivo es la búsqueda de personas incapacitadas o atrapadas en la vivienda después del terremoto. Para ello, se va a considerar 3 dispositivos principales: móvil autónomo para la ubicación de personas atrapadas, actuador de cerradura para operar la apertura de la puerta automáticamente y el sensor sísmico que registrara cuando ocurra un sismo.

##### Requerimientos mecánicos

El dispositivo móvil está dividido en dos partes: el kit de emergencia, el cual alberga todas la herramientas y consumibles de emergencia (ver anexo 1 componentes de emergencia), y la base del móvil, el cual contiene los sensores, tarjetas, batería y motores.

El kit de emergencia debe soportar cargar un peso máximo de 2.5 Kg (ver anexo 2 cálculo de resistencia) y sus dimensiones están delimitadas por el tamaño de los componentes de emergencia. Esto hace que las dimensiones del kit sean de 316mm de diámetro y 77mm de alto.

La base debe soportar el peso de los motores, tarjetas, baterías y el kit de emergencia que hacen un total máximo de 3.5 Kg. El ancho de la base está delimitado por el tamaño del kit de emergencia ( $\varnothing 316\text{mm}$ ) y la altura por la posición de las tarjetas y altura de ellas (70mm). Las dimensiones totales del dispositivo móvil ascienden a 147mm de altura y 316mm de diámetro.

El sistema de apertura deberá ser eléctrico y mecánico. En el caso que ocurra un corte de luz, la puerta no debe de depender del sistema eléctrico, de esta manera podrá ser abierta sin ningún inconveniente.

La carcasa del sensor sísmico tiene que tener el espacio suficiente para que pueda alojar el sensor sísmico, batería, microprocesador y tarjeta de comunicación (120 x 90 x 40 mm)

### **Requerimientos Electrónicos**

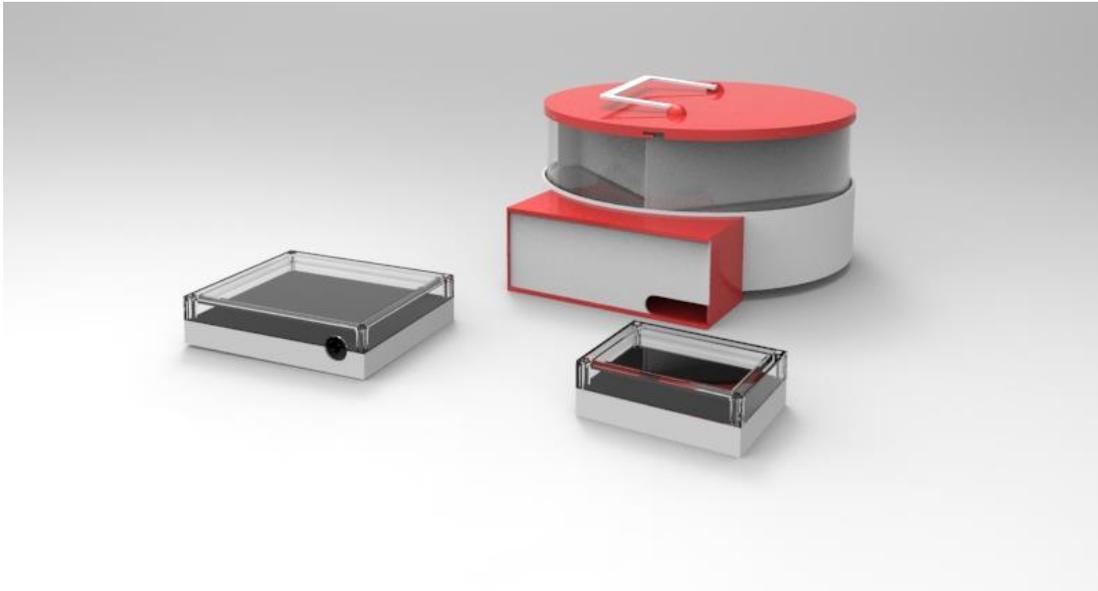
El dispositivo móvil debe de presentar actuadores para su desplazamiento autónomo, para emitir mensajes de bienvenida, indicar la hora y emitir sonidos de emergencia. También debe de contener señales luminosas que indican los estados del móvil (Encendido, apagado, cargando baterías). Los sensores que posee el dispositivo móvil son: micrófonos para escuchar llamados de emergencia y pedidos de hora actual, sensores de ultrasonido para evitar que el móvil se choque con objetos de su alrededor, sensor IR y encoders en cada motor para identificar la posición exacta del robot y su base de cargado. El dispositivo poseerá un microcontrolador para la lógica del sistema, procesamiento de señales (audio) y comunicación inalámbrica con los demás dispositivos.

El actuador de cerradura presenta un lector de tarjetas NFC para el acceso a la vivienda, una tarjeta controladora para activar la chapa eléctrica, un convertor AC/DC para alimentar los componentes eléctricos desde la red comercial y un microcontrolador para la comunicación inalámbrica entre los dispositivos y lógica del sistema. También tendrá un switch para desactivar el sistema de desbloqueo de puerta en caso no se encuentre nadie en casa

El dispositivo sensor sísmico debe de contar con un sensor sísmico, batería, y un microcontrolador para la comunicación entre los dispositivos.

## 2.2 Concepto de la solución

Se propone un sistema domotico autónomo que ayude en la evacuación de las personas dentro de las viviendas. (Ver figura 2.2.1)



*Figura 2.2.1 Sistema de emergencia y sus 3 dispositivos. De izquierda a derecha: dispositivo apertura de puerta, dispositivo móvil y dispositivo sensor sísmico*

El sistema consta de tres dispositivos que se comunican entre sí inalámbricamente.

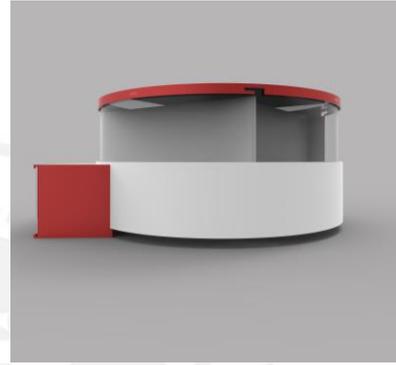
### Robot Móvil

El primer dispositivo es el robot móvil (ver figura 2.2.2 – 2.2.4). Este robot posee dos modos de operación. En su modo normal tiene la función de saludar a las personas que ingresen a la casa gracias a la información recibida desde el dispositivo que está ubicado en la cerradura de la puerta que identifica al usuario. Otra de sus funciones es dar la hora a las personas que lo soliciten ya que cuenta con micrófonos y un microcontrolador capaz de realizar procesamiento de señales para la identificación de comandos de voz. El robot tiene la capacidad de moverse autónomamente ya que cuenta con baterías. Cuando el nivel de voltaje de las baterías decae, el robot se dirige a su base de cargado para recargar sus baterías. Para que el robot ingrese a su modo de emergencia, necesita recibir la señal del dispositivo sensor sísmico que está ocurriendo un movimiento telúrico. En este modo, el robot se encargara de emitir mensajes pregrabados de emergencia por sus dos parlantes.

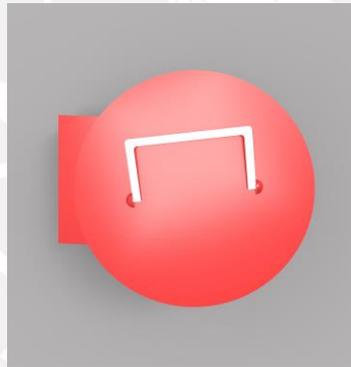
Estos mensajes serán las acciones recomendadas por (Instituto Nacional de Defensa Civil) INDECI (ver anexo 4 Tríptico Medidas Preventivas) cuando ocurre un sismo. Cabe resaltar que recordará al usuario llevar consigo el kit de emergencia mientras evacua. Al transcurrir el movimiento telúrico, el robot busca por personas que hayan quedado atrapadas. Cuando encuentra a una persona el robot se queda emitiendo sonidos de auxilio hasta que la víctima sea encontrada por un equipo de emergencia o se acabe la batería.



*Figura 2.2.2 vista isométrica robot móvil*



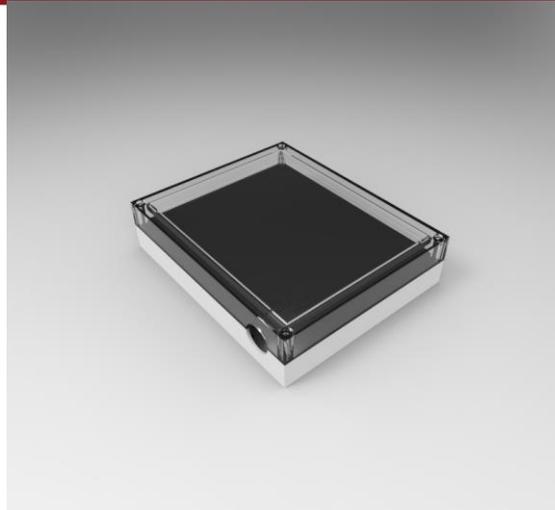
*Figura 2.2.3 vista lateral robot móvil*



*Figura 2.2.4 vista superior robot móvil*

### Apertura de cerradura

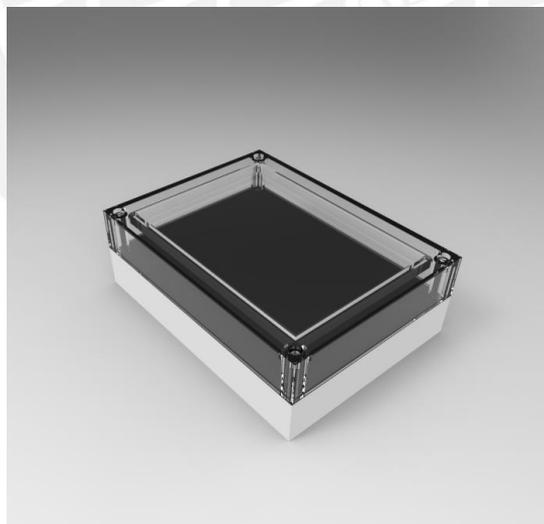
El dispositivo apertura de cerradura (ver figura 2.2.5) utiliza tecnología NFC para leer las tarjetas de los usuarios para identificarlos y desbloquear la puerta para su ingreso. Esta información es enviada al robot móvil que emite un mensaje de bienvenida. La cerradura entra en modo de emergencia cuando recibe la señal del dispositivo sensor sísmico que está ocurriendo un movimiento telúrico. En este modo desbloquea la chapa para que el usuario evacue la vivienda y envía esta información al robot móvil.



*Figura 2.2.5 carcasa dispositivo apertura cerradura*

### Sensor sísmico

El último dispositivo es el sensor sísmico (ver figura 2.2.6). Este estará constantemente censando por alguna actividad telúrica. Estos datos son analizados por el microcontrolador en el dispositivo. Cuando el nivel es mayor a 0.030g [5], el microcontrolador enviara la señal que activara los modos de emergencia en los demás dispositivos.



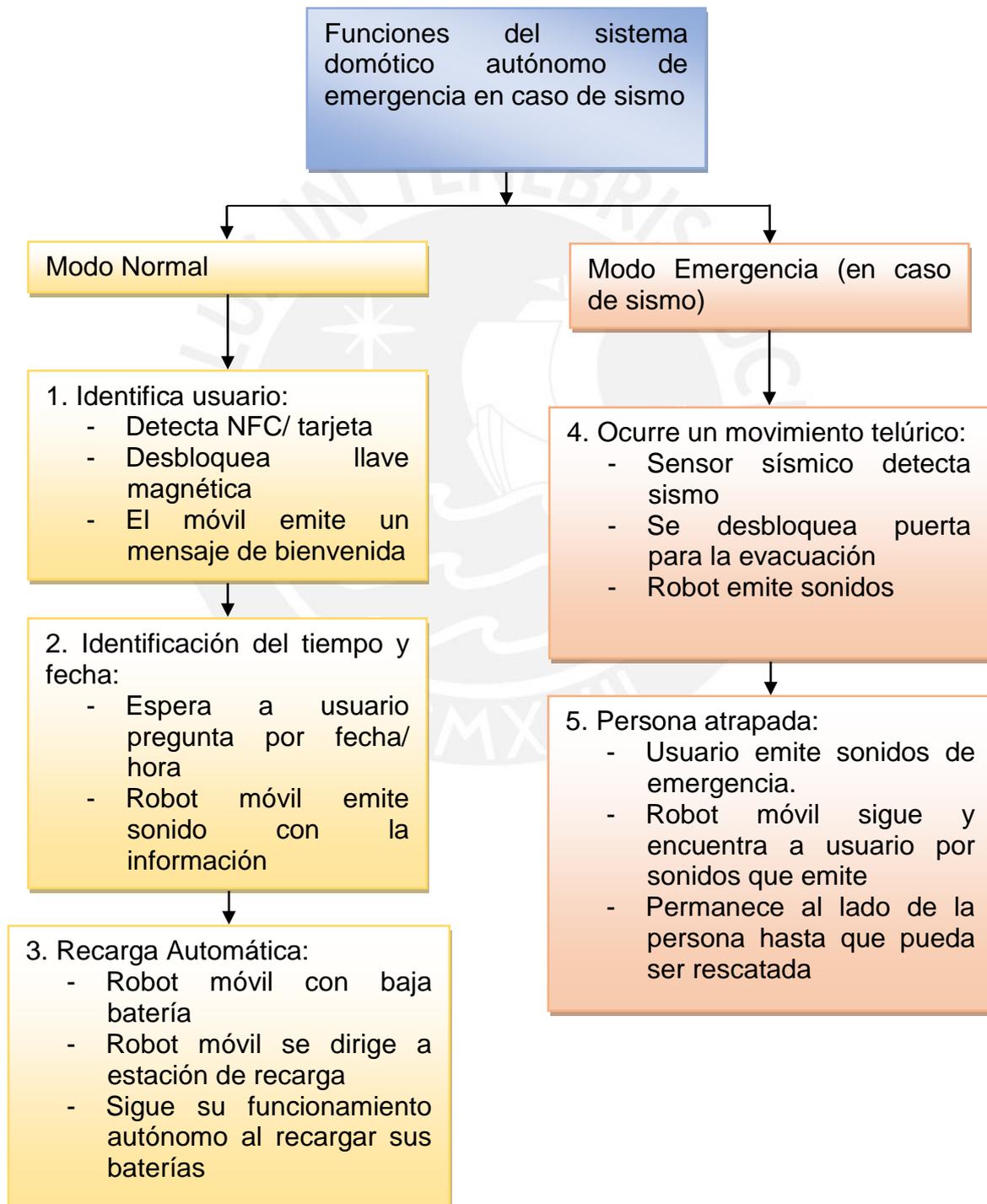
*Figura 2.2.6 carcasa sensor sísmico*

El material a utilizar en toda la estructura del prototipo será de plástico ABS (acrilonitrilo butadieno estireno). Esto se debe por la resistencia que tiene y su bajo costo. El método de fabricación será por impresión en 3D. (Ver anexo 2 cálculo de resistencia)

# Capítulo 3

## Sistema mecatrónico

### 3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico



El sistema domótico de emergencia presenta cinco funciones principales que son: identificación de usuario, identificación de hora y fecha, Recarga automática, movimiento telúrico y persona atrapada. Estas utilizan los tres dispositivos que conforman el sistema (ver figura 2.2.1).

1. La identificación de usuarios utiliza los dispositivos: robot móvil y apertura de cerradura. Con la combinación de ellos se puede otorgar una bienvenida personalizada a cada miembro de la familia. También habilita la opción de usar tu propio celular o una tarjeta NFC para ingresar a la vivienda.

2. El dispositivo robot móvil presenta la función de responder preguntas básicas como es la hora y fecha gracias a que podrá procesar sonidos.

3. Una de las características del robot móvil es su auto recarga; de esta manera estará en operación las 24 horas del día. Evitando que se encuentre inoperativo cuando ocurra un movimiento telúrico.

4. Cuando ocurre un movimiento telúrico se utilizan todos los dispositivos del sistema: Sensor sísmico para informar sobre el movimiento, la apertura de cerradura para desbloquear la ruta de evacuación y el robot móvil para emitir mensajes de evacuación y acarreo del kit de emergencia (se debe desmontar el kit por el usuario desde el robot móvil).

5. En el caso que quede una persona atrapada en el edificio, el robot móvil (sin el kit de emergencia) buscará a la persona y cuando la encuentre emitirá sonidos para que el rescate de ella sea más fácil para el equipo de rescate.

### 3.2 Sensores y actuadores

A continuación, se detallan los sensores y los actuadores utilizados para la implementación del módulo interactivo.

#### Robot Móvil

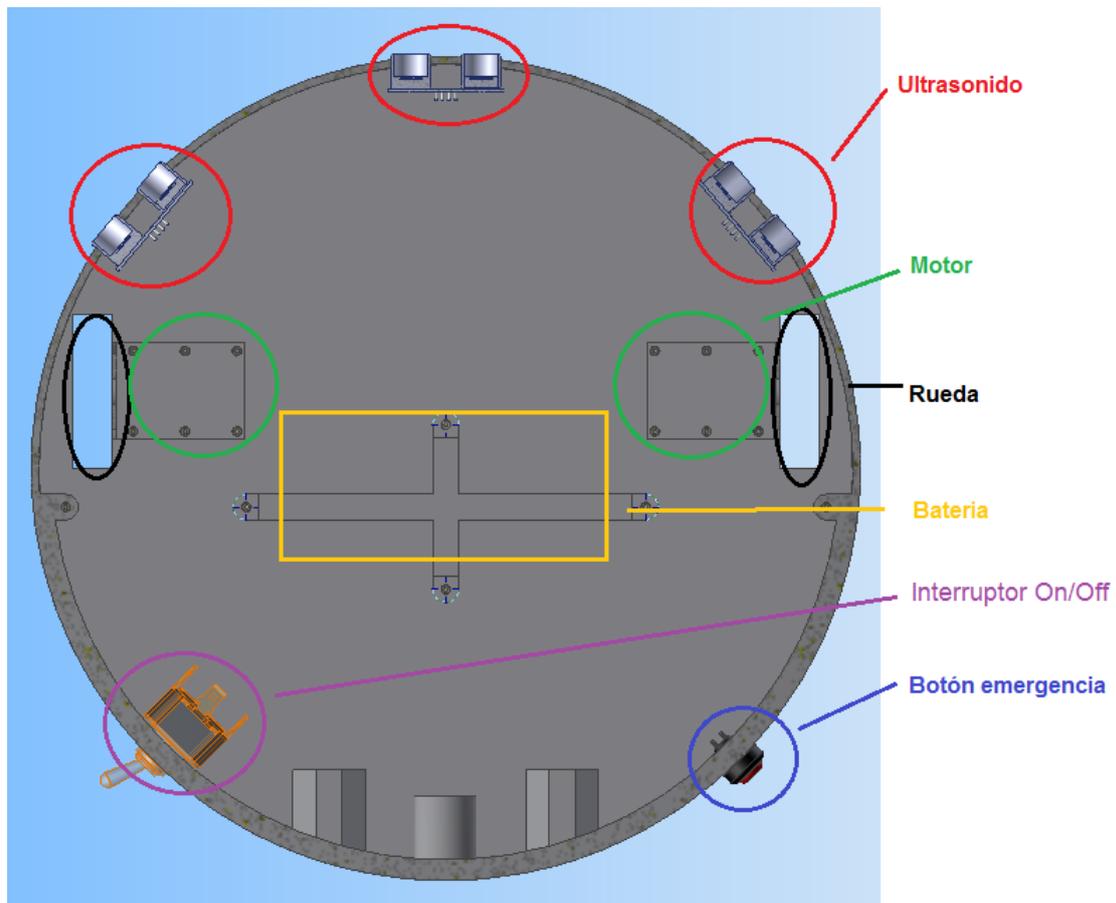


Figura 3.2.1 Ubicación de componentes parte inferior base móvil

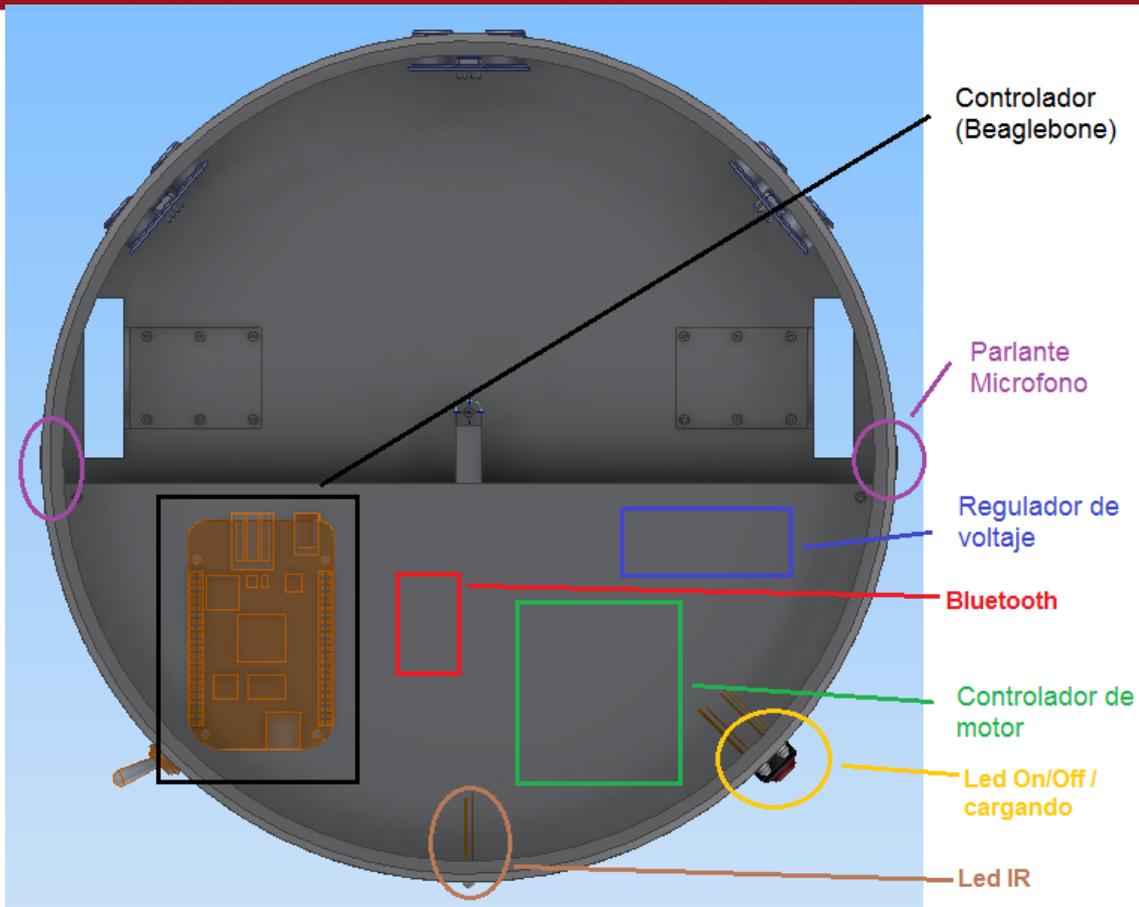


Figura 3.2.2 Ubicación de componentes parte superior base móvil

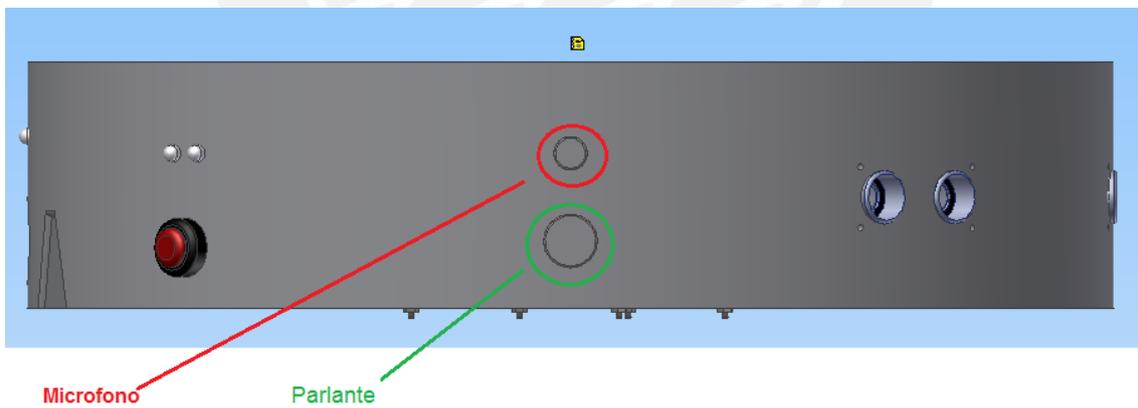


Figura 3.2.3 Ubicación de componentes vista lateral base móvil

## Sensor ultrasonido

Este sensor evita que el robot móvil entre en contacto con objetos mientras busca a personas en peligro



Figura 3.2.4 sensor ultrasonido

- PING Ultrasonic Distance Sensor (#28015)
- Especificaciones

Descripción	Rango
Rango de operación	2cm – 3m
Voltaje de ingreso	5V
Consumo máximo de amperaje	30mA
Angulo de trabajo	<45°
Entradas digitales necesarias	01 (x3 sensores)

## Parlantes

Los parlantes servirán para emitir los diferentes mensajes en las funciones programadas



Figura 3.2.5 parlantes

- Speaker cdmg16008-03
- Especificaciones

Descripción	Rango
Potencia	0.3W
Impedancia	8 $\Omega$
Señal de control necesaria	02 PWM (x2 sensores)

### Micrófono

El robot móvil tendrá dos micrófonos que servirán para escuchar los comandos de voz y encontrar a personas atrapadas

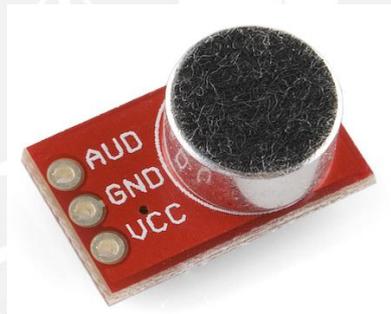


Figura 3.2.6 micrófono

- BOB-09964 ROHS
- Especificaciones

Descripción	Rango
Voltaje de ingreso	2.7V – 5.5V
Consumo de amperaje	0.5 mA
Señal necesaria	01 señal análoga (x2 sensores)

## Motor

El motor seleccionado tiene incluido encoders para poder verificar la ubicación exacta del móvil y así guiarse hasta la base de cargado. Los valores de las características necesarias para su selección se encuentra en Anexo 3: Cálculos de velocidad y consumo.

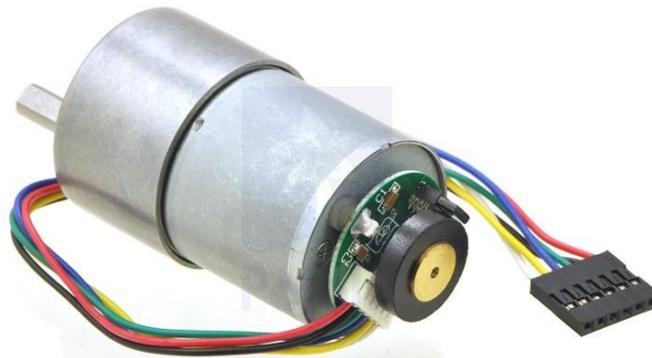


Figura 3.2.7 motor con caja reductora y encoder

- Pololu 50:1 Metal Gearmotor 37Dx54L mm with 64 CPR Encoder
- Especificaciones

Descripción	Rango
Gear ratio:	50:1
Free-run speed @ 12V:	200rpm
Free-run current @ 12V:	300mA
Stall current @ 12V:	5000mA
Stall torque @ 12V:	170 oz-in
Lead length:	11 in
Señal necesaria	01 señal análoga (x2 motores)

## Ruedas



Figura 3.2.8 Ruedas

- Pololu Wheel
- Especificaciones

Descripción	Rango
Dimensiones	60 x 8 mm

## Rueda omnidireccional

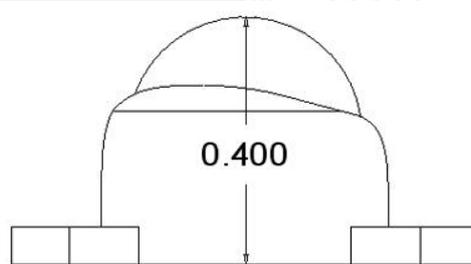


Figura 3.2.9 Rueda omnidireccional

- Pololu Ball Caster with 3/8" Plastic Ball
- Especificaciones

Descripción	Rango
Altura	10 mm

## Comunicación Bluetooth

La comunicación entre los dispositivos será mediante protocolo bluetooth. Esta tarjeta estar presente en: Dispositivo robot móvil, apertura cerradura y sensor sísmico.



Figura 3.2.10 Tarjeta bluetooth

- Bluetooth Bee
- Especificaciones

Descripción	Rango
Sensibilidad	-80dBm
Voltaje de operación	1.8V – 3.6V
Interfaz	UART con baud programable

## BeagleBone

Microcontrolador con capacidad para realizar procesamiento de señales mediante una librería open source sphyx [6]. Este microcontrolador estará presente en el dispositivo Robot Móvil



Figura 3.2.11 Beaglebone black

- Beaglebone Black
- Especificaciones

Descripción	Rango
Señales PWM	08
Señales analógicas	07
Señales digitales	65
Consumo de amperaje	100mA

## Batería

El consumo promedio de nuestra carga será de 4702.5mAh (Ver Anexo 4: Cálculos de velocidad y consumo). Esta batería nos dará una autonomía de 5 horas en una sola carga.



Figura 3.2.12 batería

- Multistar High Capacity 3S 5200mAh Multi-Rotor Lipo Pack
- Especificaciones

Descripción	Rango
Capacidad	5200mAh
Celdas / voltaje	3 celdas / 11.1V
Conector para carga	JST-XH
Conector para descarga	XT60

## Base Cargador

Cargador ubicado en la base de cargado que permite controlar la carga de la batería

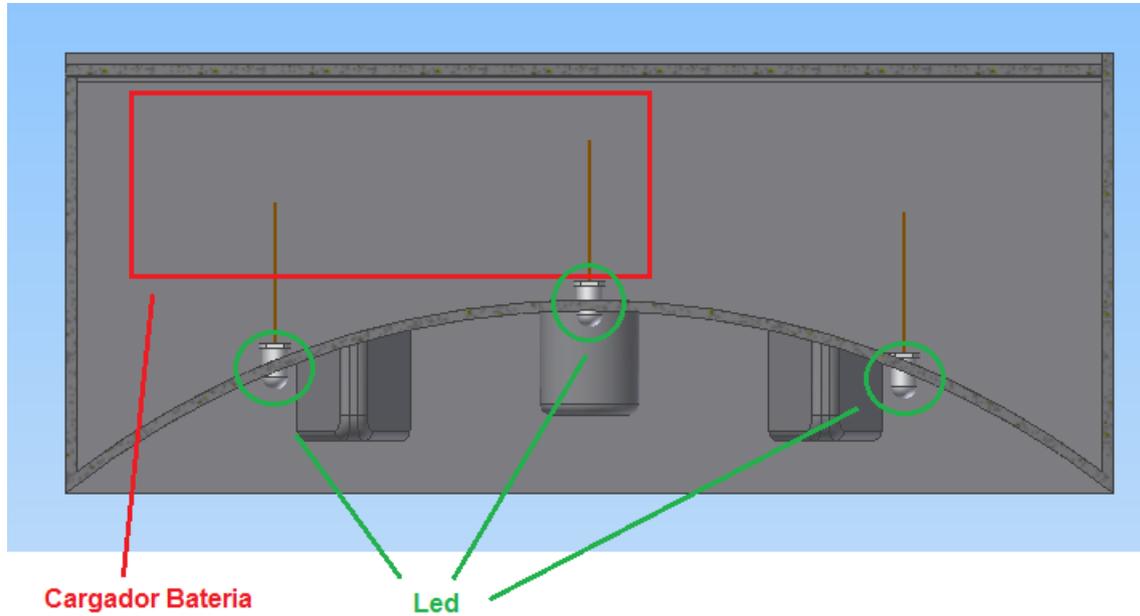


Figura 3.2.13 Ubicación componentes base batería



Figura 3.2.14 Cargador de batería

- HobbyKing® B3AC Compact Charger

Descripción	Rango
Entrada voltaje	240V AC
N° de celdas de carga	2 - 3

**Apertura de cerradura**

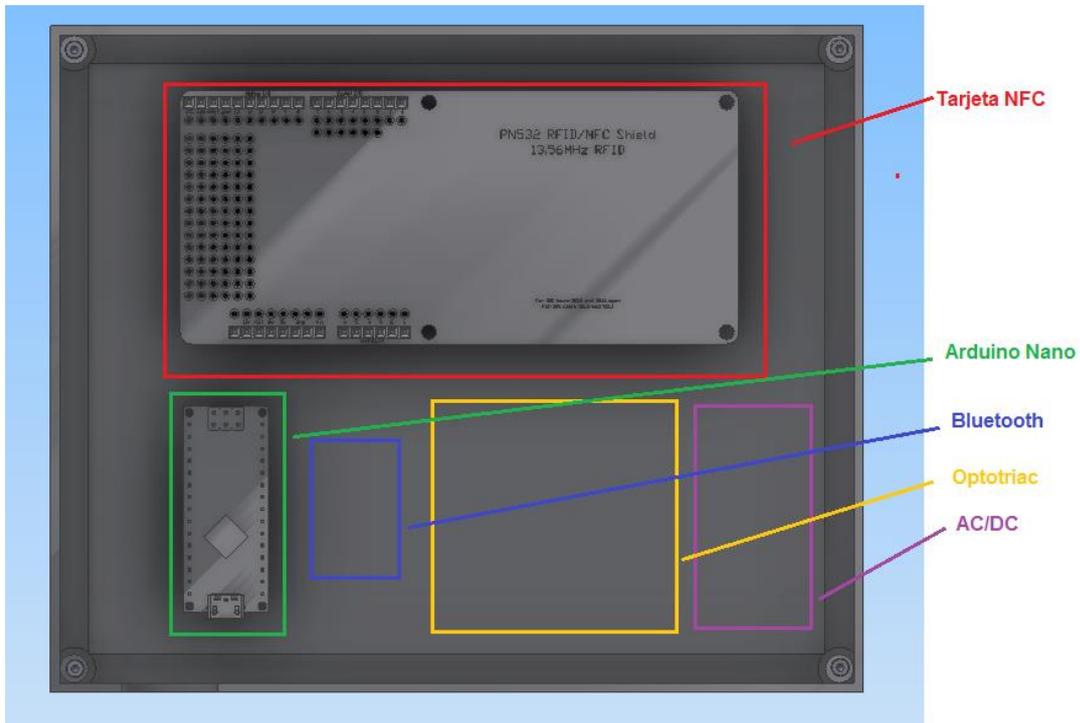


Figura 3.2.15 Ubicación componentes apertura de cerradura

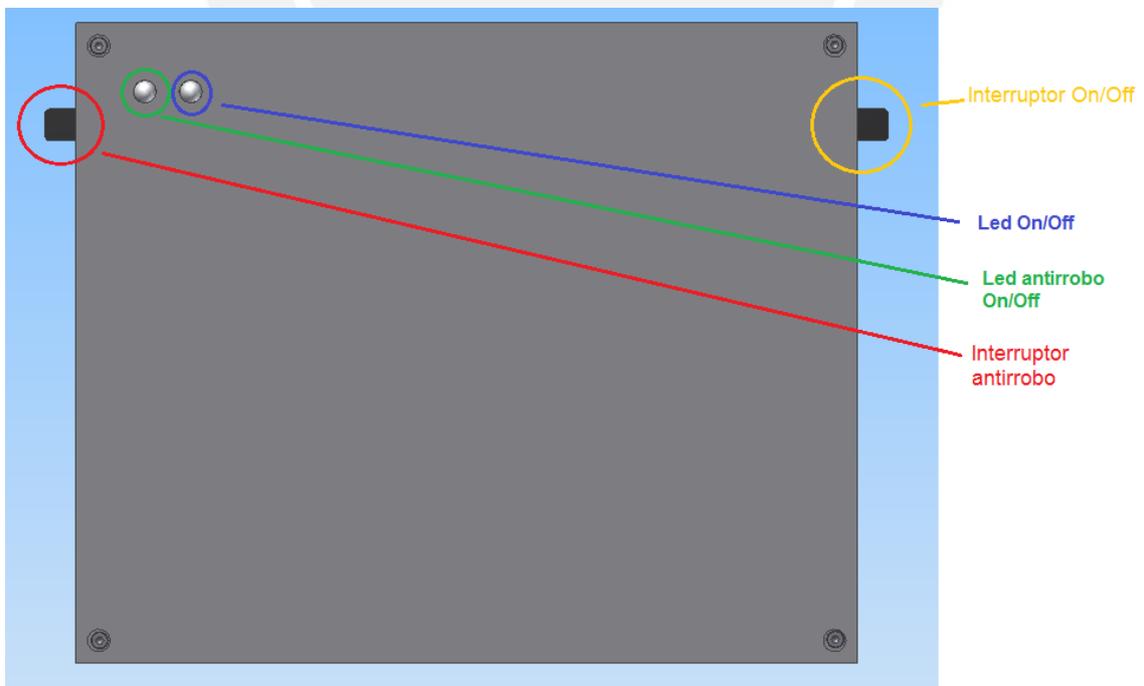


Figura 3.2.16 Vista superior apertura de cerradura

## Chapa Eléctrica

Esta chapa eléctrica será el actuador para el desbloqueo de la puerta. Presenta doble apertura eléctrica y mecánica. Su diseño permite que la puerta quede entre abierta para evitar un posible atascamiento por el descuadre del marco.



Figura 3.2.17 Chapa eléctrica

- Cisa 11921 Electric Lock

## Controlador

Controlador para enviar información a otros dispositivos y controlar la lógica de apertura de puerta. También presente en el dispositivo sensor sísmico para el mismo uso (control de lógica y envío de información).

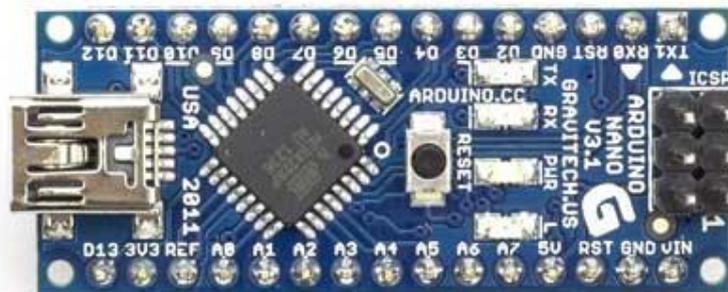


Figura 3.2.18 arduino nano

- Arduino nano
- Especificaciones

Descripción	Rango
Consumo de amperaje	40mA x pin
Señal digital	14
Señal PWM	06
Señal analoga	08

### Lector NFC

Lector de tarjetas NFC. El usuario podrá acceder usando una tarjeta NFC en el cual identificara al usuario para que el robot móvil lo identifique y lo salude.

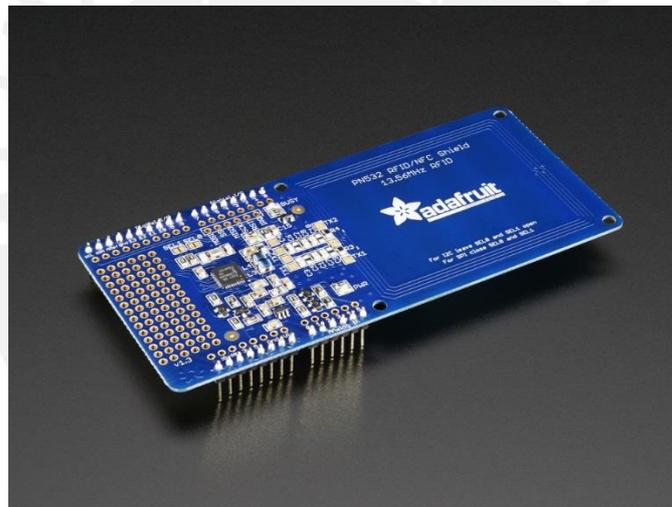


Figura 3.2.19 Lector NFC

- Adafruit PN532 NFC/RFID Controller Shield for Arduino
- Especificaciones

Descripción	Rango
Controlador	PN 532
Protocolo	ISO 14443A

**Sensor Sísmico**

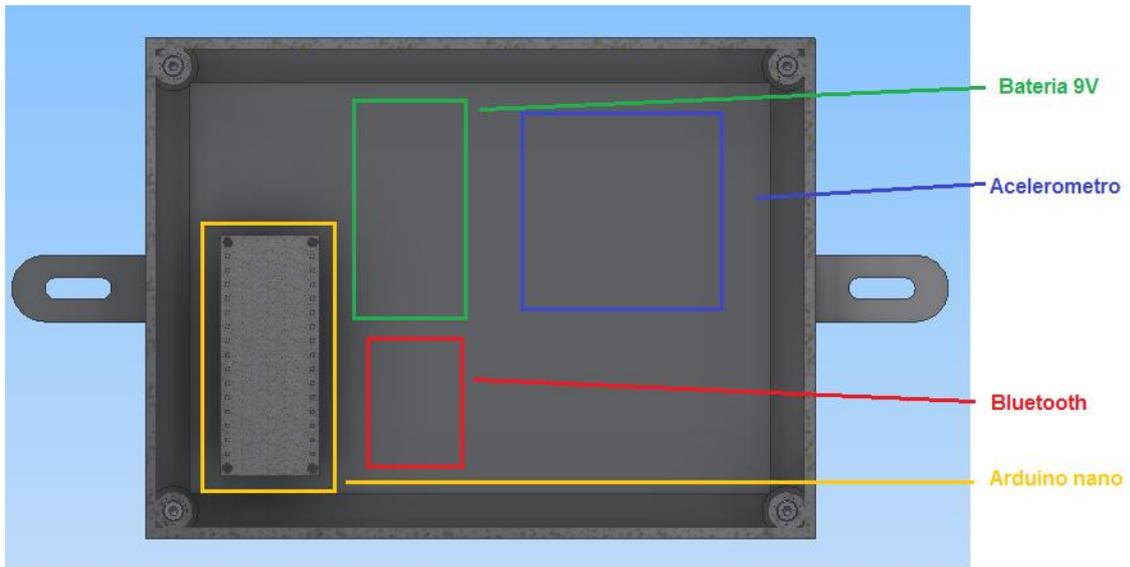


Figura 3.2.20 Ubicación componentes sensor sísmico

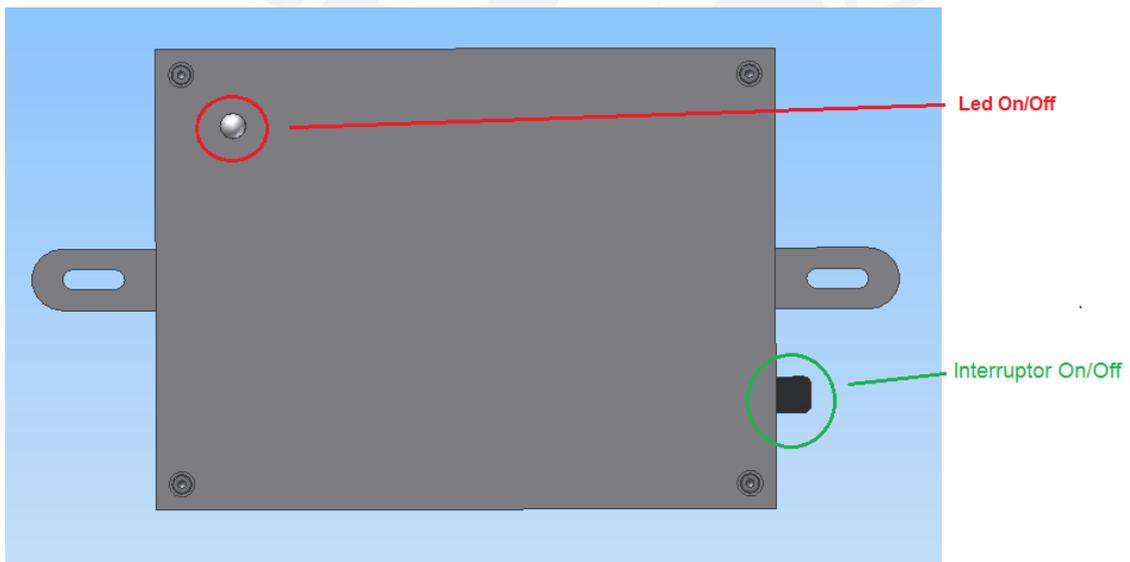


Figura 3.2.21 Vista superior sensor sísmico

## Acelerómetro

Un sismo de intensidad 5 en la escala de Mercalli (nivel moderado) presenta una aceleración de 0.030g – 0.070g. [5] Por esta razón se usa este acelerómetro digital que tiene las características necesarias para llegar a ese nivel de resolución.

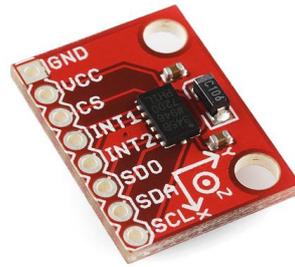


Figura 3.2.22 acelerómetro ADXL345

- Triple Axis Accelerometer Breakout - ADXL345
- Especificaciones

Descripción	Rango
Consumo corriente	40uA
Voltaje	2.0V – 3.6V
Resolución	13 bits
Rango	±2g (configurable)

### 3.3 Planos del sistema mecatrónico

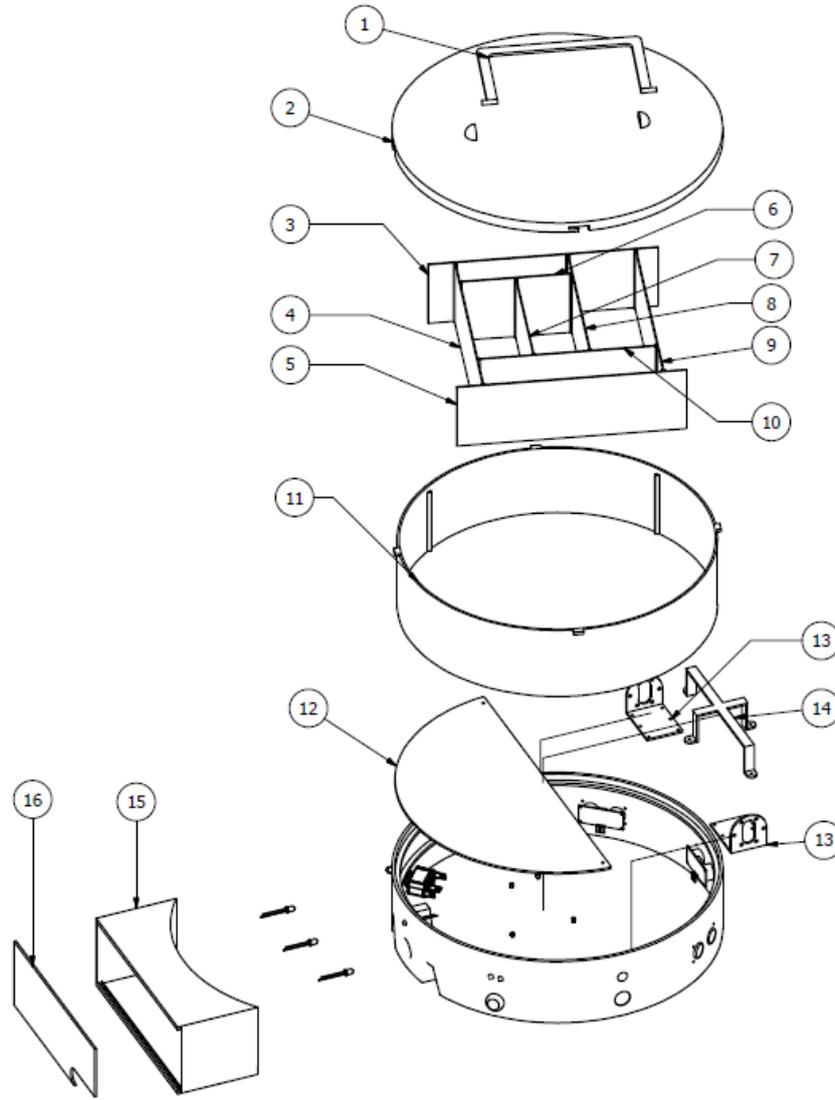


Figura 3.3.1 Despiece robot móvil

	28	TUERCA M2	STAINLESS
	16	PERNO M2 X 8	STAINLESS
	12	PERNO M2 X 12	STAINLESS
16	1	BATERIA TAPA	ABS
15	1	BATERIA BASE	ABS
14	1	MOVIL SOPORTE BATERIA	ABS
13	2	MOVIL SOPORTE MOTOR	ABS
12	1	MOVIL PLACA	ABS
11	1	MOVIL BASE	ABS
10	1	KIT PLACA 08	ABS
9	1	KIT PLACA 07	ABS
8	1	KIT PLACA 06	ABS
7	1	KIT PLACA 05	ABS
6	1	KIT PLACA 04	ABS
5	1	KIT PLACA 03	ABS
4	1	KIT PLACA 02	ABS
3	1	KIT PLACA 01	ABS
2	1	KIT TAPA	ABS
1	1	KIT ASA	ABS
POS.	CANT.	DESCRIPCION	MATERIAL

Figura 3.3.2 Partes robot móvil

### Kit de emergencia – Robot móvil

El kit de emergencia tiene 08 placas desmontables que servirán como compartimentos para organizar las herramientas de emergencia de diferentes tamaños.

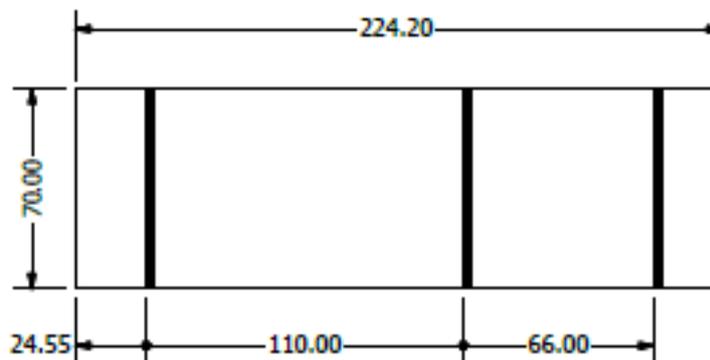


Figura 3.3.3 Placa desmontable #1

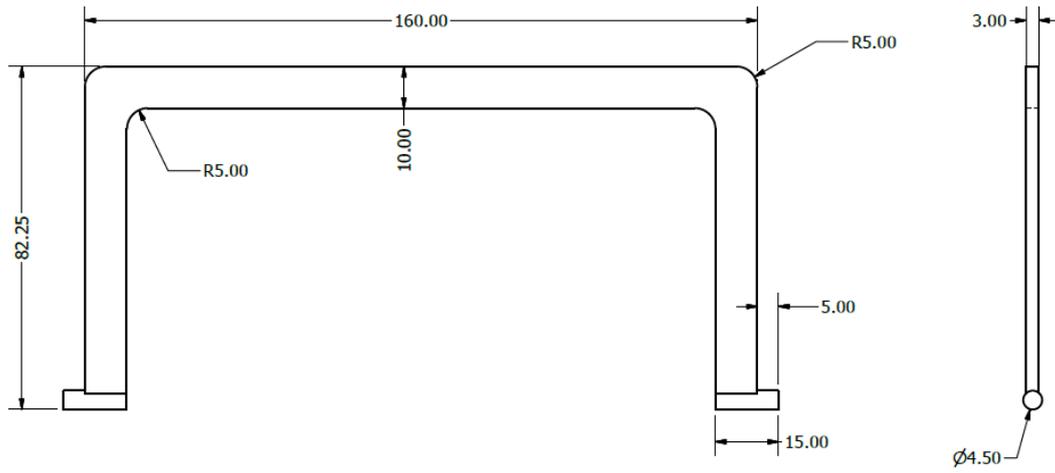


Figura 3.3.4 Asa kit de emergencia

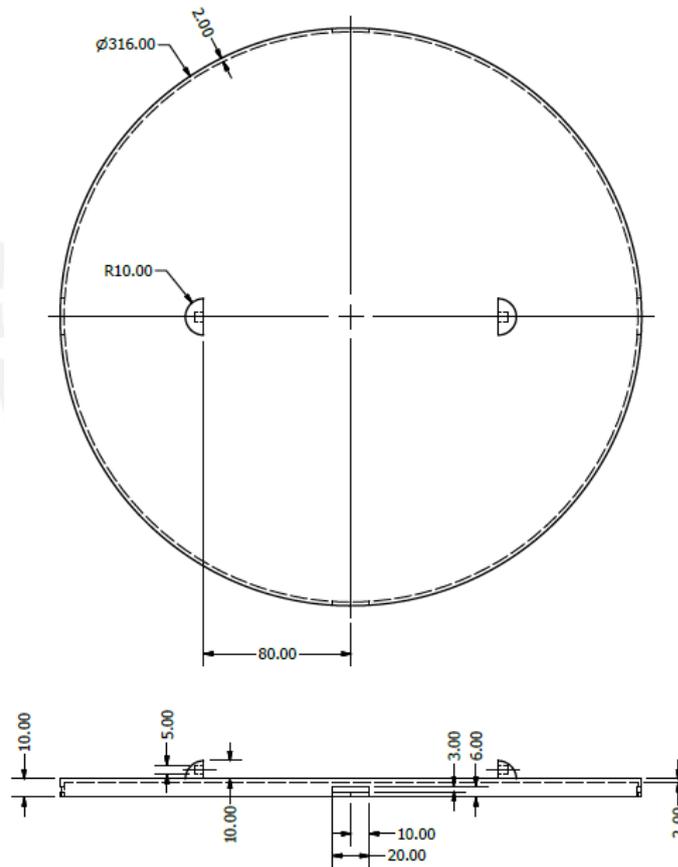


Figura 3.3.5 Tapa kit de emergencia

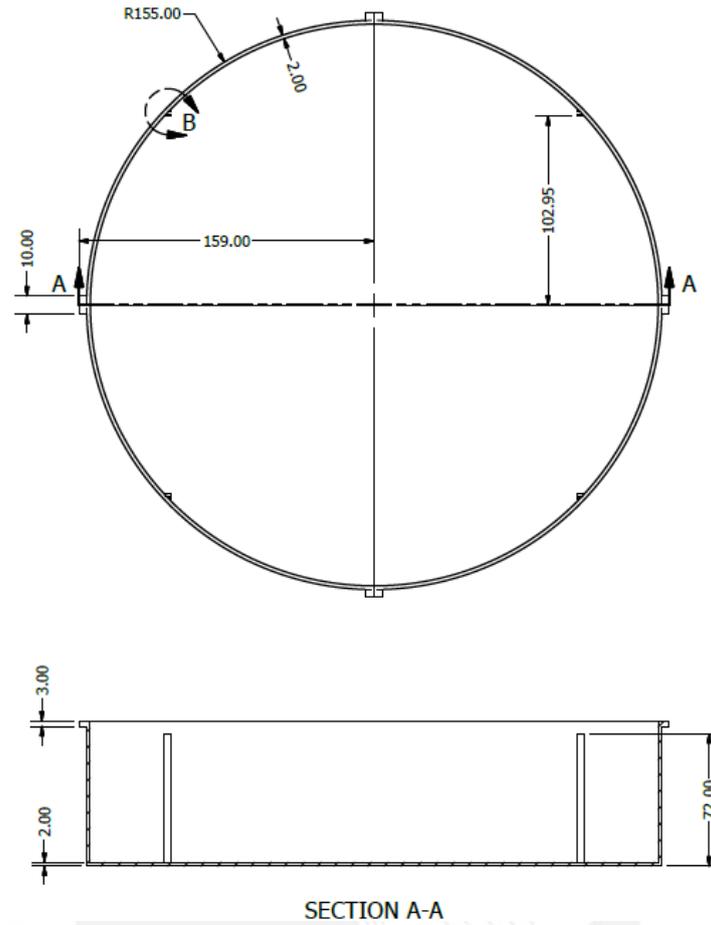


Figura 3.3.6 base Kit de emergencia

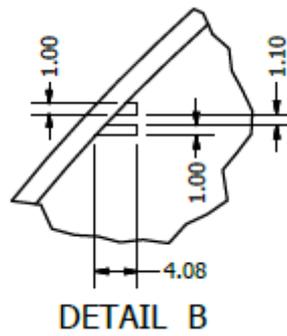


Figura 3.3.7 detalle seguro de placas



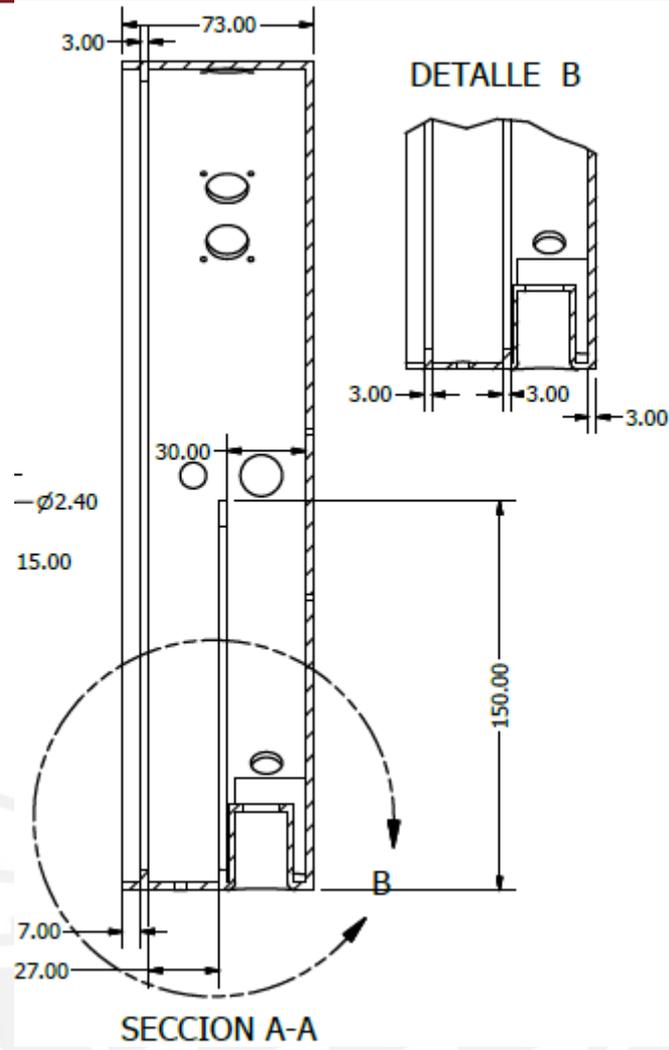


Figura 3.3.9 vista lateral base robot móvil

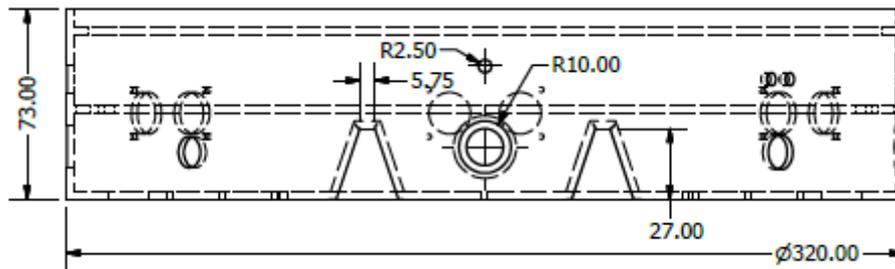


Figura 3.3.10 vista posterior base robot móvil

### Cargador de Batería – Robot Móvil

La forma del cargador de batería complementa la parte trasera de la base robot móvil para la recarga de la batería.

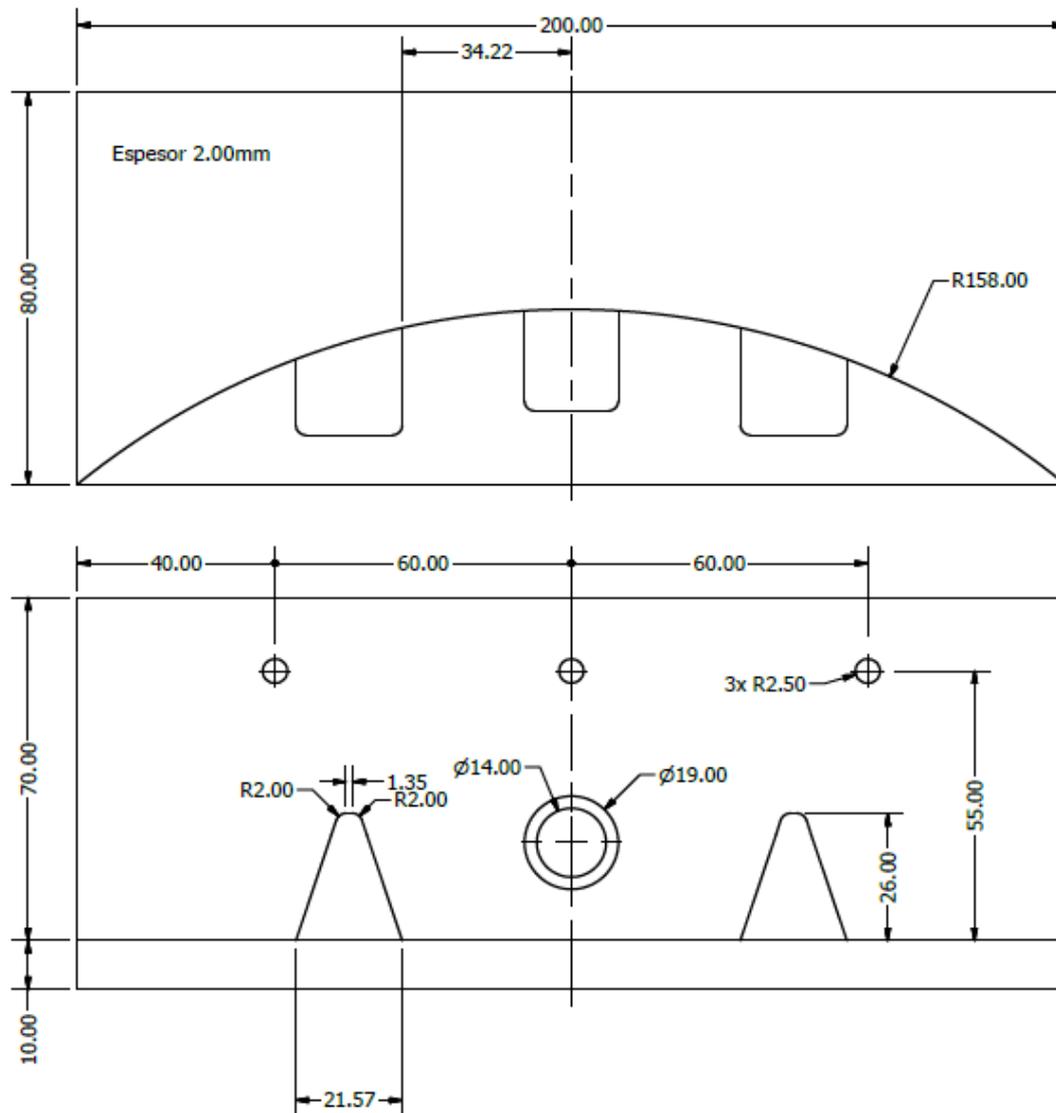


Figura 3.3.11 vista frontal base robot móvil

### Carcasa – Apertura de cerradura

La carcasa del dispositivo está dividida en dos partes, las cuales se unen entre sí por tornillos. La parte inferior presenta un relieve para evitar las cabezas de los pernos que sujetan las tarjetas.

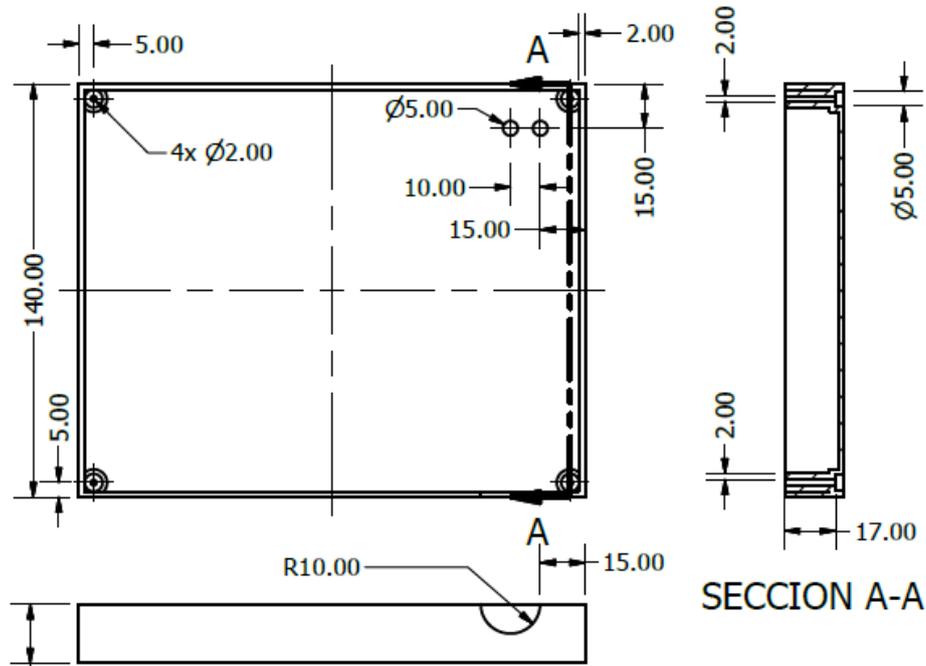


Figura 3.3.12 vista tapa superior apertura cerradura

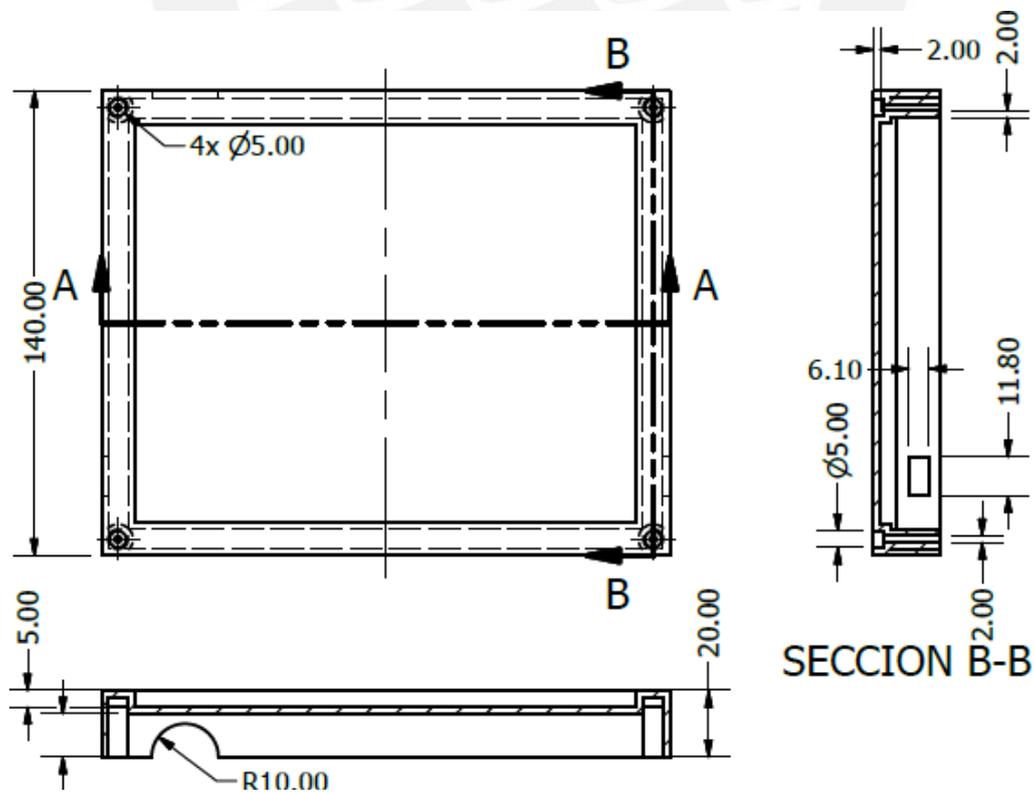


Figura 3.3.13 vista tapa inferior apertura cerradura

### Carcasa – Sensor sísmico

La carcasa del dispositivo está dividida en dos partes, las cuales se unen entre sí por tornillos. La parte inferior presenta un relieve para evitar las cabezas de los pernos que sujetan las tarjetas.

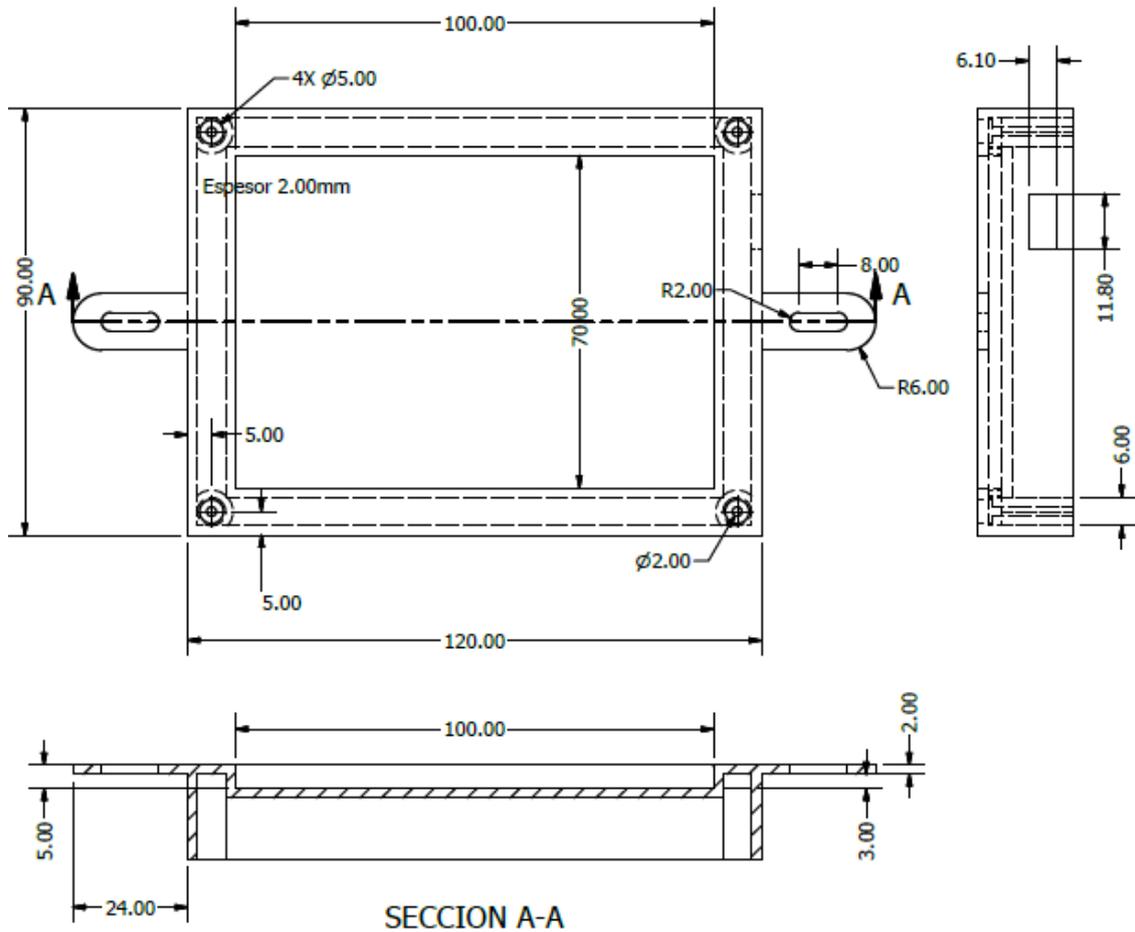


Figura 3.3.14 vista tapa inferior sensor sísmico

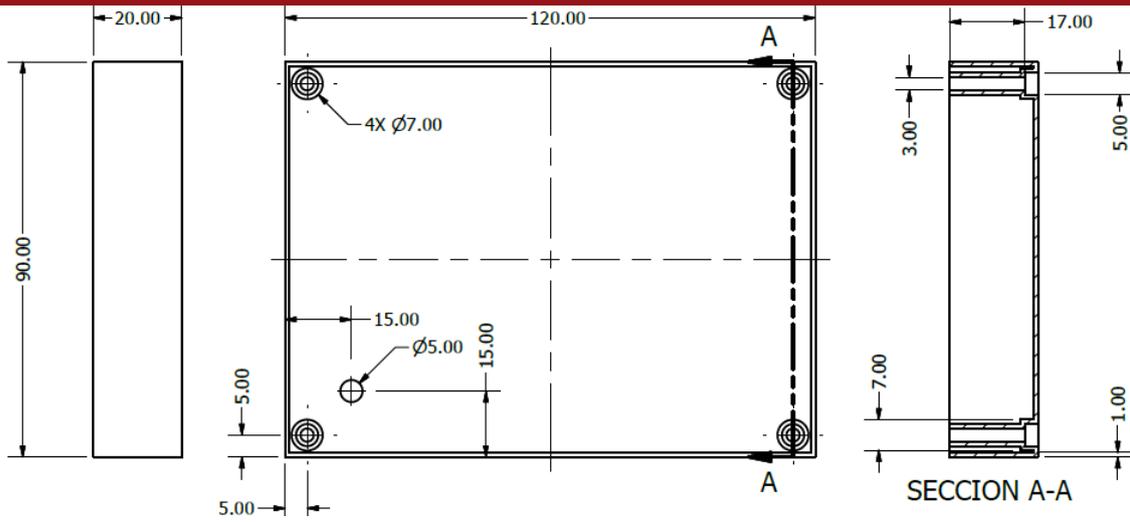
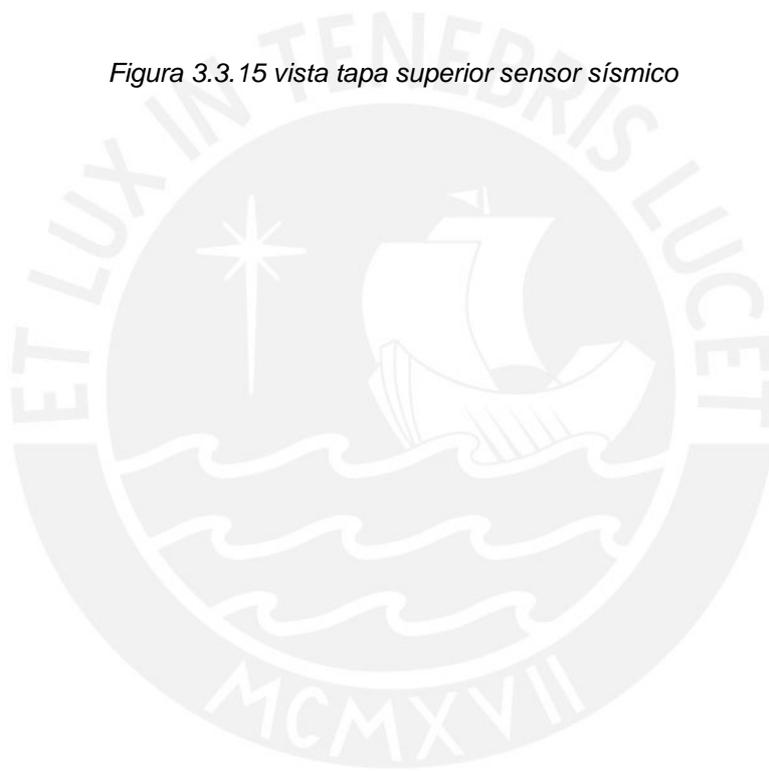


Figura 3.3.15 vista tapa superior sensor sísmico



### 3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema

#### Tarjeta de microcontrolador – Robot Móvil

La tarjeta del microcontrolador BeagleBone Black (ver figura 3.4.1) estará ubicada en la parte inferior de la base del robot móvil. Recibirá alimentación de 5V. por la tarjeta reguladora de voltaje. Esta tarjeta controlara todos los sensores y motores del dispositivo robot móvil.

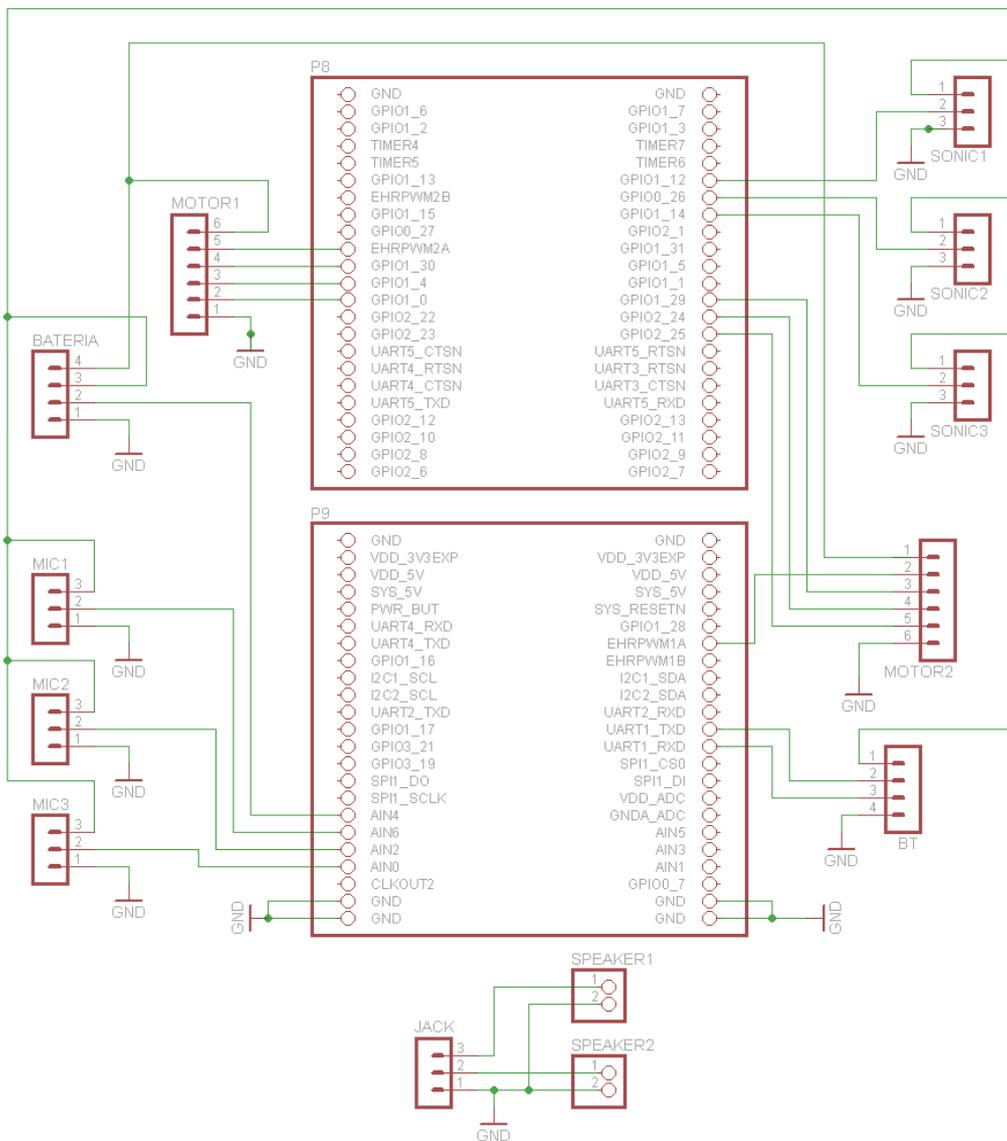


Figura 3.4.1 Esquemático Beaglebone y conexiones

### Regulador de voltaje – Robot Móvil

Esta tarjeta reguladora de voltaje (ver figura 3.4.2) recibe alimentación de la batería 12V y distribuye 5V a todos los sensores y al microcontrolador y 12V a los motores directamente.

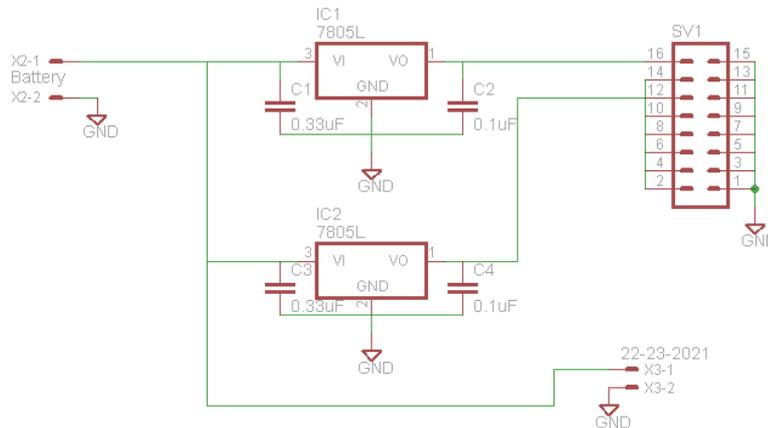


Figura 3.4.2 Esquemático Regulador de voltaje y conexiones

### Amplificador de señal micrófono – Robot Móvil

El cambio de voltaje por cambio de decibeles en el sensor de micrófono son muy pequeños que es necesario amplificarlos antes de poder leerlos con el microcontrolador. Para ello se utiliza un Opamp OPA344 en modo invertido (ver figura 3.4.3).

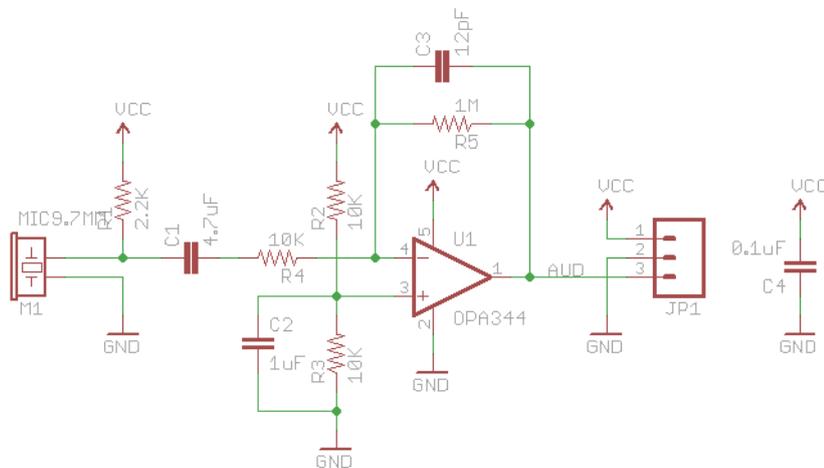


Figura 3.4.3 Esquemático Amplificador de voltaje [7]

## Tarjeta de microcontrolador – Apertura Cerradura

El microcontrolador del dispositivo sensor sísmico es un atmega328. Por este motivo se usara la tarjeta Arduino Nano en el cual se añadirá las conexiones que este microcontrolador utiliza (ver figura 3.4.4). Esta tarjeta viene integrado un regulador de voltaje a 5v.

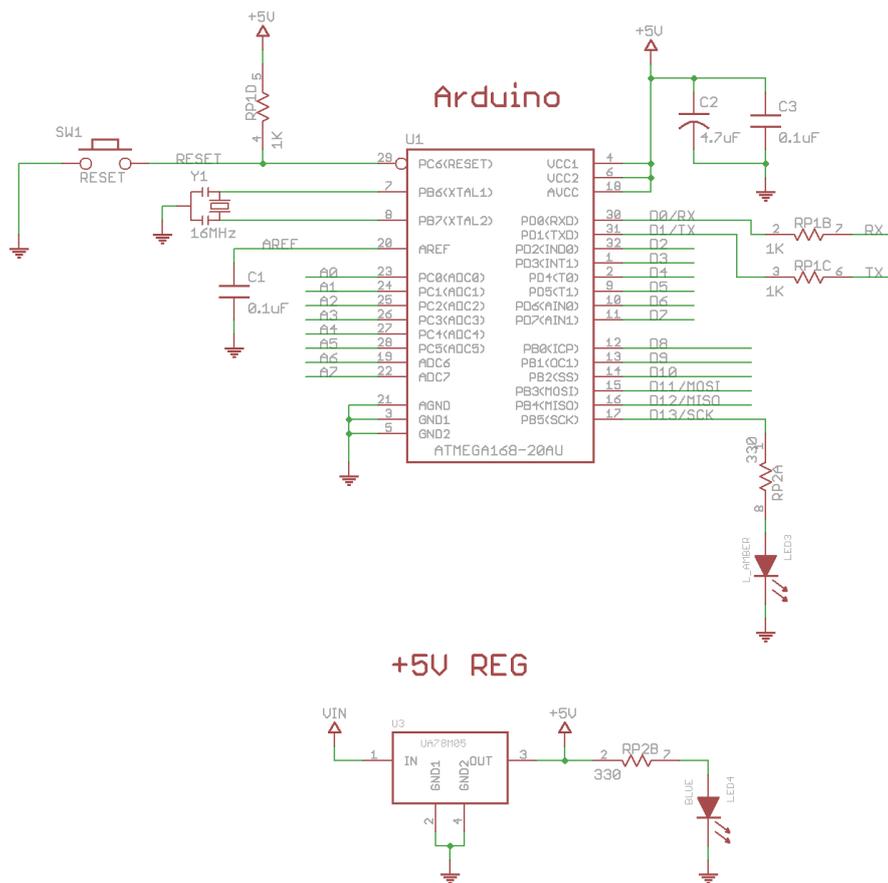


Figura 3.4.4 Esquemático Microcontrolador Cerradura

Tarjeta Optotriac y Conexiones a arduino – Apertura Cerradura

La tarjeta optotriac se utiliza para controlar la corriente alterna que activara la chapa eléctrica de manera digital por el microcontrolador (ver figura 3.4.5). Las conexiones incluyen a la tarjeta bluetooth y el lector NFC. Toda la alimentación de las tarjetas es provisto por el regulador interno del arduino.

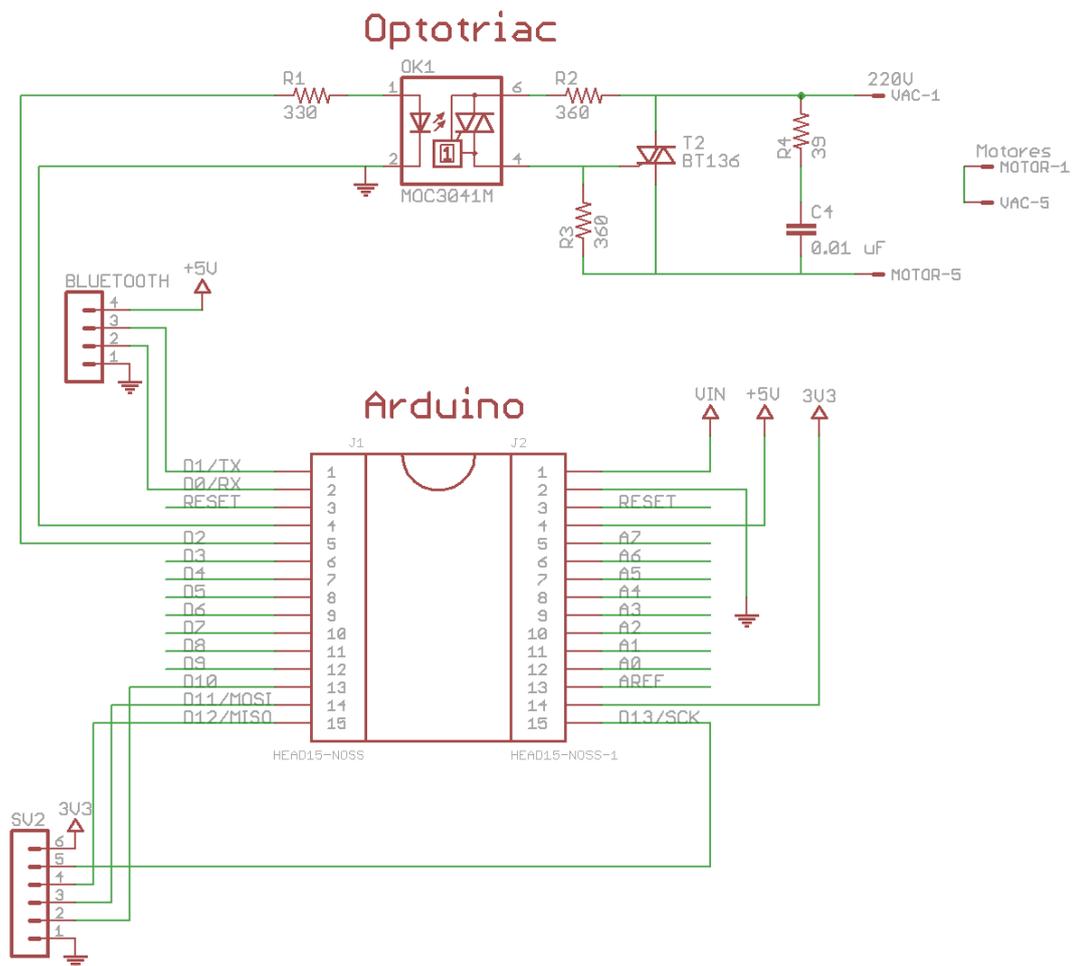


Figura 3.4.5 Esquemático conexiones a arduino y tarjeta optotriac.

Tarjeta de microcontrolador – Sensor Sísmico

El microcontrolador del dispositivo sensor sísmico es un atmega328. Por este motivo se usara la tarjeta Arduino Nano en el cual se añadirá las conexiones que este microcontrolador utiliza (ver figura 3.4.6). Esta tarjeta viene integrado un regulador de voltaje a 5v. Se añade las conexiones de bluetooth y del acelerómetro.

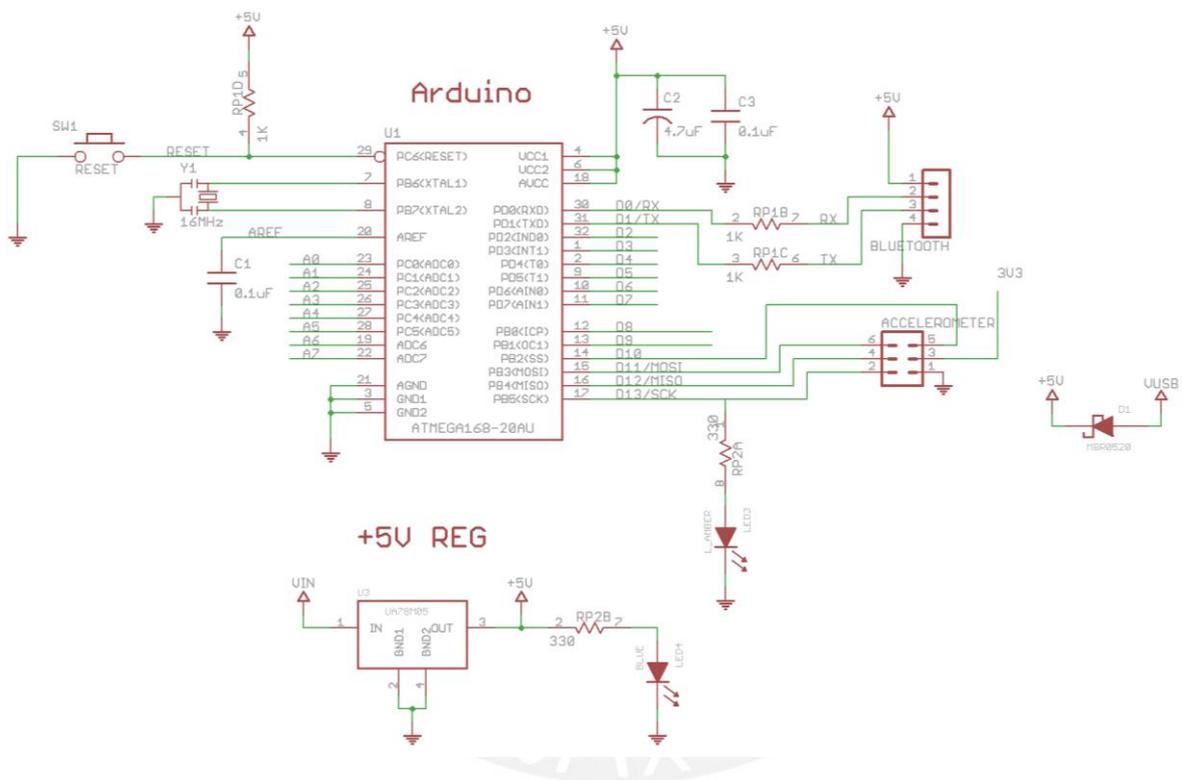


Figura 3.4.6 Esquemático conexiones a arduino

### 3.5 Diagrama de flujo del programa de control

A continuación, se va a presentar los diagramas de flujo de control del sistema de emergencia (figura 3.5.1), el cual se divide en los procesos a realizar. En cada proceso se estará haciendo un diagrama de flujo por cada dispositivo.

#### Identificación de usuario

La identificación de usuarios utiliza los dispositivos: robot móvil y apertura de cerradura.

Cerradura: Estará leyendo constantemente la data de la tarjeta lector de NFC. Cuando detecte una tarjeta de usuario, el microcontrolador envía la información mediante bluetooth al robot móvil y envía una señal lógica a la tarjeta optotriac para alimentar a la chapa eléctrica que abre la puerta.

Móvil: Constantemente está leyendo información que llega de otros dispositivos. Una vez que llegue información de tarjeta este decodifica e identifica al usuario y emite un mensaje de bienvenida por sus parlantes.

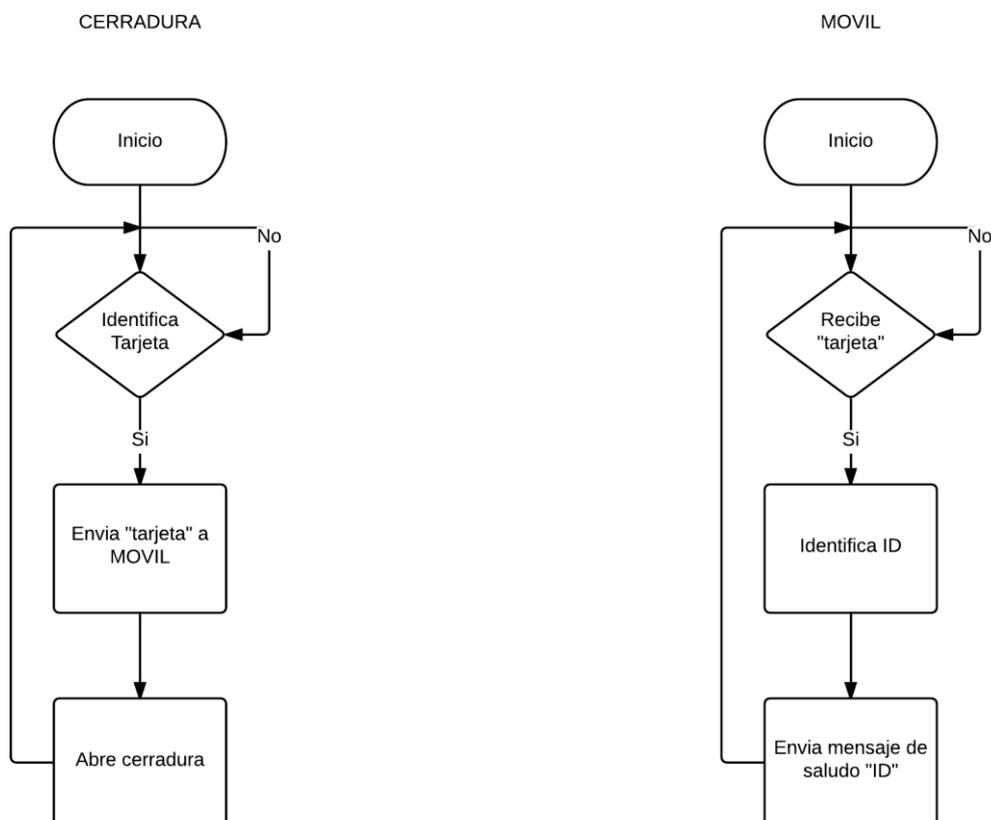


Figura 3.5.1 Diagrama de flujo identificación de usuario

### Identificación de hora

Se establecerá un nivel de decibelios mayor a 50dB y con una duración mayor a 1s, con esos parámetro se estará evitando que se procese interferencia o ruidos en lugar de comandos que consumen tiempo. Después del filtro se pasara a identificar si se solicita la hora para después entregarle al usuario la respuesta mediante los parlantes del robot móvil (figura 3.5.2).

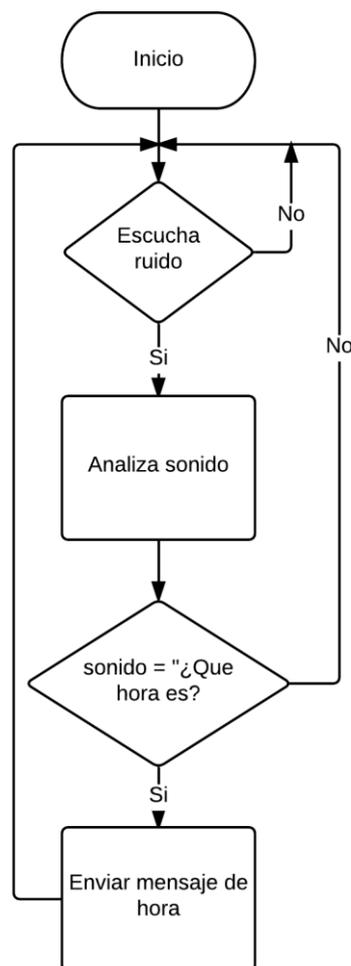


Figura 3.5.2 Diagrama de flujo identificación de hora

### Cargador de batería

El robot móvil tiene la función de recargarse de manera autónoma (figura 3.5.3), El robot censa constantemente el nivel de voltaje. Cuando su nivel de voltaje es menor a 9V el robot se dirige a su base de cargado usando los encoders incluidos en el motor y el led infrarrojo. Cuando llega a la base las baterías comienzan a cargarse hasta llegar a 12v.

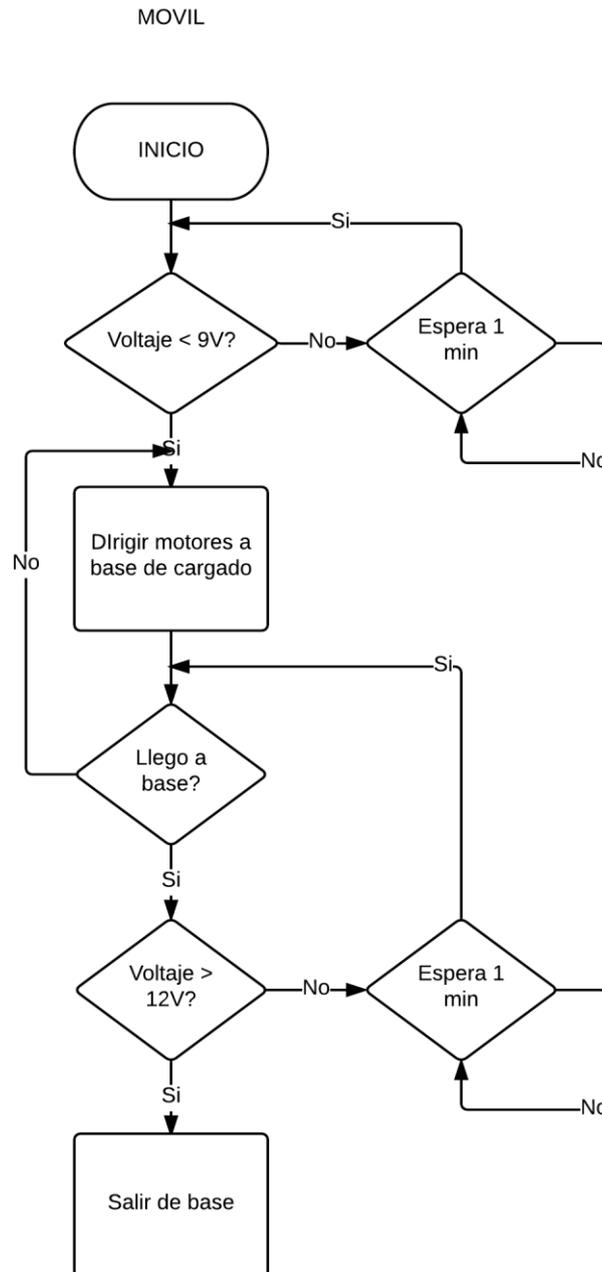


Figura 3.5.3 Diagrama de flujo cargador de batería

**Movimiento Telúrico**

**Sensor:** Cuando el sensor detecta una aceleración mayor a 0.3g, este envía un mensaje de “sismo” al dispositivo cerradura.

**Cerradura:** Cuando el dispositivo cerradura recibe el mensaje “sismo”, este desbloquea la chapa de la cerradura y envía el mensaje “sismo” al dispositivo móvil.

**Móvil:** Cuando el dispositivo móvil recibe el mensaje “sismo”, este reproduce mensajes de emergencias.

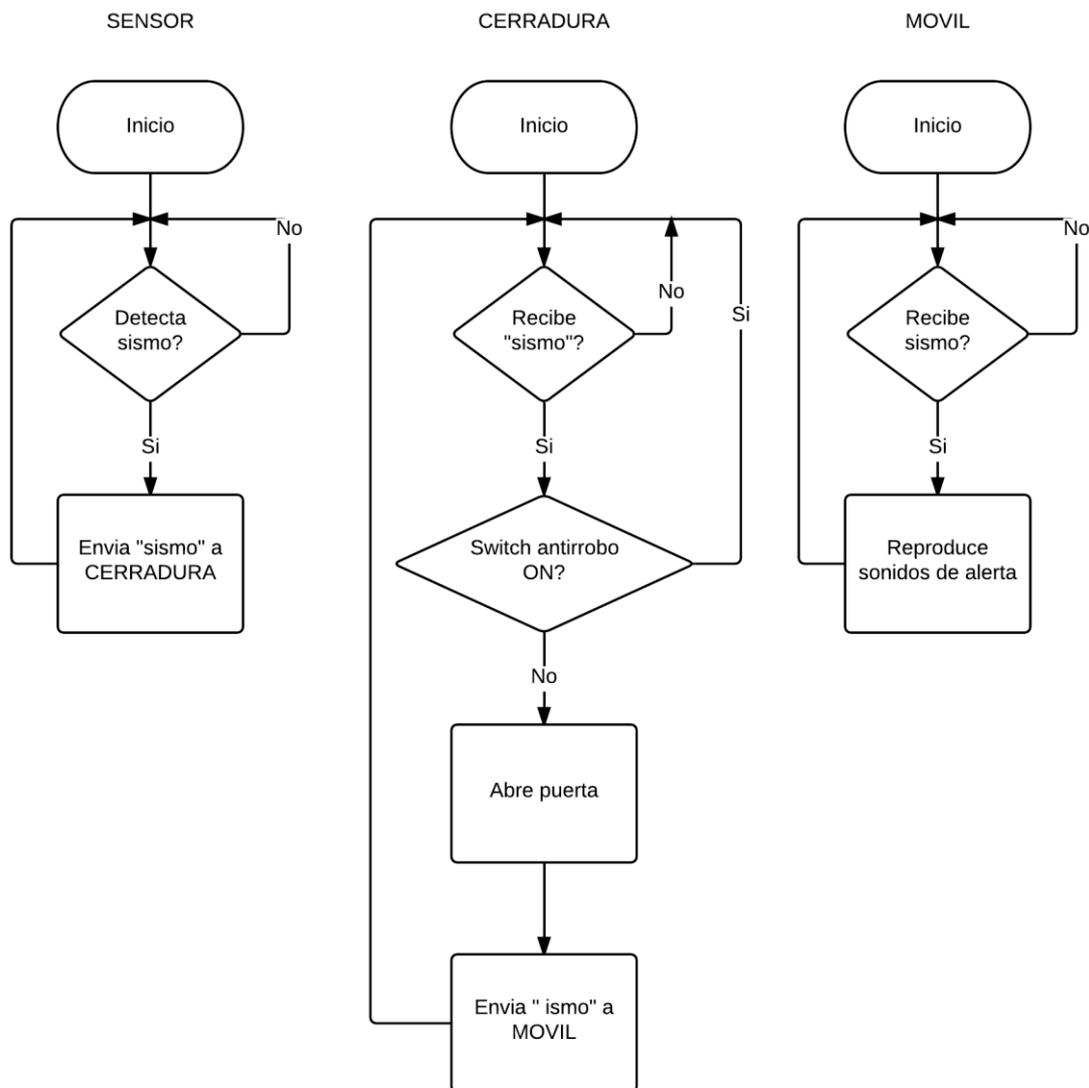


Figura 3.5.4 Diagrama de flujo en caso de sismo

Usuario Atrapado

Esta función (figura 3.5.5) se activa después que ocurra un movimiento sísmico. El robot móvil analiza si hay personas en busca de ayuda. Con sus dos micrófonos identifica el origen del mensaje y se dirige a él. Este proceso se repite hasta que el botón 1 sea presionado. En ese momento empezará a reproducir sonidos para que la persona sea encontrada más fácilmente por el equipo de emergencia.

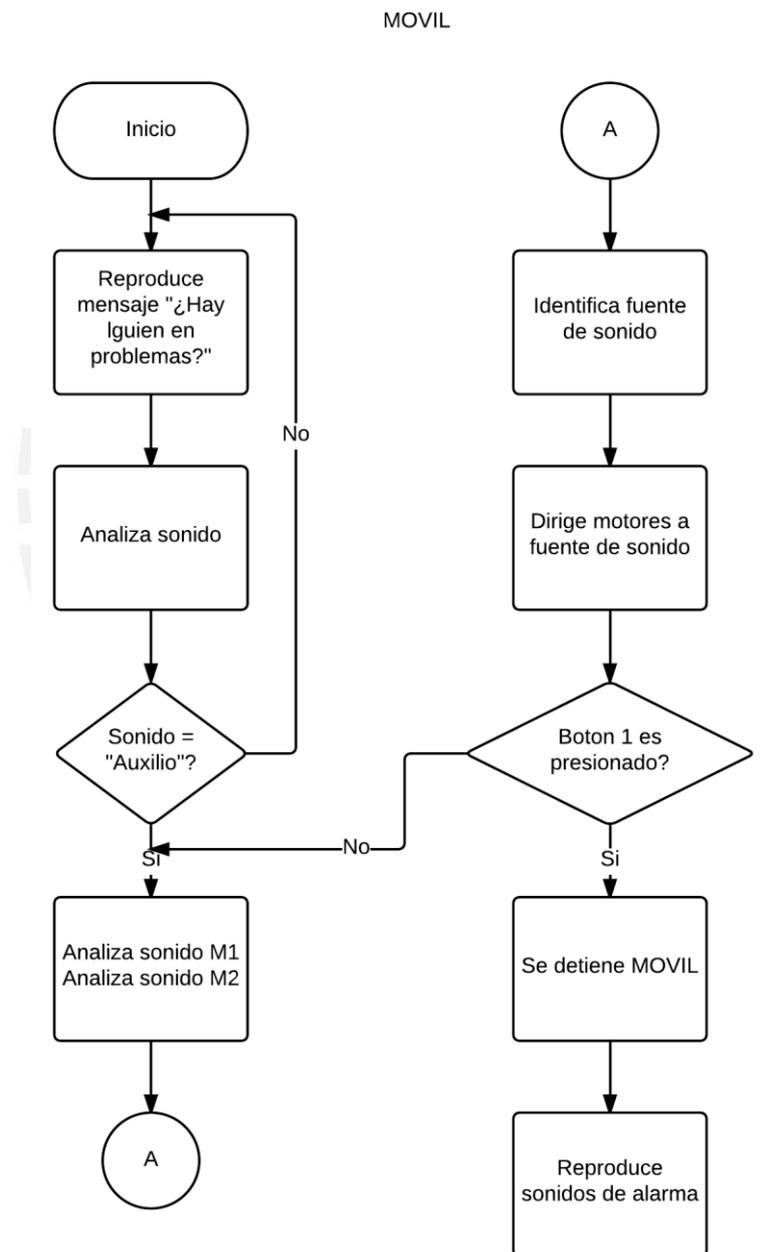


Figura 3.5.5 Diagrama de flujo persona atrapada

**Robot Móvil**

A continuación se muestra el proceso general que realizara el dispositivo móvil para cumplir con todas las funciones (figura 3.5.6).

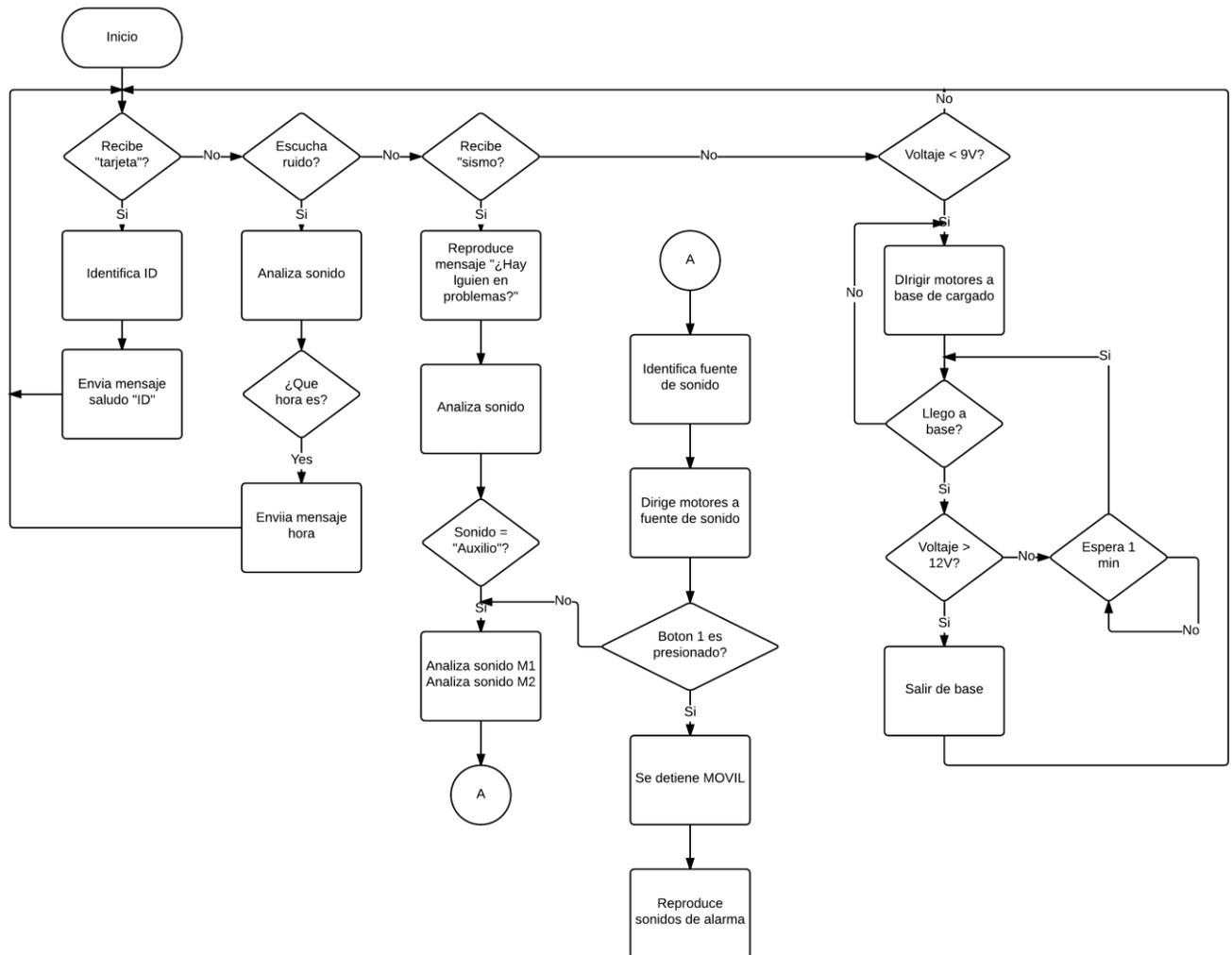


Figura 3.5.6 Diagrama de flujo todos los procesos de robot móvil

**Apertura Cerradura**

A continuación se muestra el proceso general que realizara el dispositivo apertura cerradura para cumplir con las funciones movimiento telúrico e identificación de usuario (figura 3.5.7).

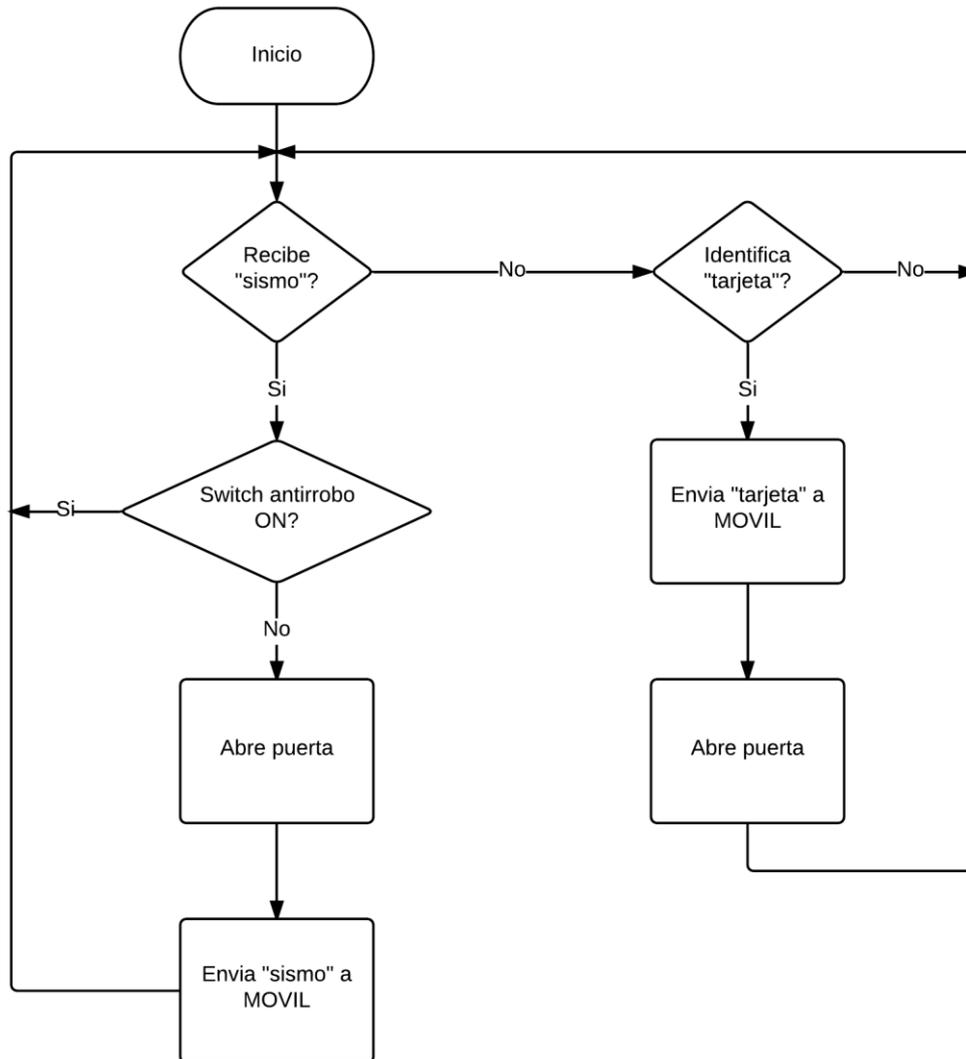


Figura 3.5.7 Diagrama de flujo todos los procesos de Apertura cerradura

### Sensor Sismo

El dispositivo sensor sismo solo interviene en un proceso en el que está especificado en la figura 3.5.4.



# Capítulo 4

## Presupuesto

Tabla 4.1 Costo componentes tarjetas y sensores

Tarjetas y sensores				
Dispositivo / tarjeta	Cant	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
Robot Móvil	3	Sensor ultrasonido	161.95	485.84
Robot Móvil	2	Speaker	11.772	23.54
Robot Móvil	2	microfono BOB-09964	42.93	85.86
Robot Móvil	2	Motor Pololu 50:1 CPR Encoder	215.73	431.46
Robot Móvil	2	Pololu Wheel	42.93	85.86
Robot Móvil	1	Ball caster 0.4"	10.746	10.75
Robot Móvil	1	Rover 5 Motor Driver Board	134.73	134.73
Tarjeta	3	Bluetooth bee	107.46	322.38
Tarjeta	1	Beaglebone black	297	297.00
Robot Móvil	1	HobbyKing B3AC	36.45	36.45
Robot Móvil	1	Multistar High Capacity 3S 5200mAh	149.742	149.74
Cerradura	1	Cerradura doble	260	260.00
Tarjeta	2	Arduino nano	51.03	102.06
Tarjeta	1	Adafruit PN532	215.73	215.73
Tarjeta	1	Triple Axis Accelerometer Breakout - ADXL345	96.93	96.93
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>S/. 2,738.33</b>

Tabla 4.2 Costo componentes eléctricos

<b>Componentes electrónicos</b>				
Dispositivo / tarjeta	Cant	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
Regulador de voltaje	2	Regulador de voltaje 7805	5	10.00
Regulador de voltaje	2	condensador 0.33uF	0.3	0.60
Regulador de voltaje	2	condensador 0.1uF	0.3	0.60
Regulador de voltaje	1	Tarjeta en baquelita	8	8.00
IR	1	Led IR	1.5	1.50
IR	1	Led	1	1.00
IR	1	Resistencia 1KΩ	0.1	0.10
IR	1	Tarjeta en baquelita	5	5.00
Optotriac	1	MOC3041M	5	5.00
Optotriac	1	BT136	3	3.00
Optotriac	3	Resistencia 330Ω	0.4	1.20
Optotriac	1	Resistencia 39Ω	0.4	0.40
Optotriac	1	Condensador 0.01uF	0.4	0.40
Optotriac	1	Tarjeta en baquelita	8	8.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>S/. 44.80</b>

Tabla 4.3 Costo estructura

<b>Estructura</b>				
Dispositivo / tarjeta	Cant	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
Todos	1422	fabricacion carcasa en ABS impresión 3D	3.8	5,404.40
Todos	36	Tuerca M2	0.5	18.00
Robot Móvil	28	Perno M2 x 16 inoxidable	0.6	16.80
Cerradura / Sensor	8	Perno M2 x 35 inoxidable	0.6	4.80
<b>SUBTOTAL</b>				<b>S/. 5,444.00</b>

<b>TOTAL</b>	<b>S/. 8,227.13</b>
--------------	---------------------

# Capítulo 5

## Conclusiones

- El sistema domótico autónomo de emergencia en caso de sismo cumple con los requerimientos solicitados por las funciones que posee. Se verifica que es un sistema adicional de seguridad. Esto implica que las funciones del sistema apoyan en una evacuación y no imposibilitan la salida por un mal funcionamiento en el momento de una catástrofe.
- En el desarrollo de la solución los protocolos de comunicación a utilizar son Bluetooth y NFC. Gracias a estos estándares y a la tendencia actual de tener todos los aparatos electrodomésticos interconectado, es fácil la implementación de nuevos dispositivos o agregar nuevas funciones
- El número de terremotos anuales y su intensidad alrededor del mundo incrementa cada año. Esto pronostica que países ubicados en el cinturón de fuego (parte de Sudamérica y Asia) desarrollaran soluciones para mitigar este peligro. Este sistema marca un inicio en la búsqueda de nuevas soluciones orientada a la automatización de hogares para este peligro latente que vivimos en el Perú.

# Bibliografía

- [1] **Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)**  
“Fenómenos naturales y emergencias”. *Estadísticas. Portal del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)*. Última consulta: 3 de diciembre de 2014.  
< <http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/>>
- [2] **Base Insulators**  
*Portal de la Compañía Dynamic Insolation Systems*. Última consulta: 3 de diciembre de 2014.  
< <http://www.dis-inc.com/products.html>>
- [3] **¿Temor a los Temblores y Terremotos? Nunca más...**  
*Artículo online portal el comercio*. Última consulta: 3 de diciembre de 2014.  
< <http://elcomercio.pe/publirreportaje/temor-temblores-terremotos-nunca-mas>>
- [4] **Sistema de control domótico utilizando una central IP PBX basado en software libre**  
*Repositorio digital tesis PUCP. Autor: Rodríguez Bustinza, Wally Mauro*  
< <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1502>>
- [5] **Elements of Earthquake Engineering and Structural Dynamics (2da ed.)**  
*André Filiatrault, AF (2002). Montreal, Canada.*
- [6] **CMU Sphinx library**  
*Librería open source para reconocimiento de voz. Universidad Carnegie Mellon*. Última consulta: 07 de diciembre de 2014  
< <http://cmusphinx.sourceforge.net/>>
- [7] **SparkFun Electret Microphone Breakout**  
*Circuito amplificador de señales, Sparkfun Electronics*.  
< <https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/Amplified-Mic-Electret-v14.pdf>>

- [8] **Dibujo Mecánico I**  
*Departamento de ingeniería sección de ingeniería mecánica Area de diseño (2009), Dibujo Mecánico I. Lima, Perú.*
- [9] **Mecánica de materiales (5ta ed.)**  
*Beer F., Russell E., Dewolf J., Mazurek D. (2009). Mexico: McGraw Hill*
- [10] **Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos (10ma ed.)**  
*Boylestad R., Nashelsky L. (2009). México: Pearson.*
- [11] **¡Alto a los desastres! Viviendas seguras y saludables para los peruanos con menores recursos.**  
*Kuroiwa, J. (2010). Lima: Umbral Ediciones*

