

DETECTOR DE MINAS ANTIPERSONALES

PAULA ANDREA ESPINOSA CARREÑO

BUCARAMANGA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRONICA
2006
DETECTOR DE MINAS ANTIPERSONALES

PAULA ANDREA ESPINOSA CARREÑO

Trabajo de Grado presentado como requisito

para optar al título de Ingeniero Mecatrónico
Director: ING. NAYIBE CHIO CHO

BUCARAMANGA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRONICA
2006

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABLAS	7
INTRODUCCION	9
OBJETIVOS GENERALES	11
1 MARCO REFERENCIAL	12
1.1 PROBLEMA: ACCIDENTALIDAD CON MINAS ANTIPERSONAS	12
1.2 OBJETIVOS DEL DESMINADO DESMINADO	12
1.2.1 DEFINIR PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	12
1.2.2 DETECTAR LAS NECESIDADES	13
1.3 USO DE MINAS QUIEBRAPATAS	13
1.3.1 PORQUE SE COLOCAN	13
1.3.2 TERRITORIOS Y COMUNIDADES AFECTADOS EN COLOMBIA	13
1.3.3 MINAS PRODUCIDAS EN COLOMBIA	15
1.3.4 TIPOS DE MINAS QUIEBRAPATAS	16
1.3.5 MECANISMOS DE ACTIVACION	17
2 MARCO TEORICO	18
2.1 LOCALIZADOR ELECTRONICO DE METALES	18
2.1.1 DESCRIPCION BASICA DE LOS DETECTORES DE METALES:	19
2.1.2 CARACTERÍSTICA PRÁCTICAS DEL DETECTOR DE METALES:	22
2.2 PLL	24
2.2.1 ESTRUCTURA DE UN PLL.	24
3 DISEÑO Y CONSTRUCCION	29
3.1 DISEÑO MECANICO	33
3.1.1 REQUISITOS	33
3.1.2 DISEÑO	35
3.1.3 ANÁLISIS	42
3.1.4 CONSTRUCCIÓN	47
3.2 DISEÑO ELECTRONICO.	47
3.2.1 REQUISITOS	47
3.2.2 SISTEMA DE POTENCIA	47
3.2.3 SISTEMA SENSÓRICA:	54
3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	73
3.3.1 CONTROLADOR:	73
3.3.2 BLUETOOTH	87
4 PRUEBAS	89
4.1 SENSOR DE METALES ACE 150.	89
4.1.1 SEÑAL EMITIDA POR LA BOBINA	90
4.1.2 SEÑAL QUE LLEGAN A LA PANTALLA LCD.	92
4.1.3 SEÑAL ENVIADA AL PARLANTE:	99
5 CONCLUSIONES	104

6	RECOMENDACIONES	106
	BIBLIOGRAFIA:	106
	ANEXOS	108

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1: Problemática con minas antipersonas.....	12
Figura No. 2: Minas antipersonales	16
Figura No. 3: Presión	17
Figura No. 4: Alivio de presión.....	17
Figura No. 5: Iniciación por fotocelda.....	18
Figura No. 6. Detector de bobinas pareadas.	19
Figura No. 7. La señal recibida por el detector de PI	20
Figura No. 9: Esquema básico de un PLL	24
Figura No. 10: Zona de riesgo	29
Figura No.11: Diseño general	30
Figura No. 12: Diseño general del vehiculo	30
Figura No. 13: Sistema de detección	31
Figura No. 15 Modo de detección	31
Figura No. 16 Sistemas de activación.....	32
Figura No. 17 Sistema Final	32
Figura No. 18 Sistema de comunicación	33
Figura No. 19: Diseño ideal	33
Figura No. 20Neumático seleccionado	37
Figura No. 21 Rueda con pivotamiento vertical.	40

Figura No. 22 Sistema de pivotamiento del eje rígido.....	40
Figura No. 23 Bastidor	41
Figura No. 24 Sujeción del motor.....	41
Figura No 25. Chasis del vehículo	42
Figura No 26. Sistema de Tracción.....	43
Figura No. 27 Sistema a analizar.....	44
Figura No 28. Análisis con una carga de 10N.....	45
Figura No. 29 Motor del vehículo	50
Figura No. 30 Motor del brazo	51
Figura No. 31 Circuito de potencia del vehículo	52
Figura No. 32 Circuito de potencia del brazo	52
Figura No 33. Sistema de alimentación	53
Figura No. 34 Circuito de potencia de la motobomba	54
Figura No. 35: ACE 150.....	57
Figura No. 36: Gama de discriminación del detector	62
Figura No. 37: Rango de bobina del detector de metales.....	62
Figura No. 38: Barrido de un detector de minas	62
Figura No. 39: Posible posición de funcionamiento de un sensor.....	63
Figura No. 40: Demarcación de un desminador	64
Figura No. 41: PLL.....	65
Figura No. 42: Diagrama de un circuito PLL	65
Figura No. 43 Secuencia de la señal del parlante.....	66
Figura No 44. Señal de entrada al comparador	66
Figura No 45. Circuito internos del LM2707.....	71
Figura No. 46. Circuito lector de frecuencia.....	72
Figura No. 47 PLC	73
Figura No. 48 DSP	74
Figura No. 49. Microcontrolador.....	74
Figura No. 50 Características del microcontrolador	78
Figura No. 51: Control.....	79
Figura No. 52: Estructura del ordenador.....	79
.Figura No. 53: Pantalla LCD, características	82
Figura No. 54: Receptor.....	82
Figura No. 55 Secuencia del Receptor.	85
Figura No. 56: Controlador anfitrión.....	88
Figura No. 57: Sensor ACE 150.....	89
Figura No. 58: Elementos utilizados en las pruebas del sensor	90
Figura No. 59: Terminales de voltaje	90
Figura No. 60: Toma de medidas en la bobina	90
Figura No. 61: Pines de la bobina.....	91
Figura No. 62: Terminales de la bobina	91
Figura No. 63: LCD del sensor.....	92
Figura No. 64: Tomas de voltaje del LCD	92
Figura No. 65: Practica realizada de la toma de voltajes	93
Figura No. 66: Prueba con materiales	93
Figura No. 67: Señal tomada del parlante	99

Figura No. 68: Forma de conexión.....	102
---------------------------------------	-----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de minas antipersonales en Colombia.	15
Tabla 2 Tipos de Mecanismos de activación	17
Tabla 3 Secuencia de funcionamiento del Detector de minas	31
Tabla 4 Características generales de las variables.....	34
Tabla 5 Clasificación de un vehiculo según el tipo de tracción	35
Tabla 6 Clasificación y partes de un neumático:.....	36
Tabla 7. Pro y contras de tipos de bastidores	38
Tabla 8 Posibles sistemas de dirección	39

Tabla 9 Implementación de la dirección.....	41
Tabla 10 Pesos de materiales del vehículo	42
Tabla 11 Análisis estático.....	44
Table 12 Propiedades estructura de acero	45
Table 13 Conductividad Termina con fibra de vidrio	46
Table 14 Parámetros de vida	46
Tabla 15 Variables Electrónicas.....	48
Tabla 16 Clasificación del motor según tipo de fuente energética	48
Tabla 17 Motores Eléctricos.....	49
Tabla 18 Características del Motor del vehículo	50
Tabla 19 Características del Motor del brazo.	51
Table 20 Configuración sistema de disparo del motor paso a paso.....	51
Tabla 21 Tipos de sensores detectores de metales en el mercado	55
Tabla 22 Especificaciones del sensor ACE 150	58
Tabla 23 Valores necesarios para el calculo de la inductancia ideal del sensor.....	60
Tabla 24 Tabla de valores para la selección de k según I/D.....	60
Tabla 25 Valores de inductancia, según los rangos de frecuencia.	61
Tabla 26 Frecuencias de entradas emitidas por el sensor.....	67
Tabla 27 Rangos de operación del LM 2707	70
Tabla 28 Tensión de salida para cada frecuencia de entrada	70
Tabla 29 Referencias de PLL en el mercado	71
Tabla 30 Tabla de pines del integrado LM2707	72
Tabla 31 Rango de voltajes a la salida del PLL	73
Tabla 32 Posibles Controladores	73
Tabla 33 Ventajas y Desventajas del controlador	75
Tabla 34 Comparación de entre los PIC de la Familia 16F87X	77
Tabla 35 Función de cada pin del LCD.....	81
Table 36 Sistema de secuencia del receptor	83
Table 37 Voltaje de las terminals de la bobina	91

INTRODUCCION

“ El fenómeno de las minas se extiende de poblado en poblado, un país va perdiendo el futuro, la productividad y la posibilidad de que, una vez acordada la paz, el suelo siga manteniendo viva la guerra en sus entrañas durante años”¹

Alrededor de cien mil minas antipersonales están sembradas hoy en Colombia y las cifras de víctimas mortales o mutiladas a causa de ellas crece día tras día. Hombres, mujeres y niños que deben cambiar abruptamente la relación con su cuerpo, sus rutinas diarias, su sexualidad, sus sueños, su futuro. Víctimas inocentes de enemigos sin rostro, involucradas a la fuerza en el conflicto.

Las minas antipersonales (MAP) son dispositivos que, a diferencia de otras armas, están diseñadas para ser accionadas con la presencia, proximidad o contacto con una persona.

Gracias a su bajo costo, representan una alternativa para la defensa de infraestructura y de zonas vitales en un conflicto armado, lo que explica el amplio uso que le han dado los ejércitos regulares y los grupos subversivos. Esta situación tiende a cambiar, gracias a la entrada en vigencia de la Convención de Ottawa, firmada por unos 150 países en diciembre de 1997, que prohíbe la producción, almacenamiento, transporte y uso de este tipo de minas y compromete a los estados firmantes a limpiar los campos minados existentes en sus territorios. El estado colombiano aprobó la Convención de Ottawa mediante la

¹ Tomado del artículo “Sembrando minas y cosechando muerte” <http://www.unicef.org/colombia/pdf/minas.pdf>

Ley 554 de 2000, reglamentada el 20 de junio de 2002 por la ley 759 que entró en vigencia el 25 de julio siguiente.

Debido a esto, varios organismos internacionales y algunos gobiernos han realizado y/o patrocinado una serie de estudios permitiendo tener un mayor conocimiento sobre los efectos de los campos minados en la economía de los países afectados, identificando el impacto socioeconómico y, en algunos casos cuantificándolo.

En Colombia se vienen desarrollando estudios basados en detectores de minas (especialmente en minas antipersonales) cuyo fin primordial es la erradicación de este tipo de mina en tierras campesinas.

Por tal motivo, este proyecto pretende proponer un dispositivo detector de minas elaborado con el fin de participar en la labor de desminado y erradicación, y de igual forma disminuir las víctimas a causas de estas minas. Utilizando parte de la tecnología creada para este fin, se procura manifestar el interés en la conservación y bienestar de los soldados a cargo de esta humanitaria misión.

OBJETIVOS GENERALES

Diseño de un sistema semiautomático identificador de minas antipersonales, implementando su sistema mecánico para terrenos rurales (berma).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✚ Seleccionar e implementar un sensor de metales ferrosos. Rango de funcionamiento de 10 cm (verticales), indicador lumínico (bombillo), rangos de funcionamiento en frecuencia.
- ✚ Elaborar un circuito lector de frecuencia y ondas emitida por el sensor de metales.
- ✚ Investigar y seleccionar de la adecuación de un segundo sensor hasta ahora opcional (ultrasonido o dieléctrico).
- ✚ Diseñar y construir un panel de control del detector de minas antipersonales. (Control de movilidad, indicación de la detección).
- ✚ Seleccionar el material (líquido o polvo) señalizador de zonas donde se encuentren minas antipersonales.
- ✚ Diseñar un control de movilidad para el vehículo.
- ✚ Diseñar y construir un robot móvil, dirigido a control remoto a una distancia máxima de 10 metros, tipo skid steer, altura máxima de 40 cm, (no teniendo importancia la adecuación de sistemas de dirección y suspensión), navegación para terrenos rurales y cultivos de plátano.
- ✚ Diseñar interfaz de comunicación entre hombre - detector de minas antipersonales (sistema control remoto).
- ✚ Seleccionar tipo de material y espesor para la carcasa del vehículo, el cual pueda resistir impactos.

1 MARCO REFERENCIAL

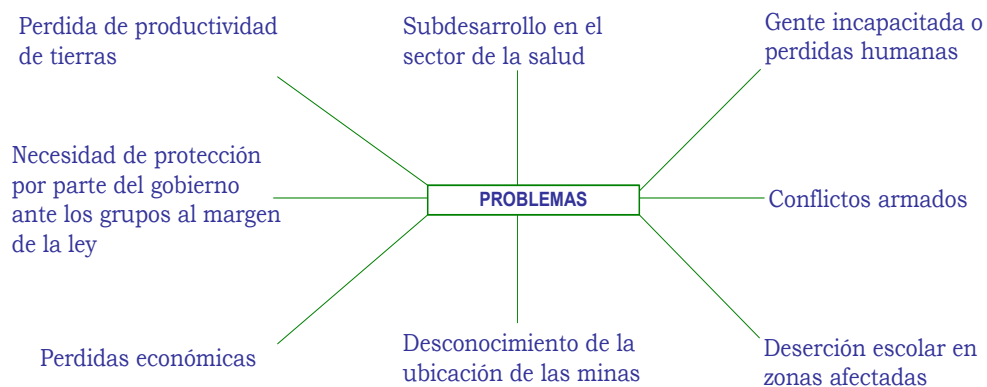
RADIOGRAFIA DE UN PAIS AMENAZADO

Tal vez ningún arma de las usadas en los conflictos alrededor del mundo es tan indiscriminada y persistente en sus efectos como las minas antipersonales.

El problema con las minas es su periodo de actividad. Su accionar no se limita, como otras armas, a la duración del conflicto, sino que, si no son removidas o encontradas, sus efectos pueden perdurar por años afectando a la población (causan víctimas civiles y militares) y al desarrollo de las actividades de las zonas donde fueron sembradas (bloqueo de infraestructura, fuentes de agua, tierras de cultivos, etc.).

1.1 PROBLEMA: ACCIDENTALIDAD CON MINAS ANTIPERSONAS

Figura No. 1: Problemática con minas antipersonas



1.2 OBJETIVOS DEL DESMINADO DESMINADO

Para adelantar el desminado es necesario:

1.2.1 DEFINIR PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Las labores de identificación de zonas minadas deberán atender los principios fundamentales de neutralidad, imparcialidad y humanitarismo, por tanto los esfuerzos iniciales deberán concentrarse en las poblaciones más vulnerables y

ser ejercidos por organismos caracterizados por su neutralidad y ánimo humanitario.

1.2.2 DETECTAR LAS NECESIDADES

Si bien es cierto que el objetivo es remover hasta la última mina enterrada en el territorio nacional se debe comenzar por las zonas donde las necesidades sean inaplazables: lugares habitados por comunidades vulnerables, donde la tierra es fuente de trabajo, alimentación y desarrollo. Concertar con las comunidades afectadas es la clave para garantizar el éxito de estas labores.

1.3 USO DE MINAS QUIEBRAPATAS

Todos los actores armados involucrados en el conflicto han hecho uso de las minas antipersonal. Algunos grupos armados han fabricado armas trampa aprovechando objetos aparentemente inofensivos como radios, latas de comida e incluso juguetes.

1.3.1 PORQUE SE COLOCAN

Las tácticas militares de algunos grupos armados implican la distribución de minas con el fin de detener a las tropas enemigas. Por la rapidez e irregularidad con que son colocadas es imposible elaborar mapas o señalar los lugares que han sido plantados con minas. Casi invariablemente resultará muerto o mutilado algún miembro del grupo que sembró las minas.

“ ...No, nosotros no quitamos las minas, aunque tenemos el equipo para eso. Nosotros tenemos técnicos en explosivos que pueden quitar eso y tenemos los detectores, pero mejor no las quitamos... tampoco señalamos los sitios donde hay minas porque como esa gente (guerrilleros) está pasando por ahí, pues esperamos a que ellos mismos caigan en sus propias trampas²....”

1.3.2 TERRITORIOS Y COMUNIDADES AFECTADOS EN COLOMBIA

Alrededor de 100.000 minas antipersonales, fabricadas dentro y fuera del país se encuentran plantadas en Colombia.

La Unidad de Derechos Humanos del Ministerio de Defensa informó a la Campaña Colombiana Contra Minas, en enero de 2000, que el crecimiento en el

² Testimonio de un comandante paramilitar, miembro de las Autodefensas Unidas de Colombia, en Buenavista, corregimiento del municipio de Santa Rosa del Sur, Departamento de Bolívar, Colombia. Mayo 3 de 2000.

número de minas plantadas por los grupos de actores no-estatales se estimaba en un 20% anual, teniendo en consideración las minas fabricadas en forma artesanal y aquellas ilegalmente ingresadas en territorio nacional.

Más de 150 municipios 24 en 25 departamentos de Colombia se encuentran afectados por la presencia o sospecha de existencia de minas antipersonal³, que representan el 20% del territorio nacional.

Son alrededor de 200.000 kilómetros cuadrados distribuidos por todo el país. Aunque no se puede asegurar que la totalidad del territorio de los municipios afectados se encuentra minada el grado de incertidumbre obliga a manejar datos globales. Las extensiones pueden reducirse en la medida en que las minas puedan ser ubicadas. Sin embargo, y hasta tanto no exista la certeza absoluta sobre los lugares exactos donde se encuentran los artefactos, todas las comunidades de estos territorios se encuentran amenazadas.

En la mayoría de los casos denunciados en Colombia las minas son distribuidas sin patrones específicos, en cantidades muy variables y sin ningún tipo de señalización. Igualmente son colocadas en zonas donde el tránsito de personas a pie es diario; sectores como cruces, carreteras sin pavimentar, vía alrededor de las carreteras y cultivos son algunos de los sitios donde se ubica este tipo de artefacto.

“...yo tengo un cultivo de yucas por allí arriba... Ese es mi placer más grande, ir a darle una vueltica a las yucas y al maíz, pero hace como tres meses que no voy, cuando cayó (en una mina) por allá esa familia... ¿quién se va a ir a meter por allá sabiendo que hay minas?... El otro día la vecina me invitó a recoger unas ramas para hacer escobas, yo le dije que no, que a mí me daba miedo, y ella me insistió como una hora, porque por allá no había minas. Al fin no fuimos y al otro día un perro pisó una mina debajo del palo que ella me decía⁴...”

Esta estrategia para la siembra de minas puede llegar a ser mucho más peligrosa que un campo minado, puesto que hace imposible precisar la cantidad y ubicación de las minas y, por tanto, dificulta las labores de desminado, tanto militar como humanitario.

³ Ver anexo “Tabla de Municipios afectados por departamentos”

⁴ Testimonio de un campesino habitante del corregimiento de Buenavista, municipio de Santa Rosa del Sur, departamento de Bolívar. Mayo 3 de 2000.

1.3.3 MINAS PRODUCIDAS EN COLOMBIA

Al hablar de los tipos de minas antipersonales que se han fabricado en el país se debe hacer la distinción entre las minas fabricadas legalmente por la Industria Militar Indumil, dependencia del Ministerio de Defensa Nacional y las minas elaboradas de manera artesanal por los grupos de actores no-estatales. (Ver figura 2. Minas Antipersonales).

Tabla 1. Tipos de minas antipersonales en Colombia.

INDUMIL	GRUPOS DE ACTORES NO ESTATALES
<p>MAP: tipo onda de choque, activadas a través de un mecanismo de presión</p> <p>MAP-2: función es similar una mina antipersonal y se usa con fines de entrenamiento</p>	<p>Tipo Cajón o Antitanque: Construidas en una caja de madera o PVC. Suelen ser direccionales y utilizadas como antitanque. Sin embargo, los mecanismos de activación y sensibilidad pueden variar haciéndolas muy peligrosas para los civiles⁵.</p> <p>Tipo Costal o Arma trampa: Derivan su nombre del costal donde son envueltas. Son redondas y sus características físicas permiten que se confundan con piedras. Por su forma, pueden utilizarse como misiles, minas antivehículo o minas antipersonal. Las minas tipo costal, son fabricadas envolviendo puntillas, pedazos de plástico, vidrio y cualquier otro objeto cortopunzante junto con barro, heces fecales y brea, en una bolsa plástica que es sellada con barro y costal para darle la apariencia de una roca.</p> <p>Tipo Sombrero chino o Sombrero vietnamita: Este tipo de minas tiene una apariencia cónica. Generalmente funcionan como minas antitanque, pero pueden ser adaptadas usando mecanismos de activación por tensión e incluso presión, haciendo de ellas unas potentes minas antipersonal.</p> <p>Minas quiebrapatas. Generalmente activadas con mecanismos de presión o alivio de presión. Fabricadas con materiales baratos y fáciles de conseguir: pilas, alambres, tubos de PVC,</p>

⁵ Instructivo en minas antipersonal de fabricación artesanal y otros AEI (I), Batallón Luciano D.Elhuyar, municipio de San Vicente de Chucurí, departamento de Santander, 29 de abril de 2000.

bolsas plásticas, puntillas. casi cualquier cosa puede ser utilizada para fabricar una mina de este tipo. Por la facilidad y rapidez con que son construidas estas minas son las más comunes en el país.

Figura No. 2: Minas antipersonales



1.3.4 TIPOS DE MINAS QUIEBRAPATAS

Puesto de manera simple, las minas quiebrapatas son armas pequeñas, cuyo objetivo específico es matar o incapacitar seres humanos.

Las minas pueden ser específicas, como las minas explosivas de presión, que usualmente sólo afectan a la persona que se para sobre ellas; o generales, como las minas de fragmentación, que matan o mutilan no sólo a quien la activa, sino a todos aquellos que se encuentran a su alcance⁶. En general, las minas se pueden clasificar en dos categorías diferentes: minas de onda de choque y minas de fragmentación.

A. MINAS DE ONDA DE CHOQUE

Las minas de onda de choque son usualmente diseñadas para que exploten al ser pisadas, por tanto suelen herir sólo a quien se para sobre ellas.

La fuerza de la explosión hace que las víctimas mueran o sufran lesiones severas que conducirán a la amputación de uno o varios miembros. Las quemaduras y heridas secundarias causadas por las esquirlas en la cara y otras partes del cuerpo son también muy frecuentes.

Al explotar, este tipo de minas internan esquirlas, barro, fragmentos de hueso y partes de sus propios contenedores dentro del miembro residual. En ocasiones este tipo de material no es detectado por los rayos X y la infección que causan puede inducir a nuevas amputaciones.

⁶ The Arms Project & PHR .Landmines. A Deadly Legacy., Humans Rights Watch: Washington, Estados Unidos, octubre de 1993.

B. MINAS DE FRAGMENTACION

Las minas de fragmentación no suelen estar enterradas, por el contrario pueden estar ubicadas a ras de tierra o fijadas a postes, árboles o cercas. La altura puede variar, de forma tal que no sólo hieren los miembros inferiores, sino que pueden esparcir sus esquirlas al nivel del abdomen y tórax de un adulto de altura promedio.


Las minas de fragmentación pueden ser activadas tropezando o pisando un alambre, que suele estar camuflado entre el barro, las hojas o la maleza de la zona.

Para evitar que las minas de fragmentación puedan desactivarse se han diseñado mecanismos que las activan al cortar los alambres que accionan su detonación.



1.3.5 MECANISMOS DE ACTIVACION

Una parte importante de una mina antipersonal es su mecanismo de activación. Las minas pueden ser detonadas parándose sobre ellas, halando el alambre de activación, cortándolo o tratando de manipularlas, entre otras posibilidades.

Tabla 2 Tipos de Mecanismos de activación

<p>Presión: Consiste en ejercer una fuerza sobre un elemento por medio del cual se da presión para dar paso a la corriente y producir la explosión. Las minas de onda de choque que existen en Colombia se activan al pisarlas. Al arrojar piedras, lanzarlas o pisarlas las minas activadas a presión detonan, lanzando su onda hacia arriba. Algunas minas de activación por presión manejan topes mínimos (Las minas MAP-1 se activan con un peso mínimo de 35 kilogramos⁷, las minas quiebrapatatas no tienen un estándar establecido).</p>	<p>Figura No. 3: Presión</p> 
<p>Alivio de presión: Se activan cuando el objeto o la persona que ejerce el peso se retira. En ocasiones los grupos armados entierran las minas y colocan objetos llamativos sobre ellas, de forma que cuando alguien los levante o los tropiecen las minas exploten.</p>	<p>Figura No. 4: Alivio de presión</p>

⁷ Catálogo Minas MN-MAP-1 y MN .MAP-2, Indumil.

<p>La presión se libera para dar paso a la corriente y se produce la explosión.</p>	
<p>Iniciación por fotocelda: Se activa al recoger un objeto, el cual da paso a la luz solar y ésta, al hacer contacto con la fotocelda, cierra el circuito, que da paso a la corriente, produciendo la detonación.</p>	<p>Figura No. 5: Iniciación por fotocelda</p> 

2 MARCO TEORICO

2.1 LOCALIZADOR ELECTRONICO DE METALES

Los localizadores de metales son un producto de guerra que continua siendo útil en la paz. Surgen en la segunda guerra mundial, y tenían la finalidad de encontrar minas explosivas enterradas.

En la siguiente sección, se explica gráficamente el funcionamiento de los detectores de pulsos (PI) y los de onda continua (CW). Esto es de gran ayuda para entender por que este apartado, pita cuando “encuentra” un objetivo metálico debajo de él.

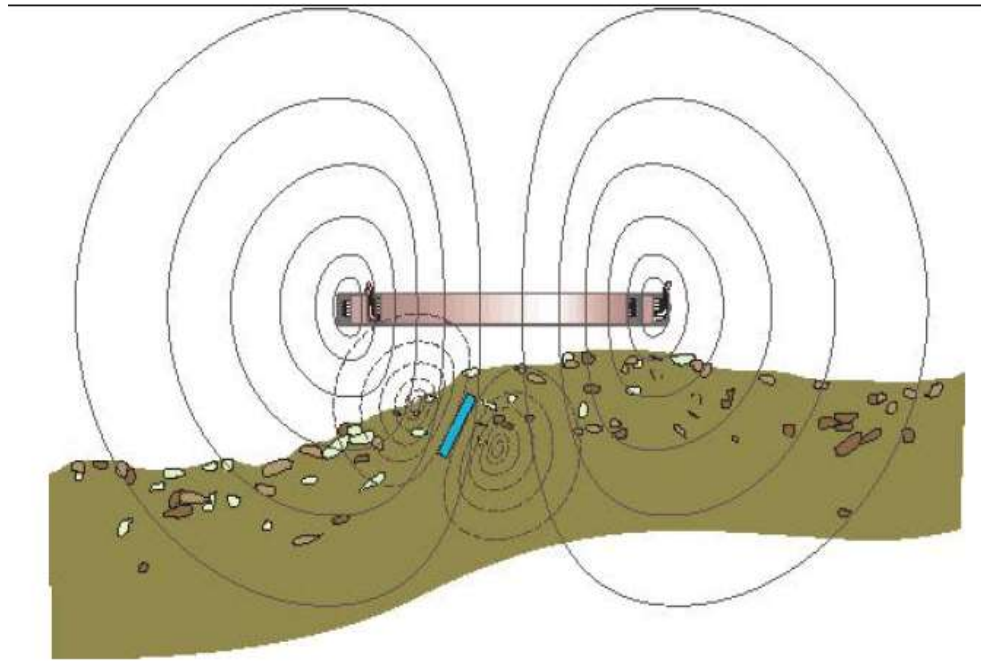
2.1.1 DESCRIPCION BASICA DE LOS DETECTORES DE METALES:

Un detector de metales típico usado para detectar monedas, oro, o minas enterradas consiste en una bobina horizontal circular situado justo sobre la tierra.

El principio de operación de este detector de metal se basa en el campo que la alta frecuencia genera mediante la bobina rastreadora, creando corrientes parasitas en remolino en cualquier objeto metálico cercano. La energía usada para producir estas corrientes en remolino es tomada del oscilador, (circuito conformado por transistores) Colpits trabajando a 140 kHz; justo en el limite legal para los detectores de metal. Este drenaje de energía, que finalmente produce calor en el metal, resulta en una reducción en la amplitud de las oscilaciones.

Una corriente en pulsos, genera un campo magnético que fluctúa alrededor de la bobina mostrada en la figura No. 6. Donde la bobina externa es la receptoras y la bobina interna es la transmisora. El campo de la bobina transmisora genera una corriente en el blanco enterrado de metal, que magnéticamente induce un voltaje en la bobina del receptor. Este campo induce las corrientes en un objeto próximo de metal, que generan su propio campo magnético. Estos campos inducen a su vez un voltaje en la bobina de la recepción que, cuando están amplificados, revelan la presencia del objetivo o blanco de metal.

Figura No. 6. Detector de bobinas pareadas.

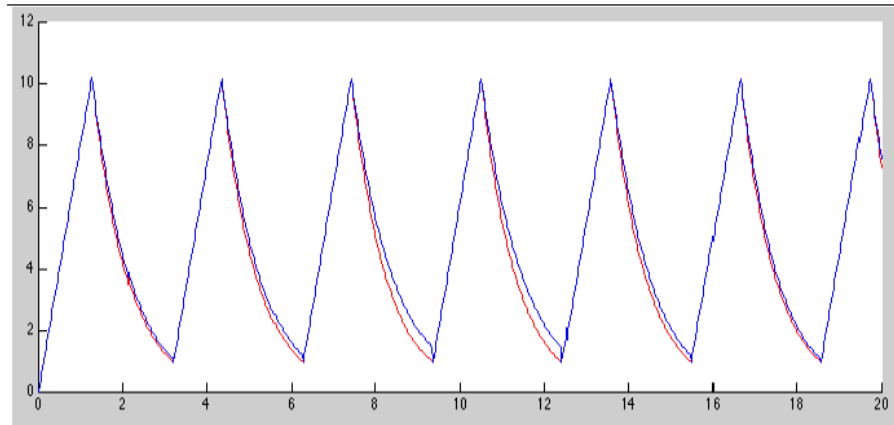


Hay dos grandes grupos de detectores de metales, clasificados según el tipo de campo magnético generado por su bobina transmisora.

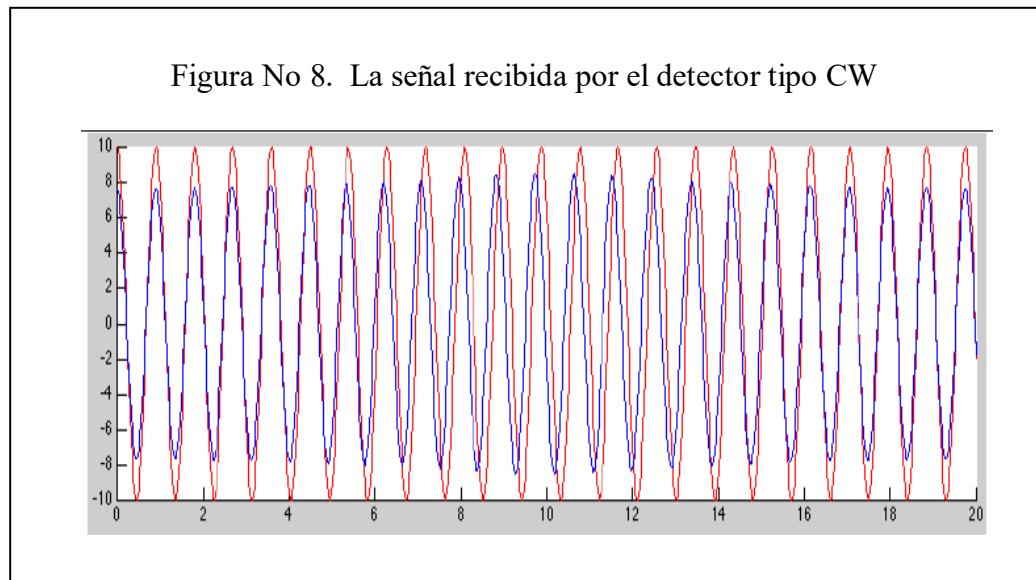
Los detectores de la inducción del pulso (PI) generan típicamente una corriente en la transmisión durante un periodo de tiempo, y después se apagan repentinamente. El campo que se rompe, por el blanco, genera una corriente también en pulsos, que es detectada al analizar la diferencia entre la señal inicial y el pulso inducido en la bobina del receptor mostrada en la figura No 7, donde la señal recibida por el detector PI (azul) cambia en el flanco de bajada, comparándola con la señal de la referencia (roja) al pasar sobre una blanco en cerca del 10 en la escala horizontal.

Figura No. 7. La señal recibida por el detector de PI





- a. **Los detectores de la onda continua (CW)** generan una corriente alterna en la bobina del transmisor con una frecuencia y amplitud fijas. Los pequeños cambios en la fase y amplitud del voltaje del receptor revelan la presencia de los blancos de metal mostradas en la figura No. 8, donde la señal recibida por el detector tipo CW (azul) varía la señal transmitida en relación con de la fase y de la amplitud (roja) al pasar sobre blanco en cerca de 10 en escala horizontal.



La mayoría de los detectores de metales amplifican las diferencias en el voltaje de la bobina del receptor causado por los blancos próximos de metal y generan una señal de sonido audible al operador (exhibición auditiva) cuando se detecta una

blanco. Es tal la confiabilidad en la detección del metal, que su salida es del tipo tono/ no tono, sin sonidos intermedios.

Cada vez que la unidad es encendida, necesita 60 segundos para alcanzar plena estabilidad. Cuando un objetivo metálico cae dentro del campo magnético de la bobina rastreadora, se genera por unos 2 segundos la señal de detección, después de los cuales el circuito se reajusta automáticamente al nuevo valor de amplitud del oscilador.

2.1.2 CARACTERÍSTICA PRÁCTICAS DEL DETECTOR DE METALES:

Las características prácticas principales en un detector de metales son las siguientes:

A. Profundidad de la detección y la sensibilidad:

- ❏ Las variaciones causadas por un blanco son pequeñas, es necesario circuitos electrónicos muy sensibles para detectar los cambios que ocurren cuando un blanco está presente. La bobina del transmisor requiere una precisión para detectar los pequeños cambios producidos sobre la bobina del receptor debido a los blancos próximos.
- ❏ Se relaciona, también, la sensibilidad con la profundidad de la detección. Es deseable poder localizar blancos profundamente bajo tierra. El diámetro de la bobina es generalmente el determinante principal de la profundidad de la detección.

B. Robustez y fiabilidad:

- ❏ La fiabilidad es vital, y la autocalibración es necesaria para evitar en lo posible ajustes complejos durante su uso en el campo.
- ❏ Los controladores necesitan ser protegidos tanto contra roces como contra los golpes accidentales, deben ser impermeables (si es posible), y resistentes a los rayos ultravioletas de la luz del sol.
- ❏ La unidad electrónica debe ser una parte integral del detector si va a ser dejada y cogida del suelo a menudo. Esto significa que debe ser muy ligera, aun con las baterías puestas.
- ❏ Debe ser fácilmente desconectable si no esta en uso.

- El cableado externo es una vulnerabilidad importante y necesita ser eliminado (protegiéndolo) si es posible.

C. Resistencia:

- La energía transmitida debe ser tan pequeña como sea posible para permitir utilizar el detector el máximo tiempo posible sin tener que cambiar las baterías con demasiada frecuencia. (Las empresas de Desminado prefieren a menudo diseños con batería de pila seca porque la batería recargables requieren mayor cuidado).

D. Inmunidad a interferencia electromagnéticas:

- El detector debe ser afectado lo menos posible por los campos electromagnéticos generados por los detectores próximos, las líneas de energía próximas, las radios, etc.

E. Efecto de tierra:

- Algunas clases de suelo, particularmente aquellos que contienen un alto contenido de hierro (suelo mineralizado), afecta a la señal de salida tan fuertemente como para indicar la presencia de un blanco de metal. La mayoría de los detectores proporcionan los medios para compensar el efecto de la tierra. Esto requiere que el operador coloque el detector cerca de la tierra (no cerca de un blanco de metal) y ajuste un control hasta que desaparece la falsa señal que indica un blanco.

F. Localización de los blancos:

- Debe ser posible encontrar la localización exacta de un blanco. Los blancos enterrados tienen que ser comprobados, o bien sondeando repetidamente la tierra, o más comúnmente, excavando para exponer el blanco a la inspección.
- El operador debe poder localizar el blanco con la suficiente precisión como para evitar esfuerzo de cavar innecesariamente.

G. Discriminación de un blanco:

- Es deseable permitir operador distinguir con un sonido distinto cuando el blanco está cercano o profundo, cuando es grande o pequeño, o si el blanco es de una clase particular de metal.

2.2 PLL

Denominado PHASE LOCKING LOOP ().

Un PLL tiene como misión hacer que un oscilador (cuya frecuencia es controlable) se sincronice con una señal de referencia, $y(t)$. Por ejemplo, si $y(t) = \cos(\omega t)$, el PLL ajusta el oscilador a la frecuencia ω .

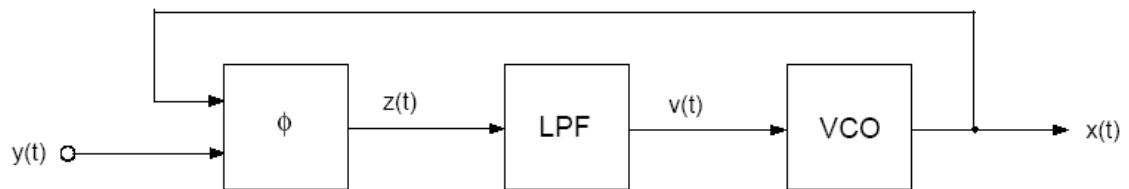
2.2.1 ESTRUCTURA DE UN PLL.

Los bloques básicos de un PLL son:

- Un comparador de fase: Suministra una salida que depende del valor absoluto del desfase entre las señales de salida y de entrada. En algunos casos, esta etapa esta construida por un multiplicador.
- Un filtro pasa-bajos: Destinado a la transmisión de la componente de baja frecuencia de la salida de la etapa anterior,
- Un oscilador controlado (VCO), cuya frecuencia es proporcional a una tensión de control. Genera la tensión de salida, con frecuencia dependiendo de la tensión de salida del filtro PLL.

El esquema básico de un PLL puede verse en la figura 24

Figura No. 9: Esquema básico de un PLL



1. Modelo del comparador de fase:

Básicamente dadas dos entradas $x_1(t) = A_1 \sin(\omega_o t - \phi_1)$ y $x_2(t) = A_2 \cos(\omega_o t - \phi_2)$

Con la misma frecuencia, la salida de un comparador de fase debe ser una función (típicamente no lineal) de la diferencia de fase $\phi_1 - \phi_2$.

Para construir un comparador de fase podemos usar un simple multiplicador. Si multiplicamos las entradas anteriores obtendremos:

$$z(t) = x_1(t)x_2(t) = \frac{1}{2}A_1 \cdot A_2 (\sin(2\omega_o t - \phi_1 - \phi_2) + \sin(\phi_1 - \phi_2))$$

Entonces, la componente continua de $z(t)$ (que se obtiene por un filtrado paso bajo adecuado) es proporcional a $\sin(\phi_1 - \phi_2)$, que para pequeñas diferencias de fase se puede aproximar por $\phi_1 - \phi_2$.

Las frecuencias de las señales de entrada y de salida pueden cambiar durante el proceso; con carácter general, las ecuaciones P. expresan la fase total de entrada, salida de error.

$$\alpha_i(t) = \theta_i + \int_0^t w_i(\tau) d\tau \quad ()$$

$$\alpha_o(t) = \theta_o + \int_0^t w_o(\tau) d\tau$$

$$\alpha_e(t) = \alpha_o(t) - \alpha_i(t) \quad \alpha_e(0) = \theta_o - \theta_i$$

Las transformadas de las respuestas de pulsación de salida y de error de fase corresponden a las ecuaciones P... y P...., respectivamente.

$$w_o(s) = \frac{K_v}{\tau s^2 + s + K_v} w_i(s) + \frac{\left[\frac{\pi}{2} - \alpha_e(0) \right] K_v + \tau w_o(0) + w_{co}}{\tau s^2 + s + K_v}$$

$$\alpha_e(s) = \frac{\tau s + 1}{\tau s^2 + s + K_v} w_i(s) + \frac{(\tau s + 1)\alpha_e(0) + \frac{\pi}{2s} K_v + \frac{w_{co}}{s} + \tau w_o(0)}{\tau s^2 + s + K_v}$$

Con: $K_v = K_d K_o$

Si las entradas tiene la forma mas general, pero las frecuencias de ambas señales son parecidas, la salida del multiplicador tendrá normalmente una

componente de frecuencia instantánea igual a la suma de las dos (que puede eliminarse también por filtrado paso-bajo) y una componente de baja frecuencia proporcional.

2. Modelo del filtro paso-bajo:

Dado que el modelo matemático del comparador de fase no es lineal (como también ocurrirá con el oscilador controlado por tensión), el modelo completo del PLL será un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales, que no podrá ser tratado directamente con la transformación de Laplace. Así, aunque el filtro pasa bajo no sea lineal, deberemos modelarlo mediante una ecuación diferencial.

Usando un filtro de primer orden con función de transferencia:

$$H(s) = \frac{S_o}{S + S_o}$$

La ecuación diferencial que relaciona la entrada de $z(t)$ con la salida $v(t)$ es

$$s_o z(t) = v'(t) + s_o v(t)$$

En el caso de un filtro de segundo orden se tiene:

$$H(s) = \frac{a_o}{s^2 + a_1 s + a_o}$$

Y, del mismo modo,

$$V a_o z(t) = v''(t) + a_1 v'(t) + a_o v(t)$$

Naturalmente, los valores de a_o y a_1 deben corresponder a un filtro estable.

3. Modelo del VCO

Matemáticamente, la salida $x(t)$ del VCO para una tensión de control constante v se puede escribir como

$$x(t) = A_o \sin(\omega_o(1 + \alpha v)t)$$

Margen de enganche:

Cuando el comparador de fase es un multiplicador se muestra de la forma
 $Vd = K_d v_i v_o =$ Voltaje de entrada del filtro de segundo orden.

$Kd =$ ganancia comparador de fase, dado por el distribuidor
con:

$$Kd = K_m \frac{V_{iM} V_{oM}}{2} \quad \omega_i = 2\pi f_i \quad \omega_o = 2\pi f_o$$

Cuando el PLL esta fuera de sintonía ($\omega_o \neq \omega_i$ y $|\omega_o - \omega_i| \tau \gg 1$) ambas se sitúan en la banda atenuada del filtro, la tensión de salida de este es prácticamente nula y la pulsación de la señal de salida se fija en ω_{co} .

Mientras el bucle ese sintonizado, la pulsación de salida solo puede variar entre los siguientes límites:

$$\omega_{LS} = \omega_{co} + K_v \quad \omega_{LI} = \omega_{co} - K_v$$

A lo que es análogo, el PLL permanece sincronizado dentro del margen siguiente:

$$\Delta\omega_L = \omega_{LS} - \omega_{LI} = 2K_v \quad \Delta f_L = \frac{\Delta\omega_L}{2\pi} \quad \text{denominado}$$

margen de enganche (lock range⁸).

Margen de captura:

Como el proceso de captura sucede en un régimen transitorio, la determinación de los límites entre los que se produce es tedioso, aunque puede recurrirse a procesos iterativos e introducir hipótesis simplificadoras.

Conocido como tracking range igual a K_v ,

La captura implica que la componente de frecuencia fo-fi de salida del multiplicador se sitúa en la banda pasante del filtro; por ello, su tensión salida se

⁸ Conocido como tracking range igual a K_v

puede aproximar según la siguiente formula. Por otra parte el PLL sintoniza a una frecuencia relativamente próxima a su valor natural.

$$v_f = \frac{K_d}{\sqrt{1 + (\omega_o - \omega_i)^2 \tau^2}} \cos(\omega_o t - \omega_i t + \theta_o - \theta_i - \Phi_f) \quad \text{con:}$$

$$\Phi_f = \text{arctg}(\omega_o - \omega_i)\tau$$

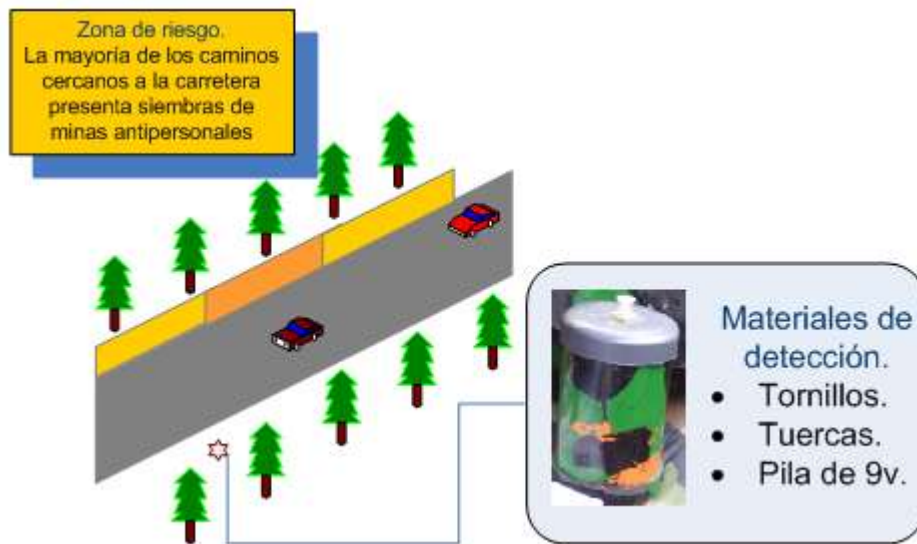
Se parte de una pulsación de entrada muy alejada de la natural ($|\omega_o - \omega_i|\tau \gg 1$) de forma que el PLL esté fuera de sintonía ($\omega_o = \omega_{co}$) y se supone que varía progresivamente ω_i acercándose hacia ω_{co} .

3 DISEÑO Y CONSTRUCCION

El detector de metales, nació de una idea mostrada por los creadores de carros móviles militares, destinados para un fin necesario. Se planteaba la necesidad de evitar la exposición de personal militar, para la detección de este tipo de arma casera, y de igual manera solucionar el alto índice de gente afectada por estos artefactos localizados en veredas y vías rurales transitadas en su gran mayoría por niños.

De esta necesidad se desprendió la investigación acerca de este tipo de arma casera, sus rangos de funcionamiento, composición y sitios ubicación, concluyendo esta investigación, se enfocó la detección hacia las minas antipersonales.

Figura No. 10: Zona de riesgo



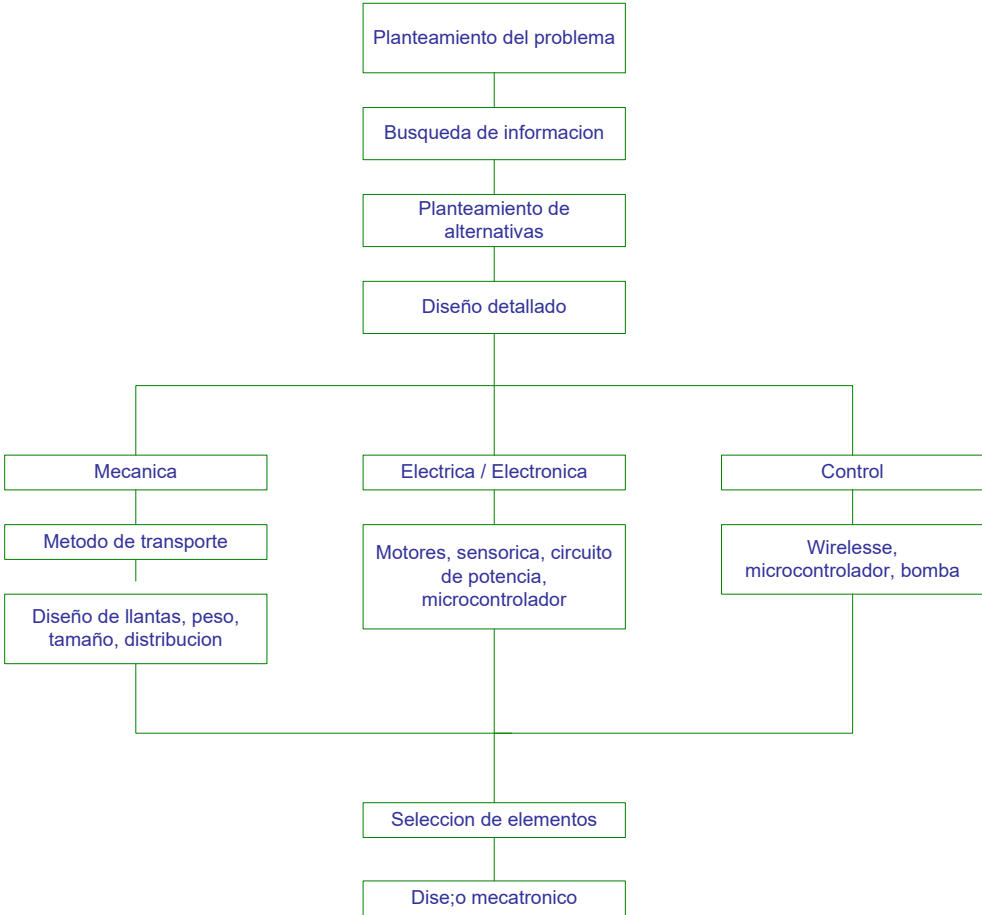
De acuerdo a las características generales de la composición de estas armas caseras, se idealizó un sistema de detección basado en el principio de la búsqueda de metales, enfocándose en tornillos y espoletas metálicas (las cuales ejecutan la detonación). Se plantea de igual forma que este sistema de detección sea de

modo terrestres y su finalidad se concrete en la señalización de las minas quebrapatas.

Partiendo de la detección de este tipo de armamento el sistema del DETECTOR DE MINAS ANTIPERSONALES, debe interactuar con otros dispositivos para el funcionamiento por tiempos de todo el sistema.

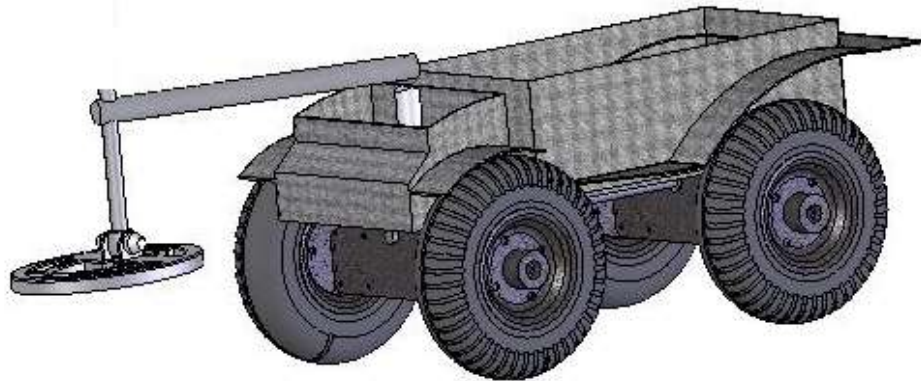
El diseño de este proyecto debido a su gran cantidad de sistemas conformados se dividió en tres partes, mostrados en la figura No.11.

Figura No.11: Diseño general



El sistema mecánico contiene cada una de las pautas y criterios de selección de cada una de las piezas que conforman el Detector de minas, mostrado en la figura No 12.

Figura No. 12: Diseño general del vehiculo



El diseño eléctrico y electrónico, muestra los diagramas y circuitos necesarios para la implementación con el diseño mecánico. Esta sección desglosa la selección, función y forma de ejecución de los mecanismo utilizados para 3ª detección, mostrados en la figura No. 13

Figura No. 13: Sistema de detección



Este modo de detección debe ejecutarse bajo una programación que me indique la secuencias a seguir en la búsqueda de este dispositivo.

Tabla 3 Secuencia de funcionamiento del Detector de minas

INICIO	
Búsqueda de minas Recorrido del brazo: <ul style="list-style-type: none"> ➤ 90 grados derecha ➤ 180 grados izquierda 	Figura No. 15 Modo de detección

<p>  90 grados derecha (la posición del sensor debe realizarla el operador, en el lugar marcado.) </p>	
<p>SI HAY SEÑAL DE DETECCION</p>	
<p> Brazo se sitúa en la posición de detección. Activación de la motobomba para la señalización. Simultáneamente prende luz indicadora de detección (esta luz solo se apaga cuando el programa reciva una señal proveniente de control remotot). El carro reversa 30 cm del punto en el que se encuentra. </p>	<p>Figura No. 16 Sistemas de activación</p> 
<p>SI NO HAY SEÑAL DE DETECCION</p>	
<p>Se mueve hacia delante 22 pasos.</p>	<p>Figura No. 17 Sistema Final</p> 
<p>  AL FINALIZAR ESTA SECUENCIA COMIENZA NUEVAMENTE DESDE EL PUNTO DE INICIO.  SE DETIENE POR MANDOS EMITIDOS POR EL CONTROL REMOTO. </p>	

Todo el sistema de detección es accionado por medio de un control remoto a distancias no superiores a 50 metros para carretera, esto hace referencia al sistema de control.

El control remoto o mejor conocido como ORDENADOR, es la interfaz usuario maquina el cual envía y activa las instrucciones a realizar por el carro detector. Esta forma de comunicación se realiza por medio de señales inalámbrica como es mostrado en la figura No. 18

Figura No. 18 Sistema de comunicación



3.1 DISEÑO MECANICO

3.1.1 REQUISITOS

Al inicio, con una visión general de las necesidades que abarcaban el desarrollo del DETECTOR DE METALES, se establecieron las variables mecánicas para la construcción de este prototipo, definiéndose como:

Indicado para terrenos de carretera sin padimento.

Flexible a obstáculos menores a 3 centímetros.

Ligero en peso no mayor a 25 Kg (Indicado para ser movilizado por dos personas).

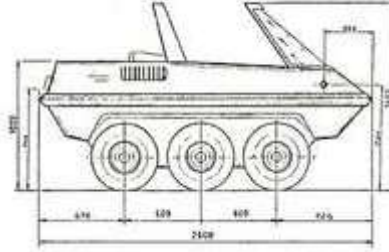
Tamaño menor a 50 * 50* 50.

Factor de deslizamiento casi nulo.

Material de construcción resistente a explosiones.

Con estas variables, se construye un diseño inicial del sistema.

Figura No. 19: Diseño ideal



Una vez definidas las variables y el diseño general, se crea una caracterización del sistema. Tomando como primera objetivo su modo de movilización teniendo presente la forma de suspensión, dirección, neumáticos, carrocería y los diferentes órganos en un vehículo. En busca de una alternativa global del sistema, se consideraron varias soluciones que al final, no se tuvieron en cuenta en este proyecto pero que se dejan planteadas en las recomendaciones ya que a pesar de no hacer parte de la idea inicial de este proyecto se cree que con un análisis más profundo podría lograrlas.

La siguiente tabla muestra las características de cada una de las variables mecánicas necesarias para la construcción del vehículo adecuado para berma (zonas aledañas a carreteras)

Tabla 4 Características generales de las variables

VARIABLE	DESCRIPCION DE CARACTERISTICAS
Motor	Proporciona la fuerza necesaria para el movimiento del vehículo. Alimentación no mayor a 24 v. dc. Peso máximo de 1 kg.
Bastidor	Elemento resistente sobre el el que se monta todos los elementos del automovil. Soportan cargas y aseguran la indeformabilidad.
Dirección	Mecanismos que varían la orientación del vehículo a voluntad del conductor. Debe poseer trayectoria lineales, que mantengan estable el sistema, en caso de terrenos con obstaculos. No es necesario que desarrolle giros
Transmisión diferencial.	y Transmite movimiento a la rueda del motor Debe tener capacidad de resistencia a elevadas temperaturas y presiones. Reversibilidad Controlada. Suavidad. Estabilidad.
Ruedas neumáticos:	y Diametro adecuado para el tamaño del dispositivo. Capacidad de movildad para terrenos sin padimentar.

	Soporta carga del vehículo. Transmite Potencia motriz. Contribuye a la estabilidad y frenado.
--	---

3.1.2 DISEÑO

Teniendo definidos cada uno de los parámetros para la elaboración del vehículo terrestre, se comienza el diseño delimitando el tipo de tracción y rodaje, teniendo presente que la nomenclatura para vehículos rígidos motrices es:

$$TIPO-TRACCION = N \times \frac{Z}{L}$$

N=Número de puntos de apoyo del vehículo sobre el terreno (numero de ruedas)
Z= Número de ruedas que reciben tracción (Ruedas motrices).
L= Número de ruedas de dirección (Ruedas directrices).

El sistema diseñado requiere una dirección en dos sentidos, marcha adelante y reversa, no estimándose necesario darle movimientos laterales (izquierda, derecha). Por tanto el número de ruedas de dirección es nula. El número de apoyos se da en cuatro puntos, que pueden darse en las cuatro ruedas, y el número de ruedas que reciben tracción, se localiza en las dos ruedas traseras.

$$TIPO-TRACCION = N \times Z = 4 \times 2 = 6$$

En función de la nomenclatura específica⁹, los vehículos se clasifican de modo como se muestra la siguiente tabla.

Tabla 5 Clasificación de un vehiculo según el tipo de tracción

N	Z			
4	4 x 2	4 x 4		
6	6 x 2	6 x 4	6 x 2/4	6 x 6
8	8x2	8x4	8 x 4/4	8 x 6/4

Seleccionando el tipo de tracción a utilizar 4 x 2, se interpreta un carro rígido de 2 ejes con rueda sencilla, con tracción en las cuatro ruedas.

A. NEUMATICO

⁹ Norma de llantas DIN 7817

Definiendo la utilización de 4 ruedas, debemos ahora definir el tipo adecuado para carretera sin pavimentar.

Su selección esta concebida en tres parte:



- ☒ Tipos de Rueda Metálica
- ☒ Tipos de llanta
- ☒ Tipos de neumáticos:

Tabla 6 Clasificación y partes de un neumático:

Rueda Metálica ¹⁰	Llantas ¹¹	Cubierta
<p>Conocida como disco de rueda.</p> <p>Elemento de unión del neumático y el eje.</p> <p>Porta la carga transmitida.</p>	<p>Sujeta el neumático o cubierta mediante un perfil transmitiendo las cargas al buje.</p>	<p>Constituye la parte elástica de la rueda que esta en contacto con el suelo, hinchada con aire a presión.</p>
<p>Tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☒ Rueda metálica de disco: Fabricada en chapa de acero y construida por proceso de laminado y estampado. Caracterizada por la rigidez, resistencia a golpes y facilidad de fabricación. 	<p>Tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☒ Llantas de base honda: la base queda más profunda en su centro, facilitando montaje y desmontaje de la cubierta. ☒ Llantas desmontable: base plana y una de las pestañas es desmontable con la 	<p>Tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☒ Cubiertas diagonales: presenta un armazón en que la disposición de las cuerdas o cables, se situán de forma oblicua, con ángulos entre 30-42, respecto a la dirección de máximo desarrollo.

¹⁰ Nomenclatura basada en las Normas ISO 3833-1977

¹¹ Norma de ruedas UNE 26-291-80

<ul style="list-style-type: none"> ✚ Rueda metálica de radios: utilizada para vehículos de carrera, ligera y resistente 	<p>interposición de un anillo de cierre que permite la extracción</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Rueda metálica reversibles: se pueden montar por cualquiera de las dos caras 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Llanta de seguridad: base recubierta con una tira metálica o cinturón de poliuretano quedando plana la llanta. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Cubierta Radial: presenta un armazón en que la disposición de las cuerdas o cables, se sitúa a ángulos de 90. Entre la carcasa y la banda de rodamiento se dispone un cinturón reforzado o faja. 

La clasificación del neumático para la aplicación de terrenos fuera de carretera, debe presentar gran capacidad de tracción, con una carcasa resistente a los impactos y una banda de rodadura capaz de soportar los trabajos duros.

Para el terreno mejor conocido como berma, el neumático debe ser de rueda metálica de disco, con llanta de base honda y cubierta diagonal.

Figura No. 20 Neumático seleccionado



B. BASTIDOR

Un bastidor o chasis es una estructura de sostén en la que se fijan los elementos y grupos mecánicos del automóvil. Este grupo mecánico se encuentra depositado en la carrocería.

Las formas de sujeción entre bastidor y carrocería presenta las siguientes características:

Tabla 7. Pro y contras de tipos de bastidores

FORMAS DE SUJECION	PRO	CONTRAS
Plataforma portante : Aligerada y de piso unidos por soldadura de puntos.	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Forma una base rígida que soporta los órganos mecánicos y podría circular sin carrocería 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Malas características dinámica. ☒ Dificultad para obtener centros de gravedad, bajos que mejoren la estabilidad.
Unión por atornillado:	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Con aplicación de juntas de caucho absorben esfuerzos y vibraciones. ☒ Constituye un conjunto independiente lleno de accesorios e instalaciones eléctricas. 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Al ser montado debe ser la alineado, evitando aparición de vibraciones y marcha irregular.

La unión por tornillo, presenta una buena adecuación para la unión de todo el sistema de sujeción del carcasa, El material a emplearse para este tipo de bastidor es el ACERO, presenta características como:

- ☒ Rigidez, resistencia y deformación plástica.
- ☒ Bajo costo.

a. Cálculos de rigidez del bastidor:

La rigidez de torsión presentada por el bastidor, donde los elementos sufren tensión de tracción, compresión, flexión, se da en:

⊠ Momentos de torsión como:

$$Mt = F * L$$

Donde F=Peso aplicado al bastidor = 25 Kg.

$$L = \text{longitud del bastidor.} = 2\pi * 40\text{cm} = 2.51\text{m}^2$$

Por lo tanto

$$Mt = 25000 * 2.51 = 62750 \quad \text{Aplicado alrededor del eje longitudinal.}$$

⊠ Rigidez de torsión

$$Rt = \frac{2\theta}{Mt} = \frac{2 * 90}{62170} = 0.0028$$

θ = Angulo girado por el bastidor.

C. DIRECCION:

Mecanismo que permite al conductor girar las ruedas delanteras según su voluntad.

La cinemática de los sistemas de dirección :

Tabla 8 Posibles sistemas de dirección

EJE RIGIDO
<p>Eje delantero rígido girando de forma solidaria con las ruedas .</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊠ No existen problemas de centro de giro para distintas ruedas. ⊠ Direccionamiento estable (la irregularidad del terreno lo afectan en menor medida) <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊠ Radio de giro del vehículo amplio (eje delantero solo gira hasta cierto punto) ⊠ Esfuerzos para hacer girar el eje hace que se requieran desmultiplicadores, junto con volantes de grandes dimensiones y esfuerzos para conseguir direccionamiento.
SISTEMA ACKERMAN
<p>Sistema en el que giran dos ruedas con puntos de pivonamiento distintos.</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊠ Reduce el valor del par que era aplicado a la tirantería de la dirección

para reducir el valor del radio de pivonamiento de las ruedas, multiplicado por la fuerza de rozamiento dando el valor de momento de direccionamiento de las ruedas.

Desventajas:

- Al girar a un mismo ángulo las dos ruedas directrices, las trayectorias no son paralelas y se deslizan en las curvas.

El sistema de pivotamiento del eje rígido delantero es utilizado para vehículos con velocidades bajas y para movimientos en tierra, por esta razón en particular es seleccionado como el sistema de dirección del vehículo.

La geometría de las ruedas afecta el sistema de dirección, ya que cualquier tipo de esfuerzo que deba soportar la rueda, bien sea del propio peso del vehículo o fuerzas originadas durante la conducción, se transmite a sus elementos de fijación, como al eje de pivotamiento.

Figura No. 21 Rueda con pivotamiento vertical.



La distancia del eje entre la rueda y el dispositivo hace las veces de palanca a través del cual se transmiten al eje de pivotamiento los esfuerzos que se originan en la rueda.

Figura No. 22 Sistema de pivotamiento del eje rígido





3cm

Los esfuerzos serán tanto mayores cuanto mayor sea esta palanca, razón por la cual la distancia entre el eje del motor y el eje presenta una medida de 3 cm.

Complementado el sistema de dirección se presenta en la tabla 8 las partes necesarias para el ensamble de este tipo de chasis. El resultado final de este ensamble se puede observar en los anexos, sección planos del vehículo.

Tabla 9 Implementación de la dirección

Variable	Adecuaciones
<p>Bastidor : Figura No. 23 Bastidor</p> 	<p>Se adecuan a la viga dos secciones cuadradas, puestas transversalmente, que permiten el sostener el chasis del carro. Al igual que el bastidor son de Acero Lamina 14(mas resistente).</p>
<p>Dirección Figura No. 24 Sujeción del motor</p> 	<p>Se adecua un rodamiento al eje de las ruedas delanteras con el fin de generar un movimiento similar a la suspensión, que no altere la estabilidad del vehículo en terrenos rurales.</p> <p>En la geometría de la ruedas se reduce todo lo problema ocasionado por el rodamiento. Es decir sirve como un sistema de frenado.</p>

3.1.3 ANÁLISIS

En el análisis se estructura los requisitos de manera que facilite su comprensión, modificación y en general su mantenimiento.

En medio del estudio de las especificaciones, se encontraron delimitaciones (o se fijaron) para no hacer tan extenso el proyecto, y poder ser entregado en el tiempo definido. Estas delimitaciones en la mayoría de los casos se basan en cálculos matemáticos.

A. Cálculos de distribución de los órganos del vehículo:

Disposición de la situación del motor y ruedas propulsoras.

La distribución de distintos órganos (motores, embrague, baterías) se debe tener presente

- a) Distribución de pesos: Afecta estabilidad y comportamiento sub o sobrevivador (Ver Tabla 10.).

Tabla 10 Pesos de materiales del vehículo

Materiales del vehículo	Peso Unitario (Kg)
Plato Mango	0.538
Batería	1.958
Bastidor	0.183
Platinas que sostienen los motores	0.456
Chasis	3.65
Motobomba	0.345
Rueda	1.128
Motor	0.388

- b) Espacio disponible .

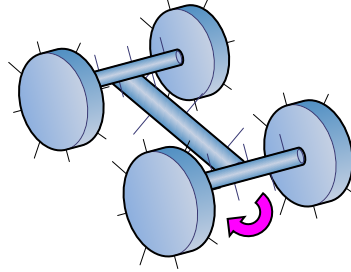
La figura 25, muestra el modelo del chasis del vehículo, apreciando un separación de este debido al tipo de tracción que presenta. (las medidas pueden ser observadas en los planos mostrados en el capítulo de anexos)

Figura No 25. Chasis del vehículo



Esta tracción permite girar el vehículo en la parte de adelante 45 grados a cada lado (Ver figura No 26.).

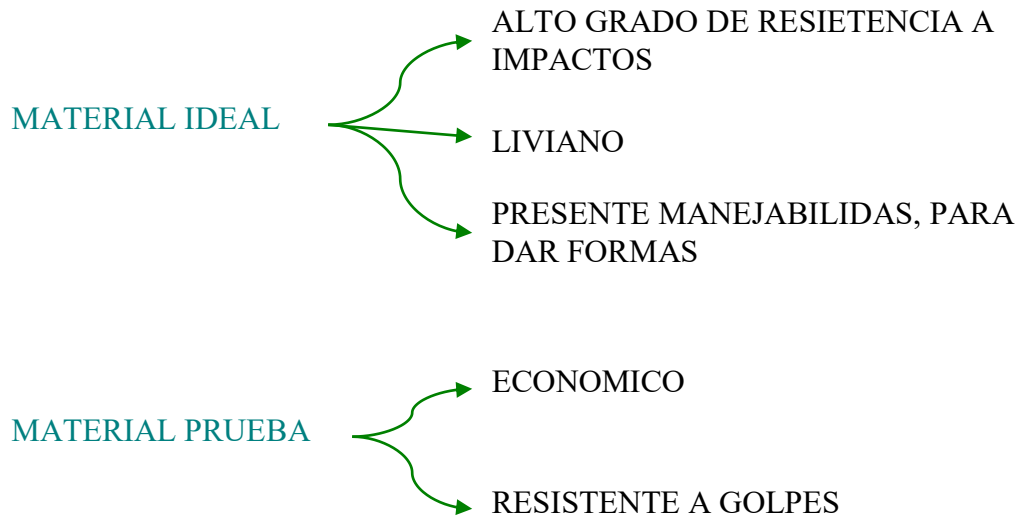
Figura No 26. Sistema de Tracción



Esta distribución debe tener presente el tipo de material a utilizar teniendo presente:

- a) La densidad
- b) Resistencia
- c) Viabilidad en el mercado.
- d) La forma del chasis

La concepción de tipo de materiales a utilizar, tanto para la fabricación ideal como la real las siguientes características:



El trabajo de la selección del material exige un trabajo de investigación intenso. La base de esta investigación es la dureza y maneabilidad que presente el material seleccionado.

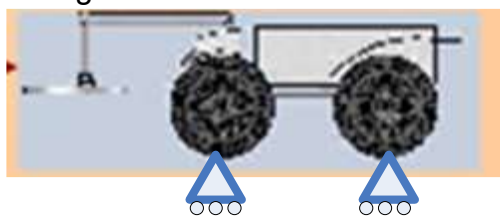
Uno de los materiales mas resistentes en el mercado se presentan en los carros antitanque y es conocido como el Kevlar. El otro material presenta una tecnología avanzada en lo referente a al prueba de materiales para impactos y es la Fibra de Carbono.

La principal ventaja que presenta la fibra de carbono sobre el Kevlar es la densidad que la fibra presenta, la cual es de 0.0018 gramos por milímetro cúbico, mientras que la del Kevlar es 0,0044 gramos por milímetro cúbico. Por tal motivo se escoge la fibra de carbono como un ideal de construcción del vehículo. (Los análisis de la fibra de carbono se presenta en el capítulo de anexos).

La construcción del vehículo de igual manera requería la utilización de un material resistente a golpes, peso liviano y disminuido en precio. La fibra de vidrio presento estas cualidades.

Los cálculos estáticos y análisis de carga que se derivan con el tipo de chasis y el tipos de material se muestran a continuación en la tabla 10 y figura No..

Tabla 11 Análisis estático.

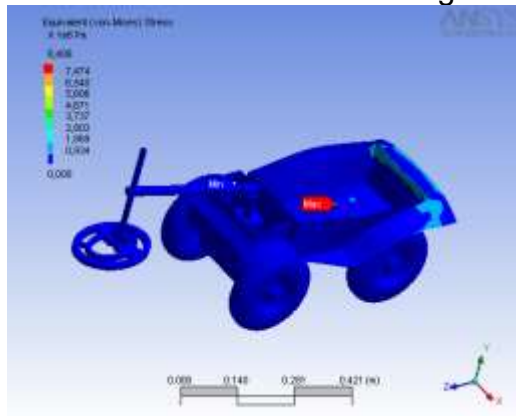
Propiedades físicas de carcasa fibra de vidrio	
Sistema de coordenadas de salida: -- predeterminado --	<p>Densidad = 0.0024 gramos por milímetro cúbico</p> <p>Masa = 1761.0377 gramos</p> <p>Volumen = 721736.7769 milímetros³</p> <p>Área de superficie = 618969.6773 milímetros²</p>
<p>Centro de masa: (milímetros)</p> <p>Figura No. 27 Sistema a analizar</p> 	<p>X = 183.5146</p> <p>Y = 110.0000</p> <p>Z = -100.8766</p>

a. Análisis de carga.

Los bastidores son los encargados de soportar los mecanismos principales de todo el vehículo (peso del motor, resto del sistema y componentes del vehículo). Su rigidez debe garantizar resistencia a los distintos esfuerzos.

Se realiza a continuación un análisis de carga aplicando un fuerza vertical de 10N. Donde observamos la resistencia térmica con un bastidor de acero (Ver figura No. 28).

Figura No 28. Análisis con una carga de 10N.



Estructura de Acero

Table 12 Propiedades estructura de acero	
Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.5×10^8 Pa
Density	7,850.0 kg/m ³
Ductility	0.2
Poisson's Ratio	0.3
Tensile Yield Strength	2.5×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	4.6×10^8 Pa
Young's Modulus	2.0×10^{11} Pa
Thermal Expansion	1.2×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	434.0 J/kg·°C
Relative Permeability	10,000.0
Resistivity	1.7×10^{-7} Ohm·m

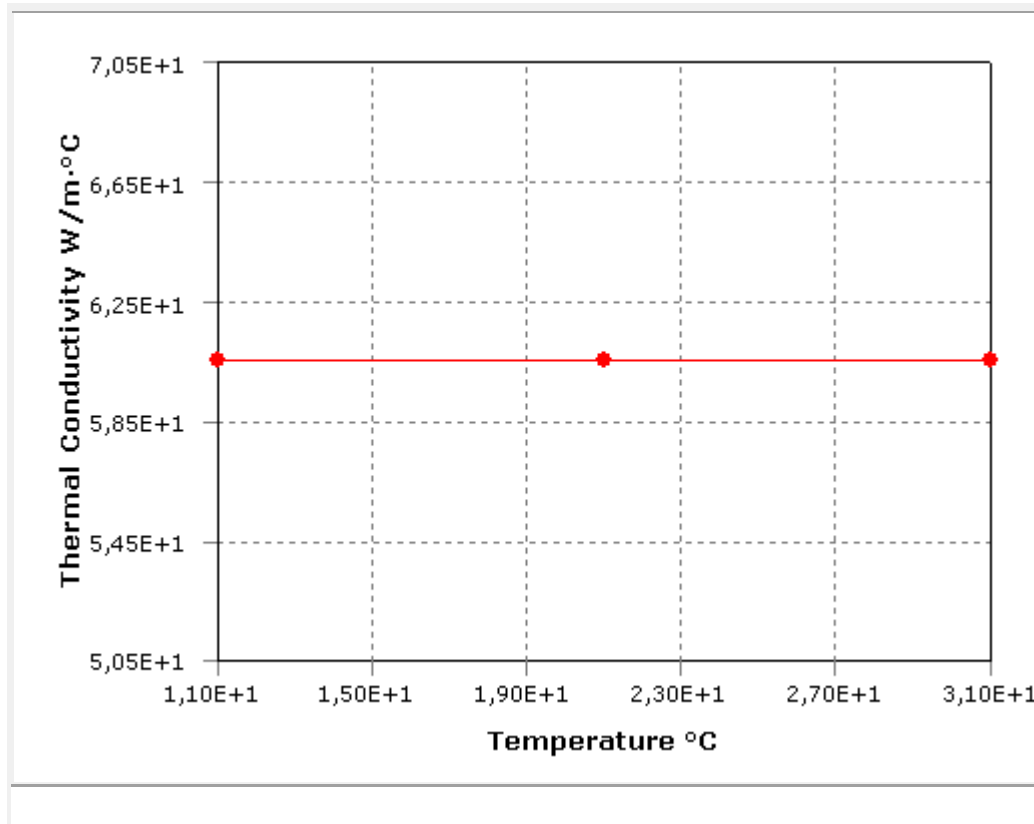


Table 13 Conductividad Termina con fibra de vidrio

Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
21.0	60.5

Table 14 Parametrós de vida

Strength Coefficient Pa	9.2×10^8
Strength Exponent	-0.11
Ductility Coefficient	0.21
Ductility Exponent	-0.47
Cyclic Strength Coefficient Pa	1.0×10^9
Cyclic Strain Hardening Exponent	0.2

El análisis de carga para la fibra de carbono se encuentra en la sección de Anexos.

3.1.4 CONSTRUCCIÓN

La construcción final presenta un vehículo con:

- Neumáticos, unido por medio de dirección de eje rígido.
- Cada neumático lo mueve un motor.
- Un bastidor de longitud de 40 cm en acero, quien ensambla las ruedas, los motores y el chasis.
- El chasis presenta un sistema de separación para permitir un sistema de tracción de movimiento giratorio verticalmente a ángulos no mayores a 40 grados.
- Un brazo en la parte de adelante del chasis, quien sostiene el detector de metales y el movido por un motor. Este brazo tiene una longitud de 30 cm (distancia entre cada rudas) y elaborado en pvc tubo de ½.

(Ver anexos. Planos del vehículo)

3.2 DISEÑO ELECTRONICO.

3.2.1 REQUISITOS

Al inicio, con una visión general de las necesidades que abarcaban el desarrollo del DETECTOR DE METALES, se establecieron las variables electrónicas para ser adecuadas en el diseño mecánico y que permitieran ejecutar los comandos propuestos en los objetivos específicos, definiéndose como:

Selección de motores, con torque alto. Alimentado por batería.

Circuito de potencia que permita el movimiento de motores.

- Selección de la forma de señalización.

Circuito de potencia que maneje el disparo de la motobomba.

- Selección del tipo de batería a utilizar.
- Tipo de sensor a utilizar, para la detección.
- Circuito transductor de las señales emitidas por este sensor.

De estas necesidades se subdivide en dos sistemas para desarrollo del DETECTOR DE METALES :

- Sistema de potencia.
- Sistema de sensórica:

3.2.2 SISTEMA DE POTENCIA

Sistema basado en la activación del los dispositivos del vehículo.

a. Requisitos:

- ☒ Motor a trabajar y cantidad de estos para el sistema de movimiento del carro.
- ☒ Modo de funcionamiento a velocidad no mayor a 10 km/h.
- ☒ Sistema de encendido y apagado de los motores on- off.
- ☒ Sistema de alimentación.
- ☒ Forma de señalización.

Las variables a trabajar se pueden observar en la tabla 15.

Tabla 15 Variables Electrónicas

Variable	Características:
Motor	Suficiente torque para mover las ruedas. Exactitud en su movimiento. Alimentado con señal dc. Alimentado con baterías.
Alimentación	Baterías alimentación 6 0 12 voltios. Peso moderado. Forma de carga habilitada para terrenos de campo abierto.
Señalizador	Demarcación en el lugar de detección. Tipo de señalador. (liquido)

A. Motor:

Para la selección de los motores de automoción deberemos abordar las diferentes características, con sus ventajas y desventajas.

Como principal clasificación se establece en función del tipo de fuente energética que emplean mostrada en la tabla 16.

Tabla 16 Clasificación del motor según tipo de fuente energética

TIPOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Motores Térmicos.	☒ Obtienen energía mecánica de forma cíclica a partir del estado térmico del fluido compresible que lo atraviesa. Este estado término se consigue mediante la	☒ Utiliza recursos energéticos no renovables. ☒ Produce compuestos químicos que se emiten a la atmósfera, siendo

	<ul style="list-style-type: none"> ☒ combustión de un combustible. ☒ Presenta buen rendimiento, para diferentes trayectos. ☒ Ofrece una gama de potencias (2Kw—7Kw). ☒ Tiene facilidad de arranque. 	<p>inflamable.</p> <ul style="list-style-type: none"> ☒ Dependiendo de su referencia presenta pesos altos.
Motores Eléctricos.	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Son limpios y silenciosos ☒ Alimentación por medio de baterías ☒ Pueden sobrepasar los 100 Km/h. ☒ De acuerdo a la referencia son de tamaño pequeño. ☒ No requiere de sistemas de refrigeración. 	<p>La energía eléctrica transportada supone un rendimiento del 35%, la carga y descarga de las baterías presentan un rendimiento medio del 69% .</p>

La utilización de un motor eléctrico facilita la conversión de energía eléctrica a mecánica por medio de un movimiento rotativo. De igual manera elimina la creación de sistemas de frenado y sistemas de reversibilidad

El tipo de motor eléctrico a seleccionar debe ser alimentado por baterías y según los parámetros mecánicos para cada rueda debe existir un motor
Algunos de los tipos de motores que existen en el mercado, tomados en cuenta para la selección se muestran en la tabla 17.

Tabla 17 Motores Eléctricos.

Tipos	Pro	Contras
Motores DC	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Fácil control de posición, par y velocidad. ☒ Velocidad aumenta o disminuye dependiendo del voltaje aplicado. ☒ Regular la velocidad desde vacío a plena carga. 	<p>Para velocidades baja no presenta un buen funcionamiento.</p>
Servomotores	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Se caracterizan por su capacidad para posicionarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su 	<p>Son costosos. No son comerciables en Colombia.</p>

	<p>intervalo de operación.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✚ Presentan un buen torque, que depende de su tamaño 	
Motor Paso a Paso	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Posicionamiento con un elevado grado de exactitud y/o una muy buena regulación de la velocidad. ✚ Ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. ✚ Presentan buen torque. 	No tiene velocidad.

Para los requisitos de velocidad baja, precisión, precio moderado y de fácil comercialización se selecciona un motor paso a paso.

Buscando la exactitud el paso de estos motores debe ser pequeño además de poseer un torque grande, con un voltaje de alimentación pequeño. El motor seleccionado para las ruedas del vehículo se muestra en la figura 29, y sus características se presentan en la tabla 18.

Figura No. 29 Motor del vehículo



Tabla 18 Características del Motor del vehículo

Miniagle Modelo 23LM-C309-19

Voltaje (v)	Corriente (A/fase)	Resistencia (Ω /fase)	Torque N.m	Angulo de fase (grados)	Peso (Kg.)
6.0	2.5	7.8	0.247	1.8	0.2

El motor que gira el brazo del detector, no necesita de mucho torque y su forma de alimentación puede ser menor a la del motor de las ruedas, por tanto en la figura 30 se muestra el motor seleccionado, presentando sus características en la tabla 19.

Figura No. 30 Motor del brazo



Tabla 19 Características del Motor del brazo.

Sanyo Denki Model 103H546-0440					
Voltaje (v)	Corriente (A/fase)	Resistencia (Ω /fase)	Torque N.m	Angulo de fase (grados)	Peso (Kg.)
3.15	1	3.15	0.147	1.8	0.2

Como ambos motores son unipolares con una misma configuración su sistema de swicheo se muestra en la siguiente tabla 20.

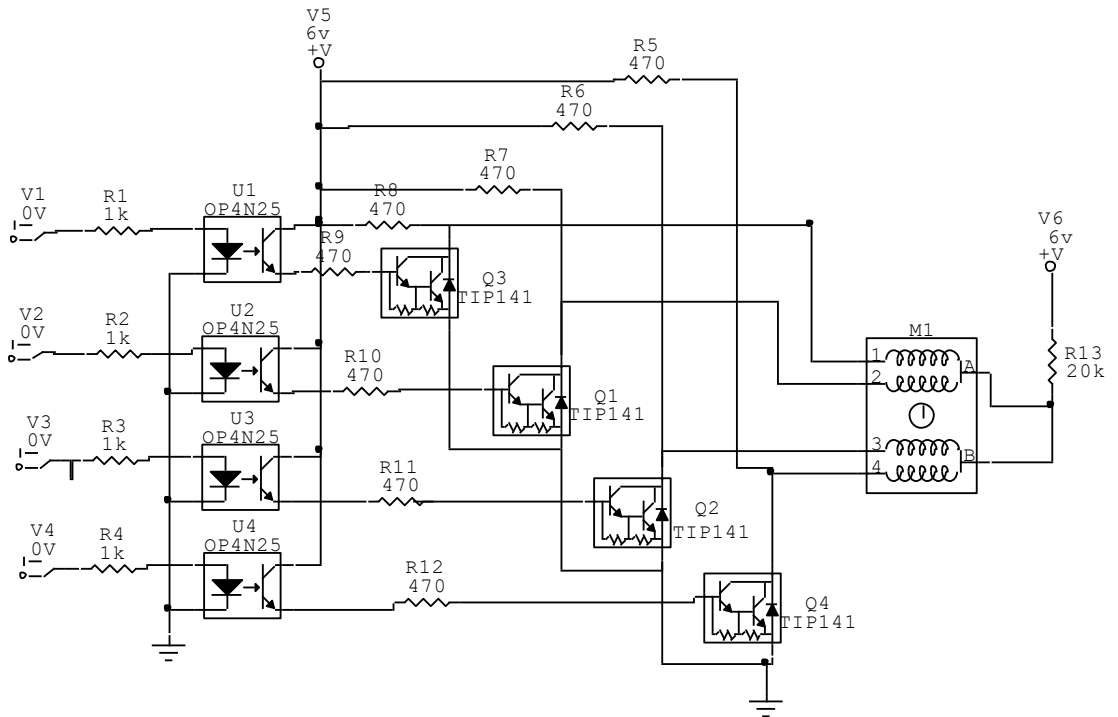
Table 20 Configuración sistema de disparo del motor paso a paso

Excitación	Blanco y Negro	Rojo	Azul	Amarillo	Verde (Orange)
1	+V	-V	-V		
2	+V		-V	-V	
3	+V			-V	-V
4	+V	-V			-V

Con estas variables, se construye un circuito de potencia disparado por transistores darlington. Accionado mediante señales enviadas por el controlador.

A. Circuito de Potencia del vehículo.

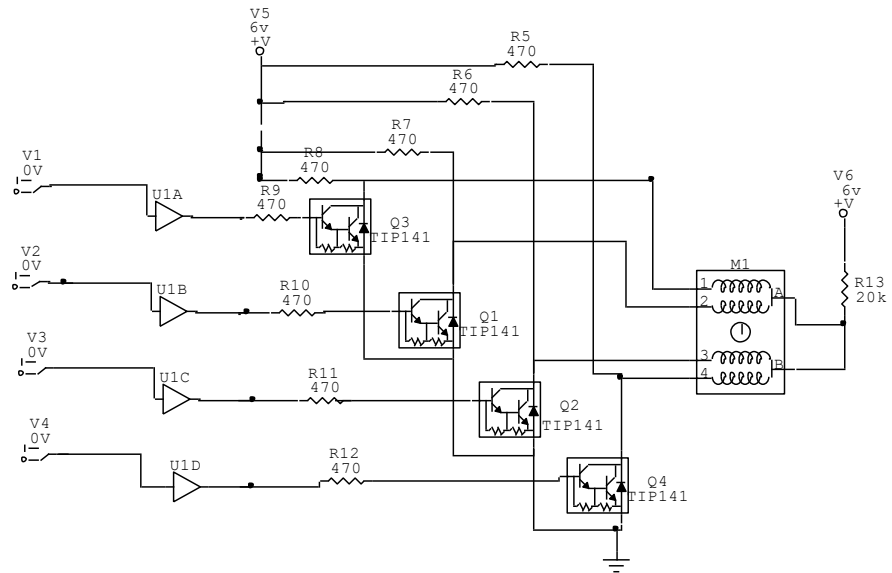
Figura No. 31 Circuito de potencia del vehículo



La configuración que mantiene los motores del vehículo son 4 unos para cada rueda unidos mediante un eje.

B. Circuito de Potencia del brazo.

Figura No. 32 Circuito de potencia del brazo



El motor destinado para el brazo va unido directamente a la palanca.

B. Alimentación:

Para la alimentación de todo el sistema se escogen baterías de carro ya que ellas presenta ventajas como:

- Peso ligero.
- Fácil de alimentar.
- Económicas.
- Buen manejo de corriente.

Para los diferentes circuitos implementados se manejan dos tipos de batería, una de 6 voltios 2 amperios que alimenta el sistema de control y el sistema de movimiento del brazo. La otra batería maneja el sistema de movimiento del vehículo y el disparo de la motobomba, batería de 12voltios, 4 amperios, mostrada en la figura 33.

Figura No 33. Sistema de alimentación

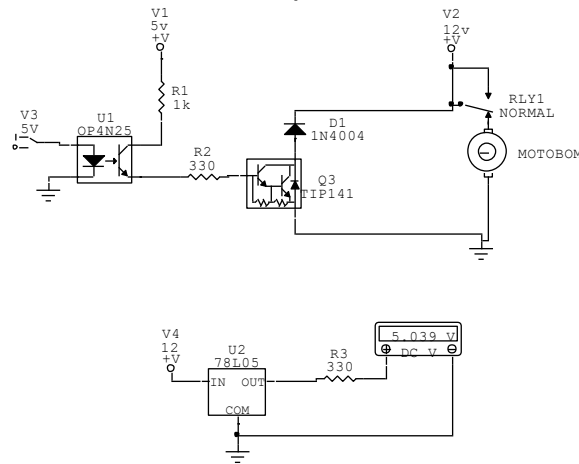


C. Motobomba

La motobomba hace parte del sistema de marcado del Detector de mina. Se utiliza para marca el lugar donde es detectada una mina. Su rango de funcionamiento es de 24v dc. a 120 ac., con una corriente de 0.8 amperios.

Sus sistema de disparo se realiza por medio de una señal análoga proveniente del controlador el cual activa un conversor de voltaje 12 voltios dc—a 120 ac.

Figura No. 34 Circuito de potencia de la motobomba



3.2.3 SISTEMA SENSÓRICA:

El sensor de metales es la base principal de este proyecto, la implementación e selección del tipo a usar y necesidades, se logran concluir con las siguientes características primordiales necesarias para la detección de una mina quiebrapata:

Indicación de tipos de metales como de otros materiales (tapas y lata).

Rango de funcionamiento de profundidad de la bobina 11 cm.

Diámetro de la bobina 8" mínimo.

Indicador de objetos encontrados (pantalla LCD, o sonoro).

Generación de frecuencia mínimo de 5 kHz.

Bobina aislada de ruidos eléctricos.

Alimentación de 9 – 24 VDC, (preferiblemente con pila seca).

Carcasa a pruebas de golpes, con unidad electrónica unida al bobinado y en lo posible eliminación de cables externos.

Fácil de usar.

Peso máximo de 2 kg.

Efectuando una investigación acerca de las diferentes empresas y tipos de sensores de metales fabrican, se realiza una selección teniendo presente los

puntos anteriormente expuestos con el fin de seleccionar el detector mas adecuado para su utilización en campo.

Esta selección en un inicio es ideal debido al alto costo que estos aparatos tienen en el mercado. De igual manera se puede plantear un segundo sensor que cumpla o se aproxime, a las características requeridas pero con costos mas bajos.

A continuación muestra los sensores que mejor casan dentro de las necesidades de este proyecto:

Tabla 21 Tipos de sensores detectores de metales en el mercado

Referencia: GEMINI-3

Marca: 

Imagen: 

Características: Detecta todos los metales.
Profundidad de detección de 6 metros.
Se requiere de dos operadores andando a las 10 metros de distancia entre ellos. Abarca grandes zonas de búsqueda.
Bobina cuadrada de $9\frac{1}{4}$ "x12"x6"
Transmisor y receptor controlados por cristal de 82 kHz.
Funcionamiento de 4 modos-Rastreo inductivo, conductivo, conductivo ancho y fino.
Circuito de ruido reducido de 60 ciclos
Opera con baterías standard "AA"

Referencia: 1266-X

Marca: 

Imagen: 

Características:

- Funcionamiento automático de encender y buscar.
- Funcionamiento silencioso, sin tono umbral.
- Sistema de discriminación para trozos pequeños de basura metálica.
- Balance de tierra Pre- Ajustado.
- Frecuencia de funcionamiento 4.8 KHz.
- Electrónica patentada, Sensibilidad dual.
- Bobinas de 7, 12 ½ y platos intercambiables.
- Peso de 4 libras

Referencia:

EL DORADO

Marca:



Imagen:



Características:

- Frecuencia de operación 10.6 Khz. 10.4 Khz. 10.2 Khz.
- Tipo de bobina de búsqueda Concéntrica de 9”.
- Frecuencia de Audio 630 Hz.
- Peso 2.2 libras (puede variar ligeramente).
- Requerimiento de batería 9 voltios.
- Todos los metales con melodía de umbral automático.
- Rango de temperatura óptima 30° F a 100° F.
- Rango óptimo de humedad 0 a 75 %.
- Modos de Operación. Todo Metal sin movimiento.

Referencia:

Garrett GTAx 550

Marca:



Imagen:



Características:

Sistema de Operación controlado por microprocesador
Tecnología de montaje en superficie Analizador Gráfico LCD
de Objetivo
Moción Todo-Metal
Sensitividad / Profundidad Ajustable. Límite Ajustable
Balance automático de Suelo
Bobina de Búsqueda 8 ½" y con platos intercambiables.
8 baterías AA.
Peso de Operación: 3 lb., 4 oz
Discriminación por tonos.

Referencia:

Garrett ACE 150

Marca:



Imagen:



Características: Pantalla digital con indicador de tipo de blanco (5 segmentos).
Indicador de profundidad del hallazgo.
Ajuste de sensibilidad.
Identificación del tipo de metal por tonos
Platos intercambiables de distintas medidas y de gran resistencia y sumergible.
Controlado por microprocesador.
Peso 1.2 kg
Frecuencia - 7.2 kHz Alimentación 4 pilas de 1,5 v (incluidas)

El resultado del proceso de selección, propone como detector mas apropiado para la detección de minas, es “El Dorado” de la marca el Tesoro. Este sensor actualmente en el mercado tiene un costo de US. 550, por tal motivo no fue adquirido.

De igual manera ilustramos un segundo sensor que por sus destreza, características y precio, se selecciono para la elaboración de este proyecto:

Figura No. 35: ACE 150.



1. Bobina de Serie rugosa y permutable 6.5* 9, impermeable
2. Batería 4 pilas AA.
3. 5 Objetivo de segmento ID
3 indicadores de profundidad.
- 4 Ajustes de Sensibilidad
4. Confortable mango de espuma
5. Brazo ajustable acolchado
6. Soporte para mantener el detector suspendido cuando no esta en uso.
7. Fácil interruptor delantero y trasero.
3 modos predeterminados de discriminación
8. 3- Piezas ajustables/ Mango de plástico y de fácil transporte

Tabla 22 Especificaciones del sensor ACE 150

<p>Características: Identificación del tono. Tono claro del altavoz. Exhibición grande del LCD. Indicador bajo de la batería. Controles de botón.</p>	<p>Especificaciones: Longitud: 42" a 51" - ajustables Peso: 2.7 libras. (1.2 kilogramos.) Frecuencia - 6.5 kilociclos. Funcionamiento por batería de 4 AA (baterías incluidas).</p>
<p>Modos de la búsqueda: Todo el metal. Joyería. Monedas</p>	<p>Ajustes: Gama completa, multi-modos de la discriminación del material encontrado. Sensibilidad/profundidad Modo, 5 patrones distintos de la discriminación de materiales.</p>

Su inconveniente radica en el alcance de profundidad de detección. Sin embargo, el alcance real de cualquier detector depende de tres factores:

Tamaño del objeto (por mas profundo que este mas grande debe ser).

Tiempo de enterrado (por mas tiempo enterrado mejor, por la reacción química del metal).

La composición de la tierra (terrenos libres de minerales metálicos permiten una mejor detección de metales fundidos que terrenos altamente mineralizados).

A. Cálculos de inductancia del detector

La bobina exploradora del detector de metales se confecciona enrollando 17 vueltas de alambre flexible aislado, calibre 20 AWG, sobre un forma semicircular de 22 centímetros y la otra de 17 centímetros. Las bobina se encuentran unidas por medio de un blindaje electrostático, el cual se puede confeccionar con la unión de cinta aislante plástica con envoltura de papel aluminio.

Para calcular un inductor del tipo solenoide emplearemos la fórmula de Wheeler.

$$L[\text{mHy}] = \frac{0,001 n^2 D^2}{l + 0,45 D}$$

n = número de espiras, D = diámetro de la bobina en mm, l = longitud del bobinado en mm.

La fórmula general para cualquier núcleo de sección rectangular o cuadrada (como normalmente se los encuentra en RF) es:

$$L [\text{mHy}] = 0,0002 \mu_r n^2 h \ln (d_{\text{ext}}/d_{\text{int}})$$

(\ln es el logaritmo natural).

Donde:

- h será la altura del toroide expresada en **mm**.
- d_{ext} el diámetro exterior
- d_{int} el diámetro interior (del orificio).
- μ_r es la permeabilidad relativa del material del núcleo (1 para aire, plástico, madera, etc), (popularmente conocida como el "*mu*" del material).

Debido a que la bobina del detector de metales presenta una forma semicircular la inductancia debe ser calculada con la **fórmula de un toroide**, con núcleo de aire.

A. Calculando la inductancia obtenemos:

Tabla 23 Valores necesarios para el calculo de la inductancia ideal del sensor

Permeabilidad	n	h (mm)	dext.(mm)	dint.(mm)
1	17	100	1600	1320

$$L [\mu H] = 0,0002 \mu_r n^2 h \ln (d_{ext}/d_{int})$$

$$L [\mu H] = 0,0002 * 1 * 17^2 * 100 * \ln (1600/1320)$$

$$L [\mu H] = 1,11 \mu H$$

El coeficiente de sobre tensión Q de las bobinas con núcleo de aire esta comprendido entre 80 y 200, condicionando los valores de la inductancia a una gama que abarca desde algunas decenas de ηH hasta unos μH

B. La capacidad distribuida

La capacidad distribuida de una bobina puede estimarse muy fácilmente, aplicando la siguiente fórmula:

Cd [pF] = K*D, donde D se expresa en mm

y K depende de la relación longitud a diámetro (l/D) de la bobina de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 24 Tabla de valores para la selección de k según l/D

l/D	0,1	0,3	0,5	1	2	4	6	8
K	0,096	0,06	0,05	0,046	0,05	0,072	0,092	0,112

Calculando la capacidad distribuida teniendo:

l= longitud del bobinado en mm. = 5380 mm.

D = diámetro de la bobina en mm, = dint = 1320 mm.

$$\frac{l}{D} = \frac{5380}{1320} = 4.075$$

Con este valor entramos a la tabla, para l/D, K=0,072

$$Cd = K * D = 0,072 * 1320$$

$$Cd = 95,04$$

C. La inductancia efectiva de un inductor cualquiera

LA INDUCTANCIA, **depende de la frecuencia**. Es mayor a medida que aumenta la misma. Esto se debe justamente a la existencia de la capacidad distribuida.

Aplicando la siguiente identidad se puede calcular la "verdadera" inductancia de una bobina a una frecuencia dada.

$$L^* = \frac{L}{1 - 1.000.000 (2 \pi f)^2 L Cd}$$

donde:

- L = inductancia calculada = 1,11 μ H.Cd
- Capacidad distribuida de la bobina = 95,04 pF.
- F= Frecuencia en MHz.

Para los valores de frecuencia encontrados durante las pruebas del sensor, podemos calcular el verdadero valor que toma la inductancia de la bobina del detector mostrado en la tabla 25.

Tabla 25 Valores de inductancia, según los rangos de frecuencia.

Frecuencias (MHz)	0.35	0.468	0.906
L *	1.122143	1.102605	1.104056

Los valores que pude tomar la inductancia son muy parecidos a el valor de la inductancia teórica. Se aproximan mas a este valor cuando el valor de la frecuencia se aproxima a 1.

B. CARACTERISTICAS IMPORTANTES:

A. Profundidad de la detección:

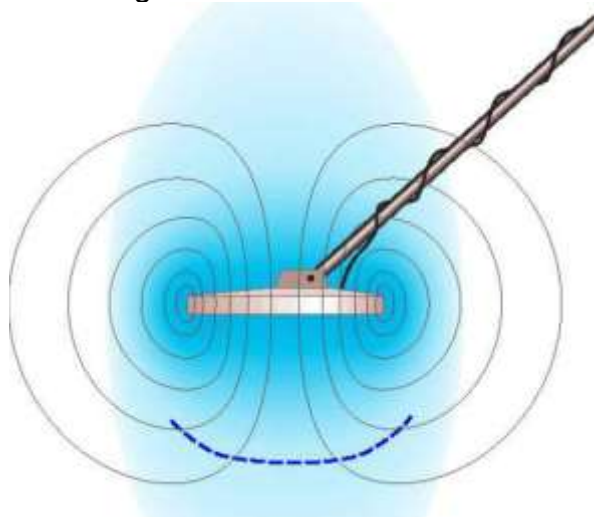
Aparte de la sensibilidad y resistencia óptima, el detectores de minas requieren una indicación de la profundidad exacta de detección. Las minas se colocan generalmente a un profundidad de 20 a 50 milímetros debajo de la superficie. La capacidad de profundizar debe extenderse en toda la anchura de la cabeza del detector, preferiblemente con mínimos cambios de profundidad en toda ella.

Figura No. 36: Gama de discriminación del detector



La bobina del detector de metales genera un campo magnético (Figura 36), Muestra las líneas de dirección del campo. La sensibilidad de la detección, para un blanco en particular, disminuye rápidamente al aumentar la distancia desde la bobina (Figura 37), Mostrada en cortinas azules oscuro a azul claro. El límite de detección para un blanco normal se ilustra por la línea discontinúa azul debajo de la bobina.

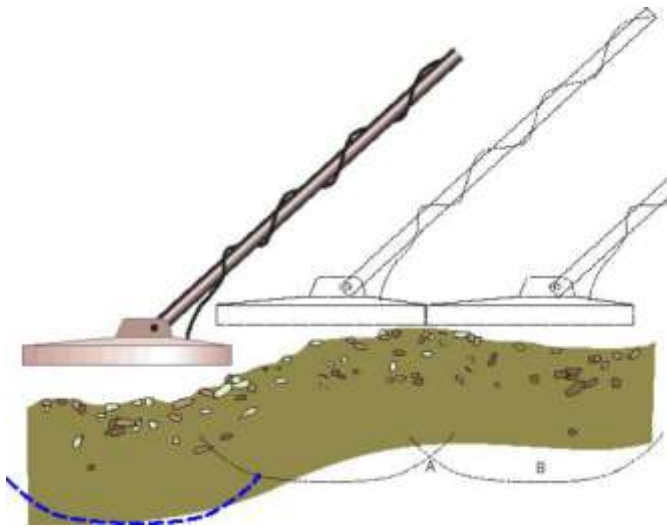
Figura No. 37: Rango de bobina del detector de metales



Cuando un *Desminador*¹ barre la tierra con el detector de lado a lado, puede asumir que moviendo en cada barrido la anchura de la bobina y juntando los barridos, no se ha dejado posibles blancos. La figura No.38 demuestra que si el blanco estuviera en la posición 'A' habría sido pasado por alto. Cuanto más plano sea el límite de detección a lo largo de la bobina, menos importa este.

Figura No. 38: Barrido de un detector de minas

¹ Soldado encargado de la detección de minas.



B. Capacidad de localizar:

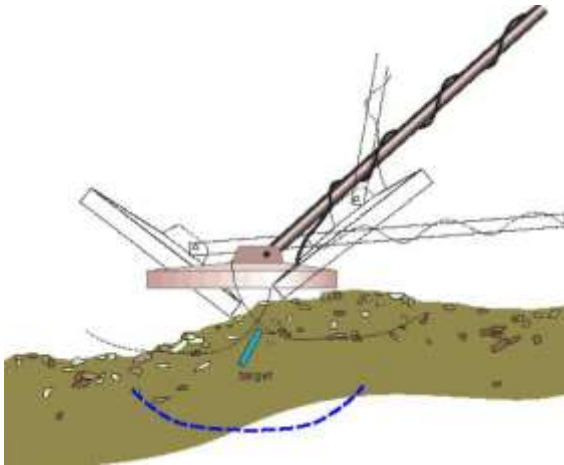
Los *Desminadores* deben utilizar el detector para localizar los blancos tan precisamente como sea posible.

Localizado un blanco con la bobina horizontal, pueden utilizarse para una localización más precisa, la bobina inclinada en ángulo. Dado que la anchura del límite de detección es mucho menor en los extremos del plato.

El detector puede funcionar de una de estas dos maneras:

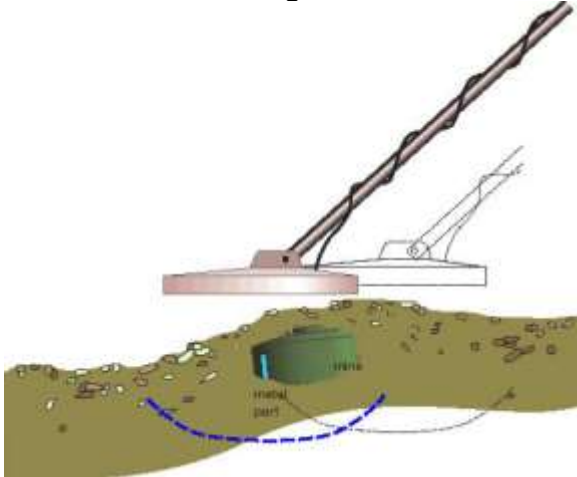
- ✚ El *Desminador* mueve el detector hasta que oye el sonido continuo más fuerte – el sonido continúa mientras que el detector todavía se sostiene sobre el blanco.
- ✚ El *Desminador* tiene que parar el detector, en movimiento, al oír un sonido. Si el detector se mantiene sobre el blanco, el sonido se desvanece. Este tipo de detector compensa los efectos de tierra haciendo un promedio de las señales de entre 1 y 3 segundos. Cualquier cambio que dure un rato corto se asume como un blanco y causa un sonido. Sostener el detector hace que el circuito que calcula el promedio asuma que la señal del blanco es parte de la tierra y el sonido se desvanece.

Figura No. 39: Posible posición de funcionamiento de un sensor



Localizar un blanco requiere que el *Desminador* marque el punto donde sea más fuerte el sonido del detector, y también marque otro punto cercano al blanco, pero donde el sonido apenas pueda ser oído. Un tercer punto se marcará a 15 centímetros del segundo, donde será seguro comenzar a excavar hacia el blanco. El detector puede responder al metal de la cara externa de la mina, excavando en el punto donde se escuche un sonido por pequeño que sea puede ser peligroso.

Figura No. 40: Demarcación de un desminador



La demarcación es un trabajo que lleva a cabo el *Desminador*, pero podría realizarse de forma automática utilizando un dispositivo que se active por la acción de detección que indique el detector de metales.

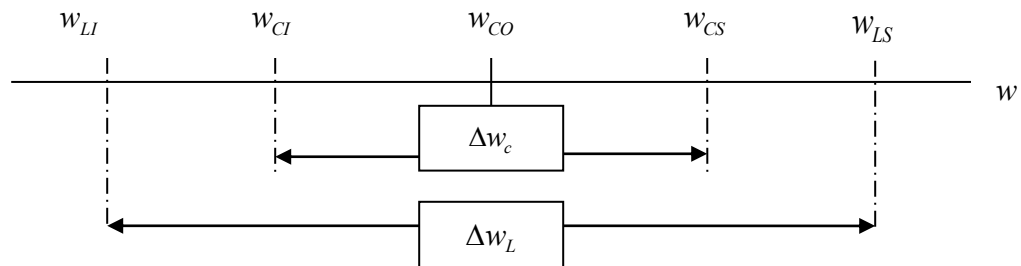
En este caso el objetivo se en concentraría en detectar la señal mas fiable que el detector emitiría en el momento de la localización de pedazos de metal ferrosos de una longitud máxima de 5 cm. (Ver capítulo de pruebas).

Como anteriormente fue citado, el detector emite diferentes frecuencias dependiendo del tipo de material encontrado, discriminando tamaño o forma. Tomando como base esto, se podría tomar, para la elaboración del señalizador, la señal de frecuencia emitida e introducida en un traductor que me permita convertir esta señal de tal forma que pueda ser utilizada para la demarcación.

El circuito PLL es un sistema realimentado cuyo objetivo principal consiste en la generación una señal de salida con amplitud fija y frecuencia coincidente con la de entrada, dentro de un margen determinado.

Cuando el PLL está fuera de de sintonía, a frecuencia de señal de entrada muy alta o bien muy baja, la tensión de salida adopta la pulsación central (w_{co}). Existe una banda de frecuencia (Δw_l margen de enganche) entre las que el PLL está en sintonía, caracterizado por ($w_i = w_o$), y otra entre las que el circuito es capaz de sintonizar (Δw_c margen de captura). El margen de captura es siempre inferior al de enganche y ambos están centrados respecto a la pulsación central, figura 40.

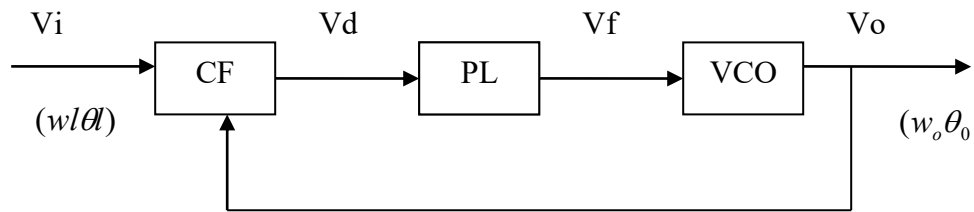
Figura No. 41: PLL



C. Cálculos del PLL:

El diagrama de bloques de la figura 42. Corresponde a un circuito en bucle por enganche de fase (PLL: Phase-locked loop). La señal de entrada y de salida son $V_i = V_{iM}$ y $V_o = V_{oM}$

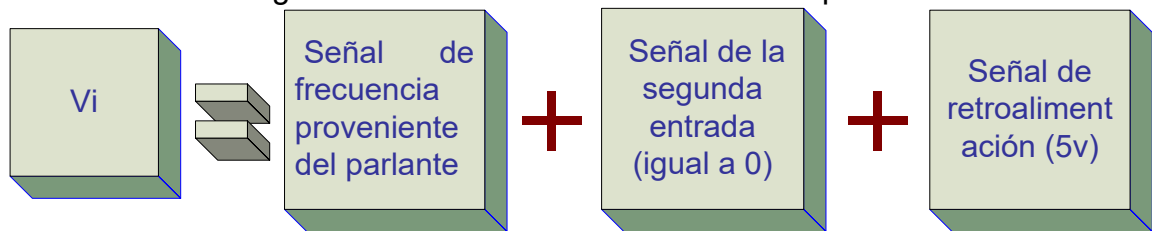
Figura No. 42: Diagrama de un circuito PLL



CF=Comparador de fase (multiplicador)
 PL=Filtro pasa bajo.
 VCO= Oscilador controlado por tensión.

Donde la señal de entrada para por el comparador de fase, manteniendo y mejorando su frecuencia, luego por el filtro pasa bajo, eliminando los ruidos de esta y finalizando el oscilador por tensión que convierte la frecuencia en la señal de voltaje como se muestra en la figura No 43.

Figura No. 43 Secuencia de la señal del parlante



Tomando como primera instancia que el comparador de fase es lineal y cumple con $Vd = Kd \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_o + \alpha_i \right) = Kd \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_e \right)$

Kd = Ganancia de conversión del CF (Phase comparator- conversión gain).

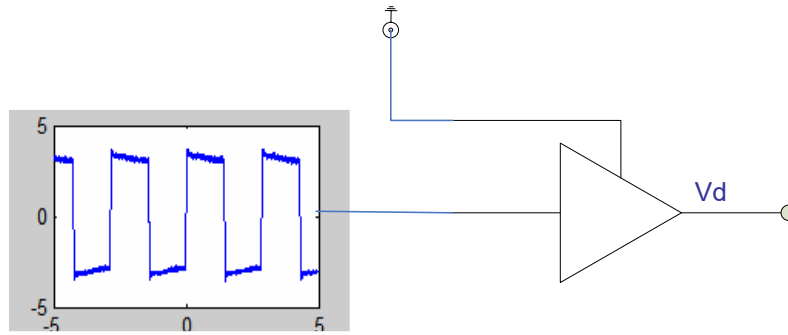
α_i =Fase de la señal de entrada.

α_o =Fase de la señal de salida.

α_e =Desfase de error.

Podemos determinar los valores permanentes de la pulsación de salida y del desfase de error al aplicar la entrada del sensor $\omega_{iM} u(t)$:

Figura No 44. Señal de entrada al comparador



En régimen estacionario y con entrada en escalón de pulsación $\omega_{iM}u(t)$ se obtiene:

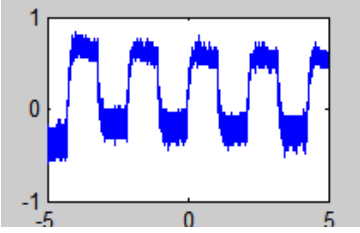
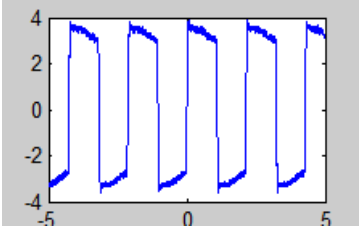
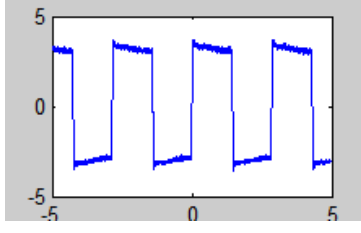
$$\lim_{t \rightarrow \infty} \omega_o(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \left\{ \frac{K_v}{\tau s^2 + s + K_v} \frac{\omega_{iM}}{s} + \frac{\left[\frac{\pi}{2} - \alpha_e(0) \right] K_v + \tau \omega_o(0) + \omega_{co}}{\tau s^2 + s + K_v} \right\} = \omega_{iM}$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \alpha_e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \left\{ -\frac{\tau + 1}{\tau s^2 + s + K_v} \frac{\omega_{iM}}{s} + \frac{(\tau + 1)\alpha_e(0) + \frac{\pi}{2s} K_v + \frac{\omega_{co}}{s} + \tau \omega_o(0)}{\tau s^2 + s + K_v} \right\} = \frac{\pi}{2} - \frac{\omega_{iM} - \omega_{co}}{K_v}$$

Resumiendo el funcionamiento del PLL. Cuando el circuito esta sintonizado, la frecuencia de la señal de salida coincide con la entrada pero ambas señales mantienen un desfase que depende de la desviación de frecuencia respecto a la central del VCO.

Observando las señal de entrada del sensor como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26 Frecuencias de entradas emitidas por el sensor

		
Frecuencia = 918.3 Hz.	Frecuencia = 486 Hz.	Frecuencia = 350.8 Hz

Estas presentan una forma cuadrada a medida que la frecuencia es menor y senoidal a medida que la señal es de frecuencia mayor.

La tensión de salida del multiplicador, tomando la señal senoidal es

$$Vd = K_m v_i v_o * \text{sen}(\omega_i t + \theta_i) = K_d [\cos(\omega_o t - \omega_i t + \theta_o - \theta_i) - \cos(\omega_o t + \omega_i t + \theta_o + \theta_i)]$$

con:

$$Kd = K_m \frac{V_{iM} V_{oM}}{2} \quad \omega_i = 2\pi f_i \quad \omega_o = 2\pi f_o$$

La señal de salida comprende dos componentes con pulsaciones $\omega_o - \omega_i$ y $\omega_o + \omega_i$. Para $\omega_o = \omega_i$

Si ($\omega_o = \omega_i$), el PLL se encuentra sincronizado, una de las dos componentes es continua y coincide con el valor medio de la tensión de salida del filtro (V_{fm}) y, a través del VCO modifica la frecuencia de la señal de salida. Como V_{fm} depende de la señal de desfase $\theta_o - \theta_i$, la realimentación impone que, en régimen permanente, las señales de salida y entrada tengan un desfase dependiendo de la desviación de frecuencia $\omega_o - \omega_{co}$.

Margen de enganche:

La salida del multiplicador es:

$$Vd = K_d [\cos(\theta_o - \theta_i) - \cos(2\omega_o t + \theta_o + \theta_i)]$$

Tensión que comprende dos componentes: una continua y otra con frecuencia doble a la entrada. Admitiendo que esta última resulta suficientemente atenuada por el filtro, la tensión de salida será:

$$v_f \approx K_d \cos(\theta_o - \theta_i)$$

Por tanto, el VCO oscilará a la pulsación:

$$\omega_o = \omega_{co} + K_v \cos(\theta_o - \theta_i).$$

Margen de captura

En el momento de la captura, en primera aproximación y como máximo, el valor de tensión del filtro es:

$$v_f = \frac{K_d}{\sqrt{(\omega_{co} - \omega_i)^2 \tau^2 + 1}}$$

la pulsación pasaría a ser:

$$\omega_o = \omega_{co} + \frac{K_d}{\sqrt{(\omega_o - \omega_i)^2 \tau^2 + 1}} \quad \circ$$

también:

$$\omega_i - \omega_{co} = \frac{K_d}{\sqrt{(\omega_o - \omega_i)^2 \tau^2 + 1}} \quad \circ$$

bien

$$\omega_i - \omega_{co} = \frac{K_d}{\sqrt{(\omega_{co} - \omega_i)^2 \tau^2 + 1}}$$

Utilizando la aproximación equivalente a $2\tau K_v > 1$

$$\omega_i = \omega_{co} \pm \frac{1}{\tau} \sqrt{\frac{\sqrt{4\tau^2 K_v + 1} - 1}{2}} = \omega_{co} \pm \sqrt{\frac{K_v}{\tau}}$$

Una de las iteraciones produce los siguientes resultados:

$$v_f = \frac{K_d}{\sqrt{\frac{\sqrt{4\tau^2 K_v + 1} - 1}{2}}}$$

$$\omega_i = \omega_{co} \pm \frac{1}{\tau} \frac{K_v}{\sqrt{\frac{\sqrt{4\tau^2 K_v + 1} - 1}{2}}} = \omega_{co} \pm \sqrt{\frac{K_v}{\tau}}$$

Las pulsaciones limites de captura son:

$$\omega_{CS} = \omega_{co} + \sqrt{\frac{K_v}{\tau}} \quad \omega_{CI} = \omega_{co} - \sqrt{\frac{K_v}{\tau}}$$

La captura o sintonía del PLL se realiza dentro del margen siguiente:

$$\Delta\omega_c = \omega_{CS} - \omega_{CI} = 2\sqrt{\frac{K_v}{\tau}} \quad \Delta f_c = \frac{\Delta\omega_c}{2\pi} \quad \text{conocido}$$

por margen de captura (capture range)¹².

¹² Otra derivación puede ser Hold-on range y Pull-in range

D. Aplicación del circuito integrado LM2707N:

Estudio Interno:

Tabla 27 Rangos de operación del LM 2707

Vim	Vom (v)	fco (Hz)	Km (1/V)	Ko (rad/s/V)
8	5	1000	0,008	11000

$$K_d = 0,008 * \frac{8 * 5}{2} = 0,16$$

$$\omega_{co} = 2 * \pi * 1000 = 6283,18$$

$$K_v = 0,008 * 11000 = 88$$

$$\omega_{LS} = 6283,18 + 88 = 6371,18(\text{rad} / \text{s})$$

$$f_{LS} = 6371,18 / 2\pi = 1014(\text{Hz}).$$

$$\omega_{LI} = 6283,18 - 88 = 6195,18(\text{rad} / \text{s})$$

$$f_{LI} = 6195,18 / 2\pi = 986(\text{Hz}).$$

$$\Delta\omega_L = 2 * 88 = 176(\text{rad} / \text{s})$$

$$\Delta f_L = 176 / 2\pi = 28(\text{Hz})$$

Teóricamente para el caso de $\tau = 10(\text{ms})$ y las tres frecuencias trabajadas por el sensor, en régimen estacionario la tensión de salida del filtro es:

Tabla 28 Tensión de salida para cada frecuencia de entrada

Frecuencia (Hz)	Tension de salida (v)
350	0.117
468	0.1165
918	0.127

E. Selección del PLL

Para la selección del PLL debemos tener presente los siguientes parámetros:

- ☒ Frecuencia programable entre valores de 0 a 1000 (Hz). (Rango de frecuencia tomado de acuerdo a las frecuencias de salida de audio provenientes del sensor)
- ☒ Tensión de alimentación preferiblemente de 5 voltios.
- ☒ Resistente a picos de tensión altos.
- ☒ Voltajes de la señal de entrada entre los rangos de 0-10 voltios.
- ☒ Señal de la tensión de salida cuadrada o lineal.

Algunos de los PLL utilizados en la industria son:

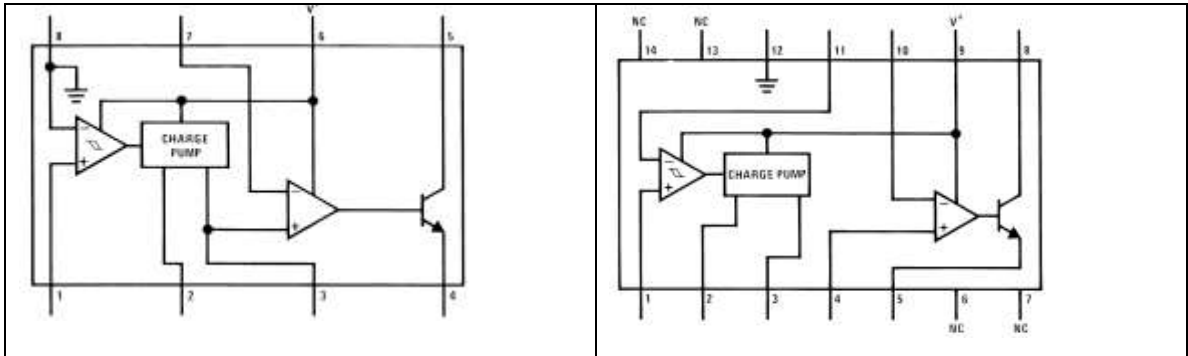
Table 29 Referencias de PLL en el mercado

Referencia	Ventajas	Desventajas
NE565	<ul style="list-style-type: none"> ❑ VCO con frecuencia central de alta estabilidad (200 ppm/C). ❑ Comparador de fase lineal ❑ Tensión de salida triangular o cuadrada, compatible con TTL. 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Frecuencia programable mediante resistencia y condensador externos (R_1C_1) entre 500(Hz) y 500(kHz). ❑ Tensión de alimentación comprendida entre 6 y 12(v). ❑ Voltaje de entrada máximo 6 (v).
LM2707	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Voltaje de entrada máximo 25 (v). ❑ Tensión de alimentación comprendida entre 2.3 y 7 (v). ❑ Oscilador de frecuencia programable entre 0.01 (Hz) y 10 (kHz). 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ No es comerciable el integrado bajo esa referencia, debe acomodarse su funcionamiento con el LM2707N (integrado de 14 patas)
LM2717	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Tensión de alimentación comprendida entre 2.3 y 7 (v). ❑ Oscilador de frecuencia programable entre entre 0.01 (Hz) y 100(kHz). ❑ Presenta una protección (diodo) en la salida de tensión del integrado 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Sensibles a picos altos de tensión. ❑ Precio comerciable alto. ❑ Tensión de salida senoidal.

La referencia mas adecuada para la elaboración del PLL es el integrado LM2707, adecuando su funcionamiento con el comerciable.

Figura No 45. Circuito internos del LM2707

LM 2707	LM2707N
---------	---------



Es decir:

Tabla 30 Tabla de pines del integrado LM2707

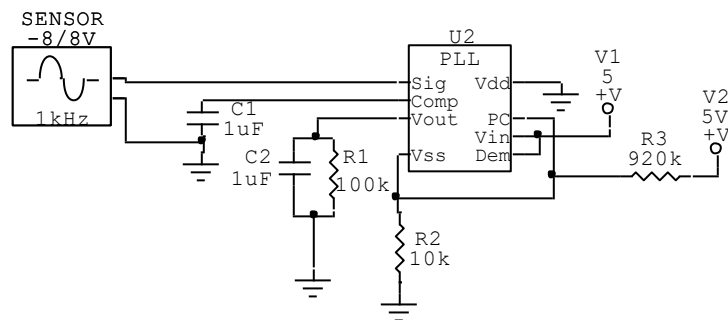
LM2707	PIN1	PIN2	PIN3	PIN4	PIN5	PIN6	PIN7	PIN8
LM2707N	PIN1	PIN2	PIN3--PIN4	PIN5	PIN8	PIN9	PIN10	PIN11

Teniendo presente esto, la salida de la señal convertora de frecuencia a voltaje debe ser llevada a un traductor el cual me emita los pasos a seguir a partir de la localización de una señal del detector.

La secuencia de funcionamiento del proyecto la podemos encontrar al iniciar este capítulo, de igual forma los cálculos, elaboración y pruebas de este dispositivo (LM2707N), lo podemos encontrar en los capítulos 4 de pruebas.

Para la elaboración del convertidor de frecuencia a voltaje, se monta el siguiente circuito base:

Figura No. 46. Circuito lector de frecuencia.



Donde los rangos finales de conversión de voltaje que debe leer el controlador se observa en la tabla ..

Tabla 31 Rango de voltajes a la salida del PLL

Material	Metales	Joyas	Lata o Tapas
Rango de Voltaje	1.8—3.0	0.5 –1.7	3.5 – 4.0

3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

3.3.1 CONTROLADOR:

Se designa el nombre de controlador al sistema encargado de recibir la señal proveniente del detector de metales y accionar otras ordenes guardadas en este sistema. Es decir un bloque que recibe y emite las acciones a realizar en caso de que la detección sea positive.

Las característica que deben cumplir este tipo de transductores son:

Exterior:

- 4 Entradas de voltaje.
- 20 Salidas a 5 o 12 voltios
- 1 Entrada de frecuencia.
- Tamaño, preferiblemente de menor tamaño y peso.
- Alimentado a máximo 12 voltios.

Interiormente:

- Conversor Análogo Digital.
- Memoria de almacenaje de mas de 200 posiciones.
- Comunicación por puertos.

Algunos de los dispositivos opcionados se observan en la tabla 33, mostrada a continuación:

Tabla 32 Posibles Controladores

DISPOSITIVO	CARACTERISTICAS
<p>PLC (Programable logic controller)</p> <p>Figura No. 47 PLC</p>	<p>Equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.</p> <p>Un PLC trabaja en base a la información recibida</p>

	<p>por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.</p> <p>Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. , por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones.</p>
<p style="text-align: center;">DSP <i>(Procesadores Digitales de Señales)</i></p> <p style="text-align: center;">Figura No. 48 DSP</p> 	<p>Su función no es otra sino recibir una señal como entrada, hacer unas operaciones sobre esta señal y sacar a su salida una nueva señal.</p> <p>Un DSP se puede programar tanto en ensamblador como en C. Cada familia de DSP tienen su propio lenguaje ensamblador y sus propias herramientas suministradas por el fabricante.</p> <p>El DSP posee dos bloques separados e independientes de memoria, cada uno con su propio bus de acceso, permitiendo así al procesador ir a buscar la siguiente instrucción y dato en el mismo ciclo de reloj (Fetch).</p> <p>Es utilizado en campos de biomedicina, radar, sismología, procesamiento de música y voz, comunicación y imágenes.</p>
<p>MICROCONTROLADOR</p> <p style="text-align: center;">Figura No. 49. Microcontrolador</p> 	<p>Circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de un ordenador: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.</p> <p>Un microcontrolador tiene un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria RAM y ROM/EPROM/EEPROM, significando que para hacerlo funcionar, todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los microcontroladores disponen generalmente también de una gran</p>

	variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidores de analógico a digital, temporizadores, UARTs y buses de interfaz serie especializados, como I ² C y CAN.
--	---

Las diferentes ventajas y desventajas que estos dispositivos presentan entre si para su selección se pueden observar en al tabla 34.

Tabla 33 Ventajas y Desventajas del controlador

Dispositivo	Ventajas	Desventajas
PLC	<p>Puertos de entrada/salida análogas (estándar mas o menos 24).</p> <p>Tarjetas especiales, amplificadores, receptores de frecuencia.</p> <p>12000 registros de datos</p> <p>16 entradas y salidas digitales (varían según el modelo)</p> <p>1 ó 2 puertos seriales.</p> <p>Capáz de comunicarse con un sistemas central de datos para propósitos de monitoreo</p>	<p>El coste inicial también puede ser un inconveniente.</p> <p>Tamaño de 20*10*8 .</p> <p>Funciona a 120 voltios AC.</p>
DSP	<ul style="list-style-type: none"> • Puertos de entrada / salida • Unidades de comunicación serie (RS 232) • Temporizadores • Contadores • Bucles enganchados en fase (PLL) • Buses I²C y/o SPI • Convertidores A/D y D/A • Módulos de control de ancho de pulso • Procesamiento paralelo. 	<p>Los sistemas digitales son más confiables que los correspondientes sistemas análogos.</p> <p>La tolerancia de los componentes en un sistema análogo hacen que esto sea una dificultad para el diseñador al controlar la exactitud de la señal de salida análoga.</p>

MICROCONTROLOR-LADOR	Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso). Memoria RAM para Contener los datos. Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM. Líneas de E/S. Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).	No presenta bucles enganchados en fase (PLL), ni entradas de frecuencia. Presenta una memoria lineal, en la que se almacenan tanto datos como instrucciones de programa. Esto obliga a generar programas que no sobrepasen límites de tamaño ya que podrían sobrescribirse datos por instrucciones o viceversa.
----------------------	---	--

Como los microcontroladores se utilizan sobre todo en aplicaciones donde existen acontecimientos externos que requieren de la detección y el control, por esta razón es el dispositivo seleccionado.

Un microcontrolador es, como ya se ha comentado previamente, un sistema completo, con unas prestaciones limitadas que no pueden modificarse y que puede llevar a cabo las tareas para las que ha sido programado de forma autónoma. Esta tareas van ligadas a los puerto que se van a utilizar de salida y de entra, por esta razón debe realizarse otra selección que cumplan principalmente los siguientes requisitos.

- 4 Entradas de voltaje.
- 20 Salidas a 5 o 12 voltios (10 para los motores del vehiculo, 4 motor del brazo, 1 motobomba, 2 luces traseras, 2 luces de señalización).
- Memoria de almacenaje de mas de 200 posiciones.
- Comunicación por puertos serial.
- Memoria RAM mayor a 192

Los microcontroladores poseen principalmente una ALU (Unidad Lógico Aritmética), memoria del programa, memoria de registros, y pines I/O (entrada y/O salida). La ALU es la encargada de procesar los datos dependiendo de las instrucciones que se ejecuten (ADD, OR, AND), mientras que los pines son los

que se encargan de comunicar al microcontrolador con el medio externo; la función de los pines puede ser de transmisión de datos, alimentación de corriente para el funcionamiento de este o pines de control específico.

Subfamilia de microcontroladores, actualmente encontramos cuatro modelos mostrada en la tabla 35.

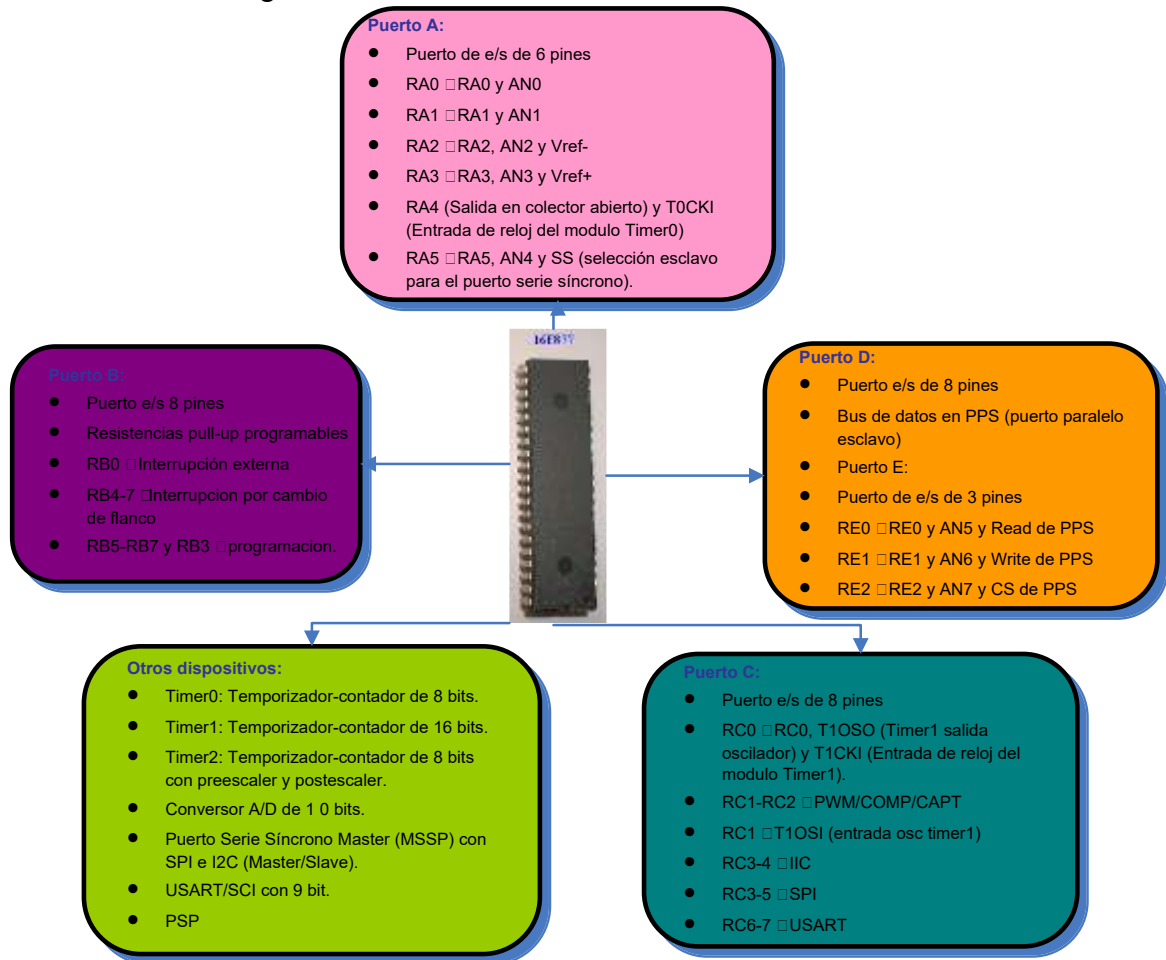
Tabla 34 Comparación de entre los PIC de la Familia 16F87X

Características	16F873	16F874	16F876	16F877
Frecuencia Máxima	DC-20Mhz.	DX-20Mhz.	DX-20Mhz.	DX-20Mhz.
Memoria de programa FLASH Palabra de 14 bits	4KB	4KB	8KB	8KB
Posiciones RAM de datos	192	192	368	368
Posiciones EEPROM de datos	128	128	256	256
Ports E/S	A, B y C.	A, B, C y D	A, B y C.	A, B, C y D
Nº de Pines	28	40	28	40
Interrupciones	13	14	13	14
Timers	3	3	3	3
Módulos CCP	2	2	2	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Comunicación Paralelo	--	PSP	--	PSP
Líneas de entrada en Convertidor A/D de 10 bits	5	8	5	8
Juego de Instrucciones	35 instrucciones	35 instrucciones	35 instrucciones	35 instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits.	14 bits.	14 bits.	14 bits.

De acuerdo a estos parámetros la referencia del microcontrolador que mas se ajustaba era el PIC16F877 mostrado en la figura No. 48.

El ambiente externo es detectado por cualquiera de los dispositivos periféricos; puertos digitales I/O, pines dedicados de interrupción, o las entradas análogas (de analógico a digital). La fuente de las señales a estos pines viene de los interruptores, sensores análogos y/o digitales, y de las señales de estado de otros sistemas. Cada entrada representa un pedazo de información sobre el estado de un cierto acontecimiento exterior. Las salidas se envían a actuadores, relays, motores o a otros dispositivos que controlen acontecimientos. Entre la detección y actuación está el microcontrolador, analizando las entradas y el estado actual del sistema, determinando cuándo y qué encender y/o apagar.

Figura No. 50 Características del microcontrolador



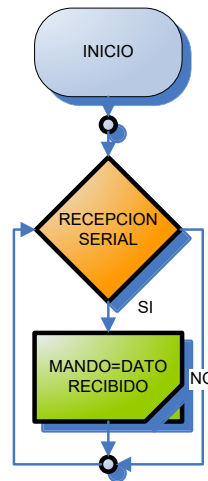
El software es el que hace todo esto, toma las decisiones, generalmente trabaja de una manera condicional; es decir, realiza saltos sólo bajo ciertas condiciones y realiza manipulaciones a nivel de bits. Las interrupciones son consideradas como condiciones externas que alteran el flujo principal del programa.

La idealización del software que controla todo el dispositivo (carro detector de metales), presenta dos microcontroladores comunicados entre ellos. Uno de estos controladores recibirá el nombre de Ordenador, encargado de recibir la información proveniente del usuario (por medio de pulsos), y enviarla al otro controlador denominado Receptor, el cual contiene las tareas a realizar en el momento del accionamiento por parte del Ordenador.

A. Ordenador:

El sistema de control envía datos que son recibidos por el sistema controlador para iniciar un accionamiento

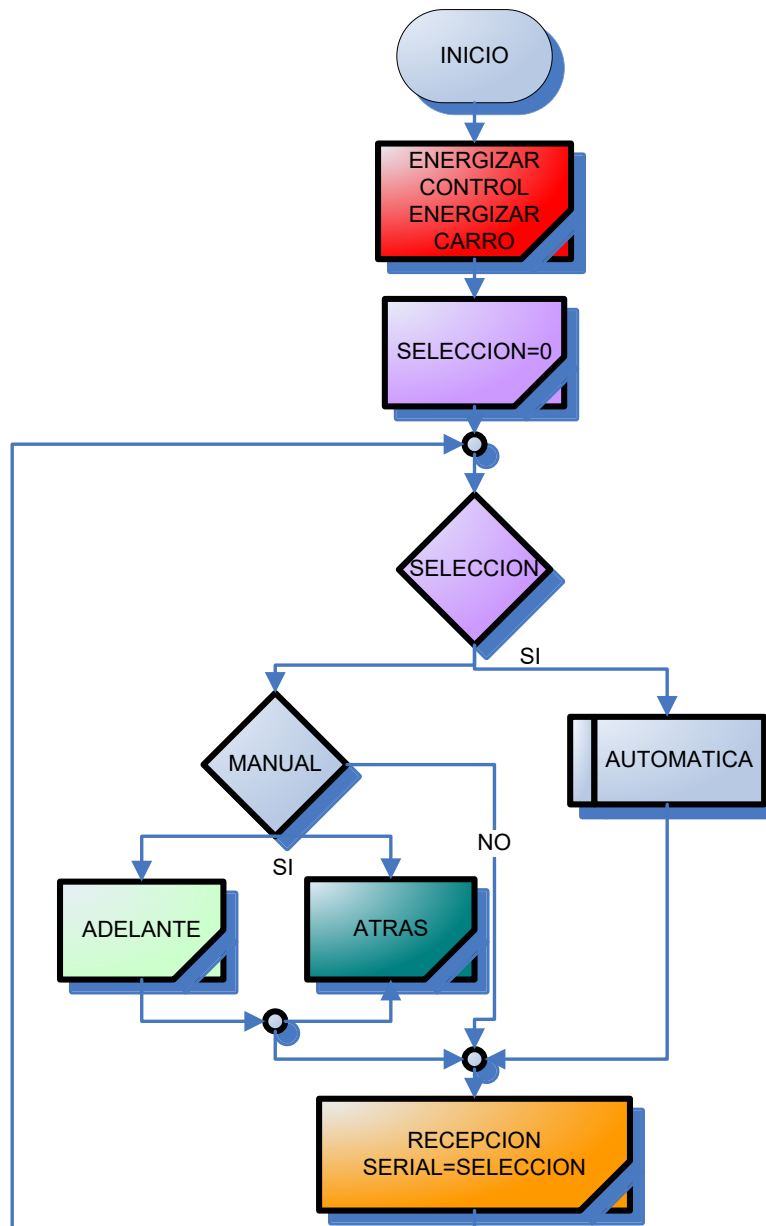
Figura No. 51: Control



El programa base del ordenador, plantean condiciones de accionamiento on-off o selección producida por el usuario. De igual manera visualiza el estado de accionamiento en el que se encuentra el dispositivo.

La estructura del programa del ordenador se ejecuta de mediante la secuencias mostrado en el diagrama de flujo mostrado en la figura No 52.

Figura No. 52: Estructura del ordenador



El microcontrolador del Ordenador presenta en su configuración exterior 5 pines de entradas y 5 pines de salidas (dos de estos utilizados para el envío de datos hacia el otro Receptor.)

Tres de los pines de salida, contienen la información enviada a la pantalla LCD, permitiendo enterar al usuario acerca del estado del dispositivo:

- Manual ---Automático.
- Manual modo sin comando.
- Automático modo sin iniciación.

- ☒ Modo detección.
- ☒ Modo señalización.

Pantalla LCD

La pantalla LCD presenta un bus de datos y un mini-bus de control, donde se le mandan los comandos.

Los módulos que encontramos habitualmente presentan 1, 2 ò 4 filas de 16 ó 20 caracteres y, a pesar de estas variaciones, el circuito integrado que los controla es el mismo. No obstante, existen módulos que poseen otros segmentos, bien números o palabras, para funciones extra.

El circuito integrado de Hitachi HD44780, o modelos compatibles, es normalmente el encargado del control del sistema. De cara al exterior encontramos un conector de 14 patillas donde se conecta la alimentación, la señal de contraste y todas las señales de control.

La función de cada pin se observa en la tabla 36.

Tabla 35 Función de cada pin del LCD

Patilla	Nombre	Nivel	Descripción
1	Vss	0v	Masa
2	Vcc	5v	Alimentación
3	Vee	Nota	Polarización del cristal
4	RS	Lógico	Registro de elección, 1=datos, 0=instrucción
5	R/W	Lógico	Read/Write, 1=lee 0=escribe
6	E	Lógico	Habilidad
7--14	DB0-DB7	Lógico	Bus de datos (DB0,LSB)

Nota:

La tensión de polarización controla el contraste de la pantalla. Para las pantallas de rango normal de temperatura se utiliza una tensión entre 0 y 5V.

Normalmente se recomienda obtener esta tensión con una resistencia variable de entre 10K y 20K conectada entre masa y la tensión adecuada.

La pantalla utilizada presenta las características presentada en la tabla 36 y fue selecciona por costos además de su tamaño¹³

.Figura No. 53: Pantalla LCD, características



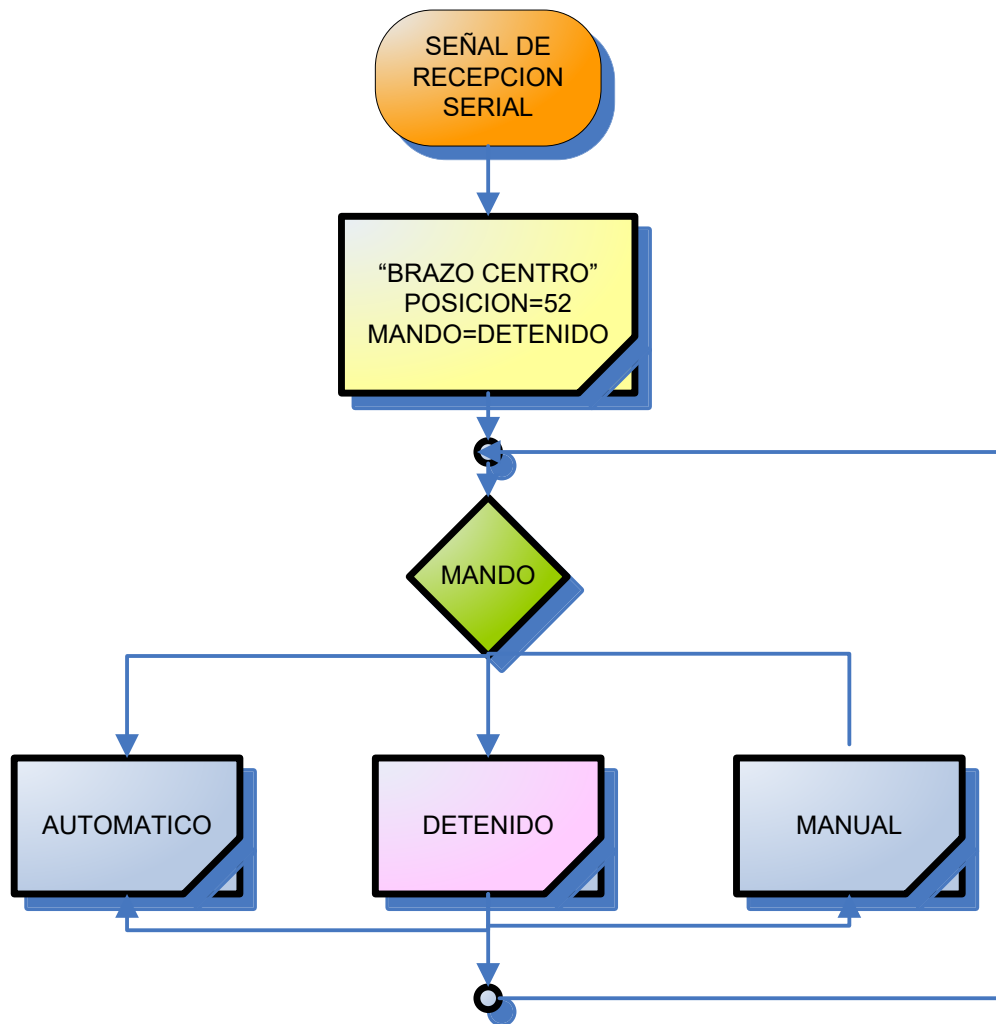
CARACTERISTICAS TECNICAS.	
Tensión de Alimentación.	9-12 V. D.C.
Consumo mínimo.	90 mA.
Consumo máximo.	105 mA.
Visualización del LCD.	2 Líneas de 16caracteres.
Contactos de entrada.	NormalmenteAbiertos / Normalm. Cerrados.
Protección contra inversión de polaridad, (P.I.P).	Si.
Medidas de la placa base.	95 x 64 x 32 mm.
Medidas del display.	85 x 44 x 15 mm.
Medidas de la pantalla deldisplay.	70 x 34 x 3 mm.

B. Receptor:

El programa base del receptor, recibe las condiciones de accionamiento on-off del ordenar y ejecutas las tareas diseñadas para realizarse en un tiempo determinado.

Figura No. 54: Receptor

¹³ La programación de este tipo de pantalla puede ser vista en los Anexos



La función mando, es la variable de control que selecciona la secuencia a trabajar por parte del receptor:

Table 36 Sistema de secuencia del receptor

Secuencia	Ejecución
Detenido	No activa ningún dispositivo.
Manual	Dependiendo de la recepción: Activa los cuatro motores pasos a paso de las ruedas (citados en la sección de eléctrica), con pulsos, para movimientos hacia a delante o hacia atrás. Cuando el carro va en reversa se encienden las luces traseras.
Automático	Activa la secuencia de detección (ilustrada en el capítulo de metodoligia): <ol style="list-style-type: none"> 1. Encendido del motor paso a paso del brazo desplazándose de 180 grados alrededor de la zona

- donde este ubicado (52 pulsos a cada lado).
2. En caso de detección, activa:
 - ⊠ Motor paso a paso del brazo ubicándolo en la posición de detección.
 - ⊠ Motobomba la cual marca la zona de detección. (activada por un tiempo de 30 ms.)
 - ⊠ Luz indicadora de detección.
 - ⊠ Motores del carro, pulsos para la reversa.
 3. En caso de no detección, se activan nuevamente los cuatro motores produciendo un movimiento en el carro no mayor a 15 cm (22 pasos).

Resumiendo el microcontrolador Receptor es el encargado de la activación de los diferentes actuadores (motores, motobomba, luces).

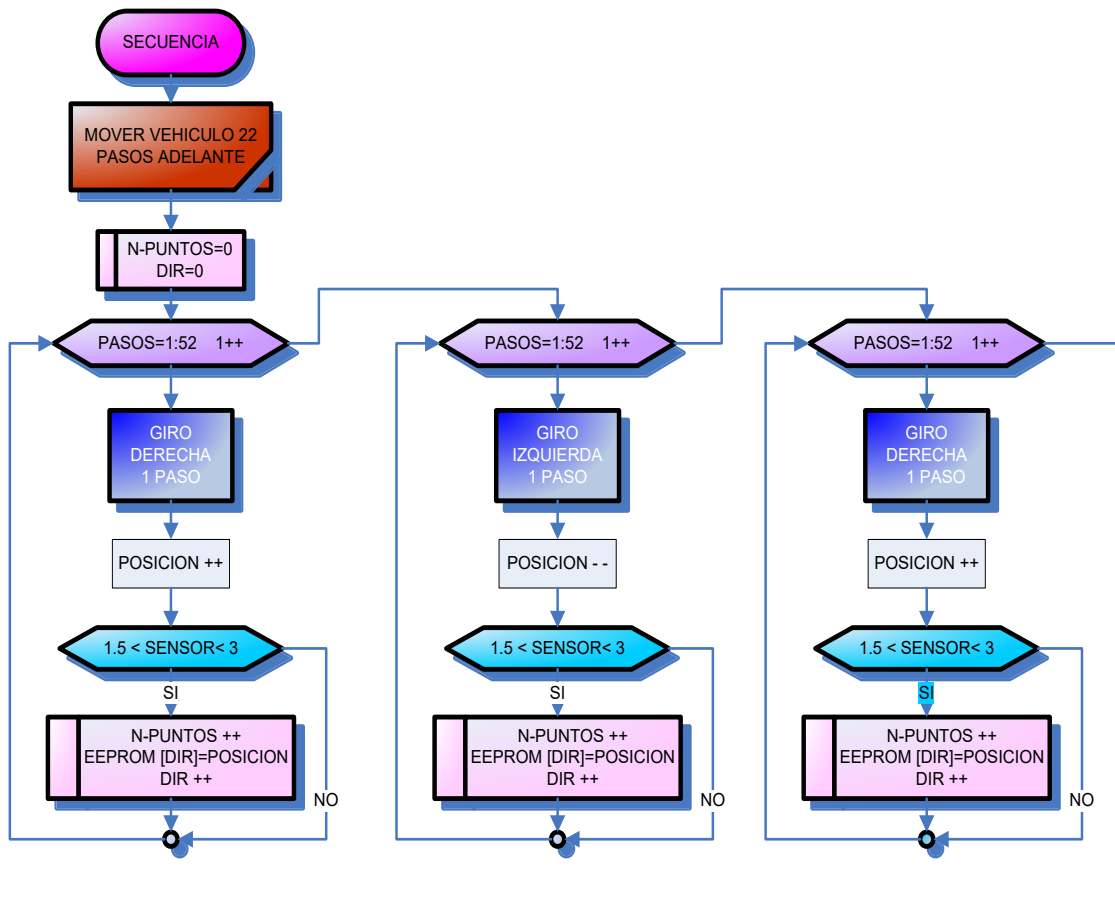
Siguiendo la tabla de frecuencia se ilustra el diagrama de bloques, donde se plantea de una forma mas exacta la programación.

El diagrama programación receptor se aprecia en la figura No. 53 Presentando como limitación los movimientos de los pasos del brazo y movimientos de los pasos de vehículo,.

Los pasos del brazo se delimitan en la cantidad de pasos que ejecuta en un movimiento de de 90 grados hacia un lado que da una cantidad de 52 pasos.

Los pasos del vehiculo se delimitan con el rango de detección que maneja el detector y la longitud del brazo, produciendo un movimiento de solo 22 pasos hacia delante, los cuales permiten dejar al vehículo en el rango ya detectado.

Figura No. 55 Secuencia del Receptor.



MANDO : VARIABLE DE CONTROL.

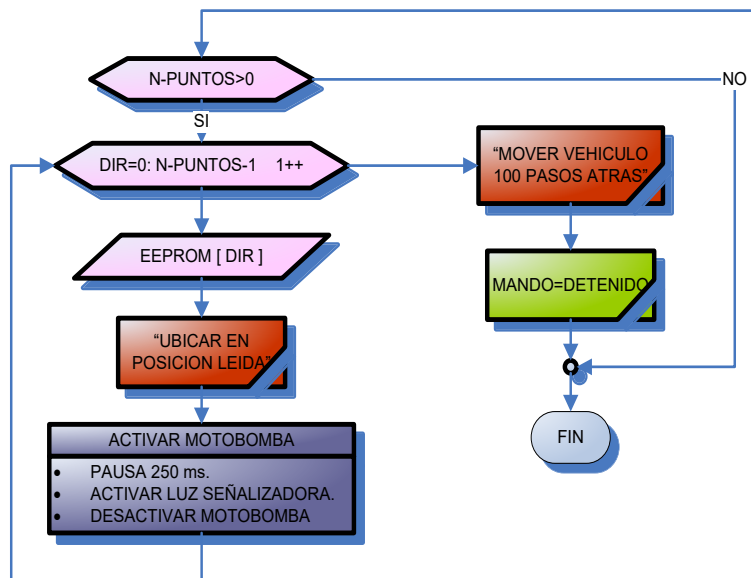
- DETENIDO
- ADELANTE MANUAL
- ATRAS MANUAL
- SECUENCIA

POSICION:
INDICA LA POSICION DEL BRAZO.



N-PUNTOS:
CANTIDAD DE PUNTOS DONDE SE
DETECTO METAL.

DIR:
DIRECCION DE MEMORIA EEPROM
AL LEER/ESCRIBIR



La comunicación entre estos controladores se efectúa por medio de dispositivos de transmisión y recepción inalámbricos o bluetooth.

3.3.2 BLUETOOTH

Es una tecnología que provee un camino fácil para la comunicación entre dispositivos sin el uso de cables. Buscando facilitar la sincronización de datos de computadoras móviles y manejadores de dispositivos.

La Tecnología Bluetooth es de pequeña escala, bajo costo y se caracteriza por usar enlaces de radio de corto alcance entre móviles y otros dispositivos, puntos de accesos de red (access points) y computadoras. Esta tecnología opera en la banda de 2.4 GHz. Tiene la capacidad de atravesar paredes y maletines, por lo cual es ideal tanto para el trabajo móvil, como el trabajo en oficinas.

A. Especificaciones

La especificación de Bluetooth define un canal de comunicación de máximo 720Kb/seg con rango optimo de 10m (opcionalmente 100m).

La frecuencia de radio con la que trabaja está en el rango de 2.4 a 2.48Ghz con amplio espectro y saltos de frecuencia con posibilidad de transmitir en full duplex con un máximo de 1600 saltos/seg. Los saltos de frecuencia se dan entre un total de 79 frecuencias con intervalos de 1Mhz; esto permite brindar seguridad y robustez. La potencia de salida para transmitir a una distancia máxima de 10m es de 0dBm (1 mW), mientras que la versión de largo alcance transmite entre -30 y 20dBm (100 mW).

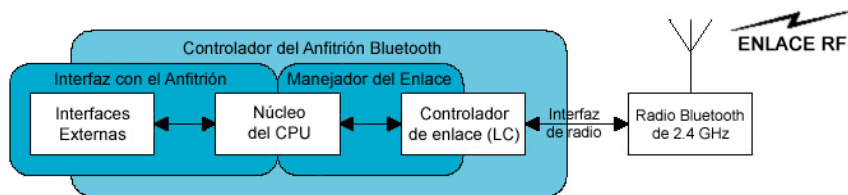
El protocolo de banda base (canales simples por línea) combina switching de circuitos y paquetes. Para asegurar que los paquetes no lleguen fuera de orden, los slots pueden ser reservados por paquetes síncronos, un salto diferente de señal es usado para cada paquete. Por otro lado, el switching de circuitos puede ser asíncrono o síncrono. Tres canales de datos síncronos (voz), o un canal de datos síncrono y uno asíncrono, pueden ser soportados en un solo canal. Cada canal de voz puede soportar una tasa de transferencia de 64 Kb/s en cada sentido, la cual es suficientemente adecuada para la transmisión de voz. Un canal asíncrono puede transmitir como mucho 721 Kb/s en una dirección y 56 Kb/s en la dirección opuesta, sin embargo, para una conexión asíncrona es posible soportar 432,6 Kb/s en ambas direcciones si el enlace es simétrico.

B. Arquitectura de Hardware

El hardware que compone el dispositivo Bluetooth esta compuesto por dos partes. Un dispositivo de radio, en cargado de modular y transmitir la señal; y un controlador digital. El controlador digital esta compuesto por un CPU, por un

procesador de señales digitales (DSP - Digital Signal Processor) llamado Link Controller (o controlador de Enlace) y de los interfaces con el dispositivo anfitrión. El LC o Link Controller está encargado de hacer el procesamiento de la banda base y del manejo de los protocolos ARQ y FEC de capa física. Además, se encarga de las funciones de transferencia (tanto asíncrona como síncrona), codificación de Audio y encriptación de datos. El CPU del dispositivo se encarga de atender las instrucciones relacionadas con Bluetooth del dispositivo anfitrión, para así simplificar su operación. Para ello, sobre el CPU corre un software denominado Link Manager que tiene la función de comunicarse con otros dispositivos por medio del protocolo LMP.

Figura No. 56: Controlador anfitrión



Entre las tareas realizadas por el LC y el Link Manager, destacan las siguientes:

- Envío y Recepción de Datos.
- Empaginamiento y Peticiones.
- Determinación de Conexiones.
- Negociación y determinación de tipos de enlace, por ejemplo SCO o ACL
- Determinación del tipo de cuerpo de cada paquete.

4 PRUEBAS

4.1 SENSOR DE METALES ACE 150.

El detector de metales, presenta señales de voltaje y frecuencia que varían dependiendo de la profundidad y tipo de metal encontrado.

Figura No. 57: Sensor ACE 150



Uno de los objetivos específicos de este proyecto, planteaba la necesidad de comprender el comportamiento del sensor de metales adquirido, en especial las medidas de selección que el realiza con respecto a los diferentes materiales encontrados, con el fin de tomar alguna variable que nos pudiera servir como guía para la comunicación con el microcontrolador.

Durante la investigación de señales emitidas por este detector encontramos formas puntos donde podrían ser tomadas y leídas por el microcontrolador.

Señal emitida por la bobina.
Señal que llegan a la pantalla LCD.
Señal enviada al parlante.

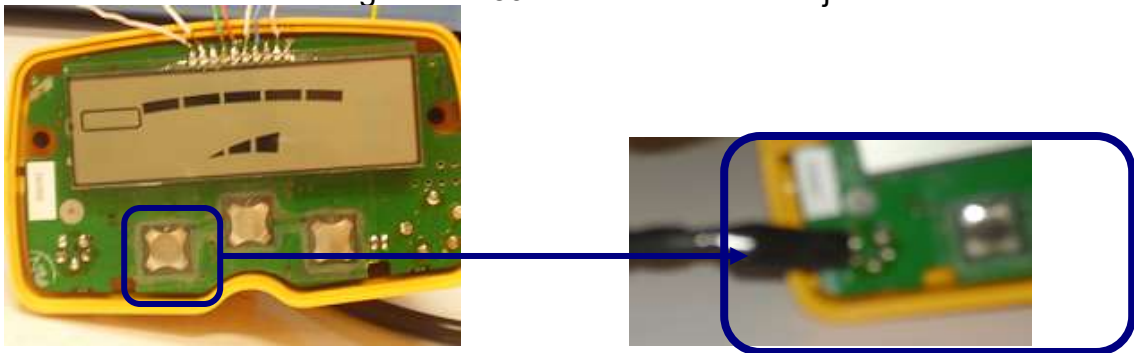
Dados estos puntos de referencia se realizan pruebas de medición de voltajes, corrientes o frecuencias, con diversos materiales, de longitudes no mayores a 3 centímetro como:

Figura No. 58: Elementos utilizados en las pruebas del sensor



4.1.1 SEÑAL EMITIDA POR LA BOBINA

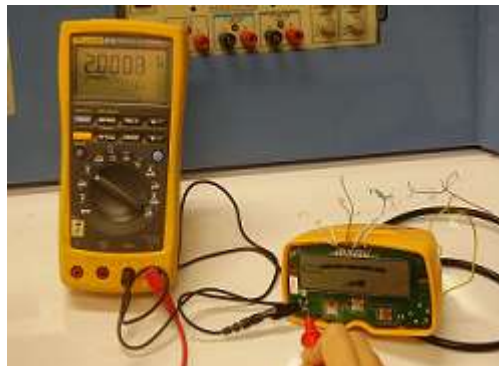
Figura No. 59: Terminales de voltaje



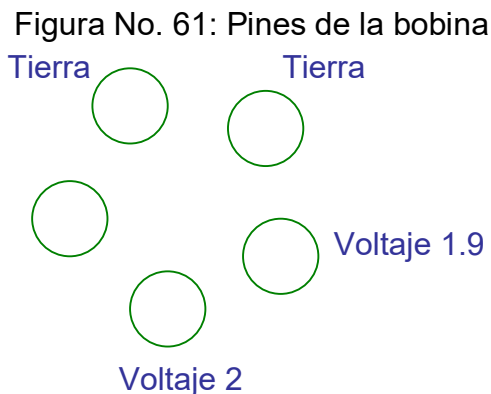
Es una señal de voltaje que se presenta en las terminales mostradas en la figura No. 59.

Las pruebas realizadas para obtener estos valores de voltaje se desarrollaron, tomando medidas de voltaje entre los cinco puntos, encontrando:

Figura No. 60: Toma de medidas en la bobina



Dos terminales de tierra y los tres restantes de voltajes que oscilaban entre valores de 1.9 y 2.0.

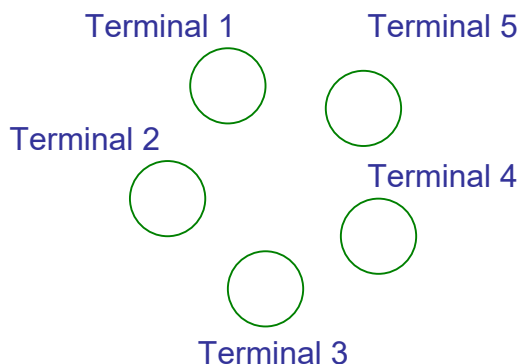


Para cualquier tipo de metal los valores de los voltajes no presentaban diferencia, solo se mostraba diferencias cuando se cambia la forma de medición entre las cuatro terminales, es decir cuando la tierra se colocaba en diferentes terminales.

Tabla 37 Voltaje de las terminales de la bobina

Terminal	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1	Tierra	0	-1.99	-1.99	0
2	0	Tierra	-1.99	-1.99	0
3	2 v.	1.99	Tierra	0	2 v.
4	1.9 v.	1.99	0	Tierra	1.99 v.
5	0	0	-1.99	-1.99	Tierra

Figura No. 62: Terminales de la bobina



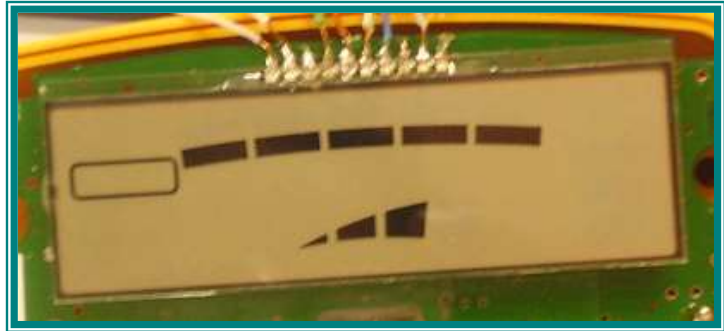
Al observar el comportamiento presentado en los terminales 3 y 4, cuando la tierra se encuentra en puntos diferentes a estos, podemos concluir que existe la

presencia de dos bobinados presentes en esta Terminales. (Un bobinado emisor y otro receptor).

4.1.2 SEÑAL QUE LLEGAN A LA PANTALLA LCD.

Partiendo del conocimiento general del funcionamiento de una pantalla LCD, se supone la presencia de voltajes en los diferentes terminales de la misma.

Figura No. 63: LCD del sensor



Esta pantalla esta compuesta por 10 pines de entrada de información, además de ser de cuatro líneas. Basados en esta información se realiza pruebas de medición de voltaje en cada uno de los pines de la pantalla.

Figura No. 64: Tomas de voltaje del LCD



Con este tipo de medición se busca ubicar los pines de alimentación, así como el comportamiento de la señalización que presenta la pantalla, buscando comprender el funcionamiento del DSP interno que contiene el sensor y de igual forma (como ya citamos anteriormente), obtener alguna señal que permita ser utilizada como un traductor.

La toma de medidas se realiza para cada uno de los pines variando únicamente la tierra en cada uno de estos y en el caso del sensor variándole la sensibilidad, manteniendo la detección modo= ALL METAL (todos los metales).

Figura No. 65: Practica realizada de la toma de voltajes



De igual forma para cada uno de los pines se realizaron pruebas con los tres materiales mostrados en la figura No. 65.

Figura No. 66: Prueba con materiales



Tapa

Tuerca

Arete

Las tablas a continuación ilustradas, muestran la toma de dato para cada uno de los pines. Los voltajes de estas tablas se encuentran en mV.

Las medidas de la sensibilidad se renombraron de la siguiente manera:

- TA: 1 sensibilidad.
- TB: 2 sensibilidad.
- TC: 3 sensibilidad.
- TD: 4 sensibilidad.

Tabla 38 Toma de voltajes de cada pin de la pantalla

Prueba de voltajes para pin 10

Modo= All metal

Tipo de Material Tapa

Sensibilidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TA	-18,1	-35,1	-13,2	8,5	11,1	0,85	0,57	-0,41	-9,5
TB	5,1	-20,04	15,4	28,9	9,9	28,7	10,9	31	24,7
TC	25,5	6,54	27,4	47,6	33,1	46,3	35,2	32,7	28,2
TD	0,22	8,96	28,1	33	33,5	40,5	35,1	32,6	32,9

Tipo de Material Arete

TA	-14,3	-25,5	-22,8	3,7	-21,7	11,7	14,4	10,5	10,6
TB	-4,3	-23,8	13,8	22,8	-10,7	22,6	25,4	24,1	23,9
TC	11,9	4,5	16,3	25,8	24,4	36,1	27,1	7,8	36,6
TD	8,4	7,2	17,3	26,2	29,2	36,2	29,4	7,4	27,7

Tipo de Material Puntilla

TA	-0,014	-32	-20,9	3,6	-22,4	9	9,9	10,1	10,4
TB	-3,9	-24,2	-11,7	15,4	14,6	24,6	7,6	24,1	23,7
TC	8,4	1,3	8,9	25,5	8,3	33,3	23,9	25,1	33,4
TD	5,7	4,4	16,2	26,1	7,8	37,7	26,2	25	24,7

Prueba de voltajes para pin 9

Modo= All metal

Tipo de Material Tapa

Sensibilidad	1	2	3	4	5	6	7	8	10
TA	-5	-23,4	-8,4	14,5	4,3	28,7	27,3	27,6	16,7
TB	-8,9	-27,2	-11,7	23,3	-3,3	29,2	1,3	26,6	4,4
TC	-9,6	-16,6	-6,4	11,4	22	29,9	4,7	6,3	-18,3
TD	7,5	7,2	16,8	21,4	29,6	42	30,7	26,2	5,4

Tipo de Material Arete

TA	-25,8	-44,5	-25,9	-7,5	-17,7	2,9	2,9	-15,6	-3,7
TB	-26,1	-25,6	-18,5	2,7	-21,8	1,7	-12,8	15,8	-15
TC	-25,2	-40,7	-14,5	-8,6	-6,9	0,9	-13,1	-16	-16
TD	-16,5	-15,9	-3,5	12,8	3,6	19,7	3,5	-15,6	-16

Tipo de Material Puntilla

TA	-23,1	-42,6	-29,6	-17	-27,1	2,8	2,8	2,9	-7,4
TB	-23,6	-46	-21	-13,6	-28,9	1,7	17,1	1,8	-29,7
TC	-25,6	-36,7	-27,1	-14,9	-31,2	1,1	-7,7	-9,2	-30,5
TD	-20,7	-20,3	-9	6,6	-20,6	19,2	3,6	3,6	-20,7

Prueba de voltajes para pin 8

Modo= All metal

Tipo de Material Tapa

Sensibilidad	1	2	3	4	5	6	7	9	10
TA	-27,9	-39,2	-21,7	-8,1	-7,4	2,7	2,7	2,7	13,3
TB	-27,2	-47	-25,7	-8,5	-20,5	2	-19,2	-14,5	-14,2
TC	-7,2	-20,8	-1,9	1,4	4,8	19,6	4,6	5,8	5,2
TD	-15,4	-13,6	-2,5	12,5	3,4	19,5	3,3	-15,11	-15,8

Tipo de Material Arete

TA	-23,3	-23,8	-7,8	14,7	4,5	25	28,3	27,8	16,5
TB	-8,5	-27,5	-11,1	16,5	-3,7	23,4	-3,4	26,5	5,1
TC	5,5	3	16,3	26,4	26,5	36,7	26,7	16,2	6,8
TD	10,6	3,6	15	21,9	4	35,7	26,8	14,8	6,6

Tipo de Material Puntilla

TA	-21,3	-40,8	-25,5	-1	-32,6	2,9	2,8	2,9	-6,9
TB	-24,3	-42,6	-23,8	-2,5	-35	2	-12	2	-17,9
TC	-14	-22	-11	5,9	-19,3	13,9	4,3	14,4	-19,1
TD	-18	-18,7	-6,6	2,7	20,1	17,6	3,4	3,2	-20,3

Prueba de voltajes para pin 7

Modo= All metal

Tipo de Material Tapa

Sensibilidad	1	2	3	4	5	6	8	9	10
TA	-24,5	-13,4	-29,4	-3,5	-12,7	2,5	2,3	-14,1	-2,9
TB	-4,3	-20,3	-1,1	23,6	4,9	21	23,1	7,3	-0,09
TC	-7,5	-19,6	-3,4	29,6	4,5	24,4	4,2	1,9	-3,4
TD	-15	-14,2	-1,3	3,6	3,6	18,8	3,4	-9	-4,9

Tipo de Material Arete

TA	-28,4	-46,7	-32,8	-7,2	-16,9	2,6	-17,8	2,7	-4,6
TB	-11,6	-22,2	-6,9	11,1	4,9	23,4	8,1	18,6	-6,1
TC	-14,2	-20,3	-8,3	5,7	4,5	15,1	-16,6	14,3	-6,5
TD	-15,6	-19,7	-5	10,3	3,6	23	-18,3	3,4	-4,6

Tipo de Material Puntilla

TA	-22,2	-41,8	-29,7	-8,2	-26,3	2,5	2,5	2,6	-4,5
TB	-13,6	-24,4	-9,2	-6,2	-18,5	11,3	12,9	14	-5,3
TC	-16,3	-22,3	-9	-6,6	-13,6	15,3	4,2	13,9	-6,3
TD	-20,8	-19,8	-7,6	7,7	-20,1	18,2	3,4	3,3	-5

Prueba de voltajes para pin 6

Modo= All metal

Tipo de Material Tapa

Sensibilidad	1	2	3	4	5	7	8	9	10
TA	-25,4	-44	-31,5	-6,9	-12,4	2,6	2,6	-14,8	-3,5
TB	-26,6	-45,3	-20,3	5,2	-20,4	-19,6	2,4	-13,7	-4,6
TC	-31,8	-44,4	-18,8	5,3	-21,5	-22,7	-21,7	-12,8	-3,9
TD	-29,7	-38,8	-18,6	-5,9	-14,4	-15,8	-13,4	-31,9	-4,8

Tipo de Material Arete

TA	-28,4	-39,8	-33,4	-7,7	-14,3	2,6	-18,1	8,1	-2,5
TB	-28,7	-40,4	-29,8	-6,1	-13,6	-13,3	-22,2	2,8	-6,1
TC	-27,3	-35,2	-17	-1,7	-11,9	-12,5	-34	1,9	-5
TD	-30,7	-34,6	-19,1	-3,3	-12,1	-10,1	-32	-13,7	-5,1

Tipo de Material Puntilla

TA	-22,3	-42,2	-30,6	-4,7	-27,5	2,4	2,4	2,5	-2,4
TB	-24,2	-44,7	-25,6	-3,9	-34,4	-13	2,2	2,3	-3,4
TC	-29,3	-36,8	-21,4	-8,4	-28,9	-12,5	-10,2	1,8	-4,8
TD	-32,9	-36,4	-21,6	-6,5	-32,7	-13	-12	-13,6	-5,2

Prueba de voltajes para pin 5

Modo= All metal

Tipo de Material Tapa

Sensibilidad	1	2	3	4	6	7	8	9	10
TA	-20,1	-19,3	-7,9	19,8	25,4	23,9	23,3	5,7	-0,6
TB	-4,5	-25	-2,5	15,4	25,5	4,7	27,1	9,2	-0,8
TC	-7,6	-25,1	-1,1	20,3	21,9	4,3	4,2	6,1	-1
TD	-12,2	-17,7	-1,9	12,5	22,3	3,4	3,3	3,3	-0,4

Tipo de Material Arete

TA	-10,8	-21,9	-13,4	20,1	26,7	26,1	1,5	25,4	2,1
TB	-11,9	-23,6	-5,8	25,2	24,5	-2,7	-1,1	21,1	-1,9
TC	-14,3	-18,3	-8,3	4,6	14,5	4,2	-17,2	11,1	-2,6
TD	-18,7	-17,8	-6,1	11,8	17,6	3,3	-18,4	3,2	-2,7

Tipo de Material Puntilla

TA	15,1	-1,7	9,1	29	34,6	39,7	39,1	37,8	-1,4
TB	15,8	-4,3	6,7	27,8	35,7	24	38,9	37,7	-0,6
TC	10,1	0,8	10,7	25,6	40,4	27,5	26,5	33,8	-1,2
TD	6,1	4,7	16	29,3	36,7	27	24,7	25,8	-1,3

Prueba de voltajes para pin 4

Modo= All metal

Tipo de Material Tapa

Sensibilidad	1	2	3	5	6	7	8	9	10
TA	-16,4	-34,6	-30,4	-9,5	15,7	11,1	15,4	13	-1,4
TB	-21,1	-38,1	-25,3	-19,3	13,6	-8,6	12,4	14,2	-2,5
TC	-20,7	-25,3	-20	4	19,3	-5,5	-4	11,4	-2,4
TD	-18,7	-18,2	-12,5	-3,2	21,4	5,7	-3,6	24,9	-3,2

Tipo de Material Arete

TA	-18,7	-36,8	-26,3	-6,1	6,7	12,5	-14,6	11,3	-1,5
TB	-19	-29,1	-27,4	-7,2	11,5	-6,5	-10,8	9,4	-2,9
TC	-18,5	-22,3	-20,3	-7,1	12,2	-2,3	-24,4	12,8	-2,3
TD	-20,2	-28,6	-23,2	2,6	10,8	-10,1	-25,3	-5,2	-2,7

Tipo de Material Puntilla

TA	-14,4	-33,3	-15,6	-25,5	13,1	11,6	7,7	11,3	-1,4
TB	-16,9	-33	-10,5	-31,6	13,2	-2	6,4	10,3	-25,7
TC	-11,9	-25,1	8,9	-27	13,5	0,4	-33	10,6	-29,8
TD	-17	-15,5	-10,1	-29,8	13,5	12,9	-5,8	0,1	-28,7

Prueba de voltajes para pin 3

Modo= All metal

Tipo de Material Tapa

Sensibilidad	1	2	4	5	6	7	8	9	10
TA	17,3	5	37,2	38,4	45,4	51,4	50,5	32,5	42,9
TB	10,4	1,9	34,8	30,1	51,8	26,6	51,9	36,1	28,3
TC	12,2	4	33,8	27,3	44,5	26,9	25	29,8	32
TD	6,5	6,4	28,4	31,3	44,4	29,6	28,6	10,7	19,7

Tipo de Material Arete

TA	-2,3	-11,8	33,9	33,8	42,9	45	29,2	47,2	34,7
TB	10,1	5,2	34,5	35	44,8	32,3	26,1	38,4	32,6
TC	7,2	0,1	20,8	34,9	42,9	32,8	15,3	46,1	26,1
TD	7,1	5	27,4	29,2	49,3	34,7	9,6	18,5	14,7

Tipo de Material Puntilla

TA	17,9	1,1	38,7	20,8	42,9	47,5	45,9	47,4	40,6
TB	15	-0,4	33,2	17,1	45,2	43,1	48,6	44,1	27,7
TC	12,7	0,2	34,9	23	47,3	32,9	33,6	44,8	30,1
TD	0,9	-1,1	24	20,9	32,9	30,7	30	14,9	30

Prueba de voltajes para pin 2									
Modo= All metal									
Tipo de Material Tapa									
Sensibilidad	1	3	4	5	6	7	8	9	10
TA	-39,9	50,1	83,5	72,8	95,8	85,4	96,2	82,8	70,1
TB	-39,8	48,3	79,6	71,6	88,7	61,3	95,3	76,4	67,8
TC	-40,5	57,5	77,7	62,9	87,8	61,6	63,9	69,7	64,4
TD	-31,5	51,3	65,2	66,4	65,4	70	67,5	40,7	51,4
Tipo de Material									
TA	-35,6	47,7	79,2	68,8	92,5	93,7	66,8	89,2	79,4
TB	-40,6	56,4	79,4	60,5	87,6	64,6	57,4	97,4	65
TC	-36,5	55,8	71,9	63,8	73	58,1	37,7	92,2	58,8
TD	-20,5	46,2	55,7	49,2	73,9	61,1	32,4	58	33,8
Tipo de Material Puntilla									
TA	-40,3	47,4	74,5	46,5	88,6	88,4	75,5	88,6	74,7
TB	-44,5	57,9	82,7	47,9	81,1	70,3	85,3	81,3	61,1
TC	-36,5	55,6	78,3	40,1	88,9	62,6	58,2	88,5	67,9
TD	-28,4	49,8	63,6	39,1	67,4	61,6	54,3	62,3	36,5

Prueba de voltajes para pin 1									
Modo= All metal									
Tipo de Material Tapa									
Sensibilidad	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TA	-12,2	6,1	34	23,1	40,8	45,1	46,9	24,7	31,7
TB	-3,3	22,1	45,6	35,7	74,1	39,1	53,4	41,3	34,8
TC	8,4	28,4	50,9	48	80,2	52,9	50,5	52,5	50,7
TD	27,6	35,9	59,5	58,4	54,8	62,7	51,5	43,8	59,4
Tipo de Material Arete									
TA	12,3	6,1	31,6	31,5	44,4	44,7	22,2	47,2	30,9
TB	6,1	15,4	44,2	39,8	51,4	37,2	32,9	40,6	33
TC	-7,7	22,8	42,9	47,7	58,3	39,2	7,9	58,8	25,3
TD	-22,6	45,1	54,8	59,3	68,3	59,9	34,2	52,7	34,4
Tipo de Material Puntilla									
TA	-10	5,8	26,8	11,1	33,4	38	40,4	52,7	31,4
TB	-5,6	20	39,3	21,5	45,4	41,4	54,2	54,4	38,3
TC	4,3	23,8	42,1	20	57,2	49,9	41	67	28
TD	30,6	43,6	55	37,11	88,3	52,4	52,6	53,7	35,8

Finalizando las mediciones en cada pin podemos concluir:

Los pines 1 y 3 son tierra.

Los pines 7 y 8 controlan las señalización de la profundidad (2", 4", 6").

El pin 2 controla la señalización del tipo de metal al que se adecua el trabajo en este caso ALL METAL (todos los metales).

Los pines 3,4,5 y 6 controlan la señalización de del tipo de metal encontrado.

4.1.3 SEÑAL ENVIADA AL PARLANTE:

El funcionamiento de un detector de metales parte de principio de la variación de frecuencias que generan las piezas que este encuentra.

Partiendo de la teoría de la generación de diversas frecuencias, se piensa en la posibilidad de detectar estas, por la señal que es enviada al parlante del detector. Esta idea se presenta por el tipo de sonido que emite el parlante al encontrar diferentes materiales.

En la actualidad los parlantes presentan dos tipos de comportamientos:
Por intensidad de voltaje= se identifica porque el sonido del parlante aumenta a medida que aumenta su voltaje.

Por diferencia de frecuencias= se identifica porque el sonido del parlante se distingue de tonos altos a tonos bajos dependiendo de la frecuencia que este reciba.

Figura No. 67: Señal tomada del parlante



El detector de metales emite sonidos graves cuando encuentra metales como el Iron y agudos cuando detecta Coins (Tapas).

Para esta sección realizamos dos pruebas:
 Con diferentes materiales encontrar voltajes que emite la señal del detector:

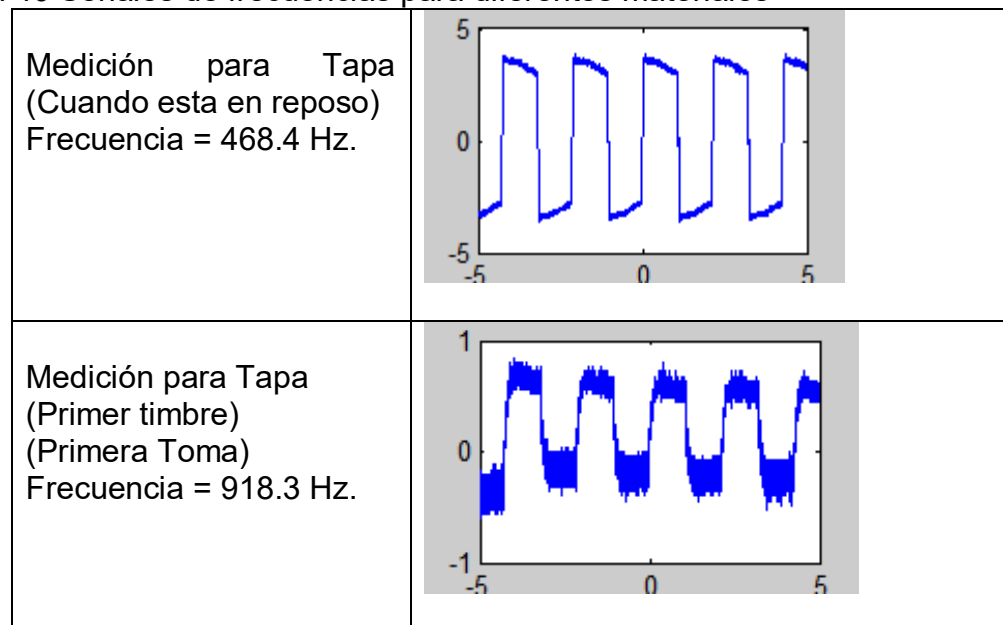
Tabla 39 Toma de datos provenientes del parlante

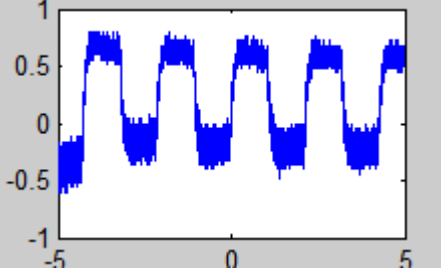
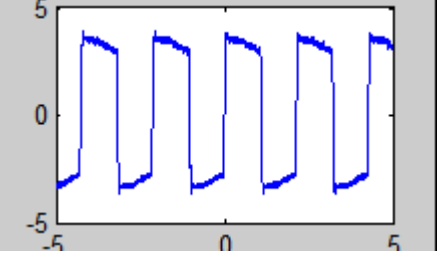
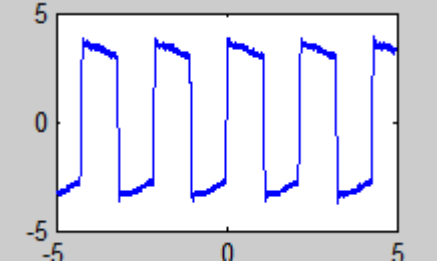
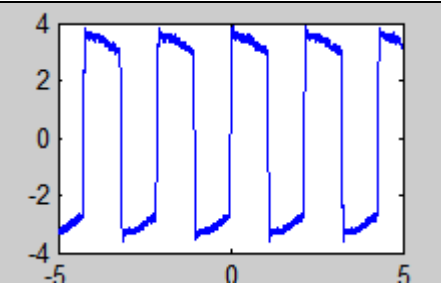
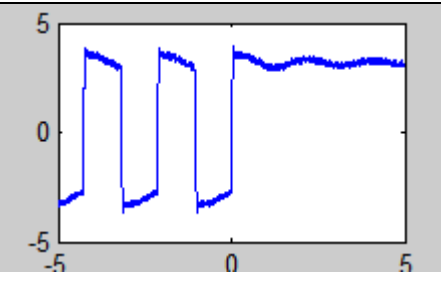
Material	Amplitud (v)	Voltaje Pico- Pico.	Voltaje RMS (v)	Ciclo de Trabajo %
Anillo Plata	7.66	8.08	3.57	49.28
Oro	7.72	8.32	3.61	49.09
Oro Blanco	7.12	8.26	3.44	52.56
Cobre	7.08	8.28	3.49	49.32
Iron	6.96	8.12	3.46	49.32
Aluminio	7.58	8.3	3.55	49.08
Motor	7.62	8.34	3.55	48.96
Pila de 9v.	7.54	8	3.47	49.23

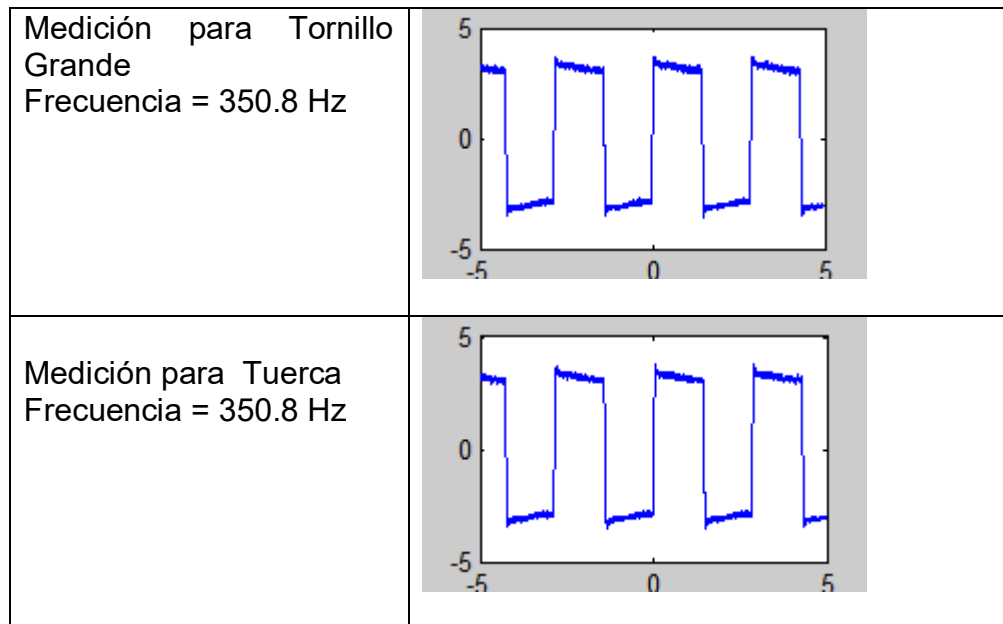
La toma de voltajes se realizo por medio de la utilización del osciloscopio, debido a que no se presentaba ningún voltaje con el multímetro.

Con diferentes materiales encontrar frecuencias que emita la señal del detector.

Tabla 40 Señales de frecuencias para diferentes materiales



<p>Medición para Tapa (Primer timbre) (Segunda Toma) Frecuencia = 906.6 Hz</p>	
<p>Medición para Anillo (Primera Toma) Frecuencia = 468.4 Hz.</p>	
<p>Medición para Anillo (Segunda Toma) Frecuencia = 468.6 Hz.</p>	
<p>Medición para Arete (Segunda Toma) Frecuencia = 486 Hz.</p>	
<p>Medición para Nickel Frecuencia = 468.5 Hz.</p>	



De las mediciones realizadas se puede concluir:

La medición de frecuencia discrimina el modo de sensibilidad en que se encuentre el detector. (El nivel de sensibilidad es necesario para lograr un mayor exactitud en la detección).

El tamaño del objeto detectado tampoco influye en el valor de frecuencia enviado por el detector para un material.

Figura No. 68: Forma de conexión

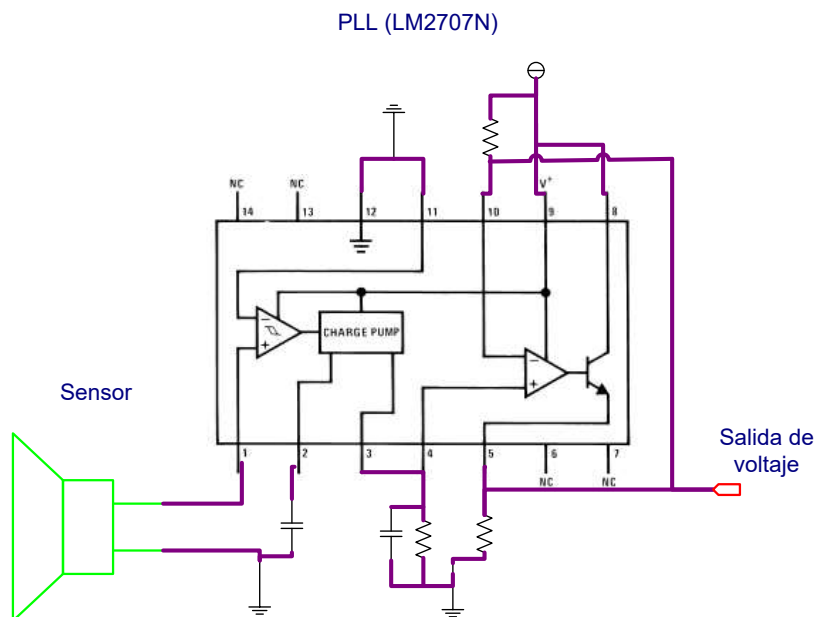


Tabla 41 Sistema PLL, conversión a voltaje

PIN	LOCALIZACION	VOLTAJES		SEÑAL
PIN 1 PIN11	Entrada comparador de fase	PIN 1		
		0,02	Sin detección	
		0,085	Tapa	
		0,285	Metal	
		PIN 11		
		0	Sin detección	
		0	Tapa	
0	Metal			
PIN 2 PIN 3	Filtro pasa-bajo.	PIN 2		
		2.9	Sin detección	
		1.82	Tapa	
		2.4	Metal	
		PIN 3		
		0	Sin detección	
		0.32	Tapa	
0.27	Metal			

PIN4 PIN10	Entradas VCO	PIN 4	
		0	Sin detección
		0.27	Tapa
		0.12	Metal
		PIN 10	
		0.01	Sin detección
		3.44	Tapa
	2.5	Metal	
PIN 8 PIN 9	Alimentación	PIN 8	
		4.78	Sin detección
		4.77	Tapa
		4.78	Metal
		PIN 9	
		4.67	Sin detección
		4.7	Tapa
	4.7	Metal	
Pin 5	Salida del PLL	PIN 5	
		0.01	Sin detección
		3.46	Tapa
		2.39--1.66	Metal

5 CONCLUSIONES

La forma de detección que desarrolla el detector de minas, se asemeja a la forma de detección que realizan los soldados en la zona aledañas a carreteras. Su sistema de detección se realiza en línea recta, retrocediendo hasta llegar a una distancia de 2 metros recorridos, y volviendo a comenzar este recorrido en otro punto. Por esta razón no requiere la elaboración de un sistema de suspensión y un sistema de dirección que varíe la orientación del vehículo.

El tipo de rueda seleccionado se toma como una parte fundamental del sistema de frenado y estabilidad del vehículo por esta razón la implementación con una rueda lisa o mas pequeña perjudicaría la forma de andar del vehículo.

La velocidad con la que el vehículo debe actuar, permite desarrollar un sistema que no presente caja de cambios, debido a que la cantidad de movimiento y la

velocidad no pueden propasar el rango de detección y la velocidad de recepción que permite el sensor seleccionado.

El dispositivo de alimentación para todo el sistema, se da por medio de baterías de moto, partiendo la ventaja que pueden ser de fácil recarga (Pueden ser cargadas desde la batería de un auto, siempre y cuando contengan agua de batería).

La secuencia de un motor paso a paso debe llevarse a cabo accionando dos de sus bobinas, de esta forma el sentido del giro se mantiene. Al realizar el swicheo de los pasos bobina por bobina, el sentido del giro en ocasiones presenta problemas mecánicos y de igual manera presenta generación de cortos en los circuitos.

En la selección de transistores Darlington con referencia To 202, se debe tener presente la corriente a la cual cada uno trabaja, esto se debe a que la referencia de este transistor presenta diferentes transistores con la misma configuración, pero rango de corrientes distintos.

El sistema de disparos por pulsos enviados al motor paso a paso puede ejecutarse de las dos formas vistas en la sección de " Sistemas de potencia", teniendo presente la separación de las tierras de potencia, con las tierras de señales digitales.

El sistema de frecuencia con que trabaja el sensor, presenta una señal de pulsos con un voltaje entre 7 y 8 dc, que no varía según lo que encuentra. El sistema del PLL permite tomar solo la señal de frecuencia y transformarla en un señal de voltaje que puede ser leída por el comparador análogo digital del microcontrolador, ya que sus rangos de funcionamiento quedan limitados a voltajes menores a 5 voltios dc.

El sensor emite una señal de frecuencia que cubre un rango de detección de 12 cm bajo tierra y un superficie de 20x20 alrededor del plato del sensor. Partiendo de esta cobertura de detección se elabora la distancia del brazo que carga el sensor y la distancia que puede recorrer el carro durante la detección.

6 RECOMENDACIONES

La adecuación de motores de corriente dc, al sistema de tracción puede presentar inconvenientes en el tiempo de duración de funcionamiento del mecanismo. Esto se podría solucionar cambiando el tipo de motorización eléctrica a otro con combustible, teniendo presente que este tipo de vehículo no esta exento de rodar y rebotar, en caso de presentarse una denotación cercana a el.

La adecuación de una caja de cambios puede generarse, para que presente mayor velocidad en el momento de ser transportado a otros sitios, pero se debe mantener la velocidad en el momento de detección de la minas.

El sistema de tracción puede ser modificado para regiones o territorios montañosos, modificando el sistema de dirección a un mecanismo de giro sobre su mismo eje, el sistema de suspensión anexando resortes, y el mecanismo de frenado con la adecuación de pastilla disparadas hidráulica o reumáticamente.

BIBLIOGRAFIA:

SAMIR S. SOLIMAN, Mandyam D. Srinath. Señales y sistemas continuos y discretos. 2ª edición , Madrid 1999, Prentice Hall, 32-45 p.

RAFAEL PINDADO RICO. Electronica Analógica Integrada, Introducción al diseño mediante problemas. Marcombo, BOIXAREU EDITORES. España, 1997. pag 144-156 p/

JOSE FONT MEZQUITA, Juan F, Dols Ruiz. Tratado sobre Automóviles, Tomo 1. Alfaomega. Mexico, 2001.

JOSE FONT MEZQUITA, Juan F, Dols Ruiz. Tratado sobre Automóviles, Tomo 2. Alfaomega. Mexico, 2001.

Electrónica fácil, Tomo 17, Medellín Colombia., Hermix colombiana. 13-15, 22-23 p.

Electrónica fácil, Tomo 22, Medellín Colombia., Hermix colombiana. 30- 44 p.

ROBERT L. BOYLESTAD, Louis Nashelsky. Electrónica Teoría de circuitos. Sexta Edición. 130-155 p.

Electrónica Industrial. Curso práctico de electrónica Industrial y Automatización, Cenit 200, 95-98 p.

CHRISTIAN PESSEY, El automóvil y el mantenimiento. Larrouse. Colombia 1987, 18-47 p.

Paginas Internet:

<http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm>

<http://www.easykartcolombia.com/techdia.html>

<http://www.sigmaelectronica.com.co/>

<http://www.rambal.com/aplic/otros.htm>

http://www.usbgear.com/computer_cable_details.cfm?sku=USBG-BM1A&cats=158&catid=158

<http://encuentro.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040003/lecciones/ca4lecc7.htm>

ANEXOS

6.1 HERIDAS CAUSADAS POR LAS MINAS

Las heridas causadas por minas antipersonal pueden ser definidas como las más complejas y dramáticas de todas las heridas de guerra.

Son heridas sucias y contaminadas que comprometen varios miembros y órganos a la vez.

Las ondas explosivas entierran pedazos de metal y plástico en el cuerpo de la víctima. Tierra, pedazos de ropa y calzado, fragmentos óseos y esquirlas se internan en el miembro afectado causando, casi invariablemente, la amputación. Las nalgas, órganos genitales, brazos, piernas, ojos, tronco y cabeza también resultan afectados por las esquirlas mientras que la onda explosiva desgarrar los tejidos, los coagula y causa quemaduras severas.

Según PHR las heridas causadas por mina varían dependiendo de la clase de artefacto y de la edad de la víctima. En general, se pueden clasificar en tres tipos:

Heridas Tipo I: Son provocadas cuando un individuo se para sobre una mina. Se caracterizan por lesiones en brazos, piernas y órganos genitales, siendo la amputación la única solución posible. Las minas antipersonal de onda de choque son las responsables de la mayoría de heridas de tipo I consideradas como las más severas (PHR, 2000).

Heridas Tipo II: Generalmente resultan de la detonación de minas de fragmentación. Las heridas de tipo II siguen patrones similares a las provocadas por otras armas con principios de fragmentación (como las granadas) y casi invariablemente son fatales. En este tipo de heridas suelen verse comprometidos órganos internos como el estómago, los intestinos y los pulmones, así como el rostro, las extremidades y los ojos. En muchas ocasiones se hacen necesarias las

intervenciones quirúrgicas a nivel abdominal para reparar los intestinos. Las minas de fragmentación suelen ser mortales, la velocidad con que son expulsadas las esquirlas hace que éstas se internen muy profundamente causando mutilaciones externas e internas e infecciones de las cuales las víctimas difícilmente se reponen. En el caso de los niños y niñas, las esquirlas por lo general alcanzan el tórax y la cabeza, causando heridas profundas y dolorosas ante las cuales los médicos se ven impotentes. Los dolores y el sufrimiento se pueden prolongar durante días y la muerte es casi siempre inevitable.

Heridas de Tipo III: En esta categoría se ubican las heridas en manos y rostro causadas en muchos casos durante la manipulación de una mina. Los desminadores, así como los niños que juegan con estos artefactos, pueden sufrir amputaciones de una de sus manos, dedos o, incluso, quedar ciegos. Las armas trampa provocan una gran cantidad de heridas de este tipo.

6.2 GARRET METAL DETECTORS

El más económico de la extensa gama GARRETT, es un equipo con unas prestaciones muy razonables, ideal para los que se inician en el apasionante hobby de la búsqueda y localización de monedas, tesoros y objetos metálicos enterrados.





6.2.1 MANUAL DE INSTRUCCIONES

Esta tecnología nos ha impulsado a integrar un microprocesador para analizar las señales de discriminación. Una pantalla simplificada con los ajustes que le

permitirán adaptarse mejor al terreno que vaya a prospeccionar y la capacidad de emitir diferentes tonos de audio para diferentes tipos de metal le permitirán distinguir mejor y más rápidamente los blancos.

Nuestros platos de gran sensibilidad, aseguran una buena penetración en el suelo.

Ud. Apreciará la robustez y calidad de fabricación de nuestros, hemos hecho un particular hincapié en reforzar los puntos más sensibles. Los materiales usados para su construcción son de máxima calidad y garantizan a su detector una larga vida.

Montaje y ajuste del detector:

Introduzca las arandelas de goma en la parte inferior del tubo de plástico y fije el plato a la barra con el tornillo procurando que queden bien ensamblados.



Inserte los tubos fijándolos con los clips en forma de V, enrosque el cable en el tubo, inserte el conector del plato en la conexión de la caja de control y fijela



Compartimento de las pilas:

Compruebe que las pilas del detector (4 x 1,5 v) están en su compartimento deslizando la tapa de la caja de control hacia delante.

El apoyabrazos está fijado con un tornillo que se puede aflojar con un destornillador y permite variar la posición del apoyabrazos hacia atrás y hacia

adelante. Empuje el apoyabrazos hasta la posición en la que se encuentre más cómodo y vuelva apretar el tornillo.



Es muy aconsejable el uso de auriculares puesto que se reduce el consumo de energía y además se puede apreciar con mayor nitidez pequeños sonidos de aviso de blancos que pueden no ser oídos por el altavoz. La conexión está situada debajo de la caja de control y al conectarse deja automáticamente de emitir señales de audio por el altavoz.

Controles y funcionamiento:

Una vez haya montado el detector sitúese en una zona libre de metal y de posibles interferencias y encienda el equipo pulsando el interruptor POWER.

Controles

POWER Enciende y apaga el equipo

SENSIVITY Ajusta la sensibilidad (potencia)

MODE Selector de modo de búsqueda.

Descripción de la pantalla:



En la parte superior observamos una hilera de 5 segmentos rectangulares de color negro que corresponden a grupos de metales clasificados en función de su ferrosidad y conductividad (los más ferrosos a la izquierda) y más conductivos (por ejemplo la plata) hacia la derecha. Encima de cada segmento está escrito el nombre en inglés del posible metal que le corresponde.

Cuando se produce un hallazgo aparece otro segmento justo encima del segmento al que corresponde (Por ej. Si se enciende debajo de iron significa que ha detectado un objeto de hierro.

Cuando presionamos MODE cambiamos el tipo de discriminación y se apagarán o encenderán diferentes segmentos. Si el segmento está apagado, cuando se produce un hallazgo que corresponda a dicho segmento, el equipo no emitirá ninguna señal de audio, a este efecto se le llama discriminación y se utiliza para eliminar señales no deseadas.

All metal (Todo metal) El detector señalará todos los metales que localice.

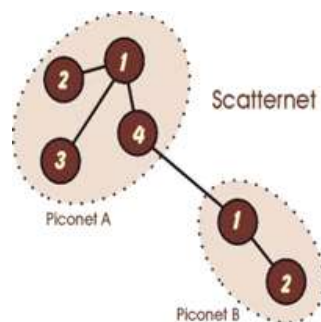
JEWELRY (Modo joyas) Se apagará el segmento correspondiente al hierro detectando todos los metales excepto éste.

COINS (monedas) Se apagará el segmento correspondiente al hierro y a las arandelas de aluminio de las latas de refresco

El indicador de profundidad COIN DEPTH de dará una idea aproximada (en pulgadas) de a que profundidad se encuentra el blanco.

6.3 REDES BLUETOOTH

Las topología de las redes Bluetooth puede ser punto-a-punto o punto-a-multipunto.



Los dispositivos, se comunican en redes denominadas piconets. Estas redes tienen posibilidad de crecer hasta tener 8 conexiones punto a punto. Además, se

puede extender la red mediante la formación de scatternets. Una scatternet es la red producida cuando dos dispositivos pertenecientes a dos piconets diferentes, se conectan.

En una piconet, un dispositivo debe actuar como master, enviando la información del reloj (para sincronizarse) y la información de los saltos de frecuencia. El resto de los dispositivos actúan como esclavos.

Protocolo de Conexión

Las conexiones Bluetooth, son establecidas a través de la siguiente técnica:

·Standby: Los dispositivos en un "piconet" que no están conectados, están en modo standby, ellos escuchan mensajes cada 1,28 segundos, sobre 32 saltos de frecuencias.

Page/Inquiry: Si un dispositivo desea hacer una conexión con otro dispositivo, éste le envía un mensaje de tipo page, si la dirección es conocida; o una petición a través de un mensaje de page, si éste no es conocido. La unidad "master" envía 16 page message idénticos, en 16 saltos de frecuencias, a la unidad "esclavo". Si no hay respuesta, el "maestro" retransmite en los otros 16 saltos de frecuencia. El método de Petición (inquiry) requiere una respuesta extra por parte de la unidad "esclavo", desde la dirección MAC, que no es conocida por la unidad "maestro".

Active: Ocurre la transmisión de datos.

Hold: Cuando el "maestro" o el "esclavo" desean, puede ser establecido un modo en el cual no son transmitidos datos. El objetivo de esto es conservar el poder.

Sniff: El modo sniff, es aplicable solo para las unidades "esclavo", es para conserva el poder. Durante este modo, el "esclavo", no toma un rol activo en la "piconet", pero escucha a un reducido nivel.

Park: El modo park es un nivel más reducido , que el modo hold. Durante este, el "esclavo" es sincronizado a la "piconet", por eso no requiere un reactivación completa, pero no es parte del tráfico. En este estado, ellos no tienen direcciones MAC y solo escuchan para mantener su sincronización con el "master" y chequear los mensajes de broadcast.

Seguridad y Corrección de Errores

Tres técnicas de corrección de error han sido definidas:

1/3 rate forward error correction code (FEC), este método es diseñado para reducir el número de retransmisión.

2/3 rate forward error correction code FEC.

Automatic Repeat Request (ARQ).

Modelos de Uso

Algunas de las aplicaciones que se pueden dar a los dispositivos Bluetooth se pueden destacar las siguientes:

El Teléfono 3-en-1: Se ofrece la posibilidad de utilizar un mismo teléfono sin importar donde se encuentra. Puede funcionar como el teléfono en su casa, si el dispositivo está en el rango de las bases Bluetooth ubicadas en su casa, como teléfono celular-portátil si no se encuentra cerca de las bases de su casa, y como medio de acceso a sus contactos, números de teléfono, email, etc.

Conexión a Internet: El dispositivo Bluetooth puede conectarse con cualquier medio que esté conectado a Internet y que a la vez, posea una interfaz Bluetooth, para así mantenerlo siempre conectado, ya sea a través de su celular, de su conexión dial-up o a través de una red cableada a Internet.

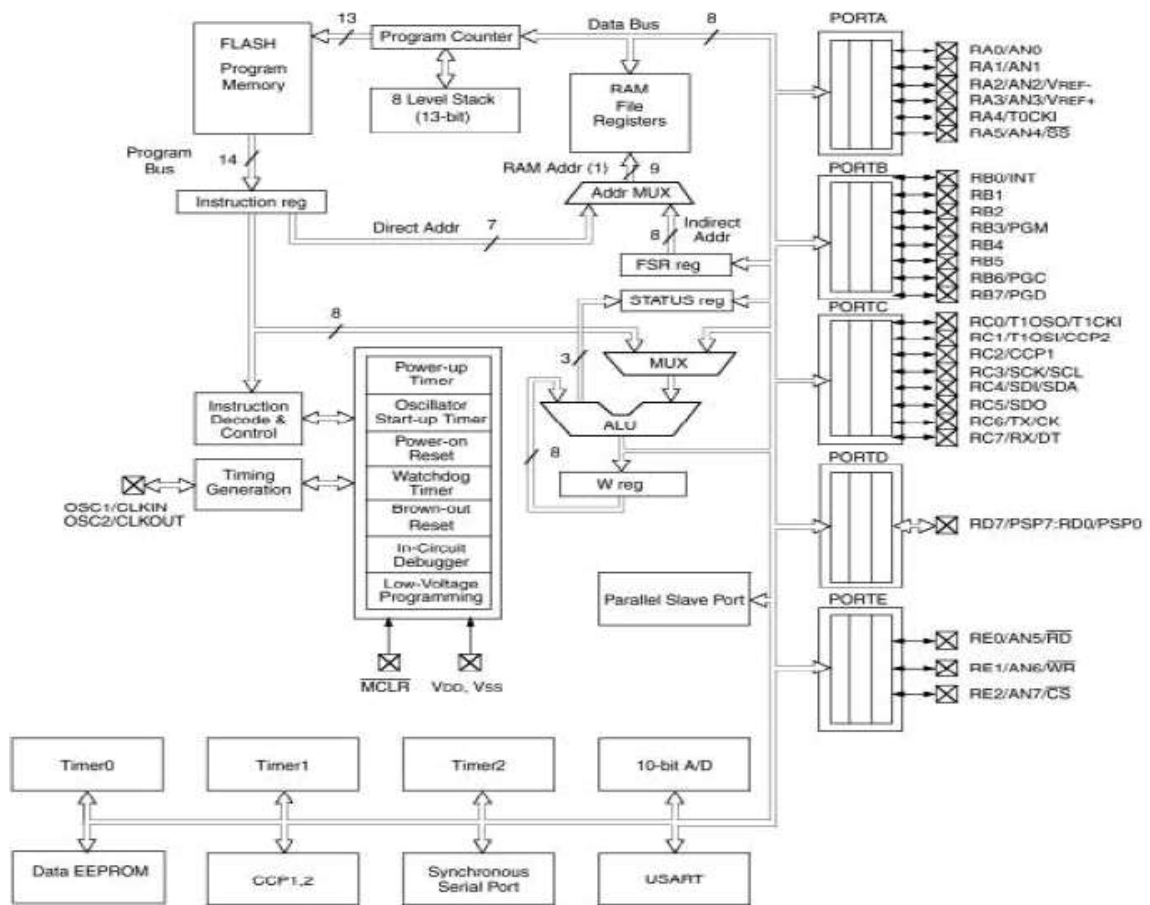
Dispositivo Manos libres: El uso de este dispositivo permite acceder la información de los contactos, enviar correo electrónico y realizar llamadas sin ocupar las manos. Esta funcionalidad está controlada por voz.

Laptop como teléfono: Se tiene la posibilidad de utilizar el laptop para realizar llamadas de voz tal cuál se haría con un teléfono..

Sincronización automática: Constantemente, todos sus dispositivos Bluetooth mantienen sincronizada la información, de manera que si modifica alguna información en su laptop, y la misma estaba también almacenada en su PDA o en su celular, el cambio se refleje allí también.

Escritorio Inalámbrico: Bluetooth ofrece la posibilidad de eliminar todos los cables (excepto los de poder) que suelen invadir los escritorios, tanto en los hogares como en las oficinas.

6.4 MICROCONTROLADOR



NOMBRE DEL PIN	PIN	TIPO	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCION
OSC1/CLKIN	13	I	ST/MOS	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa
OSC2/CLKOUT	14	O	-	Salida del oscilador de cristal
MCLR/Vpp/THV	1	I/P	ST	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de programación o modo de control high voltaje test
RA0/AN0 RA1/AN1 RA2/AN2/ Vref- RA3/AN3/Vref+ RA4/T0CKI RA5/SS/AN4	2 3 4 5 6 7	I/O I/O I/O I/O I/O I/O	TTL TTL TTL TTL ST TTL	PORTA es un puerto I/O bidireccional RA0: puede ser salida analógica 0 RA1: puede ser salida analógica 1 RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje RA4: puede ser entrada de reloj el timer0. RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo seleccionado por el puerto serial síncrono.
RBO/INT RB1 RB2 RB3/PGM RB4 RB5 RB6/PGC RB7/PGD	33 34 35 36 37 38 39 40	I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O	TTL/ST TTL TTL TTL TTL TTL/ST TTL/ST	PORTB es un puerto I/O bidireccional. Puede ser programado todo como entradas RB0 puede ser pin de interrupción externo. RB3: puede ser la entrada de programación de bajo voltaje Pin de interrupción Pin de interrupción Pin de interrupción. Reloj de programación serial
RC0/T1OSO/T1CKI RC1/T1OS1/CCP2 RC2/CCP1 RC3/SCK/SCL RC4/SD1/SDA RC5/SD0 RC6/Tx/CK RC7/Rx/DT	15 16 17 18 23 24 25 26	I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O	ST ST ST ST ST ST ST	PORTC es un puerto I/O bidireccional RC0 puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1 RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o salida PWM 2 RC2 puede ser una entrada de captura y comparación o salida PWN RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj síncrono para modos SPI e I2C RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C RC5 puede ser la salida de datos SPI RC6 puede ser el transmisor asíncrono USART o el reloj síncrono. RC7 puede ser el receptor asíncrono USART o datos síncronos

NOMBRE DEL PIN	PIN	TIPO	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCION
OSC1/CLKIN	13	I	ST/MOS	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa
OSC2/CLKOUT	14	O	-	Salida del oscilador de cristal
MCLR/Vpp/THV	1	I/P	ST	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de programación o modo de control high voltaje test
RA0/AN0 RA1/AN1 RA2/AN2/ Vref- RA3/AN3/Vref+ RA4/T0CKI RA5/SS/AN4	2 3 4 5 6 7	I/O I/O I/O I/O I/O I/O	TTL TTL TTL TTL ST TTL	PORTA es un puerto I/O bidireccional RA0: puede ser salida analógica 0 RA1: puede ser salida analógica 1 RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje RA4: puede ser entrada de reloj el timer0. RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo seleccionado por el puerto serial síncrono.
RB0/INT RB1 RB2 RB3/PGM RB4 RB5 RB6/PGC RB7/PGD	33 34 35 36 37 38 39 40	I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O	TTL/ST TTL TTL TTL TTL TTL/ST TTL/ST	PORTB es un puerto I/O bidireccional. Puede ser programado todo como entradas RB0 puede ser pin de interrupción externo. RB3: puede ser la entada de programación de bajo voltaje Pin de interrupción Pin de interrupción Pin de interrupción. Reloj de programación serial
RC0/T1OSO/T1CKI RC1/T1OS1/CCP2 RC2/CCP1 RC3/SCK/SCL RC4/SD1/SDA RC5/SD0 RC6/Tx/CK RC7/Rx/DT	15 16 17 18 23 24 25 26	I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O	ST ST ST ST ST ST ST	PORTC es un puerto I/O bidireccional RC0 puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1 RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o salida PWM 2 RC2 puede ser una entrada de captura y comparación o salida PWN RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj síncrono para modos SPI e I2C RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C RC5 puede ser la salida de datos SPI RC6 puede ser el transmisor asíncrono USART o el reloj síncrono. RC7 puede ser el receptor asíncrono USART o datos síncronos

Estructura interna del controlador HITACHI

El controlador posee una memoria RAM que aparece dividida en dos bloques diferenciados: la RAM de datos (DDRAM) y la RAM de caracteres generados (CGRAM).

La DDRAM almacena los códigos ASCII de los caracteres que queramos que aparezcan en pantalla y existe una correspondencia entre las filas de la pantalla y las posiciones consecutivas de memoria. Por otro lado, la CGRAM nos permite definir caracteres especiales que no se encuentren en la memoria ROM que dispone el microcontrolador.

La DDRAM tiene un tamaño de 128 bytes, sea cual sea el tamaño de la pantalla; cuando ésta es más pequeña podemos almacenar en ella caracteres y mostrarlos programando el modo de desplazamiento de pantalla.

Normalmente la primera fila comienza en la dirección 00h y la segunda en la 40h. La excepción es la pantalla de 1 fila por 16 caracteres, en la que la fila se divide en dos porciones de memoria cuyas direcciones van desde la 00h hasta la 07h para los 8 primeros caracteres y desde la 40h hasta la 47h para los otros 8.

La patilla R/W permite leer un registro de estado que sólo sirve para ver si el controlador ha terminado de realizar la instrucción que se le ha enviado y seguir enviando más. Sin embargo, para un control sencillo, podemos realizar pausas después de cada instrucción o envío de datos para no tener que leer el registro de estado

Comandos de control

Los comandos se envían a través del bus de datos. Para que la pantalla los reconozca hay que poner la señal RS a nivel bajo.

Borrar pantalla: 0 0 0 0 0 0 1

Limpia la pantalla y pone el cursor en la primera posición.

Tiempo de ejecución 1.64ms

Cursor al principio: 0 0 0 0 0 1 x

Coloca el cursor en la primera posición.

Tiempo de ejecución 1.64 ms

Modo de entrada: 0 0 0 0 0 1 i d

* i=1 la posición de la DDRAM se incrementa automáticamente tras cada lectura o escritura a la misma, mientras que si i=0 se configura para decrementar el puntero de DDRAM.

* d=1 la pantalla se desplaza en el sentido indicado por el bit mencionado antes (i) cuando el cursor llega al filo de la pantalla.

Encendido-apagado: 0 0 0 0 1 p c i

Selecciona el encendido de la pantalla (p=1), la visibilidad del cursor (c=1) y la intermitencia del mismo (i=1 parpadea).

Cursor/Desplazamiento: 0 0 0 1 p d x x

Selecciona si se desplaza toda la pantalla (p=1) o sólo el cursor (p=0) sin alterar el contenido de la DDRAM; el bit d selecciona el sentido de desplazamiento; será hacia la derecha si d=1.

Función: 0 0 1 l c f x x x

Selecciona el modo de transmisión, ciclo y fuente de carácter.

* Si l=1 la comunicación es con 8 bits, mientras que en el caso contrario solo se usan líneas d4-d7 del bus, mandando la parte alta y luego, la baja del dato.

* El bit c indica el número de líneas; para c=0 se usará una sólo línea, mientras que si c=0 usaremos 2.

* El bit f establece el tipo de caracteres que usaremos si f=1 los caracteres serán de 5 x 11 puntos, mientras que si f=0 configuramos el controlador para usar caracteres de 5 x 7 puntos.

Dirección en la DDRAM: 1 d d d d d d d

Esta instrucción se utiliza para modificar el puntero a la DDRAM.

Si la dirección es la 00h escribiremos en la primera línea, y la segunda línea empieza en 40h. (Ojo : el display de 1x16 se divide en dos mitades: la izquierda empieza en 00h y la derecha en 40h)

Inicialización

Los controladores de Hitachi se inicializarán de manera automática si durante el encendido conseguimos que la tensión de alimentación suba desde 0'5V hasta 4'5V en un tiempo comprendido entra 0'1 y 10ms. Puesto que ésto puede ser

difícil de conseguir, podemos recurrir a la inicialización por software. Consiste en enviar una serie de comandos de los descritos anteriormente y esperar un determinado tiempo.

En la inicialización se configura también si la transmisión se hace con 4 o con 8 hilos.

La inicialización para configurar el modo de 4 bits (el que utilizamos) es así:

Aplicar VCC

Esperar 15 ms

Modo de 8 bits

Esperar 4'1 ms

Modo de 8 bits

Esperar 100 ms

Modo de 8 bits

Esperar 4'1ms

Modo 4 bits, una o dos líneas y la fuente que se desee

Esperar 40 ms-Apagar pantalla, quitar cursor

Esperar 40 ms

Encender pantalla y configurar cursor

Esperar 40 ms

Configurar desplazamiento de pantalla/cursor

Esperar 40 ms.

En este momento, la inicialización ha sido completa.

Notas importantes:

Los tiempos de espera son los mínimos; puede esperarse más. Esto es válido si sólo tenemos retardos de ms.

Fijémonos en que la configuración para 8 bits no usa las líneas 0-3, y por eso sirve también con 4 hilos.

Cuando hay que mandar los comandos en 4 bits se manda primero la parte alta y luego la baja

6.5 ESTRUCTURA RPOGRAMACION MICROCONTROLADOR

```
LIST P=16F877
INCLUDE <P16F877.INC>
```

```
MANDO EQU 0x20
CT1 EQU 0x22 ; Contadores para las pausas de tiempo (Delay)
CT2 EQU 0x23
CT3 EQU 0x24
CAD_L EQU 0x25 ; Guarda parte baja del CAD (Conversor AD)
N_PUNTOS EQU 0x26 ; Contador de puntos en que se detecta mina
POSICION EQU 0x27 ; Posición actual del brazo
PASOS EQU 0x28 ; Cantidad de pasos que se debe mover
brazo/llantas
P_FALTAN EQU 0x29 ; Cantidad de puntos que faltan por marcar
(Detección)
D_MEMORIA EQU 0x2A ; Dirección memoria EEPROM de dato a leer
NUEVA_POS EQU 0x2B ; Posición en la que se debe ubicar el brazo
```

```
ORG 0x00
GOTO INICIO
ORG 0x04
GOTO INTER
```

```
INICIO
BSF STATUS,5 ; Banco 1
MOVLW b'10001110' ; Configura RA0 análogo, referencia interna
MOVWF ADCON1 ; resultado en ADRESH<1 0>:ADRESL
MOVLW b'11111111'
MOVWF TRISA ; Puerto A: IN
CLRF TRISB ; Puerto B: OUT (Motor brazo)
CLRF TRISC ; Puerto C: OUT
CLRF TRISD ; Puerto D: OUT (Motores traslación)
MOVLW b'01000000'
MOVWF PIE1 ; Interrupción por CAD
BCF STATUS,5 ; Banco 0
MOVLW b'00010001'
MOVWF PORTB ; Paso inicial motor PAP brazo
CLRF PORTC
MOVLW b'00010001'
MOVWF PORTD ; Paso inicial motores PAP traslación
MOVLW b'00010000'
MOVWF MANDO ; Acción inicial vehículo (Detenido)
MOVLW d'52' ; Posición actual de brazo (Centro)
```

```

MOVWF POSICION          ; en total 105 posiciones (0-104)
CLRF PIE1
MOVLW b'10000001'
MOVWF ADCON0           ; CAD en canal 0 (RA0)
MOVLW b'11000000'
MOVWF INTCON           ; Interrup. otros

```

```

.***** FUNCIONES PRINCIPALES
,
*****

```

```

ACCIONES ; Controla acciones (movimientos) del vehículo
    BTFSC MANDO,7      ; Si bit=1, mover adelante un paso manual
    CALL GIRO_ADELANTE
    BTFSC MANDO,6      ; Si bit=1, mover atrás un paso manual
    CALL GIRO_ATRAS
    BTFSC MANDO,5      ; Si bit=1, iniciar secuencia de búsqueda
    CALL SECUENCIA
    GOTO ACCIONES     ; Vuelve a ciclo de acciones

```

```

SECUENCIA ; Gestiona pasos a seguir en búsqueda minas y marcación zonas
    CALL SECUE_ADELA   ; Mueve vehículo 22 pasos hacia adelante
    CALL DETECCION     ; Búsqueda y marcación de minas con el brazo
    MOVF N_PUNTOS,1
    BTFSS STATUS,2    ; Revisa si detectó mina(s) y marcó zona(s)
    CALL SECUE_ATRAS   ; SI: Mueve vehículo 100 pasos hacia atrás
    RETURN             ; Fin de secuencia, vuelve a acciones

```

```

.***** INTERRUPCIONES
,
*****

```

```

INTER
    GOTO INTER_CAD

```

```

.***** MOVIMIENTOS SECUENCIA VEHICULO
,
*****

```

```

SECUE_ADELA
    MOVLW d'22'
    MOVWF PASOS        ; N°de pasos movimiento adelante
CICLO_ADELANTE
    CALL GIRO_ADELANTE
    DECFSZ PASOS,1
    GOTO CICLO_ADELANTE
    RETURN

```

```

SECUE_ATRAS
    BSF PORTC,2        ; Enciende bombillos de reversa

```

```

        MOVLW d'100'
        MOVWF PASOS                ; N°de pasos movimiento atrás
CICLO_ATRAS
        CALL GIRO_ATRAS
        DECFSZ PASOS,1
        GOTO CICLO_ATRAS
        BCF PORTC,2                ; Apaga bombillos de reversa
        RETURN

```

```

.***** DETECCION
;
*****

```

```

DETECCION

```

```

; La detección se realiza se realiza en 4 pasos:

```

```

; Secuencia1: El brazo se mueve de centro a punto maximo derecha

```

```

; Secuencia2: El brazo se mueve a punto maximo izquierda

```

```

; Secuencia3: El brazo se mueve a punto centro

```

```

        CLRf N_PUNTOS            ; Clarea contador posiciones mina detectada

```

```

        CALL SECUENCIA_1        ; El brazo va de pos. centro (52) a derecha (104)

```

```

        CALL SECUENCIA_2        ; El brazo va de pos. derecha (104) a izquierda

```

```

(0)

```

```

        CALL SECUENCIA_3        ; El brazo va de pos. izquierda (0) a centro (52)

```

```

        MOVF N_PUNTOS,1

```

```

        BTFSS STATUS,2          ; Revisa si detectó alguna mina

```

```

        CALL MARCACION          ; SI: Procede a marcar la(s) zona(s)

```

```

detectada(s)

```

```

        RETURN

```

```

; Retorna a principal

```

```

SECUENCIA_1 ; El brazo va de pos. centro (52) a derecha (104)

```

```

        MOVLW d'52'

```

```

        MOVWF PASOS                ; N°de pasos a punto final derecha

```

```

CICLO_DETEC_1

```

```

        CALL GIRO1

```

```

        CALL REVISION_CAD

```

```

        DECFSZ PASOS,1

```

```

        GOTO CICLO_DETEC_1

```

```

        RETURN

```

```

SECUENCIA_2 ; El brazo va de pos. derecha (104) a izquierda (0)

```

```

        MOVLW d'104'

```

```

        MOVWF PASOS                ; N°de pasos a punto final izquierda

```

```

CICLO_DETEC_2

```

```

        CALL GIRO2

```

```

        CALL REVISION_CAD

```

```

        DECFSZ PASOS,1

```

```
GOTO CICLO_DETEC_2
RETURN
```

```
SECUENCIA_3 ; El brazo va de pos. izquierda (0) a centro (52)
    MOVLW d'52'
    MOVWF PASOS ; N°de pasos a punto final izquierda
```

```
CICLO_DETEC_3
    CALL GIRO1
    CALL REVISION_CAD
    DECFSZ PASOS,1
    GOTO CICLO_DETEC_3
RETURN
```

```
MARCACION
```

```
    MOVF N_PUNTOS,0 ; Carga N° de puntos detectados en un
contador
    MOVWF P_FALTAN ; para saber cuantos faltan por marcar
    CLRF D_MEMORIA ; Contador para indicar posición de memoria a
```

```
leer
```

```
CICLO_MARCA
```

```
    MOVF D_MEMORIA,0 ; Posición de memoria a leer
    BSF STATUS,6 ; Banco 2
    MOVWF EEADR
    BSF STATUS,5 ; Banco 3
    BCF EECON1,7 ; Acceso a la memoria EEPROM
    BCF INTCON,7 ; Deshabilita interrupciones
    BSF EECON1,0 ; Orden de lectura
    BCF STATUS,5 ; Banco 2
    MOVF EEDATA,0 ; Se carga el dato leído en W
    BCF STATUS,6 ; Banco 0
    BSF INTCON,7 ; Habilita interrupciones
    MOVWF NUEVA_POS ; Se carga el dato leído para ubicar brazo
    CALL POSICIONADOR
    BSF PORTC,0 ; Activa motobomba marcación
    CALL PAUSA_250mS
    BCF PORTC,0 ; Desactiva motobomba macación
    INCF D_MEMORIA,1 ; Incrementa contador dirección de memoria
    DECFSZ P_FALTAN,1 ; Fin de posiciones a marcar?
    GOTO CICLO_MARCA ; NO: Ciclo para marcar próxima posición
    MOVLW d'52'
    MOVWF NUEVA_POS
    CALL POSICIONADOR ; Reubica el brazo en el centro (POSICION=52)
RETURN ; SI: Retorno subrutina MARCACION
```

```

POSICIONADOR
    MOVF NUEVA_POS,0      ; Se carga posición final del brazo
    SUBWF POSICION,0      ; Calculo cantidad de pasos a punto de marca
    BTFSC STATUS,2        ; Revisa si dió cero
    RETURN                ; SI: Retorno de posicionador
    BTFSS STATUS,0        ; Revisa si dió negativo
    GOTO DERECHA          ; SI: Punto a marcar a la derecha
    GOTO IZQUIERDA        ; NO: Punto a marcar a la izquierda

DERECHA
    MOVF POSICION,0
    SUBWF NUEVA_POS,0
    MOVWF PASOS

CICLO_DER
    CALL GIRO1            ; Gira a derecha y aumenta POSICION
    DECFSZ PASOS,1        ; Posición de marca correcta?
    GOTO CICLO_DER        ; NO: Continua girando
    RETURN                ; SI: Retorno de posicionador

IZQUIERDA
    MOVF NUEVA_POS,0
    SUBWF POSICION,0
    MOVWF PASOS

CICLO_IZQ
    CALL GIRO2            ; Gira a izquierda y disminuye POSICION
    DECFSZ PASOS,1        ; Posición de marca correcta?
    GOTO CICLO_IZQ        ; NO: Continua girando
    RETURN                ; SI: Retorno de posicionador

.***** GIROS MOTORES PAP
;
*****
GIRO_ADELANTE ; Mueve vehículo un paso hacia adelante
    BTFSS PORTD,7
    GOTO CERO_MSB_D
    GOTO UNO_MSB_D
CERO_MSB_D ; Cero en bit mas significativo puerto D
    BCF STATUS,0
    GOTO CONTINUE_MSB_D
UNO_MSB_D ; Uno en bit mas significativo puerto B
    BSF STATUS,0
    GOTO CONTINUE_MSB_D
CONTINUE_MSB_D
    RLF PORTD,1
    CALL PAUSA_100mS
    RETURN

```

```

GIRO_ATRAS      ; Mueve vehículo un paso hacia atrás
    BTFSS PORTD,0
    GOTO CERO_LSB_D
    GOTO UNO_LSB_D
CERO_LSB_D      ; Cero en bit menos significativo puerto D
    BCF STATUS,0
    GOTO CONTINUE_LSB_D
UNO_LSB_D; Uno en bit menos significativo puerto D
    BSF STATUS,0
    GOTO CONTINUE_LSB_D
CONTINUE_LSB_D
    RRF PORTD,1
    CALL PAUSA_100mS
    RETURN

GIRO1           ; Mueve un paso sentido de giro 1 para brazo (Derecha)
    BTFSS PORTB,7
    GOTO CERO_MSB_B
    GOTO UNO_MSB_B
CERO_MSB_B      ; Cero en bit mas significativo puerto B
    BCF STATUS,0
    GOTO CONTINUE_MSB_B
UNO_MSB_B       ; Uno en bit mas significativo puerto B
    BSF STATUS,0
    GOTO CONTINUE_MSB_B
CONTINUE_MSB_B
    RLF PORTB,1
    INCF POSICION,1      ; Incrementa posición actual del brazo
    CALL PAUSA_100mS
    RETURN

GIRO2           ; Mueve un paso sentido de giro 2 para brazo (Izquierda)
    BTFSS PORTB,0
    GOTO CERO_LSB_B
    GOTO UNO_LSB_B
CERO_LSB_B      ; Cero en bit menos significativo puerto B
    BCF STATUS,0
    GOTO CONTINUE_LSB_B
UNO_LSB_B; Uno en bit menos significativo puerto B
    BSF STATUS,0
    GOTO CONTINUE_LSB_B
CONTINUE_LSB_B
    RRF PORTB,1
    DECF POSICION,1      ; Decrementa posición actual del brazo

```


CALL PAUSA_100mS
RETURN

.***** REVISION CAD

REVISION_CAD

BSF ADCON0,2 ; Comienza conversión
CICLO_CAD ; Espera la interrupción por CAD
BTFSC ADCON0,2 ; Revisa fin de CAD
GOTO CICLO_CAD ; NO: Continúa esperando
RETURN ; SI: Vuelve a movimiento de brazo

INTER_CAD ; Interrupción por CAD

; Voltaje valido : $1.5 < V < 3$

; Voltaje-Binario-ALTA-BAJA

; 1.5 - 312 - 1 - 56

; 3 - 625 - 2 - 113

BCF PIR1,6 ; Limpia bandera CAD
BSF STATUS,5 ; Banco 1
MOVF ADRESL,0
BCF STATUS,5 ; Banco 0
MOVWF CAD_L ; Parte BAJA de dato CAD
MOVF ADRESH,0
BTFSC STATUS,2 ; Revisa si ALTA=0
GOTO NO_DETECTO ; SI: $V < 1.22$ (No válido)
SUBLW d'2' ; Resta (2-ALTA)
BTFSC STATUS,2 ; Revisa si dió cero
GOTO BAJA_ME_114 ; SI: $2.4 < V < 3.6 \Rightarrow$ Revisar BAJA < 114
BTFSS STATUS,0 ; Revisa si dió negativo
GOTO NO_DETECTO ; SI: $3.6 < V < 5$ (No válido)
GOTO BAJA_MA_55 ; NO: $1.22 < V < 2.4 \Rightarrow$ Revisar ALTA >

55

BAJA_ME_114

MOVF CAD_L,0
SUBLW d'114'
BTFSS STATUS,0 ; Revisa si dió negativo
GOTO NO_DETECTO ; SI: $3 < V < 3.6$ (No válido)
GOTO DETECTO ; NO: $2.4 < V < 3$ (Válido)

BAJA_MA_55

MOVF CAD_L,0
SUBLW d'55'
BTFSS STATUS,0 ; Revisa si dió negativo
GOTO DETECTO ; SI: $1.5 < V < 2.4$ (Válido)
GOTO NO_DETECTO ; NO: $1.22 < V < 1.5$ (No válido)

```

DETECTO
    INCF N_PUNTOS,1      ; N° puntos mina detectada
    MOVLW d'1'
    SUBWF N_PUNTOS,0    ; Acondiciona número dirección (Resta 1)
    BSF STATUS,6        ; Banco 2
    MOVWF EEADR          ; Carga dirección a guardar POSICION
punto detectado
    BCF STATUS,6        ; Banco 0
    MOVF POSICION,0
    BSF STATUS,6        ; Banco 2
    MOVWF EEDATA        ; Carga dato de N° de POSICION detectado
    BSF STATUS,5        ; Banco 3
    BCF EECON1,7        ; Acceso a la memoria EEPROM
    BCF INTCON,7        ; Deshabilita interrupciones
    BSF EECON1,2        ; Habilita escritura en EEPROM
    MOVLW h'55'
    MOVWF EECON2        ; Valor h55 recomendado por fabricante
    MOVLW h'AA'
    MOVWF EECON2        ; Valor hAA recomendado por fabricante
    BSF EECON1,1        ; Orden de escritura
CICLO_ESCRITURA
    BTFSC EECON1,1      ; Revisa si terminó escritura
    GOTO CICLO_ESCRITURA
    BCF EECON1,2        ; Deshabilita escritura en EEPROM
    BCF STATUS,5
    BCF STATUS,6        ; Banco 0
    BSF INTCON,7        ; Habilita interrupciones
NO_DETECTO
    RETFIE              ; Fin revisión CAD

```

```

.***** RETARDOS
,
*****

```

```

PAUSA_5mS      ; Retardo de 5ms.
    MOVLW d'10'
    MOVWF CT2
CICLO_5mS2
    MOVLW d'165'
    MOVWF CT1
CICLO_5mS1
    DECFSZ CT1,1
    GOTO CICLO_5mS1
    DECFSZ CT2,1
    GOTO CICLO_5mS2
    RETURN

```

```

PAUSA_100mS ; Retardo de 100ms.
    MOVLW d'9'
    MOVWF CT3
CICLO_100mS3
    MOVLW d'20'
    MOVWF CT2
CICLO_100mS2
    MOVLW d'183'
    MOVWF CT1
CICLO_100mS1
    DECFSZ CT1,1
    GOTO CICLO_100mS1
    DECFSZ CT2,1
    GOTO CICLO_100mS2
    DECFSZ CT3,1
    GOTO CICLO_100mS3
    RETURN

```

```

PAUSA_250mS ; Retardo de 250ms.
    MOVLW d'4'
    MOVWF CT3
CICLO_250mS3
    MOVLW d'128'
    MOVWF CT2
CICLO_250mS2
    MOVLW d'160'
    MOVWF CT1
CICLO_250mS1
    DECFSZ CT1,1
    GOTO CICLO_250mS1
    DECFSZ CT2,1
    GOTO CICLO_250mS2
    DECFSZ CT3,1
    GOTO CICLO_250mS3
    RETURN

```

```

PAUSA_1S ; Retardo de 1s.
    MOVLW d'10'
    MOVWF CT3
CICLO_1S3
    MOVLW d'188'
    MOVWF CT2
CICLO_1S2

```

```

MOV LW d'176'
MOV WF CT1
CICLO_1S1
DECFSZ CT1,1
GOTO CICLO_1S1
DECFSZ CT2,1
GOTO CICLO_1S2
DECFSZ CT3,1
GOTO CICLO_1S3
RETURN

END

```

6.6 Análisis estático y dinámico de la fibra de carbono

Propiedades físicas de carcasa fibra de carbono

Sistema de coordenadas de salida: -- Densidad = 0.0018 gramos por
predeterminado -- milímetro cúbico

Masa = 1306.3436 gramos

Volumen = 721736.7769 milímetros³

Área de superficie = 618969.6773
milímetros²

Centro de masa: (milímetros) X = 183.5146
Y = 110.0000
Z = -100.8766

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos *
milímetros²)

Medido desde el centro de masa.

$$\begin{aligned}
 I_x &= (0.9957, 0.0000, -0.0924) & P_x &= 11431593.5935 \\
 I_y &= (0.0000, 1.0000, 0.0000) & P_y &= 24234314.5224 \\
 I_z &= (0.0924, 0.0000, 0.9957) & P_z &= 31840755.6721
 \end{aligned}$$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros²)

(Medido desde el centro de masa y alineado con el sistema de coordenadas resultante)

$$\begin{aligned}
 L_{xx} &= 11605700.6636 & L_{xy} &= 0.0000 & L_{xz} &= -1876983.2553 \\
 L_{yx} &= 0.0000 & L_{yy} &= 24234314.5224 & L_{yz} &= -0.0000 \\
 L_{zx} &= -1876983.255 & L_{zy} &= -0.0000 & L_{zz} &= 31666648.6020
 \end{aligned}$$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros²)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

$$\begin{aligned}
 I_{xx} &= 40705920.0535 & I_{xy} &= 26370635.8268 \\
 I_{xz} &= -26060433.6286 & & \\
 I_{yx} &= 26370635.8268 & I_{yy} &= 81522280.3329 \\
 I_{yz} &= -14495741.7646 & & \\
 I_{zx} &= -26060433.6286 & I_{zy} &= -14495741.7646 \\
 I_{zz} &= 91467909.3238 & &
 \end{aligned}$$