DETECTOR DE FUGA DE CAMPO MAGNÉTICO

REPORTE DE PROYECTO DE PRÁCTICAS

COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER

EL TITULO DE LA ESPECIALIDAD

TECNOLOGO EN MECATRONICA

PRESENTA:

RUIZ SALAZAR VICTOR MANUEL

TUTOR ACADEMICO:

JULIO CESAR SOLANO VARGAS

TUTOR DE PLANTA:

PEDRO RAMÓN ESPINA GUZMÁN

Querétaro Qro. Octubre 2011

INTRODUCCIÓN

El propósito general de este proyecto en el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI) cursando la especialidad de Tecnólogo en Mecatrónica, es realizar un dispositivo portable funcional como detector de fuga de campo en superficies normalmente planas y con la cualidad de facilitar el barrido en las áreas reducidas de espacio, además de encontrar fallas en las superficies como disminución de espesor e inclusive corrosión en la misma pero sin dar datos cuantitativos, es un método puramente cualitativo e indica donde se encuentra una disminución de espesor.

INDICE Páginas

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 9

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA 9

1.1 Antecedentes de la empresa 9

1.2 Misión 9

1.3 Visión 10

1.4 Política de calidad 10

1.5 Valores 10

1.6 CLIENTES DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES. 11

1.6.1 Servicios de tecnología de materiales 12

1.7 Ubicación de la empresa 12

CAPITULO II 13

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 14

2.1 Antecedentes del proyecto. 14

2.2 Definición del proyecto 14

2.3 Justificación 15

2.4 Objetivo 15

CÁPITULO III 17

MARCO TEÓRICO 17

3.1 Marco teórico 17

¿Qué es el magnetismo? 18

¿Qué es un campo magnético? 18

Imán 18

¿De dónde procede el magnetismo? 19

Magnetización con Corriente Directa 20

Método de inspección por fuga de campo 20

Sensores 21

Que es el sensor de efecto Hall 22

Aplicaciones de los sensores Hall 24

¿Qué es un Microcontrolador? 24

Características de los Microcontroladores PIC16F87XX 25

Descripción general. PIC16F877A 27

Divisor resistivo 29

CAPÍTULO IV 31

4 Etapas en las que se desarrolló del proyecto y metodología 31

CAPITULO V 34

DESARROLLO DEL PROYECTO 34

5.1 Etapas en las que se planeó el desarrollo del proyecto 34

Etapa 1: Investigación 34

Etapa 2: Construcción del Imán 37

Etapa 3: Elección de los sensores 42

Etapa 4: Programar el Microcontrolador PIC16F877A 43

Etapa 5: Ensamble del Dispositivo 45

Etapa 6: Diseño mecánico 47

CÁPITULO VI 49

MEJORA DEL DISPOSITIVO 49

6.1 Mejora de diseño electrónico 49

CAPITULO VII 52

RESULTADOS Y CONCLUSIONES 52

Resultados 52

Conclusiones 52

GLOSARIO 54

ANEXOS 66

INDICE DE FIGURAS PÁGINAS

FIGURA 1 Clientes de Tecnología de Materiales. 11

FIGURA 2 Ubicación Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial. 12

FIGURA 3 Líneas de flujo Magnético 18

FIGURA 4 Representando las líneas de fuerza en un Imán. 19

FIGURA 5 Corrientes cerradas debidas al movimiento de electrones 20

FIGURA 6 Método de inspección por fuga de campo. 21

FIGURA 7 Principio de funcionamiento de un sensor de Efecto Hall. 23

FIGURA 8 Microcontrolador de 12 pines con base. 24

FIGURA 9 PIC'S 26

FIGURA 10 Puertos del PIC16F877A. 29

FIGURA 11 Representación eléctrica y formula de un Divisor resistivo. 29

FIGURA 12 Etapas en las cuales desarrollo del proyecto. 32

FIGURA 13 Foto con la clasificación general de los imanes. 34

FIGURA 14 Imanes permanentes. 35

FIGURA 15 Diseño de Imán permanente de Alnico. 35

FIGURA 16 Proveedores de Imanes Permanentes. 36

FIGURA 17 Resumen general de los Electroimanes. 37

FIGURA 18 Solenoide. 37

FIGURA 19 Imanes en forma de herradura. 38

FIGURA 20 Tabla AWG. 39

FIGURA 22 PIC16F877A..... 43

FIGURA 23 Circuito impreso de los 8 sensores utilizados..... 43

FIGURA 24 Representación gráfica de la conexión. 44

FIGURA 25 Pines usados para el Voltaje de referencia. 44

FIGURA 26 Imagen de Electroiman. 45

FIGURA 27 Placa de pruebas con 4 agujeros..... 45

FIGURA 28 Tarjetas fenolicas de circuito..... 45

FIGURA 29 Imagen vista frontal y superior caja con electroiman..... 46

FIGURA 30 Imagen vista Inferior y aeral derecha de caja con electroiman. 46

FIGURA 31 Imagen vista superior de caja de tarjetas y vista panoramica de los diferenciales resistivos. 46

FIGURA 32 Muestra la cara frontal y lateral derecha del equipo..... 47

FIGURA 33 Muestra la cara Superior e inferior del equipo..... 47

FIGURA 34 Muestra la cara posterior del equipo. 47

FIGURA 35 Nueva tarjeta con resistencias físicas. 49

FIGURA 36 Procesamiento de señal con dos Amplificadores de instrumentación INA114 y 3 AO..... 50

FIGURA 37 Circuito del PIC16877A con mejoras en el diseño. 50

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes de la empresa

El Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, CIDESI, fue fundado el 9 de Marzo de 1984. Pertenece al Sistema de Centros del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

CIDESI está Certificado bajo la Norma ISO 9001:2000. Ha sido distinguido con el Premio Nacional de Tecnología 2003 y con el Premio Estatal de Exportación 2004 del Estado de Querétaro. Es Proveedor confiable de PEMEX, Proveedor autorizado de BOMBARDIER, Miembro de Alianza con National Instruments y Casa de Diseño de Texas Instruments.

Contribuye al desarrollo del sector productivo del país, en sus dos sedes ubicadas en el Estado de Querétaro y en el de Nuevo León dentro del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica de Monterrey; además cuenta con laboratorios en San Luis Potosí, y con laboratorios in situ en importantes empresas del país.

1.2 Misión

Generar valor en las empresas orientadas a la transformación, contribuyendo al incremento de su competitividad mediante el desarrollo y aplicación de conocimiento relevante y pertinente, con personal altamente calificado y estándares de clase mundial.

1.3 Visión

CIDESI es una institución de clase mundial, autosuficiente con amplia cobertura nacional e internacional que cuenta con personal altamente capacitado comprometido, con vocación de servicio al cliente, ofreciendo productos de alto impacto. La operación se lleva a cabo en instalaciones en el estado del arte con los sistemas más avanzados tanto de diseño como de control de la operación, participando en redes de innovación tecnológica nacionales e internacionales y con alianzas estratégicas efectivas, tanto en investigación y desarrollo como en formación de recursos humanos, lo que le permite mantener la temática de su operación especializada con estándares de alta calidad.

1.4 Política de calidad

En CIDESI nos comprometemos a incrementar la confiabilidad de los proyectos de investigación, desarrollo, innovación y servicios tecnológicos de alto nivel para nuestros clientes, cumpliendo con los estándares aplicables, en un clima organizacional apropiado, con personal altamente calificado, a través de la mejora continua y la autosuficiencia financiera.

1.5 Valores

- Honestidad.
- Confidencialidad.
- Lealtad y veracidad.
- Lealtad y veracidad.
- Responsabilidad y disciplina.
- Respeto.
- Trabajo en equipo.

1.6 CLIENTES DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES.

- Autotanques Nieto.
- Procter &Gamble.
- Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma.
- Refrescos victoria del centro.
- Embotelladora de san juan y Cuautla.
- Kellog's de México.
- JUMEX
- PEMEX
- Entre otros.

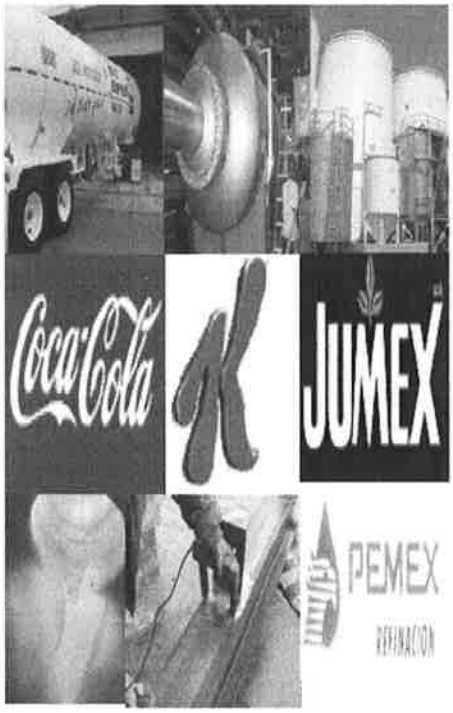


FIGURA 1 Clientes de Tecnología de Materiales.

1.6.1 **Servicios de tecnología de materiales**

- Inspecciones de Recipientes a Presión.
- Inspección de Tubería.
- Inspección Radiográfica.
- Inspección Ultrasónica.
- Inspección con Líquidos Penetrantes.
- Inspección por Partículas Magnéticas.
- Inspección con Electromagnetismo o Corrientes Eddy.
- Prueba Hidrostática
- Elaboración de Tramites ante la STPS para dar de alta sus recipientes a presión.
- Elaboración de Planos e Isométricos.
- Capacitación y Calificación de inspectores en ED.

1.7 Ubicación de la empresa

CIDESI pertenece al Sistema de Centros del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, que agrupa 27 instituciones de investigación, abarcando los principales campos del conocimiento científico y tecnológico. CIDESI Querétaro ubicado en Av. Pie de la Cuesta esquina con playa roqueta número 702 Querétaro Qro.

FIGURA 2 Ubicación Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 Antecedentes del proyecto.

En el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, en la gerencia de Tecnología de Materiales en el área de Ensayos no Destructivos, se lleva a cabo la inspección por fuga de campo con un equipo llamado FLOOR MAP VS2i Marca-SILVERWING, Modelo- FMAPVS21, el cual es un equipo no muy compacto y difícil de manipular para áreas muy pequeñas o inaccesibles por su tamaño, cuando no es posible el acceso de este equipo se utiliza ultrasonido pero esto lleva un tiempo más largo, es por eso que se realizó este prototipo de fuga de campo y así poder cubrir aquellas áreas donde el equipo FLOOR MAP VS21 no tiene acceso.

Además se recolecto información y se encontró con la siguiente tesis como tecnólogo en Mecatronica del Ing. Velásquez Cruz Gabriel con el nombre "Equipo de inspección por fuga de campo electromagnético", la cual contiene un prototipo realizado para la Gerencia de Tecnología de Materiales en el año 2010, el cual cuenta con un sensor y el cuál detecta fuga de campo.

2.2 Definición del proyecto

El proyecto pretende resolver los problemas de inspección por fuga de campo, es decir que el tiempo de respuesta sea más corto y terminar con los problemas de inaccesibilidad del equipo FLOOR MAP VS21, así como la confiabilidad de los resultados.

2.3 Justificación

Los beneficios que tiene este proyecto son los siguientes:

1. Un prototipo compacto muy fácil de manipular que permite el análisis de placas o superficies planas siempre y cuando sean materiales ferromagnéticos o paramagnéticos.

2. Iniciativa de invención de este tipo de equipos y brinda un apoyo a las técnicas de inspección por fuga de campo.

3. Además se pretende reducir el tiempo de inspección y tener un mayor alcance de áreas inaccesibles y reducidas de espacio.

4. Reducir costos, debido a que el equipo FLOOR MAP VS21 marca Silverwing tiene un costo alrededor de los $ 500,000 pesos aproximadamente.

2.4 Objetivo

El objetivo que se planea alcanzar a través de este proyecto es el siguiente:

- La fabricación de un prototipo compacto y funcional, que detecte la variación de fuga de campo por medio de sensores de efecto Hall marca Allegro y determine si hay variación a la salida del sensor, la variación de salida del sensor puede indicarnos donde se encuentra la discontinuidad en la superficie a inspeccionar.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

CÁPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Marco teórico

Los ensayos no destructivos también conocidos como NDT por sus siglas en Inglés (Nondestructive testing) se han practicado por muchas décadas. Se tiene registro desde 1868 cuando se comenzó a trabajar con campos magnéticos. Uno de los métodos más utilizados fue la detección de grietas superficiales en ruedas y ejes de ferrocarril.

En la actualidad son aplicados a cualquier tipo de prueba, siempre y cuando no altere sus propiedades tanto físicas, químicas o dimensionales. Al realizar algún ensayo no destructivo o prueba no destructiva se obtienen daños imperceptibles o nulos. Podemos encontrar una variedad de ensayos no destructivos y cada uno de ellos se utiliza en diferentes aplicaciones. Algunos ejemplos: Inspección visual, Radiografía, Ultrasonido, Electromagnetismos (fuga de campo y partículas magnéticas), Corrientes Eddy, Prueba Hidrostática.

Los ensayos no destructivos tienen una desventaja con respecto a los ensayos destructivos, estos proveen valores o variables menos exactas, la ventaja es que suelen ser más baratos para el cliente o dueño de las piezas a tratar. En ocasiones los ensayos no destructivos buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se Complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.

¿Qué es el magnetismo?

El magnetismo (del latín magnes,-ētis, imán), es un fenómeno físico por el que los materiales ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales. Hay algunos materiales conocidos que han presentado propiedades magnéticas detectables fácilmente como el níquel, hierro, cobalto y sus aleaciones que comúnmente se conocen como imanes. Sin embargo todos los materiales son influidos, de menor o mayor forma, por la presencia de un campo magnético.

¿Qué es un campo magnético?

El campo magnético es una región de espacio en la cual una carga eléctrica puntual de valor q, que se desplaza a una velocidad, sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad v como al campo B. Las líneas de flujo magnético se aprecian en la figura 3.

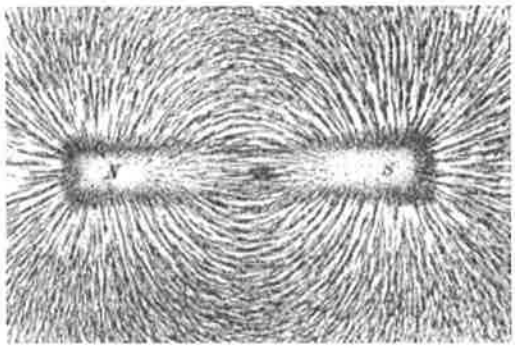


FIGURA 3 Líneas de flujo Magnético

Imán

Un imán es un material capaz de producir un campo magnético exterior y atraer el hierro (también puede atraer al cobalto y al níquel). Los imanes que manifiestan sus propiedades de forma permanente pueden ser naturales,

como la magnetita (Fe3O4) o artificiales, obtenidos a partir de aleaciones de diferentes metales.

En un imán la capacidad de atracción es mayor en sus extremos o polos. Estos polos se denominan norte y sur, debido a que tienden a orientarse según los polos geográficos de la Tierra, que es un gigantesco imán natural.

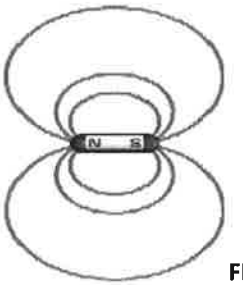


FIGURA 4 Representando las líneas de fuerza en un Imán.

La región del espacio donde se pone de manifiesto la acción de un imán se llama campo magnético. Este campo se representa mediante líneas de fuerza, que son unas líneas imaginarias, cerradas, que van del polo norte al polo sur, por fuera del imán y en sentido contrario en el interior de éste; se representa con la letra B.

¿De dónde procede el magnetismo?

Desde hace tiempo es conocido que una corriente eléctrica genera un campo magnético a su alrededor. En el interior de la materia existen pequeñas corrientes cerradas debidas al movimiento de los electrones que contienen los átomos, cada una de ellas origina un microscópico imán o dipolo. Cuando estos pequeños imanes están orientados en todas direcciones sus efectos se anulan mutuamente y el material no presenta propiedades magnéticas; en cambio si todos los imanes se alinean actúan como un único imán y en ese caso decimos que la sustancia se ha magnetizado.

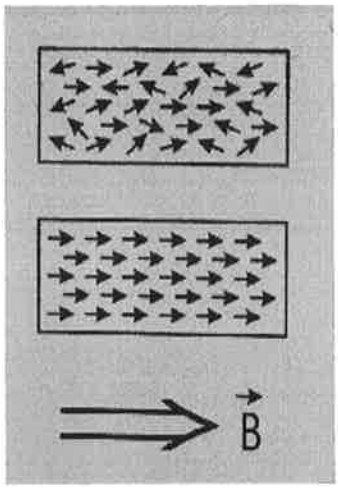


FIGURA 5 Corrientes cerradas debidas al movimiento de electrones

Magnetización con Corriente Directa

El campo magnetico decorriente directa inducido en la pieza penetra la seccion transversal completa. La intensidad de este campo magnetico se dispersa en un área mayor que con corriente alterna, lo cual permite aplicaciones por el método residual en partes pequeñas.

Método de inspección por fuga de campo

Como ya sabemos que un imán en herradura tiene dos polos y cuando se aproxima una pieza ferromagnética o paramagnética esta es atraída al imán, esto se debe a su permeabilidad magnética del material y la del aire, esta es mucho mayor en la pieza que la del aire, es por eso que cuando se acerca una pieza, se genera un puente haciendo que el flujo sea un flujo circundante, cuando una pieza ferromagnética o paramagnética tiene una distancia de separación con el imán en herradura (Permanente o Electroimán), se genera un puente entre los polos.

La corriente circundante en la pieza a inspeccionar (paramagnética) siempre buscará la manera más fácil de viajar tratando de evadir una fisura o disminución de espesor en la pieza inspeccionada, las líneas de flujo que no encuentren camino o espacio por donde viajar, saldrán por encima de la pieza inspeccionada, generando una proporción de campo magnético provocado por dicha fisura, ranura, deformación o simplemente una disminución de espesor.

Esta deformación proporcional es captada por los sensores, y nos devuelven un valor en voltaje, el sensor debe de ser analógico para que nos de la variación producida por la fuga de campo. Las partes de una inspección por fuga de campo se muestran en la figura 6.

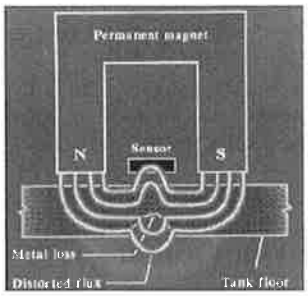


FIGURA 6 Método de inspección por fuga de campo.

Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor es diferente a un transductor, el sensor se encuentra siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse; Que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo.

Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

Estas son algunas áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, Industria aeroespacial, Medicina, Industria de manufactura, Robótica, etc.

Los sensores pueden estar conectados a una computadora o a un microcontrolador para obtener ventajas como son: el acceso a una base de datos y la toma de valores del mismo.

Que es el sensor de efecto Hall

El sensor de efecto Hall o simplemente sensor Hall o sonda Hall (denominado según Edwin Herbert Hall) se sirve del efecto Hall para la medición de campos magnéticos o corrientes o para la determinación de la posición.

Cuando por una placa metálica circula una corriente eléctrica y ésta se halla situada en un campo magnético perpendicular a la dirección de la corriente, se desarrolla en la placa un campo eléctrico transversal, es decir, perpendicular al sentido de la corriente. Este campo, denominado Campo de Hall, es la resultante de fuerzas ejercidas por el campo magnético sobre las partículas de la corriente eléctrica, sean positivas o negativas.

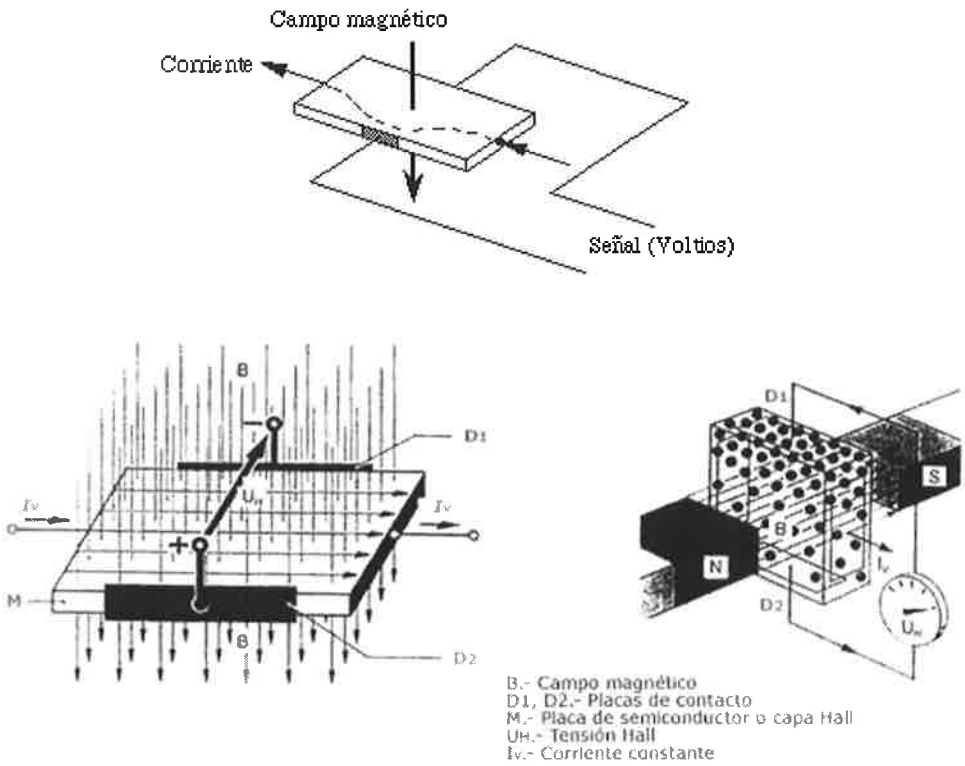


FIGURA 7 Principio de funcionamiento de un sensor de Efecto Hall.

Si fluye corriente por un sensor Hall y se aproxima a un campo magnético que fluye en dirección vertical al sensor, entonces el sensor crea un voltaje saliente proporcional al producto de la fuerza del campo magnético y de la corriente. Si se conoce el valor de la corriente, entonces se puede calcular la fuerza del campo magnético; si se crea el campo magnético por medio de corriente que circula por una bobina o un conductor, entonces se puede medir el valor de la corriente en el conductor o bobina.

Si tanto la fuerza del campo magnético como la corriente son conocidas, entonces se puede usar el sensor Hall como detector de metales.

Aplicaciones de los sensores Hall

- Mediciones de campos magnéticos (Densidad de flujo magnético).
- Mediciones de corriente sin potencial (Sensor de corriente).
- Emisor de señales sin contacto.
- Aparatos de medida del espesor de materiales.

Como sensor de posición o detector para componentes magnéticos los sensores Hall son especialmente ventajosos si la variación del campo magnético es comparativamente lenta o nula.

Los sensores Hall se utilizan en señales salientes análogas para campos magnéticos muy débiles (campo magnético terrestre), ej. Brújula en un sistema de navegación.

¿Qué es un Microcontrolador?

Un microcontrolador es un circuito integrado que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada y salida.

Son diseñados para reducir el costo y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. Un pequeño microcontrolador de 12 pines se muestra en la figura 8.

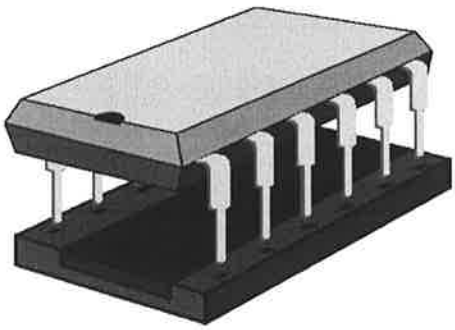


FIGURA 8 Microcontrolador de 12 pines con base.

El disponer en el mercado de circuitos integrados que realizan una labor completa de forma autónoma es una gran ventaja y ayuda enormemente en el diseño de un proyecto más complejo. Sin embargo, la situación podría ser más favorable aún si en lugar de tener muchos dispositivos que llevan a cabo una función concreta, tuviéramos sólo uno, pero que pudiera llevar a cabo distintas funciones según nuestros intereses. Eso es lo que conocemos como microcontrolador.

El microcontrolador se convierte en un pequeño ordenador y es el desarrollador el encargado de programarlo según sus necesidades. Además de la flexibilidad que esto aporta, los microcontroladores suelen contar con otros módulos que añaden nuevas funcionalidades, como temporizadores, conversores analógico digital, PWM entre otras.

Todas estas características convierten a los microcontroladores en dispositivos todo terreno y con un sin fin de aplicaciones: desde un reloj despertador como el que todos tenemos en la mesilla de noche hasta el control de tracción de un coche.

Características de los Microcontroladores PIC16F87XX

Microchip Technology. Estos dispositivos han sido fenomenalmente exitosos en el mercado. Este producto está dirigido hacia el mercado de 8 bits, el más grande segmento de microcontroladores en el mercado. Por muchos años el mercado había sido dominado por microcontroladores de 4 bits; esto es, por microcontroladores que manejan 4 bits de información a un mismo tiempo. Más recientemente. Los microcontroladores de 8 bits han venido a dominar un mercado dividido entre decenas de fabricantes. Motorola ha sido el líder en el mercado de 8 bits con sus familias de MC68HC05 y MC68HC11.

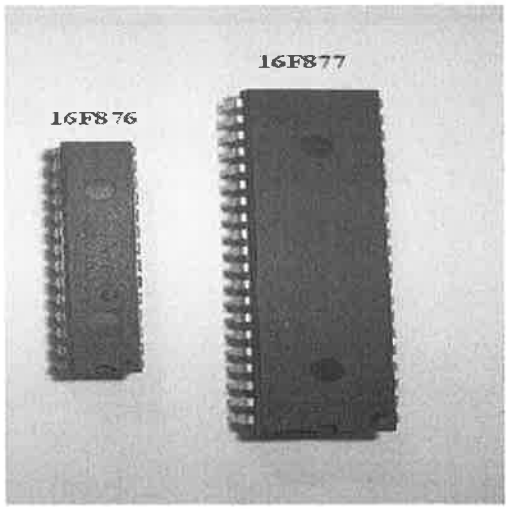


FIGURA 9 PIC'S

Los microcontroladores poseen un arreglo de accesorios que hacen de ellos atractivos para un amplio rango de aplicaciones. En este texto, el objetivo será la familia PIC16C7X. La familia PIC16C7X ha sido mejorada con capacidad de conversión de analógico-digital. Más aún, estos microcontroladores están disponibles con un rango de capacidades, encapsulados en empaques dual-en-línea DIP y de montaje superficial, variando el número de terminales desde 18 hasta 44 patillas o pines.

Entre los factores que influyen en la amplia popularidad de estos circuitos integrados encontramos los siguientes:

Velocidad: Cuando se opera al máximo del ciclo de reloj, un PIC puede ejecutar la mayoría de sus instrucciones en 0.2 es o 5 instrucciones por microsegundo.

Conjunto de instrucciones simples: El conjunto de instrucciones consiste en tan sólo 35 de ellas.

Integración de características operacionales: El *power on reset* y la b*rown-out protection* aseguran que el chip opere solo cuando la fuente de alimentación se encuentre dentro de las especificaciones. Un watchdog timer reinicializa el PIC si alguna vez sufre un malfuncionamiento o si se desvía de su operación regular. Cualquiera de las cuatro opciones de reloj, además de una variedad de opciones de bajo consumo de potencia; son incluidas.

Opciones de programación de temporizadores*:* Tres temporizadores versátiles pueden caracterizar entradas, control de salidas, y proveer un cronometraje interno para la ejecución de programas.

Control de interrupciones: Hasta 12 fuentes de interrupciones diferentes que pueden ser controladas cuando el CPU lidie con cada una de estas fuentes.

Potente control de pines de salida: Una simple instrucción puede seleccionar y conducir un solo pin de salida en alto o bajo lógicos en un tiempo de ejecución de 0.2 µs. El pin puede conducir hasta una carga de 25Ma.

Puerto de expansión de entradas/salidas (e/s): La interface periférica serial puede hacer uso de registros de corrimiento de 16 pines para añadir cualquier número de pines de e/s.

Descripción general. PIC16F877A

El PIC16F877A es un microcontrolador de 8 bits de bajo costo, alto rendimiento, tecnología CMOS, totalmente estático, con convertidores Analógico-Digital (A/D) integrados.

Todos los microcontroladores PIC16/17 emplean una avanzada arquitectura RISC. La familia PIC16C7X ha mejorado sus características internas, su stack de 8 niveles de profundidad, y múltiples fuentes de interrupción internas y externas. La separación de los buses de datos e instrucciones en

la arquitectura Harvard permite una instrucción cuya palabra es de 14 bits de ancho además de un dato de 8 bits de ancho. Las dos etapas de las líneas de conexión de instrucciones permiten ejecutarse todas las instrucciones en un solo ciclo, a excepción de saltos de programa, que requieren de dos ciclos. Un total de 35 instrucciones (conjunto reducido de instrucciones) están disponibles. Además, un amplio conjunto de registros. Ver ANEXO 1.

Características:

Memoria de Programa tipo Flash 8Kx14
Memoria Datos 368 bytes
EEPROM 256 bytes
33 pines de Entrada/Salida
Encapsulado: 40 pines DIP, 44 pines PLCC y 44 pines TQFP
Soporta Xtal 20MHz
Voltaje de Operación: 2.0 hasta 5.5VDC

Periféricos:

1 Conversor A/D de 10-bits (8 canales)
2 Módulos CCP (Captura, Comparador, PWM)
1 Modulo I^2C
1 USART (Puerto Serie)
2 Timers de 8 bits
1 Timer 16 bits

La configuración de pines del PIC16F877A se muestran en la figura 10.

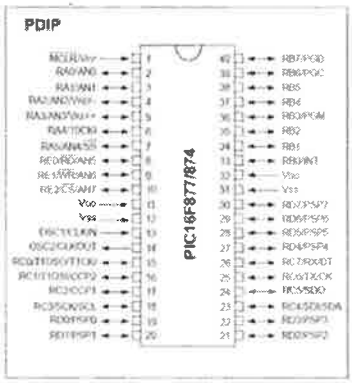


FIGURA 10 Puertos del PIC16F877A.

Divisor resistivo

Un divisor resistivo es un caso especial donde ambas impedancias, Z_1 y Z_2, son puramente resistivas.

De ser así tenemos la siguiente fórmula:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$

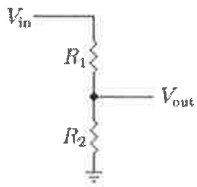


FIGURA 11 Representación eléctrica y formula de un Divisor resistivo.

R_1 y R_2 pueden ser cualquier combinación de resistencias en serie o paralelo.

CAPÍTULO IV

ETAPAS EN LAS QUE SE PLANEO EL PROYECTO

CAPÍTULO IV

4 Etapas en las que se desarrolló del proyecto y metodología

Etapa 1: Investigación

En esta etapa se pretende recabar y analizar la mayor información sobre el método de fuga de campo, elementos a utilizar electrónicamente y la mecánica.

Etapa 2: Construcción del Imán

En la segunda etapa se pretende elegir el imán que sea el más adecuado para esta operación, buscando proveedores o realizando el mismo manualmente.

Etapa 3: Elección de los sensores

En esta tercera etapa se pretende escoger los sensores que cumplan con los requerimientos para este tipo de Inspección por fuga de campo, los cuales son los sensores de Efecto Hall. Es decir que se elige solo entre estos dos tipos de sensores.

Etapa 4: Programar el Microcontrolador PIC16F877A

En esta etapa se pretende realizar el programa de convertidor Analógico a Digital (AD), modificando los registros del mismo y así poder canalizar la información Analógica obtenida por el sensor en una Señal Digital. Realizando además las tarjetas para los PIC´S y los componentes a utilizar.

Para esto se utiliza un PIC16F877A debido a que es fácil de programar y tiene un encapsulado que hace que funcione en distintos ambientes, con el convertidor del PIC16F877A es más que suficiente para canalizar estas lecturas del sensor.

Etapa 5: Ensamble del dispositivo

El propósito de esta etapa es la realización del ensamble de todos los elementos tales como el Imán, Los Sensores, Las Tarjetas Y Los PIC´S. Posteriormente realizar las pruebas adecuadas para verificar el funcionamiento.

Etapa 6: Diseño Mecánico

En esta etapa se pretende diseñar el hardware en el software Solidworks 2009 una vez que el dispositivo sea funcional después de haber realizado la operación de ensamble. Las etapas en las que se planeó el proyecto se muestran en la figura 12.

METODOLOGÍA

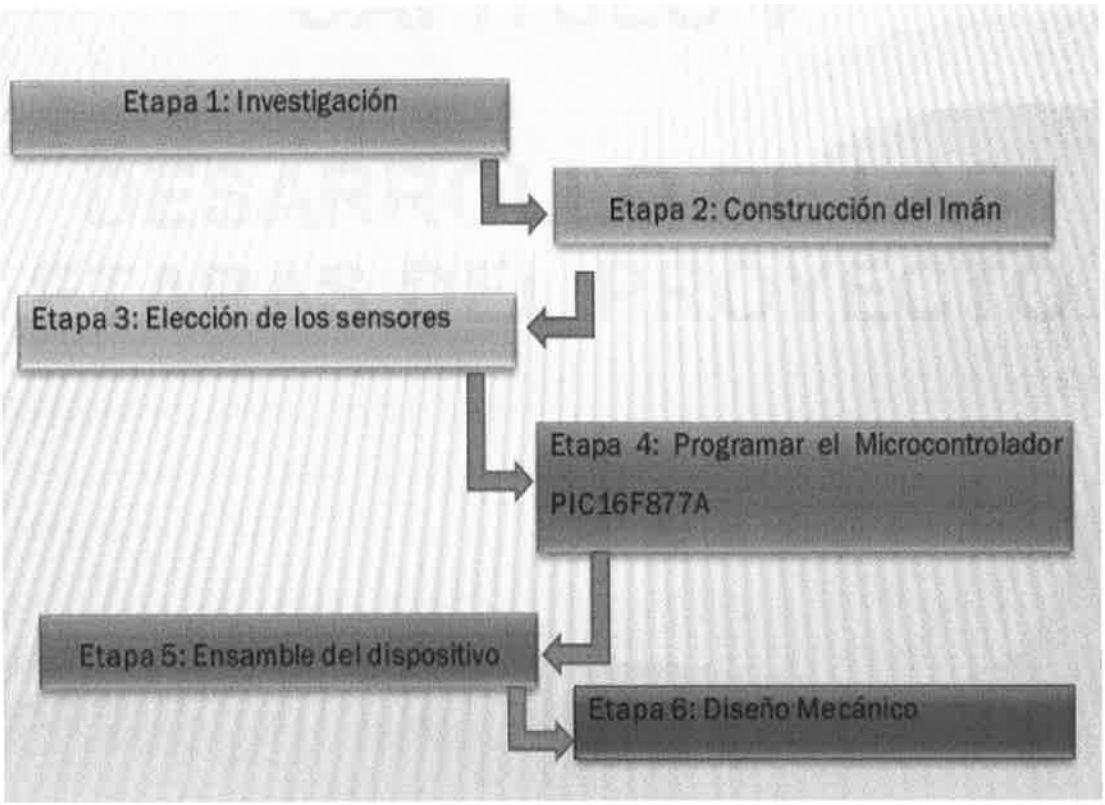


FIGURA 12 Etapas en las cuales desarrollo del proyecto.

Imanes permanentes

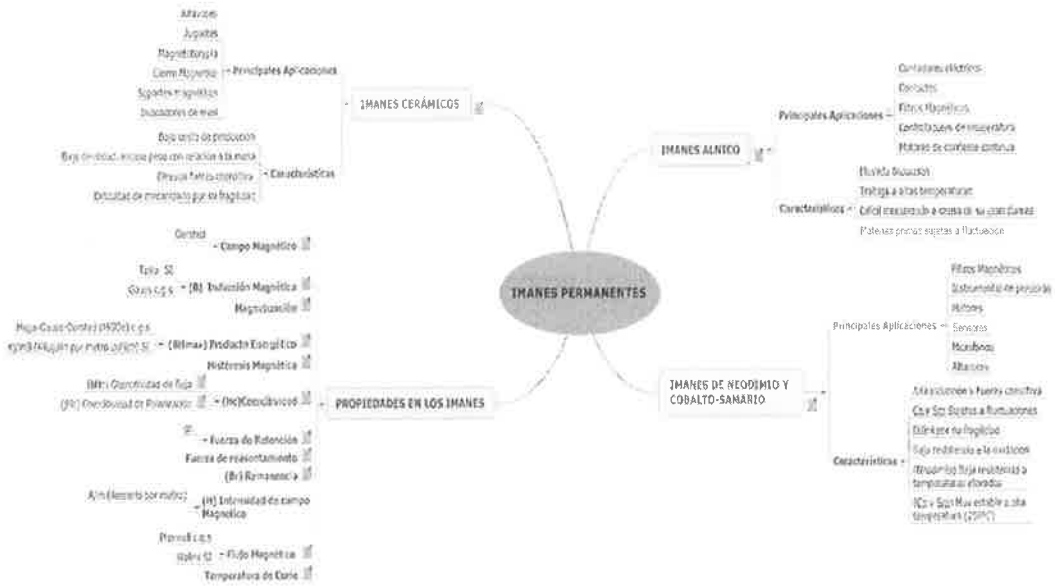


FIGURA 14 Imanes permanentes.

Una vez obtenida la clasificación, se eligió que la mejor opción sería un imán permanente, y se diseñó el imán con ayuda del software solidworks 2009. El diseño se muestra en la figura 15.

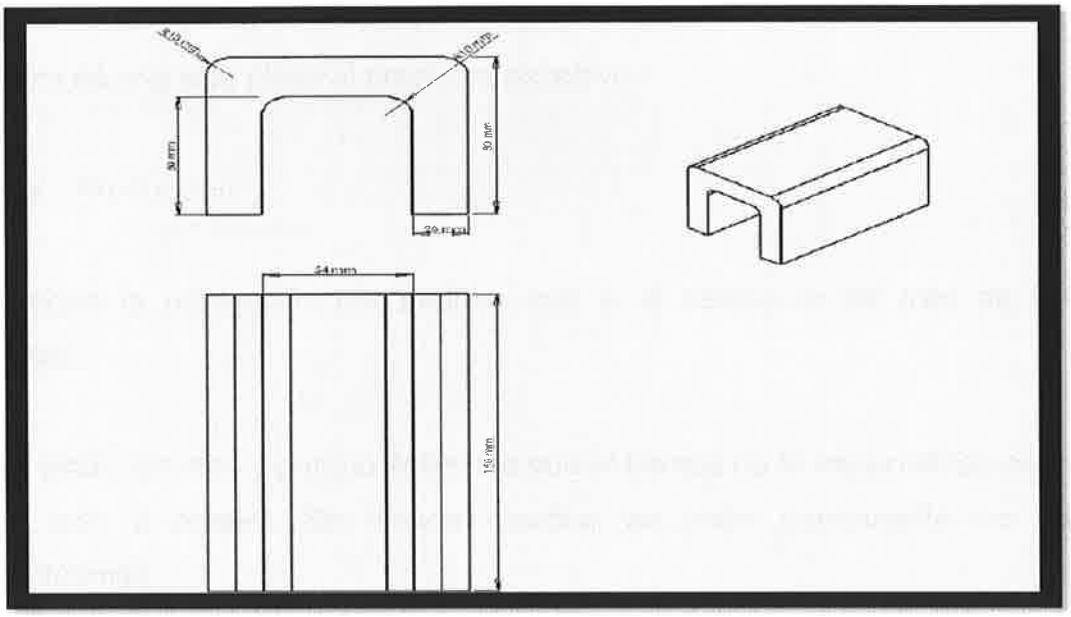


FIGURA 15 Diseño de Imán permanente de Alnico.

Etapa 2: **Construcción del Imán**

Nuevamente se recaba información de los conceptos de los electroimanes Ver ANEXO 2.

Electroimán

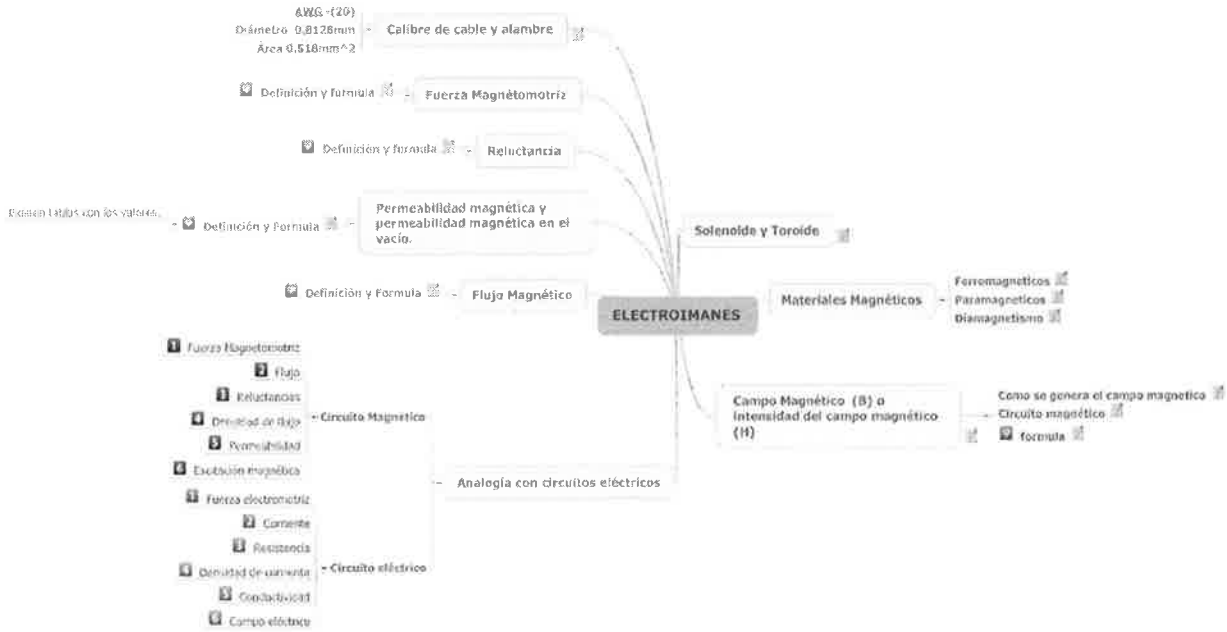


FIGURA 17 Resumen general de los Electroimanes.

Recibe el nombre de electroimán el conjunto formado por una bobina y un núcleo de hierro colado en el interior de la misma. El núcleo de hierro se imanta por influencia del campo magnético creado por la bobina durante todo el tiempo que dure el paso de la corriente por sus espiras, resultando un campo más intenso que el producido por la bobina. Los más usados son los imanes rectos (solenoides) y los imanes herradura.

FIGURA 18 Solenoide.

Electroimanes en forma de herradura

Estos electroimanes están constituidos por dos núcleos, cada uno de los cuales es en realidad un verdadero electroimán recto. Con su correspondiente bobina excitadora. Es muy importante conectar correctamente las dos bobinas, ya que es preciso que se sumen sus efectos.

Los dos núcleos del electroimán están unidos mediante una tercera pieza de hierro, llamada culata, de modo que queden libres dos polos, uno de ellos N (Norte) y otro S (Sur). Ordinariamente, los electroimanes de herradura quedan completados con otra pieza de hierro llamada armadura colocada frente a los núcleos y separada de los mismos por un espacio de aire, que recibe el nombre de entrehierro. Algunos electroimanes en forma de herradura se muestran en la figura 19.

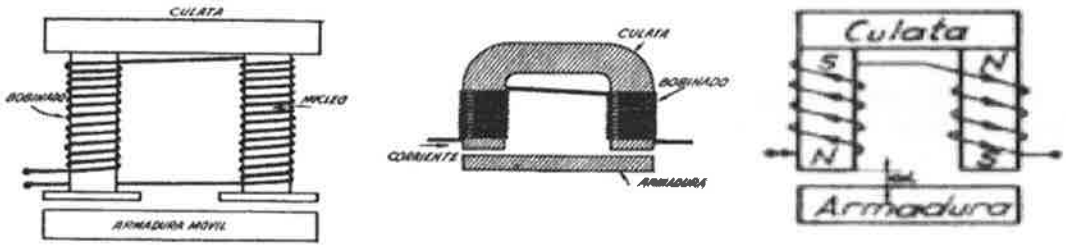


FIGURA 19 Imanes en forma de herradura.

Cálculos del electroimán

Primero se consigue una barra de acero nodular con las siguientes dimensiones

- Ancho 2 7/16"
- Espesor 1/2"
- Largo 14"

Posteriormente se consigue un alambre magneto AWG número 20, por la simple analogía de la oposición de electrones, producirá un campo magnético mayor al paso de la corriente por el alambre.

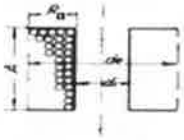
Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm2)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (O/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1.40	120
2	6,544	33,63		295	1.50	96
3	5,827	26,67		237	1.63	78
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	56,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46

FIGURA 20 Tabla AWG.

Cálculo de número de espiras

Dónde:

IMAN Ra= 0.5"= 12.7mm = al Radial de la bobina.



A= 2.43" = 61.9125 mm = al Axial de la bobina.

FIGURA 21 Muestra el lado Axial y Radial de la bobina para el electroimán.

$$Nespiras * capa = \frac{A}{Diametro\ Alambre} = \frac{61.9125\ mm}{0.8128\ mm} = 76.17 = 77\ espiras * capa$$

$$Ncapas = \frac{Ra}{Diametro\ Alambre} = \frac{12.7\ mm}{o.8128\ mm} = 15.625 = 16 = 8\ capas\ por\ polo$$

$$Ntotal\ de\ espiras = Nespiras\ capa * Ncapa = 77 * 16 = 1232$$

Fuerza magnétomotriz

$Fmm = N * I$

Dónde:

N=Numero de espiras de la bobina

I=Intensidad de la corriente en amperios (A)

$Fmm1 = 1237 * 3 = 3711Av$

$Fmm2 = 1237 * 2 = 2474Av$

$Fmm3 = 1237 * 1.63 = 2016.31Av$

Permeabilidad magnética del material

$\mu = \mu r * \mu 0$

Dónde:

$\mu rFe = 7000$ Ver ANEXO 3

$\mu 0 = 4\Pi X10^{-7} = 0.00000125664\ NA^{-2}\ \ 0\ H/m$

$\mu rAire = 1.0000004$ Ver ANEXO 3

$\mu Fe = (7000 * 0.00000125664) = 0.00879648\ H/m$

$\mu Fe = (1.0000004 * 0.00000125664) = 0.00000125664\ H/m$

Reluctancia magnética

$R = \frac{l}{\mu A} = \frac{Av}{Weber} = H^{-1}$

Dónde:

$l = longuitud\ del\ circuito\ (m)$

$\mu = Permeabilidad\ magnética\ del\ material\ (\frac{H}{m})$

$A = Area\ de\ la\ sección\ del\ circuito\ nucleo\ (m^2)$

Reluctancia del Núcleo

$$R = \frac{l}{\mu Fe * A} = \frac{0.3556\ m}{(0.00879648\ H/\ m) * (\ 0.0619\ m * 0.3556\ m)} = 1836.54\ H^{-1}\ = Av/Weber$$

Reluctancia área Libre

$$R = \frac{l}{\mu A} = \frac{0.0014\ m}{(0.00000125664 H\ ) * (\ 0.0127\ m\ * 0.061912\ m\ \ )} = 1555555.5\ Av/\ Weber$$

$$Rt = 1555555.5 + 1836.54 = 1557392 \text{ Av / Wb}$$

Flujo magnético

$$\phi = \frac{Fmm}{Rt}$$

Dónde:

$Fmm = Fuerzamagnetomotriz$

$Rt = Reluctancia\ Total$

$$\phi = \frac{Fmm}{Rt} = \frac{2016.31\ Av}{1557392 \text{ Av / Wb}} = 0.00129\ \ Wb$$

Inducción Magnética

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{0.00129\ 88\ Wb}{0.0007861\ m^2} = \ 0.1652\ T$$

Como se sabe que 1 Tesla = 10000 Gauss, por lo tanto.

$$0.1652\ T = \ \ 1652\ Gauss$$

Etapa 3: **Elección de los sensores**

En esta tercera etapa se seleccionó el sensor A1321LLHLT-T de Allegro con las siguientes características:

Descripcción

La familia de A1321 lineal ICs de Efecto Hall, se han optimizado, son sensores sensibles y de funcionamiento estable al cambio de temperatura. Estos sensores radiometricos de efecto Hall ICs proporcionan una tensión de salida que es proporcional al magnetico aplicado. La familia A132X tiene un reposo de salida que es un 50% de la tension de alimentacion y una sensibilidad de 5mV/G.

Caracteristicas

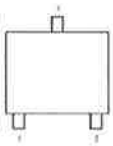
- La temperatura estable de voltaje de salida en reposo.
- Recuperación precisa después de ciclos de temperatura.
- Salida proporcional a la densidad de flujo magnético de tension.
- Voltaje operacional de 4.5v a 5.5 V
- Resistencia a la tension mecanica
- Robusta proteccion.

Selection Guide

Part Number	Packing[1]	Mounting	Ambient, T_A (°C)	Sensitivity, Typ. (mV/G)
A1321ELHLT-T	7-in. reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	–40 to 85	5.000
A1321EUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP through hole		
A1321LLHLT-T	7-in. reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	–40 to 150	
A1321LUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP through hole		

Symbol	Number		Description
	Package LH	Package UA	
VCC	1	1	Connects power supply to chip
VOUT	2	3	Output from circuit
GND	3	2	Ground

Package LH



Etapa 4: **Programar el Microcontrolador PIC16F877A**

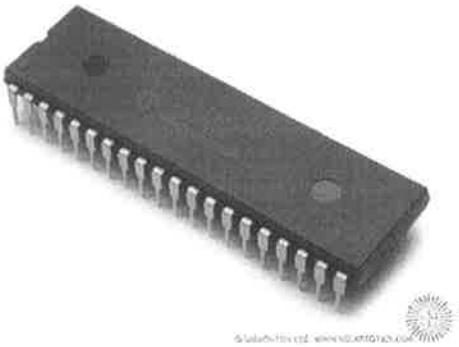


FIGURA 22 PIC16F877A

Una vez que tenemos el sensor, se busca la manera de canalizar estas lecturas analógicas que el sensor emite como salida y convertirlas a digitales, para eso se utiliza el micro controlador PIC16F877A. Las cuales se muestran en el ANEXO 4

En el proyecto se utilizaron 8 sensores en un circuito impreso mostrado en la figura 23.

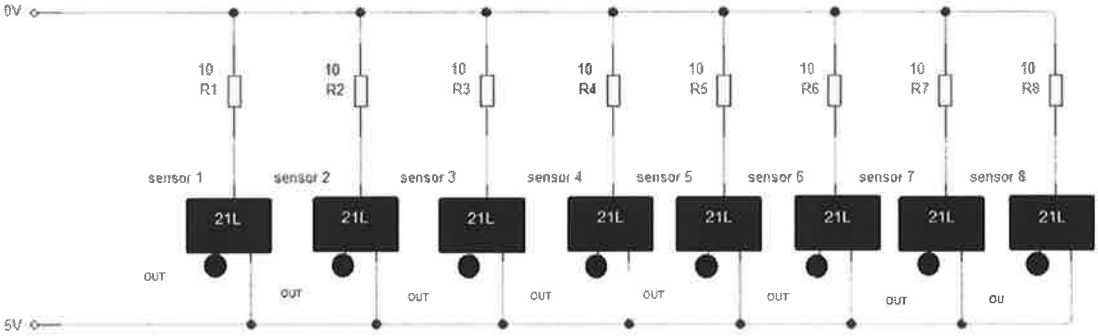


FIGURA 23 Circuito impreso de los 8 sensores utilizados

Además de 8 PIC´S en dos diferentes placas fenólicas, un PIC16F877A por cada señal analógica de cada sensor, el circuito impreso por cada sensor se muestra a continuación. Y el programa de cada PIC´S se muestra en el ANEXO 5.

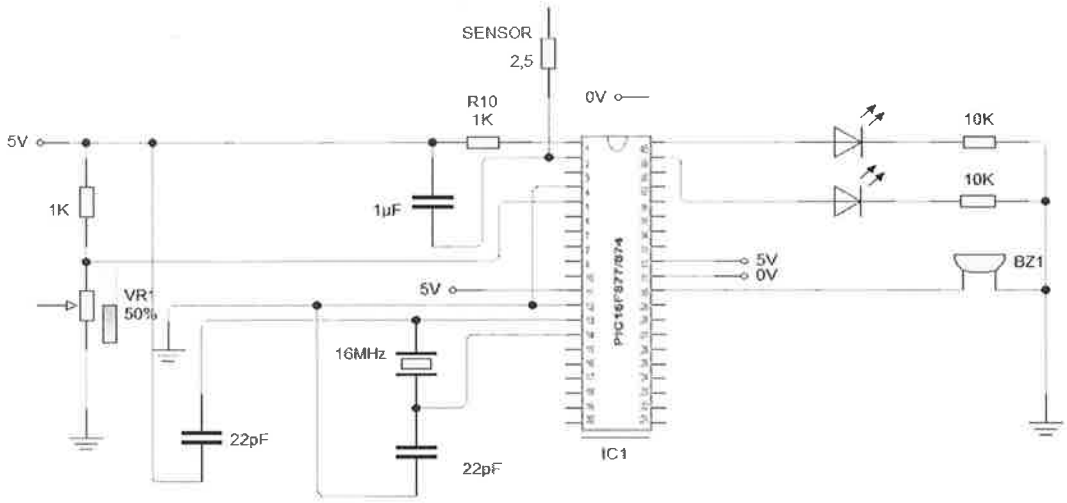


FIGURA 24 Representación gráfica de la conexión.

Además de utilizar un divisor resistivo para el voltaje de referencia (Vref+ Vref-) en los pines 4 y 5 de microcontrolador PIC16F877A.

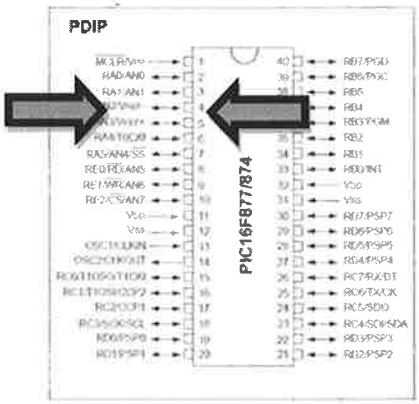


FIGURA 25 Pines usados para el Voltaje de referencia.

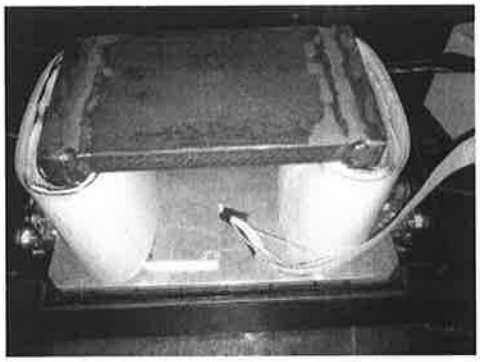
Ejemplo de calculo de un divisor resistivo, en este caso la resistencia R2 es una resistencia variable (Potenciometro).

$$Vout = \frac{R2}{R1 + R2} * Vin$$

$$Vout = \frac{2k}{1k + 2k} * 5V = 3.5V$$

Etapa 5: **Ensamble del Dispositivo**

En esta última etapa, solamente se unen las partes, y se comprueba la funcionalidad del pequeño prototipo, para una mayor explicación se muestra el dispositivo funcional con fotografías.



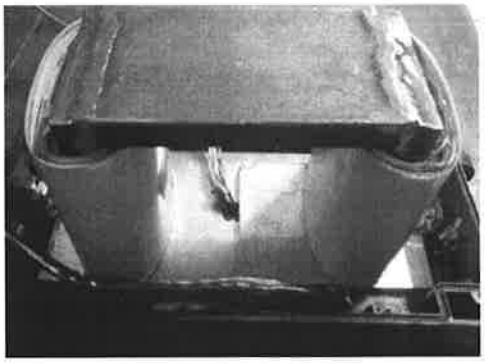


FIGURA 26 Imagen de Electroiman.

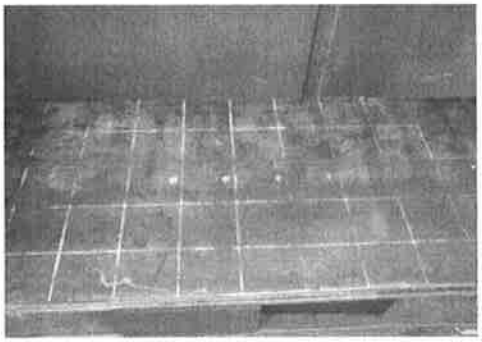
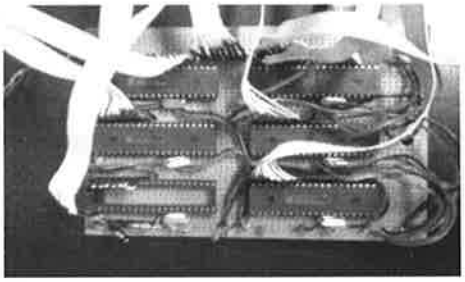


FIGURA 27 Placa de pruebas con 4 agujeros.



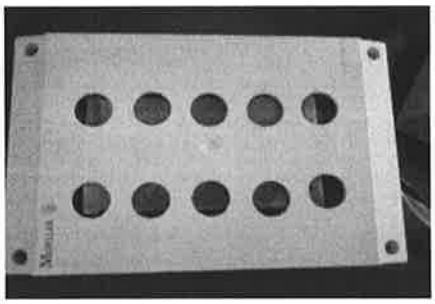
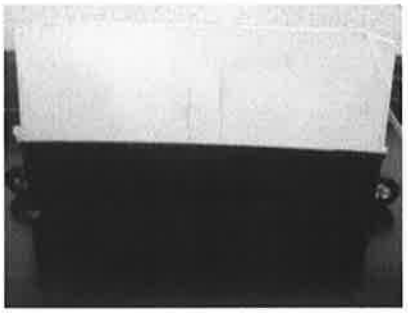


FIGURA 28 Tarjetas fenolicas de circuito.



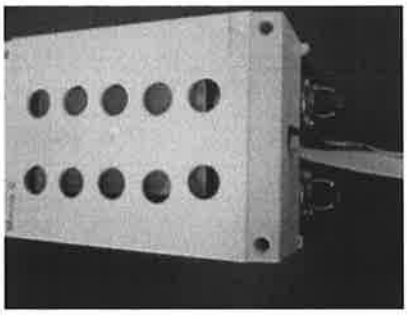
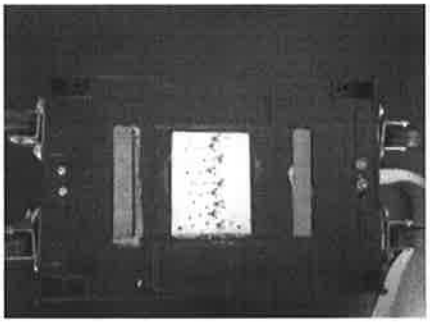


FIGURA 29 Imagen vista frontal y superior caja con electroiman.



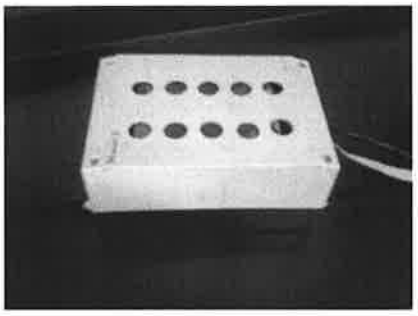
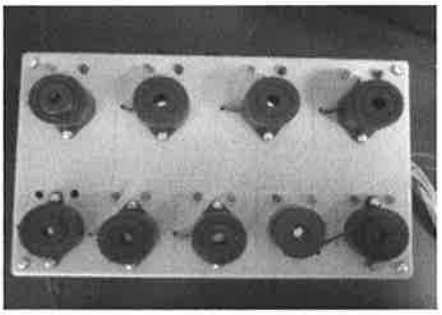


FIGURA 30 Imagen vista Inferior y aeral derecha de caja con electroiman.



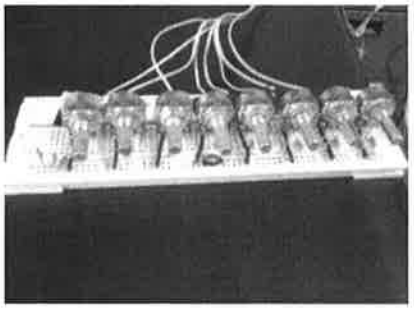


FIGURA 31 Imagen vista superior de caja de tarjetas y vista panoramica de los diferenciales resistivos.

Etapa 6: Diseño mecánico

En esta etapa final se realizó un dibujo en el software solidworks 2007 de uno de los bosquejos realizado, proyectando en el mismo, el posible dispositivo finalmente terminado y con un Imán permanente cumpliendo con todas las características. Este dispositivo se muestra a continuación:

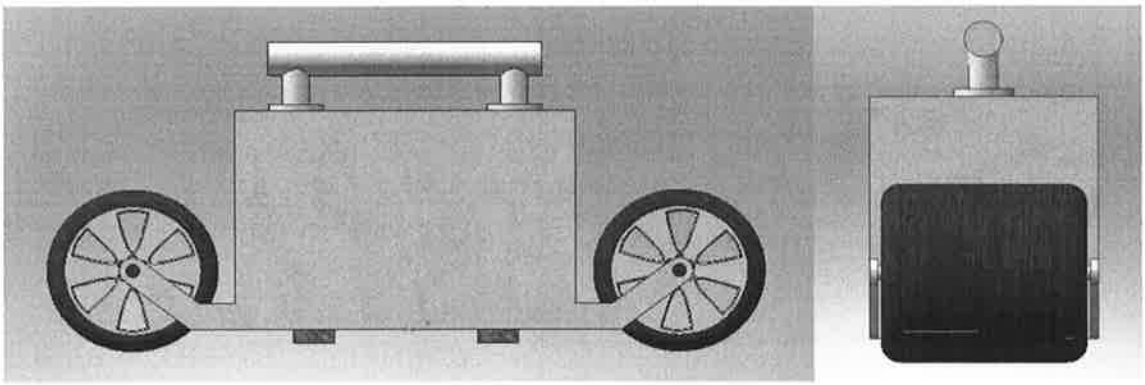


FIGURA 32 Muestra la cara frontal y lateral derecha del equipo.

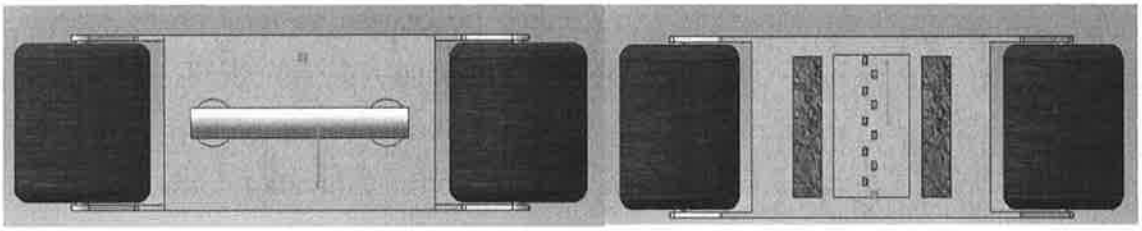


FIGURA 33 Muestra la cara Superior e inferior del equipo.

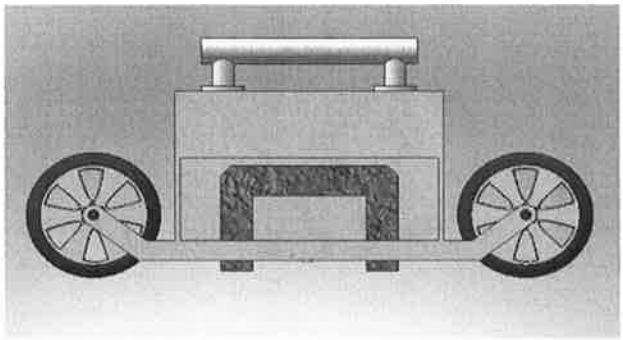


FIGURA 34 Muestra la cara posterior del equipo.

CAPÍTULO VI

MEJORA DEL DISPOSITIVO

CÁPITULO VI

MEJORA DEL DISPOSITIVO

6.1 Mejora de diseño electrónico

Primero se modifica la tarjeta de sensores, cambiando las resistencias por unas resistencias fijas.

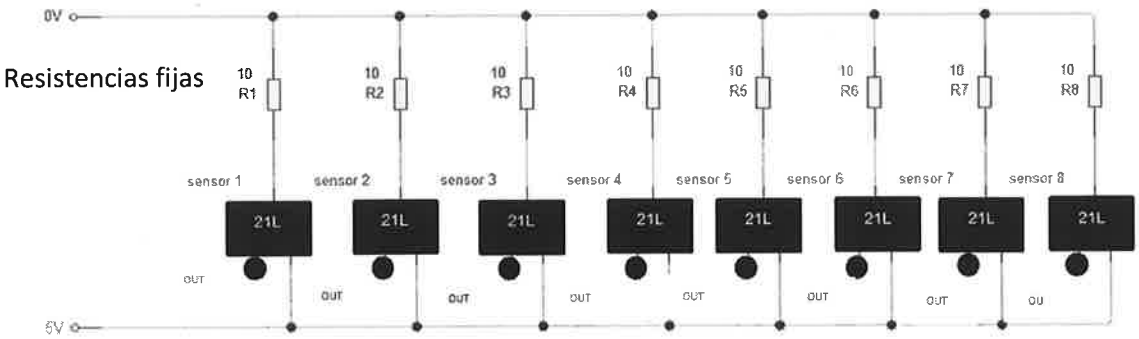


FIGURA 35 Nueva tarjeta con resistencias físicas.

El procesamiento de las señales obtenidas por los sensores se hace mediante dos Pic´s, reduciéndose de ocho Pic´s a solo dos, conectando cuatro sensores en cada Pic, en el puerto A y una referencia de alta precisión de Texas Instruments con salida de 3 volts, conectada al voltaje de referencia del PIC16F877A en los pines 4 y 5, además de dos amplificadores de instrumentación INA114, acompañados de 3 amplificadores operacionales. Después del amplificador de instrumentación esta un Amplificador operacional que incrementa la señal de (-0.3V a 0.3V) a (-1.5v y 1.5V), posteriormente se encuentra un restador que hace la señal de 0 a -3 volts, y por ultimo tenemos un inversor el cual invierte la señal a positiva es decir de (0 a 3 volts) la cual entra directo al PIC16F887A. La propuesta de dicha mejora se muestra en la figura 36 y 37.

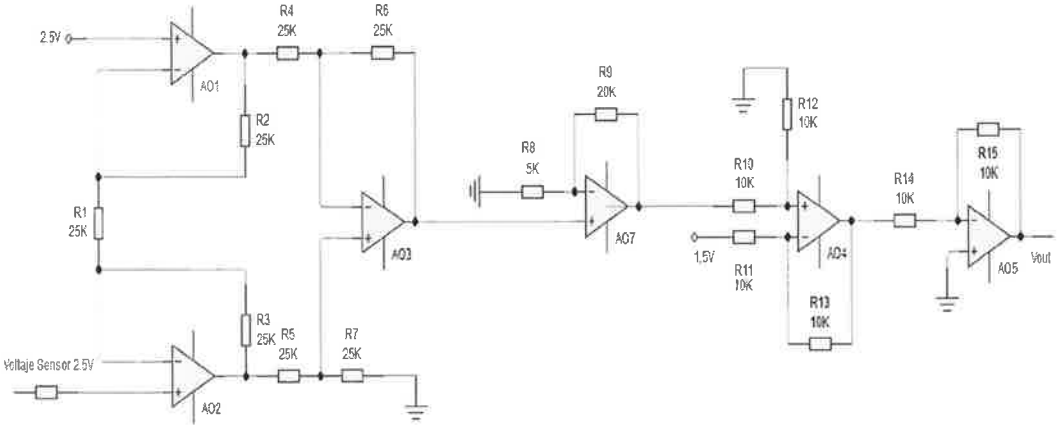


FIGURA 36 Procesamiento de señal con dos Amplificadores de instrumentación INA114 y 3 AO.

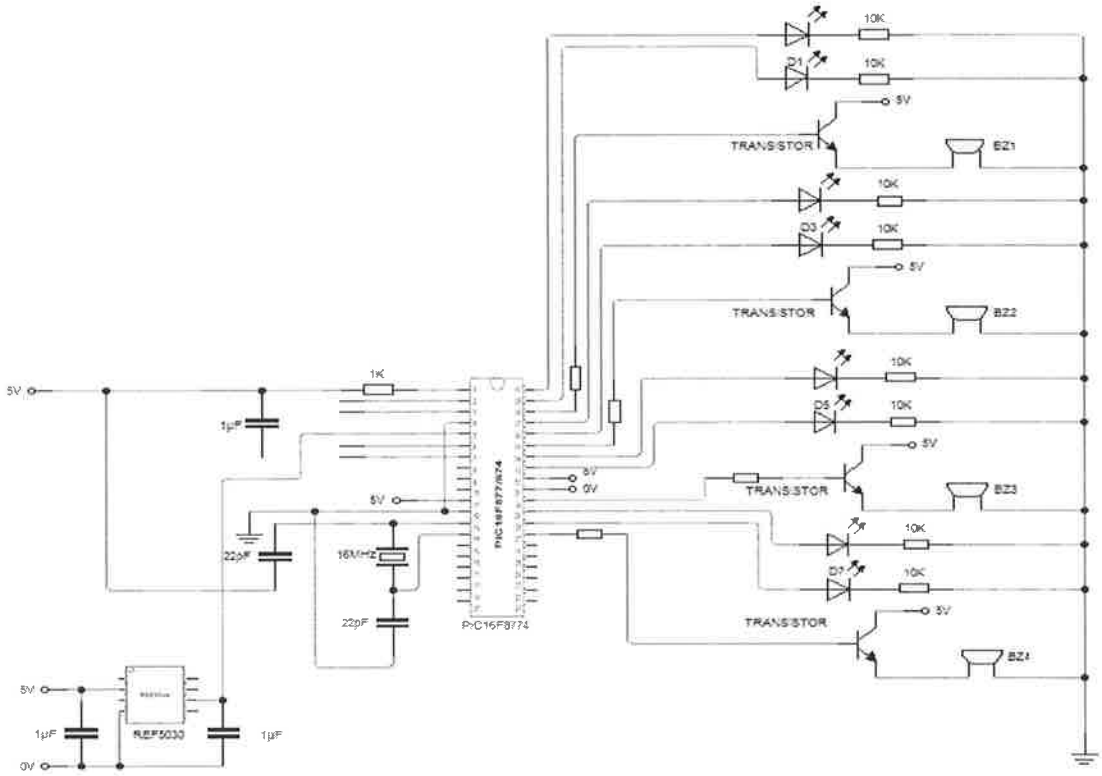


FIGURA 37 Circuito del PIC16877A con mejoras en el diseño.

CAPÍTULO VII

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

CAPITULO VII

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Resultados

En este proyecto hecho para el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI) llamado "Detector de fuga de campo magnético", se cumplió el objetivo que era fabricar un prototipo compacto y además funcional, y se colocó una resistencia variable para cada sensor y así poder variar el voltaje de referencia desde 0V a 5V, permitiendo inspeccionar placas o superficies de distintos espesores.

Además se mejoró el diseño eléctrico del dispositivo haciéndolo más compacto y con menos componentes.

Con el diseño hecho posteriormente se cree que el dispositivo tendrá menos ruido y menos variación a sus salidas, el único inconveniente es que se hace mucho más grande el programa para el PIC el cual se programa mediante el software en MPLAB y el Debugger Picstar Plus.

Conclusiones

Los conocimientos adquiridos tras la investigación fueron de vital importancia en la práctica, porque se empezó desde cero, es decir sin tener conocimiento en la metodología para la inspección por fuga de campo se empezó a realizar el dispositivo, además de que al estudiante se le da la iniciativa para imaginar, desarrollar e incluso innovar en este tipo de tecnología y que serán posiblemente aplicables en un futuro no muy lejano.

GLOSARIO

GLOSARIO

Calibre de cable y alambre

El calibre de alambre estadounidense (CAE, en inglés **AWG** - *American Wire Gauge*) es una referencia de clasificación de diámetros. En muchos sitios de Internet y también en libros y manuales, especialmente de origen norteamericano, es común encontrar la medida de conductores eléctricos (cables o alambres) indicados con la referencia AWG. Cuanto más alto es este número, más delgado es el alambre. El alambre de mayor grosor (AWG más bajo) es menos susceptible a la interferencia,

Campo magnético (B) O intensidad del campo magnético (H)

Un circuito magnético sencillo es un anillo o toro de una material ferromagnético con un arrollamiento por el que circula una corriente. Esta última crea un flujo en el anillo cuyo valor viene dado por:

Donde Φ es el flujo magnético, F es la fuerza magnétomotriz, definida como el producto del número de espiras *N* por la corriente I y es la reluctancia.

Circuito impreso:

En electrónica, un circuito impreso o PCB (del inglés printed circuit board), es un medio para sostener mecánicamente y conectar eléctricamente componentes electrónicos, a través de rutas o pistas de material conductor, grabados en hojas de cobre laminadas sobre un sustrato no conductor, comúnmente baquelita o fibra de vidrio.

Coercitividad: (Hc)

La coercitividad es la resistencia que tiene un imán a ser desmagnetizado. Una alta coercitividad se corresponde con una gran permanencia o duración de las propiedades magnéticas, lo que está vinculado a la propiedad de histéresis antes mencionada. Cuanto más alta la coercitividad de un imán, más eficaz resulta para su uso.

Densidad de energía (B*H):

Es el producto entre la inducción magnética (B) y la fuerza de campo (H).

Diamagnéticos

En electromagnetismo, el **diamagnetismo** es una propiedad de los materiales que consiste en ser repelidos por los imanes.

Es lo opuesto a los materiales ferromagnéticos los cuales son atraídos por los imanes.

Algunos ejemplos de materiales diamagnéticos son: el bismuto metálico, el hidrógeno, el helio y los demás gases nobles, el cloruro de sodio, el cobre, el oro, el silicio, el germanio, el grafito, el bronce y el azufre.

Electroimanes

Un **electroimán** es un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica, desapareciendo en cuanto cesa dicha corriente.

El **ferromagnetismo** es un fenómeno físico en el que se produce ordenamiento magnético de todos los momentos magnéticos de una

muestra, en la misma dirección y sentido. Un material ferromagnético es aquel que puede presentar ferromagnetismo.

Los **ferromagnetos** están divididos en dominios magnéticos, separados por superficies conocidas como paredes de Bloch. En cada uno de estos dominios, todos los momentos magnéticos están alineados.

Al someter un material ferromagnético a un campo magnético intenso, los dominios tienden a alinearse con éste, de forma que aquellos dominios en los que los dipolos están orientados con el mismo sentido y dirección que el campo magnético inductor aumentan su tamaño. PARAMAGNETICOS

Al eliminar el campo, el dominio permanece durante cierto tiempo.

Hay una serie de materiales cristalinos que presentan ferromagnetismo. La tabla de la derecha muestra una selección representativa de ellos, junto con sus temperaturas de Curie, la temperatura por encima del cual dejan de exhibir la magnetización espontánea.

El ferromagnetismo no es una propiedad que depende sólo de la composición química de un material, sino que también depende de su estructura cristalina y la organización microscópica.

Flujo magnético:

El flujo magnético Φ (representado por la letra griega fi *Φ*), es una medida de la cantidad de magnetismo, y se calcula a partir del campo magnético, la superficie sobre la cual actúa y el ángulo de incidencia formado entre las líneas de campo magnético y los diferentes elementos de dicha superficie. La unidad de flujo magnético en el sistema Internacional de Unidades es el weber y se designa por *Wb* (motivo por el cual se conocen como *weberimetros* los aparatos empleados para medir el flujo magnético). En el sistema cegesimal se utiliza el maxwell (1 weber =108 maxwells).

[Wb]= [V] · [s] [1]

Se denomina flujo magnético a la cantidad de líneas de fuerza que pasan por un circuito magnético.

Fuerza de campo coercitivo (Hcj):

Fuerza que haya que aplicar para que un elemento magnetizado hasta la saturación regrese a cero.

Fuerza magnétomotriz

La fuerza magnétomotriz (FMM) (Representado con el símbolo F) es aquella capaz de producir un flujo magnético entre dos puntos de un circuito magnético. Se expresa por la siguiente ecuación.

Fuerza de retención

Es la fuerza necesaria para separar un imán de un objeto oponente. Se mide en gramos y depende del producto energético del imán, de su tamaño, configuración, tipo de objeto oponente y distancia del mismo. Como se mencionará más adelante la retención lograda es muy sensible al grado de separación entre el imán y el metal oponente, decreciendo con el cuadrado de la distancia que los separe.

Remanencia (Br):

La remanencia Br es una medida para la inducción magnética o densidad de flujo que permanece en el imán tras su magnetización. Dicho más fácil: Cuanto mayor sea este valor más "fuerte" será el imán.

Como unidad de medición para la inducción magnética o densidad de flujo se emplea el T (Tesla). En el pasado la unidad utilizada era el G (Gauss), siendo 1 Tesla = 10 000 Gauss.

Gauss (G):

Unidad de medida de la inducción magnética. 1 G = 10^4 T, 1 mT = 10 G.

Inducción magnética (B):

Inducción magnética.- Flujo por unidad de área normal a la dirección del campo magnético.

Imanes permanentes

- **Cerámicos:**

Imanes cerámicos sinterizados, a base de óxido de Hierro (Fe2 O3), óxido de Estroncio (SrO) u óxido de Bario (BaO).

- **Alnico:**

Imanes metálicos producidos mediante fundición compuestos de una aleación de Aluminio (Al) - Níquel (Ni) - Cobalto (Co).
Son magnetizables anisotrópicamente con lo cual se consigue que todas las partículas cristalinas que los forman estén orientadas en la misma dirección, obteniendo elevados valores magnéticos

Imanes tierras raras Neodimio

- **Neodimio**

Compuesto de Neodimio (Nd) - Hierro (Fe) - Boro (B). Excelentes valores magnéticos con relación a su masa. Apropiado para montajes que requieren miniaturización. Según el proceso de fabricación pueden ser sinterizados o bonded.Se fabrican con métodos de pulvimetalurgia.

Sinterización

Es el tratamiento térmico de un polo o compactado metálico o cerámico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para incrementar la fuerza y la resistencia de la pieza creando enlaces fuertes entre partículas.
En la fabricación de cerámicas, este tratamiento térmico transforma de un producto en polvo en otro compacto y coherente. La sinterización se utiliza de modo generalizado para producir formas cerámicas de alúmina, berilia, ferrita y titanios.

Tierras raras Cobalto-Samario

Cobalto-Samario

Compuesto por Cobalto (Co) - Samario (Sm). Importantes valores magnéticos aunque sensiblemente inferiores al Neodimio Sinterizado en cuanto a la calidad.

Bajo demanda se pueden suministrar diferentes dimensiones.

Propiedades de los imanes permanentes

- **Campo magnético:**

Se lo puede definir como la energía de interacción de la propia materia. Es la acción a distancia que tienen los imanes sobre los materiales, provocada por la inducción de un momento magnético. La acción del campo magnético se va reduciendo con la distancia, llegando hasta un límite más allá del cual no tiene ningún efecto.

Inducción magnética

Es la materialización en el espacio de las líneas de fuerza del campo magnético. Su disposición es tal que dichas líneas son bien cerradas a nivel de los polos y más abiertas en las facetas no polares. La unidad de densidad de flujo magnético es la tesla y los magnetos odontológicos tienen campos magnéticos con flujos que habitualmente no superan las 30 milítelas.

Como unidad de medición para la inducción magnética o densidad de flujo se emplea el T (Tesla S.I). En el pasado la unidad utilizada era el G (Gauss), siendo 1 Tesla = 10 000 Gauss.

1 G = 10^4 T, 1 mT = 10 G.

1 mT = 10 G, 1 G = 10^4 T

Líneas de campo:

Representan el campo magnético, visualizándose mediante limaduras de hierro.

Magnetización:

Aplicación de un campo magnético más de tres veces fuerte que el campo coercitivo del elemento a magnetizar Hcj.

Producto Energético (BH max):

También denominado producto de máxima energía (BHmax), es la fuerza de atracción existente entre un imán y un objeto opuesto. Su unidad de medida es el Mega-Gauss-Oersted (MGO). Los imanes son más potentes y por lo tanto más eficaces para uso cuanto más producto energético posean.

El producto energético máximo define la máxima energía magnética almacenada en un imán. Se trata del producto máximo alcanzable de densidad de flujo B e intensidad del campo H.

Temperatura Curier:

Temperatura a la cual un imán pierde su magnetismo.

Imanes cerámicos:

Imanes cerámicos sinterizados, a base de óxido de Hierro (Fe2 O3), óxido de Estroncio (SrO) u óxido de Bario (BaO).

Imantación (magnetización):

Aplicación de un campo magnético más de tres veces más fuerte que el campo coercitivo del elemento a magnetizar Hcj.

Maxwell:

Unidad de medida de flujo magnético.

Magnetismo:

Los electrones que se mueven alrededor de los núcleos de los átomos generan un momento (o fuerza) magnética.

Magnetita:

Mezcla de óxidos de hierro (Fe3O4). Cristaliza en el sistema cúbico, generalmente octaedros o rombododecaedros. Es un material muy denso, frágil y duro con propiedades ferromagnéticas, es capaz de atraer al hierro y al acero junto con otros metales. Su color es pardo negruzco, con brillo metálico. Es una de las principales minas de hierro.

Oersted (Oe):

Unidad de medida de campo magnético.

Paramagnetismo

El paramagnetismo es la tendencia de los momentos magnéticos libres (espín u orbitales) a alinearse paralelamente a un campo magnético.

Propiedades de los imanes al ser atraídos o repelidos por el imán. Pero no permanecen magnetizados al quitar el campo magnético. Algunos materiales paramagnéticos son: aire, aluminio, magnesio, titanio y wolframio.

Permeabilidad magnética y permeabilidad magnética en el vacío

Es la capacidad de una sustancia o medio para atraer y hacer pasar a través de si los campos magnéticos, la cual está dada por la relación entre la inducción magnética existente y la intensidad de campo magnético que aparece en el interior de dicho material.

Radiometría

La radiometría es el campo de la ciencia y de la ingeniería relacionado con la medición de la radiación electromagnética, más específicamente, la medición de la energía de radiación electromagnética no coherente. Como

se explicará más adelante, todos los medios materiales (gases, líquidos, sólidos y plasma) emiten o irradian energía electromagnética.

Los temas que se analizarán son las magnitudes radiométricas de interés y el desarrollo de la relación entre la distribución direccional de potencia incidente sobre la antena y la potencia medida sobre sus terminales.

Radiométrico:

De o perteneciente a una radiación, en cualquier longitud de onda que se considere.

Clasificación de las resistencias

Las resistencias fijas son aquellas en las que el valor en ohmios que posee es fijo y se define al fabricarlas. Las resistencias fijas se pueden clasificar en resistencias de usos generales, y en resistencias de alta estabilidad.

Resistencias fijas:

Las resistencias fijas se pueden clasificar en resistencias de usos generales, y en resistencias de alta estabilidad.

Se fabrican utilizando una mezcla de carbón, mineral en polvo y resina aglomerante; a éstas se las llama resistencias de composición.

Tienen un tamaño pequeño y soportan hasta 3W de potencia máxima, tolerancias altas (5%, 10% y 20%), amplio rango de valores y mala estabilidad de temperatura.

Estas son las especificaciones técnicas más importantes que podemos encontrar en las hojas de características que nos suministra el fabricante

Reluctancia:

Reluctancia magnética de un material es la resistencia que este posee al verse influenciado por un campo magnético. Se define como la relación entre la fuerza magnetomotriz (*f.m.m.*) (la unidad del SI es el amperio, aunque a menudo se la llama *amperio vuelta*) y el flujo magnético (SI: weber).

Solenoide y Toroide

Es un trozo de alambre enrollado. Una bobina con forma de tubo recto (parecido a un tornillo) se llama solenoide, y cuando además se curva de forma que los extremos coincidan se denomina toroide.

Temperatura de Curie:

Temperatura a la cual un imán pierde su magnetismo.

Temperatura de trabajo:

Temperatura máxima a la que podemos exponer el imán sin que pierda magnetismo.

Tesla (T):

Unidad de medida de inducción magnética. 1 mT = 10 G, 1 G = 10^4 T.

Weber (Wb):

Unidad de medida de flujo magnético. 1Wb = 10^ (-8) Maxwell.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1

Conjunto de instrucciones del PIC16F877A

El conjunto de instrucciones se encuentra descrito en la siguiente tabla. Las instrucciones orientadas a byte que requieren de dos parámetros, esperan que **f** sea reemplazado por el nombre de un registro de propósito especial o con el nombre de la variable de RAM, la cual se utiliza como la fuente del operando. El parámetro **f** (**W**) es el destino del resultado de la operación. Éste debe de ser reemplazado por:

F si el destino ha de ser el propio registro fuente.

W si el destino ha de ser el registro de trabajo.

Adición/Substracción			
	addlw	0x10	Suma 10_{16} al registro W
	addwf	TEMP1,F	Suma ambos registros. TEMP1 guarda el resultado
	sublw	0x10	A 10_{16} le resta el registro W, y guarda el resultado
	subwf	TEMP1.F	A TEMP1 le resta W. TEMP1 guarda el resultado
Rotación			
	rlf	TEMP1.F	Rotación a la izquierda a través de C (carry)
	rrf	TEMP1.W	Rota el valor de TEMP1 a W y rota a la derecha A través de C (carry)
Salto condicional			
	btfsc	TEMP1.0	Salta la siguiente instrucción sí el bit 0 de TEMP="0"
	btfss	STATUS.C	Salta la siguiente instrucción sí carry = "1"
	decfsz	TEMP1,F	Decrementa TEMP1, salta si llegó el registro a 0
	incfsz	TEMP1.W	Copia el registro TEMP1 a W, lo incrementa y salta si el resultado es 00 (se desborda el registro)

Goto/call/return/return from Interrupt			
	goto	Salto	La siguiente instrucción a ejecutarse es la que se encuentra en la dirección etiquetada como "salto"
	call	Task1	Guarda la siguiente dirección en el stack para regresar Cuando la subrutina Task1 se halla ejecutado
	Return		Recupera la dirección del stack a la cual regresar
	Retlw	5	Regresa a la dirección guardada en stack, con W=5
	Retfie		Regresa a la dirección guardada en el stack y activa el bit de habilitación global de interrupciones (GIE)
Misceláneas			
	Clrwdt		Si el watchdog está habilitado, esta instrucción lo reinicializa
	Slep		Detiene el reloj, reduce el consumo de energía, espera
	Nop		Espera un ciclo de reloj, no hace operación alguna
	Bcf	PORTB,0	Limpia el bit 0 del registro PORTB
	Bsf	STATUS,C	Pone en alto el bit de bandera de carry
Limpiar/mover			
	Clrw		Limpia el registro de trabajo W
	Clrf	TEMP1	Limpia la variable temporal TEMP1
	Movlw	0x10	Carga el valor 10_{16} en el registro W
	Movwf	TEMP1	Carga el contenido del registro W en TEMP1
	Movf	TEMP1,W	Carga el contenido del registro TEMP1 en W
	Swapf	TEMP1,F	Intercambia los 2 nibbles que componen la variable.
Incremento/Decremento/Complemento			
	Incf	TEMP1,W	Incrementa la variable TEMP1 y lo guarda en W sin afectar el valor de TEMP1
	Decf	TEMP1,F	Decrementa TEMP1
	Comf	TEMP1,F	Cambia los "0"s en "1"s y los "1"s en "0"s.
Manipulación múltiple de bits			
	Andlw	b'00000111'	Enmascara los 5 bits más significativos de W
	Andwf	TEMP1,F	(TEMP1) AND (W), guarda resultado en TEMP1
	Iorlw	b'00000111'	(07_{16}) OR (W), guarda resultado en W
	Iorwf	TEMP1,F	(TEMP1) OR (W), guarda el resultado en TEMP1
	Xorlw	b'00000111'	(07_{16}) OR (W), guarda el resultado en W
	Xorwf	TEMP1,W	(TEMP1) XOR (W), guarda el resultado en W

TABLA 1 Conjunto de instrucciones del PIC16F877A.

ANEXO 2

En la siguiente Tabla se muestran los Símbolos, Unidades y Dimensiones del magnetismo.

SIMBOLOS, UNIDADES Y DIMENSIONES			
MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDADES	
		c.g.s	SI
Campo magnético B, inducción magnética, densidad de flujo magnético	B	GAUSS (G)	(TESLA) T = N/(A.m) = V.s/m^2 = Wb/m^2
Campo magnético H, intensidad del campo magnético	H	Oersted (Oe)	A/m
Magnetización	M	emu (cm^3)	A/m
Permeabilidad magnética absoluta	μ	Adimensional	N/A^2 = V.s/(A.m)= H/m
Permeabilidad magnética relativa	μr		Adimensional
Permeabilidad magnética del vacio	μ0	1	
Flujo magnético	Φ	Maxwell	(Weber)Wb = T.m^2 = V.s
Número de espiras	N	DEPENDE	DEPENDE
Potencial magnético vector	A		N/A = Wb/m
Momento dipolar magnético	m		A.m^2
Fuerza magnetomotriz (fmm)	Εm		A
Reluctancia magnética	R		A/(V*s)
Autoinductancia, coeficiente de autoinducción	L, Lii		H = V.s/A
Vector de Poynting	S		W/m^2
Impedancia intrinseca del medio (para una onda electromagnética)	η		Ω = V/A
Polarixación Magnetica	J		T
Magnetización Especifica	S	emu (1/g)	(J /T*Kg)

TABLA 2 Símbolos, Unidades y Dimensiones del magnetismo.

ANEXO 3

En la siguiente tabla se muestran los valores de la permeabilidad relativa para el hierro y en aire, además de otros materiales.

TABLEAU VII		
Matériaux Diamagnétiques	Perméabilité magnétique relative (μr)	
Eau	0,999991	
Argent	0,999981	
Bismuth	0,999830	
Cuivre	0,999990	
Matériaux paramagnétiques	Perméabilité magnétique relative (μr)	
Aluminium	1,000022	
Air	1,0000004	
Platine	1,000360	
Matériaux Ferromagnétiques (Alliages magnétiques de fer, Nickel, Silicium....)	Perméabilité magnétique relative (μr)	
Fer silicium	7 000	Valeur maximale
Hipernik (50% Fe - 3,5% Ni, Si, Mn)	100 000	Valeur maximale
Hipersil (96,5% Fe - 3,5% Si)	35 000	Valeur maximale
Mégaperm 45 - 10 (45% Fe 45% Ni - 10% Mn)	55 000	Valeur maximale
Mégaperm 65 -10 (25% Fe - 65%	25 000	Valeur maximale
Mopermalloy 4-79 (17% Fe - 79% Ni - 4% Mo)	75 000	Valeur maximale
Mumétal (16% Fe 77% Ni - 5% Cu - 2% Cr)	100 000	Valeur maximale
Permalloy 45 (55% Fe - 45% Ni)	23 000	Valeur maximale
Permalloy 65 (35% Fe - 65% Ni)	600 000	Valeur maximale
Permalloy 78 (21,4% Fe - 78% Ni - 0,6% Mn)	100 000	Valeur maximale
Perminvar 45-25 (30% Fe - 45% Ni - 25% Co	2 000	Valeur maximale
Supermalloy (16% Fe - 79% Ni - 5% Mo)	1 000 000	Valeur maximale

Perméabilité magnétique relative à quelques matériaux à la température de 20° C.

TABLA 3 Permeabilidad relativa de algunos materiales.

ANEXO 4

Las siguientes mediciones fueron tomadas de cada uno de los sensores al pasar por la placa a inspeccionar con 10 volts y 15 volts en cada uno de los agujeros.

			SENSORES																	
			1		2		3		4		5		6		7		8			
SIN VOLTAJE IMAN			MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	Ø	Profundidad
PLACA			2.52	2.54	2.51	2.54	2.51	2.53	2.52	2.53	2.52	2.54	2.50	2.52	2.51	2.53	2.51	2.53		
AGUJEROS			2.54	2.58	2.55	2.60	2.48	2.53	2.54	2.59	2.43	2.48	2.50	2.54	2.48	2.54	2.51	2.56		
10 VOLTS	AGUJEROS	1	2.57	2.57	2.57	2.58	2.47	2.53	2.54	2.58	2.44	2.48	2.50	2.55	2.50	2.53	2.52	2.55	0.90mm	0.16mm
		2	2.56	2.56	2.57	2.58	2.49	2.51	2.55	2.57	2.49	2.46	2.50	2.53	2.49	2.52	2.51	2.55	0.152mm	0.34mm
		3	2.54	2.56	2.58	2.58	2.49	2.50	2.55	2.57	2.44	2.46	2.51	2.53	2.49	2.51	2.51	2.54	0.160mm	0.37mm
		4	2.53	2.56	2.60	2.60	2.49	2.50	2.55	2.59	2.43	2.49	2.53	2.56	2.49	2.54	2.51	2.56	0.178mm	0.50mm
15 VOLTS	AGUJEROS	1	2.54	2.58	2.57	2.61	2.48	2.53	2.56	2.62	2.45	2.47	2.55	2.57	2.51	2.53	2.54	2.57	0.90mm	0.16mm
		2	2.54	2.56	2.57	2.60	2.48	2.51	2.57	2.60	2.43	2.46	2.52	2.55	2.49	2.52	2.53	2.56	0.152mm	0.34mm
		3	2.55	2.56	2.57	2.60	2.48	2.51	2.57	2.60	2.38	2.41	2.52	2.54	2.49	2.51	2.58	2.55	0.160mm	0.37mm
		4	2.56	2.59	2.56	2.61	2.46	2.53	2.59	2.62	2.39	2.44	2.52	2.57	2.47	2.54	2.58	2.60	0.178mm	0.50mm
			2.52	2.59	2.51	2.61	2.46	2.53	2.52	2.62	2.38	2.54	2.50	2.57	2.47	2.54	2.51	2.60		

TABLA 4 lecturas reales de los sensores.

ANEXO 5

A continuacion se muestra el programa hecho en el software MPLAB para cada uno de los PIC´S.

```
;Programa que convierte una señal Analogica-Digital proveniente
; de un sensor de efecto Hall y que muestra la salida en el
;puerto 5,6,7 del puerto B del microcontrolador PIC16F877A.
;_____________ 2011_____________
;Especialidad en Mecatrónica
;PROYECTO FINAL: DETECTOR DE FUGA DE CAMPO MAGNETICO
;PIC16F877A

                list    p=16f877A
                radix   hex
                INCLUDE <P16F877A.INC>
                errorlevel      -302
                __config 3F7A

;Autor: Ruiz Salzar Victor Manuel
;-----------------------------------------------------
;Definición de constancestes.
w       equ     0
f       equ     1
;-----------------------------------------------------
;BANCO 0
;-----------------------------------------------------
                particion0ram   equ     h'20'
                        ADC equ 0x20
                        cblock  particion0ram
                        endc
;-----------------------------------------------------
;                       INICIO DEL PROGRAMA
;-----------------------------------------------------

        org     0x00
        goto    inicio
        org     0x05
;-----------------------------------------------------
;                       PROGRAMA PRINCIPAL
;-----------------------------------------------------
inicio  call    adconini
                goto    _inicio2

_inicio2
        btfss   INTCON,T0IF ; checa el reloj al desbordarse.
        goto    _inicio2 ;Esperar que el timer0 desborde.
        bcf     INTCON,T0IF ;Limpiar el indicador de desborde.
        bsf     ADCON0,GO ;Start A/D conversion.

_conversion

                btfsc   ADCON0,GO ;ADCON0 es 0? (la conversion esta completa?)
                goto    _conversion ;No, ir _espera
                movf    ADRESH,w ;Si, W = ADRESH
                movwf   ADC ;ADC = w


                rrf     ADC,F
                rrf     ADC,F
                bcf     ADC,7
                bcf     ADC,6
                movfw   ADC ;W = ADC
                movwf   PORTB
                movlw   b'00101011' ; LIMITE Menor, ¿ES menor que 86?
                subwf   ADC,w
                btfss   STATUS,C ;Es mayor a 86?
                goto    _prender ;No, ir _activar
                goto    _mayor ;Si, es mayor

_prender
                bsf     PORTB,7 ;RB7 = LED ROJO
                bsf     PORTD,7 ;RB5 = Alarma Piezoeléctrica
                bcf     PORTB,6 ;RB6 = LED VERDE
                goto    _inicio2 ;Ir bucle

_mayor
                movlw b''00101101' ;LIMITE MAYOR, ¿ES Mayor que 90?
                subwf ADC,w
                btfss STATUS, C ;Es mayor a 90?
                goto _apagar  ; no ir a desactivar
                goto _prender ;Ir bucle

_apagar
                bcf     PORTC,7 ;RB7 = 0 LED ROJO
                bsf     PORTD,7 ;RB5 = 0 Alarma Piezoeléctrica
                bsf     PORTB, 6 ;RB6 = 1 Logico

        goto _inicio2 ;Ir bucle


;-----------------------------------------------------
;                       SUBRUTINA 1
;-----------------------------------------------------
adconini
                bcf     STATUS,RP0 ;Ir banco 0
                bcf     STATUS,RP1
                movlw   b'10000001' ;A/D conversion Fosc/32
                movwf   ADCON0

                bsf     STATUS,RP0 ;Ir banco 1
                bcf     STATUS,RP1

                clrf    TRISA ;PORTA salida
                clrf    TRISB ;PORTB salida
                clrf    TRISC ;PORTC salida
                clrf    TRISD ;PORTD salida

                movlw   b'00000111'
                movwf   OPTION_REG ;TMR0 preescaler, 1:256
                movlw   b'00001000' ;A/D Port AN0/RA0
                movwf   ADCON1
                bsf     TRISA,0 ;RA0 linea de entrada para el ADC
                bsf     TRISA,2
                bsf     TRISA,3
                movlw   b'00000000'
                movwf   TRISB
                bcf     STATUS,RP0 ;Ir banco 0
                bcf     STATUS,RP1
                clrf    PORTB ;Limpiar PORTB
                clrf    PORTD ;Limpiar PORTD

                return
                end
```

ANEXO 5 Programa de cada uno de los PIC16F877A.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

http://cidesi.com/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=56

Curso especialidad en Tecnólogo en mecatronica, microcontroladorespic Autor, Julio Cesar Solano Vargas.

http://www.supermagnete.de

http://www.supermagnete.de/spa/contact.php

http://www.halde-gac.com/bm_alnico.html

http://www.magengine.com/

http://www.magmamagnets.com/

http://www.supermagnete.de/spa/contact.php

http://trecedb.wordpress.com/2009/02/11/introduccion-a-los-microcontroladores/

Microchip Data Sheet PIC16F87XX 28/40- Pin 8 Bit CMOS FLASH Microcontrollers

CURSO Julio César Solano Vargas 1 Robótica y Automatización

http://es.wikipedia.org/wiki/Divisor_de_tensi%C3%B3n