

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

**“Sistema para determinar
ángulo de inclinación
de pared usando
Sensores Ultrasónicos”**

Residente: César E. Calvo Guillén

Catedrático: Ing. Álvaro Hernández Sol.

Carrera: Ingeniería en Electrónica.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 01 de Febrero 2011

I N D I C E .

I.- Introducción.....	3
II.- Justificación.....	4
III.- Objetivos.....	5
1. Generales.....	5
2. Específicos.....	5
IV.- Caracterización del área en que participó	5
V.- Problemas a resolver	6
VI.- Alcances y Limitaciones.....	7
VII.- Fundamento Teórico	7
VIII.- Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	18
IX.- Resultados.....	26
X.- Conclusiones y recomendaciones.....	45
XI.- Referencias Bibliográficas.....	47
XII.- Anexos.....	48

I.- INTRODUCCIÓN.

Como humanos, frecuentemente se toma por hecho nuestro asombroso sistema de percepción. Vemos una copa sobre una mesa y automáticamente se hace el movimiento para alcanzarla y tomarla sin pensar nada al respecto. O al menos no esta al tanto de pensarlo mucho.

El llevar a cabo la simple tarea de tomar de una copa requiere una compleja interacción de sensores; interpretación, conocimiento y coordinación, lo que se entiende solo un poco. Por lo que la acción de implantar un nivel de interpretación humano en un robot es algo tremendamente difícil.

Los sensores son la “puerta” para que un sistema de control, ya sea una máquina que realice una actividad específica en una industria, “vea” lo que esta pasando en su entorno y después, tomar una decisión (ya programada) y ejecutarla.

En el mercado existen una gran variedad de sensores, pero en este caso, se hará referencia a los Sensores Ultrasónicos. Estos, tienen características muy particulares para su funcionamiento y existen una gran gama que cubren las frecuencias de entre los 40 y 250 Khz.

Para en este caso particular, se estudió al sensor ultrasónico SRF08, que es muy popular hoy en día y el cual se puede utilizar en diversas áreas como en la académica, hogares y en la industria. Este tipo de sensor tiene la cualidad de que puede ser programada la distancia máxima que va a medir, además de tener el resultado de la distancia medida en tres tipos de formatos (pulgadas, centímetros y microsegundos).

II.- JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad se ha intensificado el uso de sistemas de control tanto para las industrias como en el comercio, centros departamentales, oficinas y en los hogares. En la medida que la sociedad de hoy va avanzando en su necesidad de reducir el tiempo y ejecución, de algunas actividades que requieren fuerza física, tiempo y atención se hace imprescindible la utilización de sistemas de control.

Los sistemas de control requieren “ojos” que les permitan ver que es lo que pasa en el mundo exterior, en su entorno y así, con la información captada tomar una decisión (programada previamente); por lo tanto, una forma de que un sistema de control tenga esta información es por medio de los sensores.

En lo que respecta al uso y utilidad de los sensores ultrasónicos, es interesante recalcar, que al comienzo requiere de empaparse de información técnica y pruebas para su correcto operación y funcionamiento, pero pasado esta fase, los sensores ultrasónicos resuelven diversas situaciones en lo que se requiere saber el nivel de un líquido almacenado en un tanque, el conteo de piezas, para direccionar una pinza hacia un objeto, medir la distancia, etc.

III.- OBJETIVOS.

A) General:

Diseñar y construir el sistema para determinar ángulo de inclinación de pared usando sensores ultrasónicos.

B) Específicos:

- 1.- Elaborar diagrama (ruteado) para microcontrolador y sensores.
- 2.- Elaborar placas para microcontrolador y sensores.
- 3.- Realizar programa en MikroC para funcionamiento del microcontrolador.
- 4.- Elaborar caja para fuente de alimentación de 5V.
- 5.- Elaborar caja para microcontrolador y LCD.
- 6.- Realizar soporte para sensores ultrasónicos.
- 7.- Realizar pruebas de medición en Laboratorio.

IV.- CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPÓ.

La presente residencia se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, y en esta Institución se imparte la carrera de Ingeniería en Electrónica. Uno de los requisitos de dicha carrera es realizar una residencia profesional ya sea en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez o en otro Instituto dentro del país, en alguna empresa privada o pública dentro del estado, o también fuera del estado.

El departamento de Ingeniería en Electrónica que se encuentra dentro del Edificio I, del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, cuenta con el equipo académico de las diversas disciplinas que se imparten en la carrera de Ingeniería en Electrónica. Cabe mencionar que el departamento de Electrónica fue la parte vital para el desarrollo de esta residencia, ya que con la asesoría y orientación del cuerpo académico fue posible llegar a un resultado.

El Edificio I, de Ingeniería en Electrónica, cuenta con un Laboratorio que fue importante para desarrollo de esta investigación, ya que el laboratorio proporcionó las herramientas e instrumentos necesarios para llevar a cabo las pruebas y así, llegar a un resultado.

La Jefatura de Proyectos de Investigación es el área encargada de evaluar los proyectos que se desarrollaron en un período de tiempo estipulado y de dar la validación de la residencia.

En el cubículo de Desarrollo e Investigación Tecnológica fue el área en donde se realizó la búsqueda de información, la instalación, puesta en marcha del circuito y las mediciones pertinentes para las pruebas y sus correspondientes resultados.

V.- PROBLEMAS A RESOLVER.

En el desarrollo de la residencia se fueron presentando diversos problemas; a continuación:

- El poco conocimiento del manejo de los sensores ultrasónicos, en este caso, del SRF08.
- En la programación del código porque se requería saber sobre el protocolo I2C.
- En la poca habilidad y manejo de los materiales tales como el acrílico, neopreno y latón.
- En la búsqueda de un diseño para elaborar el soporte de los sensores ultrasónicos.
- Al fijar los sensores en el soporte, aún estos se movían.
- El flexómetro era de gran utilidad en las pruebas de superficie plana pero cuando se presentaron las pruebas de superficie inclinada, debido a la punta que tiene, mostraba un error de 1 a 2 cm. con respecto a la pared.

VI.- ALCANCES Y LIMITACIONES.

El sistema presenta los siguientes alcances, a saber, que los sensores se les puede modificar en código de programación la distancia que van a medir; es decir, ya sea que midan un metro, dos metros o hasta ocho metros según sea el caso. Como segundo punto, es preciso cuando el objetivo está de frente del sensor; el tercer punto es que puede hacer más de dos lecturas y tomar un promedio de esas lecturas; como cuarto punto, tiene la capacidad de medir distancias en pulgadas o en centímetros, o el tiempo que tarda el eco en regresar.

Como todo sistema, este no es la excepción, presenta las siguientes limitaciones como es: cuando el sensor tiene un objetivo a medir y, este presenta un grado de inclinación, tiende a tener un porcentaje de error. Como segundo punto, para las mediciones precisas no es posible saber la cantidad medida en milímetros.

VII.- FUNDAMENTO TEÓRICO.

7.1.- ¿Qué es un sensor?

Diferencia entre sensor y transductor.

Como humanos, frecuentemente tomamos por hecho nuestro asombroso sistema de percepción. Vemos una copa sobre una mesa y automáticamente hacemos el movimiento para alcanzarla y tomarla sin pensar nada al respecto. O al menos no estamos muy al tanto de pensarlo mucho.

El llevar a cabo la simple tarea de tomar de una copa requiere una compleja interacción de sensores; interpretación, conocimiento y coordinación, lo que se entiende solo un poco. Por lo que la acción de implantar un nivel de interpretación humano en un robot es algo tremendamente difícil.

La computadora paralela que se encuentra dentro de cada una de nuestras cabezas dedica grandes partes de materia gris a los problemas de percepción y manipulación. Lo que da como conclusión y como una realidad el hecho de que en la actualidad un robot está limitado por los sensores que se le dan y por el programa que se escribe

para él.

Sensar no es percibir; los sensores son meramente transductores que convierten un fenómeno físico en señales eléctricas que un micro puede leer, esto puede hacerse por medio de un convertidor analógico digital (ADC), se carga un valor de un puerto de entrada/salida ó se usa una interrupción externa; comúnmente se necesita alguna interface electrónica entre el sensor y la computadora (o microcontrolador) para acondicionar y/o amplificar la señal.

Antes de continuar, haremos énfasis en el significado de dos palabras que al ser parecidas es un en su sentido práctico no son iguales, veamos a continuación:

a) Transductor.-

Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otra variable física.

b) Sensor.-

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (como por ejemplo, un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un ser humano.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también, 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

7.2.- Sensores Ultrasónicos.

Para aprender el uso de los sensores es necesario estudiar en detalle sus propiedades, es la única forma de poder prever su correcto funcionamiento. En este artículo hablamos con cierto detalle de los sensores ultrasónicos en sus aplicaciones para medir proximidad o distancia.

7.2.1.- Consideraciones acústicas.

El primer paso hacia la identificación del sensor de proximidad correcto para cada aplicación es comprender las propiedades ultrasónicas fundamentales del medio de transmisión y la forma cómo influye el medio y el sistema de medición.

Estos dispositivos típicamente transmiten cortas ráfagas de sonidos en un objetivo, que se refleja hacia el sensor. El sistema, luego mide el tiempo en el que el eco retorna al sensor y computa las distancias al objetivo usando la velocidad del sonido en el medio.

Una gran variedad de sensores están disponibles en el mercado, difiriendo uno de otro en sus configuraciones de montaje, blindaje ambiental, y características electrónicas. Acústicamente, operan a diferentes frecuencias y tienen diferentes modelos de radiación. No es usualmente difícil seleccionar el sensor que mejor cumpla los requerimientos ambientales y mecánicos para una aplicación particular, o evaluar las características electrónicas disponibles con diferentes modelos. Sin embargo, muchos usuarios pueden no ser conscientes de las sutilezas acústicas que pueden tener efectos en la operación de sensores ultrasónicos y las mediciones realizadas. Las variables más importantes a tener en cuenta en la operación de los sensores ultrasónicos son:

- *Variaciones en la velocidad del sonido* como función de la temperatura y la composición del medio de transmisión, usualmente aire, y estas variaciones afectan la resolución, exactitud, tamaño mínimo del objeto, y las distancias del objeto mínimas y máximas en un sensor de ultrasonidos.
- *Las variaciones en la longitud de onda del sonido* son una función tanto de la velocidad del sonido como de la frecuencia, y la forma cómo afecta la resolución, exactitud, tamaño mínimo del objeto, y distancias del objeto máximo y mínimo de un objeto sensor.
- *Variación de la amplitud del ruido de fondo* como una función de frecuencia, y cómo esto afecta a la máxima distancia al objeto y mínima distancia al objeto de un sensor ultrasónico.

- *Variación en el modelo de radiación del sonido (ángulo del haz) tanto del transductor ultrasónico como del sistema de sensor completo*, y esto afecta a la distancia máxima al objeto y ayuda a eliminar objetos extraños.
- *Variaciones en la amplitud del eco de retorno* como una función de la distancia al objeto, geometría, superficie, y tamaño, y cómo afecta a la distancia al objeto máxima alcanzable con un sensor ultrasónico.

7.3.- Propiedades fundamentales de los sensores ultrasónicos.-

El sonido ultrasónico es una onda vibratoria a una frecuencia superior al rango del oído humano, usualmente > 20 kHz. La mayoría de los sensores ultrasónicos usan un único transductor, transmitiendo el pulso de sonido y recibiendo el pulso reflejado. Típicamente operan a frecuencias entre 40 kHz y 250 kHz.

1.- *Velocidad del sonido en el aire como función de la temperatura.* La velocidad del sonido es una función tanto de la composición como de la temperatura del medio sobre el que se desplaza.

2.- *Atenuación del sonido como función de la frecuencia y la humedad.* Cuando el sonido se desplaza, la amplitud de la presión del sonido se reduce debido a las pérdidas de fricción en el medio de transmisión.

3.- *Ruido de fondo.* El nivel del ruido de fondo disminuye cuando se incrementa la frecuencia. La razón es que se produce menos ruido a mayor frecuencia en el medio ambiente, y el ruido que se produce en gran medida se atenúa cuando se desplaza a través del aire.

4.- *Efectos de la frecuencia, distancia y el medio de transmisión en la magnitud de la presión del sonido.* En un sensor ultrasónico, el transductor produce un corto pulso de sonido. La magnitud de la presión del sonido generada variará de un tipo de sensor a otro. Cuando el sonido se desplaza a través del medio, la magnitud de la presión del sonido se reduce debido tanto a la absorción (atenuación) como a la extensión de pérdidas causadas por la expansión de superficies del haz de radiación cuando el pulso de sonido se desplaza desde el transductor.

5.- *Niveles de eco relativos desde una superficie plana para diferentes frecuencias de ultrasonidos.* Si el pulso de sonido se refleja desde una gran superficie, entonces el haz se refleja. La reflexión del haz total es equivalente a una fuente virtual a dos veces la distancia.

7.4.- Sensor Ultrasónico SRF08.

El sensor ultrasónico SRF08 es un medidor ultrasónico de distancias para robots que representa la última generación en sistemas de medidas de distancias por sonar, consiguiendo niveles de precisión y alcance únicos e impensables hasta ahora con esta tecnología.

El sensor es capaz de detectar objetos a una distancia de 6 m con facilidad, además de conectarse al microcontrolador mediante un bus I2C, por lo que se pueden conectar cuantos sensores sean necesarios en el mismo bus. Con una alimentación única de 5V, solo requiere 15 mA, para funcionar y 3mA mientras esta en reposo, lo que representa una gran ventaja para robots alimentados por pilas. El sensor SRF08 Incluye además un sensor de luz que permite conocer el nivel de luminosidad usando igualmente el bus I2C y sin necesidad de recursos adicionales.



Fig. 7.1.- Vista frontal del Sensor SRF08.

7.4.1.- Controlando el sensor de distancias ultrasónico SRF08.

La comunicación con el sensor ultrasónico SRF08 se realiza a través del bus I2C. Este está disponible en la mayoría de los controladores del mercado como BasicX-24, OOPic y Basic Stamp 2P, así como en una amplia gama de microcontroladores.

Para el programador, el sensor SRF08 se comporta de la misma manera que las EEPROM de las series 24xx, con la excepción de que la dirección I2C es diferente. La dirección por defecto de fábrica del SRF08 es 0xE0. El usuario puede cambiar esta dirección con 16 direcciones diferentes: E0, E2, E4, E6, E8, EA, EC, EE, F0, F2, F4, F6, F8, FA, FC o FE, por lo que es posible utilizar hasta 16 sensores sobre un mismo bus I2C. Además de las direcciones anteriores, todos los sensores conectados al bus I2C responderán a la dirección 0 -al ser la dirección de atención general.

Esto significa que escribir un comando de medición de la distancia para la dirección 0 de I2C (0x00) iniciará las mediciones en todos los sensores al mismo tiempo. Los resultados deben leerse de manera individual de cada uno de las direcciones reales de los sensores. Disponemos de ejemplos del uso de un módulo SRF08 con una amplia gama de controladores del mercado.

7.4.2.- Conexiones básicas.

El pin señalado como "Do Not Connect" (No conectar) debería permanecer sin conexión. En realidad, se trata de la línea MCLR de la CPU y se utiliza solamente en la fábrica para programar el PIC16F872 después del montaje, dispone de una resistencia interna de tipo pull-up. Las líneas SCL y SDA deberían tener cada una de ellas una resistencia pull-up de +5v en el bus I2C. Sólo necesita un par de resistencias en todo el bus, no un par por cada módulo o circuito conectado al bus I2C. Normalmente se ubican en el bus maestro en vez de en los buses esclavos.

El sensor SRF08 es siempre un bus esclavo - y nunca un bus maestro. Un valor apropiado sería el de 1,8 K en caso de que las necesitase. Algunos módulos como el OOPic ya disponen de resistencias pull-up por lo que no es necesario añadir ninguna más.

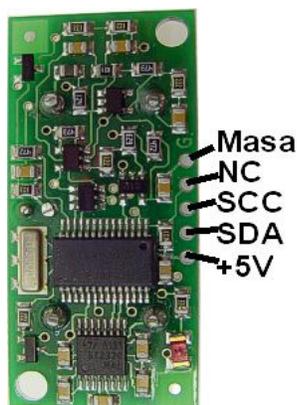


Fig. 7.2.- Conexiones internas del Sensor Ultrasónico SRF08.

7.4.3.- Registros.

El sensor SRF08 tiene un conjunto de 36 registros.

Ubicación	Lectura	Escritura
0	Revisión de Software	Registro de comando
1	Sensor de luz	Registro de ganancia máx. (por defecto 31)
2	Byte alto de 1º eco	Registro de alcance de distancia (por defecto 255)
3	Byte alto de 2º eco	No disponible
----	----	----
34	Byte alto de 17º eco	No disponible
35	Byte bajo de 17º eco	No disponible

Fig. 7.3.- Registros.

Solamente se puede escribir en las ubicaciones 0, 1 y 2. La ubicación 0 es el registro de comandos y se utiliza para iniciar la sesión de cálculo de la distancia. No puede leerse. La lectura de la ubicación da como resultado la revisión del software de SRF08. Por defecto, la medición dura 65mS, aunque puede cambiarse modificando el registro de alcance de la ubicación 2. Si lo hace, tendrá que cambiar la ganancia analógica en la ubicación 1.

La ubicación 1 es el sensor de luz en placa. Este dato se actualiza cada vez que se ejecuta un comando de medición de distancia y se puede leer cuando se leen los datos de la medición.

Las dos ubicaciones siguientes, 2 y 3, son resultados sin signo de 16 bits de la última medición - el nivel lógico alto en primer lugar. El significado de este valor depende del comando utilizado, y puede estar expresado en pulgadas, o en centímetros, o bien el tiempo de vuelo del ping expresado en μ S. Un valor cero indica que no se ha detectado objeto alguno. Hay hasta 16 resultados adicionales que indican los ecos de objetos más lejanos.

7.4.4.-Comandos.

Existen tres comandos para iniciar una medición de distancia (desde 80 hasta 82), que devuelve el resultado en pulgadas, centímetros o microsegundos. Asimismo, también

existe un modo ANN (Artificial Neural Network) que se describe a continuación y un grupo de comandos para modificar la dirección de I2C del SRF08.

COMANDOS		ACCIÓN
Decimal	Hexadecimal	
80	0X50	Modo cálculo distancia - Resultado en pulgadas
81	0X51	Modo cálculo distancia - Resultado en centímetros
82	0X52	Modo cálculo distancia - Resultado en microsegundos
83	0X53	Modo ANN - Resultado en pulgadas
84	0X54	Modo ANN - Resultado en centímetros
85	0X55	Modo ANN - Resultado en micro-segundos
160	0XA0	1º en la secuencia para cambiar la dirección I2C
165	0XA5	3º en la secuencia para cambiar la dirección I2C
170	0XAA	2º en la secuencia para cambiar la dirección I2C

Fig. 7.4.- Lista de Comandos.

7.4.5.- Modo de calculo de distancia (Ranging Mode).

Para iniciar la medición de la distancia, deberá escribir uno de los comandos anteriores en el registro de comando (registro 0) y esperar el tiempo necesario para la ejecución de la operación. A continuación, deberá leer el resultado en el formato que desee (pulgadas, centímetros, etc). El búfer de eco se pone a cero al comienzo de cada medición. La primera medición del eco se coloca en las ubicaciones 2 y 3, la segunda en 4 y 5, etc. Si una ubicación (niveles altos o bajos de bytes) es 0, entonces no se encontrará ningún otro valor en el resto de los registros. El tiempo recomendado y establecido por defecto para realizar la operación es de 65mS, sin embargo es posible acortar este periodo escribiendo en el registro de alcance antes de lanzar el comando de medición. Los datos del sensor de luz de la ubicación 1 se actualizarán también después del comando de medición.

7.4.6.- Ganancia Analógica.

En el registro de la ganancia analógica, se configura la ganancia máxima de las etapas analógicas. Para configurar la ganancia máxima del SRF08, simplemente deberá escribir uno de estos valores en el registro de ganancia de la ubicación 1. Durante la medición, la ganancia analógica empieza con su valor mínimo de 94. Este valor se incrementa en intervalos de aproximadamente 70uS hasta llegar al valor de ganancia máxima, configurada en el registro 1.

La ganancia máxima posible se alcanza después de aproximadamente 390 mm de alcance. La finalidad de poder limitar la ganancia máxima es permitirle iniciar mediciones a una frecuencia mayor de 65 mS. Dado que la medición puede ser muy corta, es posible iniciar una nueva medición tan pronto como se hayan leído los datos de la medición previa. Un riesgo potencial de esto es que la segunda medición podría captar un retorno de un eco distante del "ping" anterior, dando un resultado falso referente a un objeto cercano cuando en realidad no hay ninguno.

Para reducir esta posibilidad, la ganancia máxima puede reducirse para limitar la sensibilidad de los módulos al eco distante más débil, mientras que al mismo tiempo sigue siendo capaz de detectar la proximidad de objetos. La configuración de la ganancia máxima se almacena sólo en la memoria RAM del CPU y se inicia con el encendido del equipo, por lo que si sólo desea realizar las mediciones cada 65mS, o más, puede ignorar los registros Range y Gain.

Nota - Es efectivo sólo en Modo de cálculo de distancia (Ranking Mode), en el Modo ANN la ganancia se controla automáticamente.

Registro de ganancia		Ganancia analógica máxima
Decimal	Hexadecimal	
0	0X00	Fija la ganancia analógica máxima en 94
1	0X01	Fija la ganancia analógica máxima en 97
2	0X02	Fija la ganancia analógica máxima en 100
3	0X03	Fija la ganancia analógica máxima en 103
4	0X04	Fija la ganancia analógica máxima en 107

5	0X05	Fija la ganancia analógica máxima en 110
6	0X06	Fija la ganancia analógica máxima en 114
7	0X07	Fija la ganancia analógica máxima en 118
8	0X08	Fija la ganancia analógica máxima en 123
9	0X09	Fija la ganancia analógica máxima en 128
10	0X10	Fija la ganancia analógica máxima en 133
11	0X11	Fija la ganancia analógica máxima en 139
12	0X12	Fija la ganancia analógica máxima en 145
13	0X13	Fija la ganancia analógica máxima en 152
14	0X14	Fija la ganancia analógica máxima en 159
15	0X15	Fija la ganancia analógica máxima en 168
16	0X16	Fija la ganancia analógica máxima en 177
17	0X17	Fija la ganancia analógica máxima en 187
18	0X18	Fija la ganancia analógica máxima en 199
19	0X19	Fija la ganancia analógica máxima en 212
20	0X20	Fija la ganancia analógica máxima en 227
21	0X21	Fija la ganancia analógica máxima en 245
22	0X22	Fija la ganancia analógica máxima en 265
23	0X23	Fija la ganancia analógica máxima en 288
24	0X24	Fija la ganancia analógica máxima en 317
25	0X25	Fija la ganancia analógica máxima en 352
26	0X26	Fija la ganancia analógica máxima en 395
27	0X27	Fija la ganancia analógica máxima en 450
28	0X28	Fija la ganancia analógica máxima en 524
29	0X29	Fija la ganancia analógica máxima en 626
30	0X30	Fija la ganancia analógica máxima en 777
31	0X31	Fija la ganancia analógica máxima en 1025

Fig.7.5.- Lista de Ganancia analógica y sus registros.

Tenga en cuenta que la relación entre el registro de ganancia y la ganancia real no es una relación lineal. No existe una fórmula mágica que diga "si utiliza este valor de ganancia, el alcance será exactamente este". Depende del tamaño, forma, y material del objeto y de los elementos restantes de la habitación. Lo recomendable es experimentar con diferentes valores hasta obtener los resultados deseados. Si obtiene lecturas falsas, puede que sean los ecos de los "pings" anteriores, vuelva a lanzar el sensor SRF08 cada 65 mS o más (menos tasa).

Si tiene alguna duda acerca de los registros Range y Gain, recuerde que en el sensor SRF08 se fijan los valores por defecto automáticamente cuando se inicia el sistema. Es más, puede olvidarse de esta configuración y utilizar los valores por defecto y el sensor funcionará correctamente, detectando objetos a 6 metros cada 65mS o menos.

7.4.8.- Cambio de ángulo de detección.

El ángulo de detección no se puede cambiar. Esta es una pregunta que se hace muy frecuentemente y cuya respuesta es que no se puede alterar. El foco de trabajo del SRF08 es un cono cuyo ancho depende del propio traductor y esta es fija. La forma del área de trabajo del traductor ultrasónico empleado en el SRF08 es la de la siguiente figura, tomada de la hoja de características del fabricante.

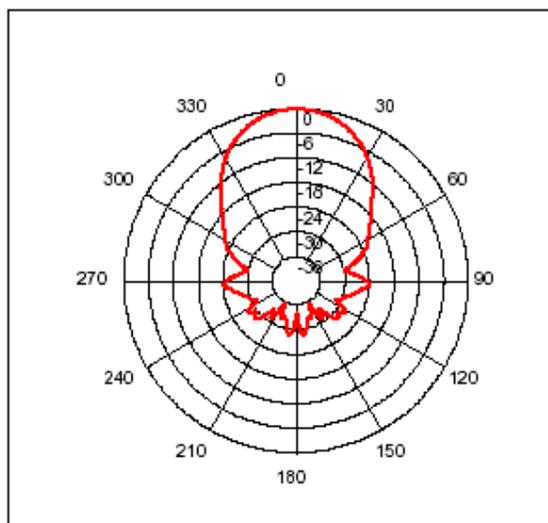


Fig. 7.6.- Ángulo de detección.

VIII.- PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

JUNIO 2010

- Recopilación de información, búsqueda en internet de información técnica sobre el sensor ultrasónico SRF08.

JULIO 2010

- Recopilación de información y estudio del PIC-16F873, búsqueda de información técnica.
- Elaboración del diagrama (ruteado) del circuito en el programa PCBWizard Professional Edition 3.50. Esta elaboración consta de dos partes:
 - Diagrama para el Microcontrolador.
 - Diagrama que servirá para conectar el microcontrolador con los sensores.
- Elaboración de las placas que consistió en:
 - 1) Impresión del diagrama en hoja papel couché.
 - 2) Recorte del diagrama y de la placa o baquelita con una segueta.
 - 3) Limpieza de la placa utilizando una lija fina y posteriormente thinner, esto es, para evitar que quede alguna impureza en la placa.
 - 4) Planchado uniendo el diagrama sobre la placa.
 - 5) Después de pasado cierto tiempo, la placa caliente se deposita en un recipiente de plástico con agua y se deja un período de tiempo.
 - 6) Se toma la placa del recipiente y con la uso de la yemas de los dedos se retira el papel couché de la placa.
 - 7) Posteriormente se deposita la placa en un frasco ya preparado con ácido férrico.
 - 8) Se limpia agua y lija fina, se talla.
 - 9) Se realiza la perforación con la ayuda de un taladro.
 - 10) Para finalizar se posicionan los componentes en sus lugares respectivos en la placa y se soldan.

- Elaboración del código de funcionamiento para el microcontrolador y los sensores en el programa de MikroC versión 5.0.0.1.

AGOSTO 2010

- Posteriormente se programa el PIC-16F873 con el programa realizado en MikroC con ayuda del programador PIC-600 de Steren.
- Se realizan las pruebas necesarias y se corrigen los detalles en el microcontrolador y LCD.
- Finaliza esta etapa con el correcto funcionamiento del circuito anterior.
 - Durante el transcurso de esta etapa surgieron detalles como cuando el microcontrolador no reconocía los sensores, esto fue, por que en las líneas de programación correspondientes no estaba correctamente definido la dirección del sensor. También otro detalle fue la nula experiencia en el manejo del Protocolo I2C, ya que solamente se necesita un bus para poder intercomunicar el microcontrolador con los sensores; y esto fue un aprendizaje para el residente.

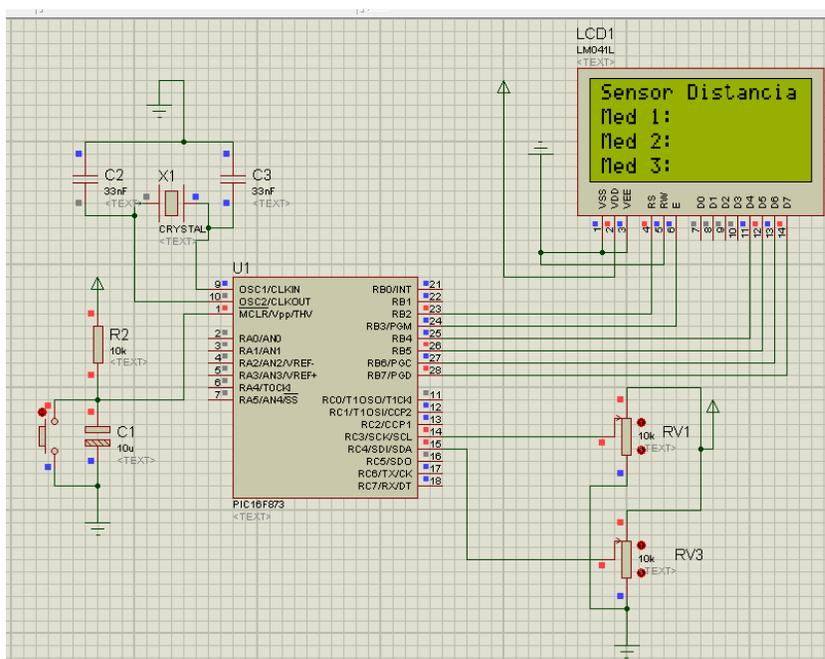


Fig.8.1.- Diagrama esquemático para microcontrolador y LCD.

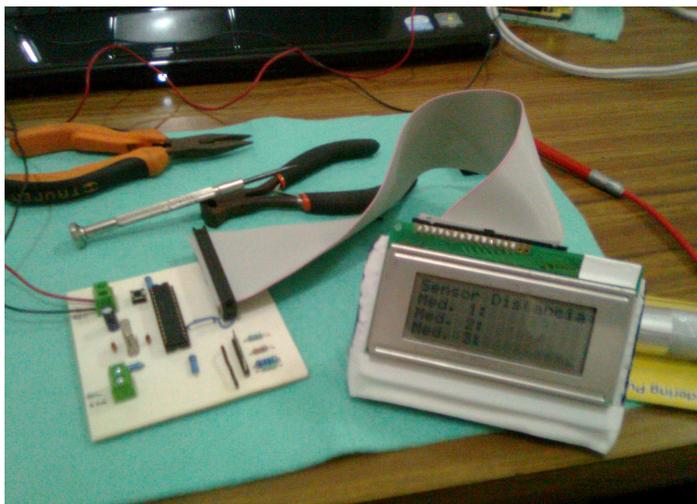


Fig. 8.2.- Vista del funcionamiento del microcontrolador y LCD.

- Elaboración de la caja para la fuente de alimentación de 5V que suministrará energía al circuito.
- Finaliza la etapa de elaboración de la caja para la fuente de alimentación.
 - Cabe mencionar que el manejo de los diferentes materiales en lo que se utilizaron para elaborar la caja fue el acrílico, neopreno y latón. El manejo de estos materiales resulto un poco complicado al principio debido a la poca experiencia del residente en este tipo de materiales. Esto retardo un poco más de lo previsto; pero el objetivo era hacer una caja robusta, que protegiera a la fuente de alimentación y compacta.



Fig. 8.3 Vista Frontal

Fig. 8.4 Vista Lateral

Fig. 8.5 Vista Superior

(Vistas de Fuente de Alimentación de 5V.)

SEPTIEMBRE 2010

- Elaboración de la caja que va a contener el microcontrolador, el LCD y el circuito que comunica entre los sensores y el microcontrolador.
- Termina etapa de elaboración de la caja del punto anterior.
 - El método para la elaboración de la caja para el circuito es el mismo que se utilizó con la fuente de alimentación pero con algunas variantes, ya que al concluir dicha caja se presentaron algunos detalles como la falta de firmeza, era demasiado alta y esto hacía que fuera menos robusta.



Fig. 8.6 Vista Superior 1



Fig. 8.7 Vista Lateral



Fig.8.8 Vista Superior 2

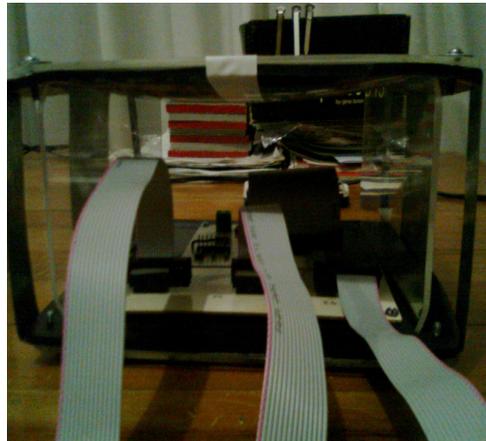


Fig.8.9 Vista Frontal

(Vistas de la caja que contiene el microcontrolador, LCD y circuito que comunica el microcontrolador con los sensores.)

- Debido a que la caja mostraba cierta debilidad en su manejo y quedo demasiado grande, se realizó el re-diseño, en donde se mejoro la tapa posterior y la tapa de frente, además de que se reforzó la base con la tapa superior.
- Finaliza etapa de re-diseño

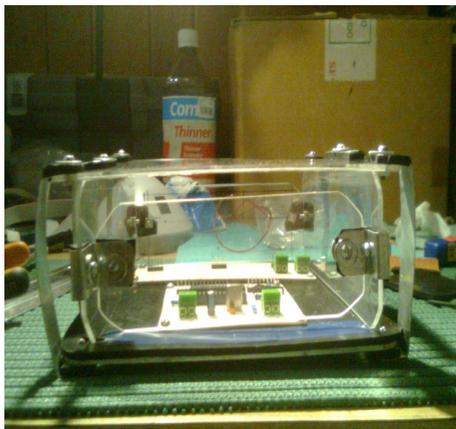


Fig. 8.9 Vista Frontal



Fig. 8.10.- Vista Lateral

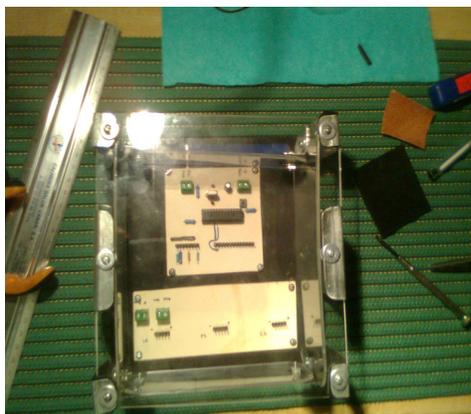


Fig. 8.11.- Vista Superior

(Vistas del re-diseño de la caja que contiene el microcontrolador, LCD y el circuito que conecta el microcontrolador con los sensores.)

OCTUBRE 2010.

- Elaboración del soporte de los sensores ultrasónicos. Para su realización, debía cumplir con los siguientes requisitos:
 - Altura de 30 a 40 cm con respecto del piso.
 - Una separación entre 20 y 22 cm entre los sensores.- Para cumplir con tales características se utilizó papel cascarón, esto es, por su facilidad de corte, no pesa, y con el diseño que se elaboró fue posible hacer un soporte manejable y a la vez que protegiera los sensores; posteriormente para hacer más firme el soporte se utilizó Unirapid Express (pegamento de montaje de la marca Comex) y para darle una mejor presentación se pintó el soporte con laca color metálico de la marca Comex.

- Elaboración de regleta para fijar los sensores. Al colocar los sensores en el soporte, estos se movían y aunque se fijaran los sensores con cinta de aislar esto no era suficiente. Es por esta situación que se elaboró una regleta que fijará bien los sensores con el soporte y que además los mantuviera en la misma posición. Esta regleta es de acrílico y se tuvo un especial cuidado en

los cortes circulares que es, en donde entraron el emisor y el receptor de los sensores ultrasónicos; para realizar los cortes circulares se utilizó una broca plana o de manita para madera de 5/8" y se le hizo una mejora que consistió en afilar la punta de la broca con un esmeril mediante un taladro. Además se realizó un dibujo con el programa Draw de OpenOffice (Fig. 8.12); este dibujo se pegó junto con la regleta de acrílico y en el centro de los círculos se hizo una marca con un clavo sobre el acrílico; por consiguiente se paso a perforar los orificios.

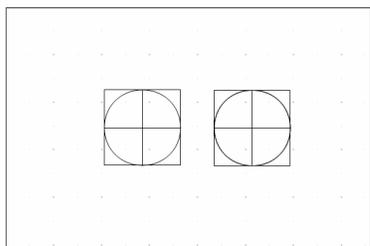


Fig. 8.12.- Dibujo del diámetro de los sensores.

- Finaliza la etapa de elaboración del soporte y regleta para los sensores ultrasónicos.



Fig. 8.13.- Vista Frontal



Fig.8.14.- Vista Lateral



Fig. 8.15.- Vista posterior



Fig.8-16.- Vista Frontal



Fig. 8.17.- Vista Lateral

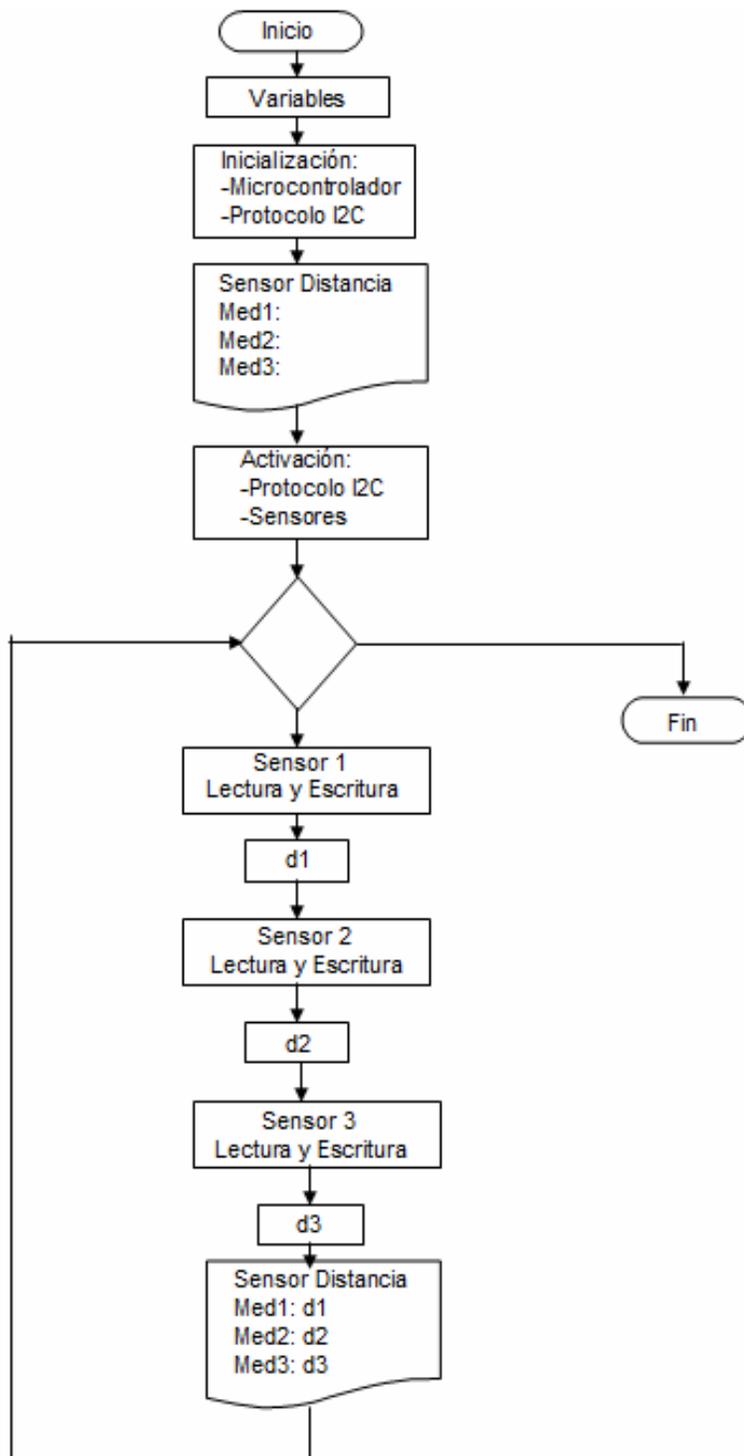


Fig.8.18.- Vista Posterior

De la Fig. 8.13 a 8.18.- Vistas del soporte y los sensores.

IX.- RESULTADOS.

Diseño de software (Diagrama de Flujo)



El diagrama de Flujo del programa consiste, como primer paso, en la habilitación de las variables y así como la inicialización del protocolo I2C y del microcontrolador, posteriormente, se envía a imprimir en la pantalla del LCD. El programa continúa con la activación del protocolo I2C y de los sensores; en este momento, el sistema está listo para empezar las mediciones requeridas ya que cuenta con un ciclo infinito while mediante el cual podemos hacer las mediciones que se necesiten.

A continuación del programa, se empieza con la lectura y escritura de sensor 1 y este a su vez se imprime en pantalla; seguimos con la lectura y escritura del sensor 2 y se imprime en la pantalla del LCD el resultado medido. Como es de verse, se utiliza la misma estructura para programar los tres sensores lo que cambia es la dirección. El programa continúa con la lectura y escritura del sensor 3 y se imprime el resultado en pantalla.

Terminado el proceso anterior, el programa regresa al comienzo del ciclo y comienza de nuevo la tarea para cada uno de los sensores. Es bueno mencionar que la ventaja de utilizar el protocolo I2C es que solamente se utiliza un bus para los 3 sensores lo que ahorra espacio, energía y estos trabajan de manera alternada.

Prueba 1.

Medición en pared plana con superficie rugosa.

Con esta prueba inicia la etapa de pruebas en Laboratorio en el Edificio I de Ingeniería en Electrónica, en el cubículo de Desarrollo e Investigación Tecnológica. Para dicha prueba se tomó como muestra la pared que está cerca del cubículo de Desarrollo e Investigación Tecnológica, posteriormente se pegaron dos líneas con masking-tape perpendiculares a la pared y en cuyas líneas se anotó las distancias de prueba. Con ayuda de una regla metálica, se fueron posicionando los sensores ultrasónicos en las distancias a medir, posteriormente, se fue corroborando con el flexómetro la distancia del soporte (sensores) hasta la pared (objeto a medir) y se concluye con las lecturas

medidas con los sensores.



Fig. 9.1.- Vista Lateral



Fig. 9.2.- Vista Lateral



Fig. 9.3.- Vista Superior



Fig.9.4.-Vista Posterior

Fig.9.1 a la 9.4.- Vistas de la prueba 1 (medición en pared con superficie rugosa)

A continuación se presentaran los resultados medidos con el flexómetro

(medición real) y con los sensores:

A) Tabla 9.1.-

Objeto a medir: Pared Plana.

Superficie: Rugosa

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
x1r (cm)	y1r (cm)	X1s (cm)	y1s (cm)	% Error	x2r (cm)	y2r (cm)	x2s (cm)	y2s (cm)	% Error	x3r (cm)	y3r (cm)	x3s (cm)	y3s (cm)	% Error
42	3	42	3	100	21	3	21	3	100	0	3	0	3	100
42	13	42	14	108	21	13	21	14	108	0	13	0	13	100
42	21	42	22	105	21	21	21	22	105	0	21	0	21	100
42	29	42	30	103	21	29	21	30	103	0	29	0	30	103
42	37	42	38	103	21	37	21	38	103	0	37	0	38	103
42	44	42	44	100	21	44	21	44	100	0	44	0	44	100
42	53	42	53	100	21	53	21	53	100	0	53	0	53	100
42	70	42	70	100	21	70	21	60	85.7	0	70	0	69	98.6
42	85	42	74	87.1	21	85	21	73	85.9	0	85	0	84	98.8
42	93	42	80	86	21	93	21	80	86	0	93	0	83	89.2
42	100	42	87	87	21	100	21	62	62	0	100	0	99	99

 Medición que entra dentro del rango del 10%

NOTA:

x1r, y1r = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición real (flexómetro).

x1s,y1s = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición del sensor.

x2r, y2r = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición real (flexómetro).

x2s,y2s = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición del sensor.

x3r, y3r = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición real (flexómetro).

x3s,y3s = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición del sensor.

B) Tabla 9.2.-

Objeto a medir: Pared Plana.

Superficie: Rugosa

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
x1r (cm)	y1r (cm)	x1s (cm)	y1s (cm)	% Error	x2r (cm)	y2r (cm)	x2s (cm)	y2s (cm)	% Error	x3r (cm)	y3r (cm)	x3s (cm)	y3s (cm)	% Error
42	3	42	4	133	21	3	21	3	100	0	3	0	3	100
42	13	42	14	108	21	13	21	14	108	0	13	0	14	108
42	21	42	22	105	21	21	21	22	105	0	21	0	22	105
42	29	42	30	103	21	29	21	30	103	0	29	0	29	100
42	37	42	38	103	21	37	21	38	103	0	37	0	37	100
42	44	42	44	100	21	44	21	44	100	0	44	0	44	100
42	53	42	54	102	21	53	21	54	102	0	53	0	54	102
42	70	42	63	90	21	70	21	62	88.6	0	70	0	69	98.6
42	85	42	74	87.1	21	85	21	73	85.9	0	85	0	85	100
42	93	42	81	87.1	21	93	21	80	86	0	93	0	91	97.8
42	100	42	87	87	21	100	21	86	86	0	100	0	88	88

 Medición que entra dentro del rango del 10%

NOTA:

x1r, y1r = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición real (flexómetro).

x1s,y1s = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición del sensor.

x2r, y2r = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición real (flexómetro).

x2s,y2s = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición del sensor.

x3r, y3r = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición real (flexómetro).

x3s,y3s = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición del sensor.

Como se puede observar en las tablas 9.1 y 9.2, la variable “x” permanece constante tanto en la medición real como en la del sensor, ya que es la distancia de separación entre los sensores. Ahora, la variable que es de interés es la “y” tanto en la medición real (y1r, y2r, y3r) como en la del sensor (y1s,

y2s, y3s). Ahora bien, existe una franja oscura que “sombrea” algunas mediciones, esto significa que son las mediciones que entran dentro del rango de 10% de error y se consideran admitidas dentro de una medición aceptable. Haciendo una comparación entre las dos tablas anteriores (8.1 y 8.2), el rango que se considera aceptado sin que haya error, es a saber:

- **Sensor 1:** del cm. 13 hasta el cm. 70
- **Sensor 2:** del cm. 3 hasta el cm. 53
- **Sensor 3:** del cm. 3 hasta el cm. 85

A manera de comentario, el sensor 3 es el que tuvo mayor exactitud tanto en mediciones cortas como lejanas.

Prueba 2.

Medición en pared plana con superficie lisa.

Se tomo como muestra la misma pared de la prueba anterior pero anteponiendo un pizarrón como superficie lisa, que a su vez fue fijado para que estuviera totalmente vertical.



Fig. 9.5.- Vista Posterior



Fig.9.6.- Vista Lateral

(Vistas de las mediciones en pared plana con superficie lisa)

A continuación se presentan las tablas:

C) Tabla 9.3.-

Objeto a medir: Pared Plana.

Superficie: Lisa

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
x1r (cm)	Y1r (cm)	x1s (cm)	y1s (cm)	% Error	x2r (cm)	y2r (cm)	x2s (cm)	y2s (cm)	% Error	x3r (cm)	y3r (cm)	x3s (cm)	y3s (cm)	% Error
42	3	42	3	100	21	3	21	4	133	0	3	0	3	100
42	13	42	13	100	21	13	21	14	108	0	13	0	13	100
42	21	42	22	105	21	21	21	22	105	0	21	0	21	100
42	29	42	29	100	21	29	21	29	100	0	29	0	29	100
42	37	42	38	103	21	37	21	38	103	0	37	0	37	100
42	44	42	44	100	21	44	21	44	100	0	44	0	44	100
42	53	42	53	100	21	53	21	53	100	0	53	0	53	100
42	70	42	69	98.6	21	70	21	62	88.6	0	70	0	69	98.6
42	85	42	85	100	21	85	21	74	87.1	0	85	0	84	98.8
42	93	42	84	90.3	21	93	21	80	86	0	93	0	92	98.9
42	100	42	89	89	21	100	21	63	63	0	100	0	99	99

 Medición que entra dentro del rango del 10%

NOTA:

x1r, y1r = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición real (flexómetro).

x1s,y1s = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición del sensor.

x2r, y2r = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición real (flexómetro).

x2s,y2s = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición del sensor.

x3r, y3r = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición real (flexómetro).

x3s,y3s = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición del sensor.

D) Tabla 9.4.-

Objeto a medir: Pared Plana.

Superficie: Lisa

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
x1r (cm)	y1r (cm)	x1s (cm)	y1s (cm)	% Error	x2r (cm)	y2r (cm)	x2s (cm)	y2s (cm)	% Error	x3r (cm)	y3r (cm)	x3s (cm)	y3s (cm)	% Error
42	3	42	3	100	21	3	21	3	100	0	3	0	3	100
42	13	42	14	108	21	13	21	14	108	0	13	0	13	100
42	21	42	21	100	21	21	21	22	105	0	21	0	21	100
42	29	42	30	103	21	29	21	30	103	0	29	0	29	100
42	37	42	38	103	21	37	21	38	103	0	37	0	37	100
42	44	42	44	100	21	44	21	44	100	0	44	0	44	100
42	53	42	53	100	21	53	21	53	100	0	53	0	53	100
42	70	42	69	98.6	21	70	21	62	88.6	0	70	0	69	98.6
42	85	42	80	94.1	21	85	21	74	87.1	0	85	0	84	98.8
42	93	42	82	88.2	21	93	21	80	86	0	93	0	92	98.9
42	100	42	88	88	21	100	21	63	63	0	100	0	93	93

 Medición que entra dentro del rango del 10%

NOTA:

x1r, y1r = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición real (flexómetro).

x1s,y1s = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición del sensor.

x2r, y2r = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición real (flexómetro).

x2s,y2s = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición del sensor.

x3r, y3r = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición real (flexómetro).

x3s,y3s = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición del sensor.

Observando las tablas 9.3 y 9.4, se tiene que el área sombreada abarca un poco más en las mediciones, es decir:

- **Sensor 1:** Del cm. 3 al cm. 85 están dentro del 10% error.
- **Sensor 2:** Del cm. 13 al cm. 53 están dentro del 10% error.
- **Sensor 3:** Del cm. 3 al cm. 100 están dentro del 10 % error.

Si tomamos los datos anteriores (Prueba 2) y se compara con los datos de la Prueba 1, se tiene que tanto los sensores 1 y 3 aumentaron el área sombreada y el sensor 2 disminuyó.

Y tomando la comparación entre los sensores, se tiene:

Que el sensor 1 tuvo seis mediciones exactas (100%) en la tabla 9.3 y cuatro mediciones exactas en la tabla 9.4; para el sensor 2 tuvo tres mediciones exactas en la tabla 9.3 y tres mediciones exactas en la tabla 9.4 y por último el sensor 3 tuvo siete mediciones exactas en la tabla 9.3 y siete mediciones exactas en la tabla 9.4.

Con esto se corrobora que el sensor 3 es el más exacto, le sigue el sensor 1 y por consiguiente el sensor 2 como último.

Prueba 3

Medición en pared inclinada con superficie rugosa.

Cabe mencionar que se utilizó como muestra la pared que está junto al cubículo de Desarrollo e Investigación Tecnológica y además, son los sensores ultrasónicos junto con el soporte que se modificó su posición para dar el efecto de una pared con inclinación. Esta prueba, así como en todas las demás, fue posible con la ayuda de un flexómetro en donde se fue midiendo la distancia de cada sensor con respecto a la pared.



Fig. 9.7.- Vista Lateral



Fig.9.8.- Vista Posterior



Fig.9.9.- Vista Lateral



Fig.9.10.- Vista Posterior

(De la Fig. 9.7 a la 9.10.- Vistas de la Medición en pared inclinada con superficie rugosa)

A continuación se presentan las siguientes tablas:

E) Tabla 9.5.-

Objeto a medir: Pared Inclinada / Pendiente Positiva.

Superficie: Rugosa

Sensor de referencia: 3

Distancia de referencia: 10 cm

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
< (grados)	X1r=s (cm)	Y1r (cm)	y1s (cm)	% Error	< (grados)	x2r=s (cm)	y2r (cm)	y2s (cm)	% Error	< (grados)	x3r=s (cm)	y3r (cm)	y1s (cm)	% Error
10	42	17.40	18	103	10	21	13.50	15	111	10	0	10	11	110
15	42	21.20	23	108	15	21	14.80	16	108	15	0	10	11	110
24	42	28.70	29	101	24	21	19.30	20	104	24	0	10	11	110
33	42	37.30	34	91.2	33	21	27.90	23	82.4	33	0	10	12	120
41	42	46.50	38	81.7	41	21	22.40	25	112	41	0	10	12	120



Medición que entra dentro del rango del 10%

NOTA:

x1r, y1r = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición real (flexómetro).

x1s, y1s = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición del sensor.

x2r, y2r = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición real (flexómetro).

x2s, y2s = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición del sensor.

x3r, y3r = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición real (flexómetro).

x3s, y3s = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición del sensor.

F) Tabla 9.6.-

Objeto a medir: Pared Inclinada / Pendiente Positiva.

Superficie: Rugosa

Sensor de referencia: 3

Distancia de referencia: 10 cm

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
< (grados)	X1r=s (cm)	Y1r (cm)	y1s (cm)	% Error	< (grados)	x2r=s (cm)	y2r (cm)	y2s (cm)	% Error	< (grados)	x3r=s (cm)	y3r (cm)	y1s (cm)	% Error
10	42	17.4	19	109	10	21	13.5	15	111	10	0	10	11	110
15	42	21.25	21	98.8	15	21	14.8	16	108	15	0	10	11	110
24	42	28.69	29	101	24	21	19.3	20	104	24	0	10	11	110
33	42	37.27	36	96.6	33	21	27.9	23	82.4	33	0	10	12	120
41	42	46.51	42	90.3	41	21	28.5	25	87.7	41	0	10	11	110



Medición que entra dentro del rango del 10%

NOTA:

x1r, y1r = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición real (flexómetro).

x1s,y1s = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición del sensor.

x2r, y2r = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición real (flexómetro).

x2s,y2s = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición del sensor.

x3r, y3r = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición real (flexómetro).

x3s,y3s = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición del sensor.

En lo que refiere a las tablas 9.5 y 9.6, se observa que la exactitud de los sensores disminuye considerablemente, esto es debido a que el tiempo de vuelo del eco suele “tardarse” en llegar al receptor del sensor por la cuestión de que la superficie no esta exenta de inclinación y esto variara en las mediciones realizadas por el sensor.

Prueba 4.

Medición en esquina con superficie izquierda de formica y superficie derecha rugosa.

Esta prueba se realizó enfrente del cubículo de Desarrollo e Investigación Tecnológica. En dicha prueba se trazaron líneas con masking-tape formando un triángulo rectángulo con respecto a la esquina, cuidando que dos de los ángulos que se formaban con respecto de la esquina fueran de 45 grados.



Fig.9.11.- Vista Posterior



Fig. 9.12.- Vista Lateral

(Vistas para Medición en esquina con superficie izquierda de formica y superficie derecha rugosa.

Las tablas se presentan a continuación:

G) Tabla 9.7.-

Objeto a medir: Esquina

Superficie: Izquierda Formica / Derecha Rugosa

Angulo de los sensores: 45°

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
< (grados)	X1r=s (cm)	y1r (cm)	y1s (cm)	% Error	< (grados)	x2r=s (cm)	y2r (cm)	y2s (cm)	% Error	< (grados)	x3r=s (cm)	y3r (cm)	y1s (cm)	% Error
45	42	11	11	100	45	21	29	27	93.1	45	0	11	38	345
45	42	6	6	100	45	21	25	26	104	45	0	16	27	169
45	42	14.5	13	89.7	45	21	28.5	24	84.2	45	0	8	10	125
45	42	42	33	78.6	45	21	60	46	76.7	45	0	42	35	83.3
45	42	56	45	80.4	45	21	45	36	80	45	0	23	21	91.3
45	42	52	43	82.7	45	21	30	25	83.3	45	0	7.5	10	133
45	42	25	22	88	45	21	47.5	36	75.8	45	0	56.5	45	79.6
45	42	6	7	117	45	21	25.5	22	86.3	45	0	47	56	119

H) Tabla 9.8.-

Objeto a medir: Esquina

Superficie: Izquierda Formica / Derecha Rugosa

Angulo de los sensores: 45°

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
< (grados)	X1r=s (cm)	y1r (cm)	y1s (cm)	% Error	< (grados)	x2r=s (cm)	y2r (cm)	y2s (cm)	% Error	< (grados)	x3r=s (cm)	y3r (cm)	y1s (cm)	% Error
45	42	11	10	90.9	45	21	29	26	89.7	45	0	11	37	336
45	42	6	5	83.3	45	21	25	26	104	45	0	16	16	100
45	42	14.5	13	89.7	45	21	28.5	24	84.2	45	0	8	10	125
45	42	42	33	78.6	45	21	60	46	76.7	45	0	42	35	83.3
45	42	56	44	78.6	45	21	45	42	93.3	45	0	23	25	109
45	42	52	44	84.6	45	21	30	27	90	45	0	7.5	10	133
45	42	25	23	92	45	21	47.5	36	75.8	45	0	56.5	44	77.9
45	42	6	6	100	45	21	25.5	22	86.3	45	0	47	55	117



Medición que entra dentro del rango del 10%

NOTA:

x1r, y1r = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición real (flexómetro).

$x1s, y1s$ = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición del sensor.

$x2r, y2r$ = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición real (flexómetro).

$x2s, y2s$ = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición del sensor.

$x3r, y3r$ = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición real (flexómetro).

$x3s, y3s$ = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición del sensor.

Al realizar las mediciones de las tablas 9.7 y 9.8, al soporte y los sensores se le fue modificando su posición a lo largo de la línea que esta conformada por los ángulos de 45° y que queda enfrente de la esquina. Como se puede observar, existen pocas coincidencias entre las dos tablas con respecto al porcentaje de error; aunque en el sensor 1 coincide con la primera medición, los sensores 2 y 3 coinciden también en una medición. Esto da como resultado la poca exactitud que tienen los sensores en esta prueba.

Prueba 5.

Medición en esquina con superficie izquierda de papel cascarón y superficie derecha rugosa.

Esta prueba se sobrepuso un pliego de papel cascarón sobre la superficie de formaica y se reforzó con masking-tape. Se añadieron nuevas líneas y se fijó como punto pivote el sensor 3.



Fig. 9.13.- Vista área de trabajo



Fig.9.14.- Vista Posterior.



Fig.9.15 Vista Posterior.



Fig.9.16.- Vista Lateral.

(De la Fig. 9.13 a la 9.16.- Vistas para Medición en esquina con superficie izquierda de papel cascarón y superficie derecha rugosa.)

El resultado de esta prueba se presenta a continuación con las siguientes tablas:

I) Tabla 9.9.-

Objeto a medir: Esquina

Superficie: Izquierda Papel Cascarón / Derecha Rugosa

Angulo de los sensores: Diferentes ángulos

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
Med.	x1r=s (cm)	y1r (cm)	y1s (cm)	% Error	Med.	x2r=s (cm)	y2r (cm)	y2s (cm)	% Error	Med.	x3r=s (cm)	y3r (cm)	y1s (cm)	% Error
1	42	34	28	82.4	1	21	54.5	42	77.1	1	0	47	40	85.1
2	42	34	27	79.4	2	21	56	43	76.8	2	0	43	37	86
3	42	33	53	161	3	21	56	47	83.9	3	0	41	36	87.8
4	42	35	45	129	4	21	47	44	93.6	4	0	36	34	94.4
5	42	38	38	100	5	21	39.5	39	98.7	5	0	33	33	100
6	42	39.5	33	83.5	6	21	35.5	36	101	6	0	31.5	32	102
7	42	33	28	84.8	7	21	31.5	33	105	7	0	30	31	103

J) Tabla 9.10.-

Objeto a medir: Esquina

Superficie: Izquierda Papel Cascarón liso/ Derecha Rugosa

Angulo de los sensores: Diferentes ángulos

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
Med.	x1r=s (cm)	Y1r (cm)	y1s (cm)	% Error	Med.	x2r=s (cm)	y2r (cm)	y2s (cm)	% Error	Med.	x3r=s (cm)	y3r (cm)	y1s (cm)	% Error
1	42	34.5	27	78.3	1	21	55.5	42	75.7	1	0	47	41	87.2
2	42	33.5	56	167	2	21	54.5	43	78.9	2	0	44.5	38	85.4
3	42	33	53	161	3	21	56	47	83.9	3	0	42	36	85.7
4	42	33	50	152	4	21	52	46	88.5	4	0	40	36	90
5	42	35	45	129	5	21	46	44	95.7	5	0	37	34	91.9
6	42	36	41	114	6	21	42.5	41	96.5	6	0	35	34	97.1
7	42	38	38	100	7	21	39.5	39	98.7	7	0	33.5	33	98.5
8	42	40	33	82.5	8	21	35.5	36	101	8	0	32	32	100
9	42	33	27	81.8	9	21	32	33	103	9	0	31	32	103



Medición que entra dentro del rango del 10%

NOTA:

x1r, y1r = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición real (flexómetro).

x1s,y1s = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición del sensor.

x2r, y2r = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición real (flexómetro).

x2s,y2s = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición del sensor.

x3r, y3r = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición real (flexómetro).

x3s,y3s = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición del sensor.

En las tablas 9.9 y 9.10 se utilizaron ángulos aleatorios para verificar en que mediciones eran más exactos los sensores, esta prueba sirvió como previa para la siguiente.

Prueba 6.

Medición en esquina con superficie izquierda de Formaica y superficie derecha rugosa.

En esta etapa final de las pruebas de medición, se quitó el papel cascarón y de esta superficie quedo la original, de formaica. Se fijaron los ángulos de interés y se realizó más particiones en los ángulos críticos.



Fig. 9.17.- Área de trabajo



Fig.9.18.- Vista Superior

(Vistas de Medición en esquina con superficie izquierda de Formaica y superficie derecha rugosa.

Y las tablas de resultados se presentan a continuación:

K) Tabla 9.11.-

Objeto a medir: Esquina

Superficie: Izquierda Formaica / Derecha Rugosa

Angulo de los sensores: Diferentes ángulos

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
Med.	x1r=s (cm)	y1r (cm)	y1s (cm)	% Error	Med.	x2r=s (cm)	y2r (cm)	y2s (cm)	% Error	Med.	x3r=s (cm)	y3r (cm)	y1s (cm)	% Error
1	42	31	25	80.6	1	21	52	40	76.9	1	0	37	40	108
2	42	30	62	207	2	21	50	50	100	2	0	44	38	86.4
3	42	30	57	190	3	21	56	47	83.9	3	0	41.5	36	86.7
4	42	30.5	56	184	4	21	51.5	46	89.3	4	0	39	35	89.7
5	42	30	54	180	5	21	49.5	45	90.9	5	0	38.5	35	90.9
6	42	31	52	168	6	21	46	44	95.7	6	0	37	34	91.9
7	42	32	48	150	7	21	43	41	95.3	7	0	34.5	34	98.6
8	42	32	45	141	8	21	40	40	100	8	0	33.5	33	98.5
9	42	39.5	40	101	9	21	36	36	100	9	0	32	32	100
10	42	31	34	110	10	21	32	33	103	10	0	33.5	32	95.5

L) Tabla 9.12.-

Objeto a medir: Esquina

Superficie: Izquierda Formica / Derecha Rugosa

Angulo de los sensores: Diferentes ángulos

SENSOR 1					SENSOR 2					SENSOR 3				
< (grados)	x1r=s (cm)	Y1r (cm)	y1s (cm)	% Error	< (grados)	x2r=s (cm)	y2r (cm)	y2s (cm)	% Error	< (grados)	x3r=s (cm)	y3r (cm)	y1s (cm)	% Error
45	42	35.5	29	81.7	45	21	56	43	76.8	45	0	47.5	40	84.2
42.5	42	34.5	29	84.1	42.5	21	56	43	76.8	42.5	0	45	37	82.2
40	42	34	29	85.3	40	21	56	43	76.8	40	0	44.5	36	80.9
37.5	42	34	36	106	37.5	21	56.5	47	83.2	37.5	0	42.5	36	84.7
35	42	34	54	159	35	21	57	47	82.5	35	0	42	36	85.7
30	42	35	49	140	30	21	50.5	45	89.1	30	0	38	34	89.5
25	42	36	46	128	25	21	47.5	44	92.6	25	0	36	34	94.4
20	42	40.5	42	104	20	21	43	41	95.3	20	0	35.5	33	93
15	42	40	38	95	15	21	39	38	97.4	15	0	33	33	100
10	42	40.5	34	84	10	21	36	36	100	10	0	31.5	31	98.4
5	42	35	30	85.7	5	21	32.5	34	105	5	0	30.5	31	102
0	42	30	26	86.7	0	21	30	31	103	0	0	30	31	103



Medición que entra dentro del rango del 10%

NOTA:

x_{1r}, y_{1r} = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición real (flexómetro).

x_{1s}, y_{1s} = Distancia en X y en Y del sensor 1, medición del sensor.

x_{2r}, y_{2r} = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición real (flexómetro).

x_{2s}, y_{2s} = Distancia en X y en Y del sensor 2, medición del sensor.

x_{3r}, y_{3r} = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición real (flexómetro).

x_{3s}, y_{3s} = Distancia en X y en Y del sensor 3, medición del sensor.

Para la realización de esta prueba, el soporte y los sensores se ubicaron en la parte central de la línea que esta enfrente de la esquina. En la tabla 9.11., se observa que el muestreo que se realizo con las mediciones, a medida que se fue acercando los sensores hacia la superficie rugosa la exactitud de los sensores iba en aumento, es decir, cuando el soporte y los sensores disminuían su grado inclinación y tendían a converger con la superficie rugosa que es donde los sensores están de frente con esta superficie.

Con respecto a la tabla 9.12., en ella esta contenida el resultado final con sus respectivos ángulos, a saber, para el sensor 1 los ángulos que están entre los 15 y 20 grados son aceptables; para el sensor 2 los ángulos que están entre los 0 y 25 grados son admitidos dentro del rango de error y para el sensor 3 entre los 0 y 25 grados respectivamente. Esto nos dice que el sensor 1 es el que nos deberíamos de fiar meno por la distancia en que está, es decir, a 42 cm. del sensor 3; y por lo tanto, el sensor 2 y el sensor 3 son los que no dan más exactitud en cuanto a las mediciones en esta prueba.

X.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Los sensores ultrasónicos son dispositivos que se pueden utilizar en diferentes áreas de trabajo y si bien, al principio fue un poco complejo entender el funcionamiento, con la práctica se hizo más fácil poder solucionar los problemas que se presentaban tanto en la programación como en la medición. Cabe recalcar que aunque los sensores ultrasónicos son precisos en su

medición cuando no son utilizados bajo ciertas condiciones, estos pueden tener mediciones erróneas.

Una de los aspectos que más llamó la atención fue la utilización del Protocolo I2C, ya que solamente con un bus de datos y uno de reloj, se puede hacer funcionar de 1 a 16 sensores, sin tener que agregar más cableado al circuito; que esto es lo que hace ventajoso a este tipo de sistemas.

El sensor ultrasónico, su funcionamiento básico, es mediante la emisión de un eco que produce cada cierto tiempo programado y este es recibido por un receptor; pues bien, cuando un sensor se hace interactuar con más de uno (en este caso fueron tres) cabe mencionar que se puede dar el caso en que cuando un sensor (el sensor 1, por ejemplo) está en la etapa de recepción, pueda ser que reciba un eco del anterior sensor (el sensor 3). Esto se presentaba cuando se hicieron las pruebas en la esquina.

La ventaja que presentan los sensores ultrasónicos con respecto a otro sensor, en este caso el infrarrojo, en donde la temperatura y la iluminación pueden ocasionar problemas para dar una buena medición, en el caso de los sensores ultrasónicos no afecta en su medición.

Es recomendable que antes de utilizar sensores ultrasónicos en este tipo de pruebas se tenga especial cuidado en su uso, ya que son muy sensibles al movimiento; ya que ocurría que por mover por error el soporte, la medición que presentaban era errónea, de escasos centímetros pero afectaban a las pruebas de medición.

Para trabajos futuros se tiene contemplado la utilización de sensores ultrasónicos en un móvil, en donde este dispositivo será como los "ojos" del móvil y evitara que tropiece o tope con un algún objeto y este pueda seguir un camino programado.

XI.- REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS.

Antecedentes.-

MADISON COMPANY

<http://www.madisonco.com/madison/espanol/reference/noncontact/ultrasonic.htm>

BANNER

<http://www.bannerengineering.com/es-MX/>

<http://info.bannersalesforce.com/xpedio/groups/public/documents/literature/sd137.pdf>

KEYENCE

<http://www.keyence.com.mx/topics/sensors/fw/fluid.php>

Marco Teórico.-

<http://todoproductividad.blogspot.com/2010/01/sensores-ultrasonicos-para-medir.html>

<http://proton.ucting.udg.mx/dpto/tesis/quetzal/TES35-01.html>

<http://vladiz8509.blogspot.com/>

http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/transductoressensores/

http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm

<http://windows.microsoft.com/es-XL/windows7/What-is-a-sensor>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

<http://proton.ucting.udg.mx/dpto/tesis/quetzal/TES35-01.html>

<http://www.superrobotica.com/S320112.htm>

XII.- ANEXOS.-

12.1.- Diagramas del Circuito.

12.1.1.- Microcontrolador y salida para LCD

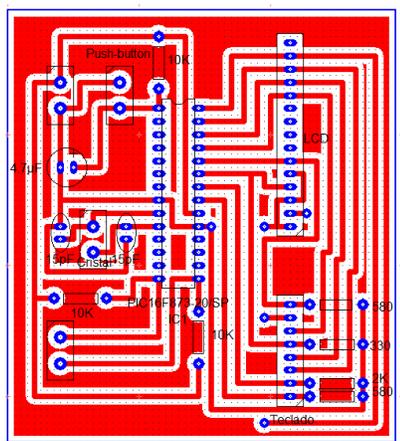


Fig. 12.1.- Vista Normal

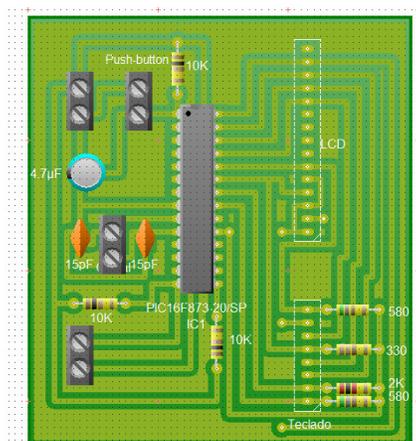


Fig. 12.2.- Vista Real

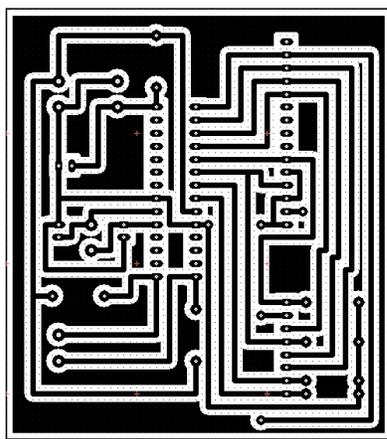


Fig.12.3 Vista Pista para soldar

(Vista del microcontrolador y LCD)

12.1.12- Conector entre los sensores y el Microcontrolador.

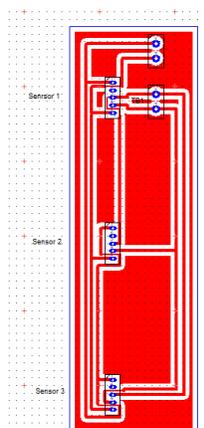


Fig.12.4
Vista Normal

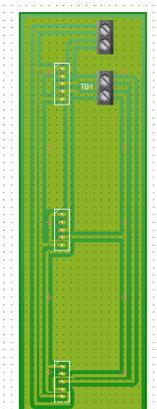


Fig.12.5
Vista Real

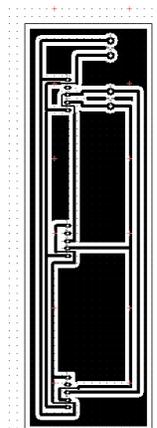


Fig.12.6
Vista Pista para soldar.

(Vistas del conector entre los sensores y el microcontrolador)

12.2.- Código de Programación.

```
// PROGRAMA PARA MEDIR LA DISTANCIA UTILIZANDO 3 SENSORES  
ULTRASONICOS
```

```
void main()  
{  
  unsigned short d1,d2,d3;  
  unsigned int d;  
  char cad[8];  
  unsigned int x;
```

```
  PORTB = 0;  
  TRISB = 0;  
  TRISC = 1;  
  d1=d2=0;  
  I2C_Init(1000000);  
  Lcd_Init(&PORTB);
```

```
Lcd_Cmd(LCD_CURSOR_OFF);
Lcd_Out(1,1,"Sensor Distancia");
Lcd_Out(2,1,"Med 1:");
Lcd_Out(3,-3,"Med 2:");
Lcd_Out(4,-3,"Med 3:");

// ----- SENSOR UNO (INICIALIZACIÓN) -----

I2C_Start();
I2C_Wr(0xe0); // Dirección del Sensor 1
I2C_Wr(0x00); // Registro de Comando O
I2C_Wr(0x51); // Para dar resultado en Cm.

// Configuración para que el sensor detecte a máximo 1 metro de distancia

I2C_Repeated_Start();
I2C_Wr(0xe0);
I2C_Wr(0x02);
I2C_Wr(0x18);
I2C_Stop();

// ----- SENSOR DOS (INICIALIZACIÓN) -----

I2C_Start();
I2C_Wr(0xe4); // Dirección del Sensor 2
I2C_Wr(0x00); // Registro de Comando O
I2C_Wr(0x51); // Para dar resultado en Cm.

// Configuración para que el sensor detecte a máximo 1 metro de distancia

I2C_Repeated_Start();
I2C_Wr(0xe4);
I2C_Wr(0x02);
I2C_Wr(0x18);
I2C_Stop();
```

```
// ----- SENSOR TRES (INICIALIZACIÓN) -----

I2C_Start();
I2C_Wr(0xEE); // Dirección del Sensor 2
I2C_Wr(0x00); // Registro de Comando O
I2C_Wr(0x51); // Para dar resultado en Cm.

// Configuración para que el sensor detecte a máximo 1 metro de distancia

I2C_Repeated_Start();
I2C_Wr(0xEE);
I2C_Wr(0x02);
I2C_Wr(0x18);
I2C_Stop();

//-----

while(1)
{

//----- SENSOR UNO (CONFIGURACIÓN) -----

// configurando resultado en centimetro

I2C_Start();
I2C_Wr(0xE0);
I2C_Wr(0x00); // registro 0 de comando
I2C_Wr(0x51); // valor para dar el resultado en Cm.
I2C_Stop();

Delay_ms(1000);
PORTB.F0=0;
```

```
I2C_Start();
I2C_Wr(0xe0); // Comando de escritura
I2C_Wr(0x02); // direccion de registro a acceder
I2C_Repeated_Start();
I2C_Wr(0xe1); // Comando de lectura
d2=I2C_Rd(1); // lectura de registro 2 con acknowledge
d1=I2C_Rd(0); // lectura de registro 3 sin acknowledge
I2C_Stop(); //

d= (d2<<8)+d1;
if (d==601)
  { d1=0; d2=0;}
d3=d%100;
d=d/100;
ByteToStr(d3,cad);
Lcd_Out(2,8,cad);
if(d3<10)
  Lcd_Out(2,8,".0");
else Lcd_Chr(2,8,'.');
IntToStr(d,cad);
// Lcd_Out(2,7,cad);
Delay_ms(1000);
PORTB.F0=1;

// ----- SENSOR DOS (CONFIGURACIÓN)-----

// configurando resultado en centimetro
I2C_Start();
I2C_Wr(0xe4);
I2C_Wr(0x00); // registro 0 de comando
I2C_Wr(0x51); // valor para dar el resultado en Cm.
I2C_Stop();

Delay_ms(1000);
```

```
PORTB.F0=0;

I2C_Start();
I2C_Wr(0xe4); // Comando de escritura
I2C_Wr(0x02); // direccion de registro a acceder
I2C_Repeated_Start();
I2C_Wr(0xe5); // Comando de lectura
d2=I2C_Rd(1); // lectura de registro 2 con aknowledge
d1=I2C_Rd(0); // lectura de registro 3 sin aknowledge
I2C_Stop(); //

d= (d2<<8)+d1;
if (d==601)
    { d1=0; d2=0;}
d3=d%100;
d=d/100;
ByteToStr(d3,cad);
Lcd_Out(3,4,cad);
if(d3<10)
    Lcd_Out(3,4,".0");
else Lcd_Chr(3,4,'.');
IntToStr(d,cad);
// Lcd_Out(3,-2,cad);
Delay_ms(1000);
PORTB.F0=1;

// ----- SENSOR TRES (CONFIGURACIÓN)-----

// configurando resultado en centimetro
I2C_Start();
I2C_Wr(0xEE);
I2C_Wr(0x00); // registro 0 de comando
I2C_Wr(0x51); // valor para dar el resultado en Cm.
```

```
I2C_Stop();

Delay_ms(1000);
PORTB.F0=0;

I2C_Start();
I2C_Wr(0xEE); // Comando de escritura
I2C_Wr(0x02); // direccion de registro a acceder
I2C_Repeated_Start();
I2C_Wr(0xEF); // Comando de lectura
d2=I2C_Rd(1); // lectura de registro 2 con acknowledge
d1=I2C_Rd(0); // lectura de registro 3 sin acknowledge
I2C_Stop(); //

d= (d2<<8)+d1;
if (d==601)
    { d1=0; d2=0;}
d3=d%100;
d=d/100;
ByteToStr(d3,cad);
Lcd_Out(4,4,cad);
if(d3<10)
    Lcd_Out(4,4,".0");
else Lcd_Chr(4,4,'.');
IntToStr(d,cad);
// Lcd_Out(3,-2,cad);
Delay_ms(1000);
PORTB.F0=1;

}

//-----
```