

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN BARÓMETRO ELECTRÓNICO

Manuel García Espinosa, Gutiérrez López W., Robles Roldán M. A.
Centro de Ciencias de la Atmósfera, U.N.A.M., México, D. F., MEXICO.

mgare@atmosfera.unam.mx, wili@atmosfera.unam.mx,

Introducción.

La superficie de la Tierra se encuentra inmersa en un mar de aire llamado atmósfera. La atmósfera terrestre es la capa gaseosa de aproximadamente diez mil kilómetros de espesor que envuelve la tierra la cual tiene un peso al que se le conoce como presión barométrica o atmosférica.

El estudio de la presión atmosférica constituye una parte fundamental de los tratados de meteorología. Las diferencias en presión en el seno de la atmósfera son el origen de las grandes corrientes atmosféricas. Los vientos y, finalmente, todos los elementos meteorológicos, cualesquiera que sean, son debidos a estas diferencias de presión (1). Midiendo y observando esta variable es posible hacer predicciones del tiempo mas precisas, además de poder alertar a la población de un posible evento hidrológico. De ahí la importancia de medir la presión barométrica de forma confiable.

Objetivo

El área de Instrumentación Meteorológica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (CCA-UNAM) desarrolló el presente proyecto con el objetivo de obtener un instrumento de medición de presión atmosférica, con una precisión, rango y resolución igual a los barómetros comerciales, el cual se pueda conectar directamente a un adquirente de datos (datalogger). Además de contar con la opción de tener una pantalla en donde se muestran las lecturas instantáneas de presión y altura del sitio, una memoria de almacenamiento de información, y un reloj de tiempo real para la sincronización y programación de los intervalos de la toma de muestras. También se cuenta con la ventaja de poder conectarlo a una PC para la recuperación de los datos obtenidos en el monitoreo por medio de un programa de aplicación desarrollado específicamente para este fin utilizando el puerto de comunicación serie RS-232.

Todo lo anterior tiene la finalidad de apoyar a investigadores, meteorólogos y climatólogos que tienen la necesidad de utilizar este tipo de tecnología a un precio económico, de fácil operación confiable y con soporte en el país.

Método de diseño.

El método utilizado para la realización del sistema de medición se basa en un análisis de la información para llegar al planteamiento específico del problema, evaluación de alternativas, toma de decisiones en base a los recursos disponibles como son adquisición de componentes, recursos materiales en el país, costos, facilidad de manejo, eficiencia, durabilidad etc., desarrollo de cada una de las etapas, pruebas de funcionamiento y resultados a fin de evaluar el comportamiento y confiabilidad del prototipo.

Solución Planteada.

La solución que se planteo se puede ver en el diagrama de bloques de la figura 1.

Este prototipo se basa en un sensor de presión comercial modelo MS5540B marca Intersema Inc., y un sistema electrónico basado en un microcontrolador de la familia Microchip el cual será el encargado de la adquisición procesamiento y envío de la información a las diferentes interfases de salida.

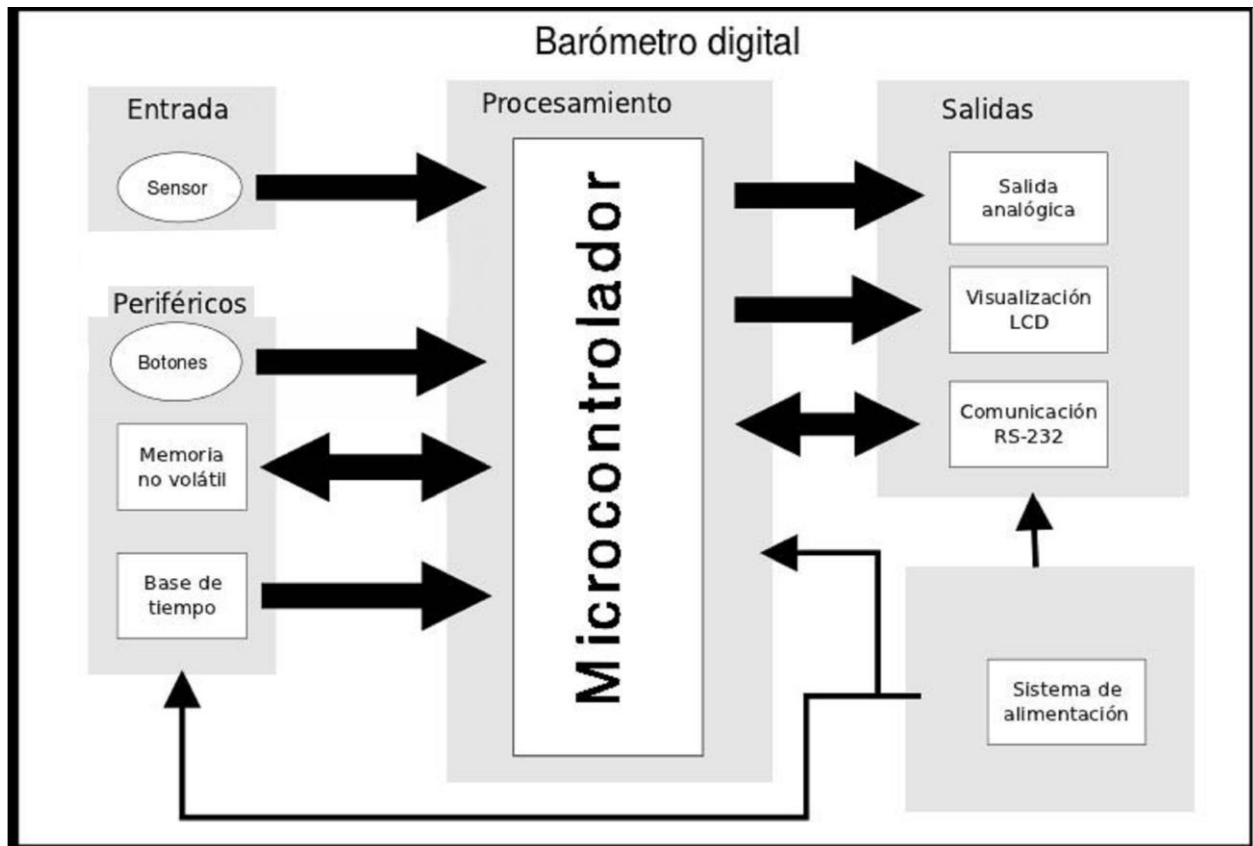


Figura 1. Diagrama de bloques del planteamiento del diseño del prototipo.

A continuación se detallan cada una de las etapas.

Entrada

Medición de la presión atmosférica

Como se mencionó anteriormente, para la medición de la presión barométrica se utiliza el sensor modelo MS5540B marca Intersema Inc. Este modelo fue seleccionado debido a que es un dispositivo híbrido de montaje superficial el cual incluye un sensor de presión piezo resistivo y una interface con convertidor analógico digital, además de proveer una palabra de dato de 16 bits proveniente de un voltaje dependiente de la temperatura y la presión, Ver figura 3. Este dispositivo es de bajo consumo e incluye un switch de encendido y apagado automático interno localizado en el convertidor. Una interface de tres hilos es usada para todas las comunicaciones tipo serie entre el sensor y el microcontrolador. También cuenta con una protección contra fallas debidas a la actividad electrostática. La protección de gel con la que cuenta el MS5540B le confiere una capa contra agua, de tal manera que pueda ser sumergido hasta 100 metros sin ninguna protección adicional. (ver figura 2)

Sus principales características son:

- Rango de presión absoluta de 10 - 1100 mbar.
- Conversión analógico-digital de 15 bits
- Resolución de 0.1 mbar
- Precisión de +/- 1.5 mb en toda la escala
- Voltaje de alimentación de 2.2 a 3.6 volts
- Corriente de consumo menor a 5 uA
- Incluye un sistema de línea de reloj (32.768 KHz)
- Temperatura de operación de -40°C a 85°C

- Sensor de presión miniatura integrado de 6.2 x 6.4 mm
- No requiere componentes externos

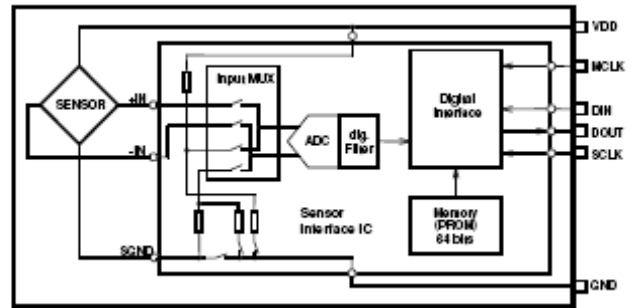
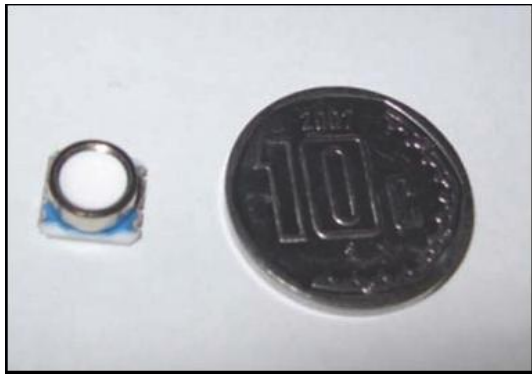


Figura 2. Apariencia física y diagrama electrónico del sensor de presión MS5540B

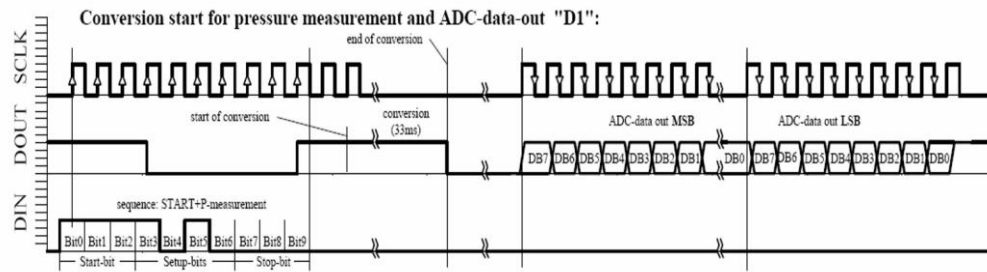


Figura 3. Diagrama de tiempos para la adquisición de datos del barómetro MS5540B.

Etapas de procesamiento

Tomando en cuenta las características y necesidades mencionadas anteriormente, este diseño utiliza un microcontrolador, el cual será el encargado de la captura, procesamiento y transferencia de la información.

En los microcontroladores es posible implementar rutinas de control para los distintos protocolos de bus de comunicación (I^2C , SPI, RS232) así como manejo de señales analógicas y digitales. Existe una amplia variedad de ellos con diferentes características y precios. Sin embargo, los microcontroladores PIC de la compañía Microchip son de los más utilizados, tanto en la industria como en la enseñanza, debido a su bajo costo y amplia variedad. Además de contar con un gran número de periféricos y herramientas de programación.

El modelo utilizado es un PIC18F2520 que cuenta con 25 terminales de entrada/salida, posibilidad de 10 canales con convertidor A/D de 10 bits para señales analógicas, módulo de comunicación I^2C , SSP, SPI y RS232, 256 bytes de memoria de datos tipo EEPROM, una memoria de programa tipo flash con capacidad para 16384 palabras, diversas interrupciones y alimentación de 2.0 a 5.5 V. (ver figura 4).

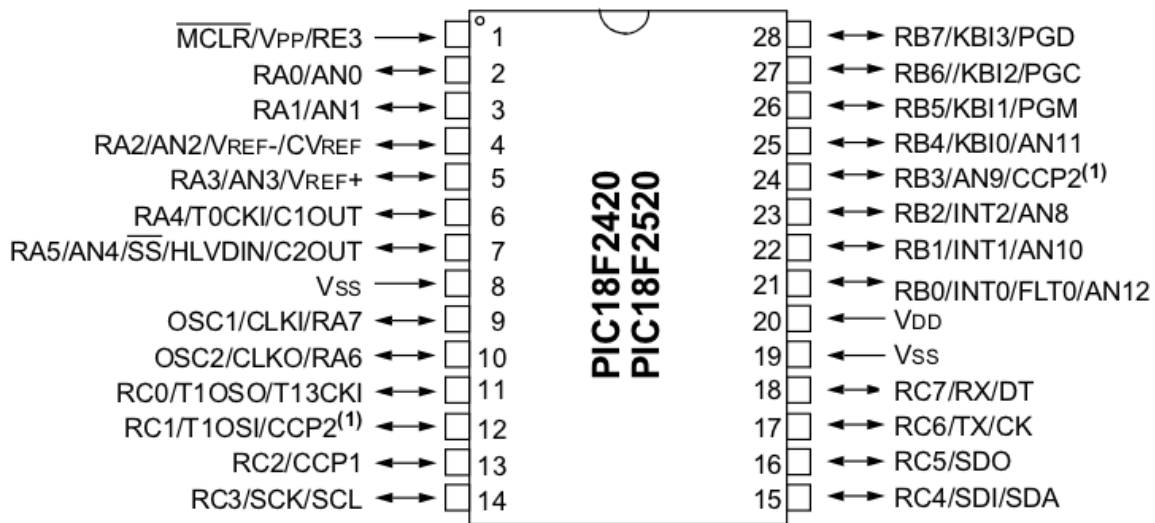


Figura 4. diagrama del microcontrolador PIC 18F2520

Periféricos

Los periféricos que componen este sistema son un juego de botones, la memoria no volátil y una base de tiempo.

a) botones

Este prototipo cuenta con dos botones de funciones. Uno sirve para encender la luz auxiliar de la pantalla de visualización durante algunos segundos para después apagarse automáticamente. De esta manera se ahorra energía, al no tener dicha luz encendida permanentemente.

Con el otro botón el usuario puede seleccionar las unidades en que desea ver la presión. Las unidades disponibles son; milibares, milímetros de mercurio, pulgadas de mercurio y atmósferas.

b) La memoria no volátil tiene como objetivo guardar los datos provenientes del barómetro, así como la fecha y hora. La memoria tipo EEPROM es el modelo 24LC256 de la compañía microchip, y tiene una capacidad de 256 Kbits. Esta memoria es capaz de guardar hasta 3 meses de datos, almacenando el promedio de ellos cada hora (ver figura 5).

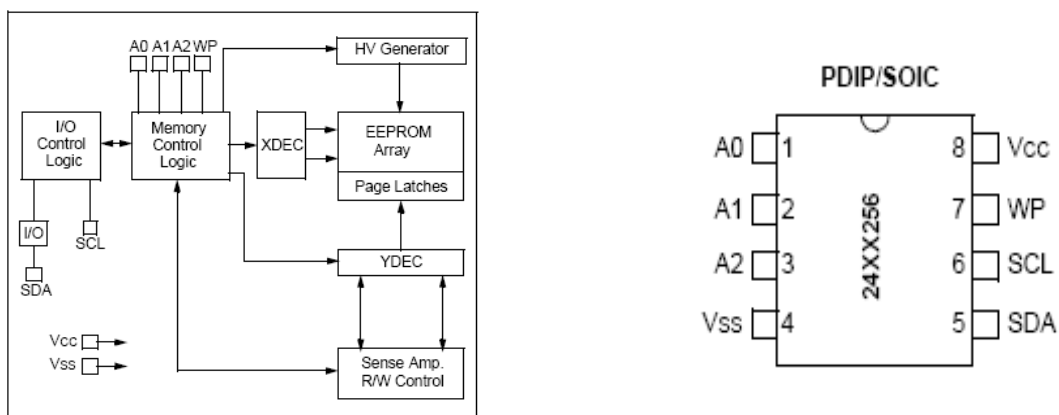


Figura 5. Diagrama de bloques y apariencia física de la memoria 24LC256

c) La base de tiempo consiste en un reloj de tiempo real. Su función es proporcionar la fecha y hora exacta, éstas se almacenan junto con los datos barométricos, y adicionalmente proporciona la señal de reloj que ocupa el sensor de presión. El reloj de tiempo real es el modelo DS1307 de la compañía Maxim. (ver figura 6).

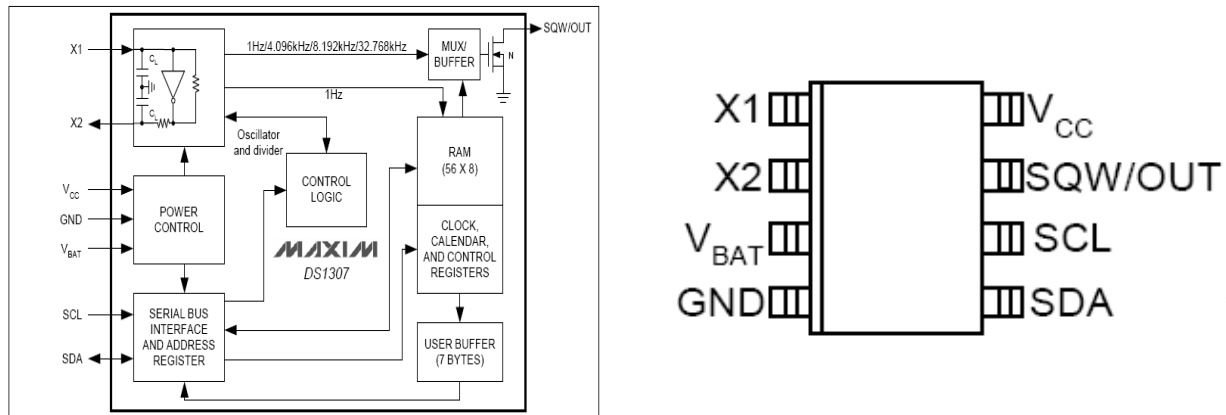


Figura 6. Diagrama de bloques y apariencia física de la memoria 24LC256

Sistema de alimentación

El conjunto electrónico del barómetro es alimentado con un voltaje de corriente directa de 12 volts. Generalmente se utiliza un eliminador de baterías regulado, o una fuente de voltaje de buena calidad. El usuario puede tener la opción de alimentar al sistema por medio de un arreglo compuesto de una celda solar, una batería recargable y un regulador de carga. Si se está mandando la información directamente a un adquirente de datos (datalogger) éste puede alimentar al barómetro.

Salidas

El barómetro cuenta con tres puertos de salida; analógica, pantalla tipo LCD y comunicación serie tipo RS-232.

a) La salida analógica es un voltaje de corriente directa cuyo rango va de 0 a 5.0 volts, lo cual se traduce en 0 a 1100 mb. Esta señal ya está configurada para conectarse directamente a un adquirente de datos (datalogger), multímetro, graficador etc.

b) Por medio de la pantalla de cristal líquido (LCD) el usuario puede ver los datos instantáneos de la presión, así como la altura del sitio. La pantalla que está utilizándose es del tipo 16x2 (16 caracteres por línea, contando con dos de éstas) (ver figura 7).

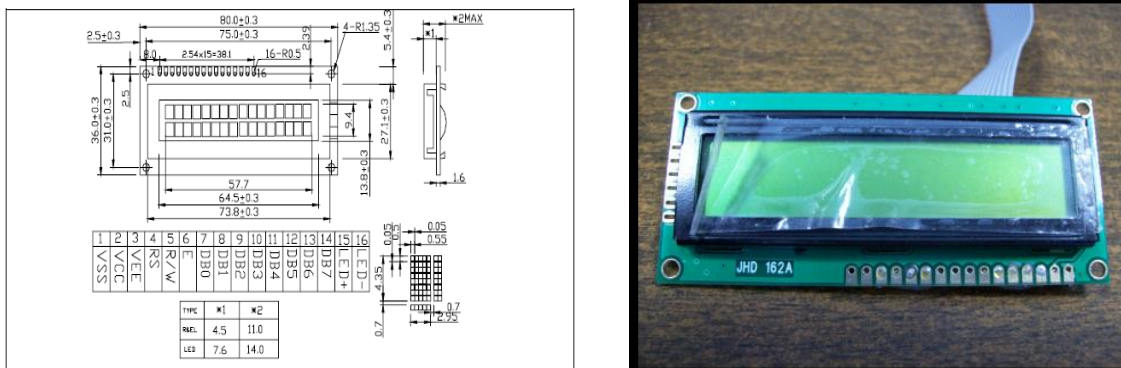


Figura 7. Configuración y apariencia física de la Pantalla de cristal líquido.

c) La salida serie con protocolo RS-232 sirve para comunicar el barómetro con una computadora. Por medio de un software desarrollado por el área se pueden recuperar los datos almacenados en la memoria EEPROM. Estos datos están compuestos por la fecha, hora, presión y altura (este último dato es opcional) (ver figura 8).



Figura 8. Apariencia física de un puerto serie RS-232.

Software desarrollado.

El área de instrumentación desarrolló un software en lenguaje Visual Basic con el cual se pueden lograr las siguientes funciones:

- Comunicación con el barómetro por medio del puerto serie.
- Recuperación de los datos almacenados en la memoria.
- Visualización de los datos en tiempo real, en el monitor de la computadora.
- Presentación de los datos recuperados en forma numérica y gráfica.

En la tabla 1 se da un ejemplo del formato de los datos recuperados.

Fecha	Hora	Presión
		milibares
10/04/2011	16:29:19	776.7
10/04/2011	18:27:18	777
10/04/2011	19:32:18	778
10/04/2011	20:20:18	779
10/04/2011	21:15:17	780
10/04/2011	22:44:17	781
11/04/2011	03:23:15	780
11/04/2011	11:37:12	779
11/04/2011	13:01:11	778
11/04/2011	13:29:11	777.4
11/04/2011	14:18:49	778
11/04/2011	15:12:49	777
11/04/2011	16:20:48	776
11/04/2011	18:08:48	775.6
11/04/2011	19:01:47	776
11/04/2011	19:39:47	777
11/04/2011	20:29:47	778
11/04/2011	21:23:47	779.1
11/04/2011	23:55:46	780
12/04/2011	01:43:45	779
12/04/2011	03:33:44	778
12/04/2011	04:58:44	777.5

Tabla 1. Presentación en forma numérica de los datos reportados

El prototipo terminado se puede apreciar en las figuras 9 y 10 .

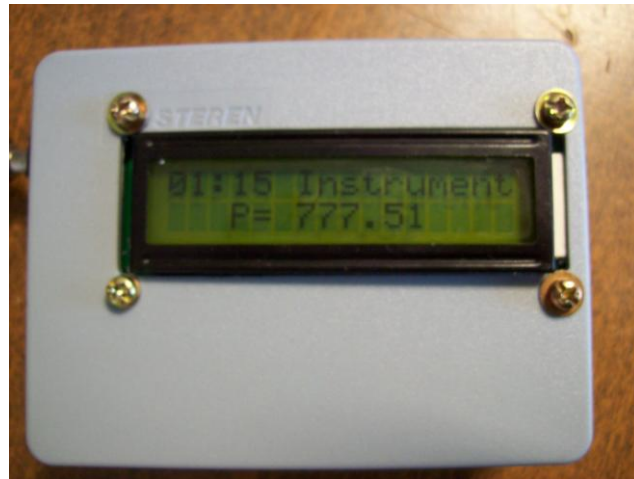


Figura 9. Presentación final del barómetro.



Figura 10. Aspecto del barómetro con la salida serie a un costado.

Pruebas de funcionamiento.

A fin de comprobar el comportamiento del barómetro desarrollado, se le comparó con un sensor de presión comercial modelo 7105A de la marca Qualimetrics, Inc. Además se efectuó otra comparación puntual con un barómetro de mercurio magistral modelo 604 de la compañía Lambrech durante un periodo de 30 días.

Resultados

Una vez terminada la prueba se obtuvieron los datos que se muestran en las tablas 2 y 3 (de manera parcial) además en las graficas 10 y 11 se muestran las comparaciones entre los barómetros tanto comercial y el magistral Lambrech contra el prototipo.

Presión Prototipo	Presión Barómetro Qualimetrics	
milibares	milibares	Diferencia
777	776.9	0.1
778	777.8	0.2
779	778.7	0.3
780	779.5	0.5
781	780.6	0.4
778	777.6	0.6
777	776.7	0.3
776	775.6	0.4
775.6	775.4	0.2
776	775.6	0.4
777	776.8	0.2
778	777.8	0.2
779.1	778.7	0.4

Tabla 2. Datos obtenidos de los barómetros prototipo y comercial

Presión Prototipo	Presión Barómetro Lambrech	diferencia
milibares	milibares	
776	776.4	0.4
777	777.3	0.3
778	778.4	0.4
779	779.3	0.3
780	780.3	0.3
781	781.4	0.4

Tabla 3. Datos obtenidos de los barómetros prototipo y magistral

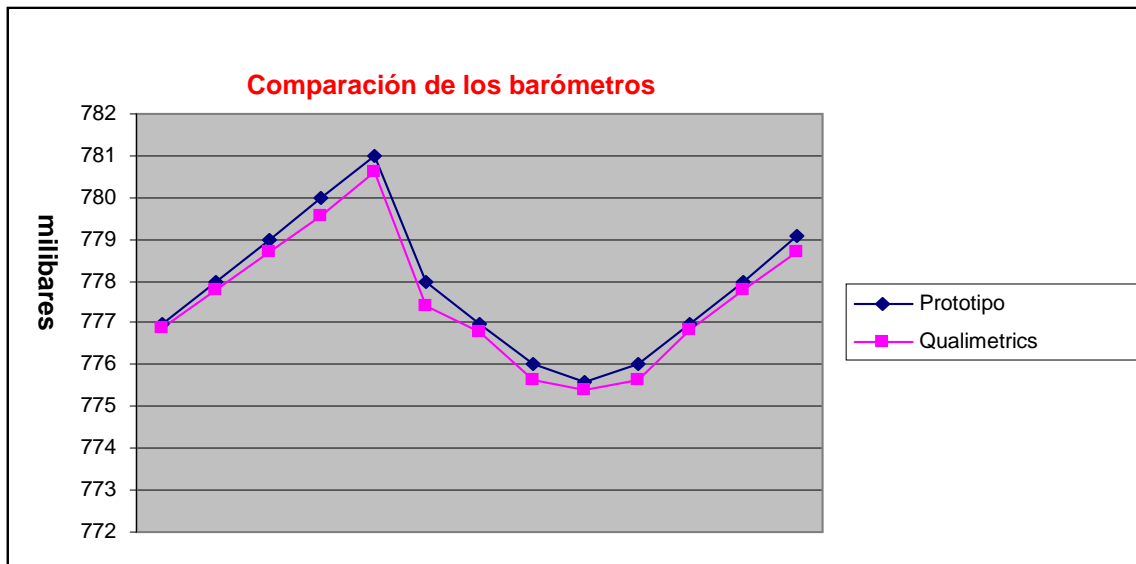


Figura 10. Gráficas de la prueba de medición realizada entre prototipo y sensor comercial

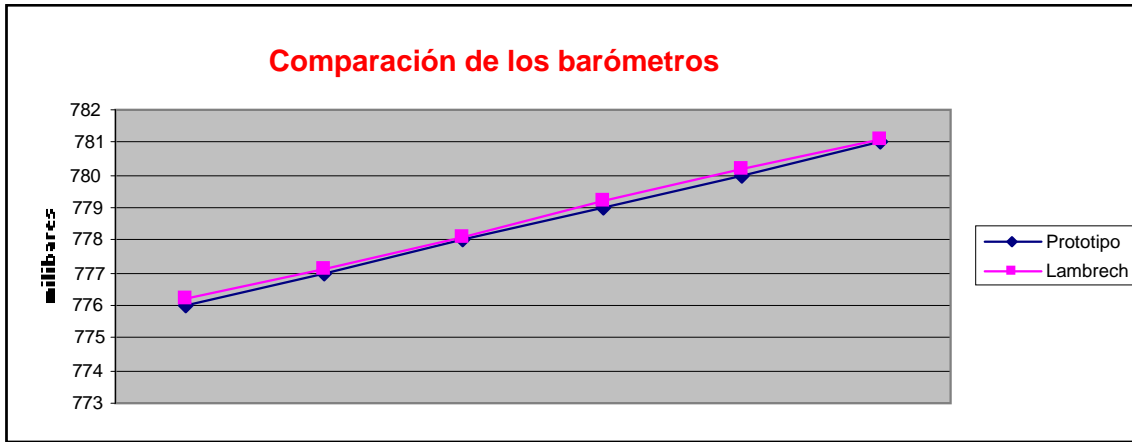


Figura 11. Gráficas de la prueba de medición realizada entre prototipo y barómetro magistral

Conclusiones.

Se obtuvo un sistema con la capacidad de medir “in situ” la variable de presión, y por medio de una fórmula calcular la altitud, por lo que los usuarios podrán consultar la información en tiempo real y así poder analizar las condiciones meteorológicas en el instante en que se llevan a cabo. Además es posible almacenar la información obtenida en un adquirente de datos ó recuperar los datos almacenados en memoria por medio de un software específico desarrollado por el área de instrumentación.

Con este proyecto se tiene una alternativa tecnológicamente confiable, segura y económica comparable con los sistemas comerciales existentes, fácil de instrumentar, reponer y mantener ya que todos los componentes se pueden adquirir en el mercado nacional. La figura 12 muestra el diagrama electrónico del sistema.

Las especificaciones técnicas obtenidas se muestran en la siguiente tabla:

Variable	Rango	Precisión	Resolución
Presión atmosférica	10-1100 mb	+/- 1.5 mb	0.1 mb

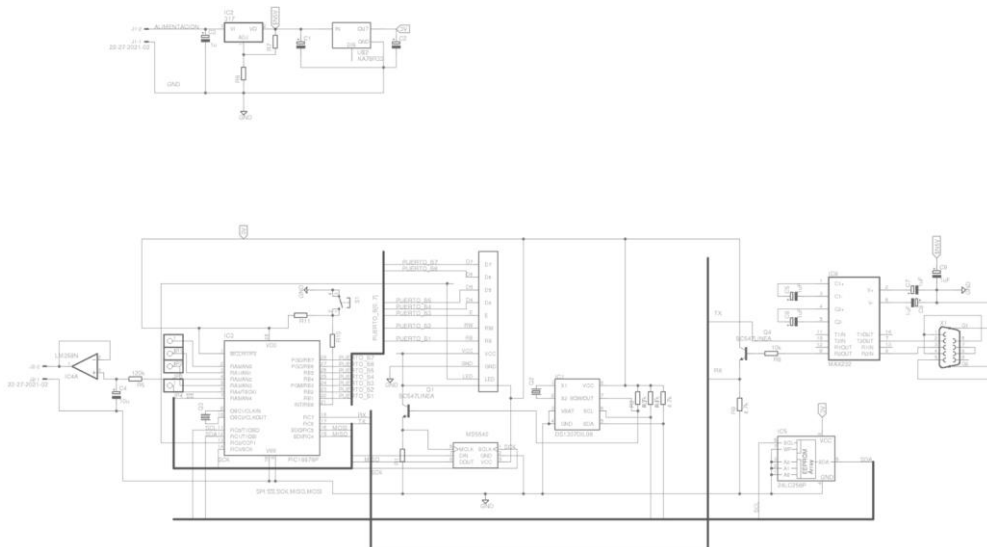


Figura 12. Diagrama electrónico del sistema

Bibliografía.

(1)Herrera Vázquez Gloria., **Manual de instrumental meteorológico y métodos de observación.**, 1ª reimpresión, servicio meteorológico nacional, México. 2005.

Organización Meteorológica Mundial. **Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos.**, sexta edición, W.M.O. Ginebra, Suiza, 1996.

Williams, Arthur B., **Amplificadores Operacionales. Teoría y sus aplicaciones.**, 1a. edición, Mc Graw-Hill, México, 1988.

Taub, Herbert, **Circuitos Digitales y Microprocesadores.** 1a. edición, Mc Graw-Hill, México, 1988.

Tocci, Ronald J. **Sistemas Digitales. Principios y aplicaciones.** 1a. edición, Prentice Hall, México,1981.

Angulo Usategui, J.M. y I.Angulo Martínez, **Microcontroladores PIC, diseño práctico de aplicaciones.** Mc Graw Hill, 3ª edición, España,. 2003.

Barret,S.F. y D.J. Pack. Microcontrollers Fundamentals for Engineers and Scientist. Morgan & Claypool Publishers, U.S.A., 2006.