

# **Transmisor de Presión Diferencial basado en Interfaz Digital Directa**

**K. Ruiz y A. Custodio**

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Vicerrectorado Puerto Ordaz, Centro de Instrumentación y Control, Puerto Ordaz, Venezuela, Email: [cicunexpo@gmail.com](mailto:cicunexpo@gmail.com)

## **RESUMEN**

Actualmente existen muchos sensores que requieren de una interfaz que ayude a comunicar el mundo analógico con el mundo digital. A su vez presiden de utilizar componentes como convertidores A/D, amplificadores, entre otros, que ayuden a aumentar el nivel de voltaje de salida de los sensores ya que esta es muy pequeña, prescindir de esto incrementa su tamaño, su coste y su complejidad debido a la necesidad de corregir los problemas previos a esta comunicación. Tomando en cuenta esta opción se propone el diseño e implementación de un medidor de presión basado en una interfaz digital directa sensor-microcontrolador, sin necesidad de usar amplificadores, ni convertidores A/D, logrando así una reducción tanto de materiales como de coste. El tipo de investigación desarrollada para este trabajo fue de tipo experimental, lo que permitió realizar diferentes pruebas que permitieron calibrar y optimizar su funcionamiento, obteniendo así un sistema de medida casi lineal, ya que la variable de presión patrón se acerca bastante a la variable de presión obtenida con el transmisor, el cual posee un margen de medida de [0,2 a 1,0]psi.

**Palabras claves:** Interfaz Digital Directa, Sensores, Transmisores Industriales

## **ABSTRACT**

Currently there are many sensors that require an interface that helps communicate the analog to the digital world. At the same time preside using components such as A / D converters, amplifiers, among others, to help increase the output voltage level of the sensors and this is very small, ignore it increases its size, cost and complexity because of the need to correct problems prior to this communication. Taking into account this option proposes the design and implementation of a pressure gauge based on a direct digital interface sensor-microcontroller without the need for amplifiers or converters A / D, thus achieving a reduction in materials and cost. The type of research undertaken for this work was experimental, which allowed for different tests to calibrate and optimize their performance, thus obtaining an almost linear measuring system, since the variable pressure pattern is pretty close to the variable pressure obtained with the transmitter, which has a measuring range of [0,2 a 1,0] psi.

**Keywords:** Direct Digital Interface, Sensors, Transmitters Industrial

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los avances tecnológicos han permitido fabricar sensores electrónicos de dimensiones reducidas, bajo coste y alta fiabilidad, capaces de medir diversos parámetros de forma precisa, incorporando cada vez mas funciones y propiedades.

Estos sensores requieren de una interfaz para comunicar las variables analógicas con el procesamiento digital. Dicho requerimiento incrementa su complejidad debido a la necesidad de corregir los problemas previos a esta comunicación. Estos son factores que aumentan la incertidumbre y la no linealidad en las medidas. Para evitar estos factores que impiden tener una buena respuesta en las medidas, existe un sistema basado en la interfaz

digital directa, lo cual consiste en conectar el sensor directo al microprocesador sin utilizar filtros, amplificadores ni convertidores analógico a digital.

Custodio propone una metodología para diseñar e implementar una interfaz digital directa para sensores resistivos, capacitivos e inductivos. Esta metodología se basa en conectar el puente de sensores si es el caso, directamente a los puertos digitales del microcontrolador. Obteniendo así un diseño a bajo coste y un buen sistema de medida, el cual presentó una buena resolución de aproximadamente 0,07 % (Custodio, 2006). Mas tarde Custodio presentó un método para conectar sensores generadores a microcontroladores usando esta técnica (Custodio y Díaz, 2006). También presentó el diseño de una interfaz para sensores resistivos (Custodio y col., 2006).

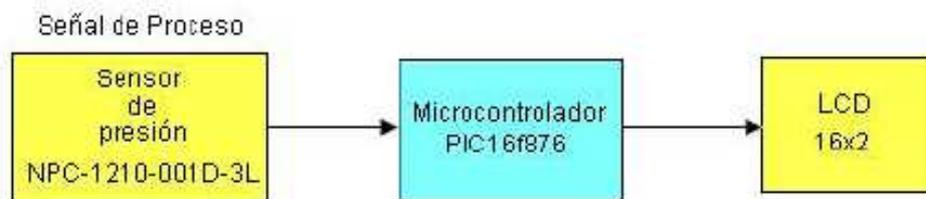
Tomando en cuenta esta opción se propone el diseño e implementación de un medidor de presión basado en una interfaz directa sensor-microcontrolador, sin necesidad de usar amplificadores, ni convertidores A/D, logrando así una reducción tanto de materiales como de coste.

Como metodología se procederá a realizar el estudio electrónico de la propuesta usando un sensor real, y su posterior prototipado. Finalmente se evaluarán los errores que puedan generarse.

## 2. DISEÑO

### 2.1 HARDWARE

En el diagrama de bloques de la Figura 1 se encuentran los componentes que conforman el transmisor de presión, el cual consta de la señal de proceso el cual es un sensor de presión, de un PIC y de una pantalla donde se visualiza la variable a medir (Presión).



**Figura 1: Diagrama de bloques del transmisor a implementar**

Se seleccionó el sensor NPC-1210-001D-3L, ya que tiene un margen de presión de [0-1] psi con el cual se puede trabajar experimentalmente. Y tanto la impedancia de entrada como la de salida son altas (4 k $\Omega$  y 5 k $\Omega$ ), lo que ofrece una buena sensibilidad.

Se seleccionó el PIC16F876, ya que la frecuencia interna, la comunicación serie, tres tipos de puertos I/O y, sobre todo, la posibilidad de tener puertas de interrupción externa fueron los factores decisivos para incluirlo en el diseño. A su vez no se requiere de muchos puertos de E/S para el diseño, los otros PIC también se pueden utilizar, pero las características que ofrecen son mas de las que se necesita para esta implementación, y lo que se busca es minimizar el circuito en cuanto a tamaño y costo.

El sensor NPC-1210-001D-3L se encuentra conectado directamente a los puertos digitales del PIC16F876 tal como se muestra en la Figura 2. En ella se puede observar que los puertos P1, P2 y P3 se conectan en tres de los vértices del puente de resistencias mientras que en el cuarto se conecta el puerto P4, por donde se descarga el condensador. Las cargas del condensador se realizaran poniendo uno de estos puertos a "1" lógico (5,0 V) y manteniendo el resto en alta impedancia. Esto supone obtener tres tiempos de carga ( $t_{RA}$ ,  $t_{RB}$  y  $t_{RC}$ ), correspondientes a la constante de tiempo del condensador y la resistencia equivalente del puente para cada caso.

Si se determinan las resistencias equivalentes conectadas a cada puerto, cuando se coloca un "1" y se dejan los demás puertos en alta impedancia, denominándolas: RA para cuando se carga por P1, RB para cuando se carga

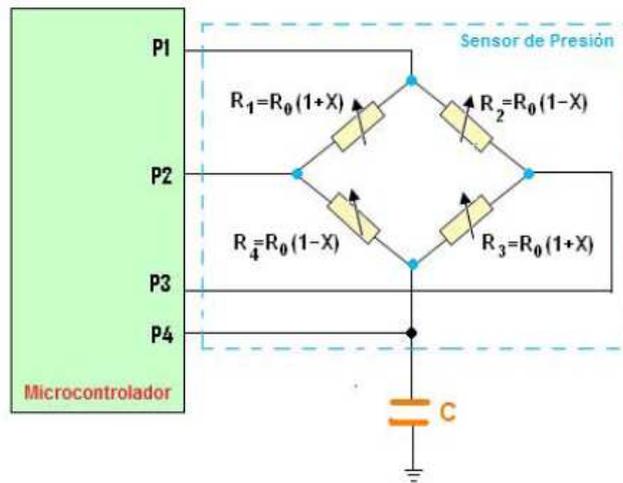
por P3 y RC para cuando se carga por P2. Y se miden los tiempos respectivos de cada carga ( $t_{RA}$ ,  $t_{RB}$  y  $t_{RC}$  respectivamente). Se puede usar la ecuación deducida por Custodio (Custodio, 2006) para determinar el valor de la variable medida por el sensor:

$$X = \frac{(t_{RA} - t_{RB})}{t_{RC}} \quad (1)$$

Donde X se determina a través de la sensibilidad del sensor:

$$X = \frac{V_s}{V} \quad (2)$$

Donde  $V_s$  es la tensión de salida del puente cuando es alimentado con la tensión  $V$ .



**Figura 2: Configuración de interfaz sensor-microcontrolador para el sensor NPC-1210-001D-3L**

En la figura 3 se muestra la conexión eléctrica del PIC16F876 del transmisor de presión diferencial. El PIC16F876 que se muestra en esta figura, es el microcontrolador que, a través de sus puerto I/O y su reloj interno de 20Mhz, permitirá la carga y descarga del condensador conectado al sensor de presión. A través de un puerto que enviara los valores de presión para poder visualizarlos en una pantalla LCD 16x2.

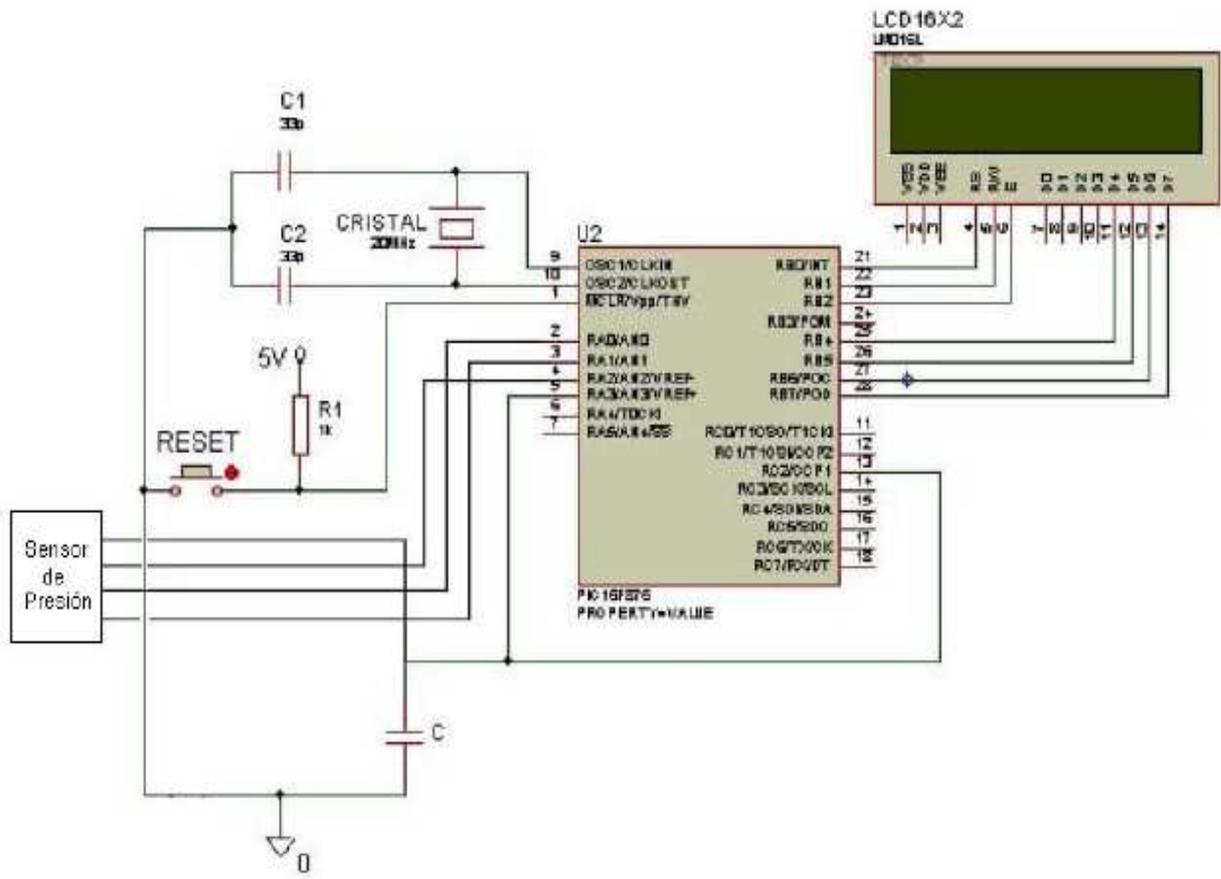


Figura 3: Conexión eléctrica del PIC16F876 para el transmisor de presión

## 2.2 SOFTWARE

En la figura 4 se muestra el diagrama de flujo del programa principal.

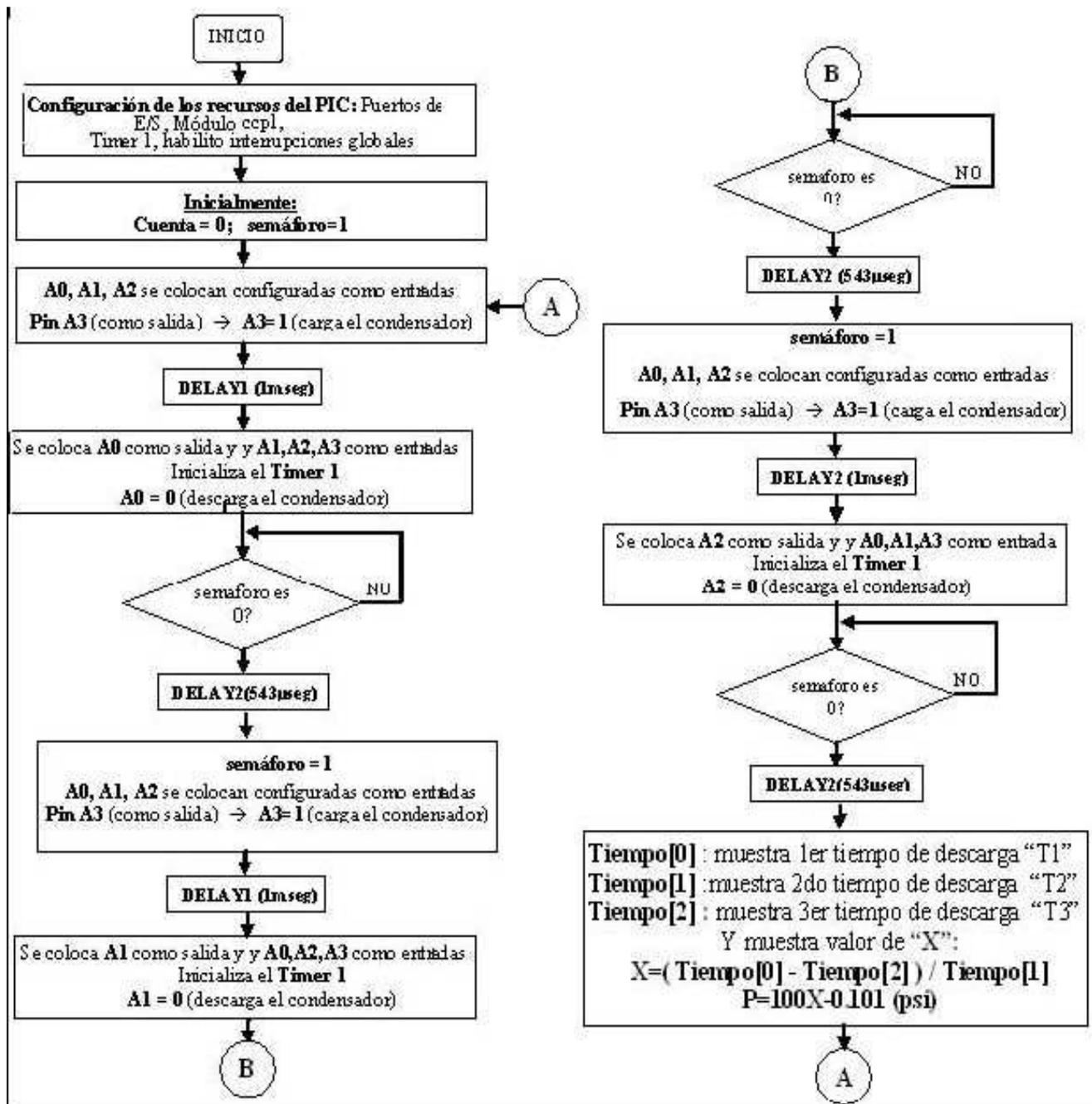


Figura 4: Diagrama de flujo del software del programa principal del PIC del transmisor de presión

El programa principal sigue la siguiente secuencia:

Paso 1. Primero se manda a descargar el condensador por A0 colocando un 0 lógico en este y dejando el resto en alta impedancia (A1,A2 y A3), en este momento en el pin 17 del PIC (RC2=CCP1) ve un 0 lógico (pin RC2 aproximadamente a 1,8V).

Paso 2. Luego se coloca A1,A2 y A0 en alta impedancia, se inicializa el Timer1 y seguido se manda a cargar el condensador por A1 colocando un 1 lógico, en este momento en el pin 17 del PIC (RC2=CCP1) ve un 1 lógico (pin RC2 aproximadamente a 5V).

Paso 3. La carga se mide desde el momento que se inicializa el Timer1.

Paso 4. Se coloca en el pin A1 un 0 lógico dejando el resto en alta impedancia (A0,A2 y A3), en este momento en el pin 17 del PIC (RC2=CCP1) ve un 0 lógico (pin RC2 aproximadamente a 1.8V).

Paso 5. Se repite el paso 2 3 y 4. Pero colocando un 1 lógico en A2 y luego en A3 para medir los tiempos respectivos.

Paso 6. Después de ir tres veces a interrupción y guardar los tres datos de tiempo en el vector Tiempo, este efectúa la operación matemática dada en (1), el cual posee la información de la variación de presión X, seguidamente el resultado de esta variable se le asigna otra operación matemática para llevarla a un margen de medida [0-1]psi. Por último esta es llevada al puerto B para visualizarlo en pantalla.

Paso 7. Se repite nuevamente toda la secuencia desde el paso 1. De manera que siempre este capturando los tiempos correspondientes a la variación de presión.

### 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para la experimentación se generó un patrón de presión con la Estación Portátil de Calibración WALLACE E TIERNAN modelo FUXA 4882. Los resultados en la tabla 1. Se realiza una aproximación lineal de estos resultados para obtener la ecuación de la presión experimental que se programará en el microcontrolador, dando como resultado:

$$P_{experimental} = 100X_{experimental} - 0.101 \quad (3)$$

En la figura 5 se muestra la curva de calibración obtenida para todo el margen de medida de presión hasta un máximo de 2 psi, valor este aun soportado por el sensor usado.

**Tabla 1: Valores obtenidos Experimentalmente**

Nº	PPatron (psi)	XExperimental
1	0,00	0,00121
2	0,14	0,00198
3	0,43	0,00495
4	0,58	0,00671
5	1,01	0,00881
6	1,45	0,01501
7	1,59	0,01698
8	2,03	0,02210

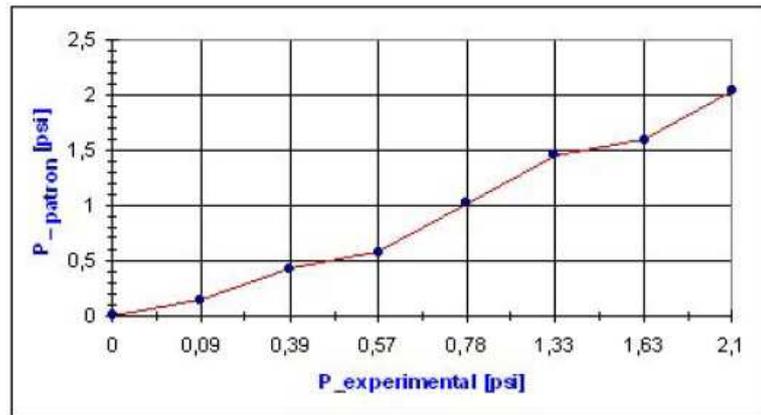


Figura 5: Curva de calibración obtenida de P-experimental Vs P-patron

Cálculo del error de cero:

$$E_{Cero} = |P_{Patron} - P_{resistencias}| \quad (4)$$

$$E_{Cero} = |0 - 0.0007|$$

$$E_{Cero} = 0.0007$$

Cálculo del error de ganancia:

$$E_{Ganancia} = \frac{me - mi}{mi} \times 100 \% \quad (5)$$

$$E_{Ganancia} = \frac{1.0564 - 1}{1} \times 100 \%$$

$$E_{Ganancia} = 5.64 \%$$

Valor a fondo escala:

$$FE = 2.03$$

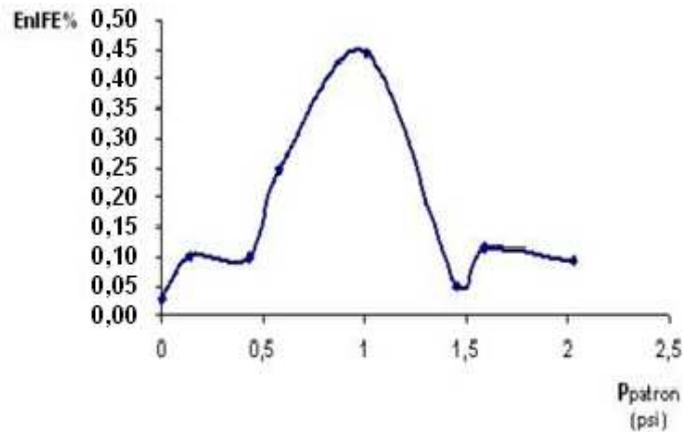
Cálculo del error de no linealidad a fondo escala:

$$E_{niFE\%} = \frac{Y_{lin} - P_{Experimental}}{FE} \times 100 \% \quad (6)$$

Usando (6) se obtuvieron los datos mostrados en la tabla 2 y graficados en la figura 6.

**Tabla 2: Valores obtenidos para el error de no linealidad**

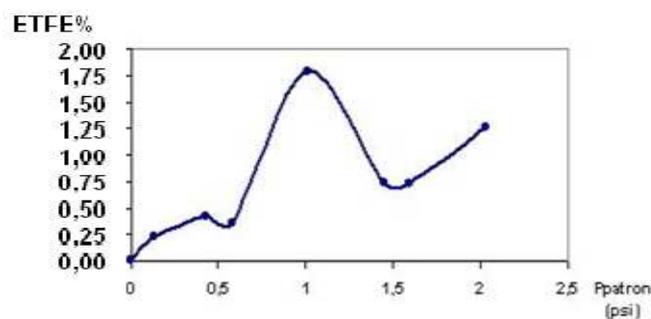
N°	PPatron (psi)	EnlFE %
1	0,00	0,03
2	0,14	0,10
3	0,43	0,09
4	0,58	0,25
5	1,01	0,44
6	1,45	0,05
7	1,59	0,11
8	2,03	0,09



**Figura 6: Error de no linealidad para el sistema de medida**

El error total porcentual referido a fondo escala se muestra en la figura 7.

A través de los errores calculados, se observa que tanto el error de cero como el de ganancia son muy pequeños. En la figura 6, se puede observar la curva obtenida de no linealidad, la cual hace representación a un sistema casi lineal. En el error de no linealidad, el punto mas alto fue 0,44 % representando este el error más alto. Esto se puede deber a la Temperatura a que este sistema necesita reducir el intervalo de calibración; entre otros. En la curva obtenida de la figura 7 se observó que el error total a fondo escala, hace representación a un sistema de medida casi lineal. Por lo tanto se puede observar que el transmisor implementado funciona con errores que representan resoluciones de hasta 16 bits, lo cual es aceptable como medio de lectura



**Figura 7: Error Total a Fondo Escala.**

#### 4. CONCLUSIONES

El diseño del transmisor implementado es sencillo. No requiere acondicionamiento de los sensores, hecho que permite prescindir de amplificadores operacionales y filtros que incrementarían su coste final.

Se realizó un programa en lenguaje C para el microcontrolador PIC16F876 de Microchip, el cual hizo posible llevar a cabo esta metodología de manera experimental, arrojando buenos resultados.

Se realizó el software para calibrar los errores de cero y ganancia, lo que hizo posible obtener una mejor linealidad en la medida.

Se logró diseñar e implementar sobre circuito impreso el transmisor de presión, el cual se comprobó su buen funcionamiento.

#### REFERENCIAS

- Custodio, A. (2006). "Nuevo método de conexión de sensores generadores a microcontroladores sin utilizar convertidores analógico a digital". Universidad Ciencia y Tecnología, Vol.10, No.37, pp.13-17.
- Custodio, Á. y Díaz, A. (2006). "Nuevo método de conexión de termistores a microcontroladores basada en la técnica de conversión digital directa". Universidad Ciencia y Tecnología, Vol.10, No.39, pp.143-146.
- Custodio, A. Bragos, R., y Pallas, R. (2006) "Contribución al diseño de interfaz de señal en sensores inteligentes". PhD thesis. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

#### *Autorización y Renuncia*

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.*