

Implementación de un indicador electrónico de nivel de gas en contenedores cerrados

SÁNCHEZ-MEDEL, Luis† & GONZÁLES-SOBAL, Juan

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Reserva Territorial 100 C.P. 94100, México.

ID 1^{er} Autor: *Luis, Sánchez-Mendel*

ID 1^{er} Coautor: *Juan, Gonzáles-Sobal*

DOI: 10.35429/JOES.2020.23.7.11.16

Recibido: Julio 15, 2020; Aceptado: Diciembre 30, 2020

Resumen

México es un país en donde una gran parte de la población emplea gas LP de acuerdo a SECURED 2010 del INEGI, lo cual hace común la continua necesidad de conocer los niveles de gas para evitar un desabasto de combustible. Las compañías distribuidoras de gas utilizan carros para la repartición de tanques, pero ocasionan contaminación por ruido y un gasto de gasolina para transportarse buscando al cliente. La evolución de los dispositivos móviles busca la integración de los mismos a nuestras actividades diarias, muchas veces las personas usan aparatos electrónicos tales como tabletas y teléfonos inteligentes para poder ver su estatus en las redes sociales, entretenimiento o gestionar su tiempo, sin embargo es posible ampliar este espectro de uso mediante la incorporación de interfaces electrónicas a nuestros dispositivos domésticos. El objetivo de esta investigación es adquirir y registrar los niveles de un tanque cilíndrico de gas empleando una interfaz electrónica con vínculo a un dispositivo móvil que permita detectar fugas además anticiparse ante la falta de combustible midiendo el nivel del tanque y permita ubicar mediante GPS la ubicación del tanque además de concientizar al usuario sobre el uso de este recurso no renovable.

Android, instrument virtual, Sistema de control

Abstract

Mexico is a country where a big part of its population uses LP gas according with INEGI's SECURED 2010, which makes common the continue necessity to determine the levels of gas to avoid a gas shortage. The gas distribution company uses cars to deliver the gas container but it causes noise pollution and gas mileage. The evolution of mobile devices aim for the integration of it selves to our daily activities, people uses many times electronics devices such as tablets and smartphones to check their network status in social networks, entertainment or time management, however it's possible to expand this spectrum of use by incorporating electronic interfaces to our home devices. The objective of this research is to acquire and register the levels of a cylindrical gas tank using an electronic interface paired with a mobile device that allows detecting gas leaks, also help the user to prevent gas mileage by measuring the tank level, in addition by using the GPS locate the tank to decrease the time of service and pollution by going to the exact spot and aid the user to be aware on the use of this nonrenewable resource.

Android, virtual instrument, Control system

Citación: SÁNCHEZ-MEDEL, Luis & GONZÁLES-SOBAL, Juan. Implementación de un indicador electrónico de nivel de gas en contenedores cerrados. *Revista de Sistemas Experimentales*. 2020. 7-23:11-16.

† Investigador contribuido como primer autor.

Introducción

El consumo de gas es un servicio que utiliza el 89.5% de las personas que viven en México según datos recabados por el INEGI en el 2010 (INEGI, 2010); una gran parte de la población utiliza cilindros en los cuales se almacena el gas LP, lamentablemente al no poder ver el contenido en el recipiente y solo calcular el mismo cargando el cilindro, es común que se tengan desabastos repentinos y la incomodidad que esta situación genera. Existen instrumentos que miden el nivel basados en presión, peso o reacción por cambio de temperatura, sin embargo presentan inconvenientes debido a la naturaleza de la variable a medir, estos sistemas además, no cuentan con la habilidad de comunicar al usuario, mucho menos a las compañías gaseras el contenido del ayudando a evitar el desabasto de tan importante recurso energético. Por tal motivo, se tiene el objetivo de diseñar e implementar un sistema medidor de gas que permita indicar el nivel del mismo, para que el usuario se anticipe ante la falta de este, detecte fugas de gas en caso de que estas existan, y a partir de un sistema de comunicación, mejore la interacción entre el usuario y las compañías proveedoras de gas.

Estado del arte

Existen diversas formas de determinar los niveles de gas en contenedores cilíndricos: medir la presión, cintas magnéticas o inclusive levantar el tanque por citar algunas, estos dispositivos se conectan después de un regulador.

Que tiene por objetivo bajar la presión del interior del gas para posteriormente ir hacia su dispositivo de consumo de acuerdo con la norma NOM_009_SESH_2011 para contención de gas LP no transportable (Norma Nacional Mexicana, 2011) de la Secretaría de energía.

Dichas formas de medición presentan desventajas: al ser el gas contenido y pasar por un regulador la presión baja y se vuelve constante por lo que un sensor de presión tiene dos niveles confiables vacío o lleno. Las cintas magnéticas funcionan al verter agua hirviendo indicando visiblemente el nivel del tanque, pero son desechables en la mayoría de los casos. Levantar un tanque permite conocer su peso y suponer su nivel, pero el usuario puede lesionarse su espalda.

En adición a todas estas formas ninguna cuenta con un aviso oportuno a las compañías de gas para que planeen su ruta con mayor efectividad ocasionando pérdidas ante la búsqueda de usuarios y contaminación auditiva.

El sistema diseñado funciona bajo el principio de la detección de nivel de gas empleando el cambio de peso en lugar de la presión, esto permite distinguir a diferencia de los equipos que utilizan sensores de presión, diferentes niveles de contenido de gas en el cilindro.

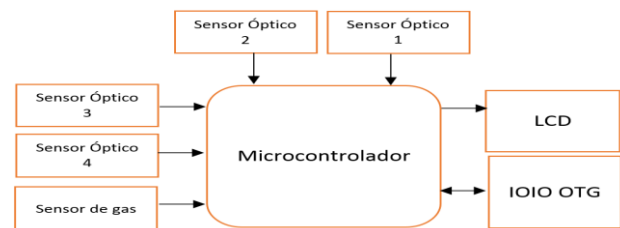


Figura 1 Arquitectura del sistema

Metodología

El análisis de requerimientos indica que el sistema debe de tener las siguientes características: Medición confiable, alerta de fuga de gas, indicador de nivel de gas, fácil localización del tanque por parte de las compañías distribuidoras, registro de hábitos de consumo y alerta a usuario y compañías de gas sobre la falta de dicho combustible.

La arquitectura del proyecto indicador de nivel de gas electrónico se muestra en la Figura 1, está formado por un sistema electromecánico de amortiguación que cambia su compresión en base al peso soportado como indica la Fig. 2; emplea sensores ópticos diseñados para ser de bajo costo, además un control embebido en un microcontrolador PIC con pantalla LCD e interface Bluetooth al celular; dicho sistema permite medir de forma confiable los niveles y fugas de gas y comunica por medio de una aplicación al celular tanto la existencia de la fuga como el contenido del cilindro.

Análisis del sistema mecánica

El sistema cuenta con una base que soporta el tanque de gas cilíndrico empleando 3 resortes metálicos, los cuales se comprimen y se liberan al perder peso el tanque como indica la Fig. 2.

El peso F_R del tanque es 26.6KgF, debido a que el dispositivo está construido para soportarlo verticalmente, tenemos el siguiente cálculo de las fuerzas.

$$F_R = F_Y \quad (1)$$

$$F_x = 0 \quad (2)$$

$$f_{rs} = \frac{F_R}{4} = 6.65 \text{ KgF} \quad (3)$$

La fuerza F_Y que aplica el tanque hacia abajo de acuerdo a las ecuaciones 1 y 2 y es analizado como un plano como cuerpo libre. La ecuación 3 indica la fuerza F_{rs} soportada por un solo resorte de compresión. Empleando la Ley de Hooke y la constante para el resorte de 0.95 N/cm, se obtiene la fuerza realizada por un resorte obtenemos la ecuación 4 y la longitud de compresión S cuando se aplica la fuerza máxima (tanque lleno). Aplicando las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 obtenemos de misma forma cuando el tanque está vacío (6.6 Kg) con S de 1.73 cm; por lo que el diseño del sensor electrónico debe de ser capaz de medir un span de 5.27 cm, de acuerdo con la ecuación 5.

$$S_{lleno} = \frac{f_{rs}}{k} = 7 \text{ cm} \quad (4)$$

$$SPAN = S_{lleno} - S_{vacio} = 5.27 \text{ cm} \quad (5)$$

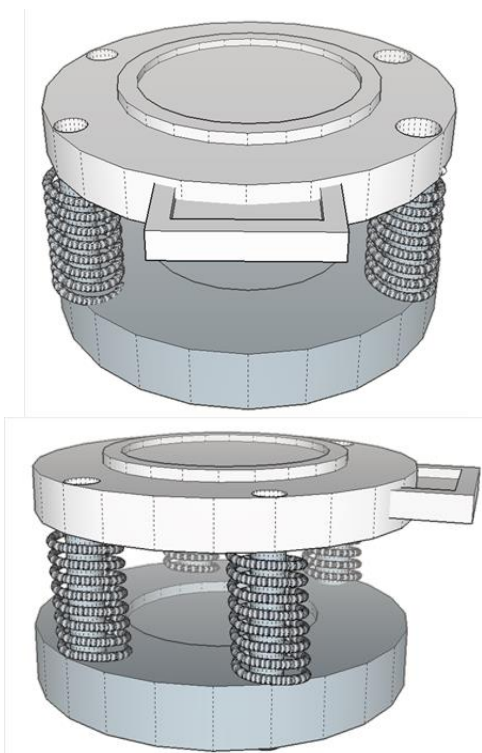


Figura 2 Base mecánica del indicador de nivel de gas electrónico, vista frontal y lateral

Diseño de los sensores ópticos

Se diseñó e implementó 4 sensores ópticos electrónicos basados en la reflexión de la luz los cuales determinan la distancia el tanque a la base con lo cual es posible relacionar esta medida a un peso estimado, el circuito sensor óptico se muestra en la figura 3. La hoja de datos del LED Infrarrojo indica que la corriente nominal del diodo es de 10 mA, por lo que sustituyendo en la ecuación 6, se obtiene que R_D es igual a 350 ohms, por lo que se optó por emplear el valor comercial de 330 ohms ocasionando que I_D tenga un valor de 13.6 mA.

$$-3.3v + I_D R_D + 1.5 = 0 \quad (6)$$

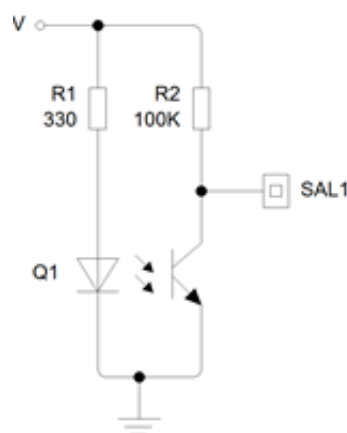


Figura 3 Circuito del sensor óptico

El optotransistor recibe la señal del LED Infrarrojo, en donde se obtienen los valores del voltaje de salida del sensor mostrados en la Tabla 1.

S (cm)	Voltaje de salida
7	4.43 V
6	4.12 V
5	3.82 V
3	3.50 V
2	3.31 V

Tabla 1 Relación de voltaje de salida y distancia de la base inferior a la base del tanque.

Sensor de gas

El sensor de gas empleado es el MQ-6 especializado en detección de gas LP, la sensibilidad del dispositivo 200-10000 ppm por lo que es posible colocarlo en la parte superior del tanque de gas para la detección de gas.

Diseño del sistema embebido

El circuito embebido diseñado se muestra en la Fig. 4, el cual realiza la operación de detección de nivel de tanque es un microcontrolador PIC16F876A que cuenta con interface LCD y entrada para sensores analógicos ópticos; debido a que se emplean 3 sensores ópticos se realiza un promedio sobre la señal proveniente de los sensores, de tal forma que si el tanque de gas no se encuentra bien colocado o la superficie es irregular esta parte del programa minimiza estos errores, (Girones, 2011), (Monk, 2012), (Milette, 2010), (Riley, 2012).

El proceso de cálculo de la resolución se obtiene a partir de la ecuación 7, en donde se determinó que a 10 bit el voltaje de paso V_{p10bit} es de 4.8 mV. El span de voltaje o V_{span} se determinó mediante la ecuación 8, por lo que el número de pasos con el cual es posible trabajar se determinó por la ecuación 9 que es la relación del span de voltaje proporcionado por el sensor óptico y el voltaje de paso a 10 bit.

$$V_{p10bit} = \frac{5}{2^{10}} = 4.8mV \quad (7)$$

$$V_{span} = V_{smax} - V_{smin} = 4.43V - 3.3V = 1.13V \quad (8)$$

$$N_{pasos} = \frac{1.13V}{4.8mV} = 235.41 \text{ pasos} \quad (9)$$

Los 235 pasos permiten un escalamiento proporcional de 0 a 100% sin pérdida significativa de información ó réplica de la misma, a diferencia de una resolución de 8 bit que al calcular mediante las ecuaciones 7, 8 y 9 se obtendrían 59 pasos distintos por lo que un escalamiento de 0 a 100% no involucraría una pérdida significativa, pero perdería la propiedad proporcional deseada del sensor óptico.

La pantalla LCD tiene una conexión a 8 bits, sirve como indicador empotrado que permite el mostrar el proceso de autocalibración cuando el usuario repone el tanque de gas en la base metálica.

El diagrama de flujo que controla el sistema se muestra en la Fig. 4. Al iniciar el programa se configura el microcontrolador y el LCD, posteriormente adquiere las señales provenientes de los sensores ópticos y de gas.

La primera comparación por prioridad es el sensor de gas, debido a que tiende a acumularse a nivel del piso debido a que el gas tiene un peso mayor al aire que respiramos y aunque se adhiere azufre para que percibamos el olor existe un sector en la población que no lo puede percibir ya sea por problemas congénitos, un bajo sentido del olfato o debido a radioterapias que afecta nuestros sentidos, (Garc, 2012), (Curtidor, 2012) y (Rivera, 2013).

El proceso de adquirir la señal de los sensores ópticos para obtener la distancia se realiza mediante 4 ADC multiplexados del microcontrolador cuyas variables son promediadas para determinar la distancia correcta a la base del tanque cilíndrico. Debido a que los resortes pierden su resistencia cada vez que se detecte que la base del tanque ha sido removida se inicia un proceso de autocalibración basado en la nueva distancia medida.

Interfaz con el celular

La interfaz al celular se realiza mediante comunicación Bluetooth a una App para el sistema operativo Android el cual realiza las funciones de configuración del teléfono que debe de llamar en una emergencia o si el tanque se encuentra por vaciarse. La función de indicador que muestra en pantalla el consumo mediante gráfica del tanque, con lo cual el usuario puede analizar sus patrones de consumo.

El control de la interfaz es realizado mediante reconocimiento de voz, de esta forma se crea una interacción natural o NI por sus siglas en inglés, el cual dicta que la interacción entre un dispositivo computarizado debe ser natural y fácil de emplear para el ser humano.

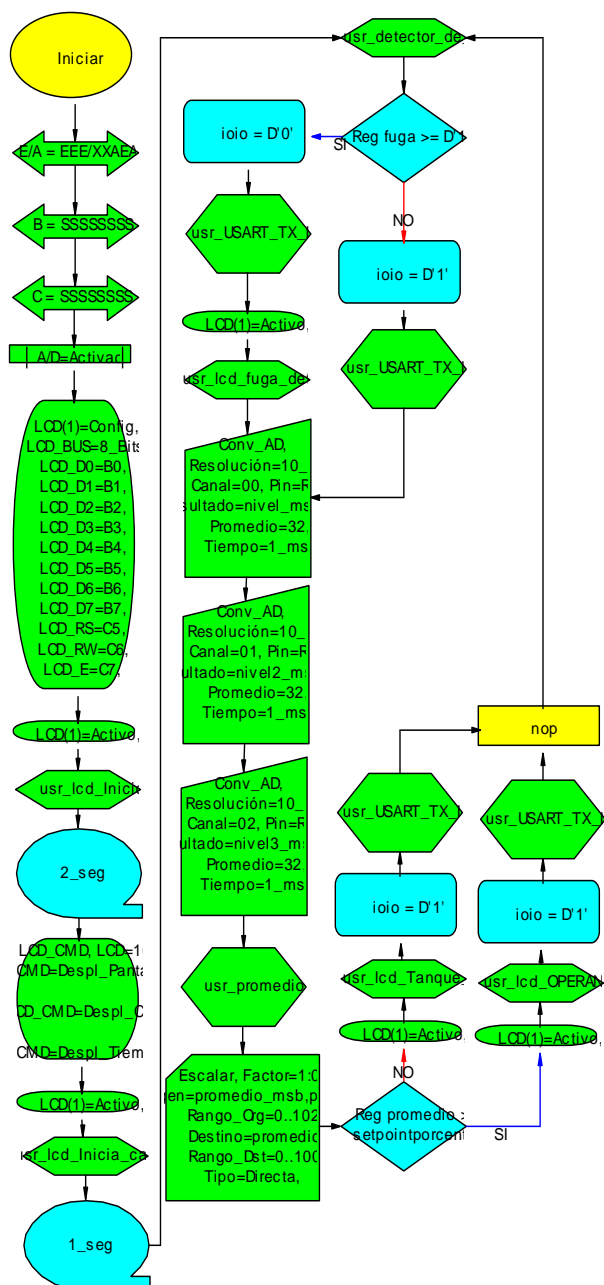


Figura 4 Diagrama de flujo del sistema embebido

El celular receptor de la llamada puede ser cualquier de cualquier marca, modelo o compañía de teléfono por lo que no se encuentra atado un solo tipo de servicio.

La alerta que envía el celular es empleando un servicio de texto a voz, el cual facilita la comprensión del mensaje.

Pruebas

El mecanismo basado en la compresión de resortes permite que la reposición de los mismos sea económica ya sea por parte del usuario o mediante un servicio adicional, sin embargo, se observó que los resortes perdían su elasticidad, por dicha razón se incluyó en el firmware un sistema para autocalibrado de sensores ópticos.



Figura 5 Interfaz embebida de la aplicación

El sistema se comparó con un medidor indica el nivel de gas de forma aproximada, utilizando una escala del 0 al 100%. El equipo es capaz de detectar un nivel mínimo del contenido, el cual puede ser ajustado a partir de un potenciómetro y a partir de este nivel manda la señal de alerta al LCD y al celular, permitiendo al usuario prever la falta del gas.

El sensor detector de gas permitió analizar la concentración del gas en un área cerrada como se muestra en la Figura 5, sin embargo, cuando se realizó la prueba de detección tardaba en detectar y realizar la llamada al usuario, por lo que se incluyó en el proyecto un extractor de aire de computadora (por su bajo consumo de corriente) que introduce el aire en el interior del detector lo cual mejoró el tiempo de detección.



Figura 6 Interfaz de inicio de la aplicación

La App fue desarrollada para sistemas superiores a Android 3.3 que es el SO más común y permite una interacción natural con las personas; en pruebas realizadas al aire libre el sistema pudo detectar la voz de forma correcta el 80%, esto debido a que el ruido ambiental no es posible eliminarlo y afecta el proceso de reconocimiento.

Al iniciar la aplicación es necesario que el usuario inicie sesión debido a que algunos dispositivos móviles son multiusuarios, así se asegura que solo la persona responsable pueda ser notificada, la interfaz se muestra en la Figura 6. Una vez validado el inicio de sesión el usuario tiene la opción de reconfigurar el dispositivo y de navegar hasta el panel de detección del nivel de gas, como se muestra en la Figura 7.



Figura 7 Interfaz de adquisición de datos

Conclusiones

El equipo Indicador de nivel de gas electrónico muestra el nivel del contenido del cilindro de gas, permitiendo así anticiparse a la falta del mismo y solicitar de forma automática por medio del mensaje al celular un nuevo cilindro o reporta una fuga del mismo sin necesidad de que el usuario esté al pendiente en todo momento, de tal forma que las compañías puedan planear las rutas de reparto reduciendo así la contaminación por ruido y aumentando sus ganancias.

Debido a que los tanques de gas son puestos en la intemperie, el sistema se encuentra recubierto de pintura que evita que se oxide y malla protectora para evitar que plagas entren a su interior.

Referencias

Curtidor Cruz Andrés, “Diseño y construcción de módulos entrenadores para microcontroladores” (2012), EAE, ISBN 3847356259, 9783847356257

INEGI, (2010), “Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010”, México 2010.

Milette Greg, “Professional Android Sensor Programming” (2010), Editorial wrox.

Monk S., “Making Android Accessories with IOIO, Going mobile with sensors, lights, motors, and robots” (2012), editorial O’reilly, primera edición febrero ISBN: 978-1-449-32328-8.

Norma Nacional Mexicana (2011), “NOM_009_SESH_2011, Recipientes para contener gas LP no transportable”, Secretaría de energía.

Riley Mike, “Programming your Home” (2012), The pragmatic programmers LLC.

Rivera Ceniceros Omar Fabián, “Sistema de telecontrol con aplicaciones en zonas rurales y la agronomía” (2013), Editorial Académica española, ISBN 3845494107, 9783845494104

Sergio Leonardo Garc, “Electrónica digital” (2012), Editorial EAE, ISBN 3659038997, 9783659038990.

Tomas Girones, J., “El gran libro de Android” (2011), editorial AlfaOmega, grupo editor México, ISBN: 978-607-707-226-3..