

DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN DEL METANO EN ZONAS RURALES

DEVICE FOR MEASURING METHANE IN RURAL

Rueda. David * Tejedor. Diego** Ruiz. Jairo Alfonso***

Resumen: En zonas rurales de la geografía colombiana, el acceso a servicios domiciliarios como el gas o la electricidad son escasos, también es casi nulo el aprovechamiento de fuentes de energías alternativas, como el gas metano CH₄. Este gas de efecto invernadero representa una amenaza contaminante al planeta, por su contribución al calentamiento global, siendo 23 veces más potente que el dióxido de carbono. Para ello y con el fin de detectar la contaminación a causa del metano, desde el grupo de investigación GIRMA, se ha desarrollado un dispositivo que permite medir, mostrar, y almacenar datos de los diferentes niveles de concentración y ubicación de este gas. Asimismo se ha diseñado una interfaz de usuario que permite la visualización de los datos nombrados, codificado por medio del lenguaje Java a través de la plataforma NetBeans IDE 7.0.1.

Palabras clave: Medición, Metano, Control, Java, NetBeans, USB.

* Tecnólogo en Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico e-mail: blitzkreig_david@hotmail.com

** Tecnólogo en Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico e-mail: dieghoatc@hotmail.com

*** Licenciado en Electrónica, U.P.N; docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico e-mail: jarizca@udistrtal.edu.co

Abstract: In rural areas of the Colombian geography, access to home services such as gas and electricity are scarce, it is also almost no utilization of alternative energy sources such as methane CH₄. This greenhouse gas pollution threatens the planet, for their contribution to global warming, being 23 times more potent than carbon dioxide. To this end and in order to detect contamination due to methane, from the research group GIRMA, has developed a device for measuring, displaying, and storing the different levels of this gas. Also, I developed a user interface that connects the device to the PC detector, showing location and concentration levels of methane. The program has been encoded using the Java language through NetBeans IDE 7.0.1 platform.

Keywords: Measurement, Methane, Control, Java, NetBeans, USB.

1 Introducción

La contaminación del medio ambiente, como es bien conocido, ha venido en aumento desde los años de la industrialización; los gases de efecto invernadero, hacen que la atmosfera se caliente y producen el calentamiento global no natural. Actualmente es un problema mundial, debido a la consecuencia que trae con esto, como los cambios climáticos que han dado muestra de su poder y han deteriorado la atmósfera terrestre, los océanos, aumentando la temperatura media de la tierra, lo cual conlleva a desastres naturales. Todo esto es provocado por el mismo ser humano, donde es él mismo, el más afectado junto con las demás especies de seres vivos. El efecto invernadero, propuesto por Joseph Fourier, se denota como el proceso mediante el cual la absorción y emisión de radiación infrarroja por los gases en la atmósfera, calienta la atmósfera inferior de un planeta y su superficie. Entre los gases de efecto invernadero se encuentran distintos tipos, pero el gas metano CH₄ es uno de los gases que más contamina y calienta la atmosfera.

Llegar a proponer mecanismos para el control de los niveles en los gases de efecto invernadero, ha sido un desarrollo que va de la mano con la lucha ante el cambio climático, por ello desde el grupo de investigación de GIRMA se han planteado varios desarrollos, para hacer contra a algunos problemas ambientales como lo son la contaminación de ríos, y del aire, de tal manera que se han empleado detectores y demás dispositivos con los que se logre armar una base de datos con información detallada de estos contaminantes y así mitigar los problemas que sufre el medio ambiente. El dispositivo detector de Metano CH₄, se emplea debido al incremento en las emisiones de este gas de efecto invernadero, en el sector de Usme, Bogotá, como se muestra en la figura 1, por poseer cerca del 80% de zonas rurales, zonas de explotación minera, cultivos y rellenos sanitarios.



Figura 1. MAPA DE USME, BOGOTÁ 2012. TOMADO DE GOOGLE MAPS.

Grandes multinacionales, han encontrado en Usme un sitio ideal para la explotación, es por ello que se puede encontrar ladrilleras, cementaras y demás actividades que van en contra de la preservación de los recursos naturales, por realizar prácticas deliberadamente. Las emisiones de metano se ven incrementadas por actividades como la ganadería, y la incursión de industrias privadas que explotan recursos naturales, sin tener en cuenta el daño ambiental que puedan causar. También se encuentran emisiones de gas metano en rellenos sanitarios, debido a la acumulación y descomposición de desechos. En la tabla 1 podemos observar las principales actividades que emiten diferentes niveles de gas metano en promedio mundial.

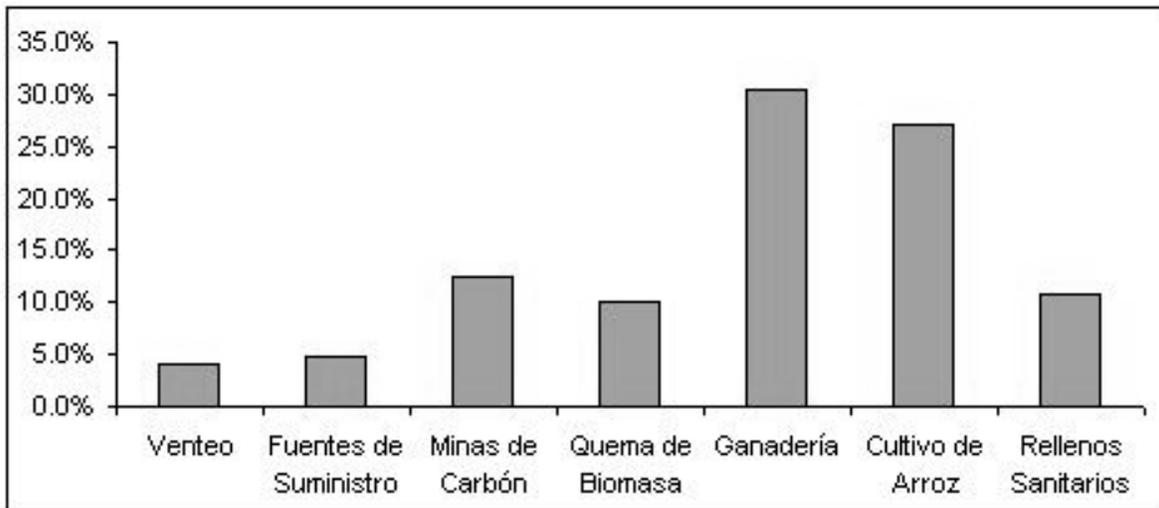


Tabla 1. Porcentajes de emisiones CH₄ por actividad. [1]

1.1 Metano como fuente de energía

El gas natural está compuesto de 97% metano, lo que deja en claro que el metano es una fuente de energía bastante útil. Pero para poder obtenerlo existen varias maneras, el metano puede ser extraído de los depósitos geológicos conocidos como campos de gas natural, y se forma por la descomposición anaeróbica de materia orgánica; también puede ser extraído de procesos en la digestión y defecación de animales (especialmente del ganado): 17%. Las bacterias en plantaciones de arroz: 12%. La digestión anaeróbica de la biomasa. Estos



últimos han sido de gran aprovechamiento en países como Alemania, donde granjas se proveen del metano para su sostenibilidad y lo convierten en energía calórica y eléctrica. [1]. En Colombia se encuentran los desarrollos de tecnología para las energías alternativas en una menor escala, y una de las razones es que fuentes como el metano son difíciles de ubicar y medir, por ello un dispositivo detector sería de gran ayuda para la constitución de nuevas tecnologías en este campo que de cara al futuro, será más que importante y determinante en la economía y cuidado de los recursos naturales del país.

2 Desarrollo del dispositivo detector de CH₄.

El grupo de investigación GIRMA se ha dado en proponer diferentes modelos de dispositivos para la detección de contaminación, y el metano no es la excepción. El medidor de metano se diferencia de otros por su forma de mostrar los datos con un tiempo de respuesta rápida, una visualización de la concentración del metano en partes por millón, y su conexión al ordenador que permite el análisis de diferentes datos obtenidos de forma clara, concisa y ordenada.. Anteriormente se han desarrollado detectores que emiten alarmas, sin mostrar el dato más específico y otros que se encuentran en el mercado a costos elevados, los cuales son de uso industrial, mas no ambiental. Se han realizado pocos estudios en Colombia de la contaminación por gas metano, como ejemplo se tiene el realizado en la Universidad del Norte de Barranquilla en el 2009 que apenas da tendencias de los niveles que se encuentran en la putrefacción de frutas y desechos de pollos, y cerdos con datos entregados en la relación C/N (carbono por nitrógeno), pero nunca midiendo el metano directamente [2]. No sé pueden valorar los datos de la red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Bogotá ya que no tiene datos del metano exactamente, solo de otros agentes contaminantes.

A partir de la variación en la resistencia del sensor MQ-4, el microcontrolador, entrega al usuario los datos medidos en las unidades de ppm (partes por millón), en dos frentes que son la base de apoyo para realizar el control de las emisiones de gas metano, tanto en una LCD, como en un programa desarrollado en Java para el ordenador. Por estos dos medios se logran medir y mostrar los datos del gas metano en diferentes zonas de prueba. Para describir de manera más clara el sistema se muestra a continuación la [fig. 2].

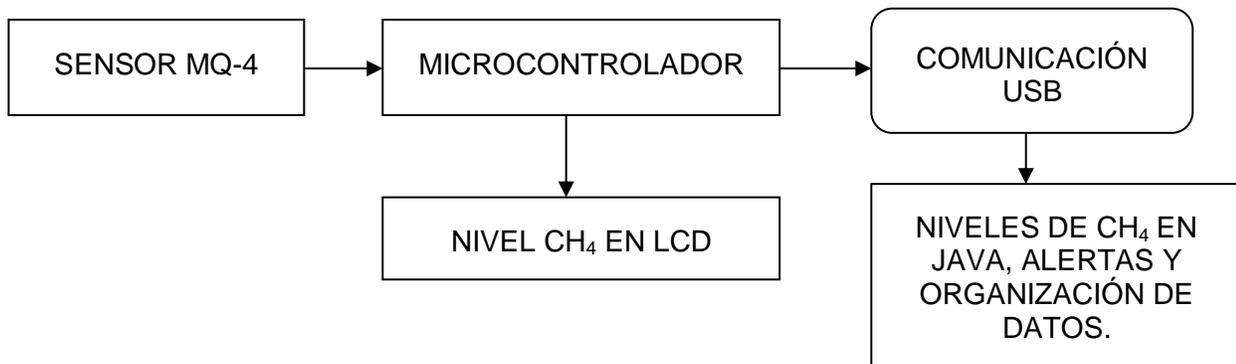


Figura 2. Diagrama de bloques primordial del dispositivo.

2.1 Sensor MQ-4.

El sensor mq-4 posee una salida análoga de resistencia, y tiene una configuración sencilla para su efectiva respuesta, es importante calibrar su resistencia de carga para obtener los diferentes niveles de voltaje entre los 0 a 5v en la salida, para su conexión al conversor análogo a digital.



Figura 3. Sensor MQ-4[2]

El mq-4 se utiliza normalmente para sistemas de detección de concentraciones de gas metano o gas natural, aunque también puede detectar ciertos niveles relativamente altos de alcohol, propano, butano y otros gases. Puede detectar concentraciones de gas natural desde las 200ppm a las 10000ppm, tiene una alta sensibilidad y un tiempo de respuesta rápido. Se alimenta con 5V que pueden ser AC ó DC, para el desarrollo del dispositivo, se utilizan 5VDC, debido a que el microcontrolador utiliza la misma alimentación. En la figura [4] se muestra el circuito utilizado para el mq-4. [2]

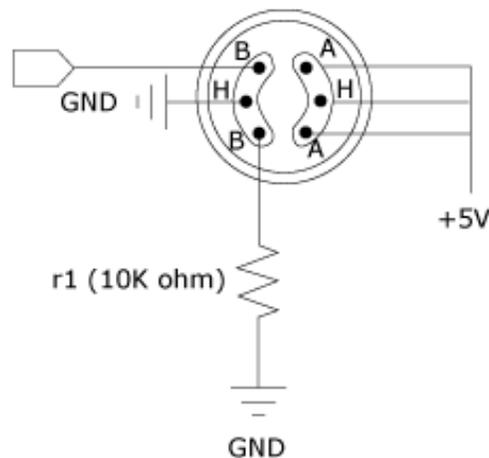


Figura 4. Circuito para el sensor MQ-4[2]

De acuerdo a la figura 4, el voltaje V_c utilizado será de 5V, que alimentan tanto el pin A del sensor como el calefactor denotado con H, la resistencia de carga R1, es de $10K\Omega$, escogida luego de realizar pruebas en el voltaje de salida V_{out} (pin B, superior izquierdo), el cual es el voltaje que varía de acuerdo al nivel de CH_4 en el area valorada, y el que entra al conversor análogo a digital del microcontrolador. Este montaje resulta bastante apropiado y es el circuito que se encuentra en la hoja técnica del sensor, además se ajusta al mismo nivel de voltaje DC

que se utiliza para el accionamiento del microcontrolador, lo que facilita la conexión de todo el circuito. Para hacer que el sensor tenga un mejor rendimiento, es importante que la carga resistiva sea calibrada para una aplicación en particular, en este caso para el espacio abierto, mediante la ecuación (1).

$$R_s = \left(\frac{V_c}{V_{RL}-1} \right) * RL(1)$$

A continuación se muestra la tabla [2] con los datos técnicos del sensor MQ-4

Modelo del sensor			MQ-4
Tipo de sensor			Semiconductor
Tipo de encapsulado			Baquelita negra
Tipo de gas			Metano
Concentración de la medición			10000ppm (Gas Natural/Metano)
Operación circuito	Tensión	VC	≤24V DC
	Tensión temperatura	VH	5.0V ± 0.2V AC o DC
	Resistencia de carga	RL	Ajustable
Carácter	Resistencia del calentador	RH	31Ω ± 3Ω
	Consumo	PH	≤ 900mW
	Resistencia de detección	RS	2KΩ-20KΩ(5000ppm CH ₄)
	Sensibilidad	S	Rs(in air)/Rs(5000ppmCH ₄) isobutano ≥5
	Pendiente	α	≤0.6(R5000ppm/R3000ppm CH ₄)
Condiciones de operación	Temperatura Humedad		20°C ± 2°C; 65% ± 5% RH
	Circuito de prueba estándar		Vc:5.0V±0.1V ; VH: 5.0V±0.1V
	Tiempo de precalentamiento		Mas de 48 horas

Tabla 2. Datos Técnicos Sensor MQ-4. Henan Hanwei Electronics Co., Ltd



La calibración básica del detector se realiza de acuerdo a la anterior tabla, ajustando la resistencia de carga R_L de tal forma que la resistencia de salida o detección R_s , sea de $2K\Omega$ para 5000ppm de CH_4 , pasando este dato al ADC del microcontrolador.

2.2. Conversión ADC

La conversión análoga a digital (ADC), se hace completamente necesaria debido a la respuesta del sensor. Con el PIC 18F4550, se realiza el siguiente proceso de conversión; en primer lugar se configuran los pines análogos del puerto A, la tensión de referencia, el reloj del ADC y el número de bits, que son 10, y obtener un ADC de 1024, se utiliza esta resolución ya que se ajusta a las necesidades del proyecto, en cuanto al cambio de concentración de metano, pues si el ADC es muy bajo, los cambios de un nivel a otro serían muy bruscos y no sería consecuente. Luego la habilitación del canal, para realizar la respectiva lectura del dato entregado por el sensor MQ-4, la conversión a tensión, y por último la conversión a partes por millón, que será mostrada de manera inmediata por la pantalla LCD LM016L.

De acuerdo a las mediciones realizadas en la variación de voltaje entregada por el circuito del MQ-4, se obtuvo que el menor voltaje es 1v, cuando el sensor está expuesto a la menor concentración de metano es decir al aire puro, además se obtiene la mayor tensión de salida de 4v, con la fuga de gas natural de una estufa convencional, es decir un nivel de metano cerca de las 10000ppm, que sería el máximo captado por el MQ-4, y que sería difícil llegar a este nivel en las pruebas de campo. Con estos datos se obtiene un nuevo valor de ADC, dejando atrás la resolución de 256, y obteniendo la siguiente, mostrada en la ecuación (2)

$$\frac{3v \cdot 256}{5v} = 153.6(2)$$

Ahora con esta resolución de 153.6, se procede a calcular la variación de voltaje por ppm.

Primero se pasa a voltaje en la ecuación (3)

$$\text{Voltaje} = \frac{3v \cdot \text{Lectura ADC}}{153.6} (3)$$

3 voltios por ser el mayor cambio de voltaje, Lectura ADC, la variable, que registra el microcontrolador en el PIN AN0, y 153.6 la resolución del sistema. Ahora si se divide 3V entre 153.6, se obtienen 19.53mV por cada unidad de cambio en el ADC, y con ello convertir a ppm. Si 10000ppm es el máximo que registra el sensor entonces se obtiene la ecuación (4)

$$\frac{19.53mV \cdot 10000ppm}{3V} = \text{Concentración CH}_4 \text{ en ppm} = 65.1ppm(4)$$

Así que por cada 19.3mV que varíe el voltaje a la entrada del ADC, habrá 65.1ppm más, o menos según sea el caso. Con este dato en ppm, se muestra en la LCD tal y como se ve en la figura 5.

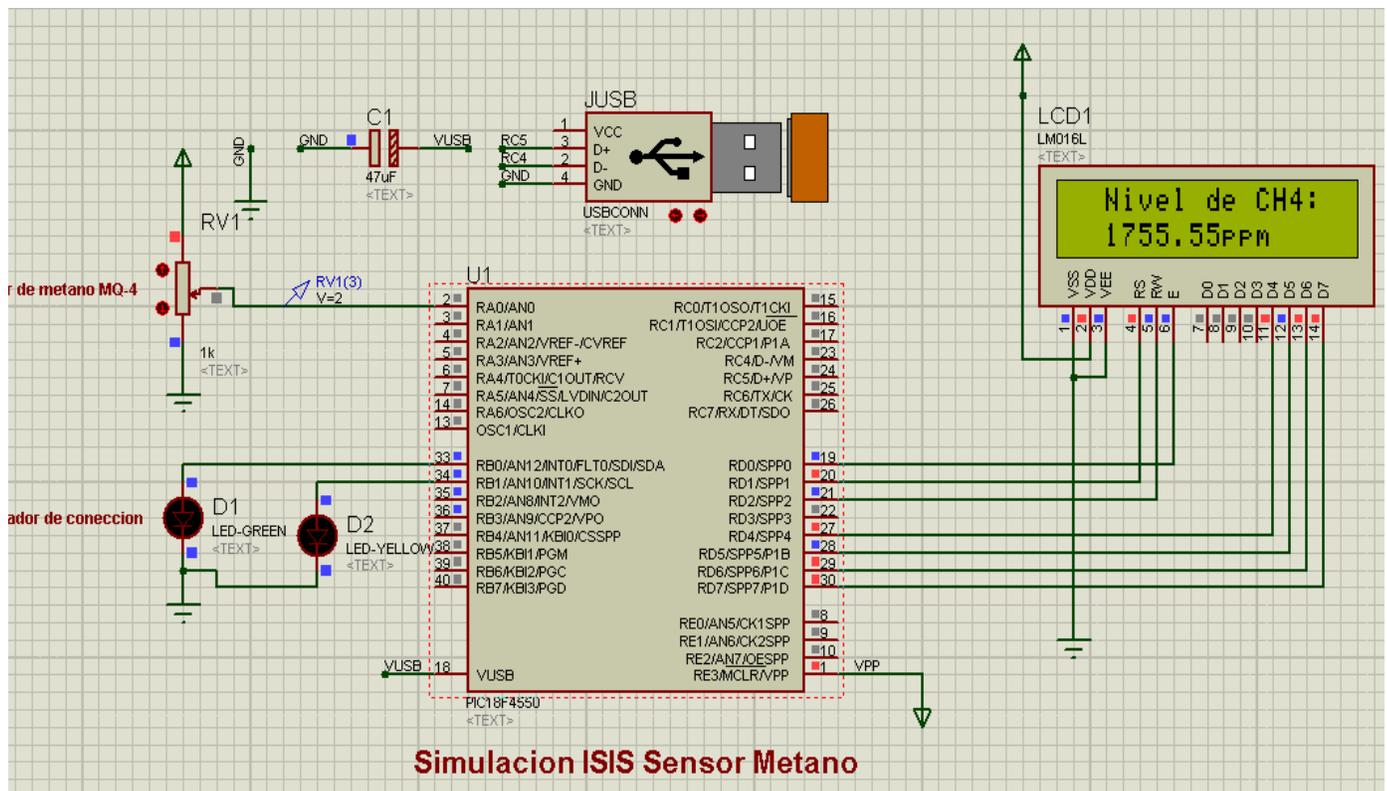


Figura [5] Simulación en Proteus Nivel de CH₄ en LCD.

2.2.1 PIC 18F4550

La utilización del PIC 18F4550 mostrado en la [fig 6], se da porque posee la característica de conexión USB, además de ser un microcontrolador conocido por sus funciones y básica programación en C, con una buena cantidad de puertos y pines que pueden ser de utilidad en posteriores desarrollos, desde el compilador PIC C, se ajusta a los requerimientos del detector de metano como en su alimentación de 5V [3].



Figura [6]. PIC 18F4550

2.2.2 LCD LM016L

Es un módulo de visualización [Fig 7] donde se logra representar en una pantalla de cristal líquido, diversos mensajes de una manera eficaz [4], se acomoda de manera efectiva al detector de metano debido a sus dimensiones y a su conectividad con el PIC 18F4550.

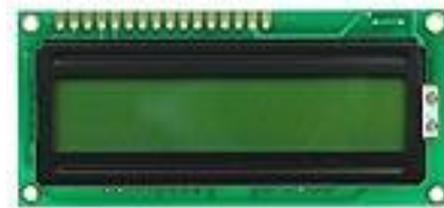


Figura [7] LCD LM016L

2.4. Comunicación USB

Para la transmisión de datos del dispositivo hasta un computador, se usará para una mejor compatibilidad el Bus serie universal (USB) [Fig. 8]: Se basa en una arquitectura de tipo serial, sin embargo, es una interfaz de entrada/salida mucho más rápida que los puertos seriales estándar. Una característica de la arquitectura USB es que puede proporcionar fuente de alimentación a los dispositivos con los que se conecta, con un límite máximo de 15 V por dispositivo, para el caso del detector de metano son 5V en todo el circuito por lo que se acopla perfectamente. Para poder hacerlo, utiliza un cable que consta de cuatro hilos (la conexión a tierra GND, la alimentación del BUS y dos hilos de datos llamados D- y D+). [5]. Se utiliza además la comunicación USB debido a su uso cotidiano y a que existe en casi la mayoría de los computadores actualmente, siendo una tecnología que se mantiene.



Figura [8] Bus serie universal(USB)

2.5 Java

La mayoría de las grandes marcas de computadores en el mundo poco a poco están fabricando sus productos sin el conocido puerto serie del mismo modo que desapareció el puerto paralelo. Por este motivo se tiene la necesidad de utilizar el puerto USB que se ha convertido en un estándar en el mercado de los computadores. Para esto se desarrolló una aplicación utilizando la clase jPicUSB para lograr la comunicación PIC-PC.



VISIÓN ELECTRÓNICA

*DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE GAS METANO
CON PRUEBAS EN EL SECTOR DE USME*

JPicUSB es una clase java, que utiliza interfaces (JNI), permitiendo a una aplicación Java, hacer llamados a una librería dinámica, (jpibusb.dll).

JPicUSB.dll es una librería que implementa todas las funciones de la API USB de Microchip (mpusbapi.dll), con la diferencia de que está especialmente recompilada para permitir a la clase jPicUSB que haga llamados a sus funciones. [6]



Figura [8] Interfaz Gráfica Java

3 Generalidades del sistema

El sistema en general, se puede dividir en tres etapas, la etapa análoga que tiene que ver con la utilización del sensor mq-4, la etapa digital, donde se procesan los datos del sensor y se entregan por medio de la LCD, además de la comunicación USB, que enlaza a la etapa

del software realizado en Java desde el entorno de desarrollo NetBeans IDE 7.0.1, donde se reciben y muestran datos para ser almacenados a través de un ordenador.

3.2 Fuente de alimentación

El dispositivo se alimentara mediante cuatro baterías AA conectadas en serie, las cuales pueden mantener un potencia de 4 Amperios aproximadamente; se desarrolló un circuito electrónico que reduce el voltaje de salida a 5v con un LM7805 y así proporcionar la alimentación adecuada para el microcontrolador, y el sensor MQ-4 sin perder la potencia en el circuito. A continuación se muestra la Tabla 3 del consumo de voltajes, corrientes y la potencia del dispositivo en general.

COMPONENTE	VOLTAJE(V)	CORRIENTE(mA)	POTENCIA(W)
SENSOR MQ-4	5V-PARALELO	650	0.9W
PIC 18F4550	5V-PERALELO	200	1
LCD LM016L	5V-PARELELO	250	1.25
TOTAL	5V	1100	3.15

Tabla [3] Datos de consumo dispositivos.

3.3 NetBeans IDE 7.0.1

NetBeans es un entorno de desarrollo integrado libre hecho principalmente para el lenguaje de programación Java. [9] Netbeans, es una herramienta indispensable para el progreso del dispositivo.

4 Resultados y Pruebas

Para realizar la comprobación de que los datos entregados por el detector a través de la LCD y de la interfaz en Java son correctos o precisos, se tuvieron en cuenta la calibración del

sensor MQ-4 de acuerdo a la hoja técnica, además se baso en datos de estudios previos como los de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de los Estados Unidos, que proporciono hasta 2006 el nivel de concentración de metano en la superficie de la tierra en los 1800ppm aproximadamente (es decir en el ambiente normal de una ciudad como Bogotá [8]. No se tienen registros más precisos de esta región del mundo puesto que no se cuenta con satélites ni tecnología capaz de dar datos tan precisos. Figura [9]

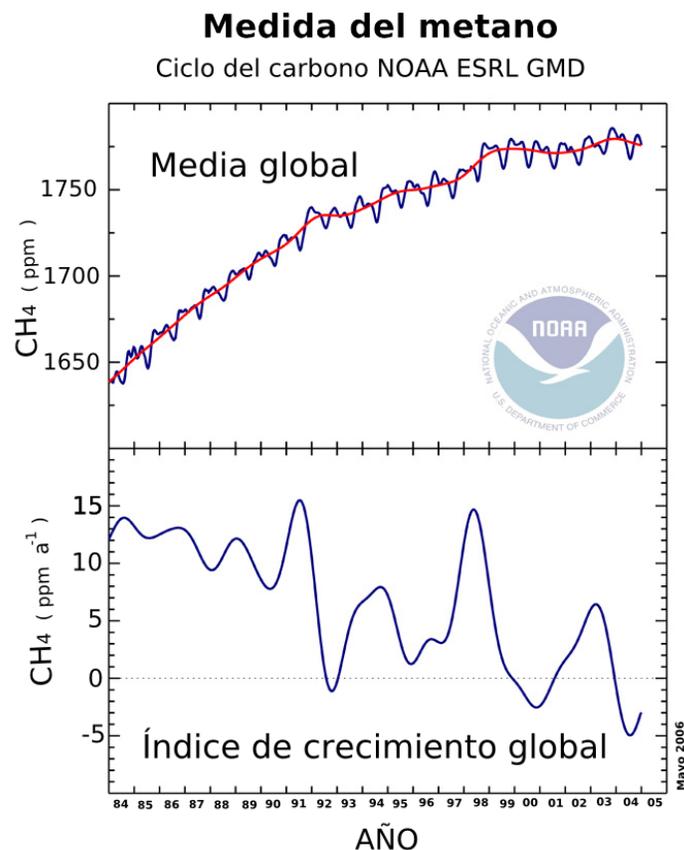


Figura [9] Medida global e índice de crecimiento del gas metano según la NOAA. U.S

Siguiendo la línea de crecimiento anual mundial del metano que es de 1% a 2%, el metano hacia el año 2012 debería estar sobre los cerca de 2000ppm, el detector de metano probado en la calle promedio de Bogotá oscila entre los 1600ppm y 2200ppm. Otra fuente de comparación es la proyección realizada por la secretaría distrital de ambiente de Bogotá en Noviembre de 2011. [9]

Escenario referente de emisiones CO₂eq 2008 de Bogotá D.C. por localidades y Sectores prioritizados

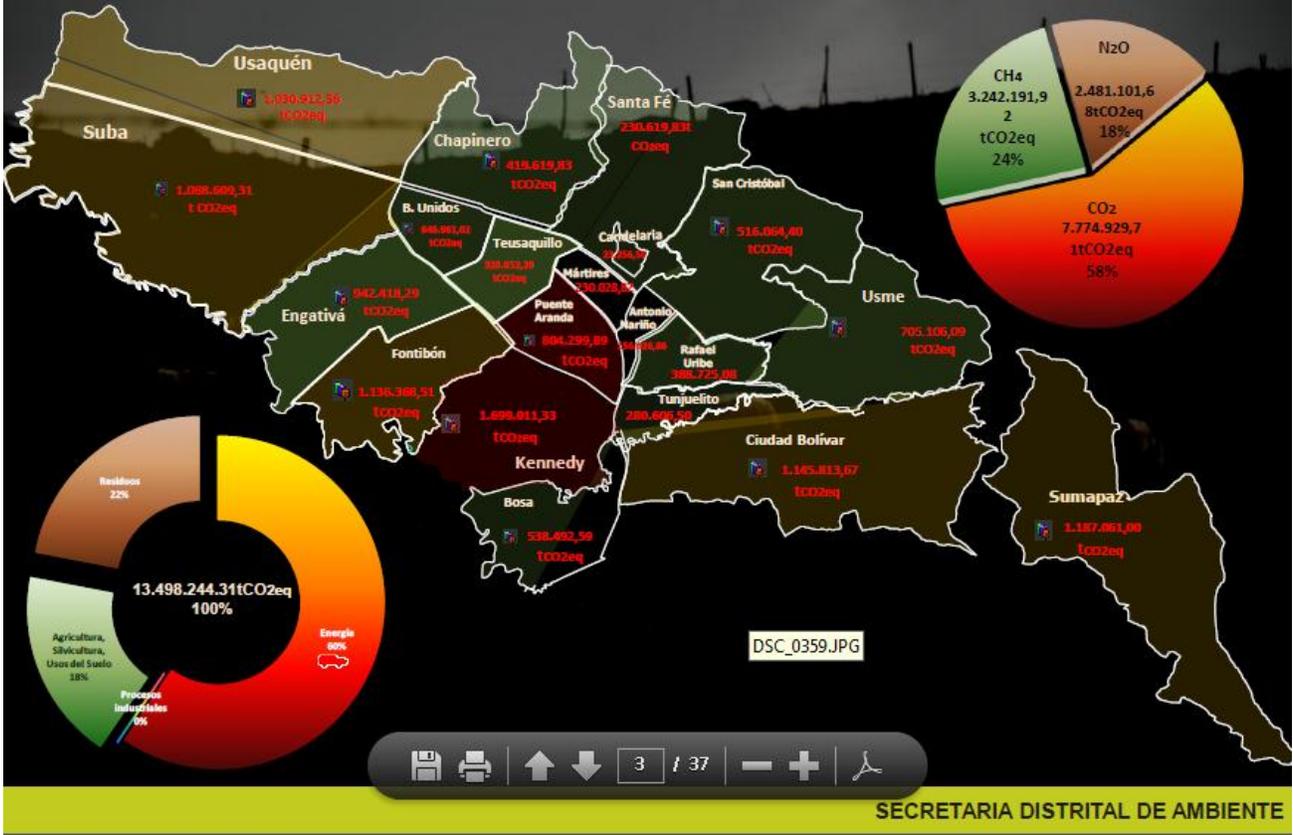


Figura 10. Emisiones de Gases efecto invernadero equivalente en CO₂eq en 2008 en la ciudad de Bogotá por localidades

En el caso particular del gas metano, la secretaría distrital de ambiente, entrega la siguiente gráfica, Figura 11.



Figura 11 Emisiones en toneladas de CH₄ (verde), por cantidad de residuos (azul), cantidad de habitantes (gris).

A fin de que las mediciones del detector fuesen lo más precisas posibles, se realizó una asesoría con el laboratorio de metrología de Gases del Caribe S.A de la ciudad de Barranquilla, donde explican que la concentración de gas metano, medida en partículas por millón, se realiza partiendo desde el 0 absoluto, en un cuarto temperatura ambiente 20° aproximadamente, y libre de contaminación, en ese preciso momento el detector debe marcar cero en la LCD, y se fue variando la resistencia, hasta lograrlo, luego a pocos metros, se expulsa una fuga de gas natural, prolongándola por menos de 5 segundos, luego 10 segundos y más cercano, y así sucesivamente hasta que se logre el máximo del instrumento de medición con toda la fuga en la corona del sensor, para ello la resistencia que mejor funciona oscila entre 10kΩ y 12 kΩ, tal cual y como explica la hoja de datos del MQ-4.



El desarrollo del dispositivo detector de gas metano ha sido probado en diferentes campos de acción, principalmente en el sector rural de Usme como se mencionó anteriormente, así que se muestra a continuación una tabla con los datos tomados en diferentes zonas.

LUGAR	AGENTE EMISOR	CONCENTRACIÓN (PPM)	
GRANJA EN USME	RUMIANTES (VACAS)	P1: 6850	P2: 8576
HUMEDAL EL BURRO	AGUAS CONTAMINADAS	P1: 5980	P2: 7410
HOGAR	ESTUFA GAS CONVENCIONAL	P1: 9822	P2: 9345
HOGAR	CUARTO VENTILADO	P1: 1370	P2: 935
BOSQUE EN USME	VEGETACIÓN	P1: 2190	P2: 2038

5 Conclusiones

- ✓ La calibración del sensor de gas metano, resulta bastante cuidadosa debido a que la variación en la resistencia de salida del MQ-4, es muy sensible a cambios por voltajes de alimentación, temperatura, y hasta humedad, así que las pruebas debieron ser comparativas con otro sensor de metano, y demás datos de los niveles de partes por millón de CH₄ en varios lugares específicos, como una estufa, un basurero, el aire libre, y un humedal, de tal manera que se comprueban los datos entregados tanto en LCD como en Java, siendo eso si una aproximación muy cercana.
- ✓ El sensor MQ-4 puede llegar a ser la herramienta mas importante del proyecto en general, y fue escogido entre otros 2 sensores que capturan variación en presencia

del gas metano, como lo son el TGS2611-E00, componente que tiene una salida digital, pero su búsqueda hace que sea descartado, por no encontrarse en el país, el otro sensor no se escoge por tener características similares al MQ-4, pero a un costo más elevado. Así que el MQ-4, es implementado para el detector de gas metano, por costo, montaje, funcionamiento e información.

- ✓ El entorno de desarrollo NetBeans permite el uso de varias herramientas útiles para la creación de la aplicación de los niveles de contaminación por causa del gas metano. Este software facilita muchas cosas a la hora del manejo de la aplicación, por tener varias opciones en la construcción de la interfaz gráfica, además de poseer librerías necesarias para la comunicación entre el PIC y el PC las cuales agilizan la programación y disminuyen los problemas causados por compatibilidad entre los dispositivos utilizados
- ✓ La funcionalidad de la LCD para la muestra de datos en tiempo real, hacen que el usuario del detector de gas metano se vea beneficiado por recibir información de manera instantánea, y así realizar una búsqueda más sencilla del gas contaminante, el cual puede variar de manera muy rápida, desde una ubicación de alrededor 1 metro radial, a otro, con esto la LCD hace parte fundamental del proyecto en la parte práctica.
- ✓ El Universal serial bus gracias a su estandarización lo podemos encontrar en cualquier computador y no tener problema para conectar el dispositivo debido a que poco a poco el puerto serial ha ido desapareciendo en los computadores. Gracias a esto nos facilita la conexión con computadores portátiles para manejar el dispositivo y ver el almacenamiento de datos en el computador.

- ✓ El gas metano puede ser encontrado en partes donde no se espera su presencia, y no solo es un gas contaminante, sino que es tóxico, y también inflamable, por otro lado podría llegar a representar una fuente de energía alternativa para granjas, vertederos de basura, sembrados de arroz, y sectores ganaderos, haciendo del metano un componente versátil desde el punto en que se le observe; el detector de gas metano, ayuda a la búsqueda y reconocimiento de lugares donde existe, y se puede llegar a consolidar como una herramienta básica para nuevas tecnologías en el sector energético, y por supuesto en la lucha contra el cambio climático.

Referencias

- [1] Tú Impacto.2003 ¿Cuáles son las principales fuentes emisoras de gas metano? Disponible: <http://www.tuimpacto.org/origen-del-metano.php>.
- [2] 5Hertz Electronica. Sensor de gas metano Disponible: <http://www.5hz-electronica.com/sensordegasmetano-mq-4.aspx>.
- [3] Fernando Cereijo Martín (Asturias) - España. Electrónica Unicrom. Controladores y microcontroladores Disponible: http://www.unicrom.com/Tut_PICs1.asp
- [4] Disca. Modulo visualización LCD. Disponible en: <http://www.disca.upv.es/aperles/web51/modulos/modulo6/modulo6.html>.
- [5] Wikipedia Enciclopedia libre. Universal Serial Bus Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus.
- [6] Oñativia, Gerónimo Isidro. Universidad Nacional de Tucumán – Facultad de Ciencias Exactas – Ingeniería en Computación. desarrollos@divideandconquer.com.ar www.divideandconquer.com.ar jPicUSB: Clase Java para comunicación USB con PICs usando API de Microchip Disponible: http://www.edutecne.utn.edu.ar/microcontrol_congr/comunicaciones/JPICUS.PDF
- [7] Wikipedia Enciclopedia Libre NetBeans Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/NetBeans>.
- [8] Medida del Metano, media global e índice de crecimiento global, NOAA-2006, National Oceanic and atmospheric Administration U.S <http://www.nesdis.noaa.gov/>
- [9] Informe de avance, programa distrital frente al cambio climático, secretaría distrital de ambiente Bogota 2011, http://www.ambientebogota.gov.co/es/c/document_library/get_file?uuid=d3e6b6be-ecf2-4ee2-a9a8-9a403c7243af&groupId=10157

