



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
MEDICIÓN ELECTRÓNICO DE GASES CONTAMINANTES Y  
CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN DOS LUGARES DE LA  
CIUDAD DE LATACUNGA UTILIZANDO UN SISTEMA DE  
TRANSMISIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA ZIGBEE”

GUAGCHINGA MORENO LEOPOLDO VINICIO  
GUAMANÍ MENA EDUARDO MARCELO

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

INGENIERO ELECTRÓNICO EN INSTRUMENTACIÓN

Año 2012

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, LEOPOLDO VINICIO GUAGCHINGA MORENO,  
EDUARDO MARCELO GUAMANÍ MENA,

### **DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN ELECTRÓNICO DE GASES CONTAMINANTES Y CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN DOS LUGARES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA UTILIZANDO UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA ZIGBEE” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 6 de Noviembre del 2012.

---

Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno.

CC: 050323918-8

---

Eduardo Marcelo Guamaní Mena.

CC: 050306216-8

## **CERTIFICADO**

ING. EDDIE GALARZA (DIRECTOR)

ING. DAVID RIVAS (CODIRECTOR)

### **CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN ELECTRÓNICO DE GASES CONTAMINANTES Y CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN DOS LUGARES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA UTILIZANDO UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA ZIGBEE”, realizado por los señores: Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno y Eduardo Marcelo Guamaní Mena, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que cooperara a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Se autoriza los señores: Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno y Eduardo Marcelo Guamaní Mena que lo entregue al Ing. Eddie Galarza, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, 6 de Noviembre del 2012.

---

Ing. Eddie Galarza.

DIRECTOR

---

Ing. David Rivas.

CODIRECTOR

## **AUTORIZACIÓN**

Nosotros, LEOPOLDO VINICIO GUAGCHINGA MORENO,  
EDUARDO MARCELO GUAMANÍ MENA,

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN ELECTRÓNICO DE GASES CONTAMINANTES Y CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN DOS LUGARES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA UTILIZANDO UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA ZIGBEE”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 6 de Noviembre del 2012.

---

Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno.

CC: 050323918-8

---

Eduardo Marcelo Guamaní Mena.

CC: 050306216-8

## **DEDICATORIA**

Dedico con mucho afecto y cariño el presente trabajo a mis queridos padres Luis Guagchinga y Susana Moreno, quienes constituyen el pilar fundamental de mi vida y han estado siempre presentes para ver por mi bienestar y educación.

A mis hermanas Katheryn y Yulisa que siempre me brindaron su cariño y comprensión, también a mis abuelitos Manuel Guagchinga y Humberto Moreno que ya no están con nosotros pero que desde el cielo me protegen.

A toda mi familia y amigos que de una u otra manera colaboraron en toda esta etapa de mi vida, que sepan que siempre los llevare en el corazón.

*Leopoldo*

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres Jorge y Carmen, por brindarme su amor y su apoyo en todo momento de mi vida, por la dedicación y esfuerzo que hicieron para poder regalarme una excelente educación y por todos los valores morales que me inculcaron para mi formación personal.

A mi hermano Ismael por el cariño y aprecio que me brinda, por los consejos durante mi etapa estudiantil, por la exigencia para la culminación de este proyecto y por el apoyo para mi crecimiento y mi bienestar profesional.

A toda mi familia que me aconsejaron, apoyaron y guiaron en todas las etapas de mi vida.

A todos mis amigos porque siempre están cerca de mí, brindándome su amistad, compartiendo conmigo las alegrías y siendo una fuente de apoyo en mi vida.

*Eduardo*

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos dar nuestros más sinceros agradecimientos primero a Dios y a la Virgen María por habernos dado la salud y bienestar para culminar una etapa más de nuestra formación personal.

A nuestros queridos padres que con su amor y sacrificio nos heredaron la mejor educación y nos supieron guiar por el camino correcto, a cada una de nuestras familias que nos apoyan y siempre están junto a nosotros.

A todos los docentes de la Carrera de Electrónica e Instrumentación en especial a los Ingenieros Eddie Galarza y David Rivas que nos ayudaron a culminar de la mejor manera el presente trabajo.

Igualmente a todos nuestros amigos con los que compartimos buenos y malos momentos, brindándonos su amistad incondicional.

*Leopoldo*

*Eduardo*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	i
CERTIFICADO .....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	vi
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>1</b>
1.1. Contaminación del aire .....	1
1.1.1. Contaminantes sólidos del aire.....	1
1.1.2. Contaminantes gaseosos del aire.....	2
1.1.3. Fuentes de contaminación .....	5
1.2. El ruido.....	6
1.2.1. Diferencia entre ruido y sonido.....	6
1.2.2. Tipos de ruidos .....	7
1.2.3. Fuentes de ruido .....	8
1.2.4. Características del ruido.....	9
1.2.5. Contaminación acústica y salud humana .....	9
1.2.6. Valores en decibeles (dB) de los sonidos más comunes .....	10
1.3. Sensor.....	12
1.3.1. Tipos de sensores para el monitoreo de gases.....	12
1.4. ZigBee .....	15
1.4.1. Características .....	15
1.4.2. Tipos de Dispositivos .....	16
1.4.3. Estructura .....	17
1.4.4. Topología .....	18
1.4.5. Aplicaciones .....	20



1.4.6. Comparación con otras tecnologías inalámbricas .....	21
1.5. Microcontrolador.....	21
1.5.1. Componentes .....	22
1.5.2. Arquitectura interna .....	23
1.6. Tarjetas de memorias flash.....	24
1.6.1. Tipos de memorias .....	25
1.7. Interfaz gráfica .....	26
1.7.1. Funciones de una interfaz gráfica .....	27
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>29</b>
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>29</b>
2.1. Introducción .....	29
2.2. Descripción del funcionamiento del sistema de medición .....	30
2.3. Selección de componentes .....	31
2.3.1. Microcontrolador ATMEGA644 .....	31
2.3.2. Sensor de CO (MQ-7) .....	33
2.3.3. Sensor de CO2 (MG-811) .....	35
2.3.4. Módulo Zigbee XBP24BZ7 .....	37
2.3.5. Micrófono Electret HMC10A .....	38
2.4. Diseño de Hardware .....	40
2.4.1. Sensor MQ-7 .....	40
2.4.2. Sensor MG-811 .....	41
2.4.3. Medidor de ruido.....	41
2.4.4. Adquisición, visualización y almacenamiento de datos.....	44
2.4.5. Transmisión y recepción de datos .....	46
2.4.6. Esquema general del sistema .....	47
2.5. Implementación del Hardware .....	48
2.6. Diseño del Software .....	51
2.7. Configuración de los dispositivos Xbee Pro .....	56
2.7.1. Configuración como Coordinador.....	57
2.7.2. Configuración como End Device .....	58

2.8. Diseño de la Interfaz Gráfica .....	60
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>64</b>
<b>PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
3.1. Generalidades .....	64
3.2. Pruebas experimentales .....	64
3.2.1. Reconocimiento de la tarjeta SD .....	64
3.2.2. Actualización de fecha y hora .....	64
3.2.3. Reconocimiento del puerto serial de la PC .....	65
3.2.4. Recepción de datos en LabVIEW .....	65
3.2.5. Medición de ruido .....	66
3.2.6. Medición de CO y CO <sub>2</sub> .....	66
3.3. Análisis de resultados.....	66
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>80</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
4.1. Conclusiones .....	80
4.2. Recomendaciones.....	82
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Comparación de tecnologías inalámbricas.....	21
Tabla 1.2. Características de los tipos de tarjetas de memorias flash. ....	26
Tabla 2.1. Especificaciones técnicas del sensor MQ-7.....	34
Tabla 2.2. Especificaciones técnicas del sensor MG-811.....	36
Tabla 2.3. Especificaciones técnicas del Xbee.....	37
Tabla 2.4. Descripción de pines del Xbee.....	38
Tabla 2.5. Especificaciones técnicas del micrófono. ....	39
Tabla 3.1. Promedio por horas del módulo 1.....	67
Tabla 3.2. Promedios por día del módulo 1. ....	69
Tabla 3.3. Promedios por hora del módulo 2.....	72
Tabla 3.4. Promedios por día del módulo 2. ....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Emisión de bióxido de azufre. ....	2
Figura 1.2. Emisión de monóxido de carbono. ....	3
Figura 1.3. Emisión de dióxido de carbono. ....	4
Figura 1.4. Emisión de óxidos de nitrógeno. ....	4
Figura 1.5. Fuentes de ruido externas. ....	8
Figura 1.6. Fuentes de ruido internas. ....	9
Figura 1.7. Valores en decibeles de los sonidos más comunes. ....	10
Figura 1.8. Sensor electroquímico. ....	12
Figura 1.9. Sensor catalítico de gases combustibles. ....	13
Figura 1.10. Sensores de gas de estado sólido. ....	14
Figura 1.11. Sensores infrarrojos. ....	15
Figura 1.12. Diferentes capas que conforman la arquitectura ZigBee. ....	17
Figura 1.13. Topología de una red en estrella. ....	18
Figura 1.14. Topología de una red en árbol. ....	19
Figura 1.15. Topología de una red en malla. ....	20
Figura 1.16. Aplicaciones ZigBee. ....	20
Figura 1.17. Fabricantes de microcontroladores. ....	22
Figura 1.18. Arquitectura Von Neumann. ....	24
Figura 1.19. Arquitectura Harvard. ....	24
Figura 1.20. Tarjetas de memorias flash. ....	25
Figura 1.21. Ejemplo de una interfaz gráfica. ....	27
Figura 2.1. Diagrama general del sistema. ....	29
Figura 2.2. Diagrama de los módulos de medición. ....	30
Figura 2.3. Tarjeta Xbee Explorer y cable mini USB. ....	31
Figura 2.4. Distribución de pines del Atmega644. ....	32
Figura 2.5. Sensor MQ-7. ....	34
Figura 2.6. Estructura del sensor MQ-7. ....	35
Figura 2.7. Sensor MG-811. ....	35
Figura 2.8. Estructura del sensor MG-811. ....	36

Figura 2.9. Xbee Pro S2B. ....	37
Figura 2.10. Distribución de pines del Xbee.....	38
Figura 2.11. Micrófono Electret HMC10A.....	39
Figura 2.12. Formas de onda de funcionamiento del sensor.....	40
Figura 2.13. Circuito de funcionamiento del sensor MQ-7. ....	41
Figura 2.14. Circuito de funcionamiento del sensor MG-811. ....	41
Figura 2.15. Circuito de alimentación del micrófono. ....	42
Figura 2.16. Circuito preamplificador.....	42
Figura 2.17. Circuito amplificador y seguidor de tensión.....	43
Figura 2.18. Circuito del filtro pasa bajo. ....	43
Figura 2.19. Asignación de pines del microcontrolador para la adquisición, visualización y almacenamiento de datos. ....	44
Figura 2.20. Circuito para la visualización de los datos. ....	45
Figura 2.21. Circuito para el almacenamiento de los datos en una SD.....	45
Figura 2.22. Asignación de pines del dispositivo Xbee al microcontrolador. ....	46
Figura 2.23. Circuito total del sistema de medición.....	47
Figura 2.24. Circuito impreso de la placa. ....	48
Figura 2.25. Distribución de los elementos en la placa.....	49
Figura 2.26. Montaje de los elementos. ....	49
Figura 2.27. Ensamblaje de los elementos en la caja. ....	50
Figura 2.28. Vista inferior del módulo.....	50
Figura 2.29. Vista frontal del módulo. ....	51
Figura 2.30. Entorno de programación Bascom AVR. ....	52
Figura 2.31. Ventana de reconocimiento del puerto COM. ....	56
Figura 2.32. Ventana del estado de la comunicación.....	57
Figura 2.33. Ventana de los parámetros de configuración como coordinador.....	58
Figura 2.34. Ventana de los parámetros de configuración como End Device. ....	59
Figura 2.35. Pantalla principal de la interfaz. ....	60
Figura 3.1. Reconocimiento de la tarjeta SD.....	64
Figura 3. 2. Fecha y hora sin actualizar. ....	65
Figura 3.3. Fecha y hora actualizadas. ....	65

Figura 3.4. Reconocimiento del puerto serial. ....	65
Figura 3.5. Representación gráfica de los valores.....	65
Figura 3.6. Pruebas de medición de ruido.....	66
Figura 3.7. Representación gráfica de los valores del ruido por hora.....	68
Figura 3.8. Representación gráfica de los valores del monóxido de carbono por hora.....	68
Figura 3.9. Representación gráfica de los valores del dióxido de carbono por hora. ....	69
Figura 3.10. Representación gráfica de los valores del ruido por día.....	70
Figura 3.11. Representación gráfica de los valores del monóxido de carbono por día.....	70
Figura 3.12. Representación gráfica de los valores del dióxido de carbono por día. ....	71
Figura 3.13. Representación gráfica de los valores del ruido por hora.....	73
Figura 3.14. Representación gráfica de los valores del monóxido de carbono por hora.....	73
Figura 3.15. Representación gráfica de los valores del dióxido de carbono por hora.....	74
Figura 3.16. Representación gráfica de los valores del ruido por día.....	75
Figura 3.17. Representación gráfica de los valores del monóxido de carbono por día.....	75
Figura 3.18. Representación gráfica de los valores del dióxido de carbono por día. ....	76
Figura 3.19. Niveles de ruido en los dos sectores de medición. ....	76
Figura 3.20. Niveles de monóxido de carbono en los dos sectores de medición..	77
Figura 3.21. Niveles de dióxido de carbono en los dos sectores de medición.....	77
Figura 3.22. Niveles diarios de ruido en los dos sectores de medición. ....	78
Figura 3.23. Niveles diarios de monóxido de carbono en los dos sectores de medición.....	78
Figura 3.24. Niveles diarios de dióxido de carbono en los dos sectores de medición.....	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.- Hoja técnica del sensor MQ-7.....	89
ANEXO B.- Hoja técnica del sensor MG-811.....	92
ANEXO C.- Hoja técnica del módulo XBEE PRO XBP24BZ7.....	94
ANEXO D.- Hoja técnica del microcontrolador ATMAGA644PA.....	97
ANEXO E.- Hoja técnica del micrófono Electret HMC10A.....	120
ANEXO F.- Hoja técnica de la tarjeta Xbee Explorer.....	121
ANEXO G.- Hoja técnica del amplificador operacional AD628.....	123
ANEXO H.- Programación del microcontrolador.....	143
ANEXO I.- Niveles de ruido para fuentes fijas, móviles y vibraciones.....	157
ANEXO J.- Valores de referencia de la calidad de aire exterior.....	159
ANEXO K.- Manual de operación.....	162

## **RESUMEN**

En el presente proyecto se desarrolla e implementa un sistema que permite medir los niveles de los gases contaminantes y la cantidad de ruido sonoro en el ambiente. Se basa en la utilización de sensores de monóxido de carbono, dióxido de carbono, de un medidor del nivel de ruido sonoro y de un microcontrolador para la adquisición de los datos.

El software programado en el microcontrolador se encarga de procesar la información recibida de los sensores para obtener por medio de cálculos los valores correspondientes a cada parámetro de medición, esta información es mostrada a través de una pantalla de LCD y almacenada en una memoria SD. Para la transmisión se utiliza dispositivos de tecnología Zigbee ya que son elementos de bajo costo, bajo consumo de energía, seguros e ideales para el desarrollo de aplicaciones con redes de sensores y también porque es un reto el aprendizaje del funcionamiento de estos dispositivos.

El entorno diseñado para interactuar con el usuario se lo realizó en el software LabVIEW para poder recibir los datos de los sensores, presentarlos de forma gráfica al usuario y almacenarlos en un archivo de Excel.

Finalmente se efectuaron las pruebas de funcionamiento del sistema implementado para determinar el nivel de contaminación existente.



## **ABSTRACT**

In the present project it develops and implements a system that allows to measure the levels of the pollutant gases and the quantity of sonorous noise in the environment. It is based on the utilization of sensors of carbon monoxide, dioxide of carbon, a meter of the level of sonorous noise and of a microcontroller for the acquisition of the information.

The software is programmed in the microcontroller which is the responsible of processing all the information received from the sensors, This signals are calculated to the values corresponding to every parameter of measurement, this information is showed across a screen LCD's and stored in a memory SD. For the transmission a devices of technology Zigbee are used, because they are elements of low cost, under energy consumption, and ideal for the development of applications with networks of sensors and also it is a challenge the learning of the functioning of these devices.

The designed environment for interacting with the user is realized in the software LabVIEW that is able to receive whole the information of the sensors, to present them of graphical form to the user and store them in Excel file.

Finally, the tests of functioning were affected to the system implemented to determine the level of existing pollution.

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 1.1. Contaminación del aire

El aire es la masa gaseosa que constituye la atmósfera, y que forma una capa de protección para los seres vivos. Se considera contaminado cuando sufre los efectos de un contaminante; es decir, cuando contiene cualquier sustancia o materia que por estar dispersa en el aire causa molestias, enfermedades o muerte a las personas, animales y plantas.

El aire, a pesar de ser un recurso tan abundante, ha demostrado a través del tiempo de que no es inagotable. Su estado actual en ciertas zonas, contiene altos niveles de contaminación derivados principalmente del motor de los vehículos, de las industrias y de las actividades mineras, petroleras y agrícolas, de la calefacción doméstica, producción de energía eléctrica, incineración de desechos, uso de aerosoles, incendios, erupciones volcánicas, etc.

#### 1.1.1. Contaminantes sólidos del aire<sup>1</sup>

Uno de los contaminantes sólidos más tóxicos es el plomo, el cual se agrega al petróleo para evitar explosiones durante la combustión de la gasolina. Las fundiciones de este metal, la industria química y los venenos utilizados contra las plagas, aportan también importantes cantidades de este contaminante a la atmósfera.

---

<sup>1</sup> ADAME Aurora, SALÍN Daniel, "Contaminación Ambiental", Editorial Trillas, 1997, pág. 18.

Entre los principales efectos del plomo se hallan los trastornos en el metabolismo celular y las alteraciones en el sistema nervioso central. Además, al depositarse en el agua destruye la vegetación, los peces, los moluscos y las aves marinas.

### **1.1.2. Contaminantes gaseosos del aire<sup>2</sup>**

#### **a. Bióxido de azufre**

El bióxido de azufre es quemado principalmente por automóviles, plantas eléctricas, refinerías y fundiciones. Es el contaminante gaseoso más nocivo para el hombre ya que daña los pulmones y otras partes del sistema respiratorio. Es un potente irritador de los ojos y de la piel; incluso, destruye el esmalte de los dientes. Se le culpa del aumento en el número de casos de asma, catarros crónicos, ahogo, fatiga y cansancio crónico.



**Figura 1.1. Emisión de bióxido de azufre.**

#### **b. Monóxido de carbono (CO)**

Este gas es una combinación de carbono y oxígeno, constituye una porción considerable de los gases emitidos por los vehículos de combustión interna. Se

---

<sup>2</sup> ADAME Aurora, SALÍN Daniel, "Contaminación Ambiental", Editorial Trillas, 1997, pág. 20.

produce cuando la combustión de las sustancias orgánicas es incompleta debido a la insuficiencia de oxígeno.

El monóxido de carbono disminuye la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Esto provoca una sobrecarga en la función bombeadora del corazón, así como un esfuerzo adicional en la función respiratoria, ya que los pulmones deben suministrar a la sangre una mayor cantidad de oxígeno, lo cual puede causar desde lesiones incurables hasta la muerte.



**Figura 1.2. Emisión de monóxido de carbono.**

### **c. Dióxido de carbono o gas carbónico (CO<sub>2</sub>)**

Este gas es un componente natural de la atmósfera terrestre. Es el producto normal de procesos como la respiración, la descomposición y la combustión de todos los compuestos orgánicos. Sin embargo, el desarrollo agroindustrial y el considerable aumento en la quema de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, han provocado un desequilibrio en el contenido de este gas en el aire, pues los depósitos terrestres no son capaces de absorber el nuevo CO<sub>2</sub> con la misma velocidad con la que el hombre lo está produciendo.



**Figura 1.3. Emisión de dióxido de carbono.**

#### **d. Hidrocarburos y óxidos de nitrógeno**

Los hidrocarburos son combinaciones de carbono e hidrógeno mientras que los óxidos de nitrógeno son combinaciones de nitrógeno y oxígeno. Éstos, junto con el monóxido de carbono, son los contaminantes más frecuentes en la atmósfera.

Estos gases son producto de la combustión incompleta en estufas, hornos y quemadores; sin embargo, su fuente principal son los motores de automóviles.



**Figura 1.4. Emisión de óxidos de nitrógeno.**

#### **e. Ozono**

El ozono es un gas muy complejo que se encuentra en las capas altas de la atmósfera. Se forma cuando una masa de oxígeno se somete a una alta cantidad de

energía eléctrica. Este gas tiene la capacidad de absorber la radiación ultravioleta proveniente del Sol, impidiendo que ésta llegue en exceso a los seres vivos, lo cual es muy importante si tomamos en cuenta que dicha radiación provoca en el hombre graves enfermedades de la piel, así como serios daños en plantas y animales.

### **1.1.3. Fuentes de contaminación<sup>3</sup>**

#### **a. Fuentes naturales**

Una erupción volcánica emite partículas y contaminantes gaseosos, tales como dióxido de azufre, ácido sulfhídrico y metano. Los incendios forestales se clasifican como fuentes naturales, aunque puedan ser originados por actividades humanas. En este caso se genera gran cantidad de contaminantes en forma de humo como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y cenizas.

#### **b. Fuentes antropogénicas<sup>4</sup>**

Se dividen en fuentes móviles y fijas. Las móviles incluyen vehículos, aviones, barcos y trenes. Las fijas incluyen plantas energéticas comerciales y domésticas, refinerías e industrias de proceso.

Las fuentes que involucran una combinación de fuentes móviles y fijas, como son las zonas urbanas, se denominan fuentes compuestas. Aquellas que representan una concentración apreciable de fuentes móviles relacionadas con su operación se denominan fuentes indirectas, entre las cuales están carreteras, centros comerciales y complejos deportivos entre otros.

---

<sup>3</sup> GUTIÉRREZ H., ROMIEU I., COREY G., FORTOUL T., "Contaminación del aire; Riesgos para la salud", Editorial El Manual Moderno, 1997, pág. 11.

<sup>4</sup> El término antropogénico se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas.

### **c. Fuentes interiores**

Entre las fuentes internas principales de contaminación no industrial, se encuentran:

- **Combustión.-** Las principales fuentes de combustión en las casas son los equipos de gas, tales como: estufas y hornos, que en general no se ventilan al exterior, por lo cual contribuyen a las concentraciones interiores de monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno.
- **Hábito de fumar.-** El humo del tabaco contiene gran variedad de materiales potencialmente peligrosos y es una fuente importante de contaminación en los interiores.

### **d. Otras fuentes**

Las emisiones procedentes de las pinturas son también fuentes de emisión de productos orgánicos. Otras actividades además pueden producir vapores metálicos y partículas respirables (trabajos con soldadura y metales).

## **1.2. El ruido**

El ruido es simplemente todo lo que oímos y subjetivamente podríamos definirlo como un sonido desagradable o indeseado. Técnicamente, el ruido es el resultado de la combinación de sonidos de una sola frecuencia o tonos puros.<sup>5</sup>

### **1.2.1. Diferencia entre ruido y sonido**

El sonido es la vibración mecánica de las moléculas de un gas, de un líquido o de un sólido que se propaga en forma de ondas, y que es percibido por el oído

---

<sup>5</sup> SETO William, "Acústica", Editorial McGraw Hill, 1973, pág. 139.

humano; mientras que el ruido es todo sonido no deseado, que produce daños fisiológicos y/o psicológicos.

La intensidad del sonido se mide con un sonómetro y la unidad de intensidad del sonido es el decibel (dB).

### **1.2.2. Tipos de ruidos<sup>6</sup>**

A continuación se presentan los diferentes tipos de ruidos, con sus principales características:

#### **a. Ruido continuo**

Se presenta cuando el nivel de presión sonora es prácticamente constante durante el periodo de observación. Por ejemplo: el ruido de un motor eléctrico.

La amplitud de la señal, aunque no sea constante siempre mantiene unos valores que no llegan nunca a ser cero o muy cercanos al cero.

#### **b. Ruido intermitente**

Se debe a caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior. El nivel superior debe mantenerse durante más de un segundo antes de producirse una nueva caída. Por ejemplo: el accionar un taladro.

---

<sup>6</sup><http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/HYSI/PROTOCOLO%20DE%20RUIDO1.pdf>



### **c. Ruido de impacto**

Se caracteriza por una elevación brusca de ruido en un tiempo inferior a 35 milisegundos y una duración total de menos de 500 milisegundos. Por ejemplo, arranque de compresores, impacto de carros, cierre o apertura de puertas.

## **1.2.3. Fuentes de ruido**

### **a. Fuentes de ruido externas a la edificación**

Son las que se producen en el exterior de los edificios como: el ruido debido al tráfico vehicular, ruido de tráfico aéreo, ruido debido a las obras públicas, ruido debido a las actividades industriales y ruido debido a los agentes atmosféricos.



**Figura 1.5. Fuentes de ruido externas.**

### **b. Fuentes de ruido internas al edificio**

En el hábitat normal de los seres humanos, así como en los múltiples recintos que se emplean para diferentes funciones (estudios de grabación, teatros, salas de concierto, emisoras de radio, etc.), los seres humanos se comunican a través de la palabra, emitiendo sonidos cuyas características son variables. Las fuentes de

ruido internas se deben al empleo de los edificios, así como de sus servicios e instalaciones.<sup>7</sup>



**Figura 1.6. Fuentes de ruido internas.**

#### **1.2.4. Características del ruido**

- Es el contaminante más barato.
- Es fácil de producir y necesita muy poca energía para ser emitido.
- Es complejo de medir y cuantificar.
- Se percibe por el oído.
- Afecta a un entorno limitado a la proximidad de la fuente sonora.
- Los efectos perjudiciales no son inmediatos.
- Es un mal inevitable por el resultado del desarrollo y del progreso de la sociedad.

#### **1.2.5. Contaminación acústica y salud humana**

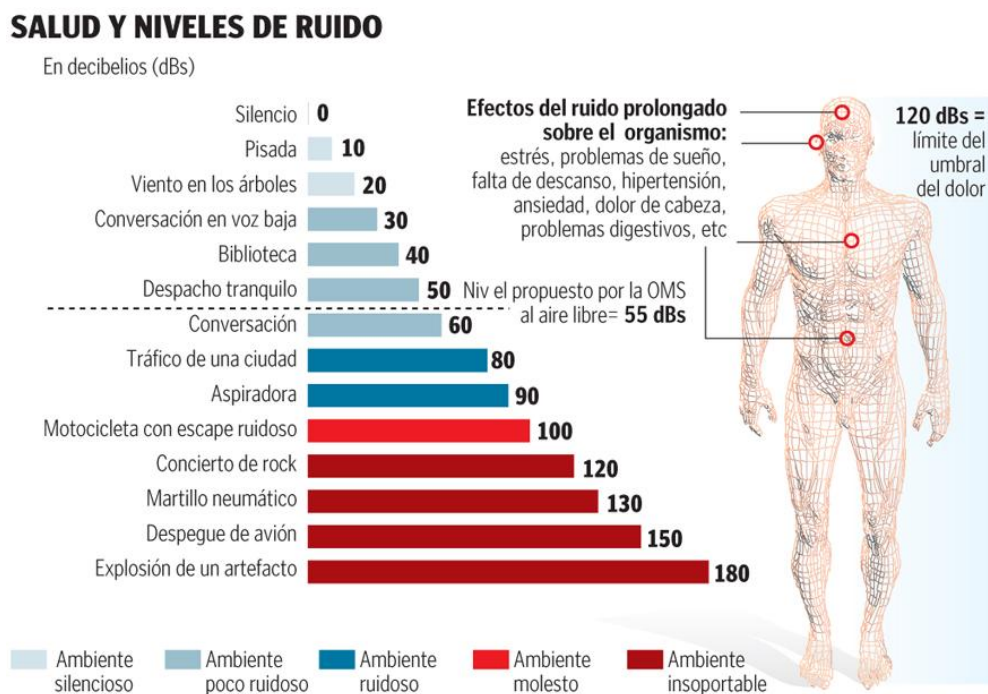
Las vibraciones y el ruido pueden generar efectos crónicos sobre los vasos sanguíneos y capilares y dependerán del tipo de exposición medioambiental, aunque generalmente guardan más relación con ciertos ambientes laborales. Es necesaria pues su valoración, para instaurar medidas preventivas que protejan la salud de las personas.

---

<sup>7</sup> LÓPEZ Manuel, “Ingeniería Acústica”, Editorial Paraninfo, 2000, pág. 386.

El ruido afecta el estudio, trabajo, el sueño y la recreación, también causa fatiga, irritación, dolor de cabeza y disminuye el apetito. El ruido de alta intensidad puede llegar a producir sordera temporal o permanente. Sicológicamente, produce efectos adversos en la productividad de los trabajadores, disminuye su eficiencia y aumenta la posibilidad para cometer errores producidos por la distracción.

En la figura 1.7, se muestran los valores en dB, producidos por los sonidos más comunes.



**Figura 1.7. Valores en decibeles de los sonidos más comunes.**<sup>8</sup>

### 1.2.6. Valores en decibeles (dB) de los sonidos más comunes

Decibel (décima parte del Bel), razón de energía, potencia o intensidad que cumple con la ecuación 1.1:

<sup>8</sup> <http://www.franmass.com/2011/08/salud-y-niveles-de-ruido.html>

$$\log R = \frac{1}{10} dB \quad [\text{Ec.1.1}]$$

Donde R = razón de energía, potencia o intensidad.

Sin embargo para cualquier sonido se debe indicar el filtro de ponderación frecuencial empleado:

**a. Curva A (dB<sub>A</sub>)**

Mide la respuesta del oído, ante un sonido de intensidad baja. Es la más semejante a la percepción logarítmica del oído humano. Se utiliza para establecer el nivel de contaminación acústica y el riesgo que sufre el hombre al ser expuesto a la misma.

**b. Curva B (dB<sub>B</sub>)**

Su función es medir la respuesta del oído ante intensidades medias.

**c. Curva C (dB<sub>C</sub>)**

Mide la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad y también se utiliza para medir los sonidos más graves.

**d. Curva D (dB<sub>D</sub>)**

Se utiliza para determinar el nivel de ruido generado por los aviones.

**e. Curva U (dB<sub>U</sub>)**

Es utilizada para medir ultrasonidos, no audibles por los seres humanos.

### 1.3. Sensor

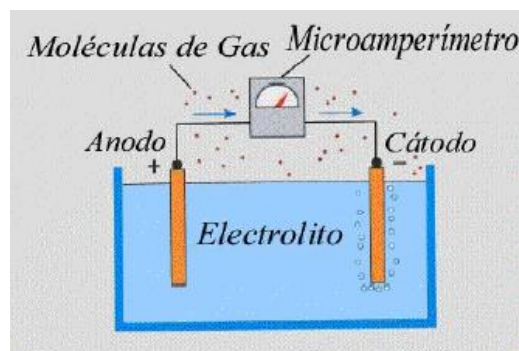
Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc.

#### 1.3.1. Tipos de sensores para el monitoreo de gases<sup>9</sup>

##### a. Sensores electroquímicos

Consiste en un electrodo sensor (cátodo) y un contra electrodo (ánodo) separados por una delgada capa de electrolito. El gas que entra en contacto con el sensor reacciona sobre la superficie del electrodo sensor generando una reacción de oxidación o reducción. Los materiales del electrodo, catalizan estas reacciones y una corriente proporcional a la concentración de gas es generada, la que puede ser medida para determinar la concentración de gas.



**Figura 1.8. Sensor electroquímico.**

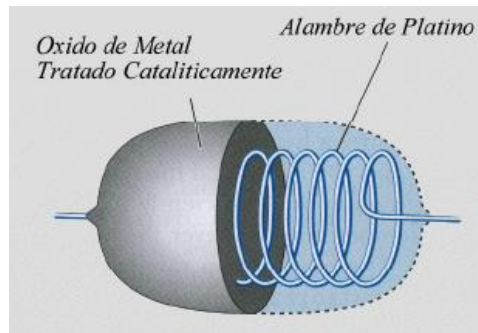
<sup>9</sup> <http://www.atsintech.com/tablas/ISTBook.pdf>

### Características

- Bajo consumo de energía.
- Buena sensibilidad.
- Son bastante selectivos al gas para el cual fueron diseñados.
- La expectativa de vida es uno a tres años.

#### b. Sensores catalíticos de gases combustibles

Una mezcla combustible de gases se quemará cuando alcance la temperatura de ignición, en presencia de materiales catalíticos el gas empezará a quemarse a temperaturas más bajas. Un alambre de platino en espiral es recubierto con un óxido metálico tratado catalíticamente, en presencia de gases combustibles las moléculas de gas se queman sobre la superficie del sensor, lo cual causa que la temperatura del sensor se incremente. El cambio de temperatura altera la resistencia del alambre de platino, que es conectado a un circuito de puente Wheatstone que produce una señal proporcional a la concentración del gas.



**Figura 1.9. Sensor catalítico de gases combustibles.**

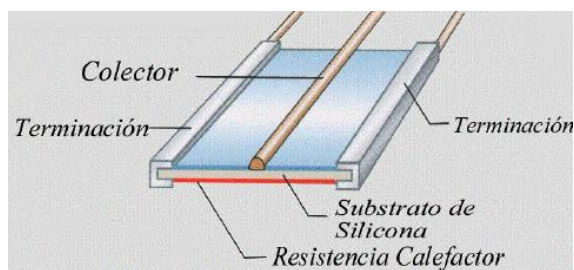
### Características

- Se usa para medir gases de hidrocarburos.
- Expectativas de vida de uno a dos años.
- La respuesta es diferente para distintos hidrocarburos.
- La salida es directamente proporcional a la concentración de gas.

### c. Sensores de gas de estado sólido

Se compone de uno o más óxidos metálicos, estos óxidos están preparados y procesados en una pasta usada para formar un sensor en forma de burbuja. Un calefactor se inserta en el sensor para mantenerle a una temperatura óptima para la detección del gas.

En presencia de un gas, el óxido metálico causa una disociación del gas en iones cargados o complejos, resultando la transferencia de electrones. Un par de electrodos apropiados se insertan en el óxido metálico, para medir sus cambios de conductividad en forma de señal.



**Figura 1.10. Sensores de gas de estado sólido.**

### Características<sup>10</sup>

- Detectan cientos de gases en una variedad de rangos.
- Tiene una expectativa de vida superior a los 10 años.
- Construcción robusta para resistir golpes y vibraciones.

### d. Sensores infrarrojos

Los gases cuyas moléculas tienen dos o más átomos distintos, absorben la radiación infrarroja, esta energía absorbida causa que se incremente la temperatura de las moléculas de gas. El cambio de temperatura se mide como una concentración de gas.

<sup>10</sup> <http://www.atsintech.com/tablas/ISTBook.pdf>



**Figura 1.11. Sensores infrarrojos.**

### **Características**

- Puede estar expuesto a altas concentraciones de gas.
- No se queman, ni se alteran debido a una prolongada exposición al gas.
- Son ideales para aplicaciones de altas concentraciones de hidrocarburos.

### **1.4. ZigBee**

Es una tecnología de comunicación inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.15.4, que tiene como propósito lograr comunicaciones seguras y fiables con bajo consumo de energía.

#### **1.4.1. Características**

- Trabaja en las frecuencias de 2.4GHz, 868MHz y 915MHz.
- Velocidad de transmisión de 250 Kbps.
- Una red ZigBee soporta hasta 255 nodos.
- Baja tasa de transferencia de datos.
- Bajo ciclo de trabajo que prolonga la duración de la batería.
- Funciona en topología árbol, estrella o malla.
- Son baratos y de construcción sencilla.



### **1.4.2. Tipos de Dispositivos**

Según su papel en la red:

#### **a. Coordinador ZigBee (ZC)**

Hay uno por red, que no depende de la topología utilizada. Es el encargado de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para comunicarse entre ellos.

#### **b. Router ZigBee (ZR)**

Conecta dispositivos separados en la topología de la red y se asocia con el coordinador de la red o con otro router. Es capaz de dirigir los mensajes entre dispositivos y el router no puede estar en estado de sleep.

#### **c. Dispositivo final (ZED)**

Se comunica con un coordinador o un router, pero no logra transmitir información destinada a otros dispositivos. Este dispositivo final puede estar en modo sleep para aumentar la vida de sus baterías.

En base a su funcionalidad:

#### **a. Dispositivo de funcionalidad completa (FFD)**

Recibe mensajes en formato del estándar 802.15.4. Puede funcionar como coordinador o router y también es usado en dispositivos de red que actúen de interface con los usuarios.

## b. Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD)

Su capacidad y funcionalidad son limitadas para conseguir un bajo costo y una gran simplicidad. Esencialmente, son los sensores y actuadores de la red.

### 1.4.3. Estructura

Las dos primeras capas son la física y la de acceso al medio (MAC) que están definidas por el estándar IEEE 802.15.4. Las siguientes dos capas son la de red y de aplicación.



**Figura 1.12. Diferentes capas que conforman la arquitectura ZigBee.**<sup>11</sup>

- La capa física y la capa de acceso al medio proporcionan los servicios de transmisión de datos.

<sup>11</sup> <http://www.monografias.com/trabajos61/zigbee-estandar-domotico-inmotica/zigbee-estandar-domotico-inmotica2.shtml>

- La capa de red es la encargada de iniciar y unirse a la red, dirigir datos a otros nodos, garantizar la entrega de la información al destinatario final, filtrar los datos recibidos, cifrarlos y validarlos.
- La capa de aplicación está en el nivel más alto y se encarga de definir el papel del dispositivo en la red, si actuará como coordinador, router o dispositivo final.

#### 1.4.4. Topología<sup>12</sup>

Existen tres tipos de topologías:

##### a. Topología en estrella

El coordinador está en el centro, los otros dispositivos como los routers y los dispositivos finales, son controlados por el coordinador el que les indica el momento en que pueden transmitir, mediante un mecanismo de señalización.



**Figura 1.13. Topología de una red en estrella.**

<sup>12</sup> [http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe\\_ZigBee.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe_ZigBee.pdf)

### b. Topología en árbol

Los dispositivos finales pueden unirse unos con otros por medio de routers, los mismos que tienen dos funciones:

- Aumentar el número de nodos.
- Ampliar físicamente el rango de alcance de la red.

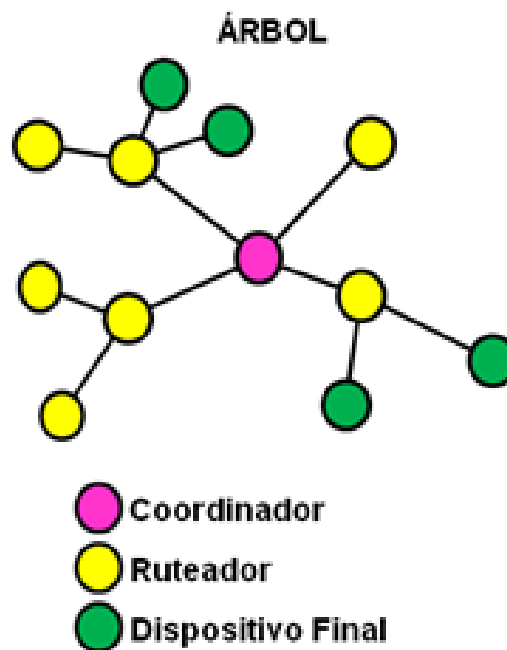
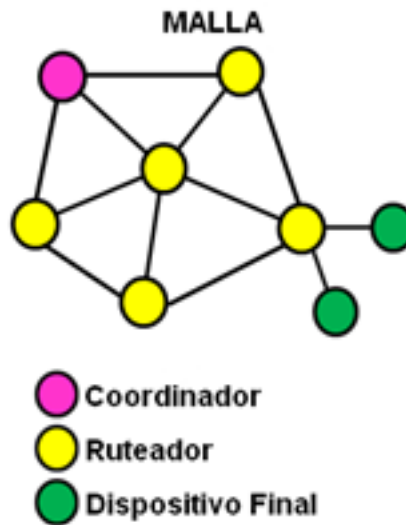


Figura 1.14. Topología de una red en árbol.

### c. Topología en malla

Los routers pueden comunicarse entre sí y sirven para unir a los dispositivos finales.



**Figura 1.15. Topología de una red en malla.**

### 1.4.5. Aplicaciones

Se utiliza en aplicaciones donde se requiere baja transmisión de datos y poco consumo energético como domótica, control industrial, biomédica, automatización, etc.



**Figura 1.16. Aplicaciones ZigBee.<sup>13</sup>**

<sup>13</sup> <http://puntovisualtech.blogspot.com/2010/11/tecnologia-zigbee.html>

#### 1.4.6. Comparación con otras tecnologías inalámbricas

En la tabla 1.1 se muestra la comparación con otras tecnologías de red como Bluetooth y Wi- Fi.

**Tabla 1.1. Comparación de tecnologías inalámbricas.<sup>14</sup>**

	<b>Wi – Fi</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>ZigBee</b>
<b>Bandas de frecuencias</b>	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz, 868MHz, 915MHz
<b>Tasa de transferencia</b>	11Mbps	1Mbps	250kbps (2.4GHz) 40kbps (915MHz) 20kbps (868MHz)
<b>Números de dispositivos</b>	32	8	255 / 65535
<b>Aplicaciones</b>	Edificio con internet adentro	Computadoras y teléfonos	Control de bajo costo y monitoreo
<b>Consumo de potencia</b>	400mA transmitiendo, 20mA en reposo	40mA transmitiendo, 0.2mA en reposo	30mA transmitiendo, 3mA en reposo
<b>Precio</b>	Costoso	Accesible	Bajo
<b>Complejidad</b>	Complejo	Complejo	Simple

#### 1.5. Microcontrolador<sup>15</sup>

Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador y que se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada.

<sup>14</sup><http://www.monografias.com/trabajos61/zigbee-estandar-domotico-inmotica/zigbee-estandar-domotico-inmotica2.shtml>

<sup>15</sup> ANGULO José, ANGULO Ignacio, "Microcontroladores PIC", Editorial McGraw Hill, 2003, pág. 1.

Su memoria sólo es capaz de ejecutar un programa para una aplicación determinada, tiene líneas de entrada y salida donde se conectan los sensores y actuadores respectivamente.



**Figura 1.17. Fabricantes de microcontroladores.**

### **1.5.1. Componentes**

Un microcontrolador posee los siguientes componentes:

#### **a. El procesador**

Es lo más importante del microcontrolador, direcciona la memoria de instrucciones, recibe el código de la instrucción y ejecuta la operación que implica dicha instrucción.

#### **b. Memoria**

Tiene dos tipos de memoria, la no volátil tipo ROM en la que está el programa de instrucciones de la aplicación y la volátil tipo RAM en donde se guarda las variables y los datos.

#### **c. Las líneas de entrada y salida (E/S)**

Están destinadas a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

#### **d. Recursos auxiliares**

- **Circuito de reloj.-** Genera los pulsos que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- **Temporizadores.-** Destinados a controlar tiempos.
- **Perro guardián (watchdog).-** Provoca un reinicio cuando el programa queda bloqueado.
- **Conversores analógico/digital (A/D) y digital/analógico (D/A).-** Para recibir y enviar señales analógicas.
- **Comparadores analógicos.-** Verifica el valor de una señal analógica.
- **Protección ante fallos de la alimentación.-** Es un circuito que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación es inferior a un voltaje mínimo.
- **Estado de reposo.-** Para reducir el consumo de energía.

#### **1.5.2. Arquitectura interna<sup>16</sup>**

##### **a. Arquitectura Von Neumann**

Posee una memoria central donde se encuentran los datos e instrucciones de forma separada. Tiene un solo sistema de buses para acceder a la memoria.

---

<sup>16</sup> CORRALES Santiago, "Electrónica Práctica con Microcontroladores PIC", Editorial Imprenta Gráfica, 2006, pág. 11.





Figura 1.18. Arquitectura Von Neumann.<sup>17</sup>

### b. Arquitectura Harvard

Tiene dos memorias independientes, la una para instrucciones y otra para los datos. Cada memoria dispone de un sistema de buses de acceso.



Figura 1.19. Arquitectura Harvard.<sup>18</sup>

### 1.6. Tarjetas de memorias flash

Son de tipo no volátil, que sirve para almacenar información y que son usadas en celulares, electrodomésticos, cámaras de fotos digitales, reproductores de audio y video, entre otros. Además son resistentes a los golpes, de bajo consumo y livianos.

<sup>17</sup> <http://perso.wanadoo.es/pictob/microprg.htm>

<sup>18</sup> <http://perso.wanadoo.es/pictob/microprg.htm>



**Figura 1.20. Tarjetas de memorias flash.**

### **1.6.1. Tipos de memorias**

Los formatos más comunes de tarjetas de memorias son:

- Compact Flash
- Secure Digital (llamadas tarjetas SD)
- Memory Stick
- Smart Media
- MMC (Multimedia Card)
- XD Picture Card

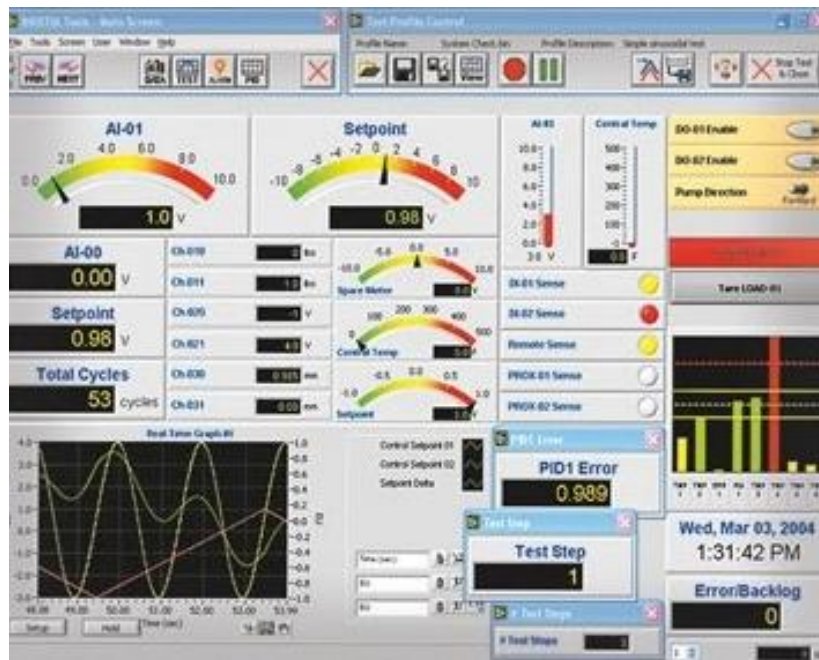
**Tabla 1.2. Características de los tipos de tarjetas de memorias flash.<sup>19</sup>**

	<b>Dimensiones (mm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Número de conectores</b>	<b>Velocidad de transferencia</b>	<b>Capacidad máxima</b>
<b>Compact Flash type I</b>	43 x 36 x 3,3	3,3	50	20 Mb/s	128 Gb
<b>Compact Flash type II</b>	43 x 36 x 5	4	50	20 Mb/s	12 Gb
<b>Smart Media</b>	37 x 45 x 0,8	2	22	2 Mb/s	128 Mb
<b>MMC</b>	24 x 32 x 1,4	1,3	7	20 Mb/s	8 Gb
<b>MMC Plus</b>	24 x 32 x 1,4	1,3	7	52 Mb/s	4 Gb
<b>RS-MMC MMC Mobile</b>	24 x 16 x 1,4	1,3	13	8 Mb/s	2 Gb
<b>MMC Micro</b>	14 x 12 x 1,1	< 1	13		2 Gb
<b>Memory Stick Standard, Pro</b>	21,5 x 50 x 2,8	4	10	2 Mb/s	128 Mb
<b>Memory Stick Duo, Pro Duo</b>	20 x 31 x 1,6	2	10	20 Mb/s	16 Gb
<b>Memory Stick Pro-HG</b>	20 x 31 x 1,6	2	10	60 Mb/s	32 Gb
<b>Memory Stick Micro M2</b>	12,5 x 15 x 1,2	2	10	20 Mb/s	8 Gb
<b>SD</b>	24 x 32 x 2,1	2	9	20 Mb/s	32 Gb
<b>mini SD</b>	20 x 21,5 x 1,4	1	11	12 Mb/s	4 Gb
<b>micro SD</b>	15 x 11 x 1	0,3	8	10 Mb/s	12 Gb
<b>XD</b>	25 x 20 x 1,8	2,8	18	9 Mb/s	2 Gb

### **1.7. Interfaz gráfica**

Se le conoce como interfaz gráfica de usuario, que es un programa informático que actúa con el usuario, utilizando imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz.

<sup>19</sup> <http://es.kioskea.net/contents/pc/cartes-memoire-flash.php3>



**Figura 1.21. Ejemplo de una interfaz gráfica.**

La interfaz gráfica se diseña de acuerdo a las necesidades requeridas y gracias a esto se puede ver todo tipo de señales y datos necesarios para la interpretación de la aplicación.<sup>20</sup>

### **1.7.1. Funciones de una interfaz gráfica**

#### **a. Monitoreo**

Muestra datos del proceso en tiempo real, estos datos se indican con números, textos o gráficos para poder interpretarlos.

#### **b. Supervisión**

Permite revisar las condiciones del proceso desde la computadora.

<sup>20</sup> MÁNUEL A., BIEL D., OLIVÉ J., PRAT J., SÁNCHEZ F., "Instrumentación Virtual", Editorial Alfaomega, 2002, pág. 228

**c. Alarmas**

Es para reconocer eventos extraños dentro del proceso y son reportadas de acuerdo a los límites de control preestablecidos.

**d. Control**

Permite ajustar los valores del proceso y mantenerlos dentro de los límites establecidos.

**e. Históricos**

Es la capacidad de mostrar y almacenar los datos del proceso en un determinado tiempo.

## CAPÍTULO 2

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

#### 2.1. Introducción

En el presente capítulo se describe las especificaciones tanto de hardware como de software para el desarrollo de la aplicación, así como también el diseño y la implementación de la circuitería electrónica, además se considera la interconexión de los diferentes dispositivos electrónicos involucrados en la aplicación tomando en cuenta la capacidad de cada elemento.

El sistema consta de dos módulos de medición configurados como End Device y un módulo central configurado como Coordinador, los módulos de medición adquieren los datos por medio de sensores y transmiten los mismos a través de dispositivos Zigbee. El módulo central se encarga de recibir la información y enviarla al computador.

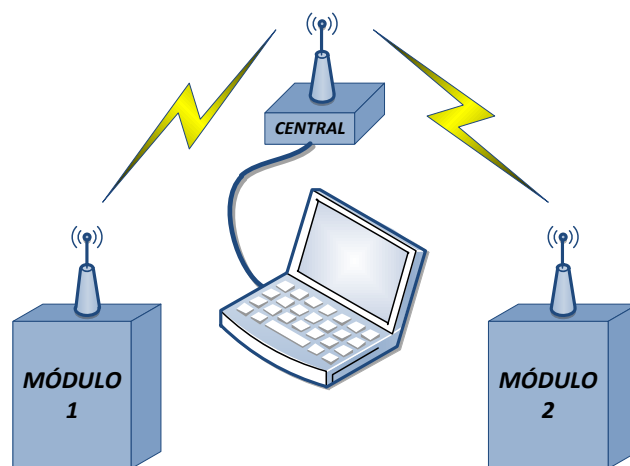


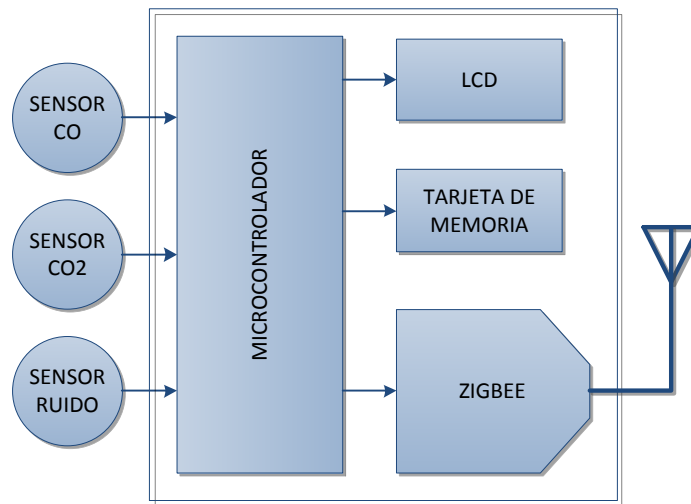
Figura 2.1. Diagrama general del sistema.

## 2.2. Descripción del funcionamiento del sistema de medición

Es un sistema que permite medir los niveles de los gases contaminantes y la cantidad de ruido sonoro en el ambiente, está compuesto por dos módulos fijos llamados módulo 1 y módulo 2, además de un módulo móvil.

Cada módulo fijo se basa en la utilización de sensores de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), además poseen un medidor del nivel de ruido sonoro; las señales generadas están acondicionadas para que el microcontrolador las adquiera con precisión.

Los datos que adquiere el microcontrolador son visualizados en un LCD y es transmitida mediante dispositivos ZigBee a una central de monitoreo, además como respaldo de esta información se almacena en una memoria SD.



**Figura 2.2. Diagrama de los módulos de medición.**

El módulo central se encarga de recibir los datos transmitidos por los módulos 1 y 2, para almacenarlos y presentarlos de forma gráfica al usuario. Para este módulo se utilizó la tarjeta Xbee Explorer y el cable mini USB para comunicar el computador con el dispositivo Xbee.



**Figura 2.3. Tarjeta Xbee Explorer y cable mini USB.**

### **2.3. Selección de componentes**

El proyecto desarrollado utiliza los siguientes dispositivos electrónicos:

#### **2.3.1. Microcontrolador ATMEGA644<sup>21</sup>**

Para la elección del microcontrolador empleado en el proyecto, se han analizado varios modelos de diferentes fabricantes. Dicha elección se ha basado en las especificaciones necesarias para el correcto funcionamiento del proyecto.

Por lo que se ha seleccionado el microcontrolador ATMEGA644 de la marca Atmel y que posee las siguientes características:

##### **a) Arquitectura RISC avanzada**

- 131 instrucciones.
- 32 registros de trabajo de 8 bits.

##### **b) Memorias de programa y de datos no volátiles de alta duración**

- 16/32/44K bytes de FLASH auto programable.
- 512B/1K/2K bytes de EEPROM.
- 1/2/4K bytes de SRAM Interna.

---

<sup>21</sup> <http://www.atmel.com/Images/8152s.pdf>



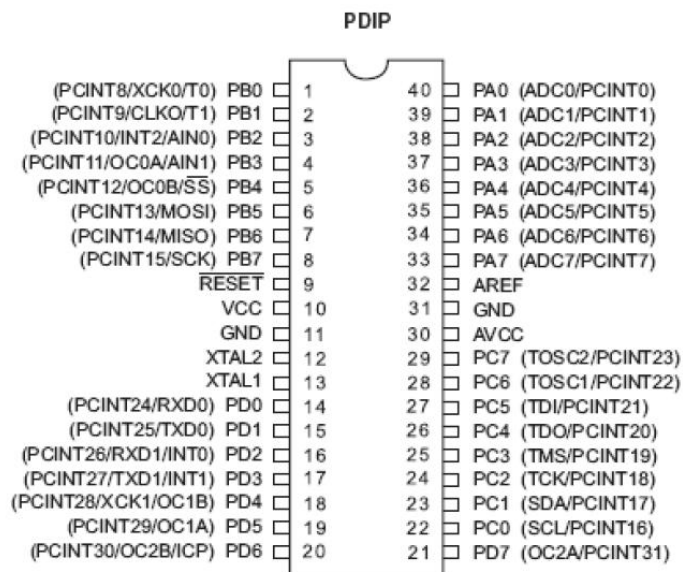
**c) Características de los periféricos**

- Dos Timer/Contadores de 8 bits.
- Un Timer/Contador de 16 bits.
- Contador en tiempo real con oscilador separado.
- 6 Canales para PWM.
- ADC de 10 bits y 8 canales
- Dos puertos seriales USART programables.
- Comparador analógico.

**d) Voltajes de Operación**

- 2.7 – 5.5V

**e) Descripción de Pines**



**Figura 2.4. Distribución de pines del Atmega644.**

**VCC**

Alimentación de voltaje digital.

**GND**

Tierra.

**Puerto A (PA7:PA0)**

Entradas analógicas para el conversor análogo digital, también sirve como un puerto bidireccional de 8 bits.

**Puerto B (PB7:PB0)**

Es un puerto bidireccional de 8 bits de E/S.

**Puerto C (PC7:PC0)**

Es un puerto bidireccional de 8 bits de E/S.

**Puerto D (PD7:PD0)**

Es un puerto bidireccional de entradas y salidas.

**RESET**

Un pulso de nivel bajo en este pin por períodos de pulso mínimo genera un reset, siempre y cuando el reloj no esté corriendo.

**XTAL1**

Entrada para el amplificador del oscilador invertido y entrada para el circuito de operación del reloj interno.

**XTAL2**

Salida del oscilador amplificador.

**2.3.2. Sensor de CO (MQ-7)<sup>22</sup>**

Mide concentraciones de Monóxido de Carbono en el aire con salida de voltaje analógico, tiene una alta sensibilidad y un tiempo de respuesta rápido.

---

<sup>22</sup> <http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>



**Figura 2.5. Sensor MQ-7.**

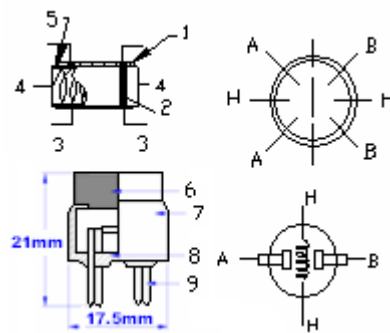
**a) Especificaciones**

**Tabla 2.1. Especificaciones técnicas del sensor MQ-7.**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>NOMBRE DEL PARÁMETRO</b>	<b>CONDICIÓN TÉCNICA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
<b>V<sub>c</sub></b>	Voltaje del circuito	5V ± 0.1	AC o DC
<b>V<sub>H(H)</sub></b>	Voltaje de calentamiento (alto)	5V ± 0.1	AC o DC
<b>V<sub>H(L)</sub></b>	Voltaje de calentamiento (bajo)	1.4V ± 0.1	AC o DC
<b>R<sub>L</sub></b>	Resistencia de carga	Se puede ajustar	
<b>T<sub>H(H)</sub></b>	Tiempo de calentamiento (alto)	60 ± 1 segundos	
<b>T<sub>H(L)</sub></b>	Tiempo de calentamiento (bajo)	90 ± 1 segundos	
<b>T<sub>ao</sub></b>	Temperatura de uso	-20°C -50°C	
<b>RH</b>	Humedad relativa	Menor a 95%RH	
<b>R<sub>s</sub></b>	Resistencia de la superficie sensible	2 – 20K	En 100ppm de monóxido de carbono
	Rango de detección	20ppm-2000ppm de monóxido de carbono	

## b) Estructura

Este sensor está formado por un pequeño tubo cerámico de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y una capa sensible de dióxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ), el sensor MQ-7 posee 6 pines, 4 pines para obtener señales y 2 pines para suministrar el voltaje de alimentación.



**Figura 2.6. Estructura del sensor MQ-7.**

### 2.3.3. Sensor de CO<sub>2</sub> (MG-811)<sup>23</sup>

Mide concentraciones de Dióxido de Carbono, tiene una alta sensibilidad, poca dependencia a la humedad y temperatura, además posee una buena estabilidad. Se utiliza para el control de calidad de aire y detecciones de CO<sub>2</sub> en el ambiente.



**Figura 2.7. Sensor MG-811.**

<sup>23</sup> <http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/sens/MG811Datasheet.pdf>

a) Especificaciones

Tabla 2.2. Especificaciones técnicas del sensor MG-811.

SÍMBOLO	NOMBRE DEL PARÁMETRO	CONDICIÓN TÉCNICA	OBSERVACIÓN
$V_H$	Voltaje de calentamiento	$6.0 \pm 0.1$ V	AC o DC
$I_H$	Corriente de calentamiento	200mA	
$T_{ao}$	Temperatura de operación	$-20^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$	
EMF	Salida	30 – 50mV	350 – 10000ppm CO <sub>2</sub>

b) Estructura

Tiene 4 pines para obtener señales y 2 pines para suministrar el voltaje de alimentación.

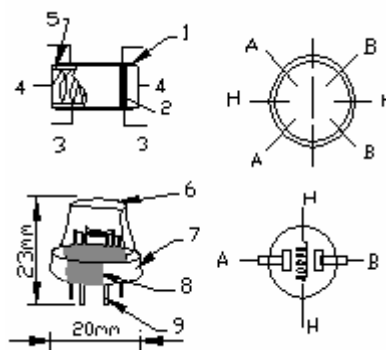


Figura 2.8. Estructura del sensor MG-811.

### 2.3.4. Módulo Zigbee XBP24BZ7<sup>24</sup>

Proporciona una comunicación inalámbrica segura, puede funcionar con otros dispositivos ZigBee y con dispositivos de otros fabricantes.



**Figura 2.9. Xbee Pro S2B.**

#### a) Especificaciones

**Tabla 2.3. Especificaciones técnicas del Xbee.**

ESPECIFICACIÓN	Xbee-PRO S2B
Banda de frecuencia	2.4GHz
Dimensiones	2.438cm x 3.294cm
Temperatura de operación	-40 a 85°C
Voltaje de alimentación	2.7 – 3.6V
Corriente en transmisión	205mA
Corriente en recepción	47mA
Potencia de transmisión	63mW
Tasa de transferencia	250Kbps
Distancia en interior	90m
Distancia en exterior (línea de vista)	1500m
Conector de antena	RP-SMA

<sup>24</sup> [http://www.arrow.com/services-tools/design-tools/arrowedge/parts/2010-2/layout/07-digi\\_13-14.pdf](http://www.arrow.com/services-tools/design-tools/arrowedge/parts/2010-2/layout/07-digi_13-14.pdf)

b) Distribución de pines

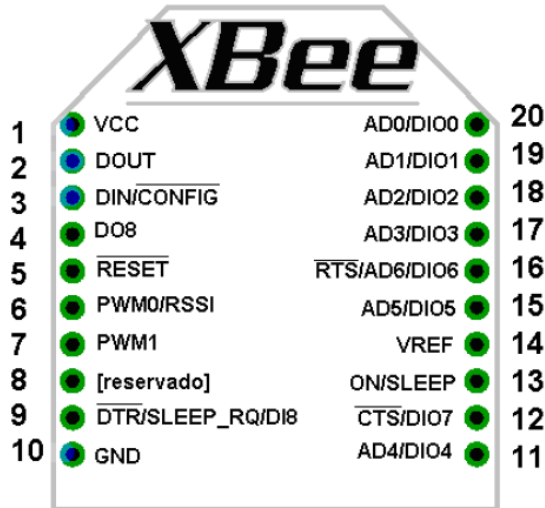


Figura 2.10. Distribución de pines del Xbee.

Tabla 2.4. Descripción de pines del Xbee.

PIN	NOMBRE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	VCC	-	Fuente de alimentación
2	DOUT	Salida	Salida de datos UART
3	DIN/CONFIG	Entrada	Entrada de datos UART
10	GND	-	Tierra

2.3.5. Micrófono Electret HMC10A<sup>25</sup>

Tiene una respuesta adecuada tanto en frecuencia como en presión sonora. La electrónica requerida por el micrófono Electret es muy básica y tiene las siguientes ventajas:

<sup>25</sup> [http://www.jlworld.com/products/spdpn/HMC10A/\\$FILE/HMC10A.pdf](http://www.jlworld.com/products/spdpn/HMC10A/$FILE/HMC10A.pdf)

- Barato y fácil de encontrar.
- Se alimenta con una tensión de 1.5V.
- Buena respuesta en frecuencia.
- Es resistente.
- Buena sensibilidad.



**Figura 2.11. Micrófono Electret HMC10A.**

**a) Especificaciones**

**Tabla 2.5. Especificaciones técnicas del micrófono.**

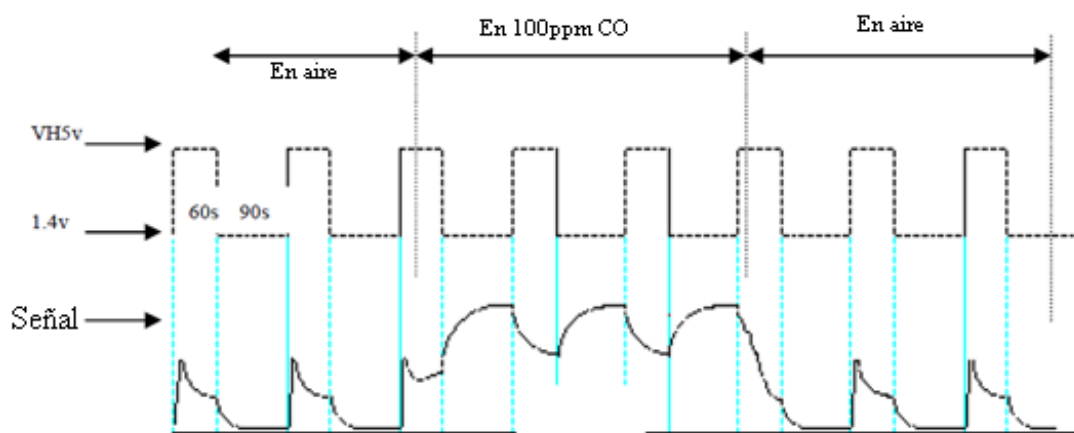
<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>HMC10A</b>
Sensibilidad	-45 ±3 dB
Voltaje	1.5V
Consumo de corriente	≤ 0.5mA
Rango de frecuencia	100 ~ 10000Hz



## 2.4. Diseño de Hardware

### 2.4.1. Sensor MQ-7

Necesita un voltaje fijo de alimentación de 5V, además de un suministro de voltaje de 5V durante 60 segundos y 1.4V durante 90 segundos, tal como muestra la figura 2.12.

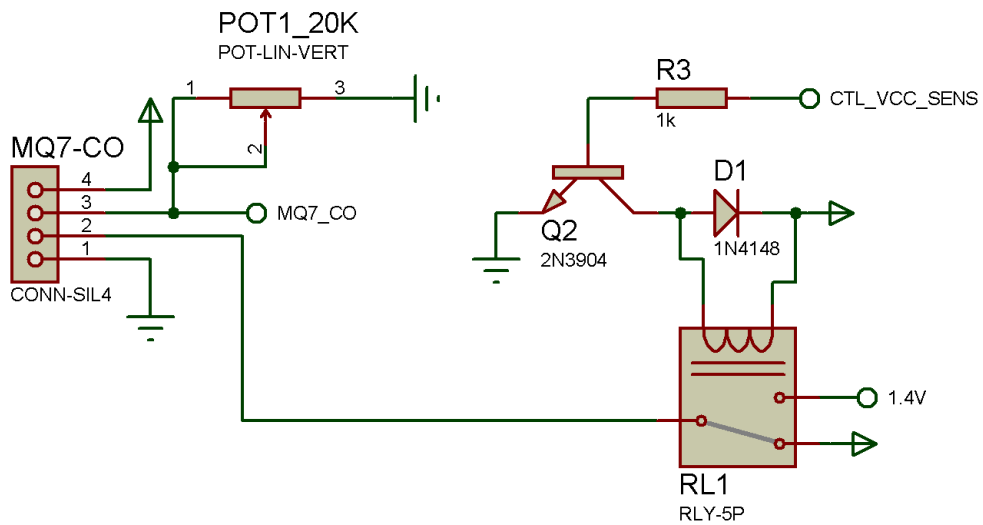


**Figura 2.12. Formas de onda de funcionamiento del sensor.**

El microcontrolador genera una onda cuadrada de 90 segundos en alto y 60 segundos en bajo por el puerto PB0, que se conecta a la base de un transistor el cual funciona en corte y saturación, permitiendo energizar o no energizar la bobina del relé. Cuando esta bobina está energizada produce un campo magnético haciendo que los contactos internos del relé cambien de estado de 5V a 1.4V.

Un diodo polarizado invertido se conecta en paralelo con la bobina del relé, para proteger al microcontrolador.

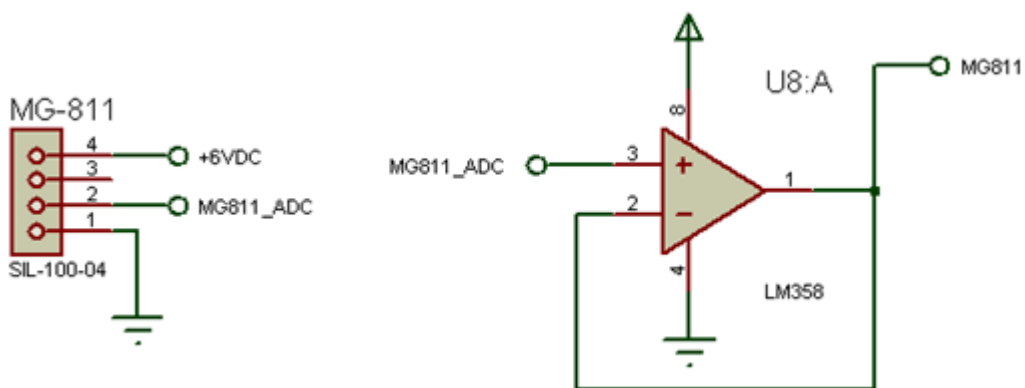
El sensor genera una salida analógica, esta salida se conecta a una resistencia que se ajusta a un valor de 10K para que el sensor proporcione un rango de 0V a 5V el cual es idóneo para que ingrese al convertor análogo-digital del microcontrolador.



**Figura 2.13. Circuito de funcionamiento del sensor MQ-7.**

#### 2.4.2. Sensor MG-811

Necesita un voltaje de alimentación de 6V, la salida analógica proporciona un rango de voltaje de 1V a 5V, pasa por un seguidor de tensión para evitar el efecto de carga al conectar al convertor análogo-digital del microcontrolador.

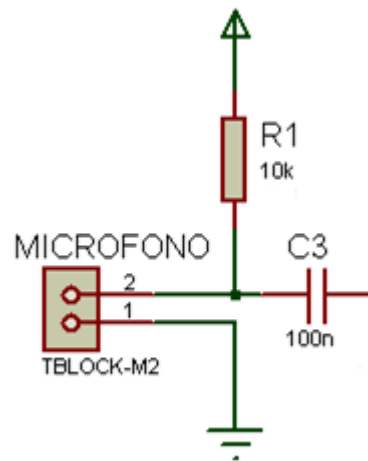


**Figura 2.14. Circuito de funcionamiento del sensor MG-811.**

#### 2.4.3. Medidor de ruido

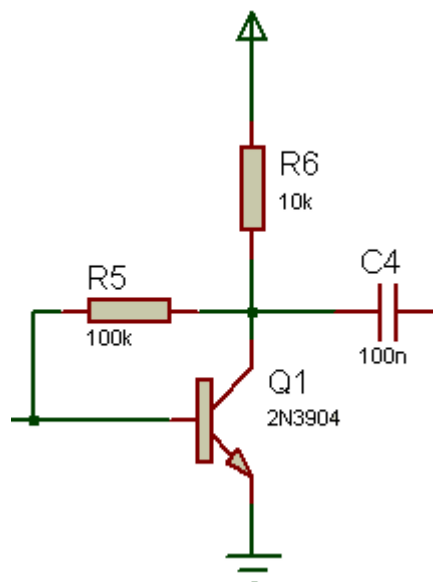
Consta de un micrófono Electret HMC10A, circuito de alimentación, un preamplificador, un amplificador y un filtro. La señal acústica ingresa por el

micrófono, que está alimentado por una fuente del voltaje a través de una resistencia. Su salida contiene una componente continua, por lo que se coloca un condensador para acoplar a la siguiente etapa.



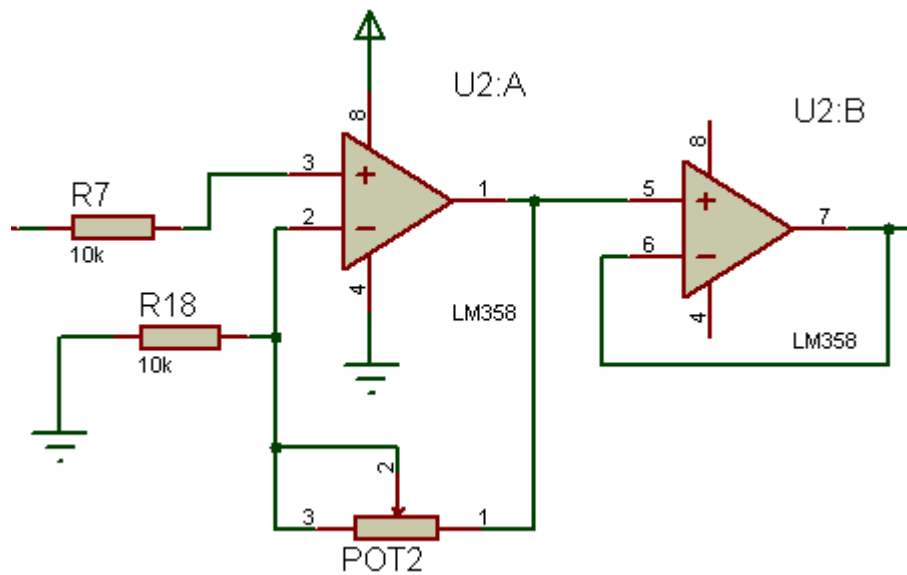
**Figura 2.15. Circuito de alimentación del micrófono.**

Como la señal a tratar es baja, se necesita preamplificarla, por lo que realizó un amplificador clase A que se basa en un transistor.



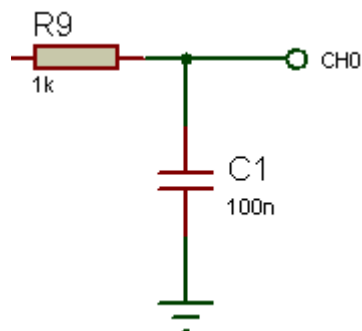
**Figura 2.16. Circuito preamplificador.**

La señal preamplificada a su vez necesita ser amplificada, para lo cual se utilizó amplificadores operacionales, que al variar la ganancia por medio de un potenciómetro se obtiene un rango de salida de 0V a 5V, a continuación se realizó un seguidor de tensión para acoplar la señal de entrada a la salida.



**Figura 2.17. Circuito amplificador y seguidor de tensión.**

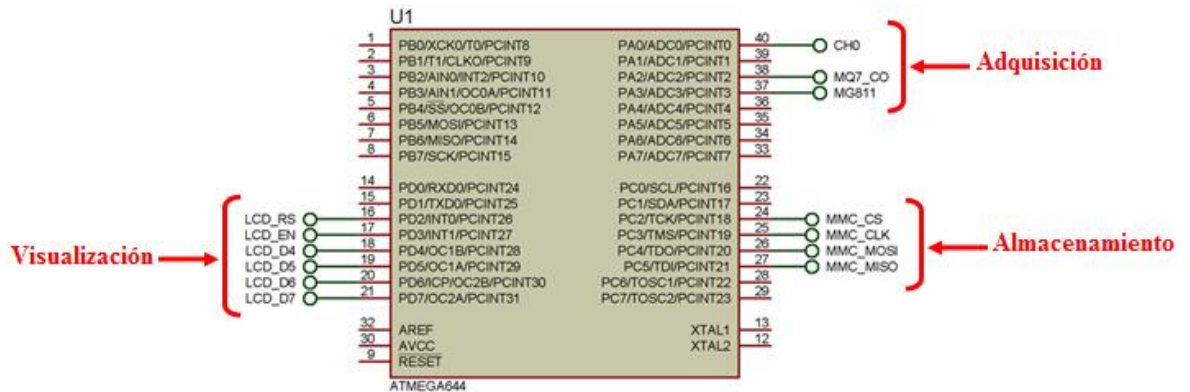
Por último la señal amplificada pasa por un filtro pasa bajo. La salida de este circuito se conecta al convertor análogo-digital del microcontrolador por el puerto PA0.



**Figura 2.18. Circuito del filtro pasa bajo.**

#### 2.4.4. Adquisición, visualización y almacenamiento de datos

La adquisición de las señales de los sensores MQ-7, MG-811 y del medidor de ruido se hace a través de los conversores análogo-digital del microcontrolador.

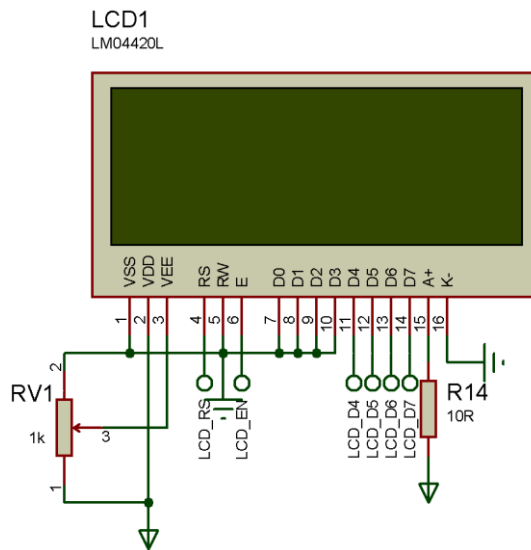


**Figura 2.19. Asignación de pines del microcontrolador para la adquisición, visualización y almacenamiento de datos.**

La visualización de los datos procesados por el microcontrolador son presentados en un LCD de 4 líneas de 20 caracteres cada una, con lo que se puede mostrar 80 caracteres en total.

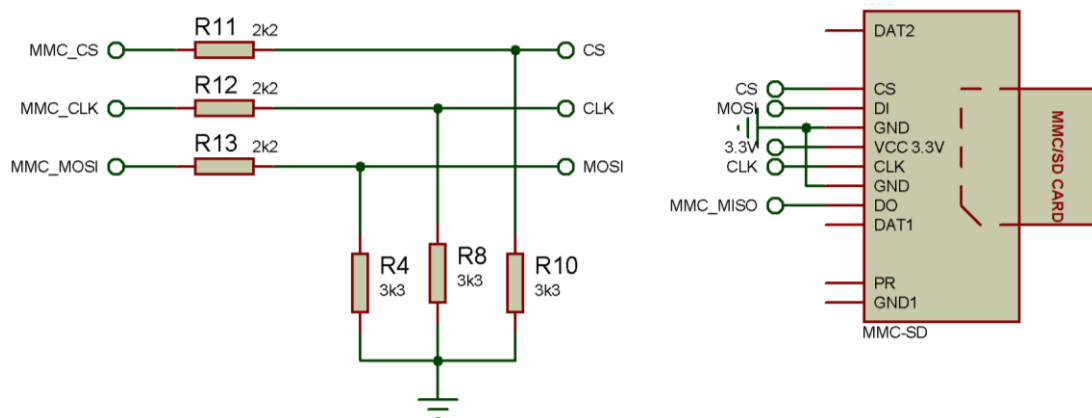
El pin 1 “V<sub>SS</sub>” va a tierra y el pin 2 “V<sub>DD</sub>” es para la alimentación de 5V. El pin 3 “V<sub>EE</sub>” es para ajustar el contraste de la pantalla LCD por medio de un potenciómetro. El pin 4 “RS” selecciona el registro de control (RS=0) o registro de datos (RS=1). El pin 5 “R/W” es el de lectura (R/W=1) o de escritura (R/W=0). El pin 6 “E” habilita el LCD (E=1) o deshabilita el LCD (E=0). Las pines del 7 al 14 son del bus de datos, el LCD se conecta al puerto D (PD2, PD3, PD4, PD5) del microcontrolador mediante un bus de cuatro bits.

El LCD muestra los valores de CO, CO2 y ruido sonoro además de la fecha y hora actual.



**Figura 2.20. Circuito para la visualización de los datos.**

El almacenamiento de los datos se lo hace en una memoria SD, que se alimenta con 3.3V, esta recibe los datos por el pin de entrada (DI) que se conecta al puerto PC4 del microcontrolador y envía los datos por el pin de salida (DO) el cual está conectado al puerto PC5. El puerto PC2 del microcontrolador se pone en nivel bajo y se conecta al pin de activación de tarjeta (CS), la señal de reloj (CLK) que envía el microcontrolador por el puerto PC3, establece la velocidad de comunicación. Además como el microcontrolador posee señales de 5V, es necesario realizar un divisor de tensión que reduce el voltaje a 3V para que la memoria no sufra daños.



**Figura 2.21. Circuito para el almacenamiento de los datos en una SD.**

### 2.4.5. Transmisión y recepción de datos

Para la transmisión y recepción de los datos se utiliza los dispositivos Xbee que necesitan una alimentación de 3.3V y conexión a tierra, el pin 2 es el transmisor y el pin 3 es el receptor, solo se necesita de estos 4 pines. Además necesita una antena con conector RPSMA para la comunicación.

El puerto PD1 del microcontrolador se conecta al pin RX del dispositivo Xbee y el pin TX del dispositivo Xbee se conecta al puerto PD0 del microcontrolador para la transmisión y recepción de datos. Los datos tomados en cada módulo son transmitidos al dispositivo Xbee central que está conectado al computador para que sean mostrados en la interface gráfica.

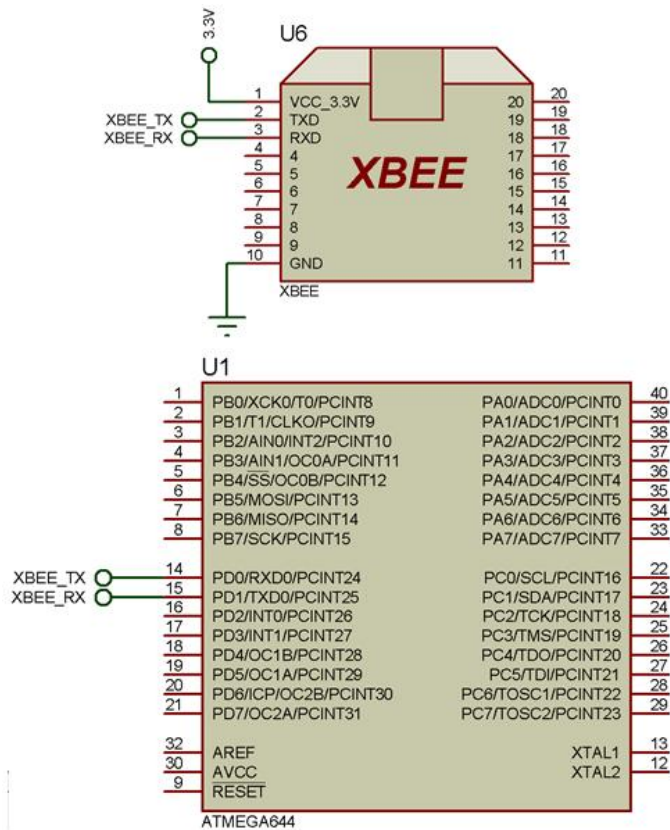


Figura 2.22. Asignación de pines del dispositivo Xbee al microcontrolador.

## 2.4.6. Esquema general del sistema

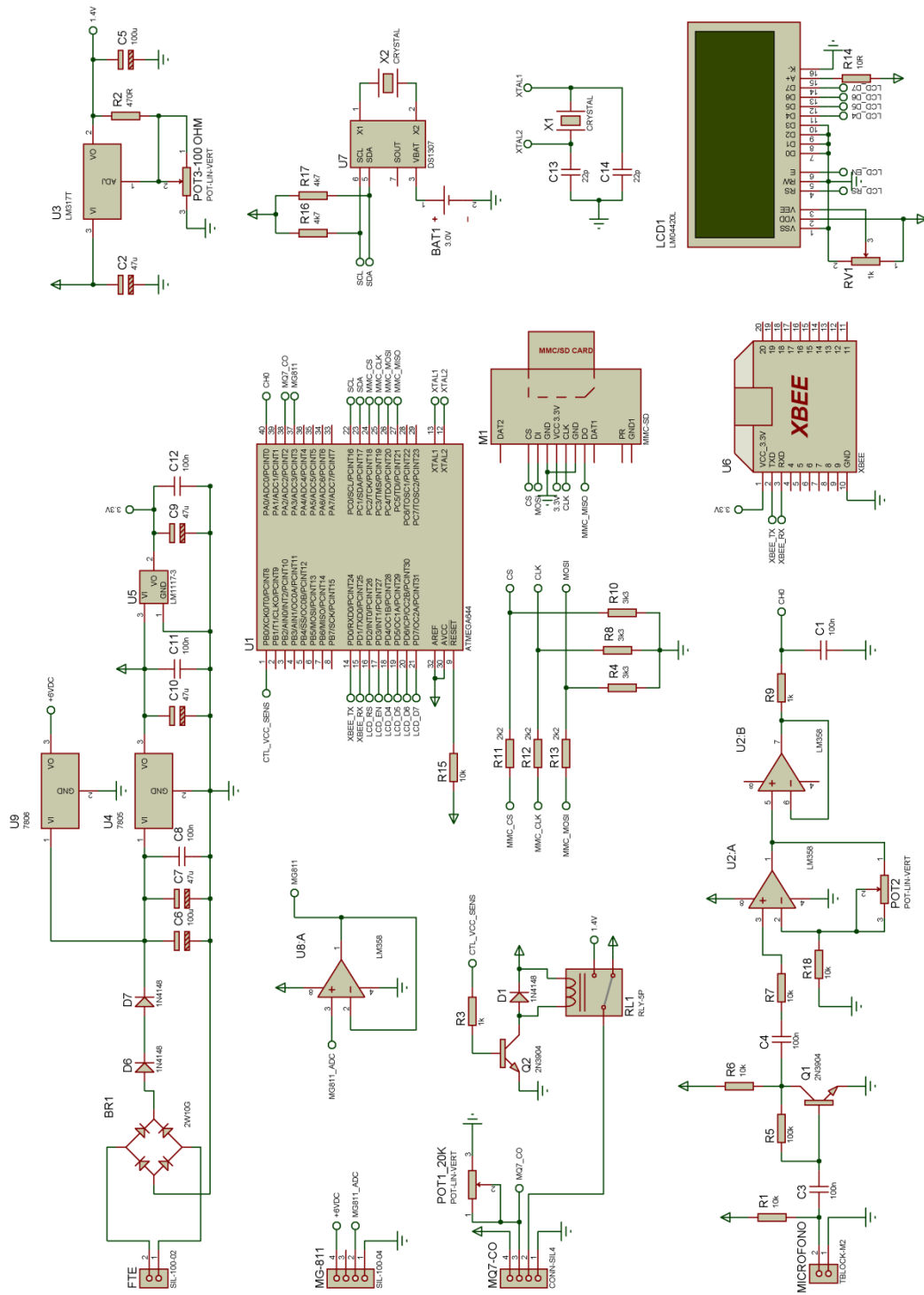


Figura 2.23. Circuito total del sistema de medición.



## 2.5. Implementación del Hardware

En esta sección se presenta toda la elaboración del hardware, es decir los diseños, esquemas y el montaje final de los módulos.

Para la elaboración de las placas se toma en cuenta los elementos que van a formar parte de la misma, para posteriormente hacer un diseño de las pistas que van en la parte conductora de la placa; estas pistas se lo elaboró en Ares 7 Profesional de Proteus.

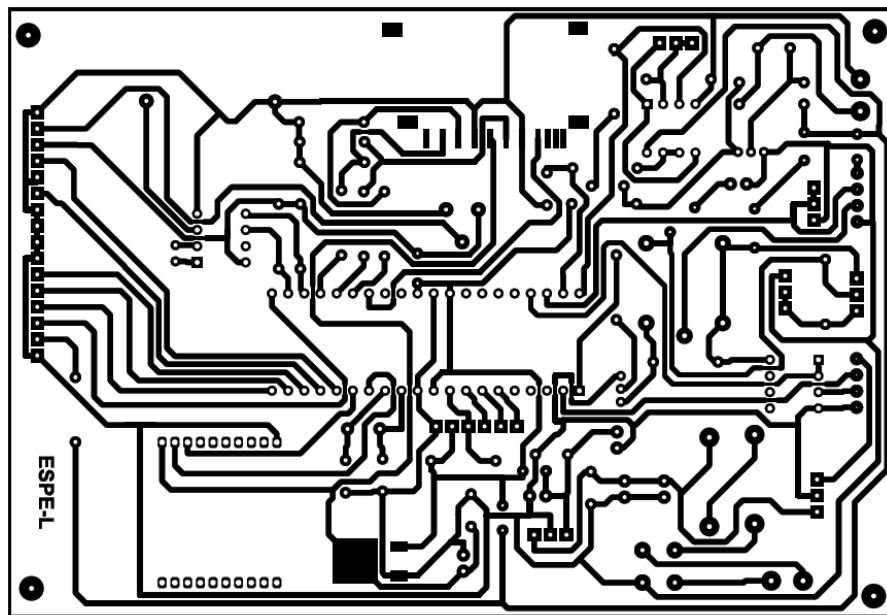


Figura 2.24. Circuito impreso de la placa.

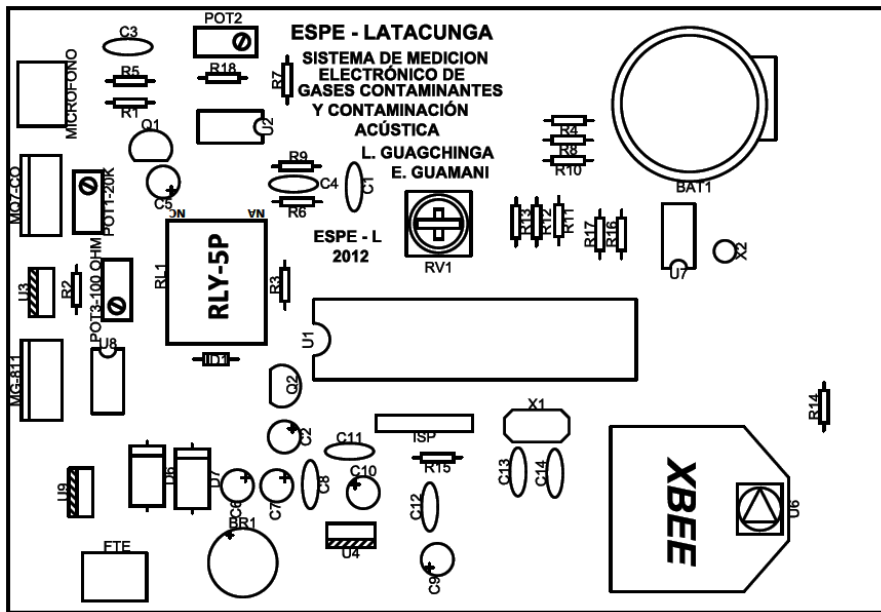


Figura 2.25. Distribución de los elementos en la placa.

Posterior a la construcción de las placas, se procede a soldar las resistencias, condensadores, diodos, zócalos, conectores y demás elementos para luego comprobar su funcionamiento.

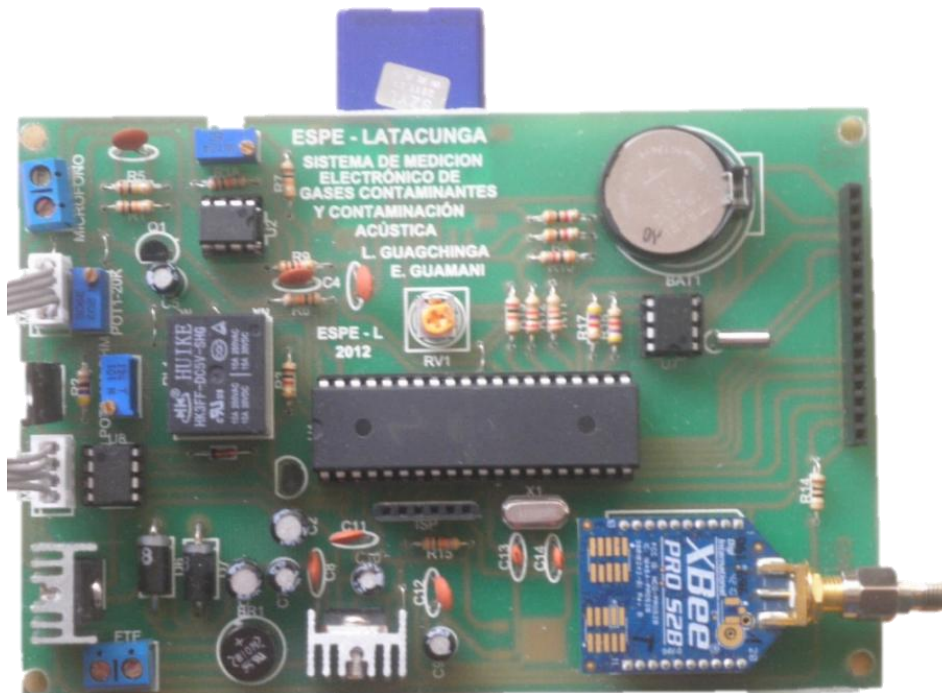
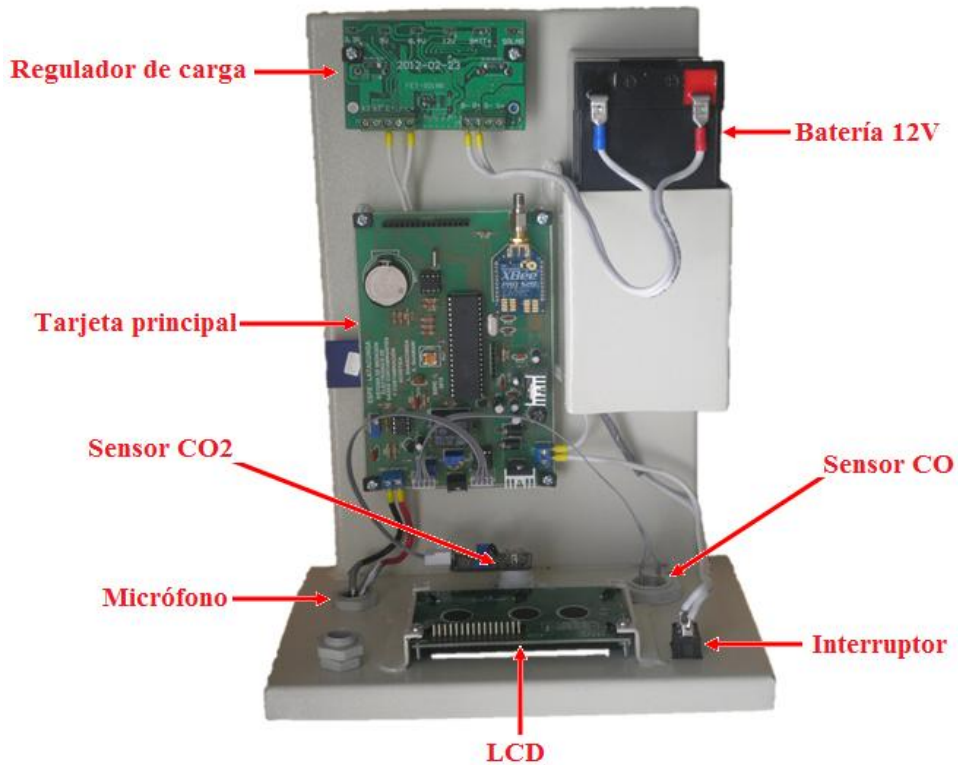


Figura 2.26. Montaje de los elementos.

A continuación las placas y demás elementos son colocados en una caja que facilite su traslado y protección contra agentes externos.

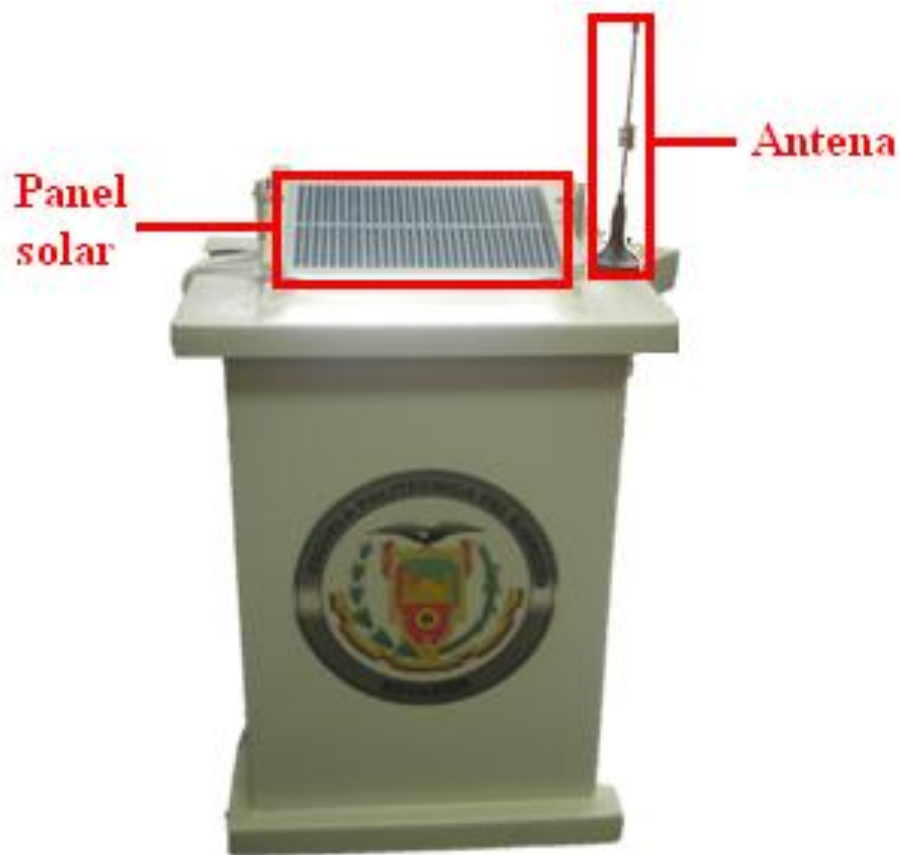


**Figura 2.27. Ensamblaje de los elementos en la caja.**

Cada módulo consta de elementos externos que permiten al usuario el encendido/apagado del módulo y la visualización de los datos medidos.



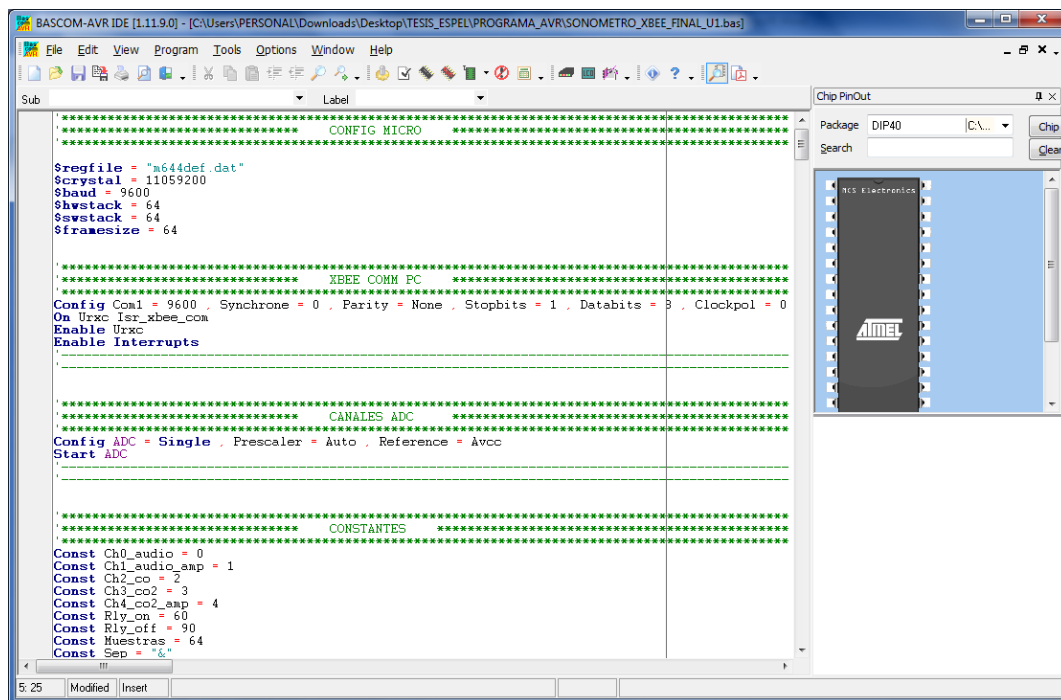
**Figura 2.28. Vista inferior del módulo.**



**Figura 2.29. Vista frontal del módulo.**

## **2.6. Diseño del Software**

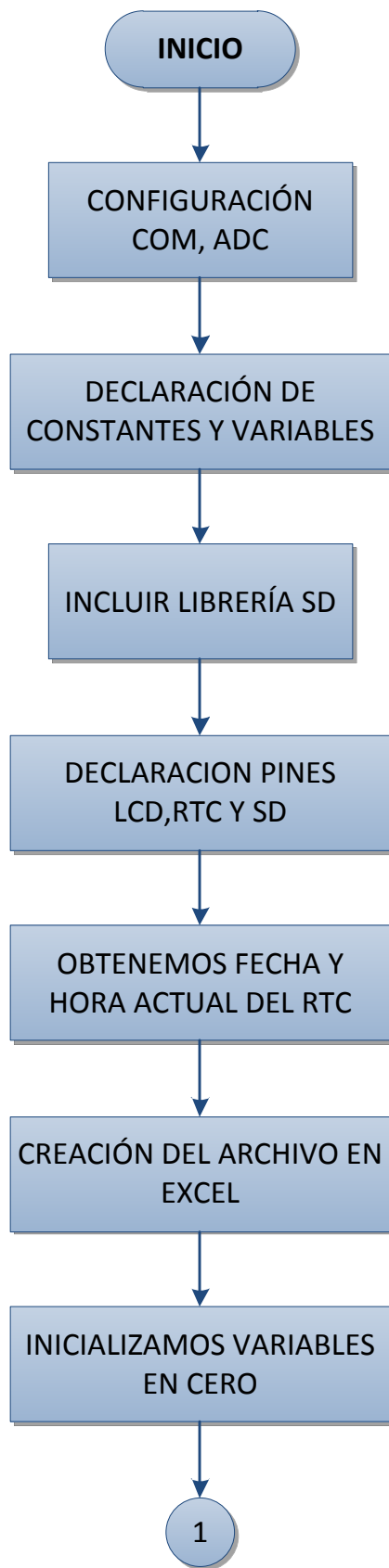
De acuerdo a los requerimientos de diseño se realizó el programa para el microcontrolador Atmega644, se lo elaboró en el software Bascom AVR que trabaja con lenguaje Basic, este lenguaje simple y fácil de entender.

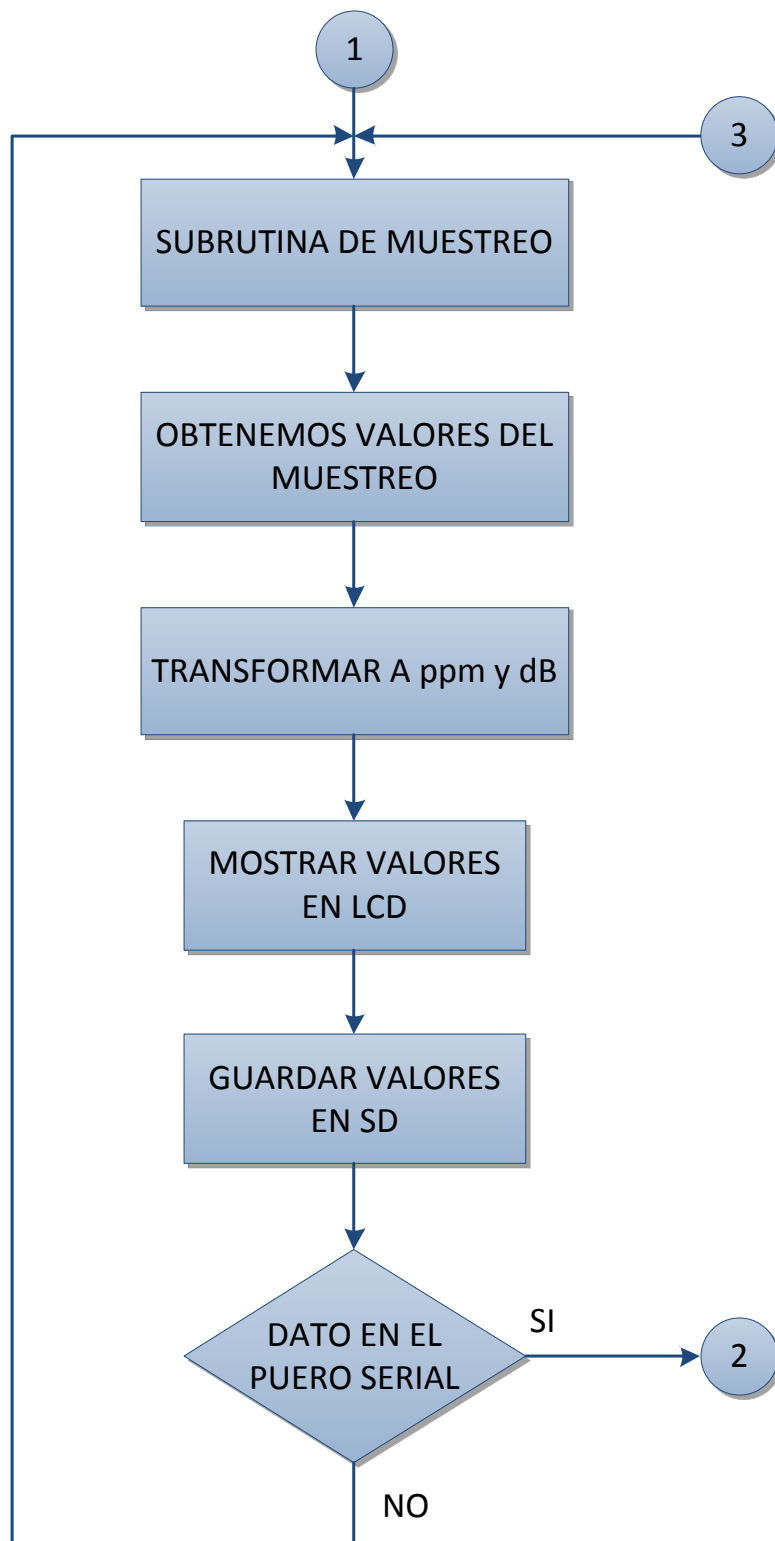


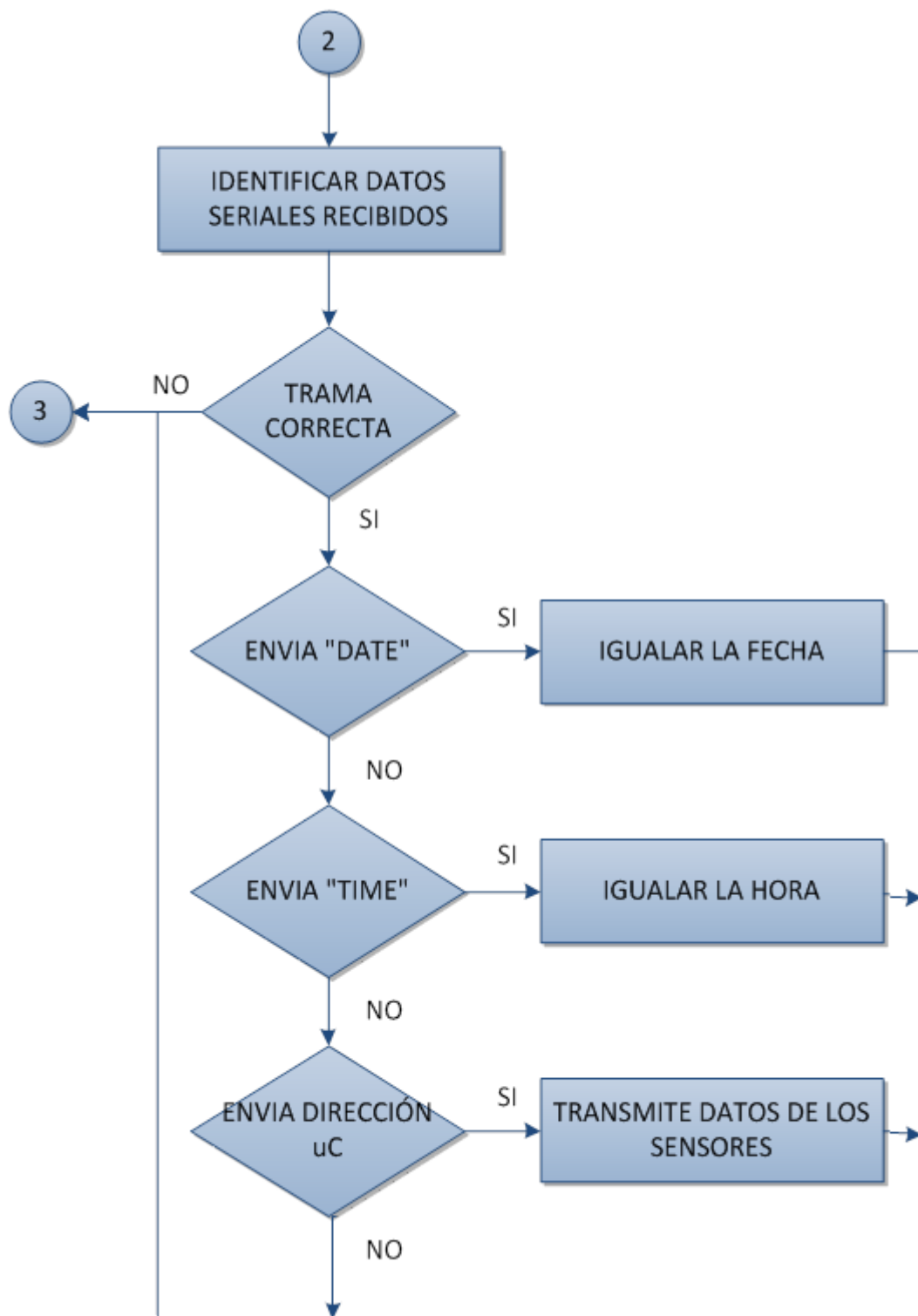
**Figura 2.30. Entorno de programación Bascom AVR.**

El programa desarrollado en el microcontrolador permite adquirir, procesar, guardar y enviar información de los valores medidos por los módulos; por lo que se debe configurar parámetros, incluir librerías y declarar constantes. Se realiza un muestreo de los valores obtenidos, para luego transformar a las unidades correspondientes de cada variable, estos valores se los visualizan en un LCD, se los almacena en una memoria SD y se los envía al módulo central por medio de una petición. Si esta petición es correcta se puede configurar la fecha, hora y empieza a transmitir los datos, caso contrario vuelve a realizar el proceso de muestreo.

A continuación se muestra el diagrama de flujo del microcontrolador.





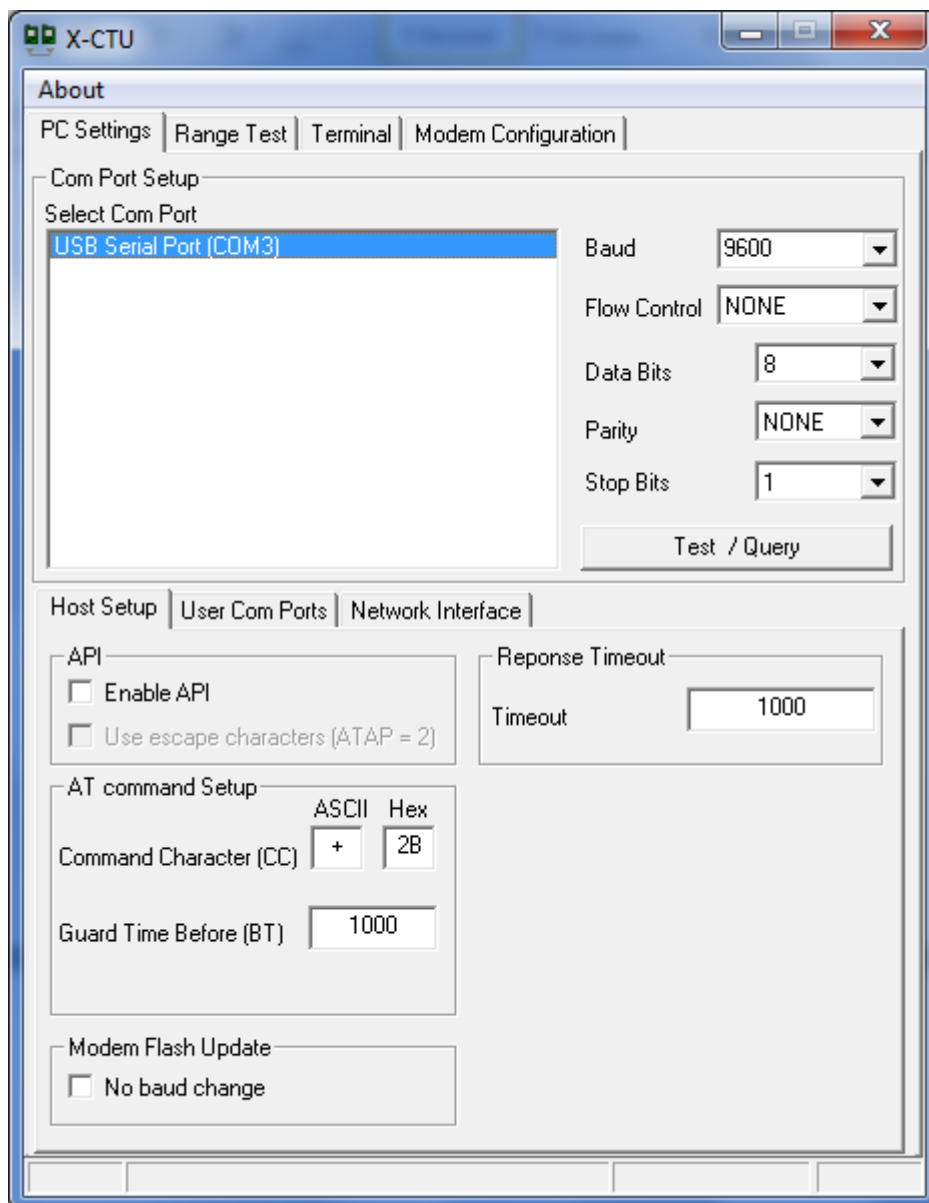


La programación del microcontrolador se encuentra en el Anexo H.



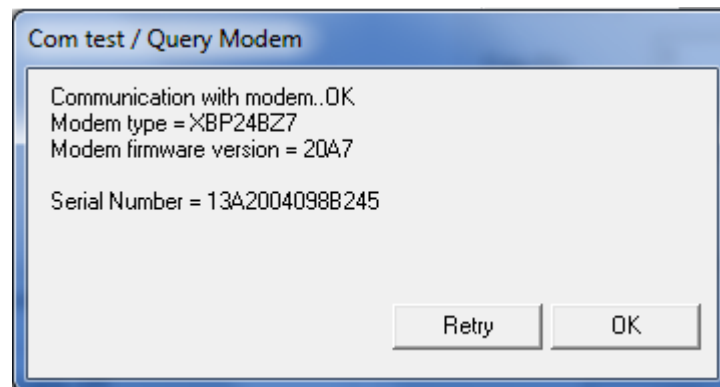
## 2.7. Configuración de los dispositivos Xbee Pro

Se utilizó el software X-CTU y la tarjeta Xbee Explorer que se conecta al computador, el software detecta automáticamente el puerto COM por el que se está comunicando, para este caso es el COM 3.



**Figura 2.31. Ventana de reconocimiento del puerto COM.**

Para probar la comunicación con el dispositivo Xbee se debe seleccionar la opción Test/Query. Se muestra una nueva ventana y si la comunicación es correcta se puede ver el tipo de módulo, la versión del firmware y su número de serie.



**Figura 2.32. Ventana del estado de la comunicación.**

### **2.7.1. Configuración como Coordinador**

Elegir la pestaña Modem Configuration y se selecciona la opción Read para leer el firmware que tiene grabado el dispositivo.

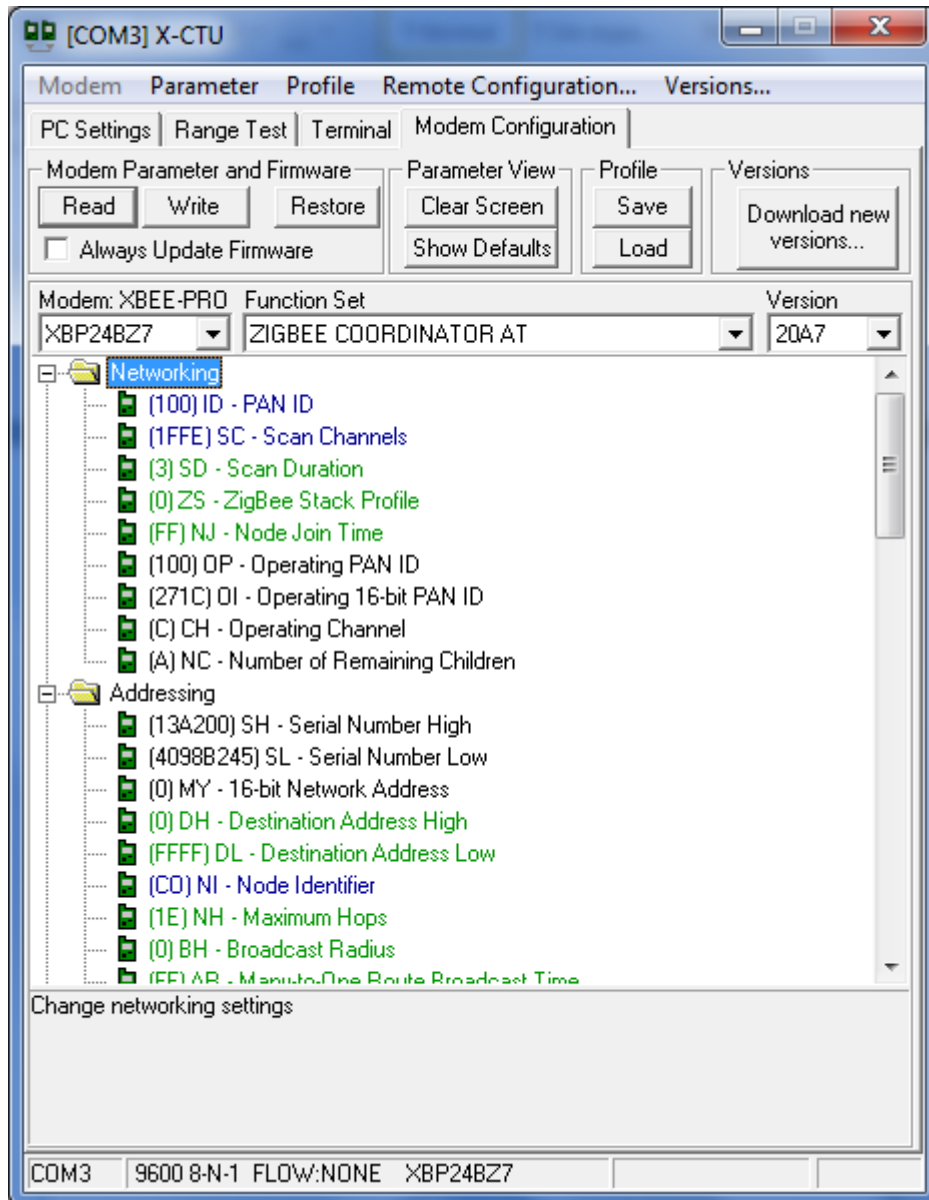
Se presentan una serie de parámetros de configuración y unas listas desplegables, donde se puede seleccionar distintas configuraciones para grabar en los dispositivos de acuerdo a lo que se quiere en la red.

Para este caso se configuró como Coordinador AT con los siguientes parámetros:

- PAN ID = 100, es el número de identificación de la red del proyecto, todos los módulos que se comuniquen dentro de esta red deben de tener el mismo número.
- DH = 0 y DL = FFFF, este se refiere a la dirección Broadcast<sup>26</sup>.

<sup>26</sup> Broadcast: Es una configuración que permite el envío de información desde un nodo a varios nodos en una misma red, la información recibida es la misma para todos los nodos.

- NI = CO, es el identificador de nodo.



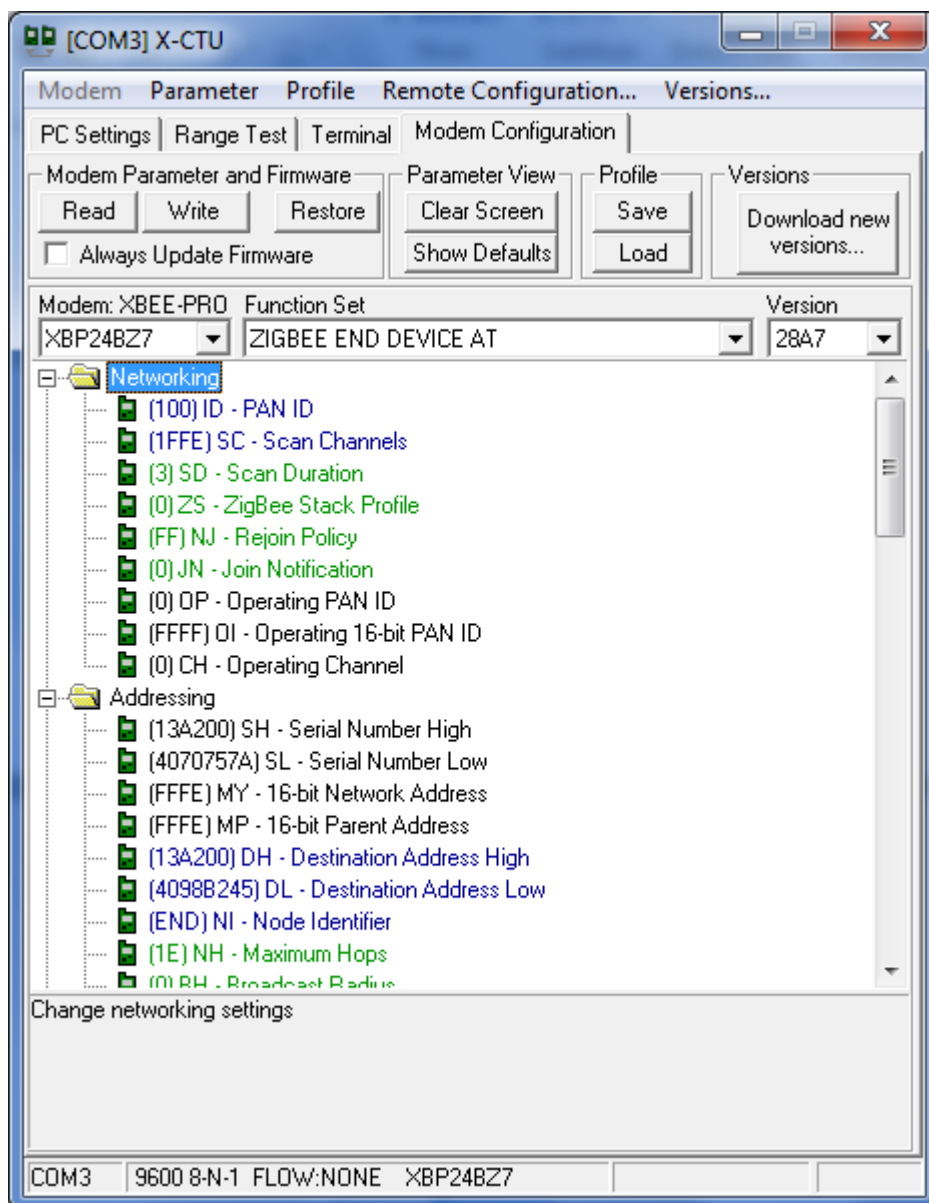
**Figura 2.33. Ventana de los parámetros de configuración como coordinador.**

### 2.7.2. Configuración como End Device

Para configurar los dos módulos se asignaron los siguientes parámetros:

- PAN ID = 100, es el número de identificación de la red.

- DH = 13A200, se refiere al número asignado para el fabricante.
- DL = 4098B245 para los dos módulos, se coloca el número único de serie del módulo Xbee al cual va a transmitir, este número se lo encuentra en la parte posterior de cada módulo.
- NI = END, es el identificador de nodo en este caso End Device.



**Figura 2.34. Ventana de los parámetros de configuración como End Device.**

## 2.8. Diseño de la Interfaz Gráfica

El diseño de la interfaz se lo plantea de acuerdo a los requerimientos del sistema de medición, se implementa un programa en base al software LabVIEW que está acorde a nuestras necesidades.

El programa elaborado presenta pantallas e indicadores que permiten el monitoreo de los datos de las mediciones que se está realizando en ese momento.

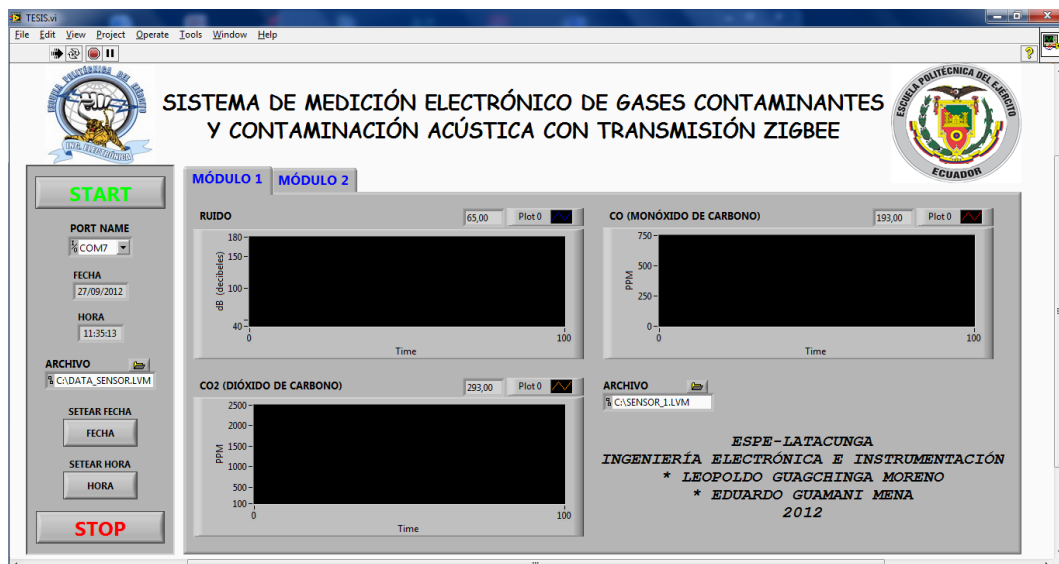
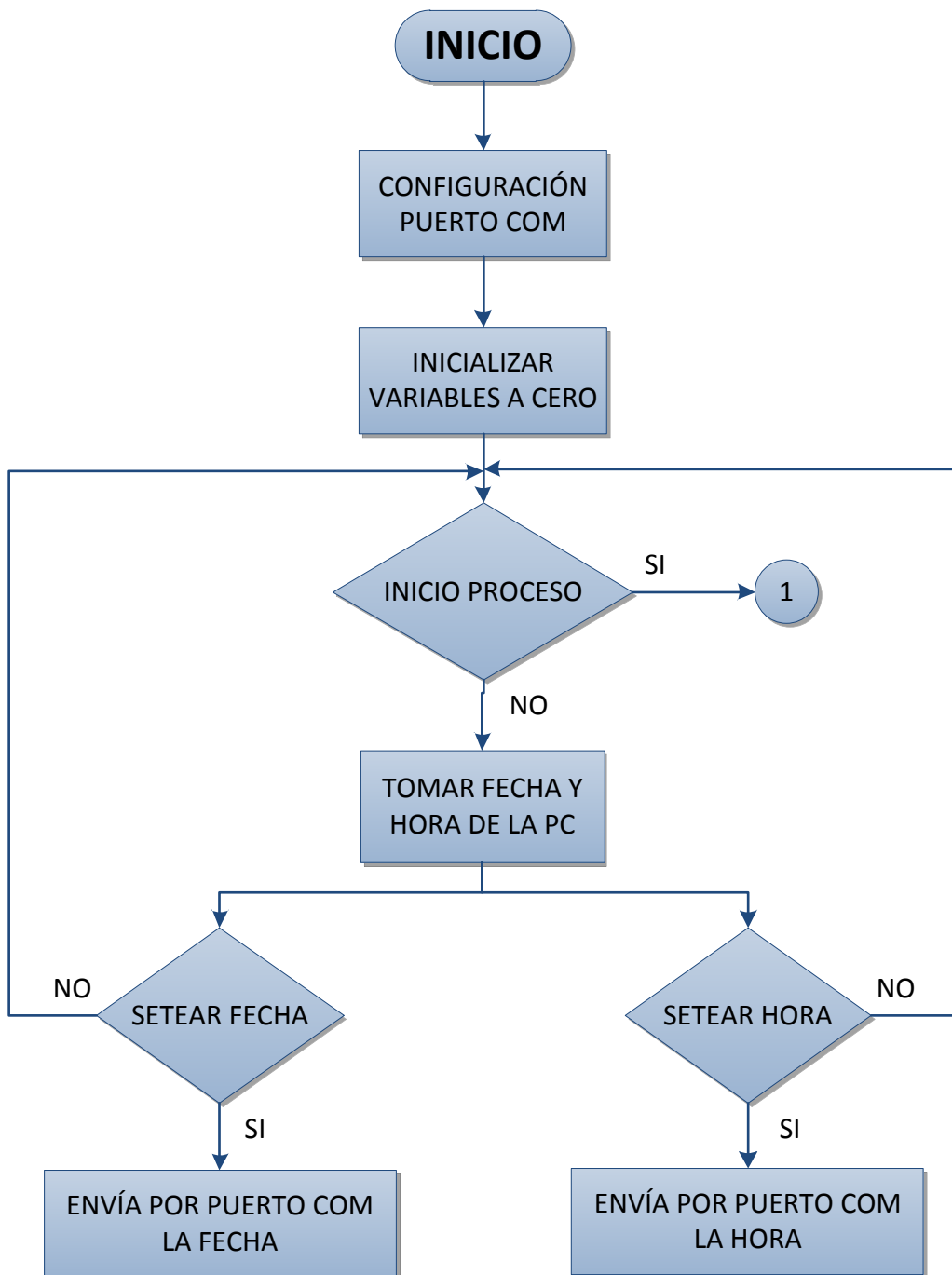
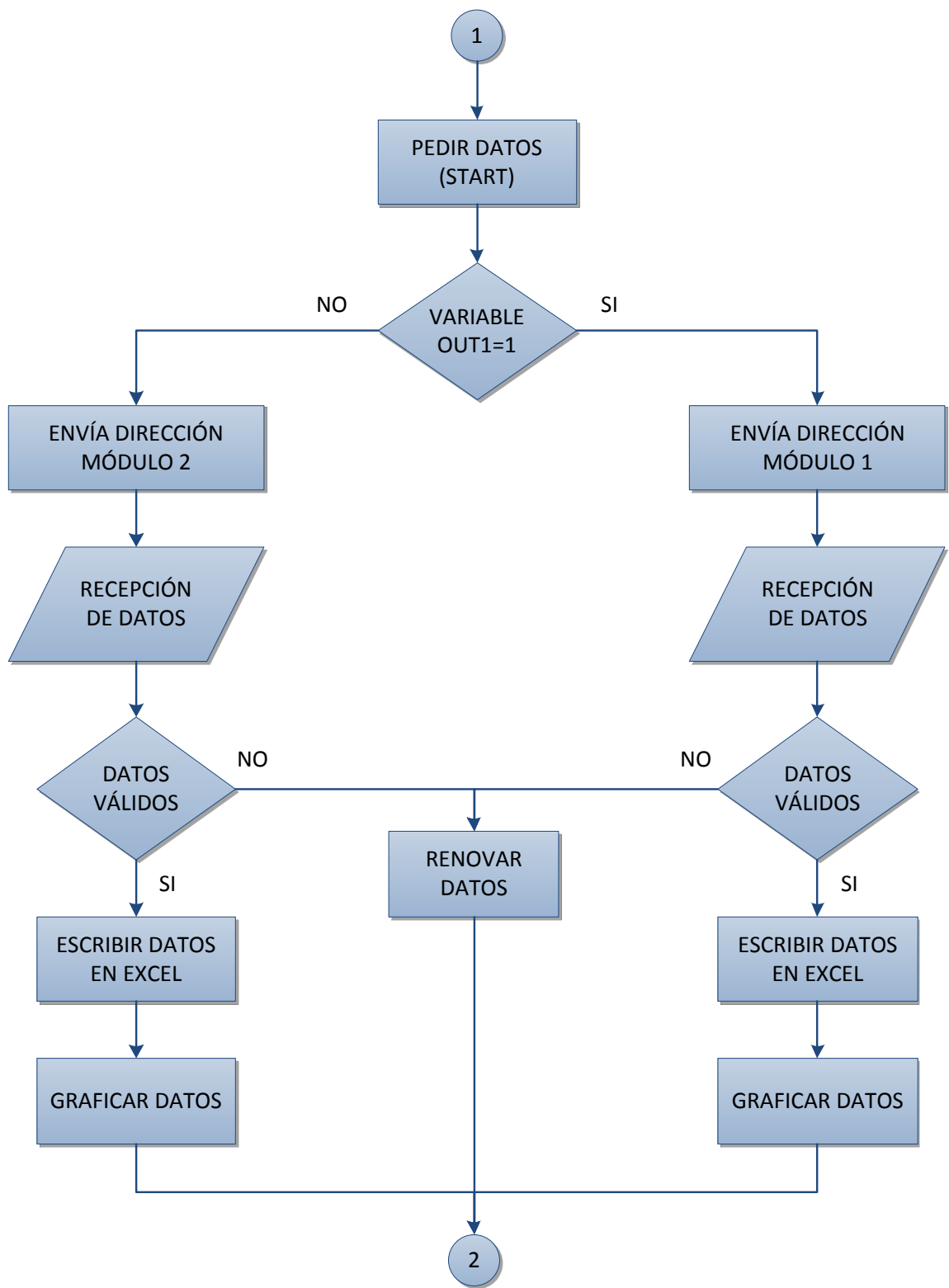


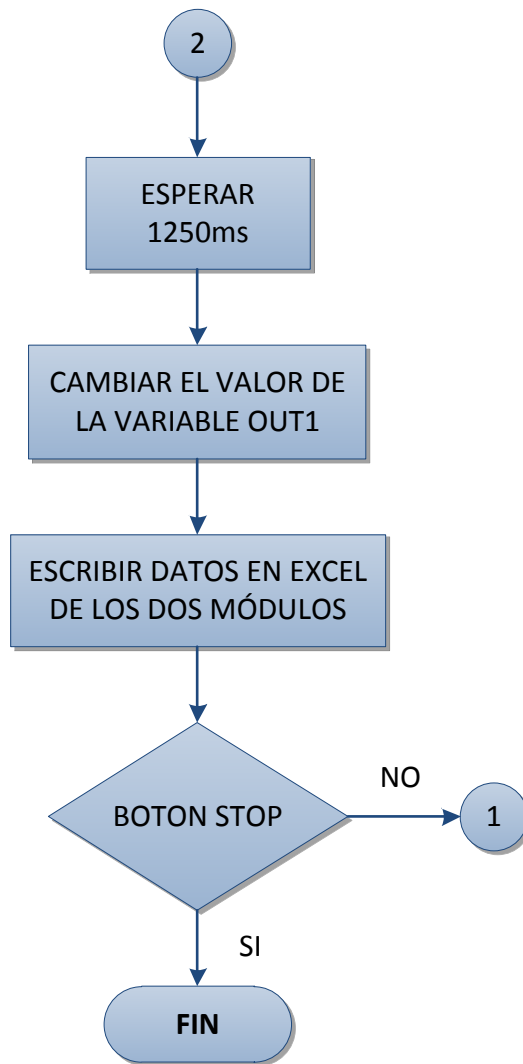
Figura 2.35. Pantalla principal de la interfaz.

El programa desarrollado en LabVIEW permite recibir la información generada por los módulos de medición, para esto se configura el puerto serial. Una vez ejecutado el programa podemos igualar la fecha y la hora de los módulos e iniciar el proceso de recepción de datos, si los datos son válidos se guardan en un archivo de Excel y se muestran gráficamente.

A continuación se presenta el diagrama de flujo de la interfaz gráfica.









## CAPÍTULO 3

### PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

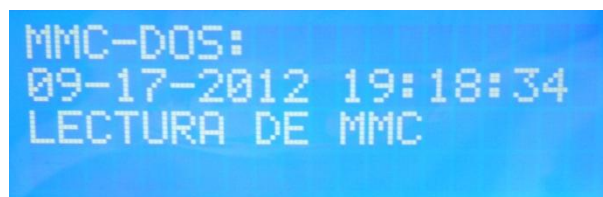
#### 3.1. Generalidades

En este capítulo se analizó el comportamiento práctico del sistema en un ambiente real de funcionamiento. A continuación se presentan las pruebas realizadas y los resultados obtenidos del mismo, que ayudarán a mejorar el sistema y a la determinación de importantes conclusiones sobre el proyecto.

#### 3.2. Pruebas experimentales

##### 3.2.1. Reconocimiento de la tarjeta SD

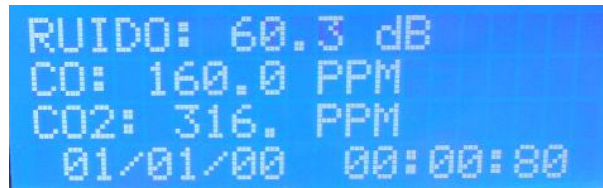
La tarjeta SD almacena los datos de forma que sean compatibles con Windows, la tarjeta guarda en un archivo de documento de Excel con extensión .xls. Al encender el módulo, la tarjeta SD es reconocida automáticamente, si esta tarjeta no está colocada en la ranura lateral de la placa, el sistema no puede arrancar.



**Figura 3.1. Reconocimiento de la tarjeta SD.**

##### 3.2.2. Actualización de fecha y hora

La actualización de la fecha y la hora se lo realiza por medio de software desde LabVIEW para garantizar que los resultados grabados en la tarjeta SD sean correctos.



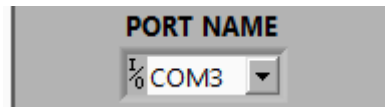
**Figura 3. 2. Fecha y hora sin actualizar.**



**Figura 3.3. Fecha y hora actualizadas.**

### 3.2.3. Reconocimiento del puerto serial de la PC

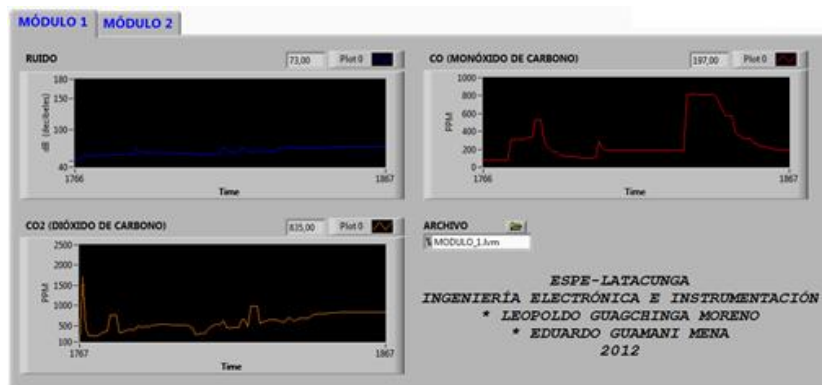
Se realiza para verificar si hay comunicación entre el módulo central y la PC para la transmisión y recepción de datos, para este caso es el COM3.



**Figura 3.4. Reconocimiento del puerto serial.**

### 3.2.4. Recepción de datos en LabVIEW

LabVIEW recibe los datos de los sensores de cada módulo y representa gráficamente dichos valores.



**Figura 3.5. Representación gráfica de los valores.**

### 3.2.5. Medición de ruido

Para esto se realizó una comparación con un sonómetro que sirvió como referencia.



**Figura 3.6. Pruebas de medición de ruido.**

### 3.2.6. Medición de CO y CO2

En este caso como no se tiene un dispositivo que sirva como referencia de medida, se optó por tomar como guía los datos que proporcionan las hojas técnicas de los sensores. (Ver Anexo A y Anexo B)

## 3.3. Análisis de resultados

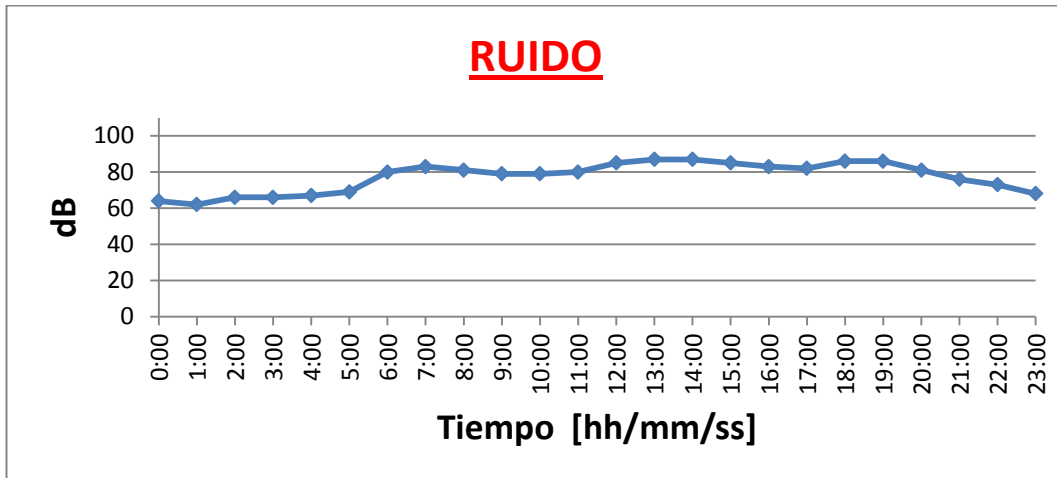
Para el análisis de los datos, se decidió realizar una semana de mediciones del 15 de octubre al 21 de octubre del 2012, colocando el módulo 1 en el sector de El Salto y el módulo 2 en el sector La Estación para obtener diferentes muestras y así proceder a realizar el análisis.

- a. Con los valores obtenidos en el módulo 1 colocado en el sector de El Salto, se realizó un promedio por cada hora de los 7 días de medición, los datos obtenidos se muestran en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1. Promedio por horas del módulo 1.**

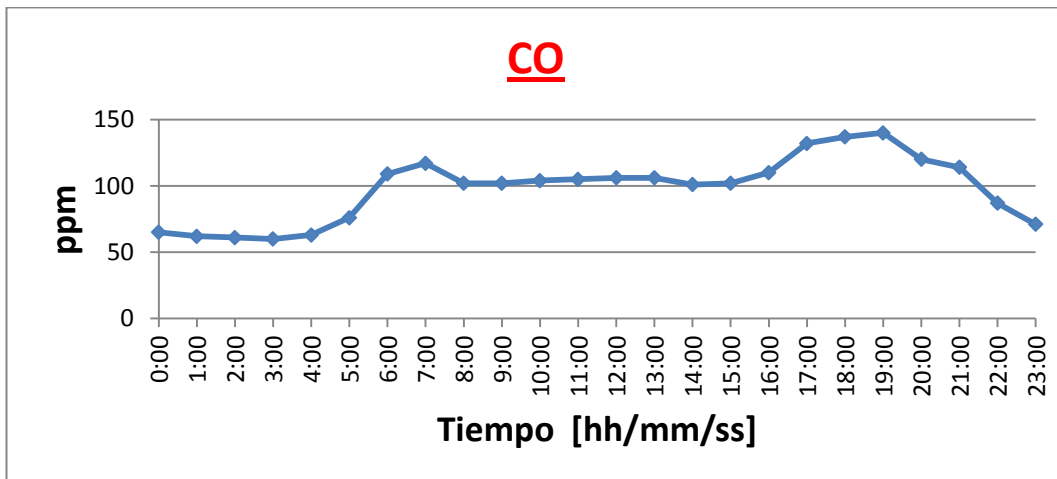
<b>HORA</b>	<b>RUIDO (dB)</b>	<b>CO (ppm)</b>	<b>CO2 (ppm)</b>
0:00	64	65	411
1:00	62	62	408
2:00	66	61	406
3:00	66	60	405
4:00	67	63	409
5:00	69	76	419
6:00	80	109	440
7:00	83	117	449
8:00	81	102	437
9:00	79	102	439
10:00	79	104	439
11:00	80	105	438
12:00	85	106	437
13:00	87	106	439
14:00	87	101	437
15:00	85	102	439
16:00	83	110	447
17:00	82	132	459
18:00	86	137	477
19:00	86	140	464
20:00	81	120	454
21:00	76	114	449
22:00	73	87	430
23:00	68	71	418

A continuación se representan gráficamente los valores de la tabla 3.1.



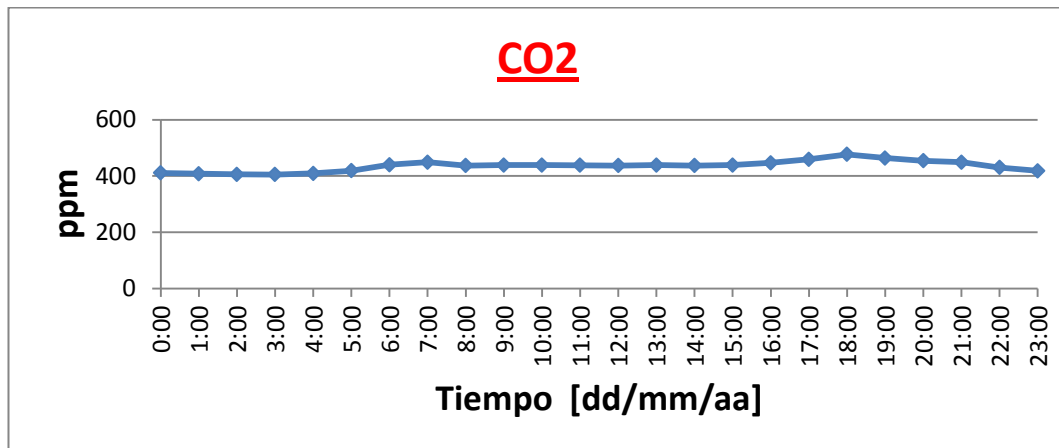
**Figura 3.7. Representación gráfica de los valores del ruido por hora.**

En la Figura 3.7 se puede observar que el mayor nivel de ruido se obtuvo a las 13:00 y el menor nivel de ruido fue a la 01:00, realizando un promedio por cada hora de los siete días de medición.



**Figura 3.8. Representación gráfica de los valores del monóxido de carbono por hora.**

Como se puede observar en la Figura 3.8, existe mayor concentración de monóxido de carbono entre las 17:00 y las 19:00, en cambio la menor concentración de CO está entre la 01:00 y las 04:00, pero se vuelve a incrementar entre las 06:00 y las 08:00, luego de esta hora se mantiene estable hasta las 16:00.



**Figura 3.9. Representación gráfica de los valores del dióxido de carbono por hora.**

En la Figura 3.9, se observa que la mínima concentración de dióxido de carbono se encuentra desde 00:00 a las 04:00, desde las 05:00 la concentración de CO<sub>2</sub> empieza a incrementarse hasta las 07:00, a partir de las 08:00 empieza a disminuir hasta mantenerse estable y a las 16:00 nuevamente se incrementa la concentración alcanzado su nivel máximo a las 18:00.

- b. También con los valores obtenidos en el módulo 1 colocado en el sector de El Salto se realizó un promedio por cada día de medición, los datos obtenidos se muestran en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2. Promedios por día del módulo 1.**

FECHA	RUIDO (dB)	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)
Lunes 15/10/12	72	89	411
Martes 16/10/12	84	114	442
Miércoles 17/10/12	76	106	431
Jueves 18/10/12	74	108	426
Viernes 19/10/12	79	109	434
Sábado 20/10/12	88	118	448
Domingo 21/10/12	68	83	408

Las siguientes figuras representan los valores de la tabla 3.2.

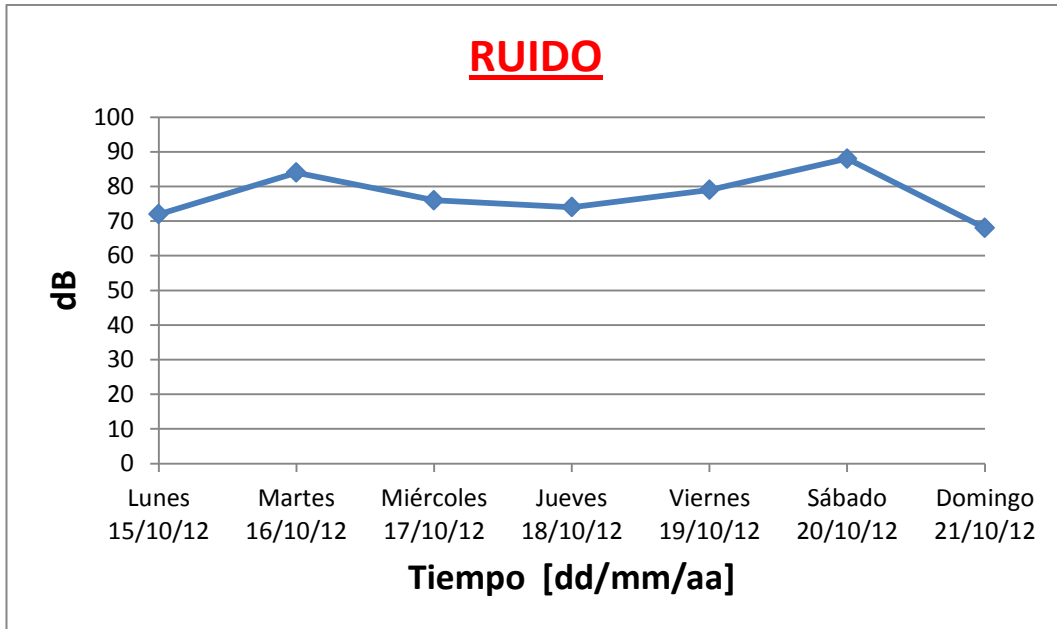


Figura 3.10. Representación gráfica de los valores del ruido por día.

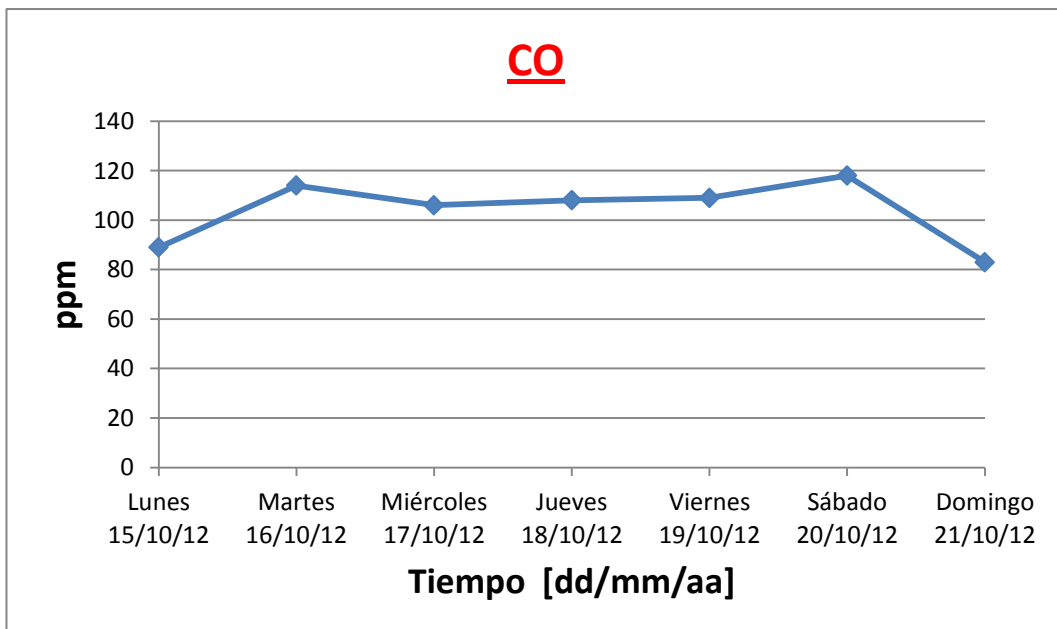
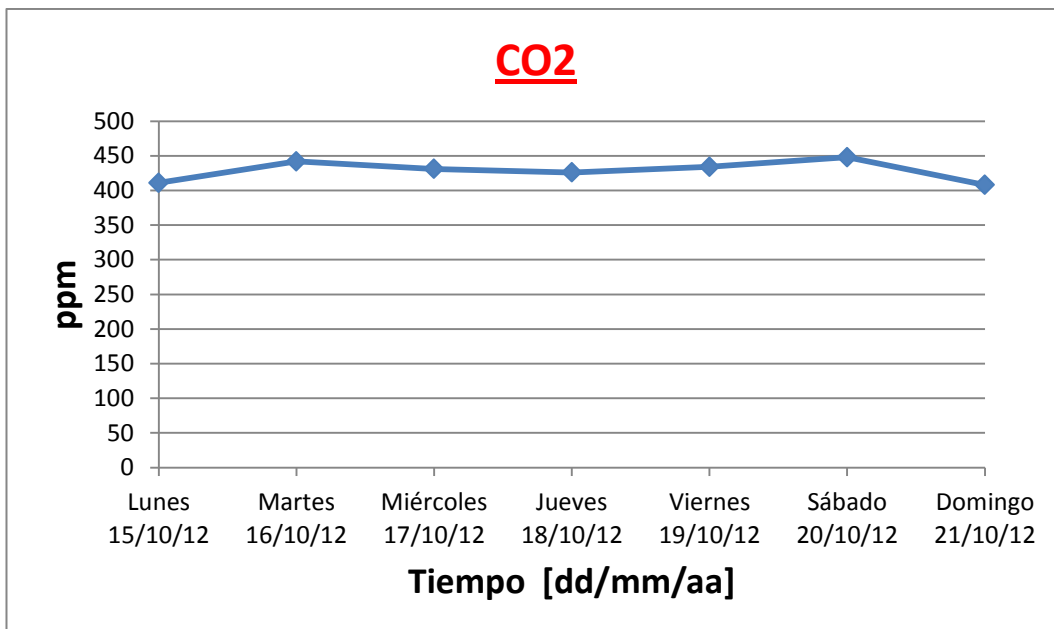


Figura 3.11. Representación gráfica de los valores del monóxido de carbono por día.



**Figura 3.12. Representación gráfica de los valores del dióxido de carbono por día.**

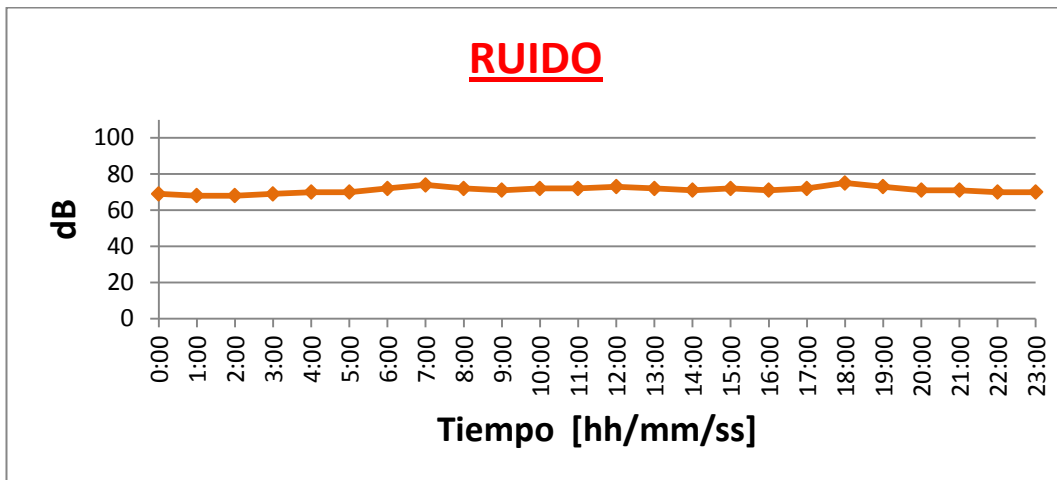
La tendencia de los valores es similar en las Figuras 3.10, 3.11 y 3.12, por lo que se puede apreciar que el sábado 20 de octubre fue en donde existió mayor concentración de ruido, monóxido de carbono y dióxido de carbono, en cambio el día domingo 21 de octubre, se obtuvo los niveles más bajos de todos los días de medición.

- c. Los valores obtenidos en el módulo 2 colocado en el sector de La Estación, se realizó un promedio por cada hora de los 7 días de medición, los datos obtenidos se muestran en la tabla 3.3.



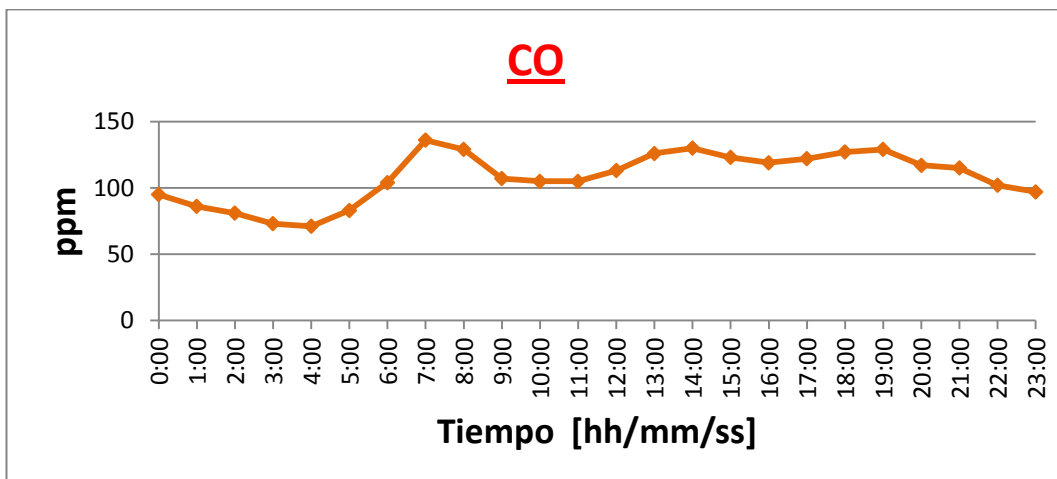
**Tabla 3.3. Promedios por hora del módulo 2.**

<b>HORA</b>	<b>RUIDO (dB)</b>	<b>CO (ppm)</b>	<b>CO2 (ppm)</b>
0:00	69	95	508
1:00	68	86	502
2:00	68	81	499
3:00	69	73	483
4:00	70	71	470
5:00	70	83	486
6:00	72	104	547
7:00	74	136	624
8:00	72	129	591
9:00	71	107	568
10:00	72	105	548
11:00	72	105	516
12:00	73	113	529
13:00	72	126	541
14:00	71	130	553
15:00	72	123	538
16:00	71	119	530
17:00	72	122	543
18:00	75	127	559
19:00	73	129	566
20:00	71	117	532
21:00	71	115	530
22:00	70	102	520
23:00	70	97	515



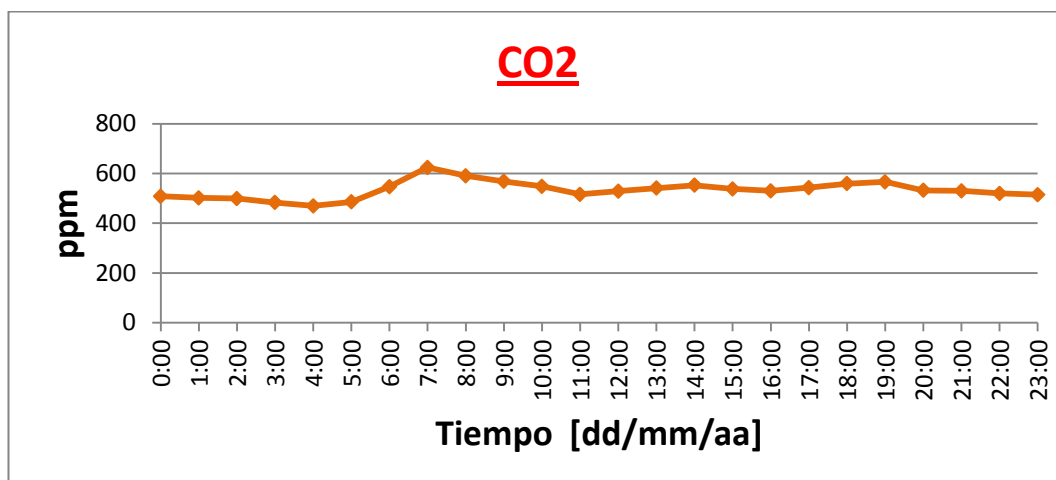
**Figura 3.13. Representación gráfica de los valores del ruido por hora.**

En la Figura 3.13 se puede observar que el promedio de ruido por hora no tiene variaciones bruscas, llegando a tener el punto máximo a las 18:00 y mínimo a las 01:00 y 02:00 de la mañana.



**Figura 3.14. Representación gráfica de los valores del monóxido de carbono por hora.**

En la Figura 3.14 se aprecia que hay variaciones, la concentración de monóxido de carbono comienza a disminuir a las 20:00, llegando al mínimo valor a las 04:00 de la mañana, desde esta hora empieza a incrementarse alcanzando la máxima concentración de CO a las 07:00 de la mañana.



**Figura 3.15. Representación gráfica de los valores del dióxido de carbono por hora.**

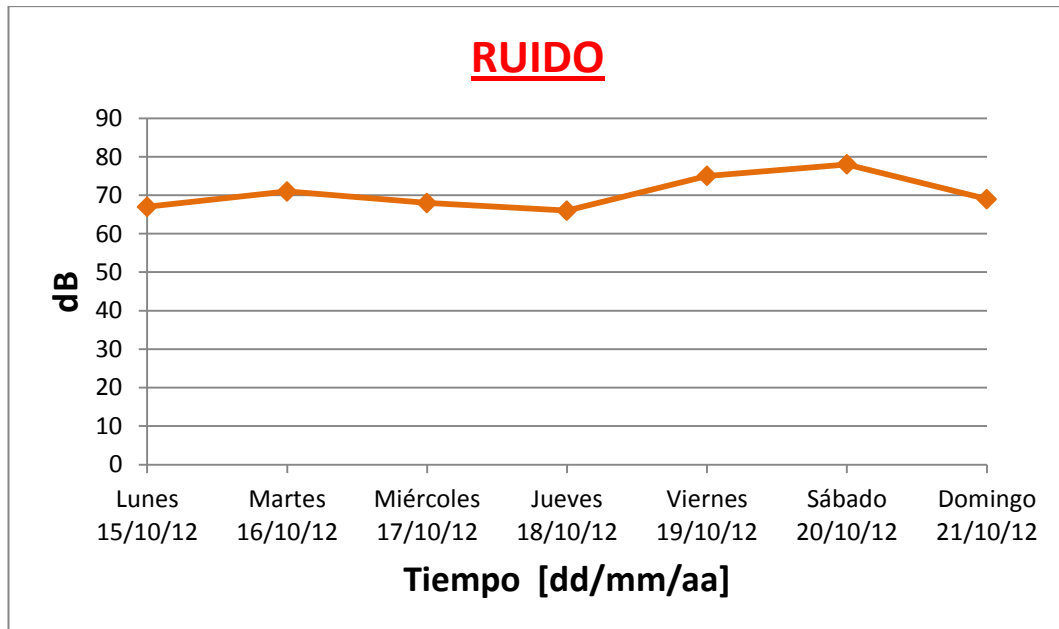
En la Figura 3.15, se observa que la máxima concentración de dióxido de carbono se presenta a las 7:00 de la mañana, desde esta hora la concentración empieza a disminuir, produciéndose pequeños incrementos a las 14:00 y a las 19:00.

- d. De la misma manera que se procedió con el módulo 1, se realizó un promedio por cada día de medición, los datos obtenidos se muestran en la tabla 3.4.

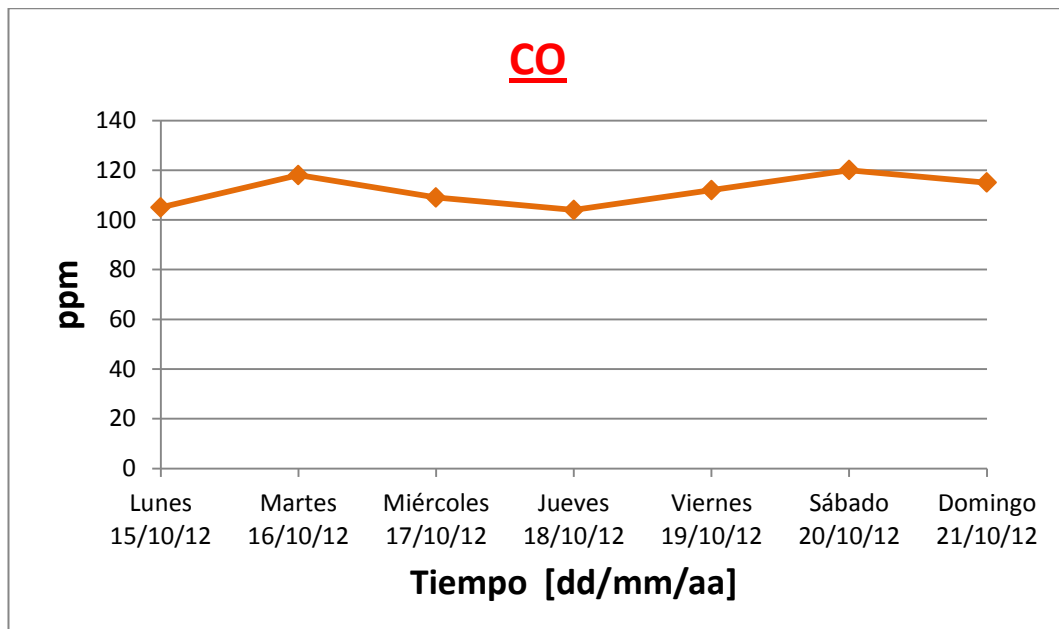
**Tabla 3.4. Promedios por día del módulo 2.**

FECHA	RUIDO (dB)	CO (ppm)	CO2 (ppm)
Lunes 15/10/12	67	105	506
Martes 16/10/12	71	118	542
Miércoles 17/10/12	68	109	523
Jueves 18/10/12	66	104	498
Viernes 19/10/12	75	112	529
Sábado 20/10/12	78	120	586
Domingo 21/10/12	69	115	530

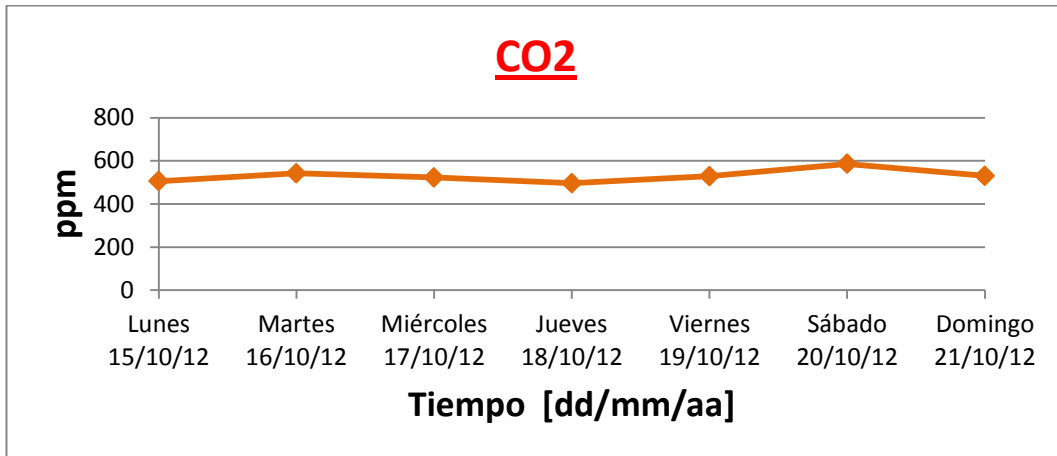
En las siguientes figuras se observan las curvas que representan los valores de la tabla 3.4.



**Figura 3.16. Representación gráfica de los valores del ruido por día.**



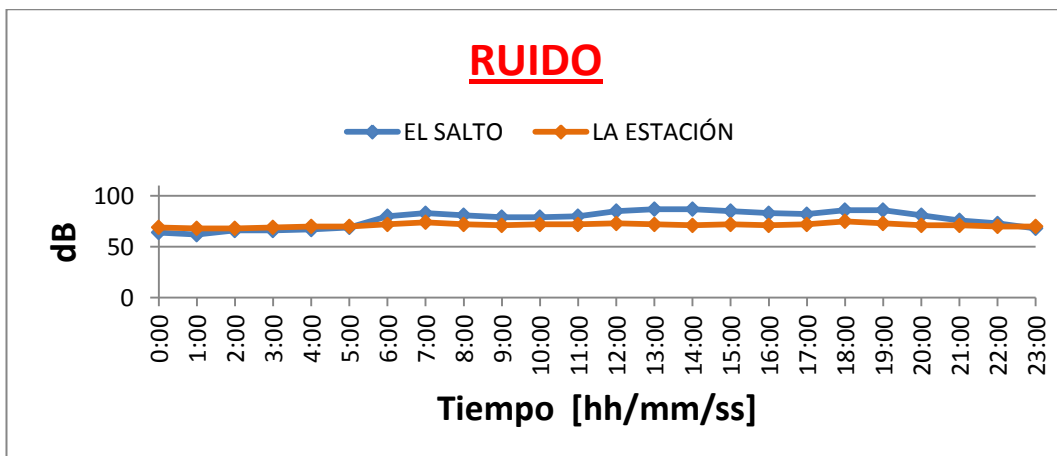
**Figura 3.17. Representación gráfica de los valores del monóxido de carbono por día.**



**Figura 3.18. Representación gráfica de los valores del dióxido de carbono por día.**

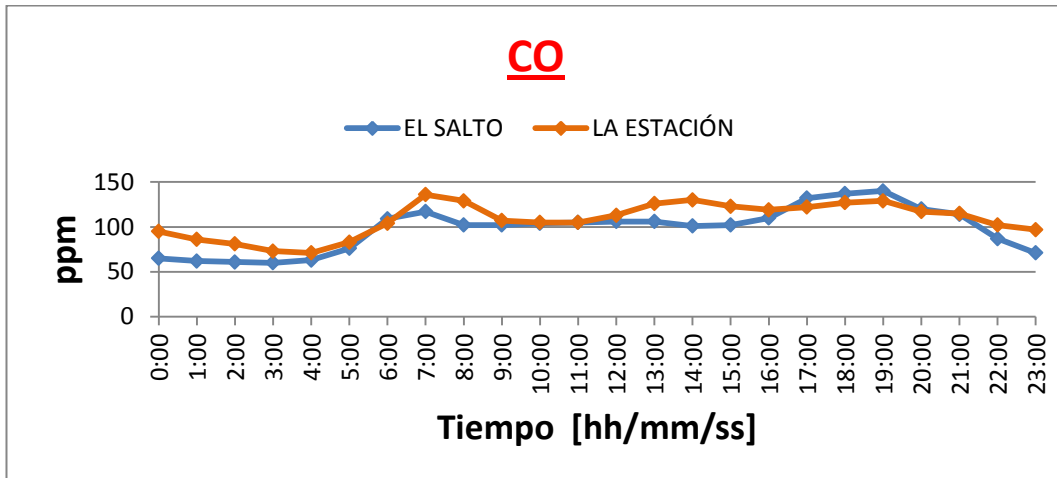
Los valores representados en las figuras 3.16, 3.17 y 3.18 son semejantes, se puede determinar que el jueves 18 de octubre es en donde existió menor cantidad de concentración de ruido, monóxido de carbono y dióxido de carbono, en cambio el día sábado 20 de octubre fue en donde existió la mayor concentración de las tres variables medidas.

e. Comparación de las variables medidas entre los dos módulos por horas.



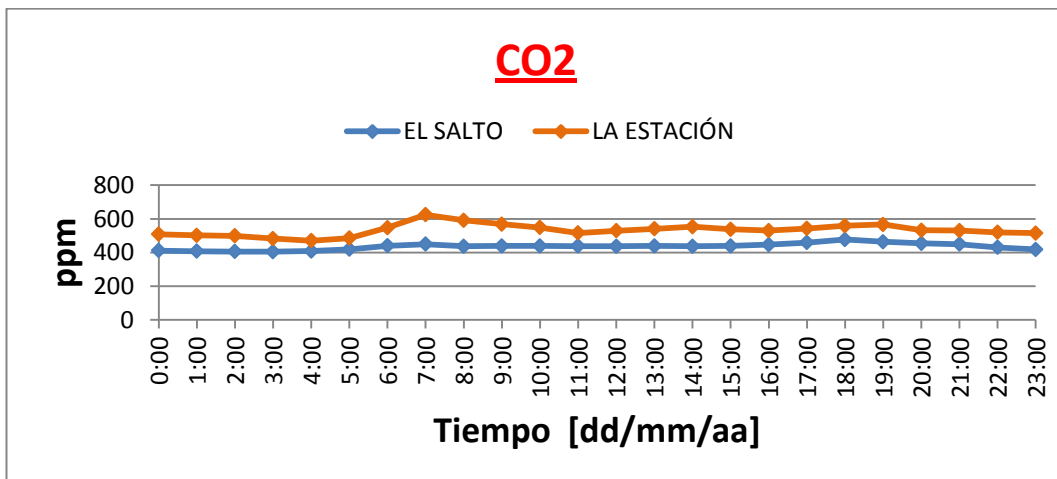
**Figura 3.19. Niveles de ruido en los dos sectores de medición.**

En la figura 3.19 se observa que el nivel de ruido en el sector de El Salto es mayor que en el sector de La Estación, desde las 06:00 de la mañana hasta las 21:00.



**Figura 3.20. Niveles de monóxido de carbono en los dos sectores de medición.**

La figura 3.20 indica que la concentración de monóxido de carbono en el sector El Salto es inferior a la del sector La Estación, solo siendo superior en ciertas horas como por ejemplo a las 06:00 de la mañana, 17:00, 18:00 y 19:00.



**Figura 3.21. Niveles de dióxido de carbono en los dos sectores de medición.**

Según la figura 3.21 la concentración de dióxido de carbono es mayor en el sector de La Estación, se podría decir se debe a que en dicho sector existe mayor afluencia de vehículos de transporte público.

f. Comparación de las variables medidas entre los dos módulos por días.

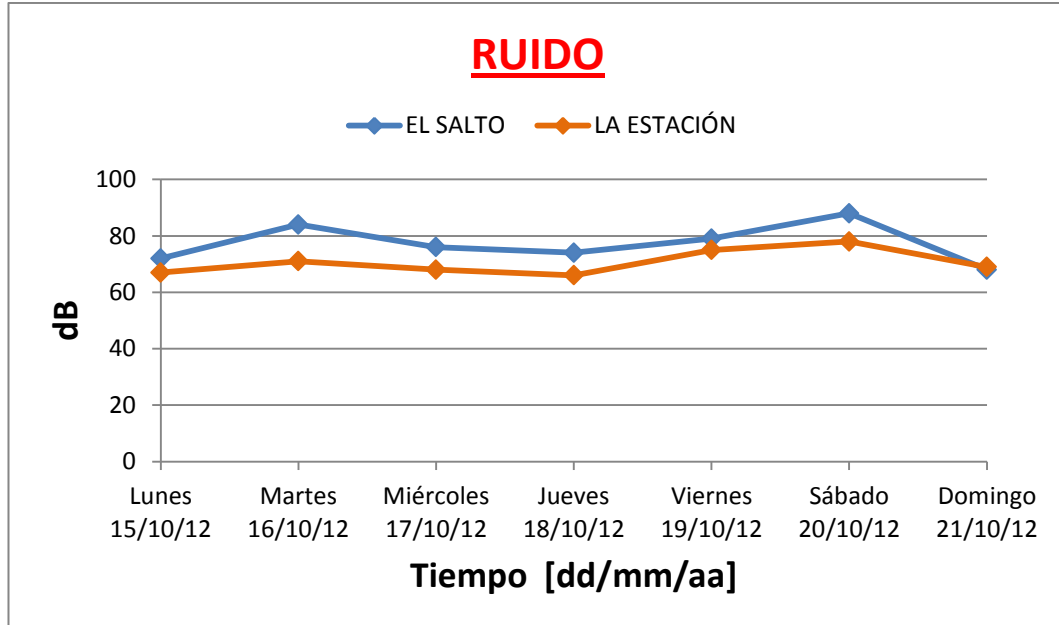


Figura 3.22. Niveles diarios de ruido en los dos sectores de medición.

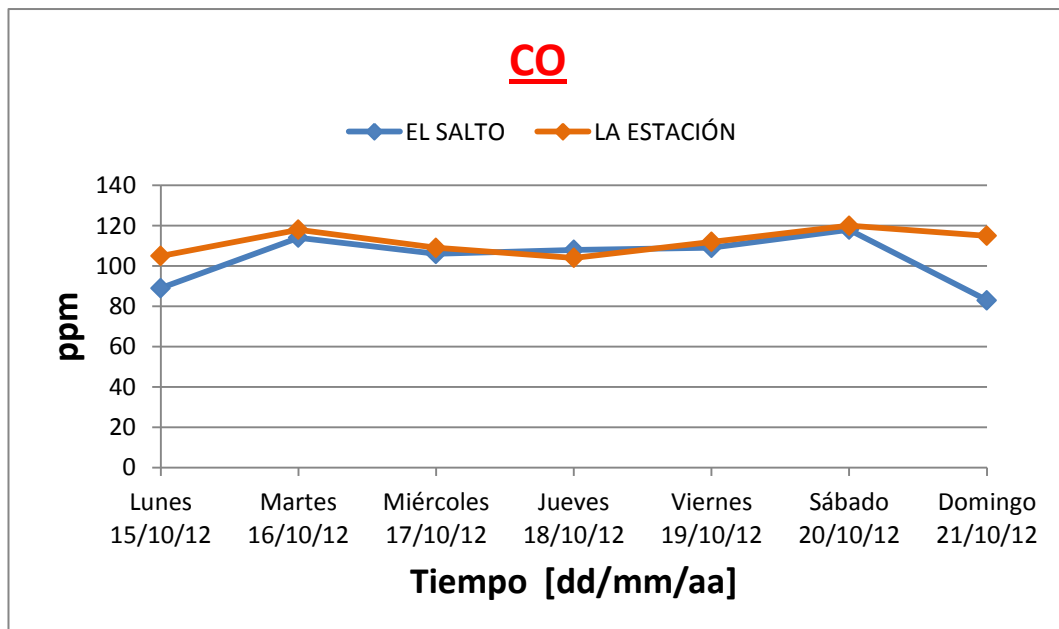
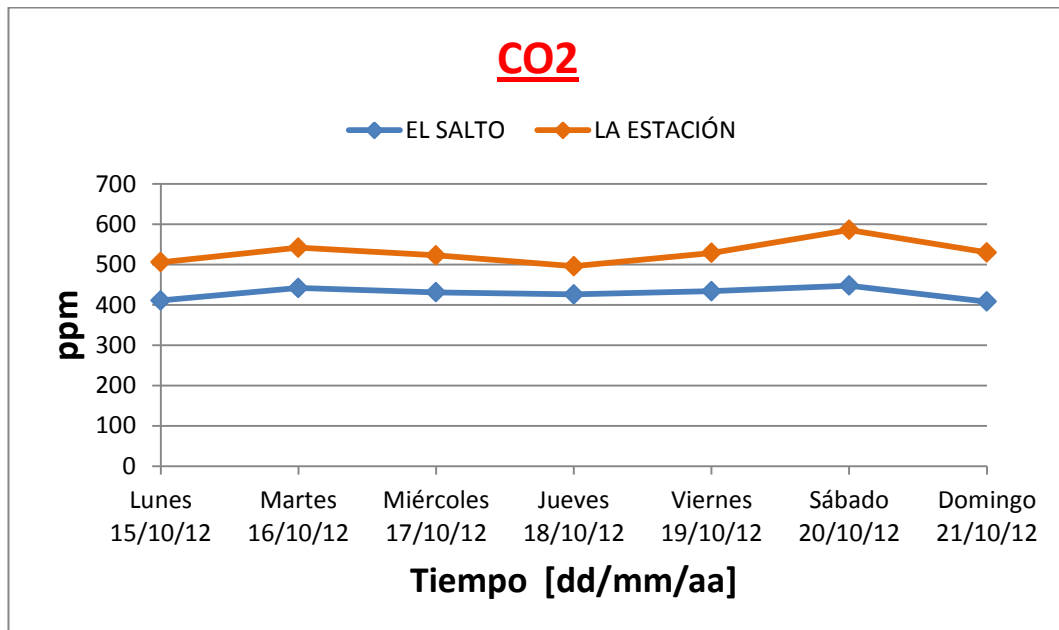


Figura 3.23. Niveles diarios de monóxido de carbono en los dos sectores de medición.



**Figura 3.24. Niveles diarios de dióxido de carbono en los dos sectores de medición.**

La tendencia de las curvas en las figuras 3.22, 3.23 y 3.24 son similares, solo que en el caso del ruido en el sector de El Salto es mayor que en el sector La Estación en los seis primeros días de medición, solo siendo inferior el día domingo. En cambio la concentración de monóxido carbono en La Estación es mayor que en El Salto, exceptuando el día jueves en donde la concentración es menor. De igual manera la presencia de dióxido de carbono en La Estación es mayor que en El Salto en todos los siete días de medición.



## CAPÍTULO 4

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Se diseñó e implementó un sistema de medición y monitoreo de ruidos y gases contaminantes utilizando sensores de monóxido de carbono, dióxido de carbono y amplificadores operacionales para la construcción del medidor de ruido que permiten cumplir con los objetivos del proyecto.
- La revisión adecuada de las hojas técnicas de los elementos que son parte de este proyecto, permiten el funcionamiento óptimo del sistema.
- La investigación de las características del dispositivo Zigbee, ayudan a elegir la configuración apropiada para una excelente transmisión y recepción de datos del sistema.
- Una selección correcta de cada uno de los elementos que conforman el proyecto, posibilitan el buen desempeño del sistema de medición.
- Un diseño adecuado del acondicionamiento de los sensores, hacen que su funcionamiento sea correcto para cumplir con todas las necesidades del proyecto.
- La construcción de los medidores de ruido sonoro y gases contaminantes, permiten determinar los niveles de contaminación existente en el ambiente.

- La elección del software LabVIEW en el diseño de la interfaz gráfica, facilitan el desarrollo de las aplicaciones para el monitoreo y manejo de la información.
- El diseño de la interfaz gráfica permite determinar el comportamiento de los datos obtenidos, mostrando y almacenando los valores medidos.
- La ejecución de las pruebas experimentales con los módulos de medición, permiten determinar su correcto funcionamiento y evaluar la operatividad del sistema.
- Al observar las gráficas resultantes de las mediciones realizadas en el sector de El Salto y el sector La Estación, se pudo determinar que en el día martes y sábado presentan mayor nivel de ruido, monóxido y dióxido de carbono, debido a que son los principales días de feria en la ciudad de Latacunga.
- Se determinó que en el sector La Estación existe mayor concentración de monóxido y dióxido de carbono, a causa de ser un lugar de salida hacia las diferentes ciudades.
- Se conoció que existe mayor nivel de ruido sonoro en el sector de El Salto, por ser una zona comercial y de afluencia de automotores.
- Se comprobó que hay un incremento de la concentración de ruido sonoro, monóxido y dióxido de carbono en las horas de mayor tráfico vehicular.
- Los valores más bajos de contaminación en los dos sectores donde se midió se presentan en las horas de la madrugada, por la casi ausencia de vehículos y personas transitando.

- Determinamos que el ruido sonoro en El Salto y en La Estación no cumplen con el reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación y sus normas técnicas, establecidas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador y publicados en el Libro VI - Título IV - Anexo 5: Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y para vibraciones (ver Anexo I).
- Se determinó que en los dos sectores de medición, tanto en El Salto y en La Estación la concentración de dióxido de carbono está dentro del rango establecido por el estándar 62 de la ASHRAE<sup>27</sup> (ver Anexo J), en cambio la concentración de monóxido de carbono exceden los límites permitidos según el estándar antes mencionado.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Es necesario revisar la documentación de los sensores, para poder comprender su funcionamiento, ya que se dañaría si hay una mala manipulación del elemento.
- Como para este proyecto se utilizó elementos electrónicos, es recomendable colocarlos en una caja impermeable para que se proteja de los agentes externos como lluvia, polvo, etc.
- Debido a que el proyecto hace uso de un computador para receptar los datos, se recomienda contar con una PC que posea un buen procesador para que al momento de recibir la información funcione de manera óptima.
- De acuerdo a los resultados registrados se debe tomar medidas que regulen y controlen la emisión de gases provenientes de la combustión de motores de vehículos que circulan en la ciudad.

---

<sup>27</sup> ASHRAE: Sociedad Americana de aire acondicionado, refrigeración y calefacción.

- Debido a la importancia que tiene la salud de las personas, el ruido sonoro a la que está expuesta la población, exige crear una normativa de regulación para poder controlar las fuentes emisoras de ruido.
- Como en el cantón Latacunga se encuentra en un acelerado y progresivo incremento del parque automotor, se debe tomar las medidas de precaución para que en un futuro no exista un deterioro de la calidad del aire, que afectaría directamente a los habitantes del cantón.
- Como la principal causa de contaminación en esta ciudad son los vehículos, se aconseja regular el parque automotor para que no se vea afectada como en las grandes ciudades.
- Se recomienda capacitar a la población sobre los riesgos que existe al estar expuesto a este tipo de contaminación, y así tomar las precauciones necesarias para que su salud no se vea afectada.
- Realizar monitoreos permanentes de los agentes contaminantes en la ciudad de Latacunga para obtener información acerca de los niveles de contaminación producidos por los gases y por el ruido sonoro, para que de esta manera las autoridades tomen acciones necesarias para disminuir el nivel de contaminación.
- Se recomienda el uso de estos módulos de medición en la revisión vehicular para verificar que el automotor no este emitiendo niveles excesivos de contaminación.
- Se podría incrementar las variables de medición como por ejemplo: la temperatura para el mejoramiento de este sistema.

- Es aconsejable revisar periódicamente el estado de los elementos electrónicos, así como también de la caja impermeable para comprobar que no exista corrosión debido a filtraciones de agua lluvia.
  
- Es necesario limpiar la caja metálica después de realizar las mediciones ya que se acumula suciedad en la parte exterior de la misma.
  
- Es conveniente que estos módulos de medición sean utilizados en aplicaciones industriales y en oficinas climatizadas, para determinar las condiciones en las que laboran las personas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### [1]. Contaminación Ambiental

- ADAME Aurora, SALÍN Daniel, “Contaminación Ambiental”, Editorial Trillas, 1997.
- GUTIÉRREZ H., ROMIEU I., COREY G., FORTOUL T., “Contaminación del aire; Riesgos para la salud”, Editorial El Manual Moderno, 1997.

### [2]. Contaminación Acústica

- SETO William, “Acústica”, Editorial McGraw Hill, 1973.
- LÓPEZ Manuel, “Ingeniería Acústica”, Editorial Paraninfo, 2000.

### [3]. Zigbee

- <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/zigbee/zigbee.pdf>
- <http://seccperu.org/files/ZigBee.pdf>

### [4]. Microcontroladores

- ANGULO José, ANGULO Ignacio, “Microcontroladores PIC”, Editorial McGraw Hill, 2003.
- CORRALES Santiago, “Electrónica Práctica con Microcontroladores PIC”, Editorial Imprenta Gráfica, 2006.

- [http://www.dte.us.es/tec\\_inf/itig/microele/docu/curso0405/tema3/microcontroladores.pdf](http://www.dte.us.es/tec_inf/itig/microele/docu/curso0405/tema3/microcontroladores.pdf)

#### **[5]. Tarjetas de memoria**

- <http://es.kioskea.net/contents/pc/cartes-memoire-flash.php3>

#### **[6]. Interfaz de usuario**

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz\\_gr%C3%A1fica\\_de\\_usuario](http://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz_gr%C3%A1fica_de_usuario)

#### **[7]. Guía práctica para monitorear gases peligrosos**

- <http://www.atsintech.com/tablas/ISTBook.pdf>

#### **[8]. Sensor de Monóxido de Carbono MQ-7**

- <http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>

#### **[9]. Sensor de Dioxido de Carbono MG-811**

- <http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/sens/MG811DataSheet.pdf>

#### **[10]. Módulo Xbee-Pro ZB XBP24BZ7**

- [http://www.arrow.com/services-tools/design-tools/arrowedge/parts/2010-2/layout/07-digi\\_13-14.pdf](http://www.arrow.com/services-tools/design-tools/arrowedge/parts/2010-2/layout/07-digi_13-14.pdf)
- [http://ftp1.digi.com/support/documentation/xbee\\_rpsma\\_mechanical\\_drawing.pdf](http://ftp1.digi.com/support/documentation/xbee_rpsma_mechanical_drawing.pdf)

**[11]. Micrófono HMC10A**

- [http://www.jlworld.com/products/spdnp/HMC10A/\\$FILE/HMC10A.pdf](http://www.jlworld.com/products/spdnp/HMC10A/$FILE/HMC10A.pdf)

**[12]. Data Microcontrolador Atmega644PA**

- <http://www.atmel.com/Images/8152s.pdf>

**[13]. Tarjeta Xbee Explorer**

- <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/TARJETA%20XBEE%20EXPLORER.pdf>

**[14]. Amplificador Operacional AD628**

- <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/83579/AD/AD628.html>

**[15]. Normas de la calidad del aire**

- [http://www.seguridadysalud.ibermutuamur.es/IMG/pdf/Calidad\\_del\\_aire\\_1nterior.pdf](http://www.seguridadysalud.ibermutuamur.es/IMG/pdf/Calidad_del_aire_1nterior.pdf)

**[16]. Límites permisibles de niveles de ruido**

- [http://www.fficacitas.com/fficacitas\\_es/assets/Anexo%205.pdf](http://www.fficacitas.com/fficacitas_es/assets/Anexo%205.pdf)



## **ANEXOS**

ANEXO A.- Hoja técnica del sensor MQ-7

ANEXO B.- Hoja técnica del sensor MG-811

ANEXO C.- Hoja técnica del módulo XBEE PRO XBP24BZ7

ANEXO D.- Hoja técnica del microcontrolador ATMAGA644PA

ANEXO E.- Hoja técnica del micrófono Electret HMC10A

ANEXO F.- Hoja técnica de la tarjeta Xbee Explorer

ANEXO G.- Hoja técnica del amplificador operacional AD628

ANEXO H.- Programación del microcontrolador

ANEXO I.- Niveles de ruido para fuentes fijas, móviles y vibraciones

ANEXO J.- Valores de referencia de la calidad de aire exterior

ANEXO K.- Manual de operación

ANEXO A	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>MQ-7</b> <b>SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO</b>	A-1
---------	--	-----

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD      MQ-7      <http://www.hwvensor.com>

## TECHNICAL DATA      MQ-7      GAS SENSOR

### FEATURES

- \* High sensitivity to carbon monoxide
- \* Stable and long life

### APPLICATION

They are used in gas detecting equipment for carbon monoxide(CO) in family and industry or car.

### SPECIFICATIONS

#### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
Vc	circuit voltage	5V±0.1	Ac or Dc
VH (H)	Heating voltage (high)	5V±0.1	Ac or Dc
VH (L)	Heating voltage (low)	1.4V±0.1	Ac or Dc
R <sub>L</sub>	Load resistance	Can adjust	
R <sub>H</sub>	Heating resistance	33 Ω ± 5%	Room temperature
T <sub>H</sub> (H)	Heating time (high)	60 ± 1 seconds	
T <sub>H</sub> (L)	Heating time (low)	90 ± 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

#### b. Environment conditions

Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
T <sub>ao</sub>	Using temperature	-20℃-50℃	
T <sub>as</sub>	Storage temperature	-20℃-50℃	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

#### c. Sensitivity characteristic

symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
R <sub>s</sub>	Surface resistance Of sensitive body	2-20k	In 100ppm Carbon Monoxide
α (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5	R <sub>s</sub> (300ppm)/R <sub>s</sub> (100ppm)
Standard working condition	Temperature -20℃±2℃ relative humidity 65%±5% RL:10KΩ±5% Vc:5V±0.1V VH:5V±0.1V VL:1.4V±0.1V		
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

#### D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Structure and configuration of MQ-7 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have

TEL:86-371-67169070 67169080

FAX:86-371-67169090

Email: [sales@hwvensor.com](mailto:sales@hwvensor.com)

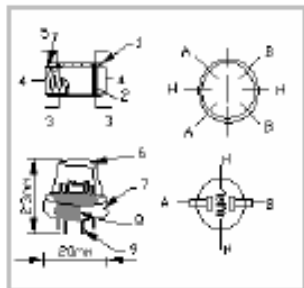
SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD

MQ-7

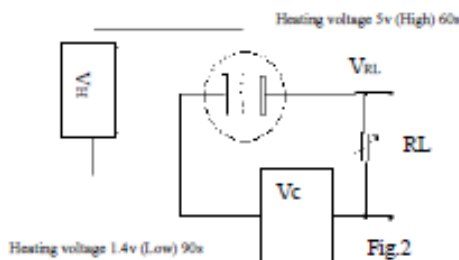
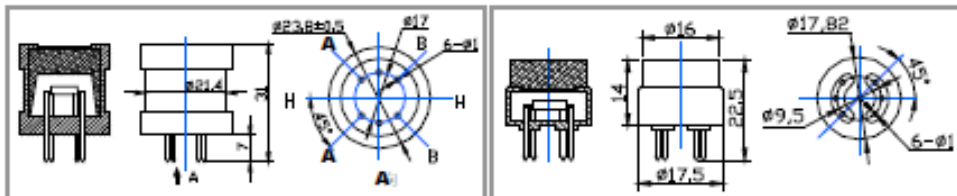
<http://www.hw-sensor.com>

6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.



Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO <sub>2</sub>
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni

Fig.1



Standard circuit:

As shown in Fig 2, standard measuring circuit of MQ-7 sensitive components consists of 2 parts. one is heating circuit having time control function (the high voltage and the low voltage work circularly). The second is the signal output circuit, it can accurately respond changes of surface resistance of the sensor.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

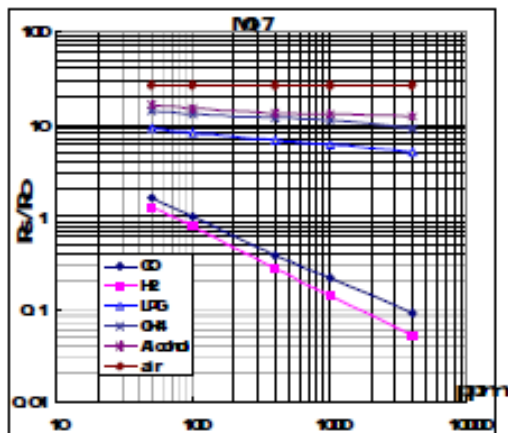


Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-7

Fig 3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-7 for several gases.

in their: Temp: 20℃,  
Humidity: 65%,  
O<sub>2</sub> concentration 21%,  
RL=10kΩ

R<sub>0</sub>: sensor resistance at 100ppm CO in the clean air.

R<sub>s</sub>: sensor resistance at various concentrations of gases.

ANEXO A	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>MQ-7</b> <b>SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO</b>	A-3
---------	--	-----

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD      MQ-7      <http://www.hw-sensor.com>

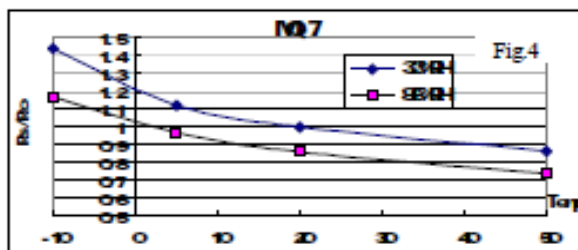


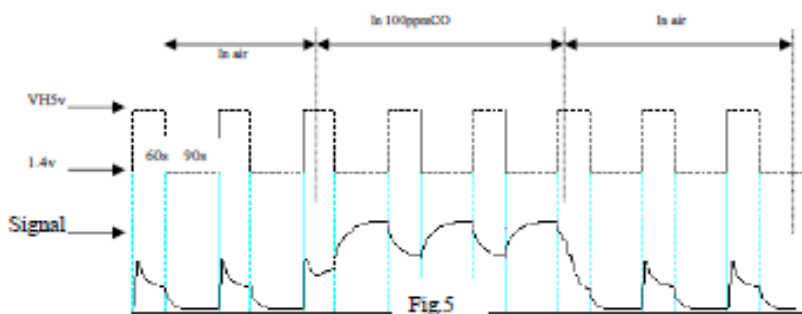
Fig.4 shows the typical dependence of the MQ-7 on temperature and humidity.  
 R0: sensor resistance at 100ppm CO in air at 33%RH and 20degree.  
 Rs: sensor resistance at 100ppm CO at different temperatures and humidities.

#### OPERATION PRINCIPLE

The surface resistance of the sensor  $R_s$  is obtained through effected voltage signal output of the load resistance  $R_L$  which series-wound. The relationship between them is described:

$$R_s \cdot R_L = (V_c - V_{RL}) / V_{RL}$$

Fig. 5 shows alterable situation of  $R_L$  signal output measured by using Fig. 2 circuit output



signal when the sensor is shifted from clean air to carbon monoxide (CO), output signal measurement is made within one or two complete heating period (2.5 minute from high voltage to low voltage).

Sensitive layer of MQ-7 gas sensitive components is made of  $\text{SnO}_2$  with stability, So, it has excellent long term stability. Its service life can reach 5 years under using condition.

#### SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-7 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 200ppm CO in air and use value of Load resistance that ( $R_L$ ) about 10 K $\Omega$  (5K $\Omega$  to 47 K $\Omega$ ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence. The sensitivity adjusting program:

- Connect the sensor to the application circuit.
- Turn on the power, keep preheating through electricity over 48 hours.
- Adjust the load resistance  $R_L$  until you get a signal value which is respond to a certain carbon monoxide concentration at the end point of 90 seconds.
- Adjust the another load resistance  $R_L$  until you get a signal value which is respond to a CO concentration at the end point of 60 seconds.

[Supplying special IC solutions, More detailed technical information, please contact us.](#)

TEL:86-371-67169070 67169080

FAX:86-371-67169090

Email: [sales@hw-sensor.com](mailto:sales@hw-sensor.com)

<b>ANEXO B</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>MG-811</b> <b>SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO</b>	<b>B-1</b>
----------------	---	------------

HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD                      MG-811                      http://www.hwsensor.com

**MG811      CO2 Sensor**

**Features**

- Good sensitivity and selectivity to CO2
- Low humidity and temperature dependency
- Long stability and reproducibility

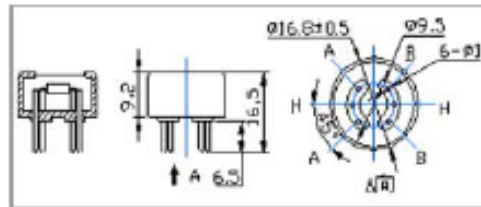
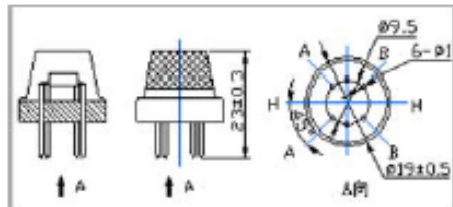
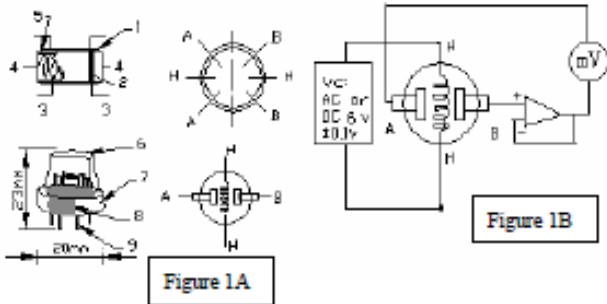


**Application**

- Air Quality Control
- Ferment Process Control
- Room Temperature CO2 concentration Detection

**Structure and Testing Circuit**

Sensor Structure and Testing Circuit as Figure, It composed by solid electrolyte layer (1), Gold electrodes (2), Platinum Lead (3), Heater (4), Porcelain Tube (5), 100m double-layer stainless net (6), Nickel and copper plated ring (7), Bakelite (8), Nickel and copper plated pin (9).



**Working Principle**

Sensor adopt solid electrolyte cell Principle, It is composed by the following solid cells :

Air, Au|NASICON|| carbonate|Au, air, CO2

When the sensor exposed to CO2, the following electrodes reaction occurs :

Cathodic reaction :  $2Li + CO_2 + 1/2O_2 + 2e^- = Li_2CO_3$

Anodic reaction :  $2Na + 1/2O_2 + 2e^- = Na_2O$

Overall chemical reaction :  $Li_2CO_3 + 2Na = Na_2O + 2Li + CO_2$

The Electromotive force (EMF) result from the above electrode reaction, accord with according to Nemst's equation: :

$$EMF = E_c - (R \times T) / (2F) \ln (P(CO_2))$$

P(CO<sub>2</sub>)—CO<sub>2</sub>— partial Pressure    E<sub>c</sub>—Constant Volume    R—Gas Constant volume

T— Absolute Temperature (K)    F—Faraday constant

From Figure 1B, Sensor Heating voltage supplied from other circuit , When its surface temperature is high enough , the sensor equals to a cell, its two sides would output voltage signal ,and its result accord with Nemst's equation,. In sensor testing, the impedance of amplifier should be within 100—1000GΩ, Its testing

Tel: 86 371 67169070 67169080              Fax: 86 371 67169090              E-mail: sensor@371.net

<b>ANEXO B</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>MG-811</b> <b>SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO</b>	<b>B-2</b>
----------------	---	------------

HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD      MG-811      <http://www.hwsensor.com>  
current should be control below 1pA.

**Specifications :**

Symbol	Parameter Name	Technical	Remarks
$V_H$	Heating Voltage	$6.0 \pm 0.1 \text{ V}$	AC or DC
$R_H$	Heating Resistor	$30.0 \pm 5\% \Omega$	Room Temperature
$I_H$	Heating Current	@200mA	
$P_H$	Heating Power	@1200mW	
$T_{ao}$	Operating Temperature	$-20 \dots +50^\circ\text{C}$	
$T_{as}$	Storage Temperature	$-20 \dots +70^\circ\text{C}$	
$\square \text{ EMF}$	Output	30—50mV	350—10000ppm CO <sub>2</sub>

**Sensitivity :**

Figure 2 Shows gas sensor sensitivity curve. :

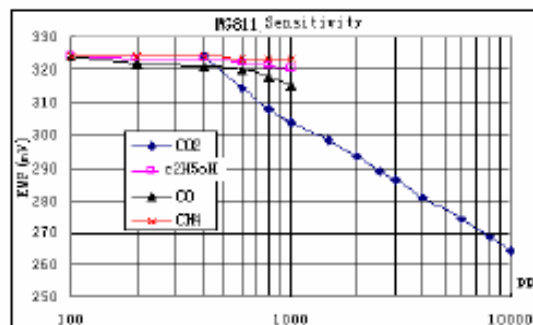
Conditions:

Tem : 28 $\square$ ,

RH : 65%,

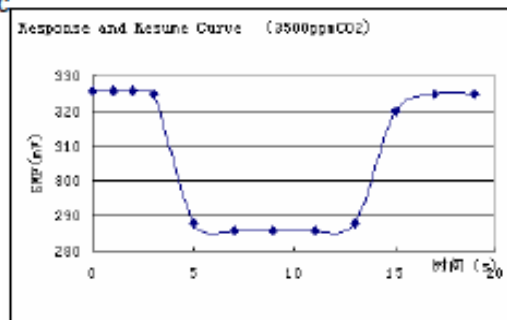
Oxygen : 21%

EMF: sensor EMF under different gas and concentration.

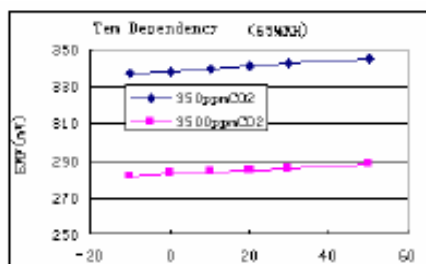


**Response and Resume Characteristic :**

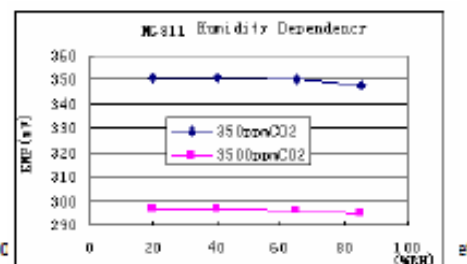
Figure 3 shows Solid electrolyte sensor response and resume characteristics.



**Temperature and Humidity Dependency :**



6716909C





ANEXO C	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>XBP24BZ7</b> <b>MÓDULO XBEE-PRO ZB</b>	C-1
---------	---	-----

VOLUME TWO | Product Briefs



## XB24-Z7 and XBP24BZ7

XBee® and XBee-PRO® ZB Embedded RF Modules

XBee® and XBee-PRO® ZB embedded RF modules provide cost-effective wireless connectivity to devices in ZigBee mesh networks. Utilizing the ZigBee PRO Feature Set, these modules are interoperable with other ZigBee devices, including devices from other vendors.

Products in the XBee family require no configuration or additional development; users can have their network up and running in a matter of minutes. Interoperability requires the ZigBee PRO Feature Set to be deployed on all devices.

XBee modules are available in a variety of protocols and frequencies. The common hardware footprint shared by Digi's XBee modules means users can substitute one XBee for another with minimal development time and risk.

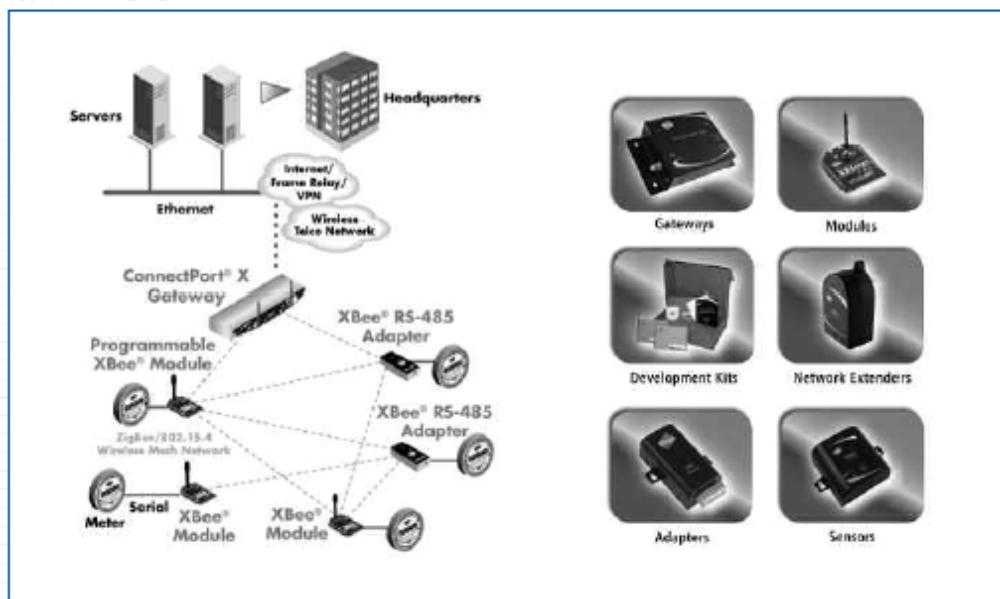
### Applications

- Home and building automation
- Lighting control
- Smart energy
- Security

### Features

- Interoperability with ZigBee compliant devices
- No configuration needed for out-of-the-box RF communications
- Common XBee footprint for a variety of RF modules
- ZigBee mesh networking protocol
  - Improved data traffic management
  - Remote firmware updates
  - Self-healing and discovery for network stability
- Programmable versions of the XBee-PRO ZB modules enable custom ZigBee application development
  - 8-bit Freescale™ S08 microprocessor brings intelligence to devices
  - CodeWarrior® development tools for easy customization
- Operating temperature range: -40 °C to +85 °C

### Application Highlight and Related Products



ArrowEDGE | 2010

ANEXO C

**HOJA TÉCNICA**  
**XBP24BZ7**  
**MÓDULO XBEE-PRO ZB**

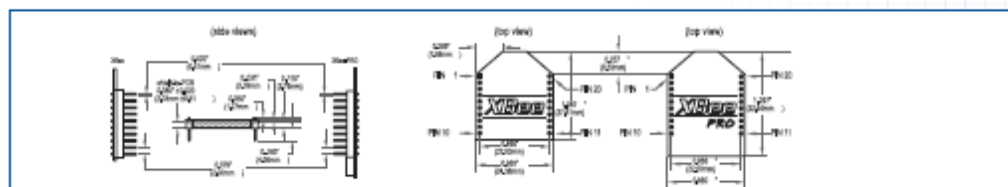
C-2

Product Briefs | **DIGI**

**Product Line Specifications**

Platform	XBee® ZB	XBee-PRO® ZB	XBee-PRO® ZB Programmable
<b>Processor</b>			
RF data rate	250 kb/s		
Indoor/urban range	133 ft. (40 m)	300 ft. (90 m)	
Outdoor/RF line-of-sight range	400 ft. (120 m)	2 miles (3200 m)/int'l 5000 ft. (1500 m)	
Transmit power	1.25 mW (+1 dBm)/ 2 mW (+3 dBm) boost mode	63 mW (+18 dBm)/int'l 10 mW (+10 dBm)	
Receiver sensitivity (1% FER)	-96 dBm in boost mode	-102 dBm	
<b>Features</b>			
Adjustable power	Yes		
I/O interface	3.3 V CMOS UART, A/D converter, DIO		3.3 V CMOS UART, SPI, PC, PWM, DIO, A/D converter
Configuration method	API or AT commands, local or over-the-air		
Frequency band	2.4 GHz		
Interference immunity	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)		
Serial data rate	1200 b/s - 1 Mb/s		
A/D converter inputs	(4) 10-bit A/D converter inputs		
Digital I/O	10		
Antenna options	Chip, wire whip, U.F.L, RPSMA	PCB embedded antenna, wire whip, U.F.L, RPSMA	
<b>Programmability</b>			
Memory	N/A		32 kB Flash/2 kB RAM
CPU/clock speed	N/A		HCS08/up to 80.33 MHz
<b>Networking and Security</b>			
Encryption	128-bit AES		
Reliable packet delivery	Retries/acknowledgments		
IDs and channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 channels	
<b>Power Requirements</b>			
Supply voltage	2.1 VDC - 3.6 VDC	2.7 VDC - 3.6 VDC	
Transmit current	35 mA/45 mA boost mode at 3.3 VDC	205 mA	220 mA
Receive current	38 mA/40 mA boost mode at 3.3 VDC	47 mA	62 mA
Power-down current	< 1 µA at 25 °C	3.5 µA at 25 °C	4 µA at 25 °C
<b>Regulatory Approvals</b>			
FCC (USA)	Yes		
IC (Canada)	Yes		
ETSI (Europe)	Yes		
C-TICK (Australia)	Yes		
TELEC (Japan)	Yes	Yes (int'l unit only)	

**Mechanical Drawings**

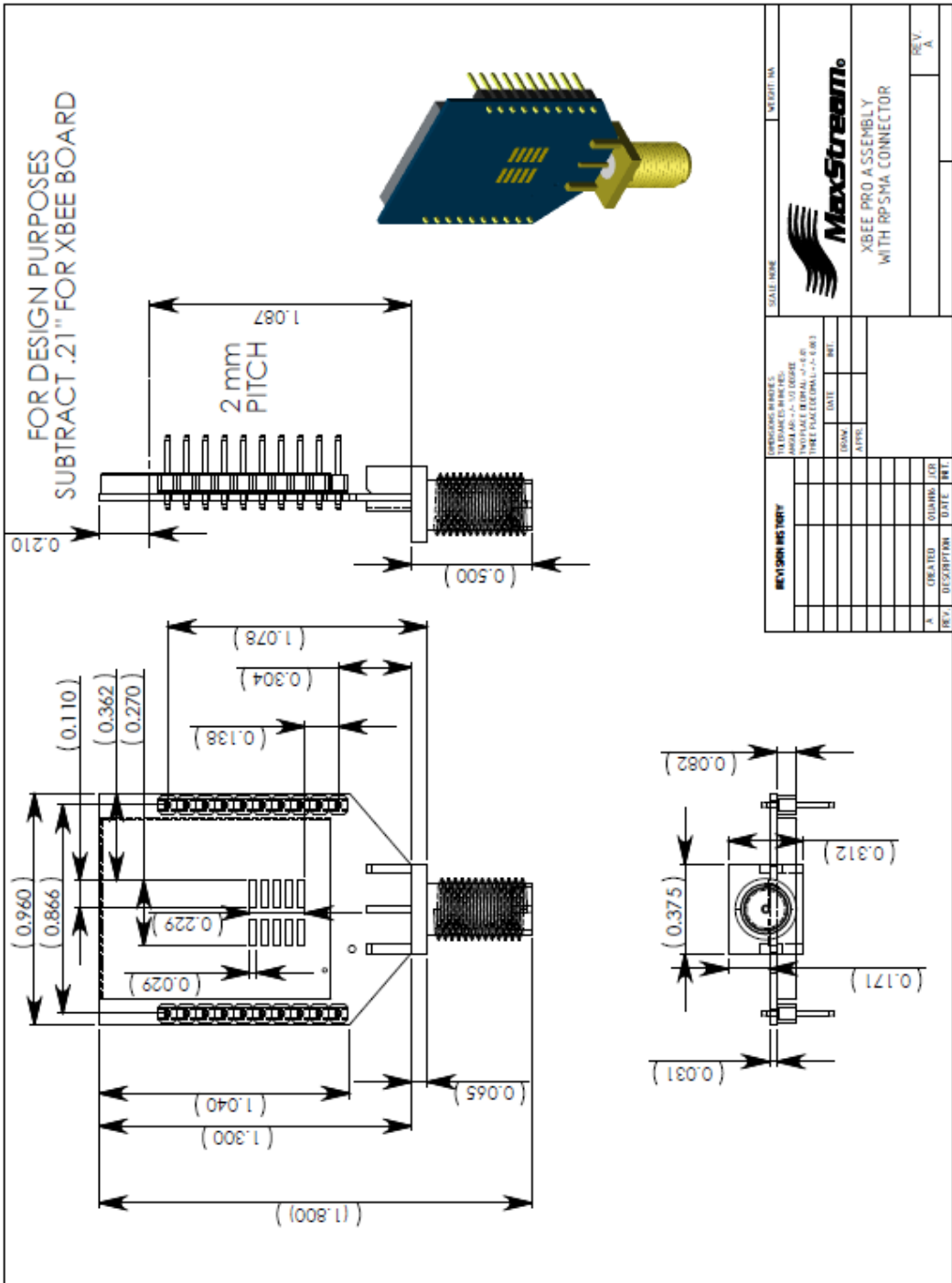


For more information, such as datasheets and app notes, visit [www.arrow-nac.com/arrowedge](http://www.arrow-nac.com/arrowedge).

[www.arrow-nac.com](http://www.arrow-nac.com) | 800-777-2776



ANEXO C	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>XBP24BZ7</b> <b>MÓDULO XBEE-PRO ZB</b>	C-3
---------	---	-----



ANEXO D	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>ATMEGA 644PA</b> <b>MICROCONTROLADOR ATMEL</b>	D-1
---------	---	-----



### Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 16/32/64/128K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory (ATmega164PA/324PA/644PA/1284P)
  - 512B/1K/2K/4K Bytes EEPROM (ATmega164PA/324PA/644PA/1284P)
  - 1/2/4/16K Bytes Internal SRAM (ATmega164PA/324PA/644PA/1284P)
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/ 100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with independent Lock Bits
  - In-System Programming by On-chip Boot Program
  - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - Differential mode with selectable gain at 1x, 10x or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Two Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-pad VQFN/QFN/MLF
  - 44-pad DQFN
  - 49-ball VFBGA
- Operating Voltages
  - 1.8 - 5.5V
- Speed Grades for ATmega164PA/324PA/644PA/1284P
  - 0 - 20MHz @ 1.8 - 5.5V
- Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C
  - Active: 0.4 mA
  - Power-down Mode: 0.1µA
  - Power-save Mode: 0.6µA (Including 32 kHz RTC)

Note: 1. See "Data Retention" on page 9 for details.



**8-bit AVR<sup>®</sup>**  
**Microcontroller**  
**with**  
**16/32/64/128K**  
**Bytes In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

**ATmega164PA**  
**ATmega324PA**  
**ATmega644PA**  
**ATmega1284P**

**Summary**

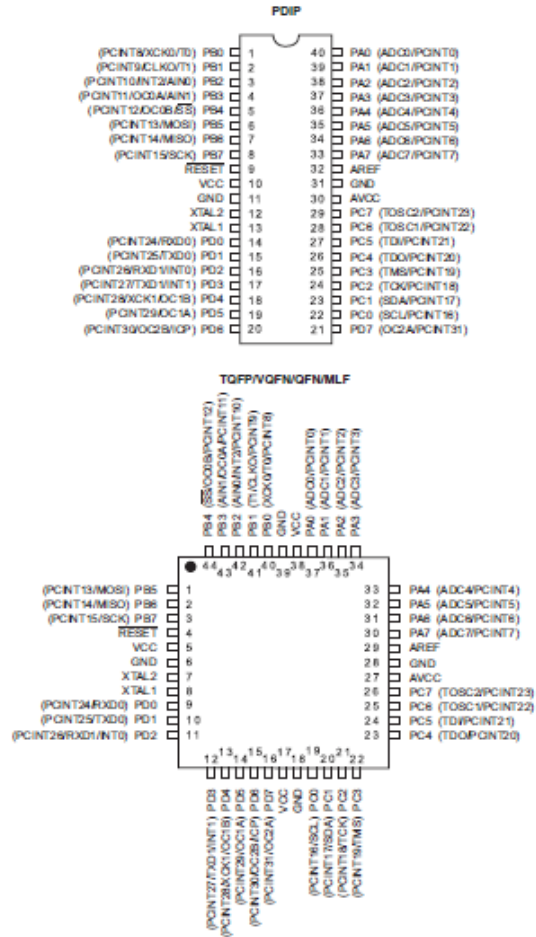
Rev. 8152GS-AVR-11/09

**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

**1. Pin Configurations**

**1.1 Pinout - PDIP/TQFP/VQFN/QFN/MLF for ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

Figure 1-1. Pinout



Note: The large center pad underneath the VQFN/QFN/MLF package should be soldered to ground on the board to ensure good mechanical stability.



## ATmega164PA/324PA/644PA/1284P

### 1.2 Pinout - DRQFN for ATmega164PA/324PA/644PA

Figure 1-2. DRQFN - Pinout

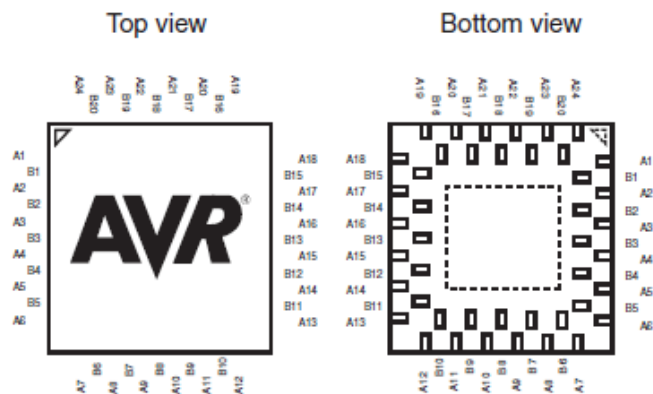


Table 1-1. DRQFN - Pinout

<b>A1</b>	PB5	<b>A7</b>	PD3	<b>A13</b>	PC4	<b>A19</b>	PA3
<b>B1</b>	PB6	<b>B6</b>	PD4	<b>B11</b>	PC5	<b>B16</b>	PA2
<b>A2</b>	PB7	<b>A8</b>	PD5	<b>A14</b>	PC6	<b>A20</b>	PA1
<b>B2</b>	RESET	<b>B7</b>	PD6	<b>B12</b>	PC7	<b>B17</b>	PA0
<b>A3</b>	VCC	<b>A9</b>	PD7	<b>A15</b>	AVCC	<b>A21</b>	VCC
<b>B3</b>	GND	<b>B8</b>	VCC	<b>B13</b>	GND	<b>B18</b>	GND
<b>A4</b>	XTAL2	<b>A10</b>	GND	<b>A16</b>	AREF	<b>A22</b>	PB0
<b>B4</b>	XTAL1	<b>B9</b>	PC0	<b>B14</b>	PA7	<b>B19</b>	PB1
<b>A5</b>	PD0	<b>A11</b>	PC1	<b>A17</b>	PA6	<b>A23</b>	PB2
<b>B5</b>	PD1	<b>B10</b>	PC2	<b>B15</b>	PA5	<b>B20</b>	PB3
<b>A6</b>	PD2	<b>A12</b>	PC3	<b>A18</b>	PA4	<b>A24</b>	PB4

**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

**1.3 Pinout - VFBGA for ATmega164PA/324PA/644PA**

Figure 1-3. VFBGA - Pinout

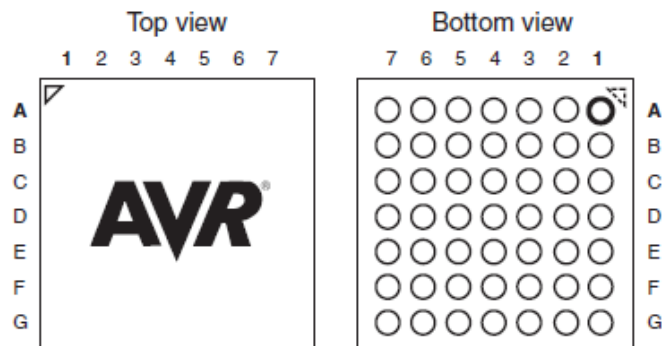


Table 1-2. BGA - Pinout

	1	2	3	4	5	6	7
A	GND	PB4	PB2	GND	VCC	PA2	GND
B	PB6	PB5	PB3	PB0	PA0	PA3	PA5
C	VCC	RESET	PB7	PB1	PA1	PA6	AREF
D	GND	XTAL2	PD0	GND	PA4	PA7	GND
E	XTAL1	PD1	PD5	PD7	PC5	PC7	AVCC
F	PD2	PD3	PD6	PC0	PC2	PC4	PC6
G	GND	PD4	VCC	GND	PC1	PC3	GND

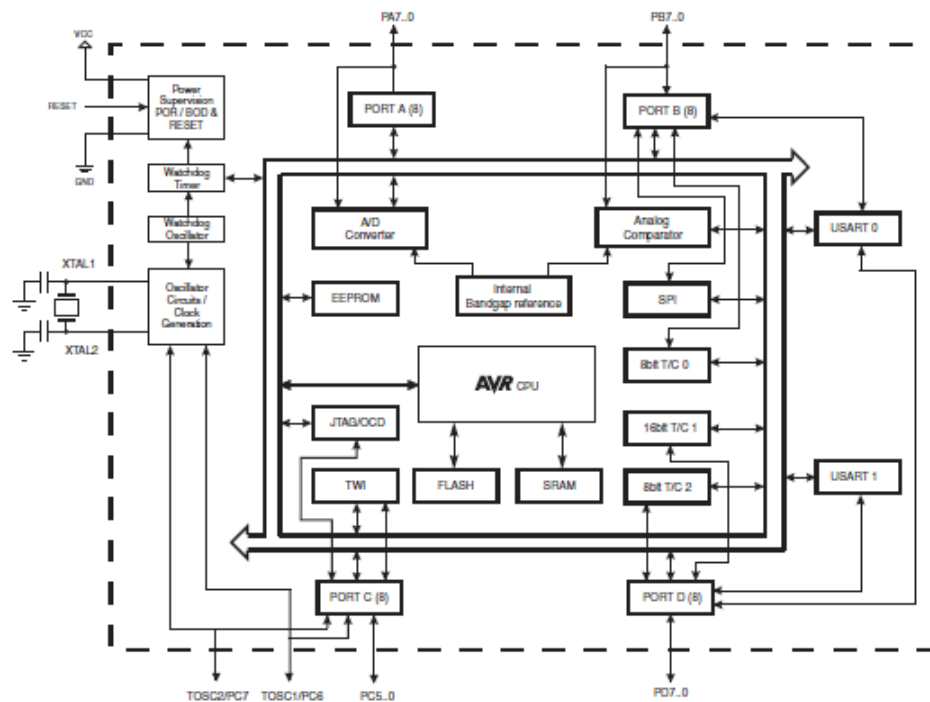
## ATmega164PA/324PA/644PA/1284P

### 2. Overview

The ATmega164PA/324PA/644PA/1284P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega164PA/324PA/644PA/1284P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

#### 2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

<b>ANEXO D</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>ATMEGA 644PA</b> <b>MICROCONTROLADOR ATMEL</b>	<b>D-6</b>
----------------	---	------------

## **ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

The ATmega164PA/324PA/644PA/1284P provides the following features: 16/32/64/128K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512B/1K/2K/4K bytes EEPROM, 1/2/4/16K bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, Real Time Counter (RTC), three flexible Timer/Counters with compare modes and PWM, 2 USARTs, a byte oriented 2-wire Serial Interface, a 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain, programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, IEEE std. 1149.1 compliant JTAG test Interface, also used for accessing the On-chip Debug system and programming and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and Interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the Crystal/Resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega164PA/324PA/644PA/1284P is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega164PA/324PA/644PA/1284P AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

### **2.2 Comparison Between ATmega164PA, ATmega324PA, ATmega644PA and ATmega1284P**

**Table 2-1.** Differences between ATmega164PA, ATmega324PA and ATmega644PA and ATmega1284P

Device	Flash	EEPROM	RAM
ATmega164PA	16 Kbyte	512 Bytes	1 Kbyte
ATmega324PA	32 Kbyte	1 Kbyte	2 Kbyte
ATmega644PA	64 Kbyte	2 Kbyte	4 Kbyte
ATmega1284P	128 Kbyte	4 Kbyte	16 Kbyte



<b>ANEXO D</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>ATMEGA 644PA</b> <b>MICROCONTROLADOR ATMEL</b>	<b>D-7</b>
----------------	---	------------

## ATmega164PA/324PA/644PA/1284P

### 2.3 Pin Descriptions

#### 2.3.1 VCC

Digital supply voltage.

#### 2.3.2 GND

Ground.

#### 2.3.3 Port A (PA7:PA0)

Port A serves as analog Inputs to the Analog-to-digital Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port A pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port A also serves the functions of various special features of the ATmega164PA/324PA/644PA/1284P as listed on [page 81](#).

#### 2.3.4 Port B (PB7:PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega164PA/324PA/644PA/1284P as listed on [page 83](#).

#### 2.3.5 Port C (PC7:PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port C also serves the functions of the JTAG interface, along with special features of the ATmega164PA/324PA/644PA/1284P as listed on [page 86](#).

#### 2.3.6 Port D (PD7:PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega164PA/324PA/644PA/1284P as listed on [page 88](#).





ANEXO D	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>ATMEGA 644PA</b> <b>MICROCONTROLADOR ATMEL</b>	D-8
---------	---	-----

**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

**2.3.7 RESET**

Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in "System and Reset Characteristics" on page 330. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

**2.3.8 XTAL1**

Input to the Inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

**2.3.9 XTAL2**


Output from the Inverting Oscillator amplifier.

**2.3.10 AVCC**

AVCC is the supply voltage pin for Port A and the Analog-to-digital Converter. It should be externally connected to V<sub>CC</sub>, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V<sub>CC</sub> through a low-pass filter.

**2.3.11 AREF**

This is the analog reference pin for the Analog-to-digital Converter.

ANEXO D	<p style="text-align: center;"><b>HOJA TÉCNICA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ATMEGA 644PA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>MICROCONTROLADOR ATMEL</b></p>	D-9
<p style="text-align: center;"><b>ATmega164PA/324PA/644PA/1284P</b></p> <p><b>3. Resources</b></p> <p>A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <a href="http://www.atmel.com/avr">http://www.atmel.com/avr</a>.</p> <p><b>4. About Code Examples</b></p> <p>This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. Be aware that not all C compiler vendors include bit definitions in the header files and Interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C compiler documentation for more details.</p> <p>The code examples assume that the part specific header file is included before compilation. For I/O registers located in extended I/O map, "IN", "OUT", "SBIS", "SBIC", "CBI", and "SBI" instructions must be replaced with instructions that allow access to extended I/O. Typically "LDS" and "STS" combined with "SBR", "SBRC", "SBR", and "CBR".</p> <p><b>5. Data Retention</b></p> <p>Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85°C or 100 years at 25°C.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end; margin-top: 200px;"> <div data-bbox="354 1839 746 1883"> <p>8152GS-AVR-11/00</p> </div> <div data-bbox="762 1827 865 1877">  </div> <div data-bbox="1294 1839 1310 1861"> <p>9</p> </div> </div>		

**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

**6. Register Summary**

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0xFF	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xFE	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xFD	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xFC	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xFB	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xFA	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xF9	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xF8	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xF7	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xF6	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xF5	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xF4	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xF3	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xF2	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xF1	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xF0	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xEF	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xEE	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xED	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xEC	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xEB	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xEA	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xE9	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xE8	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xE7	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xE6	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xE5	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xE4	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xE3	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xE2	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xE1	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xE0	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xDF	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xDE	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xDD	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xDC	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xDB	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xDA	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xD9	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xD8	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xD7	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xD6	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xD5	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xD4	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xD3	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xD2	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xD1	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xD0	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xCF	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xCE	UDRH	USART1 I/O Data Register								190
0xCD	UBRR1H	USART1 Baud Rate Register High Byte								194/207
0xCC	UBRR1L	USART1 Baud Rate Register Low Byte								194/207
0xCB	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xCA	UCSR1C	UMSEL11	UMSEL10	-	-	-	UDCRD1	UCPHA1	UCPOL1	192/206
0xC9	UCSR1B	RXCIE1	TXCIE1	UDRIE1	FXEN1	TXEN1	UCSZ12	RXB1	TXB1	191/205
0xC8	UCSR1A	RXC1	TXC1	UDRE1	FE1	DOR1	UPE1	U2X1	MPCM1	190/204
0xC7	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xC6	UDF0	USART0 I/O Data Register								190
0xC5	UBRR0H	USART0 Baud Rate Register High Byte								194/207
0xC4	UBRR0L	USART0 Baud Rate Register Low Byte								194/207
0xC3	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
0xC2	UCSR0C	UMSEL01	UMSEL00	-	-	-	UDCRD0	UCPHA0	UCPOL0	192/206
0xC1	UCSR0B	RXCIE0	TXCIE0	UDRIE0	FXEN0	TXEN0	UCSZ02	RXB0	TXB0	191/205



**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0x02)	UCSR0A	RF0C	TX0C	UDRF0	FE0	DFR0	UFR0	UDR0	MCR0	199/206
(0x03)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0D)	TWAMR	TWAM6	TWAM5	TWAM4	TWAM3	TWAM2	TWAM1	TWAM0	-	236
(0x0C)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	-	TWIE	233
(0x0B)	TWDR	-	-	-	-	-	-	-	-	235
(0x0A)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	236
(0x09)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	-	TWFS1	TWFS0	235
(0x08)	TWBR	-	-	-	-	-	-	-	-	233
(0x07)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x06)	ASSR	-	EXCLK	AS2	TCN2UB	OCR2AUB	OCR2BUB	TCR2AUB	TCR2BUB	156
(0x05)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x04)	OCR2B	Timer/Counter2 Output Compare Register B								156
(0x03)	OCR2A	Timer/Counter2 Output Compare Register A								156
(0x02)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bit)								157
(0x01)	TCCR2B	FOC2A	FOC2B	-	-	WGM22	CS22	CS21	CS20	156
(0x00)	TCCR2A	COM2A1	COM2A0	COM2B1	COM2B0	-	-	WGM21	WGM20	153
(0x0F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0D)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0C)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0B)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0A)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x09)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x08)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x07)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x06)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x05)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x04)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x03)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x02)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x01)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x00)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0D)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0C)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x0B)	OCR1BH	Timer/Counter1 - Output Compare Register B High Byte								157
(0x0A)	OCR1BL	Timer/Counter1 - Output Compare Register B Low Byte								157
(0x09)	OCR1AH	Timer/Counter1 - Output Compare Register A High Byte								157
(0x08)	OCR1AL	Timer/Counter1 - Output Compare Register A Low Byte								157
(0x07)	ICR1H	Timer/Counter1 - Input Capture Register High Byte								156
(0x06)	ICR1L	Timer/Counter1 - Input Capture Register Low Byte								156
(0x05)	TCNT1H	Timer/Counter1 - Counter Register High Byte								157
(0x04)	TCNT1L	Timer/Counter1 - Counter Register Low Byte								157
(0x03)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0x02)	TCCR1C	FOC1A	FOC1B	-	-	-	-	-	-	156
(0x01)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	156
(0x00)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	-	-	WGM11	WGM10	153
(0x0F)	DIDR1	-	-	-	-	-	-	AIN1D	AIN0D	240



**Atmega164PA/324PA/644PA/1284P**

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x2F	ADCS0	ADSC0	ADSC0	ADSC0	ADSC0	ADSC0	ADSC0	ADSC0	ADSC0	259
0x2F	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x30	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	259
0x31	ADCSRB	-	ADSC1	-	-	-	ADTS2	ADTS1	ADTS0	259
0x37	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	259
0x36	ADCH	ADC Data Register High byte								259
0x37	ADCL	ADC Data Register Low byte								259
0x37	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x36	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x35	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x34	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x33	PCMSK3	PCINT31	PCINT30	PCINT29	PCINT28	PCINT27	PCINT26	PCINT25	PCINT24	71
0x32	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x31	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x30	TIMSK2	-	-	-	-	-	OCIE2B	OCIE2A	TOIE2	159
0x2F	TIMSK1	-	-	ICIE1	-	-	OCIE1B	OCIE1A	TOIE1	159
0x2E	TIMSK0	-	-	-	-	-	OCIE0B	OCIE0A	TOIE0	110
0x2D	PCMSK2	PCINT23	PCINT22	PCINT21	PCINT20	PCINT19	PCINT18	PCINT17	PCINT16	71
0x2C	PCMSK1	PCINT15	PCINT14	PCINT13	PCINT12	PCINT11	PCINT10	PCINT9	PCINT8	71
0x2B	PCMSK0	PCINT7	PCINT6	PCINT5	PCINT4	PCINT3	PCINT2	PCINT1	PCINT0	72
0x2A	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x29	EICRA	-	-	ISC21	ISC20	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	68
0x28	PCICR	-	-	-	-	PCIE3	PCIE2	PCIE1	PCIE0	70
0x27	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x26	OSCAL	Oscillator Calibration Register								41
0x25	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x24	PRR	PRTW1	PRTIM2	PRTIM0	PRUSART1	PRTIM1	PRSPI	PRUSART0	PRADC	49
0x23	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x22	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x21	CLKPR	CLKPCE	-	-	-	CLKPS3	CLKPS2	CLKPS1	CLKPS0	41
0x20	WDTCR	WDFR	WDIE	WDFP3	WDFP2	WDFP1	WDFP0	WDFP0	WDFP0	60
0x1F (0x1F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	11
0x1E (0x1E)	SPH	SP15	SP14	SP13	SP12	SP11	SP10	SP9	SP8	12
0x1D (0x1D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	12
0x1C (0x1C)	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x1B (0x1B)	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x1A (0x1A)	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x19 (0x19)	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x18 (0x18)	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x17 (0x17)	SPMCR	SPMIE	RWWSE	SIGRD	RWWGRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	290
0x16 (0x16)	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x15 (0x15)	MCUCR	JTD	BODS	BODSE	PUD	-	-	IVSEL	IVCE	32/76
0x14 (0x14)	MCUSR	-	-	-	JTRF	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	32/76
0x13 (0x13)	SMCR	-	-	-	-	SM2	SM1	SM0	SE	45
0x12 (0x12)	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x11 (0x11)	OCDFR	On-Chip Debug Register								266
0x10 (0x10)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACE	ACIC	ACIS1	ACIS0	258
0x0F (0x0F)	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x0E (0x0E)	SPDR	SPI o Data Register								171
0x0D (0x0D)	SPSR	SPIF0	WCOL0	-	-	-	-	-	SPI2X0	170
0x0C (0x0C)	SPCR	SPIE0	SPE0	DOR0	MSTR0	CPOL0	CPHA0	SFR01	SFR00	169
0x0B (0x0B)	GPICR2	General Purpose I/O Register 2								29
0x0A (0x0A)	GPICR1	General Purpose I/O Register 1								29
0x09 (0x09)	Reservad	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x08 (0x08)	OCR0B	Timer/Counter Output Compare Register B								110
0x07 (0x07)	OCR0A	Timer/Counter Output Compare Register A								109
0x06 (0x06)	TCNT0	Timer/Counter (8 Bit)								109
0x05 (0x05)	TCCR0B	FOC0A	FOC0B	-	-	WGM02	CS02	CS01	CS00	108
0x04 (0x04)	TCCR0A	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	-	-	WGM01	WGM00	110
0x03 (0x03)	CTCCR	TSM	-	-	-	-	-	PSRASY	PSRASYNC	160
0x02 (0x02)	EEARH	EEPROM Address Register High Byte								24
0x01 (0x01)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								24
0x00 (0x00)	EEDR	EEPROM Data Register								24
0x0F (0x0F)	EECR	-	-	EEMF1	EEMF0	EEPE	EEMPE	EEPE	EERE	24
0x0E (0x0E)	GPICR0	General Purpose I/O Register 0								29
0x0D (0x0D)	EMSK	-	-	-	-	-	INT2	INT1	INT0	69

**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x1C (0x1C)	EIFR	-	-	-	-	-	INTF2	INTF1	INTF0	92
0x1D (0x1D)	PCIF1	-	-	-	-	PCIF3	PCIF2	PCIF1	PCIF0	70
0x1E (0x1E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x1F (0x1F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x20 (0x20)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x21 (0x21)	TIFR2	-	-	-	-	-	OCF2B	OCF2A	TOW2	160
0x22 (0x22)	TIFR1	-	-	ICF1	-	-	OCF1B	OCF1A	TOW1	159
0x23 (0x23)	TIFR0	-	-	-	-	-	OCF0B	OCF0A	TOW0	110
0x24 (0x24)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x25 (0x25)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x26 (0x26)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x27 (0x27)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x28 (0x28)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x29 (0x29)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x2A (0x2A)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x2B (0x2B)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x2C (0x2C)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x2D (0x2D)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x2E (0x2E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x2F (0x2F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x30 (0x30)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x31 (0x31)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x32 (0x32)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x33 (0x33)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x34 (0x34)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0x35 (0x35)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	93
0x36 (0x36)	DDRD	DDR7	DDR6	DDR5	DDR4	DDR3	DDR2	DDR1	DDR0	93
0x37 (0x37)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	93
0x38 (0x38)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	93
0x39 (0x39)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	93
0x3A (0x3A)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	93
0x3B (0x3B)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	92
0x3C (0x3C)	DDRB	DRB7	DRB6	DRB5	DRB4	DRB3	DRB2	DRB1	DRB0	92
0x3D (0x3D)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	92
0x3E (0x3E)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	92
0x3F (0x3F)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	92
0x40 (0x40)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	92

- Notes:
1. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
  2. I/O registers within the address range \$00 - \$1F are directly bit-accessible using the SBI and CBI instructions. In these registers, the value of single bits can be checked by using the SBIS and SBIC instructions.
  3. Some of the status flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.
  4. When using the I/O specific commands IN and OUT, the I/O addresses \$00 - \$3F must be used. When addressing I/O registers as data space using LD and ST instructions, \$20 must be added to these addresses. The ATmega164PA/324PA/644PA/1284P is a complex microcontroller with more peripheral units than can be supported within the 64 location reserved in Opcode for the IN and OUT instructions. For the Extended I/O space from \$60 - \$FF, only the ST/STS/STD and LD/LDS/LDD instructions can be used.



ATmega164PA/324PA/644PA/1284P

7. Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
<b>ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS</b>					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	Rd ← Rd + Rr	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	Rd ← Rd + Rr + C	Z,C,N,V,H	1
ADW	Rd,K	Add Immediate to Word	RdH:RdL ← RdH:RdL + K	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	Rd ← Rd - Rr	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	Rd ← Rd - K	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	Rd ← Rd - Rr - C	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	Rd ← Rd - K - C	Z,C,N,V,H	1
SRW	Rd,K	Subtract Immediate from Word	RdH:RdL ← RdH:RdL - K	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	Rd ← Rd & Rr	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	Rd ← Rd & K	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	Rd ← Rd   Rr	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	Rd ← Rd   K	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	Rd ← Rd ⊕ Rr	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	Rd ← ~Rd	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	Rd ← -Rd	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	Rd ← Rd   K	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	Rd ← Rd & (~K)	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	Rd ← Rd + 1	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	Rd ← Rd - 1	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	Rd ← Rd & Rd	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	Rd ← Rd & Rd	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	Rd ← ~Rd	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	Rr:Rd ← Rd x Rr	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	Rr:Rd ← Rd x Rr	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	Rr:Rd ← Rd x Rr	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	Rr:Rd ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	Rr:Rd ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	Rr:Rd ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
<b>BRANCH INSTRUCTIONS</b>					
RJMP	k	Relative Jump	PC ← PC + k + 1	None	2
LJMP	k	Indirect Jump to (Z)	PC ← Z	None	2
JMP	k	Direct Jump	PC ← k	None	3
RCALL	k	Relative Subroutine Call	PC ← PC + k + 1	None	4
ICALL	k	Indirect Call to (Z)	PC ← Z	None	4
CALL	k	Direct Subroutine Call	PC ← k	None	5
RET		Subroutine Return	PC ← STACK	None	5
RETI		Interrupt Return	PC ← STACK	I	5
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if (Rd = Rr) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
CP	Rd,Rr	Compare	Rd - Rr	Z, N,V,C,H	1
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	Rd - Rr - C	Z, N,V,C,H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	Rd - K	Z, N,V,C,H	1
SBFC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if (Rr[b]=0) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
SBFS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if (Rr[b]=1) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if (P[b]=0) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if (P[b]=1) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if (SREG[s] = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if (SREG[s] = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRBEQ	k	Branch if Equal	if (Z = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if (Z = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	if (N = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	if (N = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if (N ⊕ V = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if (N ⊕ V = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if (H = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if (H = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if (T = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if (T = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if (V = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2



**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BREQ	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if (V = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRNE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRD	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
<b>BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS</b>					
SBF	P,b	Set Bit in I/O Register	IO(P,b) ← 1	None	2
CBF	P,b	Clear Bit in I/O Register	IO(P,b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n-1) ← Rd(n), Rd(n) ← 0	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n-1), Rd(0) ← 0	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(n) ← C, Rd(n-1) ← Rd(n), C ← Rd(n)	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(0) ← Rd(n), Rd(n-1) ← C, C ← Rd(0)	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n-1), r=0..s	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0) ← Rd(7..4), Rd(7..4) ← Rd(3..0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit Load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
SEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
SES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
SEV		Set Two's Complement Overflow	V ← 1	V	1
CLV		Clear Two's Complement Overflow	V ← 0	V	1
SET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
<b>DATA TRANSFER INSTRUCTIONS</b>					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1:Rd ← Rr+1:Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) ← R0:R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1



**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2
POP	Rr	Pop Register from Stack	Rr ← STACK	None	2
<b>MCU CONTROL INSTRUCTIONS</b>					
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A

<b>ANEXO D</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>ATMEGA 644PA</b> <b>MICROCONTROLADOR ATMEL</b>	<b>D-17</b>
----------------	---	-------------

**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

**8.3 ATmega644PA**

Speed (MHz) <sup>(3)</sup>	Power Supply	Ordering Code <sup>(2)</sup>	Package <sup>(1)</sup>	Operational Range
20	1.8 - 5.5V	ATmega644PA-AU ATmega644PA-PU ATmega644PA-MU	44A 40P6 44M1	Industrial (-40°C to 85°C)

- Notes:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
  2. Pb-free packaging, complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
  3. For Speed vs.  $V_{CC}$  see "Speed Grades" on page 328.

Package Type	
44A	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44M1	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Thermally Enhanced Plastic Very Thin Quad Flat No-Lead (VQFN)



**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

9. Packaging Information

9.1 44A

**COMMON DIMENSIONS**  
 (Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	—	—	1.20	
A1	0.05	—	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	11.75	12.00	12.25	
D1	9.90	10.00	10.10	Note 2
E	11.75	12.00	12.25	
E1	9.90	10.00	10.10	Note 2
B	0.30	—	0.45	
C	0.09	—	0.20	
L	0.45	—	0.75	
e	0.80 TYP			

Notes: 1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation ACB.  
 2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.  
 3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

10/5/2001

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE	DRAWING NO.	REV.
	44A, 44-Lead, 10 x 10 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness, 0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)	44A	B

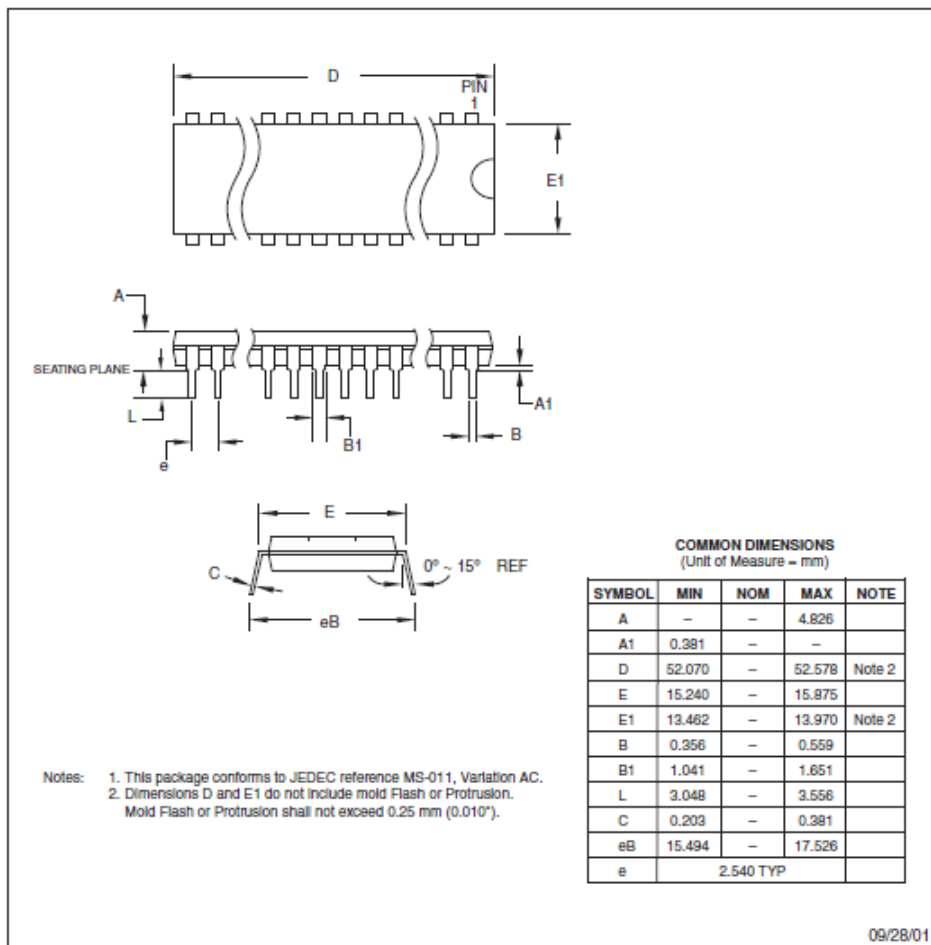
ANEXO D

**HOJA TÉCNICA**  
**ATMEGA 644PA**  
**MICROCONTROLADOR ATMEL**

D-19

**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

**9.2 40P6**



09/28/01

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	<b>TITLE</b> <b>40P6, 40-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual</b> <b>Inline Package (PDIP)</b>	<b>DRAWING NO.</b>	<b>REV.</b>
		40P6	B

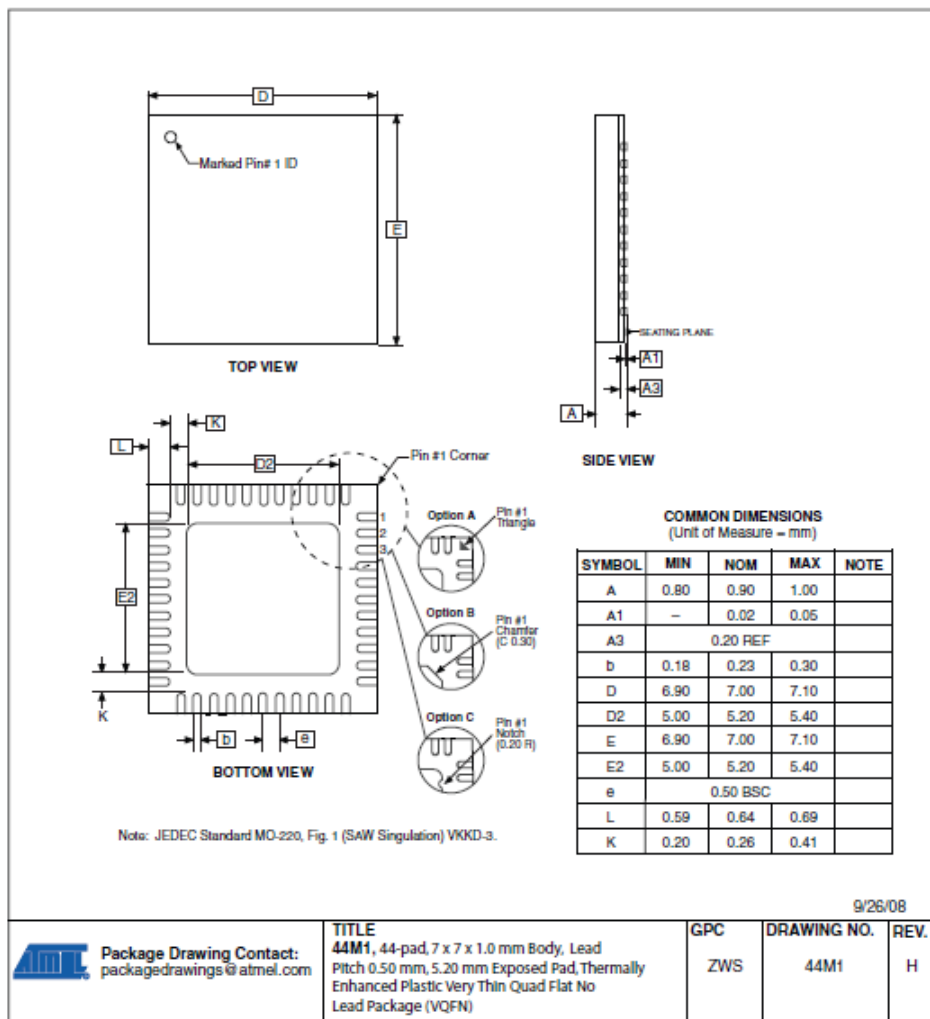
8152GS-AVR-11/00



22

**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

9.3 44M1



Package Drawing Contact:  
 packagedrawings@atmel.com

**TITLE**  
**44M1**, 44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm Body, Lead  
 Pitch 0.50 mm, 5.20 mm Exposed Pad, Thermally  
 Enhanced Plastic Very Thin Quad Flat No  
 Lead Package (VQFN)

GPC  
 ZWS

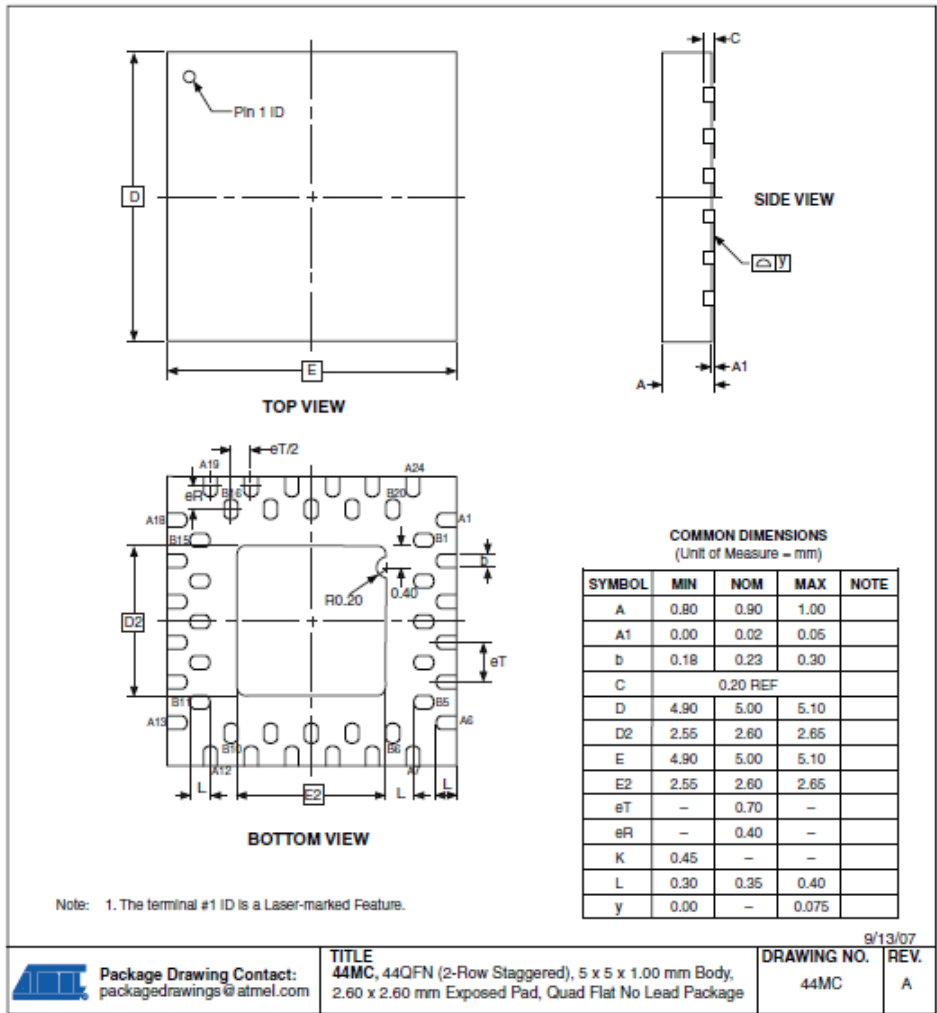
DRAWING NO.  
 44M1

REV.  
 H



**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

9.4 44MC



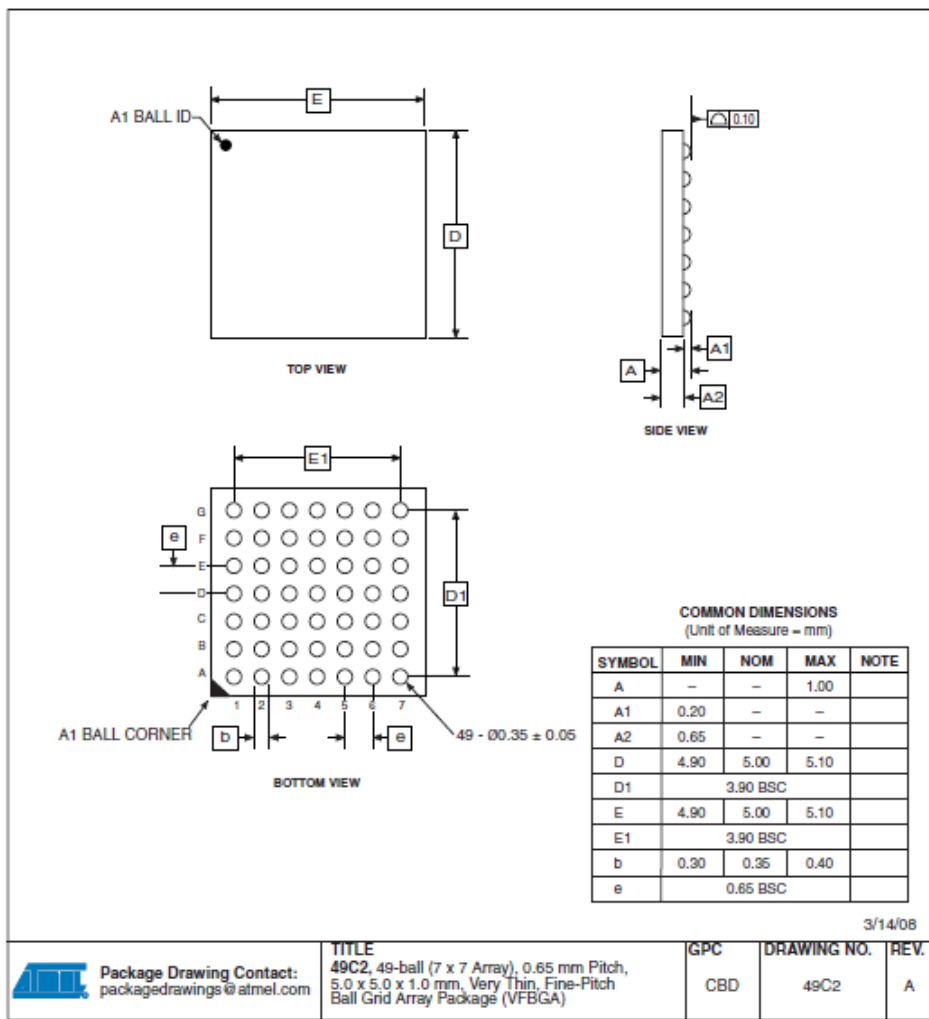
Package Drawing Contact:  
 packagedrawings@atmel.com

TITLE  
 44MC, 44QFN (2-Row Staggered), 5 x 5 x 1.00 mm Body,  
 2.60 x 2.60 mm Exposed Pad, Quad Flat No Lead Package

9/13/07  
 DRAWING NO. 44MC  
 REV. A

**ATmega164PA/324PA/644PA/1284P**

9.5 49C2



ANEXO D

**HOJA TÉCNICA**  
**ATMEGA 644PA**  
**MICROCONTROLADOR ATMEL**

D-23



**Headquarters**

**Atmel Corporation**  
2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131  
USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 487-2600

**International**

**Atmel Asia**  
Unit 1-5 & 16, 19/F  
BEA Tower, Millennium City 5  
418 Kwun Tong Road  
Kwun Tong, Kowloon  
Hong Kong  
Tel: (852) 2245-6100  
Fax: (852) 2722-1969

**Atmel Europe**  
Le Krebs  
8, Rue Jean-Pierre Timbaud  
BP 309  
78054 Saint-Quentin-en-  
Yvelines Cedex  
France  
Tel: (33) 1-30-60-70-00  
Fax: (33) 1-30-60-71-11

**Atmel Japan**  
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.  
1-24-8 Shinkawa  
Chuo-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
Tel: (81) 3-3523-3551  
Fax: (81) 3-3523-7581

**Product Contact**

**Web Site**  
[www.atmel.com](http://www.atmel.com)

**Technical Support**  
[avr@atmel.com](mailto:avr@atmel.com)

**Sales Contact**  
[www.atmel.com/contacts](http://www.atmel.com/contacts)

**Literature Requests**  
[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

**Disclaimer:** The information in this document is provided in connection with Atmel products. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property right is granted by this document or in connection with the sale of Atmel products. EXCEPT AS SET FORTH IN ATMEL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE LOCATED ON ATMEL'S WEB SITE, ATMEL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER AND DISCLAIMS ANY EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY WARRANTY RELATING TO ITS PRODUCTS INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NON-INFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL ATMEL BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, SPECIAL OR INCIDENTAL DAMAGES (INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, DAMAGES FOR LOSS OF PROFITS, BUSINESS INTERRUPTION, OR LOSS OF INFORMATION) ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THIS DOCUMENT, EVEN IF ATMEL HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. Atmel makes no representations or warranties with respect to the accuracy or completeness of the contents of this document and reserves the right to make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. Atmel does not make any commitment to update the information contained herein. Unless specifically provided otherwise, Atmel products are not suitable for, and shall not be used in, automotive applications. Atmel's products are not intended, authorized, or warranted for use as components in applications intended to support or sustain life.

© 2009 Atmel Corporation. All rights reserved. Atmel®, Atmel logo and combinations thereof, AVR®, AVR® logo and others are registered trademarks or trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Other terms and product names may be trademarks of others.

8152GS-AVR-11/09



SoniCrest  
Microphones

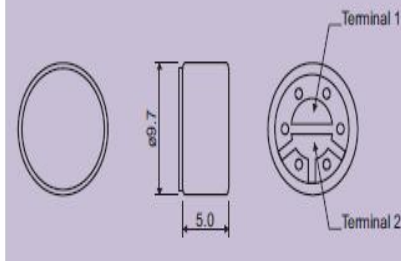
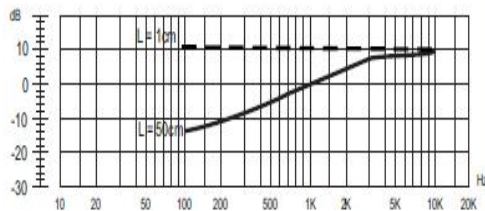
HMC10A  
Series



Dimension  
Unit : mm  
Tolerance : ±0.3mm

Frequency Response

Applied Voltage  $V_s = 1.5V$   
Load Resistance  $R_L = 2.2k\Omega$



JL World

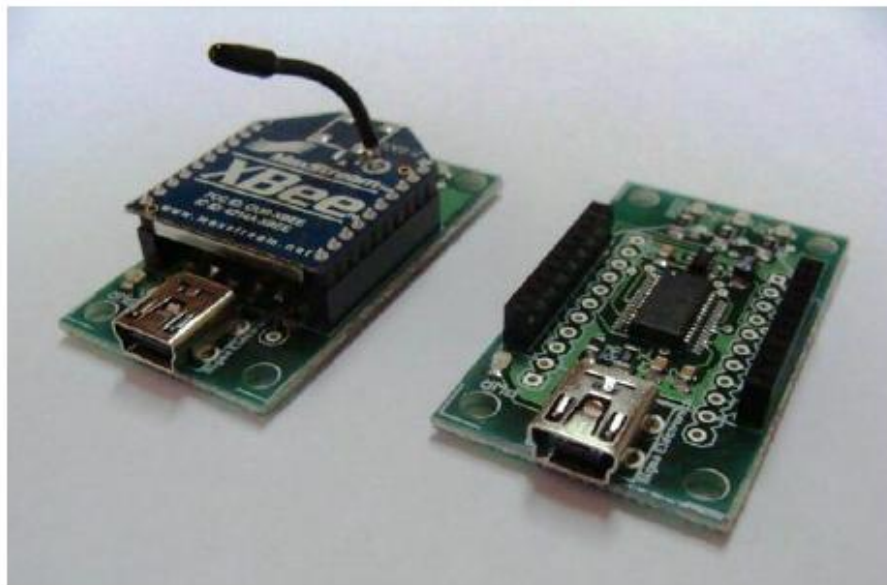
Specification (all data taken at 25°C unless otherwise specified)

Model	Directivity	★Sensitivity (dB)	Rated Voltage (V)	Maximum Operating Voltage (V)	Current Consumption (mA)	Frequency Range (Hz)	Impedance ( $\Omega$ )	S/N Ratio (dB)
HMC1001A-65	Noise Canceling	-45±3	1.5	10	≤0.5	100 ~ 10000	Low	≥60

★ Condition : 0dB = 1V/pa, 1kHz, Different sensitivity level is available upon request.

ANEXO F	<p style="text-align: center;"><b>HOJA TÉCNICA</b> <b>XBEE EXPLORER</b> <b>TARJETA</b></p>	F-1
---------	--	-----

**TARJETA XBEE EXPLORER**  
**SIGMA ELECTRONICA**

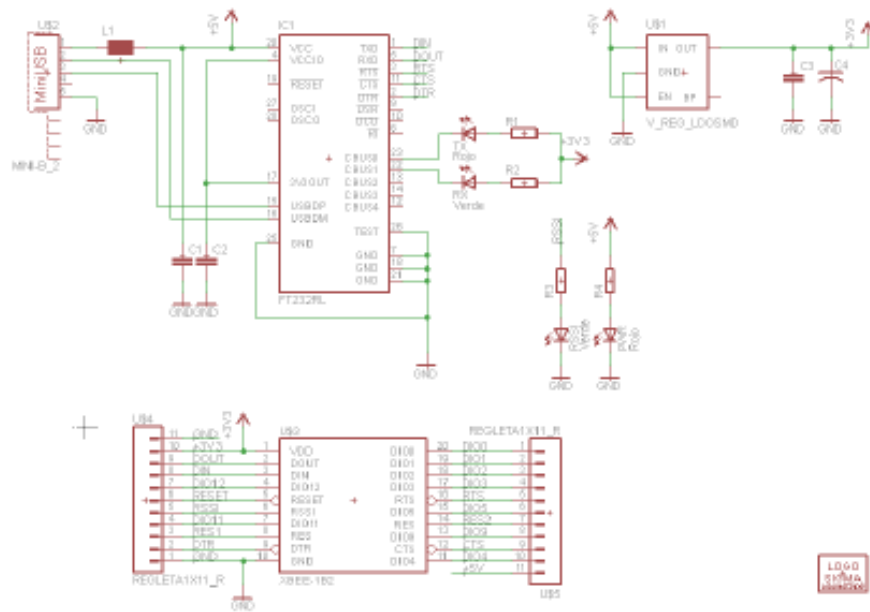


Esta tarjeta basa su funcionamiento en la conversión USB a serial, donde las líneas seriales van conectadas a las del Xbee. Funciona con los módulos los módulos Xbee Standar y Xbee Pro. Solo necesita conectarse el módulo en su base y conectar el cable usb, de esta manera ya se tendrá acceso a los pines seriales y de programación del módulo.

El programa X-CTU de Digi, puede descargarse directamente de su página para trabajar con esta tarjeta y los módulos Xbee.

Para conectar esta tarjeta al PC puede utilizarse el CABLE MINI USB, el cual se vende por separado

ESQUEMATICO:



ANEXO G	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	G-1
---------	--	-----



## High Common-Mode Voltage Programmable Gain Difference Amplifier

**AD628**

### FEATURES

- High common-mode input voltage range  
 $\pm 120\text{ V}$  at  $V_S = \pm 15\text{ V}$
- Gain range 0.1 to 100
- Operating temperature range:  $-40^\circ\text{C}$  to  $\pm 85^\circ\text{C}$
- Supply voltage range  
Dual supply:  $\pm 2.25\text{ V}$  to  $\pm 18\text{ V}$   
Single supply:  $4.5\text{ V}$  to  $36\text{ V}$
- Excellent ac and dc performance  
Offset temperature stability RTI:  $10\ \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  max  
Offset:  $\pm 1.5\text{ mV}$  max  
CMRR RTI:  $75\text{ dB}$  min, dc to  $500\text{ Hz}$ ,  $G = +1$

### APPLICATIONS

- High voltage current shunt sensing
- Programmable logic controllers
- Analog input front end signal conditioning  
 $+5\text{ V}$ ,  $+10\text{ V}$ ,  $\pm 5\text{ V}$ ,  $\pm 10\text{ V}$  and 4 to 20 mA
- Isolation
- Sensor signal conditioning
- Power supply monitoring
- Electrohydraulic control
- Motor control

### GENERAL DESCRIPTION

The AD628 is a precision difference amplifier that combines excellent dc performance with high common-mode rejection over a wide range of frequencies. When used to scale high voltages, it allows simple conversion of standard control voltages or currents for use with single-supply ADCs. A wideband feedback loop minimizes distortion effects due to capacitor charging of  $\Sigma$ -A ADCs.

A reference pin ( $V_{REF}$ ) provides a dc offset for converting bipolar to single-sided signals. The AD628 converts  $+5\text{ V}$ ,  $+10\text{ V}$ ,  $\pm 5\text{ V}$ ,  $\pm 10\text{ V}$ , and 4 to 20 mA input signals to a single-ended output within the input range of single-supply ADCs.

The AD628 has an input common-mode and differential mode operating range of  $\pm 120\text{ V}$ . The high common-mode input impedance makes the device well suited for high voltage measurements across a shunt resistor. The buffer amplifier's inverting input is available for making a remote Kelvin connection.

#### Rev. C

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

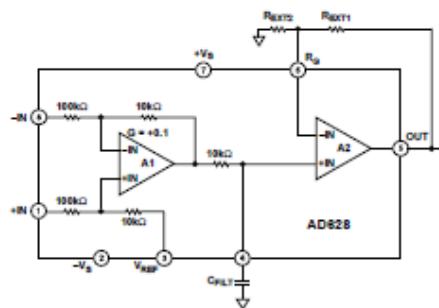


Figure 1.

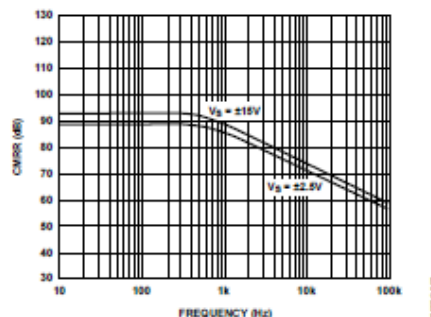


Figure 2. CMRR vs. Frequency of the AD628

A precision  $10\text{ k}\Omega$  resistor connected to an external pin is provided for either a low-pass filter or to attenuate large differential input signals. A single capacitor implements a low-pass filter. The AD628 operates from single and dual supplies and is available in an 8-lead SOIC or MSOP package. It operates over the standard industrial temperature range of  $-40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$ .

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 [www.analog.com](http://www.analog.com)  
Fax: 781.326.8703 © 2004 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

<b>ANEXO G</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	<b>G-2</b>
----------------	--	------------

**AD628**

**TABLE OF CONTENTS**

Specifications.....	3
Absolute Maximum Ratings.....	7
ESD Caution.....	7
Pin Configuration and Function Descriptions.....	8
Typical Performance Characteristics.....	9
Test Circuits.....	13
Theory of Operation.....	14
Applications.....	15
Gain Adjustment.....	15
Input Voltage Range.....	15
Voltage Level Conversion.....	16
Current Loop Receiver.....	17
Monitoring Battery Voltages.....	17
Filter Capacitor Values.....	18
Kelvin Connection.....	18
Outline Dimensions.....	19
Ordering Guide.....	19

**REVISION HISTORY**

<b>4/04—Data Sheet Changed from Rev. B to Rev. C</b>	
Updated Format.....	Universal
Changes to Specifications.....	3
Changes to Absolute Maximum Ratings.....	7
Changes to Figure 3.....	7
Changes to Figure 26.....	13
Changes to Figure 27.....	13
Changes to Theory of Operation.....	14
Changes to Figure 29.....	14
Changes to Table 5.....	15
Changes to Gain Adjustment Section.....	15
Added the Input Voltage Range Section.....	15
Added Figure 30.....	15
Added Figure 31.....	15
Changes to Voltage Level Conversion Section.....	16
Changes to Figure 32.....	16
Changes to Table 6.....	16
Changes to Figure 33 and Figure 34.....	17
Changes to Figure 35.....	18
Changes to Kelvin Connection Section.....	18
<b>6/03—Data Sheet Changed from Rev. A to Rev. B</b>	
Changes to General Description.....	1
Changes to Specifications.....	2
Changes to Ordering Guide.....	4
Changes to TPCs 4, 5, and 6.....	5
Changes to TPC 9.....	6
Updated Outline Dimensions.....	14
<b>1/03—Data Sheet Changed from Rev. 0 to Rev. A</b>	
Change to Ordering Guide.....	4
<b>11/02—Rev. 0: Initial Version</b>	

AD628

**SPECIFICATIONS**

$T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = \pm 15\text{ V}$ ,  $R_L = 2\text{ k}\Omega$ ,  $R_{EXT1} = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R_{EXT2} = \infty$ ,  $V_{REF} = 0$  unless otherwise noted.

Table 1.

Parameter	Conditions	AD628AR			AD628ARM			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
<b>DIFF AMP + OUTPUT AMP</b>								
Gain Equation	$G = +0.1(1 + R_{EXT1}/R_{EXT2})$ .	0.1 <sup>1</sup>	100		0.1 <sup>1</sup>	100		V/V
Gain Range	See Figure 29.							V/V
Offset Voltage	$V_{OCM} = 0\text{ V}$ . RTI of input pins <sup>2</sup> . Output amp $G = +1$ .	-1.5		+1.5	-1.5		+1.5	mV
vs. Temperature			4	8		4	8	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
CMRR	RTI of input pins. $G = +0.1$ to $+100$ .	75			75			dB
500 Hz.		75			75			dB
Minimum CMRR Over Temperature	$-40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$ .	70			70			dB
vs. Temperature			1	4		1	4	$(\mu\text{V}/\text{V})/^\circ\text{C}$
PSRR (RTI)	$V_S = \pm 10\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$ .	77	94		77	94		dB
<b>Input Voltage Range</b>								
Common Mode		-120		+120	-120		+120	V
Differential		-120		+120	-120		+120	V
<b>Dynamic Response</b>								
Small Signal BW -3 dB	$G = +0.1$ .		600			600		kHz
Full Power Bandwidth			5			5		kHz
Settling Time	$G = +0.1$ , to 0.01%, 100 V step.			40			40	$\mu\text{s}$
Slew Rate			0.3			0.3		V/ $\mu\text{s}$
<b>Noise (RTI)</b>								
Spectral Density	1 kHz.		300			300		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
	0.1 Hz to 10 Hz.		15			15		$\mu\text{V p-p}$
<b>DIFF-AMP</b>								
Gain			0.1			0.1		V/V
Error		-0.1	+0.01	+0.1	-0.1	+0.01	+0.1	%
vs. Temperature				5			5	ppm/ $^\circ\text{C}$
Nonlinearity				5			5	ppm
vs. Temperature			3	10		3	10	ppm
Offset Voltage	RTI of input pins.	-1.5		+1.5	-1.5		+1.5	mV
vs. Temperature				8			8	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
<b>Input Impedance</b>								
Differential			220			220		k $\Omega$
Common Mode			55			55		k $\Omega$
<b>CMRR</b>								
RTI of input pins.		75			75			dB
$G = +0.1$ to $+100$ .		75			75			dB
500 Hz.		70			70			dB
Minimum CMRR Over Temperature	$-40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$ .		1	4		1	4	$(\mu\text{V}/\text{V})/^\circ\text{C}$
vs. Temperature								
<b>Output Resistance</b>								
Error		-0.1		+0.1	-0.1		+0.1	%

<b>ANEXO G</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	<b>G-4</b>
----------------	--	------------

<b>AD628</b>
--------------

Parameter	Conditions	AD628AR			AD628ARM			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
<b>OUTPUT AMPLIFIER</b>								
Gain Equation	$G = (1 + R_{OUT1}/R_{OUT2})$ .							V/V
Nonlinearity	$G = +1, V_{OUT} = \pm 10 \text{ V}$ .		0.5			0.5		ppm
Offset Voltage	RTI of output amp.	-0.15	+0.15		-0.15	+0.15		mV
vs. Temperature			0.6			0.6		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Output Voltage Swing	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$ .	-14.2	+14.1		-14.2	+14.1		V
	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$ .	-13.8	+13.6		-13.8	+13.6		V
Bias Current			1.5	3		1.5	3	nA
Offset Current			0.2	0.5		0.2	0.5	nA
CMRR	$V_{CM} = \pm 13 \text{ V}$ .	130			130			dB
Open-Loop Gain	$V_{OUT} = \pm 13 \text{ V}$ .	130			130			dB
<b>POWER SUPPLY</b>								
Operating Range		$\pm 2.25$	$\pm 18$		$\pm 2.25$	$\pm 18$		V
Quiescent Current			1.6			1.6		mA
<b>TEMPERATURE RANGE</b>								
		-40	+85		-40	+85		$^\circ\text{C}$

<sup>1</sup>To use a lower gain, see the Gain Adjustment section.

<sup>2</sup>The addition of the difference amp's and output amp's offset voltage does not exceed this specification.

## AD628

$T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = +5\text{ V}$ ,  $R_L = 2\text{ k}\Omega$ ,  $R_{DXT1} = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R_{DXT2} = \infty$ ,  $V_{REF} = +2.5$  unless otherwise noted.

Table 2.

Parameter	Conditions	AD628AR			AD628ARM			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
<b>DIFF AMP + OUTPUT AMP</b>								
Gain Equation	$G = +0.1(1 + R_{DXT1}/R_{DXT2})$ .							V/V
Gain Range	See Figure 29.	0.1 <sup>1</sup>	100		0.1 <sup>1</sup>	100		V/V
Offset Voltage	$V_{OCM} = 2.25\text{ V}$ . RTI of input pins. Output Amp $G = +1$ .	-3.0		+3.0	-3.0		+3.0	mV
vs. Temperature			6	15		6	15	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
CMRR	RTI of input pins. $G = 0.1$ to 100. 500 Hz.	75			75			dB
Minimum CMRR Over Temperature vs. Temperature	$-40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$ .	75			75			dB
PSRR (RTI)	$V_S = 4.5\text{ V}$ to $10\text{ V}$ .	77	94		77	94		dB
Input Voltage Range								
Common Mode <sup>3</sup>		-12		+17	-12		+17	V
Differential		-15		+15	-15		+15	V
<b>Dynamic Response</b>								
Small Signal BW -3 dB	$G = +0.1$ .		440			440		kHz
Full Power Bandwidth			30			30		kHz
Settling Time	$G = +0.1$ , to 0.01%, 30 V step.		15			15		$\mu\text{s}$
Slew Rate			0.3			0.3		V/ $\mu\text{s}$
Noise (RTI)								
Spectral Density	1 kHz. 0.1 Hz to 10 Hz.		350			350		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ $\mu\text{V p-p}$
<b>DIFF-AMP</b>								
Gain			0.1			0.1		V/V
Error		-0.1	+0.01	+0.1	-0.1	+0.01	+0.1	%
Nonlinearity				3			3	ppm
vs. Temperature			3	10		3	10	ppm
Offset Voltage	RTI of input pins.	-2.5		+2.5	-2.5		+2.5	mV
vs. Temperature				10			10	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Impedance								
Differential			220			220		k $\Omega$
Common Mode			55			55		k $\Omega$
CMRR	RTI of input pins. $G = +0.1$ to $+100$ . 500 Hz.	75			75			dB
Minimum CMRR Over Temperature vs. Temperature	$-40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$ .	75			75			dB
		70			70			dB
			1	4		1	4	$(\mu\text{V}/^\circ\text{C})$
Output Resistance			10			10		k $\Omega$
Error		-0.1		+0.1	-0.1		+0.1	%
<b>OUTPUT AMPLIFIER</b>								
Gain Equation	$G = (1 + R_{DXT1}/R_{DXT2})$ .							V/V
Nonlinearity	$G = +1$ , $V_{OUT} = 1\text{ V}$ to $4\text{ V}$ .			0.5			0.5	ppm
Output Offset Voltage	RTI of output amp.	-0.15		0.15	-0.15		0.15	mV
vs. Temperature				0.6			0.6	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Output Voltage Swing	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ .	0.9		4.1	0.9		4.1	V
	$R_L = 2\text{ k}\Omega$ .	1		4	1		4	V
Bias Current			1.5	3		1.5	3	nA
Offset Current			0.2	0.5		0.2	0.5	nA
CMRR	$V_{CM} = 1\text{ V}$ to $4\text{ V}$ .	130			130			dB
Open-Loop Gain	$V_{OUT} = 1\text{ V}$ to $4\text{ V}$ .	130			130			dB



<b>ANEXO G</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	<b>G-6</b>
----------------	--	------------

<b>AD628</b>
--------------

Parameter	Conditions	AD628AR			AD628ARM			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
POWER SUPPLY								
Operating Range		±2.25		+36	±2.25		+36	V
Quiescent Current				1.6			1.6	mA
TEMPERATURE RANGE		-40		+85	-40		+85	°C

<sup>1</sup>To use a lower gain, see the Gain Adjustment section.

<sup>2</sup>The addition of the difference amp's and output amp's offset voltage does not exceed this specification.

<sup>3</sup>Greater values of voltage are possible with greater or lesser values of  $V_{EE}$ .

AD628

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Table 3.

Parameter	Rating
Supply Voltage	±18 V
Internal Power Dissipation	See Figure 3
Input Voltage (Common Mode)	±120 V <sup>1</sup>
Differential Input Voltage	±120 V <sup>1</sup>
Output Short-Circuit Duration	Indefinite
Storage Temperature	-65°C to +125°C
Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
Lead Temperature Range (10 sec Soldering)	300°C

Stresses greater than those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

<sup>1</sup> When using ±12 V supplies or higher (see the Input Voltage Range section).

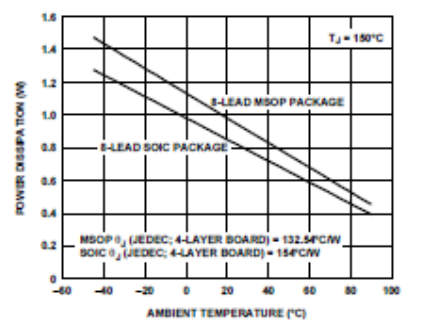


Figure 3. Maximum Power Dissipation vs. Temperature

**ESD CAUTION**

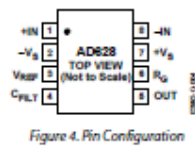
ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Electrostatic charges as high as 4000 V readily accumulate on the human body and test equipment and can discharge without detection. Although this product features proprietary ESD protection circuitry, permanent damage may occur on devices subjected to high energy electrostatic discharges. Therefore, proper ESD precautions are recommended to avoid performance degradation or loss of functionality.



<b>ANEXO G</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	<b>G-8</b>
----------------	--	------------

**AD628**

**PIN CONFIGURATION AND FUNCTION DESCRIPTIONS**



**Table 4. Pin Function Descriptions**

Pin No.	Mnemonic	Function
1	+IN	NonInverting Input
2	-Vs	Negative Supply Voltage
3	VREF	Reference Voltage Input
4	CFLT	Filter Capacitor Connection
5	OUT	Amplifier Output
6	Ro	Output Amplifier Inverting Input
7	+Vs	Positive Supply Voltage
8	-IN	Inverting Input

AD628

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

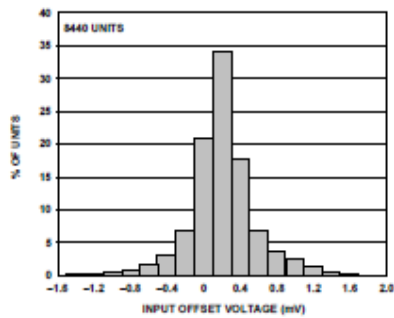


Figure 5. Typical Distribution of Input Offset Voltage,  $V_S = \pm 15\text{ V}$ , SOIC Package

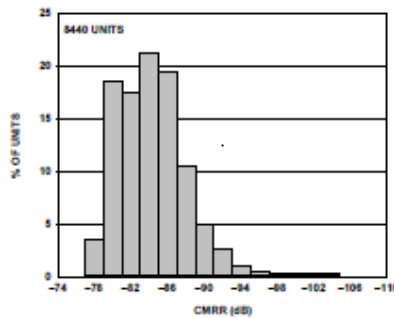


Figure 6. Typical Distribution of Common-Mode Rejection, SOIC Package

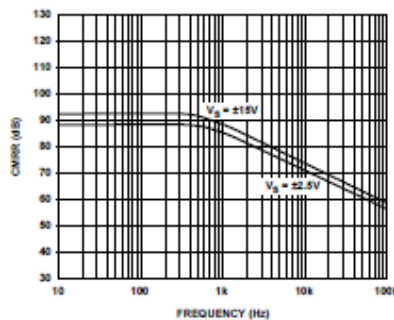


Figure 7. CMRR vs. Frequency

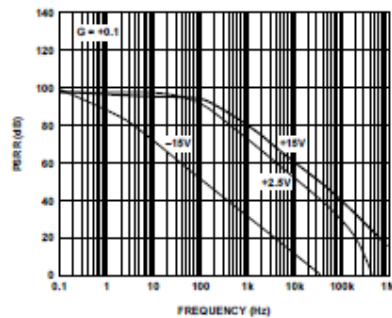


Figure 8. PSRR vs. Frequency, Single and Dual Supplies

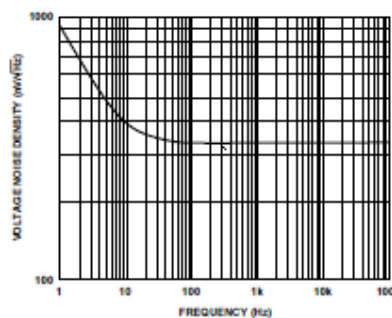


Figure 9. Voltage Noise Spectral Density, RTI,  $V_S = \pm 15\text{ V}$

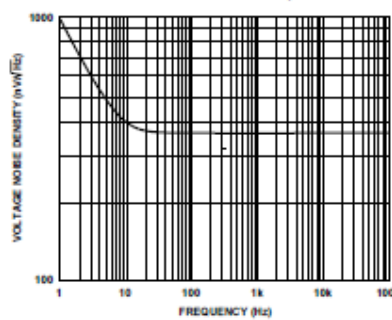


Figure 10. Voltage Noise Spectral Density, RTI,  $V_S = \pm 2.5\text{ V}$

AD628

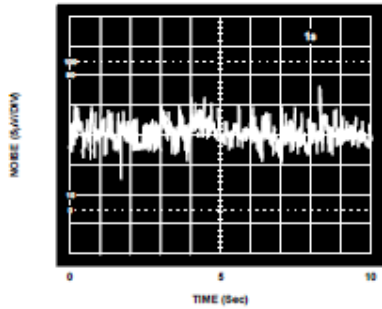


Figure 11. 0.1 Hz to 10 Hz Voltage Noise, RTI

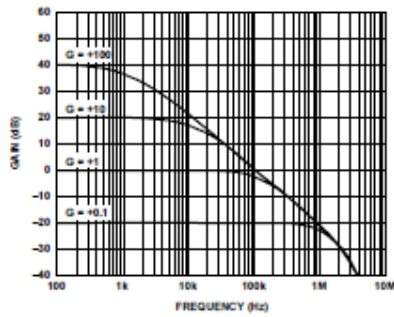


Figure 12. Small Signal Frequency Response,  $V_{out} = 200$  mV p-p,  $G = +0.1, +1, +10, \text{ and } +100$

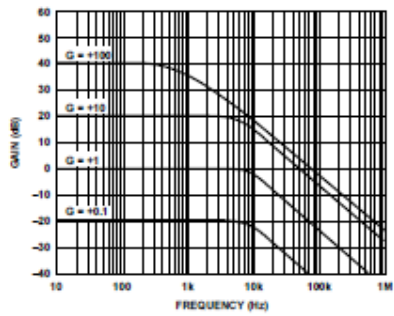


Figure 13. Large Signal Frequency Response,  $V_{out} = 20$  V p-p,  $G = +0.1, +1, +10, \text{ and } +100$

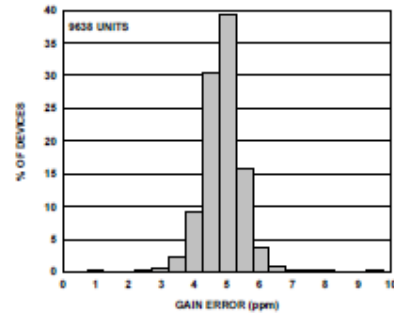


Figure 14. Typical Distribution of +1 Gain Error

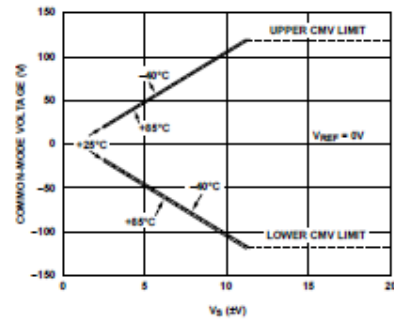


Figure 15. Common-Mode Operating Range vs. Power Supply Voltage for Three Temperatures

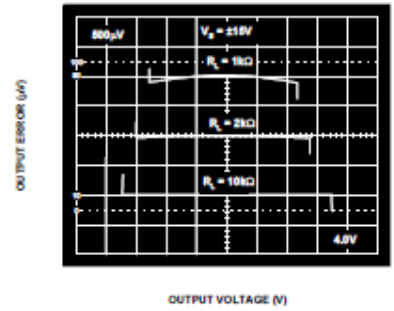


Figure 16. Normalized Gain Error vs.  $V_{out}$ ,  $V_s = \pm 15$  V

AD628

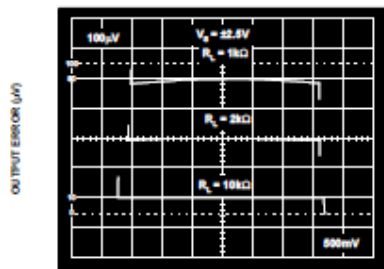


Figure 17. Normalized Gain Error vs.  $V_{OUT}$ .  $V_S = \pm 2.5$  V

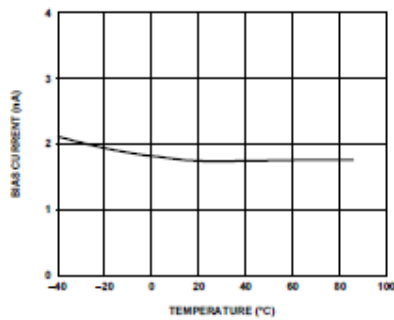


Figure 18. Bias Current vs. Temperature Buffer

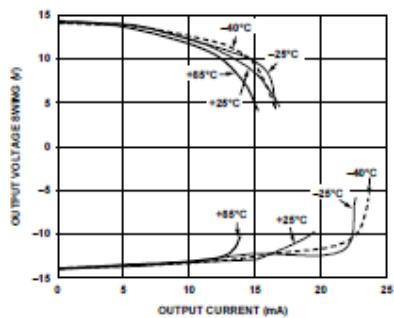


Figure 19. Output Voltage Operating Ranges vs. Output Current

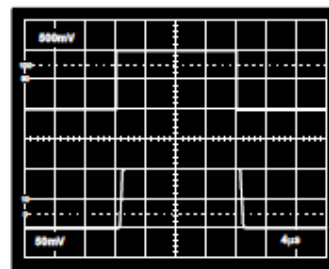


Figure 20. Small Signal Pulse Response,  $R_L = 2$  k $\Omega$ ,  $C_L = 0$  pF, Top: Input, Bottom: Output

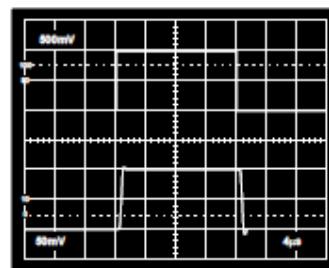


Figure 21. Small Signal Pulse Response,  $R_L = 2$  k $\Omega$ ,  $C_L = 1000$  pF, Top: Input, Bottom: Output

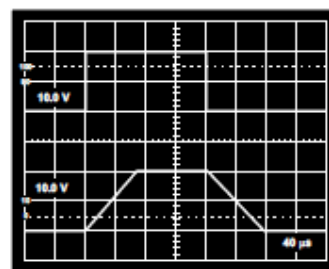


Figure 22. Large Signal Pulse Response,  $R_L = 2$  k $\Omega$ ,  $C_L = 1000$  pF, Top: Input, Bottom: Output

ANEXO G	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	G-12
---------	--	------

AD628

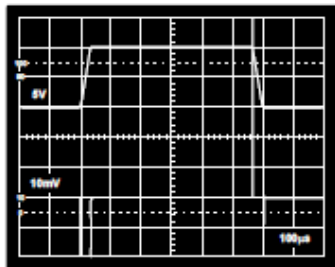


Figure 23. Settling Time to 0.01%, 0 V to 10 V Step

E18610-03

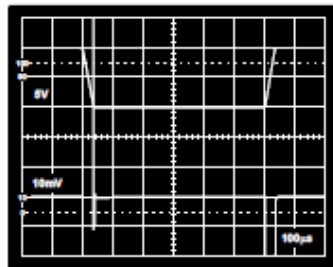


Figure 24. Settling Time to 0.01% 0 V to -10 V Step

E18610-03

ANEXO G	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	G-13
---------	--	------

AD628

**TEST CIRCUITS**

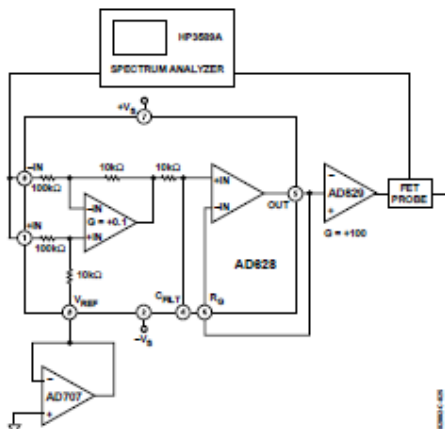


Figure 25. CMRR vs. Frequency

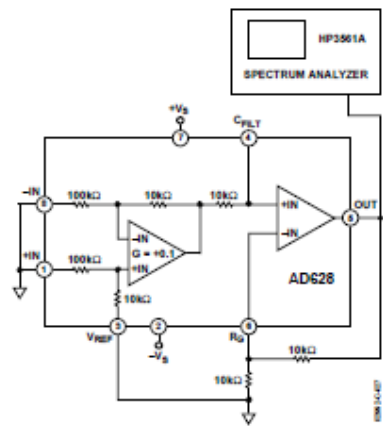


Figure 27. Noise Tests

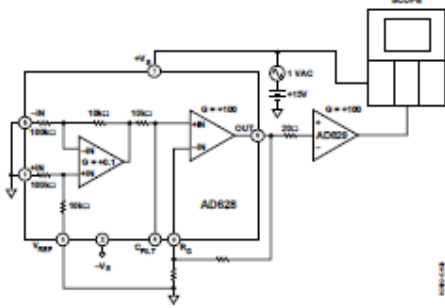


Figure 26. PSRR vs. Frequency



ANEXO G	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	G-14
---------	--	------

### AD628

#### THEORY OF OPERATION

The AD628 is a high common-mode voltage difference amplifier, combined with a user configurable output amplifier (see Figure 28 and Figure 29). Differential mode voltages in excess of 120 V are accurately scaled by a precision 11:1 voltage divider at the input. A reference voltage input is available to the user at Pin 3 ( $V_{REF}$ ). The output common-mode voltage of the difference amplifier is the same as the voltage applied to the reference pin. If the uncommitted amplifier is configured for gain, connecting Pin 3 to one end of the external gain resistor establishes the output common-mode voltage at Pin 5 (OUT).

The output of the difference amplifier is internally connected to a 10 k $\Omega$  resistor trimmed to better than  $\pm 0.1\%$  absolute accuracy. The resistor is connected to the noninverting input of the output amplifier and is accessible to the user at Pin 4 ( $C_{FLT}$ ). A capacitor may be connected to implement a low-pass filter, a resistor may be connected to further reduce the output voltage, or a clamp circuit may be connected to limit the output swing.

The uncommitted amplifier is a high open-loop gain, low offset, low drift op amp, with its noninverting input connected to the internal 10 k $\Omega$  resistor. Both inputs are accessible to the user.

Careful layout design has resulted in exceptional common-mode rejection at higher frequencies. The inputs are connected to Pin 1 (+IN) and Pin 8 (-IN), which are adjacent to the power Pin 2 ( $-V_S$ ) and Pin 7 ( $+V_S$ ). Because the power pins are at ac ground, input impedance balance and, therefore, common-mode rejection, are preserved at higher frequencies.

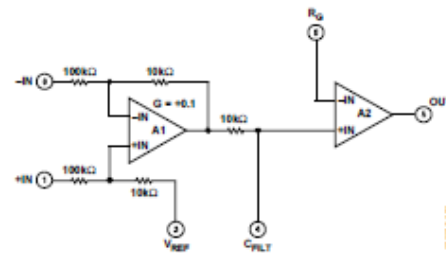


Figure 28. Simplified Schematic

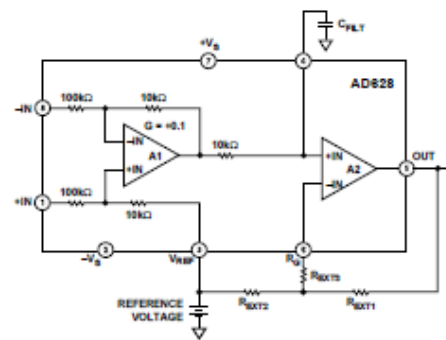


Figure 29. Circuit Connections

APPLICATIONS

GAIN ADJUSTMENT

The AD628 system gain is provided by an architecture consisting of two amplifiers. The gain of the input stage is fixed at 0.1; the output buffer is user adjustable as  $G_{A2} = 1 + R_{EXT1}/R_{EXT2}$ . The system gain is then

$$G_{TOTAL} = 0.1 \times \left( 1 + \frac{R_{EXT1}}{R_{EXT2}} \right) \tag{1}$$

At a 2 nA maximum, the input bias current of the buffer amplifier is very low and any offset voltage induced at the buffer amplifier by its bias current may be neglected ( $2 \text{ nA} \times 10 \text{ k}\Omega = 20 \text{ }\mu\text{V}$ ). However, to absolutely minimize bias current effects,  $R_{EXT1}$  and  $R_{EXT2}$  may be selected so that their parallel combination is  $10 \text{ k}\Omega$ . If practical resistor values force the parallel combination of  $R_{EXT1}$  and  $R_{EXT2}$  below  $10 \text{ k}\Omega$ , a series resistor ( $R_{EXT3}$ ) may be added to make up for the difference. Table 5 lists several values of gain and corresponding resistor values.

Table 5. Nearest Standard 1% Resistor Values for Various Gains (See Figure 29)

Total Gain (V/V)	A2 Gain (V/V)	$R_{EXT1}$ ( $\Omega$ )	$R_{EXT2}$ ( $\Omega$ )	$R_{EXT3}$ ( $\Omega$ )
0.1	1	10 k	$\infty$	0
0.2	2	20 k	20 k	0
0.25	2.5	25.9 k	18.7 k	0
0.5	5	49.9 k	12.4 k	0
1	10	100 k	11 k	0
2	20	200 k	10.5 k	0
5	50	499 k	10.2 k	0
10	100	1 M	10.2 k	0

To set the system gain to less than 0.1, an attenuator may be created by placing a resistor,  $R_{EXT4}$ , from Pin 4 ( $C_{VLT}$ ) to the reference voltage. A divider would be formed by the  $10 \text{ k}\Omega$  resistor which is in series with the positive input of A2 and  $R_{EXT4}$ . A2 would be configured for unity gain.

Using a divider and setting A2 to unity gain yields

$$G_{W/DIVIDER} = 0.1 \times \left( \frac{R_{EXT4}}{10 \text{ k}\Omega + R_{EXT4}} \right) \times 1$$

INPUT VOLTAGE RANGE

The common-mode input voltage range is determined by  $V_{REF}$  and the supply voltage. The relation is expressed by

$$\begin{aligned} V_{CM,UPPER} &\leq 11(V_{S+} - 1.2 \text{ V}) - 10 V_{REF} \\ V_{CM,LOWER} &\geq 11(V_{S-} + 1.2 \text{ V}) - 10 V_{REF} \end{aligned} \tag{2}$$

where  $V_{S+}$  is the positive supply,  $V_{S-}$  is the negative supply and 1.2 V is the headroom needed for suitable performance. Equation 2 provides a general formula for calculating the common-mode input voltage range. However, the AD628 should be kept within the maximum limits listed in the Specifications table (Table 1) to maintain optimal performance. This is illustrated in Figure 30 where the maximum common-mode input voltage is limited to  $\pm 120 \text{ V}$ . Figure 31 shows the common-mode input voltage bounds for single-supply voltages.

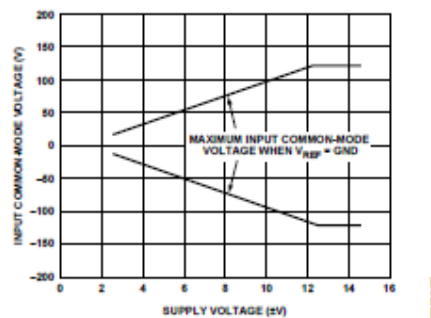


Figure 30. Input Common-Mode Voltage vs. Supply Voltage for Dual Supplies

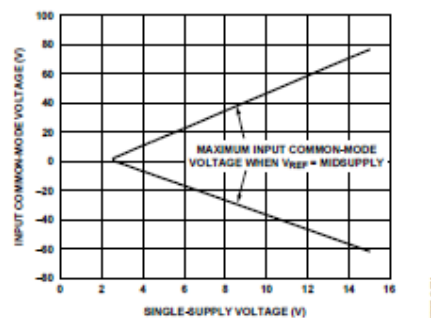


Figure 31. Input Common-Mode Voltage vs. Supply Voltage for Single Supplies

<b>ANEXO G</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	<b>G-16</b>
----------------	--	-------------

**AD628**

The differential input voltage range is constrained to the linear operation of the internal amplifiers A1 and A2. The voltage applied to the inputs of A1 and A2 should be between  $V_{S+} + 1.2\text{ V}$  and  $V_{S+} - 1.2\text{ V}$ . Similarly, the outputs of A1 and A2 should be kept between  $V_{S-} + 0.9\text{ V}$  and  $V_{S-} - 0.9\text{ V}$ .

**VOLTAGE LEVEL CONVERSION**

Industrial signal conditioning and control applications typically require connections between remote sensors or amplifiers and centrally located control modules. Signal conditioners provide output voltages up to  $\pm 10\text{ V}$  full scale; however, ADCs or microprocessors operating on single 3.3 V to 5 V logic supplies are becoming the norm. Thus, the controller voltages require further reduction in amplitude and reference.

Furthermore, voltage potentials between locations are seldom compatible, and power line peaks and surges can generate destructive energy between utility grids. The AD628 is an ideal solution to both problems. It attenuates otherwise destructive signal voltage peaks and surges by a factor of 10 and shifts the differential input signal to the desired output voltage.

Conversion from voltage-driven or current-loop systems is easily accommodated using the circuit in Figure 32. This shows a circuit for converting inputs of various polarities and amplitudes to the input of a single-supply ADC.

Note that the common-mode output voltage can be adjusted by connecting Pin 3 ( $V_{REF}$ ) and the lower end of the 10 k $\Omega$  resistor to the desired voltage. The output common-mode voltage will be the same as the reference voltage.

The design of such an application may be done in a few simple steps, which include the following:

- Determine the required gain. For example, if the input voltage must be transformed from  $\pm 10\text{ V}$  to  $0\text{ V}$  to  $+5\text{ V}$ , the gain is  $+5/+20$  or  $+0.25$ .
- Determine if the circuit common-mode voltage must be changed. An AD7715-5 ADC is illustrated for this example. When operating from a 5 V supply, the common-mode voltage of the AD7715 is half the supply or 2.5 V. If the AD628 reference pin and the lower terminal of the 10 k $\Omega$  resistor are connected to a 2.5 V voltage source, the output common-mode voltage will be 2.5 V.

Table 6 shows resistor and reference values for commonly used single-supply converter voltages.  $R_{EXT3}$  is included as an option. It is used to balance the source impedance into A2, which is described in more detail in the Gain Adjustment section.

**Table 6. Nearest 1% Resistor Values for Voltages Level Conversion Applications**

Input Voltage (V)	ADC Supply Voltage (V)	Desired Output Voltage (V)	$V_{REF}$ (V)	$R_{EXT1}$ (k $\Omega$ )	$R_{EXT3}$ (k $\Omega$ )
$\pm 10$	5	2.5	2.5	15.0	4.02
$\pm 5$	5	2.5	2.5	39.7	2.00
+10	5	2.5	2.5	39.7	2.00
+5	5	2.5	2.5	89.8	1.00
$\pm 10$	3	1.25	1.25	2.49	7.96
$\pm 5$	3	1.25	1.25	15.0	4.02
+10	3	1.25	1.25	15.0	4.02
+5	3	1.25	1.25	39.7	2.00

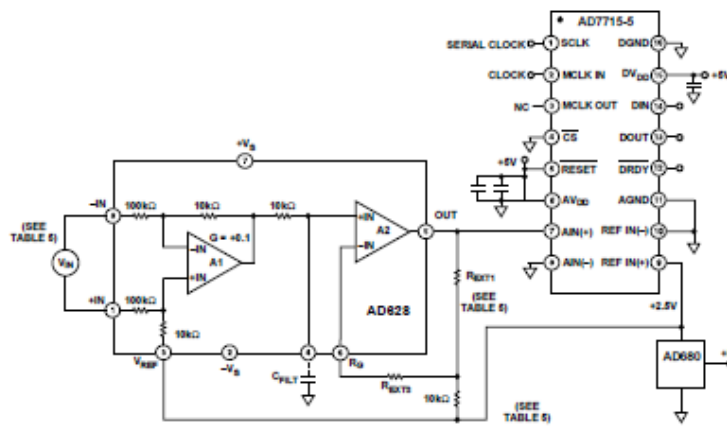


Figure 32. Level Shifter

ANEXO G	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	G-17
---------	--	------

**AD628**

**CURRENT LOOP RECEIVER**

Analog data transmitted on a 4 to 20 mA current loop may be detected with the receiver shown in Figure 33. The AD628 is an ideal choice for such a function, because the current loop must be driven with a compliance voltage sufficient to stabilize the loop, and the resultant common-mode voltage often exceeds commonly used supply voltages. Note that with large shunt values a resistance of equal value must be inserted in series with the inverting input to compensate for an error at the noninverting input.

**MONITORING BATTERY VOLTAGES**

Figure 34 illustrates how the AD628 may be used to monitor a battery charger. Voltages approximately eight times the power supply voltage may be applied to the input with no damage. The resistor divider action is well suited for the measurement of many power supply applications, such as those found in battery chargers or similar equipment.

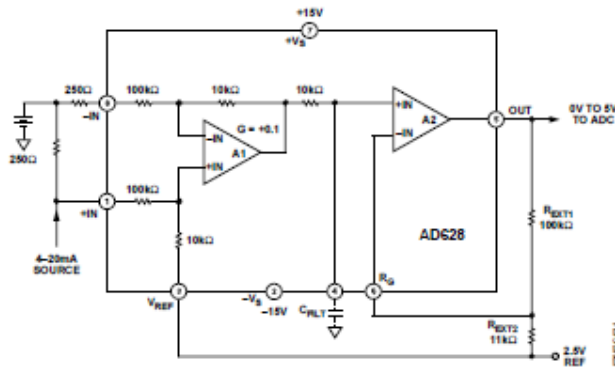


Figure 33. Level Shifter for 4 to 20 mA Current Loop

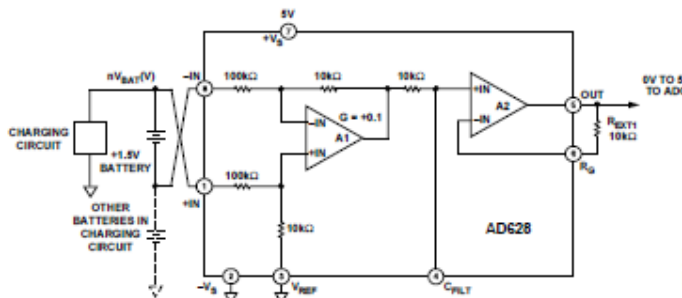


Figure 34. Battery Voltage Monitor

<b>ANEXO G</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	<b>G-18</b>
----------------	--	-------------

## AD628

### FILTER CAPACITOR VALUES

A capacitor may be connected to Pin 4 ( $C_{FLT}$ ) to implement a low-pass filter. The capacitor value is

$$C = 15.9/f_i (\mu F)$$

where  $f_i$  is the desired 3 dB filter frequency.

Table 7 shows several frequencies and their closest standard capacitor values.

Table 7. Capacitor Values for Various Filter Frequencies

Frequency (Hz)	Capacitor Value ( $\mu F$ )
10	1.5
50	0.33
60	0.27
100	0.15
400	0.039
1 k	0.015
5 k	0.0033
10 k	0.0015

### KELVIN CONNECTION

In certain applications, it may be desirable to connect the inverting input of an amplifier to a remote reference point. This eliminates errors resulting in circuit losses in interconnecting wiring. The AD628 is particularly suited for this type of connection. In Figure 35, a 10 k $\Omega$  resistor is added in the feedback to match the source impedance of A2, which is described in more detail in the Gain Adjustment section.

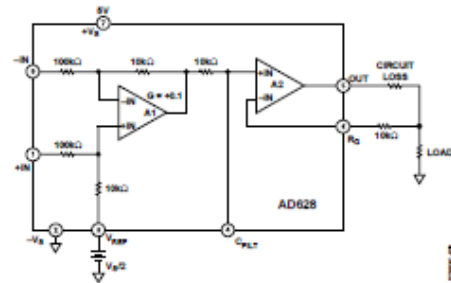


Figure 35. Kelvin Connection

**AD628**

**OUTLINE DIMENSIONS**

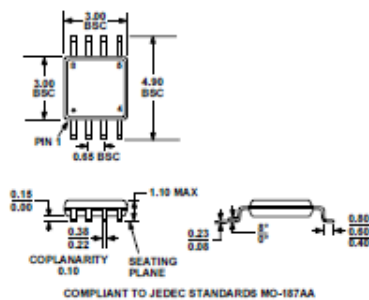


Figure 36. 8-Lead Mini Small Outline Package (MSOP) (RM-8)  
Dimensions shown in millimeters

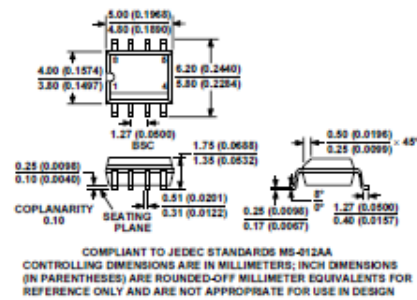


Figure 37. 8-Lead Standard Small Outline Package (SOIC) Narrow Body (R-8)  
Dimensions shown in millimeters and (inches)

**ORDERING GUIDE**

Model	Temperature Range	Description	Package Option	Branding
AD628AR	-40°C to +85°C	8-Lead SOIC	R-8	
AD628AR-REEL	-40°C to +85°C	8-Lead SOIC 13" Reel	R-8	
AD628AR-REEL7	-40°C to +85°C	8-Lead SOIC 7" Reel	R-8	
AD628ARM	-40°C to +85°C	8-Lead MSOP	RM-8	JGA
AD628ARM-REEL	-40°C to +85°C	8-Lead MSOP 13" Reel	RM-8	JGA
AD628ARM-REEL7	-40°C to +85°C	8-Lead MSOP 7" Reel	RM-8	JGA
AD628-EVAL		Evaluation Board		

<b>ANEXO G</b>	<b>HOJA TÉCNICA</b> <b>AD628</b> <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL</b>	<b>G-20</b>
----------------	--	-------------

<b>AD628</b>
--------------

**NOTES**

© 2004 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.  
 C02992-0-4/04(C)



<a href="http://www.analog.com">www.analog.com</a>
--

Rev. C | Page 20 of 20

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-1
<pre> ***** ***** CONFIG MICRO ***** ***** \$regfile = "m644def.dat" \$crystal = 11059200 \$baud = 9600 \$hstack = 64 \$swstack = 64 \$framesize = 64  ***** ***** XBEE COMM PC ***** ***** Config Com1 = 9600 , Synchron = 0 , Parity = None , Stopbits = 1 , Databits = 8 , Clockpol = 0 On Urxc Isr_xbee_com Enable Urxc Enable Interrupts  ***** ***** CANALES ADC ***** ***** Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc Start Adc  ***** ***** CONSTANTES ***** ***** Const Ch0_audio = 0 Const Ch1_audio_amp = 1 Const Ch2_co = 2 Const Ch3_co2 = 3 Const Ch4_co2_amp = 4 Const Rly_on = 60 Const Rly_off = 90 Const Muestras = 64 Const Sep = "&amp;" </pre>		



ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-2
<pre> Const Init_frame = "&lt;&lt;&lt;&lt;" Const End_frame = "&gt;&gt;&gt;&gt;" Const Init_key = "&lt;" Const End_key = "&gt;" Const Slave = "SLV" Const Addr = "U1X" Const Resol_adc = 1023.0 Const Vol_adc = 5.0 Const Co_relacion = 0.0055 Const Rl_co = 10.0 Const Db_t1 = 45.248 Const Db_t2 = 171.18 Const Co2_lim_min = 202 Const Co2_lim_max = 1023 Const Co2_val_min = 350 Const Co2_val_max = 10000  ***** ***** CONFIG. TIMER1 ***** *****  Config Timer1 = Timer, Prescale = 1024 Stop Timer1  ***** *****  Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portd.4 , Db5 = Portd.5 , Db6 = Portd.6 , Db7 = Portd.7 , E = Portd.3 , Rs = Portd.2 Config Lcd = 20 * 4  \$lib "ds1307clock.lib"  Ddrb.0 = 1 : Portb.0 = 0  Rly_sensor Alias Portb.0  Config Sda = Portc.1 Config Scl = Portc.0 </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-3
<pre> 'address of ds1307 Const Ds1307w = &amp;HD0 Const Ds1307r = &amp;HD1  Config Clock = User  Config Date = Mdy , Separator = Slash  ***** ***** CONSTANTES ***** *****  Dim Xbee_frame As String * 80 Dim Xbee_frame_proceso As String * 80 Dim Xbee_key As Byte Dim Xbee_time_out As Word Dim Xbee_flag_start_frame As Bit Dim Xbee_flag_end_frame As Bit Dim Flag_timeout As Bit Dim Xbee_serial_data As Bit Dim Xbee_arg(10) As String * 15 Dim Xbee_count As Byte  Dim Weekday As Byte Dim Day_ant As Byte Dim Day_aux As Byte Dim I As Word , J As Long Dim Btemp1 As Byte Dim Ff As Byte Dim Pointer As Long Dim S As String * 1  Dim X As Byte Dim X_adc As Word Dim Audio As Long Dim Audio_amp As Long Dim Co_sensor As Long Dim Flag_co_lectura As Byte Dim Co2_sensor As Long Dim Co2_amp As Long </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-4
<pre> Dim Db_single As Single Dim Aux_single As Single  Dim Audio_nivel As Word Dim Co_nivel As Word Dim Co2_nivel As Word  Dim Audio_seg As Word Dim Db_str As String * 5 Dim Db_str_mmc As String * 10  Dim Co_seg As Word Dim Co2_seg As Word  Dim Rs_co As Single Dim Rs_co_str As String * 5 Dim Rs_co_str_fix As String * 5  Dim Co2_data As Single Dim Co2_data_str As String * 5  Dim Cont_seg_minuto As Byte Dim Cont_seg_sensor As Word Dim Seg_ant As Byte Dim Flag_rly As Byte  Dim Text_sd As String * 150 Dim File_name As String * 50  Dim File_archivo As Byte Dim File_name_eep As Eram Byte  '***** '*****  Cls Cursor Off </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-5
<pre> Lcd "MMC-DOS: " ; Locate 2 , 1 Lcd Version() Locate 3 , 1 Lcd "LECTURA DE MMC" Waitms 500  Do   \$include "Config_MMC_M644.bas"   If Gbdriveerror &gt; 0 Then     Locate 4 , 1     Lcd "Error MMC: " ; Gbdriveerror   End If   Waitms 500 Loop Until Gbdriveerror = 0 Waitms 500  \$include "Config_AVR-DOS.BAS"  Cls Lcd "INICIAR ARCHIVOS ";  Do   Btemp1 = Initfilesystem(1)   If Btemp1 &lt;&gt; 0 Then     Locate 2 , 1     Lcd "ERROR: " ; Btemp1   End If   Waitms 250 Loop Until Btemp1 = 0 Locate 3 , 1 Lcd "ARCHIVOS OK" Wait 1  Gosub Getdatetime  Ff = Freefile() Text_sd = "" </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-6
<pre> If _day &lt; 10 Then   Text_sd = "0" + Str(_day) Else   Text_sd = Str(_day) End If If _month &lt; 10 Then   Text_sd = Text_sd + "-0" + Str(_month) Else   Text_sd = Text_sd + "-" + Str(_month) End If  If _year &lt; 10 Then   Text_sd = Text_sd + "-0" + Str(_year) Else   Text_sd = Text_sd + "-" + Str(_year) End If  File_name = Text_sd + ".XLS"  Open File_name For Append As #ff "" Waitms 250 Cls Lcd "ARCHIVO OK"  File_archivo = File_name_eep  If File_archivo = 0 Or File_archivo = 255 Then   File_name_eep = 1   Text_sd = ""   Text_sd = "FECHA" + Chr(9) + "HORA" + Chr(9) + "dB" + Chr(9) + "CO" + Chr(9) + "CO2"   Print #ff, Text_sd End If  Close #ff Locate 3, 1 Lcd "ARCHIVO CERRADO" </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-7
<pre> Waitms 500  Cls  Gosub Getdatetime  Day_ant = _day Day_aux = 0 Cont_seg_sensor = 0 Seg_ant = _sec Flag_rly = 0 Rly_sensor = 0  Audio_nivel = 0 Co_nivel = 0 Co2_nivel = 0  Audio_seg = 0 Co_seg = 0 Co2_seg = 0  Gosub Muestreo  Cont_seg_minuto = 0 Rs_co_str_fix = "0"  Do    If Xbee_serial_data = 1 Then     Gosub Procesar_datos_xbee     Xbee_serial_data = 0   End If    If Day_ant &lt;&gt; _day And Day_aux = 0 Then     File_name_eep = 0     Day_aux = 1   End If </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-8
<pre> For J = 1 To 3 Gosub Muestreo Next  If _sec &lt;&gt; Seg_ant Then If Audio_nivel &gt; Audio_seg Then Audio_seg = Audio_nivel End If  If Co_nivel &gt; Co_seg Then Co_seg = Co_nivel End If  If Co2_nivel &gt; Co2_seg Then Co2_seg = Co2_nivel End If  Seg_ant = _sec Incr Cont_seg_sensor  If Flag_rly = 0 Then If Cont_seg_sensor = Rly_on Then Rly_sensor = 1 Flag_rly = 1 Cont_seg_sensor = 0 End If Else If Cont_seg_sensor &gt;= 70 Then Flag_co_lectura = 1 Else Flag_co_lectura = 0 End If  If Cont_seg_sensor = Rly_off Then Rly_sensor = 0 Flag_rly = 0 Cont_seg_sensor = 0 End If End If </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-9
<pre> Incr Cont_seg_minuto  If Cont_seg_minuto &gt; 59 Then Cont_seg_minuto = 0 Ff = Freefile() Open File_name For Append As #ff "" Waitms 50 Cls Lcd "ARCHIVO OK"  Text_sd = "" Text_sd = Date\$ + Chr(9) + Time\$ + Chr(9) + Db_str + Chr(9) + Rs_co_str + Chr(9) + Rs_co_str_fix Print #ff , Text_sd Close #ff Locate 3 , 1 Lcd "ARCHIVO CERRADO" Waitms 500 Cls Audio_seg = 0 Co_seg = 0 Co2_seg = 0 End If End If  Aux_single = Audio_nivel Aux_single = Log(aux_single) Db_single = Db_t1 * Aux_single Db_single = Db_single - Db_t2 Db_str = Fusing(db_single , "#.#")  Locate 1 , 1 : Lcd "RUIDO: " ; Db_str ; " " ; "dB"  Rs_co = Co_nivel * Vol_adc Rs_co = Rs_co / Resol_adc Rs_co = Rs_co / Co_relacion Rs_co_str = Fusing(rs_co , "#.#") Locate 2 , 1 : Lcd "CO: " ; Rs_co_str ; " PPM " </pre>		




ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-10
<pre> If Flag_co_lectura = 1 Then Rs_co_str_fix = Rs_co_str Locate 2 , 16 : Lcd ; Rs_co_str_fix ; " " End If  Aux_single = Co2_nivel - Co2_lim_min Co2_data = Co2_val_max - Co2_val_min Aux_single = Aux_single * Co2_data Co2_data = Co2_lim_max - Co2_lim_min Aux_single = Aux_single / Co2_data Co2_data = Aux_single + 350  If Co2_data &lt;= 0 Then Co2_data = 0 End If  Co2_data_str = Fusing(co2_data , "#.") Locate 3 , 1 : Lcd "CO2: " ; Co2_data_str ; " PPM  " Locate 4 , 2 : Lcd Date\$ Locate 4 , 12 : Lcd Time\$  Audio_nivel = 0 Co_nivel = 0 Co2_nivel = 0  Loop  End  Getdatetime: I2cstart I2cwbyte Ds1307w I2cwbyte 0 I2cstart I2cwbyte Ds1307r I2crbyte _sec , Ack I2crbyte _min , Ack I2crbyte _hour , Ack </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-11
<pre> I2crbyte Weekday , Ack I2crbyte _day , Ack I2crbyte _month , Ack I2crbyte _year , Nack I2cstop  _sec = Makedec(_sec) : _min = Makedec(_min) : _hour = Makedec(_hour) _day = Makedec(_day) : _month = Makedec(_month) : _year = Makedec(_year) Return  Setdate: _day = Makebcd(_day) : _month = Makebcd(_month) : _year = Makebcd(_year) I2cstart I2cwbyte Ds1307w I2cwbyte 4 I2cwbyte _day I2cwbyte _month I2cwbyte _year I2cstop Return  Settime: _sec = Makebcd(_sec) : _min = Makebcd(_min) : _hour = Makebcd(_hour) I2cstart I2cwbyte Ds1307w I2cwbyte 0 I2cwbyte _sec I2cwbyte _min I2cwbyte _hour I2cstop Return  Isr_xbee_com: Xbee_frame = "" Xbee_key = 0 Xbee_time_out = 0 Xbee_flag_start_frame = 0 Xbee_flag_end_frame = 0 </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-12
<pre> Flag_timeout = 0 Xbee_serial_data = 0  Do   Xbee_key = Inkey()   Select Case Xbee_key  Case 0:   Case 10 : Xbee_time_out = 0   Case 13 : Xbee_time_out = 0   Case Init_key:      Xbee_flag_start_frame = 1     Xbee_time_out = 0  Case End_key:   Xbee_flag_end_frame = 1   Xbee_time_out = 0   Exit Do Case Else   If Xbee_flag_start_frame = 1 Then     Xbee_frame = Xbee_frame + Chr(xbee_key)   End If   Xbee_time_out = 0 End Select  Incr Xbee_time_out Waitus 10 If Xbee_time_out &gt;= 350 Then   Print Init_frame ; Sep ; "TIMEOUT" ; Sep ; End_frame   Exit Do End If  Loop Waitms 10 Xbee_time_out = 0 Do   Xbee_key = Inkey()   Incr Xbee_time_out   Waitus 10 </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-13
<pre> If Xbee_time_out &gt;= 350 Then     Print Init_frame ; Sep ; "TIMEOUT2" ; Sep ; End_frame     Exit Do End If Loop Until Xbee_key = 0  If Xbee_flag_start_frame = 1 And Xbee_flag_end_frame = 1 Then     Xbee_frame_proceso = ""     Xbee_frame_proceso = Xbee_frame     Xbee_serial_data = 1 End If  Return  Procesar_datos_xbee:     Xbee_count = Split(xbee_frame_proceso , Xbee_arg(1) , Sep)  If Xbee_arg(1) = "" Then     For I = 1 To 9         J = I + 1         Xbee_arg(i) = Xbee_arg(j)     Next End If  Select Case Xbee_arg(2)     Case "TIME"         Time\$ = Xbee_arg(3)     Case "DATE"         Date\$ = Xbee_arg(3)     Case Slave         If Xbee_arg(3) = Addr Then             Print Init_frame ; Sep ; Db_str ; Sep ; Audio_amp ; Sep ; Rs_co_str_fix ; Sep ; Co2_data_str ; Sep ; Co2_amp ; Sep ; End_frame         End If     Case Else  End Select  Return </pre>		

ANEXO H	PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 644PA SOFTWARE BASCOM	H-14
<pre> Muestreo: Audio = 0 Audio_amp = 0 Co_sensor = 0 Co2_sensor = 0 Co2_amp = 0 X_adc = 0  For I = 1 To Muestras   X_adc = Getadc(ch0_audio)   Audio = Audio + X_adc   X_adc = Getadc(ch1_audio_amp)   Audio_amp = Audio_amp + X_adc   X_adc = Getadc(ch2_co)   Co_sensor = Co_sensor + X_adc   X_adc = Getadc(ch3_co2)   Co2_sensor = Co2_sensor + X_adc  X_adc = Getadc(ch4_co2_amp) Co2_amp = Co2_amp + X_adc  Next Audio = Audio / Muestras Audio_amp = Audio_amp / Muestras Co_sensor = Co_sensor / Muestras Co2_sensor = Co2_sensor / Muestras Co2_amp = Co2_amp / Muestras  If Audio &gt; Audio_nivel Then   Audio_nivel = Audio End If If Co_sensor &gt; Co_nivel Then   Co_nivel = Co_sensor End If If Co2_sensor &gt; Co2_nivel Then   Co2_nivel = Co2_sensor End If  Return </pre>		

ANEXO I	<p style="text-align: center;"><b>NIVELES DE RUIDO PARA FUENTES FIJAS, FUENTES MÓVILES Y PARA VIBRACIONES</b></p>	I-1
<div style="text-align: center;">  <p>PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA</p> <p><b>LIMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES</b></p> <p>LIBRO VI ANEXO 5</p> <p><b>0 INTRODUCCIÓN</b></p> <p>La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.</p> <p>La presente norma técnica determina o establece:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas.</li> <li>▪ Los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.</li> <li>▪ Los valores permisibles de niveles de vibración en edificaciones.</li> <li>▪ Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido.</li> </ul> <p><b>1 OBJETO</b></p> <p>La presente norma tiene como objetivo el preservar la salud y bienestar de las personas, y del ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles de ruido. La norma establece además los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como disposiciones generales en lo referente a la prevención y control de ruidos.</p> <p>Se establecen también los niveles de ruido máximo permisibles para vehículos automotores y de los métodos de medición de estos niveles de ruido. Finalmente, se proveen de valores para la evaluación de vibraciones en edificaciones.</p> <p>LIBRO VI <span style="float: right;">ANEXO 5</span></p> </div>		

<b>ANEXO I</b>	<b>NIVELES DE RUIDO PARA FUENTES FIJAS, FUENTES MÓVILES Y PARA VIBRACIONES</b>	<b>I-2</b>
----------------	--	------------



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

1. Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas
  - a. Niveles máximos permisibles de ruido
    - i. Medidas de Prevención y Mitigación de Ruidos
    - ii. Consideraciones generales
  - b. De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija
  - c. Consideraciones para generadores de electricidad de emergencias
  - d. Ruidos producidos por vehículos automotores
  - e. De las vibraciones en edificaciones

**4 REQUISITOS**

**4.1 Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas**

**4.1.1 Niveles máximos permisibles de ruido**

4.1.1.1 Los niveles de presión sonora equivalente,  $NPS_{eq}$ , expresados en decibeles, en ponderación con escala A, que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, no podrán exceder los valores que se fijan en la Tabla 1.

**TABLA 1  
NIVELES MÁXIMOS DE RUIDO PERMISIBLES SEGÚN USO DEL SUELO**

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESION SONORA EQUIVALENTE $NPS_{eq}$ [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial mixta	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Comercial mixta	65	55
Zona Industrial	70	65

4.1.1.2 Los métodos de medición del nivel de presión sonora equivalente, ocasionado por una fuente fija, y de los métodos de reporte de resultados, serán aquellos fijados en esta norma.

ANEXO J

**VALORES DE REFERENCIA  
DE LA CALIDAD DE AIRE EXTERIOR  
SEGÚN ASHRAE**

J-1



CORPORACIÓN MUTUA

**Valores de referencia según ASHRAE STÁNDAR-62.**

Contaminante químico.	Nivel recomendado.
CO <sub>2</sub> .	700 ppm por encima de la cc de CO <sub>2</sub> en el exterior.
Formaldehído.	0.1 ppm para 15 min de exposición.
CO.	9 ppm para 8 horas. 35 ppm para 1 hora.
Polvo respirable.	0.26 mg / m <sup>3</sup> en áreas de no fumadores. 0.20 - 0.6 mg / m <sup>3</sup> en áreas de fumadores.
Ozono.	0.1 ppm para 8 horas.



ANEXO J

**VALORES DE REFERENCIA  
DE LA CALIDAD DE AIRE EXTERIOR  
SEGÚN EPA**

J-2



**Valores de referencia de calidad de aire exterior según EPA.**

CONTAMINANTE.	EXPOSICIÓN PROLONGADA.			EXPOSICIÓN CORTA.		
	Concentración Promedio.			Concentración Promedio.		
	ug/m <sup>3</sup>	ppm	tiempo	ug/m <sup>3</sup>	ppm	tiempo
Dióxido de azufre.	80	0,03	1 año	365	0,14	24 horas
Monóxido de carbono.	---	---	---	40.000	35	1 hora
Dióxido de nitrógeno.	100	0,053	1 año	10.000	9	8 horas
Ozono (oxidantes).	---	---	---	---	---	---
Plomo.	1,5	---	3 meses	---	---	---
Partículas totales.	75	---	1 año	260	---	24 horas

ANEXO J


**VALORES DE REFERENCIA  
DE LA CALIDAD DE AIRE EXTERIOR  
SEGÚN OMS**

J-3



**Valores de referencia de calidad de aire exterior según OMS.**

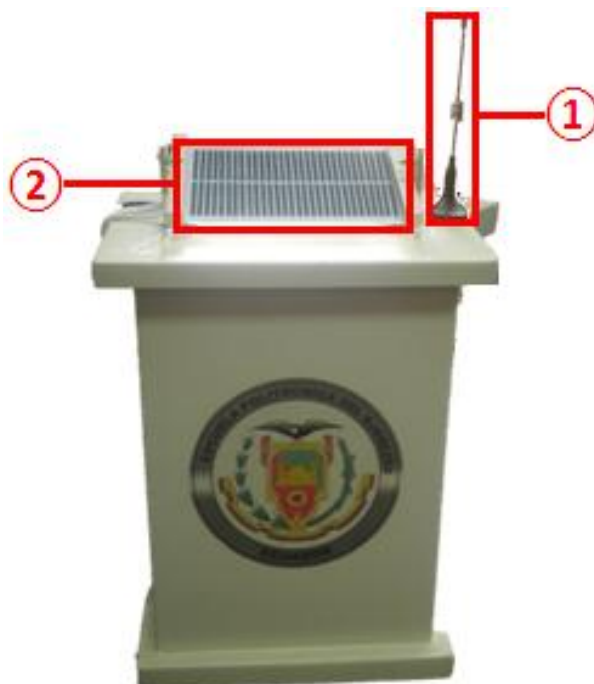
COMPUESTO.	Valor de referencia. (Promedio Ponderado en el Tiempo).	Periodo de tiempo.
<b>Compuestos inorgánicos.</b>		
Cadmio.	1-5 ng/m <sup>3</sup>	1 año (áreas rurales).
Monóxido de carbono.	10-20 ng/m <sup>3</sup>	1 año (áreas urbanas).
Dióxido de azufre.	500 ug/m <sup>3</sup>	10 minutos.
	350 ug/m <sup>3</sup>	1 hora.
Dióxido de nitrógeno.	400 ug/m <sup>3</sup>	1 hora.
	150 ug/m <sup>3</sup>	24 horas .
Manganeso.	1 ug/m <sup>3</sup>	1 año.
Mercurio.	1 ug/m <sup>3</sup>	1 año.
	100 mg/m <sup>3</sup>	15 minutos.
	60 mg/m <sup>3</sup>	30 minutos.
Monóxido de carbono.	30 mg/m <sup>3</sup>	1 hora.
	10 mg/m <sup>3</sup>	8 horas.
Ozono.	150-200 ug/m <sup>3</sup>	1 hora.
	100-120 ug/m <sup>3</sup>	8 horas.
Plomo.	0.5-1.0 ug/m <sup>3</sup>	1 año.
Sulfuro de hidrógeno.	150 ug/m <sup>3</sup>	24 horas.
Vanadio.	1 ug/m <sup>3</sup>	24 horas.

ANEXO K	MANUAL DE OPERACIÓN	K-1
<div data-bbox="379 524 1289 752" style="border: 1px solid gray; border-radius: 10px; padding: 10px; margin: 10px auto; width: fit-content;">  <p><b>Este manual de operación es desarrollado para prevenir cualquier daño o mal funcionamiento, por ende leer con atención este manual antes de operar el sistema.</b></p> </div> <p style="text-align: center;"><b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b></p> <p>El sistema implementado para la medición de gases y ruidos contaminantes, utiliza sensores de monóxido de carbono, dióxido de carbono, de un medidor de nivel de ruido sonoro y de un microcontrolador para la adquisición de los datos, toda la circuitería electrónica esta colocada dentro de una caja metálica impermeable.</p> <p>Consta también de una pantalla de LCD para mostrar los datos medidos y para la transmisión utiliza dispositivos Xbee conectados a una antena. La interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW permite recibir los datos de los sensores, presentarlos de forma gráfica y almacenarlos en un archivo de Excel.</p> <p>Los módulos pueden ser instalados en cualquier lugar donde se desea realizar la medición, ya que posee una batería de 12V, un regulador de carga y un panel solar para recargar la batería.</p> <p style="text-align: center;"><b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b></p> <p><b>Voltaje:</b> 12Vdc.  <b>Corriente:</b> 1A.</p>		

### ASPECTO FÍSICO DE LOS MÓDULOS

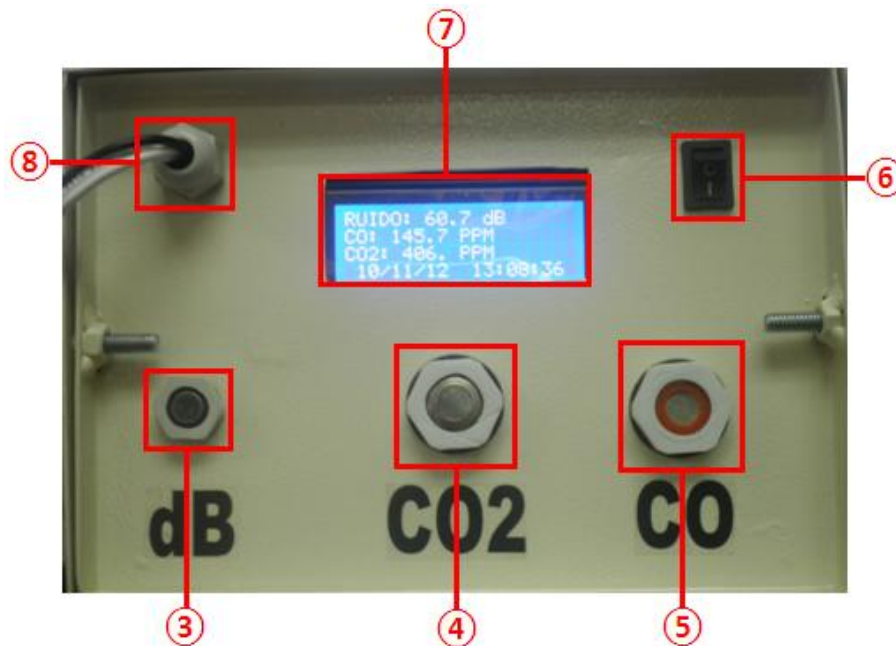
Los módulos constan de elementos externos para el funcionamiento y que permiten al usuario controlar y visualizar los valores medidos por cada sensor, la fecha y hora actual.

A continuación se muestra la vista frontal del módulo:




1. Antena del modulo Xbee.
2. Panel solar

Parte inferior del módulo:

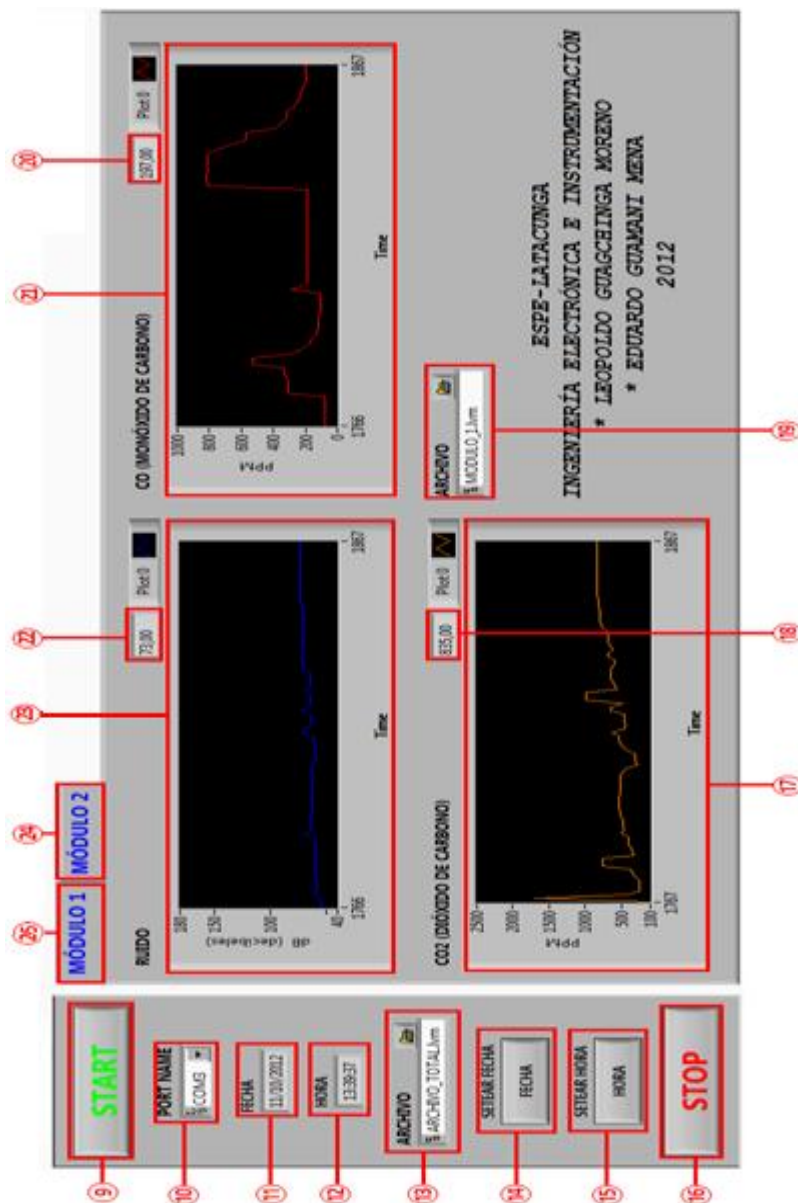


3. Medidor de ruido.
4. Sensor de CO2.
5. Sensor de CO.
6. Interruptor ON/OFF.
7. Pantalla LCD.
8. Entrada para los cables del panel solar y de la antena.

ANEXO K	MANUAL DE OPERACIÓN	K-4
<p data-bbox="619 533 1050 568" style="text-align: center;"><b>ENCENDIDO DEL MÓDULO</b></p> <p data-bbox="308 645 1225 680">Para encender el módulo se debe presionar el Interruptor ON/OFF (6).</p> <div data-bbox="756 752 911 972" style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="563 1099 1106 1135" style="text-align: center;"><b>FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO</b></p> <p data-bbox="308 1211 1362 1355">Al encender el módulo aparece en el LCD (7) la pantalla principal como se muestra en la siguiente figura, la cual posee información de los valores medidos como también la fecha y hora actual.</p> <div data-bbox="470 1429 1198 1648" style="text-align: center;">  </div>		

### DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA

La interfaz gráfica contiene pantallas, botones e indicadores visuales que permiten el monitoreo de las mediciones. En el siguiente gráfico se muestra los componentes de la interfaz:

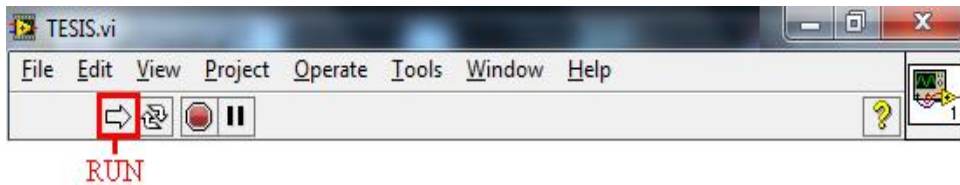


<b>ANEXO K</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>	<b>K-6</b>
<p><b>9.</b> Botón START.</p> <p><b>10.</b> Puerto de comunicación.</p> <p><b>11.</b> Fecha actual.</p> <p><b>12.</b> Hora actual.</p> <p><b>13.</b> Dirección del archivo total.</p> <p><b>14.</b> Botón FECHA.</p> <p><b>15.</b> Botón HORA.</p> <p><b>16.</b> Botón STOP.</p> <p><b>17.</b> Indicador gráfico de CO<sub>2</sub>.</p> <p><b>18.</b> Indicador numérico de CO<sub>2</sub>.</p> <p><b>19.</b> Dirección del archivo individual.</p> <p><b>20.</b> Indicador numérico de CO.</p> <p><b>21.</b> Indicador gráfico de CO.</p> <p><b>22.</b> Indicador numérico del Ruido.</p> <p><b>23.</b> Indicador gráfico del Ruido.</p> <p><b>24.</b> Pestaña del módulo 2.</p> <p><b>25.</b> Pestaña del módulo 1.</p>		

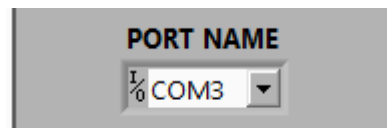


### OPERACIÓN DEL SISTEMA

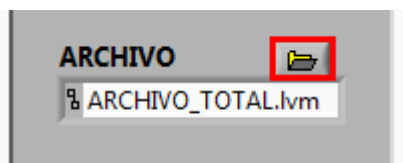
- Abrir el programa de la interfaz gráfica en LabVIEW.
- Ejecutar el programa mediante la opción RUN.



- Una vez ejecutado el programa, se elige el puerto de comunicación.

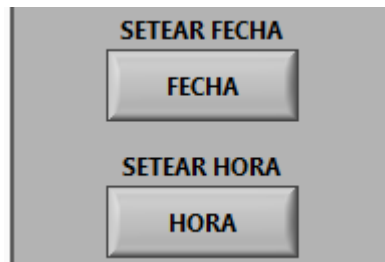


- A continuación se elige la dirección del archivo donde se va a guardar los datos, para eso se escoge la opción del icono de la carpeta para examinar la ruta del archivo.



<b>ANEXO K</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>	<b>K-8</b>
----------------	----------------------------	------------

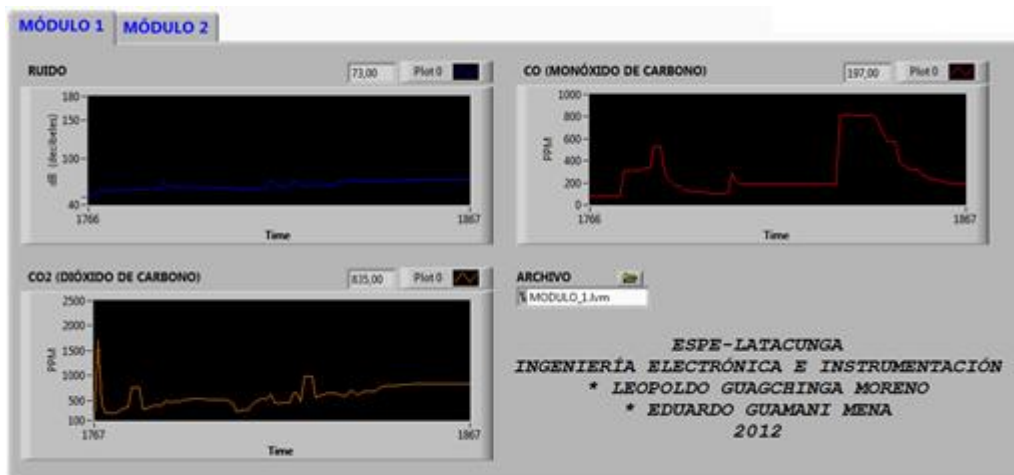
- Luego se debe actualizar la fecha y hora mediante los botones de seteo correspondientes.



- Presionamos el botón START para comenzar a recibir la información de los módulos.



- Finalmente comenzamos a adquirir y graficar los datos medidos.



- Si deseamos finalizar la adquisición de los datos en LabVIEW, presionamos el botón STOP.



Latacunga, 6 de Noviembre del 2012.

**AUTORÍA**

**ELABORADO POR:**

---

Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno.

CC: 050323918-8

---

Eduardo Marcelo Guamaní Mena.

CC: 050306216-8

**APROBADO POR:**

---

Ing. Eddie Galarza.

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

**CERTIFICADO POR:**

---

Dr. Rodrigo Vaca

**SECRETARIO ACADÉMICO  
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO**