

 <p>Inventing Companies</p>	<p>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas</p>	 <p>SENA</p>
	<p>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</p>	 <p>COLCIENCIAS COLOMBIA</p>

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL

P02 DOCUMENTO CON LAS PRUEBAS, CARACTERIZACIÓN Y CALIBRACION DEL SENSOR DE CO2

Actividades

A02-1: Pruebas y Funcionamiento del desempeño del bus de datos del sensor en cuanto a bi-direccionalidad, tiempo de respuesta, trama de datos, entre otros.

A02-2: Verificación, validación de los datos de temperatura y presión atmosférica entregados por el sensor.

A02-3: Pruebas y caracterización de los datos medidos por el sensor de la concentración de CO₂.

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	

DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

El dióxido de carbono, también denominado óxido de carbono (IV) y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO₂.



Su representación por estructura de Lewis es: O=C=O. Es una molécula lineal y no polar, a pesar de tener enlaces polares. Esto se debe a que dada la hibridación del carbono la molécula posee una geometría lineal y simétrica.

Historia

De la descomposición química de la margá y la caliza, el químico escocés Joseph Black, en el siglo XVIII, obtuvo un gas al que denominó "aire fijo". Más adelante, el también químico Antoine Lavoisier, que sentó las bases de la química moderna, en uno de sus experimentos sobre combustión, identificó a un gas de las mismas características que el "aire fijo" de Joseph Black y que denominó dióxido de carbono.

Ciclo del carbono

El ciclo del dióxido de carbono comprende, en primer lugar, un ciclo biológico donde se producen unos intercambios de carbono (CO₂) entre los seres vivos y la atmósfera. La retención del carbono se produce a través de la fotosíntesis de las plantas, y la emisión a la atmósfera, a través de la respiración animal y vegetal. Este proceso es relativamente corto y puede renovar el carbono de toda la tierra en 20 años. En segundo lugar, se tiene un ciclo biogeoquímico más extenso que el biológico y que regula la transferencia entre la atmósfera y los océanos y suelo (litosfera). El CO₂ emitido a la atmósfera, si supera al contenido en los océanos, ríos, etc. es absorbido con facilidad por el agua convirtiéndose en ácido carbónico. Este ácido influye sobre los silicatos que constituyen las rocas y se producen los iones bicarbonato. Los iones bicarbonato son asimilados por los animales acuáticos en la formación de sus tejidos. Una vez que estos seres vivos mueren quedan depositados en los sedimentos de los fondos marinos. Finalmente, el CO₂ vuelve a la atmósfera durante las erupciones volcánicas al fusionarse en combustión las rocas con los restos de los seres vivos.

En algunas ocasiones la materia orgánica queda sepultada sin producirse el contacto entre ésta y el oxígeno lo que evita la descomposición y, a través de la fermentación, provoca la transformación de esta materia en carbón, petróleo y gas natural.

Usos

- Se utiliza como agente extintor eliminando el oxígeno para el fuego.
- En Industria Alimenticia, se utiliza en bebidas carbonatadas para darles efervescencia.
- También se puede utilizar como ácido inocuo o poco contaminante. La acidez puede ayudar a cuajar lácteos de una formas más rápida y por tanto barata, sin añadir ningún sabor y en la industria se puede utilizar para neutralizar residuos alcalinos sin añadir otro ácido más contaminante como el sulfúrico.
- En agricultura, se puede utilizar como abonado. Aunque no pueden absorberlo por las raíces, se puede añadir para bajar el PH, evitar los depósitos de cal y hacer más disponibles algunos nutrientes del suelo.
- También en refrigeración como una clase líquido refrigerante en máquinas frigoríficas o congelado como hielo seco. Este mismo compuesto se usa para crear niebla artificial y sensación de hervor en agua en efectos especiales en el cine y los espectáculos.
- Otro uso que está incrementándose es su empleo como agente extractante cuando se encuentra en condiciones super críticas dada su escasa o nula presencia de residuos en los extractos. Este uso actualmente se reduce a la obtención de alcaloides como la cafeína y determinados pigmentos, pero una pequeña revisión por revistas científicas puede dar una visión del enorme potencial que este

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	

agente de extracción presenta, ya que permite realizar extracciones en medios anóxicos lo que permite obtener productos de alto potencial antioxidante.

- Es utilizado también como material activo para generar luz coherente. (Laser de CO₂)
- Junto con el agua es el disolvente más empleado en procesos con fluidos super críticos.
- También se usó como agente químico para el genocidio de prisioneros eslavos, judíos y disidentes durante la Alemania nazi. El CO₂ desplaza el O₂ de la hemoglobina provocando la asfixia celular.

Propiedades del dióxido de carbono

El dióxido de carbono posee ciertas propiedades físicas y químicas. A continuación las resumimos en una tabla.

Propiedad	Valor
Masa molecular	44.01
Gravedad específica	1.53 a 21 oC
Densidad crítica	468 kg/m ³
Concentración en el aire	370,3 * 10 ⁷ ppm
Estabilidad	Alta
Líquido	Presión < 415.8 kPa
Sólido	Temperatura < -78 oC
Constante de solubilidad de Henry	298.15 mol/ kg * bar
Solubilidad en agua	0.9 vol/vol a 20 oC

Dióxido de Carbono en el Cuerpo

El recorrido del aire

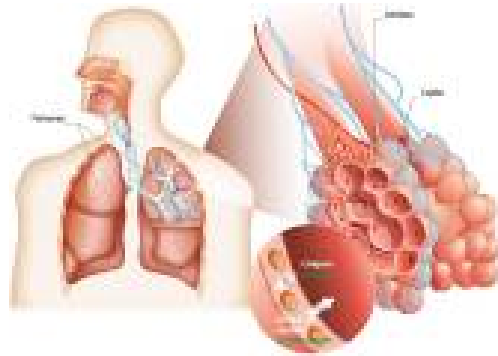
Si bien la ventilación (respiración) pulmonar es un proceso automático y constante, cada vez que se respira se ponen en acción una serie de estructuras especializadas, que facilitan el viaje del aire. Porque la respiración no solo implica inspirar profundamente el aire que nos rodea; el verdadero intercambio, donde se aprovecha el oxígeno y se desecha el dióxido de carbono, ocurre a nivel pulmonar, específicamente, en los alvéolos pulmonares. Al momento de inspirar, el aire ingresa por la nariz (también lo puede hacer por la boca), donde se calienta, humedece y limpia. Luego, pasa por la faringe, donde encuentra un verdadero filtro, que intercepta y destruye los organismos patógenos: las amígdalas.

Una vez superada esta barrera inmunológica, el aire prosigue su recorrido por la laringe y luego por la tráquea. Esta última estructura es un verdadero tubo elástico que, al final de su recorrido, se divide en los dos bronquios que ingresan a los pulmones. Cada bronquio se ramifica al igual que un árbol, terminando en unos sacos elásticos, destino final del aire inspirado. Estas pequeñas estructuras, denominadas alvéolos pulmonares, son las encargadas de realizar el efectivo intercambio gaseoso. Con una apariencia similar a un racimo de globos, cada vez que inspiramos se llenan de aire, aprovechando el oxígeno y desechando el dióxido de carbono.

Un proceso continuo, automático, con diferentes etapas, pero tan rápido que muchas veces ni se percata de él. Una verdadera ruta del aire.



 <p>Inventing Companies</p>	<p>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas</p>	
	<p>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</p>	



Intercambio gaseoso

La respiración es un proceso mucho más complejo que el solo transporte de oxígeno hacia todos los órganos y tejidos del cuerpo respiratorio, sino también del cardiovascular.

 <p>Inventing Companies™</p>	<p>CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas</p>	
	<p>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL</p>	

Mediante este proceso, el oxígeno presente en los alvéolos pulmonares (mayor concentración) ingresa a los capilares sanguíneos (menor concentración), de tal manera que estos puedan transportar la vital molécula hacia las diferentes zonas del cuerpo. Sin embargo, el citado equilibrio nunca se alcanza, ya que siempre existen más moléculas de oxígeno, producto de la constante respiración.

Desecho gaseoso

El ~~dióxido de carbono~~ es un compuesto formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno. Su fórmula química es CO_2 y es conocido también como anhídrido carbónico. Por lo general, se presenta en estado gaseoso, sin olor y color. Es ligeramente ácido, denso y no inflamable. Lo podemos encontrar, además, en estado sólido (bajo ciertas temperaturas) y líquido (cuando se disuelve en agua).

En la naturaleza está involucrado en importantes procesos, como la fotosíntesis y la combustión. En el organismo humano, corresponde a un subproducto de las reacciones metabólicas que ocurren a nivel celular para la obtención de energía.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN PARA OBTENER LA LECTURA DE LA CONCENTRACIÓN DE CO_2

Espectroscopia Infrarroja

Espectroscopia infrarroja (Espectroscopia IR) es la rama de la espectroscopia que trata con la parte infrarroja del espectro electromagnético. Esta cubre un conjunto de técnicas, siendo la más común una forma de espectroscopia de absorción. Así como otras técnicas espectroscópicas, puede usarse para identificar un compuesto e investigar la composición de una muestra. Esta se puede dividir según el tipo de la radiación que se analiza, en:

- Espectroscopia del Infrarrojo cercano.
- Espectroscopia del infrarrojo medio.
- Espectroscopia del infrarrojo lejano.

Historia

Los ~~primeros~~ equipos comerciales aparecieron a mediados del siglo XX, habiéndose impulsado su desarrollo durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se utilizó para la síntesis de caucho sintético (empleado en el control de la concentración y pureza del butadieno empleado en la síntesis del polímero).

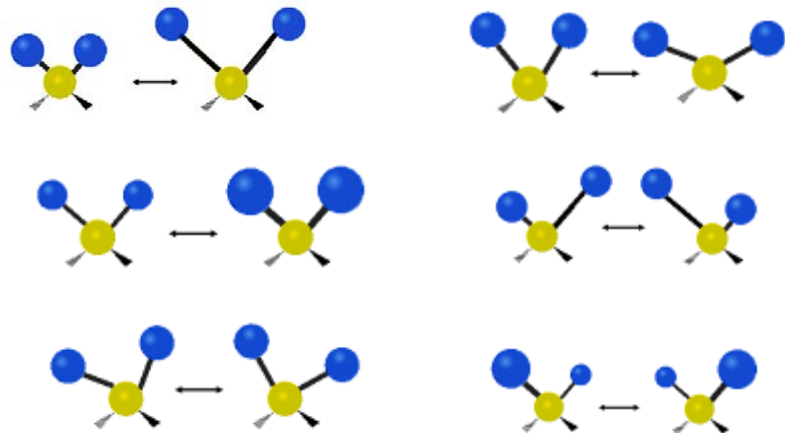
En la última década del siglo XX aparecieron en el mercado los espectrómetros de transformada de Fourier, ampliando las posibilidades de esta técnica.

Teoría

La ~~porción~~ infrarroja del espectro electromagnético se divide en tres regiones; el infrarrojo cercano, medio y lejano, así nombrados por su relación con el espectro visible. El infrarrojo lejano (aproximadamente $400\text{-}10\text{ cm}^{-1}$) se encuentra adyacente a la región de microondas, posee una baja energía y puede ser usado en espectroscopia rotacional. El infrarrojo medio (aproximadamente $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$) puede ser usado para estudiar las vibraciones fundamentales y la estructura rotacional vibracional, mientras que el infrarrojo cercano ($14000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$) puede excitar sobretonos o vibraciones armónicas.

La espectroscopia infrarroja funciona porque los enlaces químicos tienen frecuencias específicas a las cuales vibran correspondientes a niveles de energía. Las frecuencias resonantes o frecuencias vibracionales son determinados por la forma de las superficies de energía potencial molecular, las masas de los átomos y, eventualmente por el acoplamiento vibrónico asociado. Para que un modo vibracional en una molécula sea activo al IR, debe estar asociada con cambios en el dipolo permanente. En particular, en las aproximaciones de Born-Oppenheimer y armónicas, por ejemplo, cuando el Hamiltoniano molecular correspondiente al estado electrónico basal puede ser aproximado por un

 "Inventing Companies"	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	



oscilador armónico en la vecindad de la geometría molecular de e
 determinadas por los modos normales correspondientes a la sup
 basal electrónico de la molécula. Sin embargo, las frecuencias r
 aproximación relacionadas con la fuerza del enlace, y la masa de
 la frecuencia de las vibraciones puede ser asociada con un tipo pa

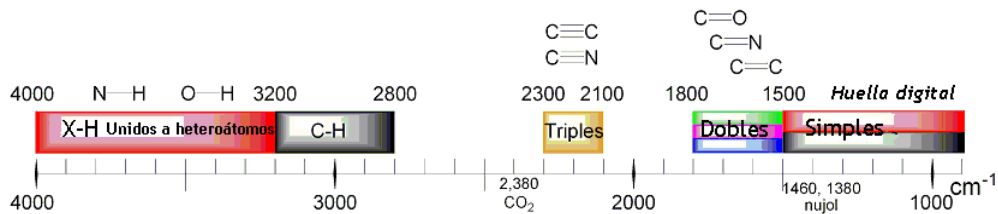
	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	

Las muestras sólidas se pueden preparar principalmente de dos maneras. La primera es moler la muestra con un agente aglomerante para la suspensión (usualmente nujol) en un mortero de mármol o ágata. Una fina película del agente aglomerante se aplica en las placas de sal y se realiza la medición.

El segundo método es triturar una cantidad de la mezcla con una sal especialmente purificada (usualmente bromuro de potasio) finamente (para remover efectos dispersores de los cristales grandes). Esta mezcla en polvo se comprime en una prensa de troquel mecánica para formar un pellet translúcido a través del cual puede pasar el rayo del espectrómetro.

Es importante destacar que el espectro obtenido a partir de preparaciones distintas de la muestra se verá ligeramente distinto entre sí debido a los diferentes estados físicos en los que se encuentra la muestra.

Resumen de absorciones de enlaces en moléculas orgánicas



Usos y aplicaciones

La espectroscopia infrarroja es ampliamente usada en investigación y en la industria como una simple y confiable para realizar mediciones, control de calidad y mediciones dinámicas. Los instrumentos son en la actualidad pequeños y pueden transportarse fácilmente, incluso en su uso para ensayos en terreno. Con una tecnología de filtración y manipulación de resultados en auge, las muestras en solución pueden ser medidas con precisión (el agua produce una absorbancia amplia a lo largo del rango de interés, volviendo al espectro ilegible sin este tratamiento computacional). Algunas máquinas indican automáticamente cuál es la sustancia que está siendo medida a partir de miles de espectros de referencia almacenados.

Al medir a una frecuencia específica a lo largo del tiempo, se pueden medir cambios en el carácter o la cantidad de un enlace particular. Esto es especialmente útil para medir el grado de polimerización en la manufactura de polímeros. Las máquinas modernas de investigación pueden tomar mediciones infrarrojas a lo largo de todo el rango de interés con una frecuencia de hasta 32 veces por segundo. Esto puede realizarse mientras se realizan mediciones simultáneas usando otras técnicas. Esto hace que la observación de reacciones químicas y procesos sea más rápida y precisa.

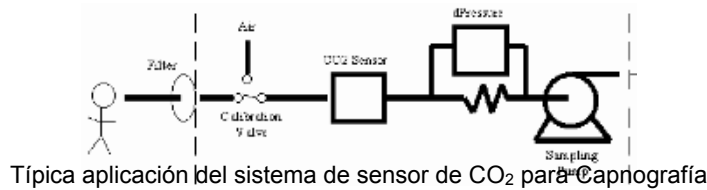
SENSOR DE CO₂



COMET infrarrojos no dispersivo (NDIR) Sensor de CO₂ es un sistema integrado de análisis para el control de la concentración de dióxido de carbono en la respiración. El sensor COMET incluye un sensor de infrarrojos con suministro de energía eléctrica, detector de infrarrojos, transductor de presión barométrica, temperatura, y memoria EEPROM para el almacenamiento de los coeficientes de calibración. Las salidas analógicas del sensor se digitalizan y estas se utilizan para el cálculo de la presión parcial de CO₂. Esta información puede ser usada para calcular, además, tasa de respiración, al final de CO₂, en los ciclos de inspiración y expiración.

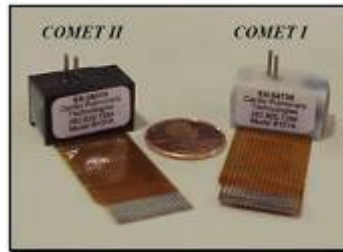
	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	

La interfaz de sensor de CO₂ es simple. Se requiere un suministro de +5 V a menos de 27 mA máximo. Se lee los coeficientes de calibración de la memoria EEPROM, a través de las líneas de comunicación y se utiliza el tiempo de ejecución para calcular la presión parcial de CO₂. La digitalización debe ser de cuatro canales a 12-bit A/D. El sensor COMET fue diseñado para ser conectado de forma fácil a una placa de circuito. Se fija con un tornillo. El circuito es de interfaz flexible de 16 pines.



Especificaciones Técnicas

- Bajo consumo de energía, ideal para operación con batería.
- Tamaño físico más pequeño.
- Compensación de Presión y temperatura.
- Pre-calibración.

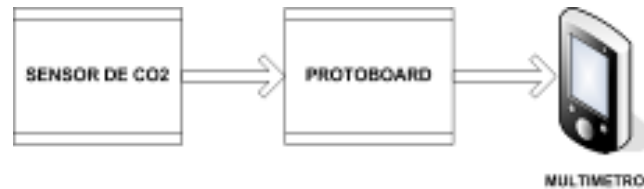


Características	Descripción
Principio de Operación	Espectroscopia Infrarroja
Rango de CO ₂	0% a 13%
Medición	± 3 mmHg < 5.0% CO ₂
Dimensiones	12 mm Alto x 12 mm Ancho x 22 mm Largo
Peso	< 7.0 Gramos
Rango de Temperatura de Operación	5 °C a 55 °C
Rango de Temperatura para transporte	-40°C a 70°C
Voltaje de Entrada	5.0 Voltios (± 5%)
Potencia de Consumo	135 mWatts
Tiempo de calentamiento:	2 - 15 segundos
EEPROM	1K bits de memoria (Microchip 93C46)
	Número de serie
	Fecha de Fabricación
	Constantes de calibración y históricos
	Detector: 28 milisegundos
Tiempo de Respuesta	Sistema: Depende de la aplicación, la neumática y la técnica de separación de agua
	Voltaje CO ₂ : 0.00 a 0.65 Voltios
Rango de voltaje de Salida	Voltaje de Temperatura: 0.00 a 1.25 Voltios
	Voltaje de Presión: 0.00 a 2.50 Voltios
	Voltaje de la Fuente de IR: 0.00 a 2.50 Voltios
	4 Canales A/D de entrada con 12 bits de resolución
Requisitos para la Aplicación	Comunicación digital bi-direccional
	Sistema de aspiración para gas
	Válvula neumática para compensar la calibración

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	

PRUEBAS DEL SENSOR DE CO₂

Para la realización de las pruebas del sensor de CO₂ se utilizó como base el siguiente diagrama a bloques:



Las pruebas consisten en recolectar los datos arrojados por el sensor, como son los voltajes de temperatura, presión atmosférica y valor de CO₂ entregados por el bus de datos, utilizando un multímetro para el registro de los valores.

Elementos a Utilizar

- Sensor de CO₂
- Protoboard
- Multímetro

Valores arrojados por el Sensor de CO₂

Esta prueba se realizó a temperatura ambiente con la presión atmosférica de la ciudad de Bucaramanga de 704.1 mmHg. Con estas condiciones iniciales se realiza la prueba del sensor de CO₂, utilizando como instrumento de medición de voltaje el equipo marca UNI-T de referencia UT70B.



Especificaciones Técnicas

- Voltios DC: 400 mV/4V/40V/400V/1000V (Precisión ±0.8%+1)
- Voltios AC: 4V/40V/400V/750V (Precisión ±1%+5)
- Corriente DC: 400 μA/4mA/40mA/400mA/10A (±1%+2)
- Corriente AC: 400 μA/4mA/40mA/400mA/10A (±1.5%+5)
- Protección Rango 10A: Sí
- Resistencia: 400 W/4KW/40KW/400KW/4MW/40MW (±1%+2)
- Capacidad: 400 nF ~ 40μF (Precisión ±4%+3)
- Frecuencia: 4KHz/40KHz/400KHz/4MHz/40MHz
- 200MHz (±0.1%+3)
- Temperatura °C: -40~1000 - °F: -40~1832
- Impedancia de entrada: 10MW
- Batería: 9V Estándar
- Display Max: 3999
- Tamaño display LCD: 53x62mm

Funciones Adicionales

- Diode: Probador de diodos

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	

- Buzzer: Probador de continuidad con alarma sonora
- RS-232C: Conexión PC, c/software, p/ muestreo y data
- Data Hold: Para mantener una lectura en pantalla
- Auto Ranging: Escoge automáticamente el rango adecuado
- Min/Max: Muestra los valores mínimo y máximo de una serie de lecturas
- Analog Bar Graph: Barra grafica para lecturas analógicas
- Backlight: Alumbrado de la pantalla LCD
- Icon Display: Comunicación de funciones por símbolos en la pantalla
- Sleep Mode: Desconexión automática para ahorrar baterías
- Low Battery Display: Señal de batería descargada

De igual manera se utilizó para la medición de la temperatura un equipo de marca Extech de referencia HW30, como se muestra en la siguiente figura:



Este equipo tiene un cronómetro digital e indica los valores de Temperatura, Humedad e Índice Calórico.

Características:

- Alarma para índice calórico configurable por el usuario
- Modo cronómetro con resolución de 1/100 segundos
- Recupera vuelta más Rápida/Lenta/Promedio
- Contador de 99 vueltas con memoria para 30 vueltas y parciales
- Cronómetro regresivo de 10 horas con alarma audible para últimos 5 seg.
- Alarma programable
- Modo calendario, mes, día y fecha
- Reloj de 12 o 24 horas
- Completo con correa de 1m (39") y una batería 3V CR2032

Especificaciones

- Capacidad: 9 hrs, 59 min. 59seg.
- Precisión: ± 5 segundos/día
- Memoria de vueltas: 30 vueltas
- Índice calórico: 22 a 50°C (70 a 122°F)
- Temperatura: -10 a 50°C (14 a 122°F)
- Humedad: 1 a 99%
- Dimensiones: 79 x 66 x 21mm
- Peso: 85g

Los datos que se presentan a continuación son un promedio (la dispersión de los datos es muy poca) de todas las pruebas que se le han realizado al sensor de CO₂.

Medida de CO₂

A continuación se presenta el rango de voltaje emitido por el sensor y su correspondiente valor de medida de CO₂ en mmHg como lo indica el fabricante del sensor:

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	

Cant.	Voltaje CO ₂	Valor de CO ₂ (mmHg)
1	0	0
2	0,00813	1
3	0,01625	2
4	0,02438	3
5	0,0325	4
6	0,04063	5
7	0,04875	6
8	0,05688	7
9	0,065	8
10	0,07313	9
11	0,08125	10
12	0,08938	11
13	0,0975	12
14	0,10563	13
15	0,11375	14
16	0,12188	15
17	0,13	16
18	0,13813	17
19	0,14625	18
20	0,15438	19
21	0,1625	20
22	0,17063	21
23	0,17875	22
24	0,18688	23
25	0,195	24
26	0,20313	25
27	0,21125	26
28	0,21938	27
29	0,2275	28
30	0,23563	29
31	0,24375	30
32	0,25188	31
33	0,26	32
34	0,26813	33
35	0,27625	34
36	0,28438	35
37	0,2925	36

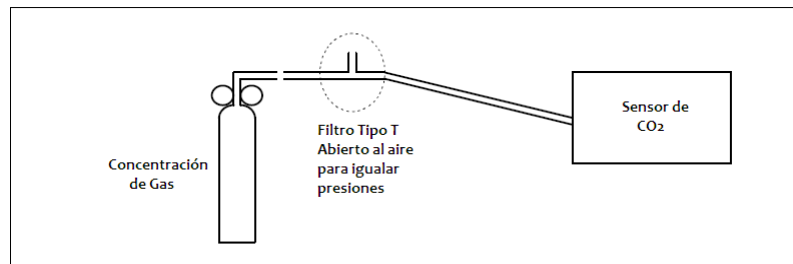
Cant.	Voltaje CO ₂	Valor de CO ₂ (mmHg)
38	0,30063	37
39	0,30875	38
40	0,31688	39
41	0,325	40
42	0,33313	41
43	0,34125	42
44	0,34938	43
45	0,3575	44
46	0,36563	45
47	0,37375	46
48	0,38188	47
49	0,39	48
50	0,39813	49
51	0,40625	50
52	0,41438	51
53	0,4225	52
54	0,43063	53
55	0,43875	54
56	0,44688	55
57	0,455	56
58	0,46313	57
59	0,47125	58
60	0,47938	59
61	0,4875	60
62	0,49563	61
63	0,50375	62
64	0,51188	63
65	0,52	64
66	0,52813	65
67	0,53625	66
68	0,54438	67
69	0,5525	68
70	0,56063	69
71	0,56875	70
72	0,57688	71
73	0,585	72
74	0,59313	73

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL		

Cant.	Voltaje CO ₂	Valor de CO ₂ (mmHg)
75	0,60125	74
76	0,60938	75
77	0,6175	76
78	0,62563	77

Cant.	Voltaje CO ₂	Valor de CO ₂ (mmHg)
79	0,63375	78
80	0,64188	79
81	0,65	80

Resultado de las pruebas del sensor en respuesta a la concentración de un gas conocido que contiene 6% de CO₂, 44% de N₂O y 50% O₂, que corresponde a 60 mmHg; esta concentración es comúnmente utilizada para calibrar los Capnógrafos, como se observa en la siguiente figura:



Con sus respectivos valores:

Voltaje CO ₂	Valor de CO ₂ (mmHg)
0,49	60
0,492	
0,485	
0,485	

Los datos obtenidos en las pruebas del sensor se acercan de manera fiable a las especificaciones técnicas dadas por el fabricante.

Medida de Temperatura

Cant.	Temperatura en °C del Instrumento Patrón	Voltaje Temperatura Sensor de CO ₂	Temperatura en °C del Sensor
1	0	0,00	0
2	1	0,03	1,024
3	2	0,05	2,048
4	3	0,08	3,072
5	4	0,10	4,096
6	5	0,13	5,12
7	6	0,15	6,144
8	7	0,18	7,168

 <p>Inventing Companies</p>	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL		

Cant.	Temperatura en °C del		Temperatura en °C del
	Instrumento Patrón	Voltaje Temperatura Sensor de CO2	
9	8	0,20	8,192
10	9	0,23	9,216
11	10	0,26	10,24
12	11	0,28	11,264
13	12	0,31	12,288
14	13	0,33	13,312
15	14	0,36	14,336
16	15	0,38	15,36
17	16	0,41	16,384
18	17	0,44	17,408
19	18	0,46	18,432
20	19	0,49	19,456
21	20	0,51	20,48
22	21	0,54	21,504
23	22	0,56	22,528
24	23	0,59	23,552
25	24	0,61	24,576
26	25	0,64	25,6
27	26	0,67	26,624
28	27	0,69	27,648
29	28	0,72	28,672
30	29	0,74	29,696
31	30	0,77	30,72
32	31	0,79	31,744
33	32	0,82	32,768
34	33	0,84	33,792
35	34	0,87	34,816
36	35	0,90	35,84
37	36	0,92	36,864
38	37	0,95	37,888
39	38	0,97	38,912
40	39	1,00	39,936
41	40	1,02	40,96
42	41	1,05	41,984
43	42	1,08	43,008
44	43	1,10	44,032

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	

Voltaje	Valor Presión	Voltaje	Valor Presión	Voltaje	Valor Presión
Presión	(mmHg)	Presión	(mmHg)	Presión	(mmHg)
0,128	373	0,983	563	1,839	717
0,133	374	0,989	564	1,844	718
0,139	375	0,994	565	1,850	719
0,144	376	1,000	566	1,856	720
0,150	377	1,006	567	1,861	721
0,156	378	1,011	568	1,867	722
0,161	379	1,017	569	1,872	723
0,167	380	1,022	570	1,878	724
0,172	381	1,028	571	1,883	725
0,178	382	1,033	572	1,889	726
0,183	383	1,039	573	1,894	727
0,189	384	1,044	574	1,900	728
0,194	385	1,050	575	1,906	729
0,200	386	1,056	576	1,911	730
0,206	387	1,061	577	1,917	731
0,211	388	1,067	578	1,922	732
0,222	390	1,078	580	1,933	734
0,228	391	1,083	581	1,939	735
0,233	392	1,089	582	1,944	736
0,239	393	1,094	583	1,950	737
0,244	394	1,100	584	1,956	738
0,250	395	1,106	585	1,961	739
0,256	396	1,111	586	1,967	740
0,261	397	1,117	587	1,972	741
0,267	398	1,122	588	1,978	742
0,272	399	1,128	589	1,983	743
0,278	400	1,133	590	1,989	744
0,283	401	1,139	591	1,994	745
0,289	402	1,144	592	2,000	746
0,294	403	1,150	593	2,006	747
0,300	404	1,156	594	2,011	748
0,306	405	1,161	595	2,017	749
0,311	406	1,167	596	2,022	750
0,317	407	1,172	597	2,028	751
0,322	408	1,178	598	2,033	752
0,328	409	1,183	599	2,039	753
0,333	410	1,189	600	2,044	754

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	

Voltaje	Valor Presión	Voltaje	Valor Presión	Voltaje	Valor Presión
Presión	(mmHg)	Presión	(mmHg)	Presión	(mmHg)
0,339	411	1,194	601	2,050	755
0,344	412	1,200	602	2,056	756
0,350	413	1,206	603	2,061	757
0,356	414	1,211	604	2,067	758
0,361	415	1,217	605	2,072	759
0,367	416	1,222	606	2,078	760
0,372	417	1,228	607	2,083	761
0,378	418	1,233	608	2,089	762
0,383	419	1,239	609	2,094	763
0,389	420	1,244	610	2,100	764
0,394	421	1,250	611	2,106	765
0,400	422	1,256	612	2,111	766
0,406	423	1,261	613	2,117	767
0,411	424	1,267	614	2,122	768
0,417	425	1,272	615	2,128	769
0,422	426	1,278	616	2,133	770
0,428	427	1,283	617	2,139	771
0,433	428	1,289	618	2,144	772
0,439	429	1,294	619	2,150	773
0,450	431	1,306	621	2,161	775
0,456	432	1,311	622	2,167	776
0,461	433	1,317	623	2,172	777
0,467	434	1,322	624	2,178	778
0,472	435	1,328	625	2,183	779
0,478	436	1,333	626	2,189	780
0,483	437	1,339	627	2,194	781
0,489	438	1,344	628	2,200	782
0,494	439	1,350	629	2,206	783
0,500	440	1,356	630	2,211	784
0,506	441	1,361	631	2,217	785
0,511	442	1,367	632	2,222	786
0,517	443	1,372	633	2,228	787
0,522	444	1,378	634	2,233	788
0,528	445	1,383	635	2,239	789
0,533	446	1,389	636	2,244	790
0,539	447	1,394	637	2,250	791
0,544	448	1,400	638	2,256	792

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL	

Voltaje	Valor Presión	Voltaje	Valor Presión	Voltaje	Valor Presión
Presión	(mmHg)	Presión	(mmHg)	Presión	(mmHg)
0,550	449	1,406	639	2,261	793
0,556	450	1,411	640	2,267	794
0,561	451	1,417	641	2,272	795
0,567	452	1,422	642	2,278	796
0,572	453	1,428	643	2,283	797
0,578	454	1,433	644	2,289	798
0,583	455	1,439	645	2,294	799
0,589	456	1,444	646	2,300	800
0,594	457	1,450	647	2,306	801
0,600	458	1,456	648	2,311	802
0,606	459	1,461	649	2,317	803
0,611	460	1,467	650	2,322	804
0,617	461	1,472	651	2,328	805
0,622	462	1,478	652	2,333	806
0,628	463	1,483	653	2,339	807
0,633	464	1,489	654	2,344	808
0,639	465	1,494	655	2,350	809
0,644	466	1,500	656	2,356	810
0,650	467	1,506	657	2,361	811
0,656	468	1,511	658	2,367	812
0,661	469	1,517	659	2,372	813
0,667	470	1,522	660	2,378	814
0,678	472	1,533	662	2,389	816
0,683	473	1,539	663	2,394	817
0,689	474	1,544	664	2,400	818
0,694	475	1,550	665	2,406	819
0,700	476	1,556	666	2,411	820
0,706	477	1,561	667	2,417	821
0,711	478	1,567	668	2,422	822
0,717	479	1,572	669	2,428	823
0,722	480	1,578	670	2,433	824
0,728	481	1,583	671	2,439	825
0,733	482	1,589	672	2,444	826
0,739	483	1,594	673	2,450	827
0,744	484	1,600	674	2,456	828
0,750	485	1,606	675	2,461	829
0,756	486	1,611	676	2,467	830

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL		

Voltaje Presión	Valor Presión (mmHg)	Voltaje Presión	Valor Presión (mmHg)	Voltaje Presión	Valor Presión (mmHg)
0,761	487	1,617	677	2,472	831
0,767	488	1,622	678	2,478	832
0,772	489	1,628	679	2,483	833
0,778	490	1,633	680	2,489	834
0,783	491	1,639	681	2,494	835
0,789	492	1,644	682	2,500	836
0,794	493	1,650	683		
0,800	494	1,656	684		
0,806	495	1,661	685		
0,811	496	1,667	686		
0,817	497	1,672	687		
0,822	498	1,678	688		
0,828	499	1,683	689		
0,833	500	1,689	690		
0,839	501	1,694	691		
0,844	502	1,700	692		
0,850	503	1,706	693		

Resultado de las pruebas del sensor de CO₂ en respuesta a la presión atmosférica de la Ciudad de Bucaramanga, tomada de los datos que emite la Corporación de la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDBM) que oscila entre 704,90 a 706,02 mmHg:

Cant.	Voltaje Presión Atmosférica del Sensor	Valor Presión Atmosférica del Sensor en mmHg
1	1,767	701,81
2	1,767	703,12
3	1,768	703,23
4	1,768	703,34
5	1,768	703,46
6	1,768	703,57
7	1,769	703,68
8	1,769	703,79
9	1,769	703,90
10	1,770	704,01
11	1,770	704,12
12	1,770	703,03
13	1,770	703,14
14	1,771	703,25

Cant.	Voltaje Presión Atmosférica del Sensor	Valor Presión Atmosférica del Sensor en mmHg
15	1,771	703,36
16	1,771	703,48
17	1,771	703,59
18	1,772	703,70
19	1,772	703,81
20	1,772	703,92
21	1,773	704,03
22	1,773	704,14
23	1,773	704,25
24	1,773	704,37
25	1,774	704,48
26	1,774	704,59
27	1,774	704,70
28	1,775	704,81

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CAPNOGRAFO PORTATIL		

Cant.	Voltaje Presión	
	Atmosférica del Sensor	Atmosférica del Sensor en mmHg
29	1,775	704,92
30	1,775	705,03
31	1,775	705,14
32	1,776	705,26
33	1,776	705,37
34	1,776	705,48
35	1,777	705,59
36	1,777	705,70
37	1,777	705,81
38	1,777	705,92
39	1,778	706,03
40	1,778	706,14

Cant.	Valor Presión	
	Atmosférica del Sensor	Atmosférica del Sensor en mmHg
41	1,778	706,26
42	1,778	706,37
43	1,779	706,48
44	1,779	706,59
45	1,779	706,70
46	1,780	706,81
47	1,780	706,92
48	1,780	707,03
49	1,780	707,15
50	1,781	707,26

CONCLUSIONES

Aun cuando la sensibilidad del multímetro de referencia usado para la medición de los voltajes análogos entregados por el sensor es aceptable se debe seguir la recomendación del fabricante y realizar una digitalización de 12 bits lo cual garantiza una sensibilidad de medida del orden de 1.22 mili voltios

El sensor responde de manera casi inmediata en la lectura de la concentración de gas, correspondiendo a los valores y límites referenciados por el fabricante en su datasheet.

Atentamente,

Jaime Andrés Rincón
JAIME ANDRÉS RINCON
 Emprendedor