

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
**Dirección General de Investigación**



FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño y construcción de un dispositivo para medir monóxido de  
carbono (CO) en el aire

ESTHER LLACZA HUÁNUCO  
FERNANDO JAVIER HURTADO BUTRÓN  
CHRISTIAN PUICAN FARROÑAY  
FRANCISCO RODRIGUEZ NOVOA  
FERNÁNDEZ ANDRADE ALEXANDER (Est.)

CHIMBOTE – PERU

2017

**Palabras clave:**

Tema	Medición de CO
Especialidad	Medio Ambiente

**Lineas de Investigación**

03010008 Bioindicadores de calidad ambiental

**Keywords:**

Theme	CO Measurement
Speciality	Enviroment

**Lines of investigation**

03010008 Bioindicators of environmental quality

**Título:**

Diseño y construcción de un dispositivo para medir monóxido de carbono (CO) en el aire

**Title:**

Design and construction of a device to measure carbon monoxide (CO) in the air.

## Resumen

El propósito del presente informe de investigación fue de diseñar y construir un dispositivo para medir el monóxido de carbono (CO) en el aire, en la ciudad de Chimbote.

Es una investigación de tipo tecnológica, en la cual se construyó un dispositivo utilizando un transductor MQ para gases, y una tarjeta de control programable, con un circuito de contrigación del de fecha-tiempo y de almacenamiento de los datos. Con el prototipo se midió el nivel de CO en el aire en forma diaria con dos intervalos de medición de 3 horas cada una: el primero a partir de las 12 del medio día hasta las 3 pm, y el segundo intervalo de medición a partir de las 6.00 p.m hasta las 9.00 p.m. Se determinó promedios mínimos y máximos de concentración de CO.

El resultado obtenido con el dispositivo construido se observa que las mediciones dadas el 10 de noviembre del 2017, se obtuvo una medición máxima de 0.044 ppm y un mínimo de 0.034 ppm de CO en la azotea de la universidad San Pedro de Chimbote, estos datos aunque parecen un tanto inconsistentes con la idea de un aire contaminado, se puede pensar que en el aire a una altura de 10 metros aproximadamente es muy poca concentración debido a las corrientes convectivas del aire, que dispersan y desconcentran las cantidades definidas de Monóxido de Carbono.

## **Abstract**

The purpose of this research is to design and build a device to measure carbon monoxide (CO) in the air, in the city from Chimbote.

It is a technological research, in which a device was built using an MQ transducer for gases, and a programmable control card, with a deol contruction circuit of date-time and data storage. With the prototype, the CO level in the air was measured daily with two measuring intervals of 3 hours each: the first from 12 noon until 3 pm, and the second measurement interval from 6:00 p.m. until 9:00 p.m. Minimum and maximum averages of CO concentration were determined.

The result obtained with the built device shows that the measurements given on November 10, 2017, obtained a maximum measurement of 0.044 ppm and a minimum of 0.034 ppm of CO on the roof of the San Pedro University from Chimbote. Although they seem somewhat inconsistent with the idea of a polluted air, it can be thought that in the air at a height of approximately 10 meters it is very low concentration due to convective air currents, which disperse and deconcentrate the definite amounts of Carbon Monoxide.

## Introducción

De acuerdo a investigaciones hechas por el autor Franklyn Preiado y asesor de tesis Ing. Werner Correa en el 2010, en su presentación vía web sobre su tesis: “Industria pesquera tasa: Medidas de control para mitigar las emisiones”, dan una observación clara de que el CO y el SO<sub>2</sub>, son los elementos más abundantes en el aire del distrito de Chimbote principalmente en el área de influencia directa, determinando un aproximado de 47223 µg/m<sup>3</sup>, para el CO y de 187.10 µg/m<sup>3</sup> para el SO<sub>2</sub>, considerando de que 1mg/m<sup>3</sup> (0,87ppm)

El monóxido de carbono se produce como consecuencia de la combustión incompleta de combustibles a base de carbono, tales como la gasolina, petróleo, leña y de productos sintéticos como el humo de cigarrillos, se concentra en lugares cerrados, como en garajes y túneles mal ventilados, en tránsitos en congestión, producidos especialmente por vehículos a gasolina sin catalizador.

La contaminación por monóxido de carbono de origen automotor es siempre uno de los principales problemas que existen en ciudades con un creciente crecimiento de vehículos y a determinadas horas de concentración.

Los habitantes urbanos están siempre sometidos a una gran cantidad de efectos nocivos a su salud y bienestar, siendo principalmente afectadas las personas con enfermedades cardiovasculares, tales como angina o aquellas con afectaciones que comprometen a los sistemas cardiovascular y respiratorio (por ejemplo, fallas congestivas del corazón, enfermedades cerebro vasculares, anemia, obstrucción crónica del pulmón) y las mujeres embarazadas, los bebés en gestación y recién nacidos de los cual existen instituciones involucradas en la gestión de la calidad del aire en el Perú como son el Ministerio del Ambiente, Ministerio de Salud – DIGESA, Ministerio de la Producción – PRODUCE, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Ministerio de Transporte y Comunicaciones- MTC, de sus ciudades en motivar una mayor investigación al respecto, tratando de encontrar posibles soluciones a mediano y corto plazo.

Tanto el transporte como la industria producen todo tipo de contaminantes atmosféricos, desde partículas sólidas hasta sustancias gaseosas.

Los principales efectos del CO derivan de su capacidad para formar un compuesto estable con la hemoglobina, reduciendo la eficacia de la sangre para transportar el oxígeno, produciendo en bajas concentraciones poca tolerancia al esfuerzo físico, confusiones, mareos, dolor de cabeza, náuseas, desmayos estados de inconsciencia e inclusive si existe concentraciones grandes, la muerte, siendo algunos de estos problemas presentados en cortos tiempos o desarrollados progresivamente dependiendo de la concentración de CO y el tiempo de exposición prolongada que se tenga. El grado de los síntomas depende del estado de actividad de oxígeno y su concentración de hemoglobina.

Según la revista “Visión Electrónica”, en su artículo “Instrumento de medición de carbono para uso residencial”, expresa una tabla de los síntomas que se pueden producir en el cuerpo debido al monóxido de carbono, definida por:

Concentración de monóxido de carbono	Carboxihemoglobina %	Síntomas
Menos de 35 ppm (cigarrillo)	5	Ninguno o cefalea suave
0.005% (50 ppm)	10	Cefalea leve, disnea de grandes esfuerzos, vasodilatación cutánea.
0.01% (100 ppm)	20	Cefalea pulsátil, disnea de moderados esfuerzos.
0.02% (200 ppm)	30	Cefalea severa, irritabilidad, fatiga, visión borrosa.
0.03 – 0.05% (300 ppm – 500 ppm)	40 -50	Cefalea, taquicardia, náuseas, confusión, letargia, colapso, respiración de Cheyne – Stokes.
0.08 – 0.12% (800 – 1200 ppm)	60 – 70	Coma, convulsiones, falla respiratoria y cardíaca.
0.19% (1900 ppm)	80	Muerte

Esta investigación se justifica tecnológicamente porque se construyó un dispositivo que permitió identificar y cuantificar la concentración del monóxido de carbono (CO) en la ciudad de Chimbote, posibilitando que más instituciones y personas interesadas puedan

disponer de un dispositivo económico para el monitoreo de la contaminación por CO del aire en la diversas zonas de la ciudad.

Se justifica socialmente debido a que en la ciudad de Chimbote, se registran vientos cuyo promedio anual con dirección predominante son hacia el Noreste, tal como se ha determinando en la investigación realizada en la Universidad San Pedro, denominada “Comportamiento de las variables Meteorológicas en el distrito de Chimbote durante el año 2016“, hace que el viento traslade los contaminates producidos por las fábricas pesqueras y el aumento del parque automotor, desconociendo el porcentaje de este contaminante; y que con el dispositivo construido se obtendrá la base de datos que permitirá conocer si el nivel de concentración de monóxido de carbono se encuentra dentro de el rango permitido, dando el soporte para la intervención de las autoridades competentes y comunidad organizada, para beneficio de todas las personas residentes o visitantes de Chimbote.

El monóxido de carbono (CO) es un gas altamente tóxico, incoloro y sin olor, que se libera como resultado de la combustión incompleta de hidrocarburos. Su densidad es aproximadamente al del aire. Ingres a la atmósfera con los gases de escape de los vehículos y se oxida rápidamente fomando dióxido de carbono. Esta sustancia constituye una especial amenaza por su amplia dispersión y su extrema toxicidad para los seres vivos. Es por eso que se debe prestar particular atención a la concentración de CO en el aire. En la actualidad en el mercado, se dispone medidores de monóxido de carbono (CO) de elevado costo, razón por la cual se dificulta realizar un registro con alta resolución del nivel de concentración del CO, es necesario que la información esté disponible para las instituciones y personas interesadas en la conservación del medio ambiente, entonces el problema es no disponer de un dispositivo de bajo costo y de fácil manipulación para medir monóxido de carbono (CO) en el aire.

Para solucionar el problema de la falta de un dispositivo con las características que pueda ponerse a disposición de las instituciones y personas interesadas en la contaminación ambiental se planteó como objetivo: Diseñar un dispositivo que mida los niveles de CO en el aire, que tenga bajo costo y fácil manipulación.



## Metodología

Es una investigación tecnológica; la medida del monóxido de carbono (CO) en el aire, se efectuó en la Urbanización Los Pinos. Se realizó en esa zona debido al desplazamiento de las masas de aire, recibe la contaminación de una de las mayores concentraciones del parque automotor de la ciudad de Chimbote como la Av. Gálvez, donde se concentra un incremento de tránsito vehicular muy denso en determinadas horas.

Se siguieron las siguientes fases:

- Se ensambló un transductor de CO de la serie MQ, que es un sensor electroquímico que varía su resistencia cuando se expone a determinados gases como el CO, comportándose como un analizador automático al aumentar la temperatura haciendo posible que el transductor pueda reaccionar a los gases.
- El proceso inicial consistió en calibrar el equipo medidor, a través de su datasheet del fabricante de dicho sensor, y obtener la fórmula para la calibración en ppm del CO.
- Se hicieron los ensayos y toma de datos comparativos a diferentes valores de ppm, obteniéndose la ecuación empírica proporcional entre los voltajes de calibración y los valores de ppm, programándose la tarjeta de control con dicha ecuación.
- Se obtuvieron lecturas diarias del analizador a intervalos de un minuto durante tres horas continuas de lunes a domingo a partir de las 12 del mediodía hasta las 3 pm, y de 6 pm hasta las 9pm.
- Finalmente se dispuso los valores de mínima y máxima concentración diaria.
- Se recopiló la información necesaria en una memoria tipo room basada en micro sd y un shield de la tarjeta de control y medición, registrar y salvar las mediciones del CO.
- Se determinó un marco de referencia y con base a normas de concentración por hora, se determinó los valores promedios de concentración por hora durante los lapsos de estudio dispuestos por el sensor programable.

## Resultados

Se construyo el equipo de medición, basándonos en el siguiente diagrama de bloques:

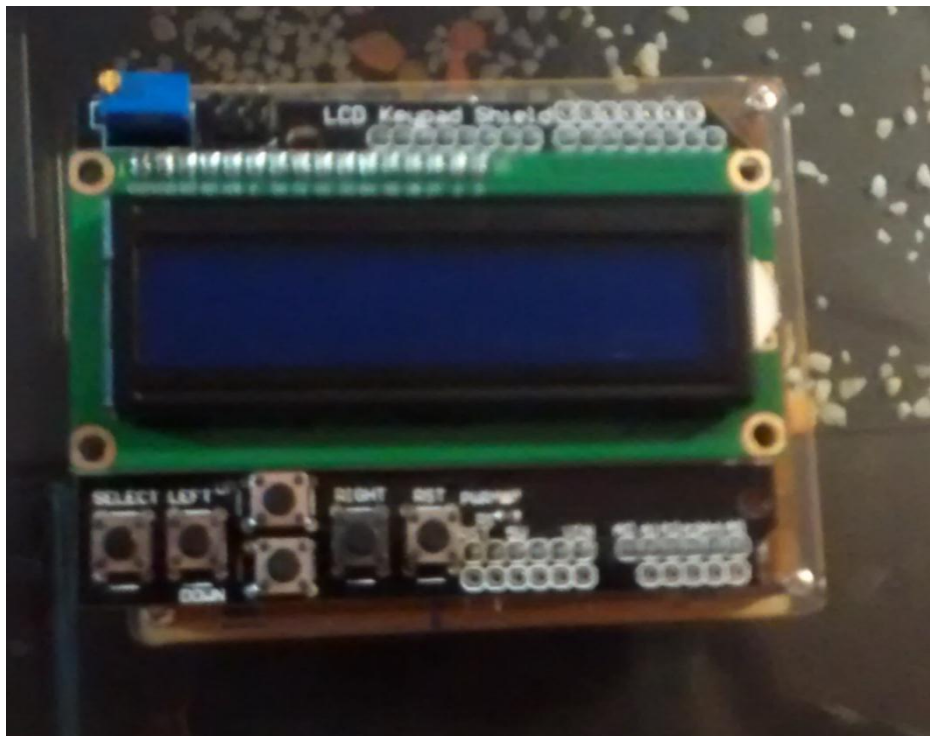
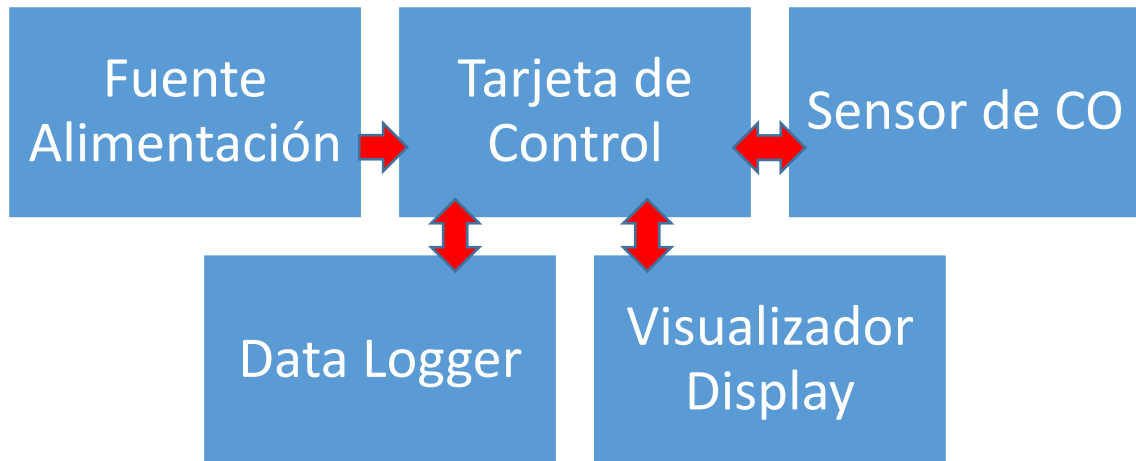


Figura 1.- Circuito con pantalla display vista frontal

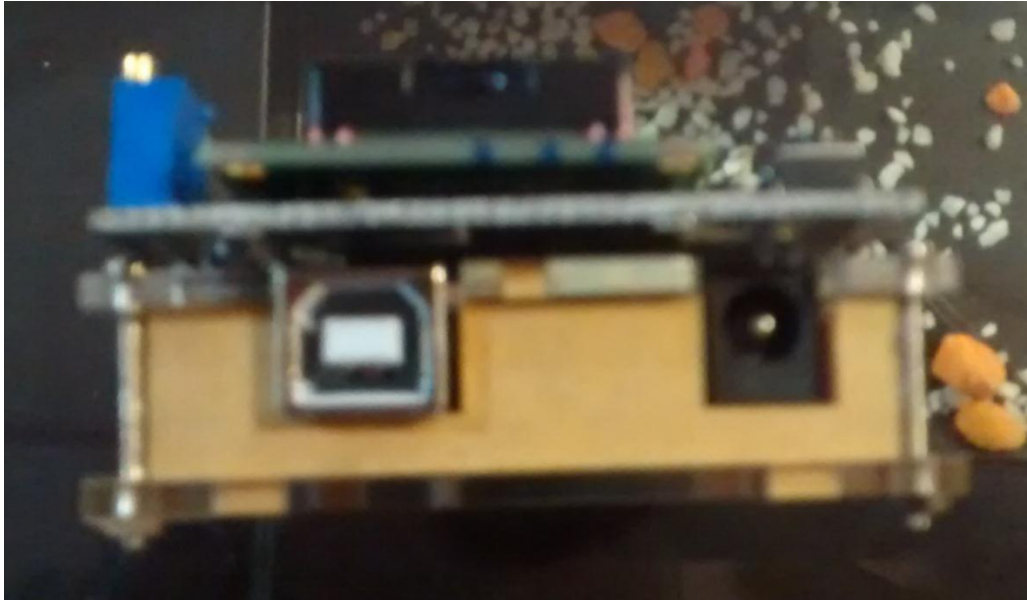


Figura 2 Circuito con pantalla display vista conexión de fuente y comunicación USB

Se obtuvieron los siguientes datos:

adc:60	voltaje:0.29	Rs:16050.00	ppm:0.0443756675ppm
adc:59	voltaje:0.29	Rs:16338.98	ppm:0.0432159185ppm
adc:59	voltaje:0.29	Rs:16338.98	ppm:0.0432159185ppm
adc:58	voltaje:0.28	Rs:16637.93	ppm:0.0420686197ppm
adc:58	voltaje:0.28	Rs:16637.93	ppm:0.0420686197ppm
adc:57	voltaje:0.28	Rs:16947.37	ppm:0.0409337806ppm
adc:57	voltaje:0.28	Rs:16947.37	ppm:0.0409337806ppm
adc:56	voltaje:0.27	Rs:17267.86	ppm:0.0398114185ppm
adc:56	voltaje:0.27	Rs:17267.86	ppm:0.0398114185ppm
adc:55	voltaje:0.27	Rs:17600.00	ppm:0.0387015867ppm
adc:55	voltaje:0.27	Rs:17600.00	ppm:0.0387015867ppm
adc:54	voltaje:0.26	Rs:17944.45	ppm:0.0376042699ppm
adc:54	voltaje:0.26	Rs:17944.45	ppm:0.0376042699ppm
adc:53	voltaje:0.26	Rs:18301.89	ppm:0.0365195631ppm
adc:53	voltaje:0.26	Rs:18301.89	ppm:0.0365195631ppm
adc:52	voltaje:0.25	Rs:18673.08	ppm:0.0354474496ppm
adc:53	voltaje:0.26	Rs:18301.89	ppm:0.0365195631ppm
adc:53	voltaje:0.26	Rs:18301.89	ppm:0.0365195631ppm
adc:54	voltaje:0.26	Rs:17944.45	ppm:0.0376042699ppm
adc:52	voltaje:0.25	Rs:18673.08	ppm:0.0354474496ppm
adc:52	voltaje:0.25	Rs:18673.08	ppm:0.0354474496ppm
adc:51	voltaje:0.25	Rs:19058.83	ppm:0.0343880033ppm
adc:52	voltaje:0.25	Rs:18673.08	ppm:0.0354474496ppm
adc:51	voltaje:0.25	Rs:19058.83	ppm:0.0343880033ppm
adc:52	voltaje:0.25	Rs:18673.08	ppm:0.0354474496ppm









adc:51	voltaje:0.25	Rs:19058.83	ppm:0.0343880033ppm
adc:51	voltaje:0.25	Rs:19058.83	ppm:0.0343880033ppm
adc:51	voltaje:0.25	Rs:19058.83	ppm:0.0343880033ppm
adc:51	voltaje:0.25	Rs:19058.83	ppm:0.0343880033ppm
adc:50	voltaje:0.24	Rs:19460.00	ppm:0.0333412146ppm
adc:51	voltaje:0.25	Rs:19058.83	ppm:0.0343880033ppm
adc:52	voltaje:0.25	Rs:18673.08	ppm:0.0354474496ppm
adc:51	voltaje:0.25	Rs:19058.83	ppm:0.0343880033ppm

### Análisis y discusión

Dado que los sensores de gases son dispositivos con alta inercia, su respuesta necesita tiempos definidos para estabilizarse tras un cambio de concentración de los gases medidos, debido a la necesidad física de que el gas abandone el material sensible, lo cual es un proceso lento.

Debido a estas condiciones de trabajo con el sensor, se ha tenido que recurrir a las tablas de información de datasheet de sensores de monóxido de carbono, como el MQ-7, obteniendo por análisis la expresión que mas se aproxime para calcular las ppm,

obteniéndose una ecuación definida como:

$$ppm = 104.5 \left( \frac{R_s}{85.8} \right)^{-1.48}$$

, donde  $R_s$ , es la resistencia medida relacionada con la resistencia del sensor y su respectiva resistencia de carga interna del sensor MQ-7.

Se observa que las mediciones dada en el 10 de noviembre del 2017, se obtuvo una medición máxima de 0.044 ppm y un mínimo de 0.034 ppm de CO en la azotea de la universidad San Pedro de Chimbote, estos datos aunque parecen un tanto inconsistentes con la idea de un aire contaminado, se puede pensar que en el aire a una altura de 10 metros aproximadamente es muy poca concentración debido a las corrientes convectivas del aire, que dispersan y desconcentran las cantidades definidas de Monóxido de Carbono. También se obtuvo una medición para dicha concentración de 16 a 19 Kilo ohmios para  $R_s$ .



## Conclusiones y Recomendaciones

Se concluye :

Que la cantidad de CO en el aire de la ciudad de Chimbote, fluctua en bajas concentraciones, indicando así el sensor de que lo más adecuado es medir la concentración de CO en determinadas regiones donde hay más afluencia de tráfico y contaminantes, en la cual el aire no juegue un papel influyente en la dispersión y desconcentración de dicha sustancia.

Que posiblemente existan otros materiales y/o sustancias que si deben estar concentrando mayores cantidades produciendo un olor desagradable o intenso sobre el aire de la ciudad de Chimbote.

Se recomienda:

Que, a pesar de que el equipo está calibrado con una fórmula potencial, de acuerdo a la información del datasheet del sensor, sería recomendable poder realizar una calibración más precisa con algún equipo profesional, la literatura de construcción de estos equipos es muy vaga o poco minuciosa, se requiere de un sobre esfuerzo para depurar muchos errores por desconocimiento de concentraciones en ppm de cada sustancia, en especial del CO.

Se determinó para un peso molecular del CO de 28,01 g/mol, el equivalente en ppm es de  $1.14 \text{ mg/m}^3$ .

Para el caso de las mediciones tomadas el valor máximo de 0.044 ppm a una presión atmosférica y una temperatura de aproximadamente  $23^\circ\text{C}$ , se obtiene para el CO, un valor de  $0.05 \text{ mg/m}^3$

Para el caso de el valor mínimo de 0.034 ppm a una presión atmosférica y una temperatura de aproximadamente  $23^\circ\text{C}$ , se obtiene para el CO, un valor de  $0.04 \text{ mg/m}^3$

## Referencias Bibliográficas

- Huaranca, S. (Mayo de 2009). Obtenido de [http://es.slideshare.net/jodecruz/pesquera-diamante-avances-en-la-industria-pesquera-para-mitigar-la-contaminacin-del-aire?next\\_slideshow=1](http://es.slideshare.net/jodecruz/pesquera-diamante-avances-en-la-industria-pesquera-para-mitigar-la-contaminacin-del-aire?next_slideshow=1)
- Hurtado Butron, F. J., Llacza Huánuco, E., Puican Farroñay, C., Barrantes Reyes, K., & Fernandez Andrade, A. (2016). Análisis de las variables Metereológicas en el distrito de Chimbote durante el año 2016. *Conocimiento para el desarrollo*.
- Instrumento de medición de carbono para uso residencial. (s.f.). *Visión Electrónica*.
- MINAM del Perú. (04 de Agosto de 2010). Obtenido de [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/rm\\_133-2010-minam.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/rm_133-2010-minam.pdf)
- Olaya Reyes, G. (s.f.). Obtenido de <file:///C:/Users/HOME/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaContaminacionPorMonoxidoDeCarbonoEnB-4902527.pdf>
- Preiado, F., & Correa, W. (2010). *Industria pesquera tasa: Medidas de control para mitigar las emisiones*.
- Ruiz Caicedo, J. A., Másmela Vergara, N. E., & Ramirez Moreno, C. A. (s.f.). Obtenido de <http://comunidad.udistrital.edu.co/jruiz/files/2013/05/Proyecto-formato-revista-cientifica.pdf>