

RESEARCH / INVESTIGACIÓN

# Medición de los niveles de contaminación de CO y CO<sub>2</sub>, a través de un sistema electrónico basado en PLC's, para el monitoreo de la calidad del aire en la Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues

## Pollution levels measurement associated to CO and CO<sub>2</sub>, through an electronic PLC's based system for monitoring of air quality in Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues

Juan Carlos Ortega Castro<sup>1</sup>, Rafael García Abad<sup>2</sup>

**Resumen:** El calentamiento global y la contaminación del medio ambiente son factores determinantes en la calidad de vida de la población. Es por esto que la constante búsqueda de sistemas que permitan mejorar dichas condiciones dan sustento al desarrollo de aplicaciones y herramientas de monitoreo y automatización, las cuales brindan información relevante sobre las variables asociadas a la metrología y que pueden servir de soporte en la toma de decisiones por parte de entes de control en carácter de gestión ambiental.

El presente artículo detalla el proceso de concepción de un sistema de monitoreo y control de la calidad del aire y la presencia de CO y CO<sub>2</sub>, que el parque automotor de la Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues, vierte en el ambiente, mediante el uso de sensores, telecomunicaciones y PLC's. Los cuales brindan datos que luego de ser procesados diagnostican las condiciones actuales de la calidad de aire en el sector en donde se encuentran emplazadas las instalaciones de la Institución.

**Palabras clave:** Contaminación ambiental, CO, CO<sub>2</sub>, humedad, temperatura, presión atmosférica, PLC's, sensores, comunicación.

**Abstract:** Global warming and pollution associated to the environment are determinant factors in the quality of life in a population. Therefore the constant search of systems that allow the improvement of such conditions show the path to develop new applications, monitoring and automation tools that provide relevant information about the variables related to metrology and that would help in the decision making process by the control institutions in the environmental management.

The following article details the conception process for a monitoring system that controls the air quality and the presence of CO and CO<sub>2</sub>, that the automotive universe in Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues pours in the environment, through the use of sensors, telecommunications and PLC's. The ones mentioned before provide data that after being processed diagnose the current conditions of air quality in the area where the system is located inside the facilities of the institution mentioned previously.

**Keywords:** Pollution, CO, CO<sub>2</sub>, humidity, temperature, atmospheric pressure, PLC's, sensors, communication.

(Presentado: Noviembre 14, 2014. Aceptado: Diciembre 10, 2014)

<sup>1</sup> Director carrera de Ingeniería Electrónica, Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues, Ecuador.

Av. Francisco Carrasco 3-13 y General Vintimilla, Azogues, Ecuador. Teléfono: 59372244284 – 593983343242. jcortegac@ucacue.edu.ec

<sup>2</sup> Director carrera de Ingeniería de Sistemas, Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues, Ecuador. regarciaa@ucacue.edu.ec

## INTRODUCCIÓN

Diversos estudios realizados en función del mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones denotan que los factores asociados a la contaminación ambiental producida por el hombre son cada vez más influyentes, tanto a nivel de ecosistemas como en el bienestar de las personas. Es así que “los efectos en la salud humana se deben a la preferencia que presenta la hemoglobina para unirse con el CO y transportarlo frente al O<sub>2</sub>, reduciendo con ello el transporte de O<sub>2</sub> a los órganos corporales. La afección, como en otras fuentes contaminantes, es mayor en la población con enfermedades cardiovasculares”<sup>3</sup>.

Así como también “las emisiones de CO<sub>2</sub> atribuibles al sector de la energía y el transporte, son uno de los principales factores responsables de la generación de gases de efecto invernadero (los países industrializados contribuyen a una emisión, aproximadamente, igual al 80% del total). El sector de la energía y el transporte, junto con el sector de gestión de residuos, representa el mayor foco de atención de las autoridades locales”<sup>4</sup>.

Lo expuesto anteriormente ha generado una preocupación constante en los entes de control de diferentes países y regiones del mundo, lo que ha dado origen a que se realicen estudios asociados con el monitoreo de la calidad del aire en los centros urbanos con concentración poblacional y de parque automotor.

Las condiciones medioambientales y el deterioro de la calidad del aire vienen siendo una preocupación constante para los gobiernos de cada nación primermundista, o para aquellos en vías de desarrollo. En el Ecuador, el Ministerio del Ambiente ha propuesto un Plan Nacional de la Calidad del Aire, el cual responde a los siguientes objetivos:

“Desarrollar una línea base de la gestión del recurso aire en el Ecuador, que permita estructurar los lineamientos del Plan Nacional de la calidad del aire.

Implementar el Plan Nacional de la calidad del aire sobre la base de las políticas y que traduzca las estrategias en acciones definidas para los diferentes aspectos de la gestión del recurso aire.

Definir las acciones, metas, objetivos e indicadores sobre la base de la situación de análisis y evaluación de necesidades, tomando en cuenta la situación local o nacional.

Mantener las concentraciones promedio anuales de contaminantes del aire bajo los estándares permisibles al año 2013”<sup>5</sup>.

De tal forma que al ser el manejo del recurso aire una competencia que también involucra a los gobiernos autónomos descentralizados, se pueden analizar políticas adoptadas en municipios, como el de la ciudad de Cuenca, el cual a través del proyecto “Calidad del Aire en Cuenca, Ecuador”, ha definido la necesidad de “generar una base de datos que aporte información (pública) suficiente para la realización de estudios encaminados a la formulación de estándares de calidad del aire, estudios epidemiológicos, entre otros”<sup>6</sup>, los cuales servirán para definir los estándares necesarios para la regulación de la calidad del aire en dicha ciudad.

Asimismo, por medio de dicha infraestructura de datos se puede “dotar información base a una serie de tomadores de decisiones en el ámbito público: planificación territorial, regulación del tránsito y transporte, entre otros”<sup>7</sup>.

Según datos del Ministerio del Ambiente “en el país se cuenta con pocas investigaciones sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas, estos temas no han sido incluidos en los programas de desarrollo urbano y no se han llevado a cabo estudios epidemiológicos relacionados con la contaminación del aire”<sup>8</sup>, motivo por el cual la relevancia de la implementación de un sistema de medición de la calidad del

<sup>3</sup> Consejería del Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (2009), *Calidad del Aire y Niveles de Contaminación*, pág. 75.

<sup>4</sup> Observatorio del Medio Ambiente Urbano (OMAU) (2009), *Emisiones de CO<sub>2</sub> y Cambio Climático*, pág. 85.

<sup>5</sup> Ministerio del Ambiente (2010): *Plan Nacional de la Calidad del Aire*, pág. 1.

<sup>6</sup> Municipio de Cuenca (2007): *Calidad del aire en Cuenca, Ecuador*, pág. 26.

<sup>7</sup> Ídem.

<sup>8</sup> Op. Cit., Ministerio del Ambiente.

aire se encuentra avalada por su importancia según la planificación nacional en materia de medioambiente.

En la actualidad en la ciudad de Azogues no existe ningún sistema de gestión que permita medir y controlar la contaminación emitida por diferentes gases.

Factores como el calentamiento global y el efecto invernadero, entre otros, impulsan la tarea de buscar alternativas que permitan mejorar la calidad de vida de la sociedad en general.

Es así que dentro de la Facultad de Ingeniería Electrónica, de la Unidad Académica de Ingeniería de Sistemas, Eléctrica y Electrónica, de la Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues, se desarrolla la propuesta de un sistema que permita medir diferentes tipos de gases contaminantes, así como también la humedad, temperatura y presión atmosférica, en tiempo real, mediante el uso de sensores de tipo industrial específicos para cada una de las variables consideradas, conectados todos mediante interfaces a un PLC de la gama Siemens, el mismo que permite el registro de la información, su programación; y la muestra a través de un sistema de comunicación GSM en la pantalla de un servidor conectado en el centro de cómputo de la Institución, desde donde se puede realizar el monitoreo de las diferentes consideraciones del sistema meteorológico diseñado.

De esta manera, una vez que se puede medir y conocer las variables para las que el sistema se encuentra elaborado, se pueden tomar decisiones a tiempo, gestionar políticas de normativa ambiental, que permitan primero controlar la emanación de contaminantes en el campus Universitario para luego poder trasladarlo a diferentes puntos de la ciudad y observar su comportamiento.

El Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono son gases altamente contaminantes si su exposición no es medida y controlada, pudiendo causar incluso la muerte en ambientes en los que su ostentación sobrepase límites ante los cuales los seres humanos los pueden soportar con diferentes síntomas, que difieren de la estructura de cada uno de los gases en mención y su influencia en las personas.

Gestionar estas emanaciones resulta complicado si no se cuenta con los equipos necesarios, los mismos que deben ser precisos en su medición, razón por la cual el uso de tecnología de punta permite determinar con exactitud el grado de contaminación de los mismos y permite tomar decisiones a tiempo mediante el desarrollo de un sistema que muestre los indicadores parametrizados y su desempeño real durante todo el periodo de tiempo en los que son monitoreados.

## METODOLOGÍA

El presente trabajo basa su ejecución mediante el uso de una metodología lógico y empírica, permitiendo primero analizar, deducir y escoger los medios indicados para llegar a la ejecución del sistema para la medición de gases contaminantes (CO y CO<sub>2</sub>), así como también humedad, temperatura y presión atmosférica, mientras que los otros utilizan la observación y experiencia como principio fundamental para conocer el punto de partida para la utilización de los recursos necesarios en el desarrollo del diseño y funcionamiento del sistema.

Mediante una metodología inductiva se utiliza la información obtenida de las encuestas realizadas para conocer cuán importante es el control de la contaminación de gases como CO y CO<sub>2</sub> en ambientes ante los cuales se encuentran expuestos.

El uso de un método de campo permite conocer completamente el problema a ser tratado para luego proponer una solución, ya que como herramientas de apoyo para la consolidación de este artículo científico se utilizaron diferentes instrumentos de recolección de información, siendo el más utilizado la encuesta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concepción del sistema para la medición de las variables de CO, CO<sub>2</sub>, humedad, temperatura y presión atmosférica, parte de la investigación y el estudio de los sensores adecuados para la implementación y conexión del mismo, sirviendo de base el conocimiento de que los equipos a ser utilizados deben ser de orden industrial y resistentes a superficies y ambientes hostiles. Así como también del adecuado sistema y moni-

toreo mediante el uso de un autómata programable o una plataforma para desarrollo de sistemas de automatización y control.

Para ello, se elaboró la etapa de diseño y construcción del sistema de la siguiente manera:

Se escogió el sensor transmisor para medición climática, CO y CO2 Swisensor con display, con las siguientes características técnicas:

- Rango: 0 – 100ppm (partes por millón).  
0 – 200ppm.
- Pre: 30ppm.
- Interfaz: 2x análogo 4 a 20mA.
- Alimentación: 24Vdc.

Para la medición de humedad y temperatura, se utilizó como opción más adecuada para la implementación el Sensor KOBOLD, modelo AFH-G, con las siguientes especificaciones:

- Humedad rango de medición: 0-100% RH (Humedad Relativa).
- Temperatura rango de medición: +5 a +80° C.
- Grado de protección: IP 64.
- Salida: 4 a 20mA.
- Alimentación: 24Vdc.

En lo referente a la presión atmosférica, se optó por la aplicación del sensor de indicación digital PAS, modelo PAS-AEE4S4NS0+ZUB-PAD/PAS-K, de especificaciones:

- Rango de medición: 0 a 2.5 bar.
- Tipo de medida: Presión absoluta.
- Temperatura: 80°C.
- Salida: 4 a 20mA.
- Alimentación: 24Vdc.

Una vez determinados los sensores para el sistema de medición ambiental, se configuró y escogió el tipo de controlador a utilizar o la plataforma de desarrollo del diseño, el mismo que se seleccionó en base a criterios de operatividad, durabilidad, adaptación al medio, costos, mantenimiento e infraestructura de comunicación. La opción ideal en base al estudio fue la de la utilización de un PLC (Programador Lógico Controlable) de la marca SIEMENS, de la gama STEP7-1200.

Este autómata programable brinda las bondades de contar con paquetes completos de software, que permiten desarrollar una aplicación bajo su plataforma fácil de manejar, el hardware y software de este dispositivo se resumen mediante las siguientes características técnicas:

- CPU 1214C DC/DC/DC.
- Alimentación 24VDC.
- 14 DI (entradas digitales) a 24 VDC.
- 10 DO (salidas digitales) a 24VDC.
- 2 AI (entradas analógicas) para voltaje.
- Memoria 50KB.
- Puerto de comunicación Profinet / Industrial Ethernet RJ45 10/100Mbps.
- SM1231 Módulo de señal de 4 entradas.
- CP1242-7 Modem GSM/GPRS Quadband para SIMATIC S7-1200.
- Antena ANT 794-4MR GSM (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles) Quadband.
- Software Telecontrol Server Basic.
- Software de Telecontrol y Teleservicio para SIMATIC S7.
- Licencia para 8 estaciones remotas.
- Panel táctil TP700 Comfort 7" color.

#### Paquete de entrenamiento que incluye:

- 1 x Panel táctil TP700 Comfort Panel 7" alta resolución.
- 1 x TIA PORTAL WinCC Runtime Advanced (128 Power Tags).
- 1 x TIA PORTAL WinCC Recipes RT Advanced.
- 1 x TIA PORTAL WinCC Logging RT Advanced.
- 1 x TIA PORTAL WinCC Sm@rtServer para RT Advanced.
- 1 x TIA PORTAL WinCC Sm@rtServer para SIMATIC Panel.
- Fuente de alimentación 24 VDC LOGO! Power.
- Breaker de protección 5SX DE 2 A. 1 POLO.

Una vez adquiridos los equipos y materiales necesarios para desarrollar el sistema electrónico mediante la conexión y programación del mismo, es necesario conocer que la antena escogida se determinó en base a su adaptabilidad para la instalación a la intemperie, y que el software de teleservicio investigado permite acceder a PLCs SIMATIC S7 mediante una red GSM/GPRS y llevar la información a un sistema SCADA para monitorear/controlar remotamente variables de proceso o para programación y diagnóstico remoto.

Se desarrolló entonces la aplicación en: WinCC Runtime Advanced (128 Power Tags), WinCC Recipes RT Advanced y WinCC Logging RT Advanced, que incluyó la configuración de la comunicación GSM, y la programación para la visualización en tiempo real, archivado en formato CSV (Valores Separados por Comas), mismos que se reflejarán en las gráficas del documento, y en curvas de datos de: temperatura, humedad, presión atmosférica, CO y CO2.

Una vez culminada la etapa de desarrollo de software en WinCC para PLC´s Siemens S7, se procedió a conectar los sensores que, como se detalla en el presente documento, las interfaces para la conexión entre éstos y el autómatas son bastantes sencillos, en función de la cantidad de entradas y salidas analógicas y digitales del PLC y la "inteligencia" de los sensores a ser conectados, semejándose mucho a un sistema plug and play (conectar y utilizar).

En el servidor se ejecutó de manera conjunta con el administrador de la red de la Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues, la habilitación del puerto de comunicación correspondiente para poder configurarlo con una dirección IP estática, la misma que se carga de igual manera en el dispositivo de comunicación GSM del PLC para que exista la conectividad entre los mismos, gracias al chip con paquete de datos que se ubica en el módem del autómatas.

Una vez probado el sistema y encontrándose operativo, se pasó a la construcción de la caja protectora, en virtud de que el diseño es para mediciones a la intemperie de las diferentes variables a ser contempladas.

La información necesaria para poder tomar decisiones sobre los resultados de la contaminación de CO y CO2, y el comportamiento de la humedad, temperatura y presión atmosférica; se entregan en el sistema desarrollado con herramientas para desarrollo de software en aplicaciones industriales, que permite enviar datos en tiempo real hacia un servidor que los muestra en la pantalla del administrador del proceso.

La siguiente figura muestra el formato CSV y la forma en la cual se encuentran muestreados los datos de la variable CO que se está midiendo, permitiendo mediante esta estructura conocer los valores de la misma en tiempo real y poderla comparar con los parámetros mínimos que por norma se deben cumplir.

Figura 1.

	A	B	C	D	E	F
1	VarName,"TimeString","VarValue","Validity","Time_ms"					
2	rs1\sensores\CO,"11/06/2012 15:41:52",6,944445E-02,1,41071654075,8218					
3	rs1\sensores\CO,"11/06/2012 15:42:52",7,175926E-02,1,41071654772,2569					
4	rs1\sensores\CO,"11/06/2012 15:43:53",7,407407E-02,1,41071655469,0278					

Fuente: El presente artículo.

Con una analogía al párrafo anterior, la siguiente figura muestra la forma en la cual se encuentran muestreados los datos de la variable CO2 que se está midiendo, permitiendo mediante esta estructura conocer los valores de la misma en tiempo real y poder compararla con los parámetros mínimos que por norma se deben cumplir:

Figura 2.

	A	B	C	D	E	F
1	VarName,"TimeString","VarValue","Validity","Time_ms"					
2	rs1\sensores\CO2,"11/06/2012 15:41:52",565,6105,1,41071654075,8218					
3	rs1\sensores\CO2,"11/06/2012 15:42:52",563,7297,1,41071654772,2569					
4	rs1\sensores\CO2,"11/06/2012 15:43:53",561,7766,1,41071655469,0278					

Fuente: El presente artículo.

Una vez que los datos son muestreados en los puntos en donde se instalan los equipos, estos datos se envían hacia una central, en donde se genera una base de datos, que no es más que un software creado mediante tablas, gráficas y estadísticas para saber cuál es el comportamiento de los gases en cada uno de los puntos de instalación.

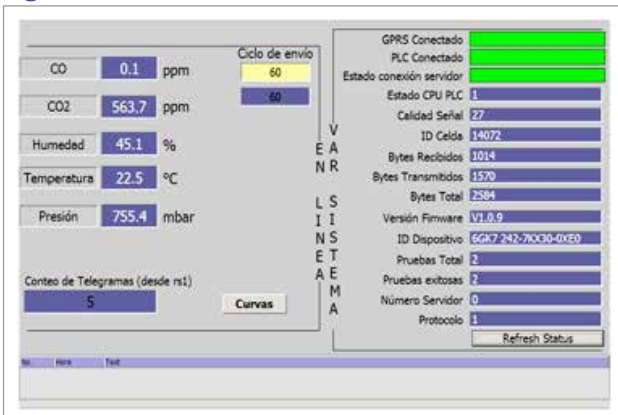
En la base de datos en mención se recoge toda la información enviada por el PLC, con su conexión hacia los sensores, en forma de cadenas de texto, para que los administradores del sistema puedan emitir los reportes correspondientes y enviarlos a las autoridades para la toma de decisiones.

La gráfica siguiente muestra los valores de cada una de las variables medidas en el sistema, mediante la programación bajo



WinCC en el PLC, mostrándose en la pantalla del administrador el correcto funcionamiento de los dispositivos con luces indicadoras, su respectivo ciclo de envío de datos y el cambio en cada uno de ellos, facilitando además la elaboración de los informes correspondientes, permitiendo de esta manera mejorar la calidad de vida de la población, que en su fundamento es el objetivo principal del presente artículo científico.

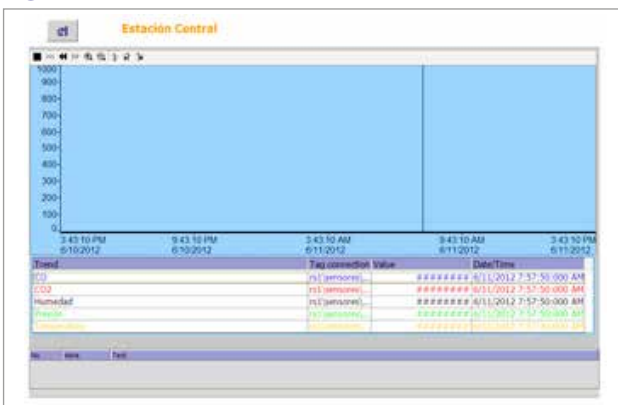
Figura 3.



Fuente: El presente artículo.

Una vez que se tienen los valores de las variables de humedad, temperatura, presión atmosférica, monóxido y dióxido de carbono, se puede también obtener las curvas de cada una de éstas, para que se puedan emitir valoraciones con respecto a la funcionalidad del sistema y a las diferentes opciones de muestreo de datos para la toma de decisiones, que fundamentalmente van en función de la reducción en la contaminación ambiental y el cuidado del ecosistema. Lo que se puede observar en la figura siguiente:

Figura 4.



Fuente: El presente artículo.

La grafica a continuación muestra el esquema de conexión de los dispositivos y equipos de medición utilizados en el sistema, donde se puede observar los diferentes tipos de sensores utilizados: humedad, temperatura, presión atmosférica, CO y CO2; así como también la interfaz de comunicación con el PLC, donde una vez programados todos los factores que se desean sean muestreados y monitoreados, mediante módems de comunicaciones, se envían las cadenas de texto a través de la antena conectada en el sistema hacia el servidor ubicado en el centro de cómputo de la Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues, donde el administrador del sistema observa el comportamiento ambiental del sector donde se encuentra emplazado el equipo y emite los informes pertinentes para la toma de decisiones por parte de las autoridades encargadas.

Figura 5.



Fuente: El presente artículo.

Como etapa final en el proceso de puesta en marcha del equipo y sistema para controlar la contaminación causada por los gases como CO y CO2, y el monitoreo

de otras variables como humedad, temperatura y presión atmosférica; se construye una carcasa resistente que va a servir de protección a los dispositivos para que sean ubicados a la intemperie en cualquier lugar que se desee monitorear.

**Figura 6.**



*Fuente: El presente artículo.*

Todas y cada una de las variables consideradas en el presente trabajo, que deben ser monitoreadas, se encuentran enviando sus valores de manera correcta, los interfaces y la infraestructura de comunicación utilizada funcionan confiablemente, los datos enviados y recibidos son altamente fiables en función de la calidad de los sensores utilizados y de los autómatas que controlan el sistema, la visión proyectada en esta investigación es la de generar una central meteorológica con diferentes equipos de metrología que permitan controlar muchas más variables de gases contaminantes y diferentes factores que intervienen en este tipo de estudios relacionados con la calidad de vida de la población.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez alcanzadas las metas en función del cumplimiento de la presente investigación en pro de mejorar la calidad de vida de la población de la ciudad de Azogues, mediante un proyecto de monitoreo de contaminación ambiental, que nace en la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues,

con la visión de que sea aplicado a nivel local, se concluye: El sistema de medición de los niveles y la presencia de gases contaminantes como CO y CO<sub>2</sub>, así como de otras variables a regular, no implica solamente un desarrollo tecnológico para la Unidad Académica en la que se realiza, sino que además muestra un alto impacto social, porque el objetivo del proyecto es el de mejorar la salud de la población tomando decisiones de manera acertada, al conocer el comportamiento ambiental de estos factores en los puntos donde son monitoreados.

Es necesario conocer las normas de contaminación de gases y partículas para poder desarrollar el sistema de manera confiable, ya que los sensores y los equipos que se utilizan miden con exactitud su comportamiento, permitiendo obtener datos seguros en tiempo real, sabiendo que mediante esta aplicación se puede prevenir y evitar problemas de salud a futuro en la población y en el cuidado del medio ambiente.

El análisis de las variables asociadas al proyecto debe ser manejado mediante sensores de respuesta rápida, industriales, con alta precisión, para que los datos sean conocidos durante todo el proceso de monitoreo, así como el autómata debe brindar todas las facilidades y recursos de programación y uso de puertos de entrada y salida de datos, tanto analógicos como digitales, para poder ejecutar las opciones planteadas de manera correcta con interfaces de comunicación estandarizados, evitando problemas de conectividad para el administrador del sistema.

Es necesario el uso de instrumentos de recolección de información para determinar si es o no importante el control de factores contaminantes y variables asociadas con el medio ambiente, obteniendo así los resultados que demuestren la viabilidad del proyecto y el grado de aceptación en el nicho estudiado.

Luego de realizar el estudio del comportamiento de las diferentes variables del sistema y obteniendo resultados determinantes, se recomienda:

A las Carteras de Estado, de manera fundamental al Ministerio de Ambiente, difundir las normas sobre contaminación ambiental y los parámetros a tener en consideración sobre el cuidado del ecosistema; una población informada es capaz de reaccionar a tiempo y controlar las conductas nocivas que se producen en contra del mundo en que vivimos.

A las autoridades de la Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues, apoyar y solventar proyectos de desarrollo científico y tecnológico de carácter social, donde participen docentes y estudiantes, con el fin de fortalecer su imagen institucional y la calidad de su educación.

A los docentes de la Unidad Académica de Ingeniería de Sistemas, Eléctrica y Electrónica, generar proyectos que permitan su crecimiento profesional, aportando con producción científica en base a investigación y aplicación de tecnología.

A los estudiantes de la Institución de Educación Superior, la necesidad de que se identifiquen más con su casa de estudios superiores y en concreto con su Unidad Académica para así poder desarrollar aplicaciones que mejoren la imagen institucional y su proyección en el ámbito local, regional y nacional.

**BIBLIOGRAFÍA**

Álvares, T. (1997). Contaminantes atmosféricos y vías respiratorias, Hispanoamericana. La Habana - Cuba.

Creus, A. (2010). Instrumentación industrial, Marcombo. Madrid, España.

Desmon, C. (2004). Project management for telecommunications managers, Kluwer Academic Publishers. Massachusetts, EE.UU.

Junestrand, S., Passaret, X. & Vásquez, D. (2004). Domótica y hogar digital, Thomson Paraninfo. Madrid, España.

Mandado, E. & Mandado, Y. (2007). Sistemas electrónicos digitales, Marcombo. Madrid, España.

Marcelo, J. (2008). Guía de bolsillo de la domótica, Marcombo. Madrid, España.

Ministerio del Ambiente. (2010). Plan Nacional de la Calidad del Aire, de: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

Municipio de Cuenca. (2007). Calidad del aire en Cuenca, Ecuador.

Norma ecuatoriana de la calidad del aire ambiente. (2003). Texto unificado de la legislación ambiental secundaria, Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador.

Robles, T & Luna, R. (1999). Elaboración de indicadores para proyectos ambientales, PROARCA/CAPAS. Madrid, España.