

DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN EXTRACTOR DE C02

CATALINA RAMÍREZ GUTIÉRREZ

CC: 1112780082

CRISTIAN CAMILO CARDENAS FLOREZ

CC: 1053831798

JUAN CAMILO ROBLEDO RAMÍREZ

CC:1094932367

Universidad Tecnológica de Pereira

Facultad de Tecnologías

Ingeniería Mecatrónica por Ciclos propedéuticos

Pereira

2015

DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN EXTRACTOR DE
CO₂

CATALINA RAMÍREZ GUTIÉRREZ

CC: 1112780082

CRISTIAN CAMILO CARDENAS FLOREZ

CC: 1053831798

JUAN CAMILO ROBLEDO RAMÍREZ

CC:1094932367

Director:

CRISTHIAN DANIEL MOLINA MACHADO

Universidad Tecnológica de Pereira

Facultad de Tecnologías

Ingeniería Mecatrónica por Ciclos propedéuticos

Pereira

2015

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Contenido

| | |
|--|-----------|
| Resumen..... | 1 |
| Introducción..... | 2 |
| Objetivos..... | 3 |
| Capítulo I Fundamentos Teóricos..... | 3 |
| 1.1 Fundamentos Teóricos..... | 3 |
| 1.2 Marco Teórico Conceptual..... | 6 |
| 1.2.1 Gases Provenientes de los automóviles..... | 6 |
| 1.2.2 Sensor..... | 8 |
| 1.2.3 Arduino..... | 8 |
| 1.2.3 Extractor de Aire..... | 9 |
| Capítulo II. Componentes..... | 9 |
| Capítulo III Análisis de Costos..... | 18 |
| Capítulo IV. Maqueta..... | 20 |
| Capítulo V. Programación y simulación | 22 |
| 5.1 Programación..... | 22 |
| 5.2 Simulación..... | 24 |
| Capítulo VI Construcción del Circuito Y Resultados..... | 26 |
| Conclusiones y Recomendaciones..... | 29 |
| Bibliografía..... | 30 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Semanas Trabajadas en un Mes..... | 18 |
| Tabla 2. Horas Trabajadas en un Mes..... | 18 |
| Tabla 3. Precio Hora Trabajada..... | 18 |
| Tabla 4. Costos de los Trabajadores..... | 18 |
| Tabla 5. Lista de costos de Elementos..... | 19 |
| Tabla 6. Costos totales..... | 19 |

Lista de Figuras

| | |
|------------------------------------|----|
| Figura 1. Sensor MQ-9..... | 9 |
| Figura 2. Arduino UNO..... | 10 |
| Figura 3. Extractor de Aire..... | 10 |
| Figura 4. Maqueta..... | 11 |
| Figura 5. Baquelita Perforada..... | 11 |
| Figura 6. Cables..... | 12 |
| Figura 7. Contactor..... | 13 |
| Figura 8. Relé..... | 13 |
| Figura 9. Resistencias..... | 14 |
| Figura 10. Kit de Soldadura..... | 14 |
| Figura 11. Acrilico..... | 15 |
| Figura 12. Taladro..... | 15 |
| Figura 13. Diodo Zener..... | 16 |
| Figura 14. Diodo Rectificador..... | 16 |

| | |
|---|----|
| Figura 15. Condensador..... | 17 |
| Figura 16. Proceso de Construcción de la Maqueta..... | 20 |
| Figura 17. Cubículo Sellado..... | 21 |
| Figura 18. Montaje del Extractor..... | 21 |
| Figura 19. Maqueta Ensamblada..... | 22 |
| Figura 20 Interfaz Arduino..... | 23 |
| Figura 21 Programa. | 24 |
| Figura 22. Circuito en Proteus..... | 25 |
| Figura 23. Circuito Proteus en funcionamiento..... | 26 |
| Figura 24. Pruebas con el Arduino. | 27 |
| Figura 25. Sensor Y Extractor en Funcionamiento..... | 28 |
| Figura 26. Comportamiento del sensor..... | 28 |
| Figura 27. Sistema Ensamblado..... | 29 |
| Figura 28. Generación de Humo..... | 30 |
| Figura 29. Calibración del Sensor | 30 |
| Figura 30. Sistema en Funcionamiento..... | 31 |

RESUMEN

En este proyecto se realiza el diseño y posterior simulación de un extractor de humo que permite identificar una cantidad específica de CO₂, que es el gas que expulsan los automóviles, esta idea surge por la necesidad de los parqueaderos en su mayoría subterráneas de evacuar dicho gas ya que su acumulación es perjudicial para la salud.

Los sistemas de extracción de humo ya existen, pero en su mayoría son sistemas tipo ON/OFF manuales, la finalidad del proyecto es diseñar un sistema de control que identifique CO₂ (Dióxido de Carbono) y dependiendo de la cantidad en un determinado lugar se encienda o se apague automáticamente ayudando así a evitar un alto consumo de energía y asegurando una evacuación del humo total para que no sea perjudicial para las personas.

Se realiza la simulación de dicho proyecto construyendo una maqueta en donde se verá un parqueadero a escala con la implementación del sistema de control utilizando sensores para la detección del CO₂ y un controlador que procesará la información y detectará en que área hay una acumulación suficiente para encender los extractores.

INTRODUCCIÓN

En los parqueaderos de los centros comerciales existen los extractores de humo para evacuar el dióxido de carbono que los automóviles inducen y que se acumula con el transitar continuo de los mismos. Dichos extractores funcionan con un sistema on/off.

Estos sistemas presenta el problema de un gran consumo de energía, porque la cantidad de dióxido de carbono que se encuentra en el aire no está controlado, es decir, que los extractores están encendidos la mayor parte del tiempo, a veces sin necesidad, si en un sector del parqueadero hay acumulación de dióxido de carbono y en el otro no, los extractores no poseen un mecanismo que les permita detectar la zona y encenderse solo en la zona contaminada, están encendidos todo el tiempo provocando un gasto innecesario de energía.

De igual forma no se puede identificar en que sector hay mayor acumulación de este gas, por esta razón se implementan sensores que detectaran la zona expuesta al CO₂-

Otro problema es la generación de contaminantes, el Dióxido de Carbono que expelen los automóviles que transitan continuamente por los parqueaderos de los centros comerciales, que en la mayoría de los casos son edificaciones subterráneas en las que el aire no circula libremente, se convierten en un riesgo físico inminente para la salud de las personas, por la acumulación del gas y la posterior inhalación de todos los que circulan continuamente por allí.

Otra dificultad que presenta dicho sistema es el desgaste de piezas debido al uso prolongado del dispositivo.

La solución para dicho problema es diseñar un sistema de control que permita automatizar el proceso de extracción de humo de los parqueaderos de los centros comerciales

Este problema se pretende solucionar diseñando el sistema de control de un extractor que permita identificar un porcentaje de CO₂ suficiente para encender automáticamente los extractores y así evitar un alto consumo de energía, y se apague automáticamente una vez se haya evacuado el gas.

También se ubicarán sensores de humo de forma estratégica, en diferentes zonas del parqueaderos, garantizando que solo se enciendan los extractores de las

zonas donde se requieran, si en algún momento tienen que encender todos los extractores se garantizará un sistema de protección de sobre carga eléctrica el cual hará que enciendan uno por uno en intervalos de 30 segundos.

El objetivo del proyecto es diseñar y simular un sistema de control que automatice los extractores de CO₂ y permita extraer la emisión de gases (Dióxido de carbono) que emiten los carros en los parqueaderos de los centros comerciales y para llevar a cabo dicho objetivo se determinarán los sensores a utilizar, así como el diseño de controlador y se llevará a cabo su respectiva simulación.

CAPITULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

“Un sistema de extracción de humo es un conjunto de dispositivos conectados entre sí con el fin de activarse automáticamente ante una alta concentración de monóxido, dióxido y otros componentes en el ambiente y lograr la extracción mecánica del aire contaminado con el gas a fin de que éste sea renovado mediante el ingreso natural de aire limpio desde el exterior de la edificación”.¹

Las sustancias que contaminan el aire en los parqueaderos son emitidas por los vehículos automotores, es por ello que se decide diseñar un sistema de control que automatice los extractores y permita extraer la emisión de gases (Dióxido de carbono) que emiten los carros en los parqueaderos de los centros comerciales.

“La energía química contenida en los carburantes para automóviles se libera a través de un proceso de combustión, de la gasolina en los motores de encendido por chispa (ciclo Otto) y del gasóleo en los motores de encendido por compresión (ciclo Diesel), empleándose en ambos casos el oxígeno del aire como comburente.

Los motores de gasolina emiten Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂), Aldehídos, Formaldehído, Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Dióxido de Azufre (SO₂) y otros.

La incorporación de convertidores catalíticos a los actuales modelos de automóviles, está modificando la concentración de los gases de escape procedente de los vehículos, por tal razón, se ha venido trabajando en una cierta actualización, sobre todo en lo que se refiere a las cantidades volumétricas de emisión, ya que éstas tienden a disminuir en función de los nuevos y mejorados modelos de motores, así como debido a una actualización del parque automotriz.²⁶

El CO es un gas imperceptible, sin olor ni sabor, cuyo efecto sobre las personas, aspirado en cantidades importantes, es la reducción progresiva de la capacidad de transporte de oxígeno por la sangre, pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar la muerte. Sin embargo, los efectos por intoxicación son totalmente reversibles y sin secuelas, y la exposición breve a concentraciones elevadas de CO no representa riesgo alguno y puede tolerarse.

El peso específico del CO es 0,967 – 0,968 con respecto al aire, por lo que su tendencia es acumularse en las partes altas de un recinto cerrado, como es el caso de un estacionamiento subterráneo.

La concentración máxima de CO admitida en los estacionamientos de USA y de la Comunidad Europea es de 50 ppm (a excepción de Alemania que lo ha rebajado a 30ppm)

Este valor límite se corresponde con la concentración media ponderada, para una jornada laboral de 8 horas y una semana laboral de 40 horas, siendo internacionalmente conocido como TLV – TWA (ThersholdLimitValues – Time WeightedAverage) ”²

Existe también otro valor límite, TLV – STEL (Short TermExposureLimit), que indica la concentración a la que puede estar expuesta una persona durante un corto espacio de tiempo sin sufrir irritación, daños crónicos o narcosis. Este valor es de 400 ppm, sin embargo, el dato que usualmente se maneja es que, para estancias inferiores a una hora, la concentración de CO puede alcanzar un valor aceptable de 125 ppm.

Se hace importante determinar los efectos para la salud no solo del personal que labora en los parqueaderos de los Centros Comerciales, sino también de los usuarios que regularmente los frecuentan por trabajo. ”³

“El CO envenena principalmente al adherirse estrechamente a la hemoglobina en la sangre (formando carboxihemoglobina), reemplazando el oxígeno y reduciendo la capacidad de la sangre de transportar oxígeno. El CO también puede envenenar al unirse a tejidos y células del cuerpo humano e interferir con sus funciones normales. Las personas con enfermedades pre-existentes del corazón corren un riesgo más elevado. En el caso de las mujeres embarazadas, los bebés por nacer también corren un gran riesgo, especialmente cuando las madres están expuestas a niveles elevados de CO. A veces es difícil reconocer las señales tempranas de envenenamiento con CO debido a que los síntomas tempranos de la exposición al CO (dolores de cabeza, mareos y náusea) no son específicos y pueden ser tomados equivocadamente como síntomas de otras enfermedades como resfriados, la gripe o envenenamiento con alimentos. La confusión y la debilidad pueden inhibir la capacidad de una persona de escapar de una situación de peligro. ”³

Tres factores ejercen influencia sobre la severidad de los síntomas de la exposición al CO: (1) la concentración de CO en el ambiente; (2) la duración de la exposición, y (3) la carga de trabajo y frecuencia respiratoria. En general, suponiendo que los usuarios de los equipos con motor de gasolina estén ocupados al menos en un nivel moderado de actividad, la exposición a concentraciones de CO de 80 a 100 partes por millón (ppm)

Nota: 1 ppm = 1,250 mg/m³ (0°C, 1 at.); 1ppm = 1,145 mg/m³ (25°C, 1 at.)

durante un período de tiempo de 1 a 2 horas puede resultar en tolerancia disminuida al ejercicio y, en las personas que corren riesgo, puede resultar en dolor de pecho y causar latidos cardíacos irregulares [EPA 1991a]. Entre los síntomas asociados con concentraciones de exposición al CO de 100 a 200 ppm están el dolor de cabeza, náuseas y deficiencia mental. Otros efectos sobre el sistema nervioso central más graves, el coma y la muerte, están asociados con concentraciones de exposición al CO de 700 ppm o más altas durante una hora o más [Ilano and Raffin 1990; Forbes et al. 1945]. Entre los síntomas de los efectos sobre el sistema nervioso central están tambalearse, confusión, cambios en la personalidad y dolores musculares. Estos síntomas pueden seguir presentándose varios días y hasta varias semanas después de terminar la exposición y la recuperación aparente de la persona envenenada. Las víctimas de envenenamiento con CO deben ser retiradas inmediatamente del sitio de la exposición y se les debe dar a inhalar 100% de oxígeno. Las cámaras hiperbáricas proveen oxígeno bajo presión y a veces son necesarias en caso de envenenamiento grave con CO.”³

1.2 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

1.2.1 Gases provenientes de los automóviles:

“Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna, a ellos corresponde más de un 80 % de la totalidad de la energía producida en el mundo.”⁴

Los automóviles en su gran mayoría funcionan con motores de combustión interna ya sea tipo diésel o tipo otto, el principio de funcionamiento de estos motores es recibir una mezcla de un hidrocarburo con oxígeno, lo lleva al cilindro donde se comprime y se genera una explosión, en dicha explosión es imposible quemar todos los gases que se encuentran en aquel momento como lo son nitrógeno, oxígeno, agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxido nítrico, dióxido de azufre, plomo, hidrocarburos y partículas de hollín. ”³

- **Nitrógeno (N₂)**

“Es un gas no combustible, incoloro e inodoro. El nitrógeno es un componente elemental de nuestro aire respiratorio (78 % nitrógeno, 21 % oxígeno, 1 % otros gases) y se alimenta al proceso de la combustión conjuntamente con el aire de admisión. La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape; sólo una pequeña parte se combina con el oxígeno O₂ (óxidos nítricos NO_x).¹¹

- **Oxígeno (O₂)**

Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es el componente más importante de nuestro aire respiratorio (21 %). Se aspira a través del filtro de aire, igual que el nitrógeno.¹¹

- **Agua (H₂O)**

Es aspirada por el motor en forma de humedad del ambiente o se puede producir con motivo de la combustión fría o calentamiento del motor. Es un subproducto de la combustión y es expulsado por el sistema de escape del vehículo, se lo puede visualizar sobre todo en los días más fríos, como un humo blanco que sale por el escape, o en el caso de condensarse a lo largo del tubo, se produce un goteo. Es un componente inofensivo de los gases de escape.¹¹

- **Dióxido de carbono (CO₂)**

Es un gas incoloro, no combustible. Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono (p. ej. gasolina, gasoil). El carbono se combina durante esa operación con el oxígeno aspirado.

Las discusiones generales en torno a las alteraciones climatológicas (efecto “invernadero”), el tema de las emisiones de CO₂ se ha hecho consciente en la opinión pública. El dióxido de carbono CO₂ reduce el estrato de la atmósfera terrestre que suele servir de protección contra la penetración de los rayos UV (la tierra se calienta).¹¹

- **Monóxido de carbono (CO)**

Se produce con motivo de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos. Es mortal, incluso en una baja concentración en el aire respiratorio. En una concentración normal en el aire ambiental se oxida al corto tiempo, formando dióxido de carbono CO₂.¹¹

- **Óxidos nítricos (NOx)**

Son combinaciones de nitrógeno N₂ y oxígeno O₂ (p. ej. NO, NO₂, N₂O,...). Los óxidos de nitrógeno se producen al existir una alta presión, alta temperatura y exceso de oxígeno durante la combustión en el motor. Ciertos óxidos nítricos son nocivos para la salud. Las medidas destinadas a reducir el consumo de combustible suelen conducir lamentablemente a un ascenso de las concentraciones de óxidos nítricos en los gases de escape, porque una combustión más eficaz produce temperaturas más altas. Estas altas temperaturas generan a su vez una mayor emisión de óxidos nítricos.¹¹

- **Dióxido de azufre (SO₂)**

El dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso propicia las enfermedades de las vías respiratorias, pero interviene sólo en una medida muy reducida en los gases de escape. Es un gas incoloro, de olor penetrante, no combustible. Si se reduce el contenido de azufre en el combustible es posible disminuir las emisiones de dióxido de azufre”.¹¹

- **Hidrocarburos**

“Son restos no quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta. La mala combustión puede ser debido a la falta de oxígeno durante la combustión (mezcla rica) o también por una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre), por lo que es conveniente ajustar la riqueza de la mezcla. Los hidrocarburos HC se manifiestan en diferentes combinaciones (p. ej. C₆H₆, C₈H₁₈) y actúan de diverso modo en el organismo. Algunos de ellos irritan los órganos sensoriales, mientras que otros son cancerígenos (p. ej. el benceno).¹⁴

- **Las partículas de hollín MP**

Son generadas en su mayor parte por los motores diesel, se presentan en forma de hollín o cenizas. Los efectos que ejercen sobre el organismo humano todavía no están aclarados por completo”.¹⁴

1.2.2 Sensor.

“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, movimiento.”⁵

En este caso se utilizará un sensor de CO₂, sensor de gas está diseñado para permitir a un microcontrolador o Arduino poder determinar cuándo un nivel preestablecido de Dióxido de Carbono ha sido alcanzado o excedido. La interconexión con el modulo del sensor se realiza mediante un conector con un numero de pines SIP y requiere dos pines I/O del microcontrolador. El modulo sensor esta principalmente destinado a proporcionar un medio de comparación de fuentes de dióxido de carbono y ser capaz de establecer un límite de alarma cuando la fuente se hace excesiva.

1.2.3 Arduino

“Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios”⁴

1.2.4 Extractor de Aire

“Un extractor de aire es un aparato mecánico utilizado principalmente para la sustitución de una porción de aire, que se considera indeseable, por otra que aporta una mejora tanto en pureza, como de temperatura, humedad, etc”. ¹⁸

CAPITULO II. COMPONENTES UTILIZADOS

- **Sensor MQ 9**

“Es un sensor de Monóxido de Carbono (CO) y de gas inflamable, que tiene como objetivo las concentraciones en el aire de dichos gases. El MQ-9 puede detectar concentraciones de CO de 10 a 10000 ppm (partes por millón) y de 100 a 10000 ppm de gas combustible”³⁷

Este sensor tiene una alta sensibilidad y un tiempo de respuesta rápido. La salida del sensor es una resistencia analógica. El circuito de interfaz es muy simple, todo lo que se necesita hacer es alimentarlo con 5V, añadir una resistencia de carga y conectar la salida al convertidor analógico – digital”⁵.

Especificaciones:

Alimentación 5V DC ó AC

Temperatura de funcionamiento: -10 a 50 °C

Consumo de potencia: menos de 750 Mw



Figura 1: Sensor MQ 9³⁷

- **Arduino UNO**

“Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios que en el caso del proyecto será el controlador.”³⁸



Figura 2: Arduino uno³⁸

- **Extractor de Aire**

“Un extractor de aire es un aparato mecánico utilizado principalmente para la sustitución de una porción de aire, que se considera indeseable”³⁵. En el caso del proyecto se utilizará para la extracción de CO₂ del parqueadero.



Figura 3: Extractor de aire³⁵

- **Maqueta**

Elemento utilizado para la simulación del extractor de CO2.



Figura 4: Construcción de la maqueta, Autor.

- **Baqelita.**

Elemento utilizado para la realización del circuito

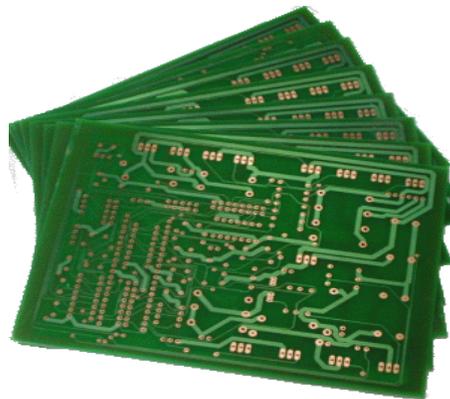


Figura 5: Baquelita Perforada.¹⁰

- **Cables**

Se llama cable a un conductor (generalmente cobre) o conjunto de ellos generalmente recubierto de un material aislante o protector.



Figura 6: Cables Utilizados Para el Proyecto.⁶

- **Contactador**

“Se define como un dispositivo mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga”.¹⁰



Figura 7: Contactor ¹⁰

- **Relé**

“Es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes”. ¹⁰



Figura 8: Relé ¹⁰.

- **Resistencias**

Se le denomina resistencia eléctrica a la igualdad de oposición que tienen los electrones al moverse a través de un conductor.



Figura 9: Resistencias.⁶

- **Soldadura**

Un soldador eléctrico o de estaño es una herramienta eléctrica usada para soldar. Funciona convirtiendo la energía eléctrica en calor, que a su vez provoca la fusión del material utilizado en la soldadura, como por ejemplo el estaño.



Figura 10: KIT de Soldadura.⁷

- **Acrílico**

El Acrílico es el polímero de metil metacrilato, PMMA, Es un Termoplástico rígido excepcionalmente transparente.

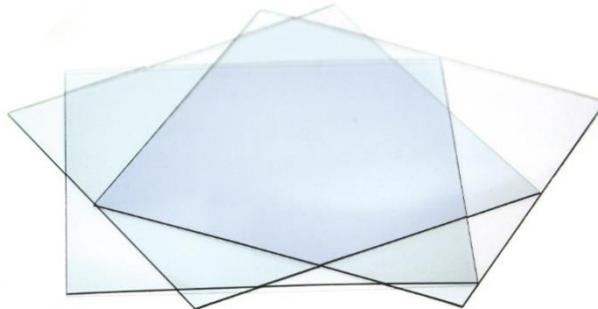


Figura 11. Acrílico ⁴³

- **Taladro**

Elemento para perforar o realizar agujeros.



Figura 12. Taladro.⁷

- **Diodos**

Para este proyecto Utilizados en la etapa de rectificación y regulación de la señal.



Figura 13. Diodo Zener ¹⁰



Figura 14. Diodo Rectificador ¹⁰

- **Capacitor**

Un condensador eléctrico o capacitor es un dispositivo pasivo, utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico. Que para el caso del proyecto se utilizara en la etapa de filtrado de la señal.



Figura 15. Capacitor ¹⁰

CAPITULO III. ANÁLISIS DE COSTOS

| Cantidad de Semanas Trabajadas en un mes | |
|--|-------------|
| 30 dias /7 dias | 4,285714286 |

Tabla 1. Semanas que se trabajan en un mes

| Cantidad de horas Trabajadas en un mes | |
|--|-------------|
| 4,29 Semanas *48 Horas | 205,7142857 |

Tabla 2. Horas Trabajadas en un mes

| Precio Promedio hora, Técnico Profesional | |
|---|----------------|
| 1128000 al mes / 205,7 al mes | \$ 3971,527778 |

Tabla 3. Precio Hora Trabajada.

| Costos en Términos de Horas Trabajadas | | | |
|--|--------------------|-----------------|----------------|
| Recurso Humano | Trabajo a Realizar | Tiempo Estimado | Salario / Hora |
| 1 | Programación | 75 | 297864,5833 |
| 2 | Operativo | 75 | 297864,5833 |
| 3 | Operativo | 75 | 297864,5833 |
| Total | | | \$893.593,75 |

Tabla 4. Costos de los trabajadores.

| Costos en Elementos Requeridos | | | |
|--------------------------------|-------------------|-----------------|--------------|
| Cantidad | Dispositivo | Precio Unitario | Precio Total |
| 3 | Sensor MQ-9 | \$12.000 | \$36.000 |
| 1 | Arduino UNO | \$27.000 | \$27.000 |
| 3 | Extractores | \$5.000 | \$15.000 |
| 1 | Baquela Perforada | \$10.000 | \$10.000 |
| 1 | Contactador | \$20.000 | \$20.000 |
| 1 | Computador | \$1.200.000 | \$1.200.000 |
| 1 | Cautín | \$30.000 | \$30.000 |

| | | | |
|----|-----------------------|-----------|-------------|
| 10 | Resistencias | \$100 | \$1.000 |
| 1 | Capacitor | \$ 200 | \$ 200 |
| | Diodos | \$ 500 | \$ 500 |
| | Cables | \$5.000 | \$5.000 |
| | Pomada Para Soldadura | \$5.000 | \$5.000 |
| | Quemada de Baquela | \$10.000 | \$10.000 |
| | Acrílico | \$90.000 | \$90.000 |
| | Mangueras | \$5.000 | \$5.000 |
| | Taladro | \$200.000 | \$200.000 |
| | Adornos | \$20.000 | \$20.000 |
| | Soldadura | \$3.000 | \$3.000 |
| | Total | | \$1.677.700 |

Tabla 5. Lista de costos de elementos Utilizados

| Costos Totales | |
|--|-----------------------|
| Costos en Términos de Horas Trabajadas | \$893.593,75 |
| Costos en Elementos Requeridos | \$1.677.700 |
| Total | \$2.572.293,75 |

Tabla 6. Costo total del Proyecto

En este capítulo se describe por medio de tablas, los costos del proyecto comenzando por consultar y calcular el precio de las horas trabajadas de acuerdo al título profesional, posteriormente se realiza una lista con los componentes utilizados para el diseño y simulación del proyecto y su respectivo precio, el costo de las licencias de los programas que se utilizaron para el diseño no se anexaron ya que el programa de mecatrónica las posee, y por último se realiza los costos totales del proyecto dando como resultado que el proyecto de diseño y simulación del sistema de control de un extractor de CO2 cuesta aproximadamente \$2.572.293,75

CAPITULO IV. MAQUETA

1. Se cortaron las bases de acrílico para construir el cubículo. Simulando dos zonas de un parqueadero independientes.



Figura 16. Materiales de construcción. autor

2. Se adhieren las bases de acrílico con cloruro de metileno.



Figura 17. Cubículo sellado. autor

3. Se realizan los orificios en la estructura de la maqueta para ubicar los elementos tales como: sensor de humo y ductos de ventilación.



Figura 18. Montaje del Extractor, Autor

4. Al realizarse las perforaciones, se procede a instalar los elementos de extracción y retroalimentación para sistema de control.



Figura 19. Maqueta ensamblada. Autor

CAPITULO V. PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN

5.1 PROGRAMACIÓN

1. Se inició un proceso de selección de elementos, que permiten censar la cantidad de humo presente dentro de la zona a controlar.
2. Se investigó acerca del lenguaje de programación para la plataforma Arduino, las especificaciones técnicas y parámetros de programación del sensor MQ-9.
3. Ya con la teoría clara se comenzó el proceso de programación y su posterior simulación.

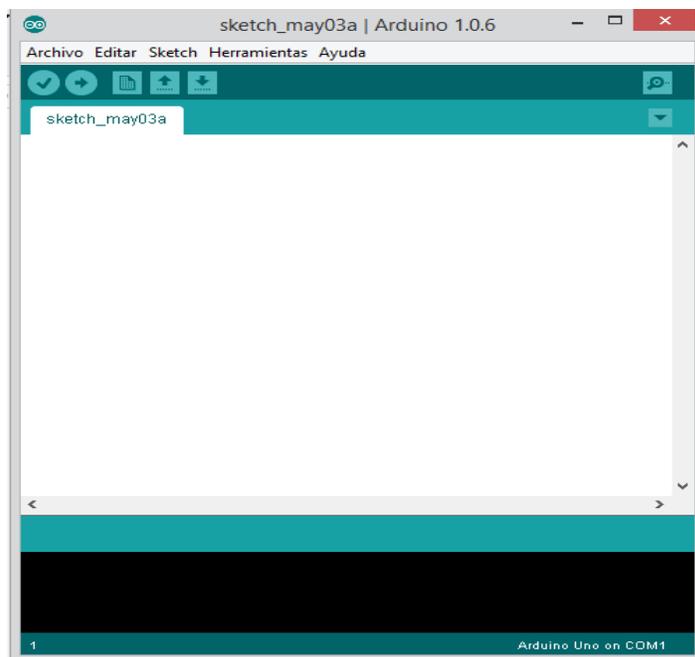
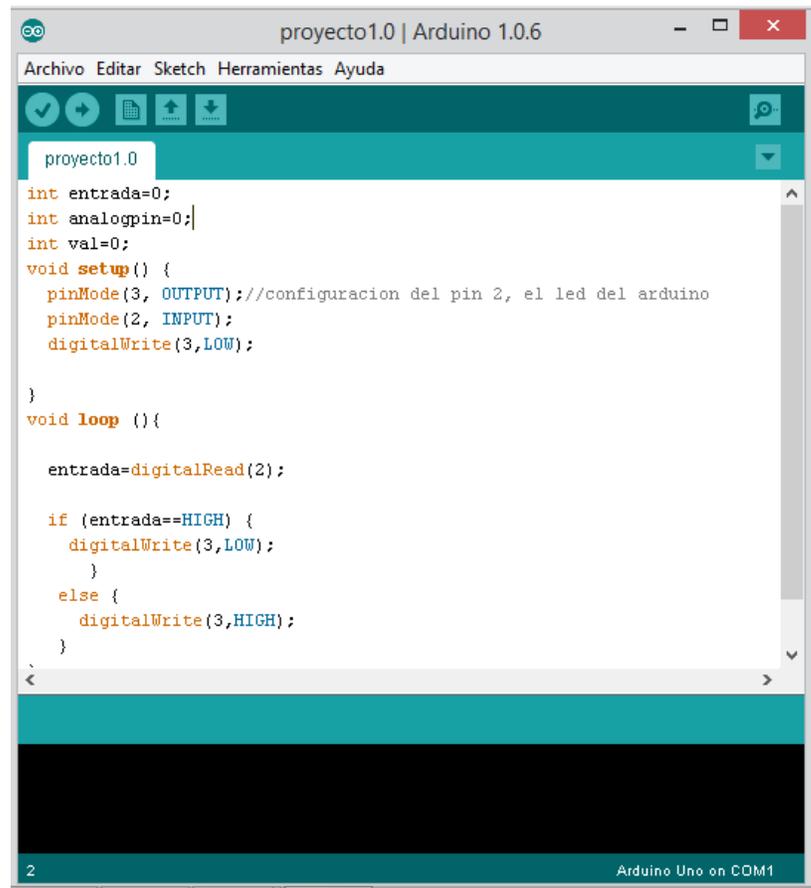


Figura 20. Interfaz Arduino. Autor

En la figura 20. Se observa la interfaz en donde se desarrolla la programación del Arduino.

4. Posteriormente se realiza la lógica de programación, con la cual el sensor capte niveles de CO2, y posteriormente active el extractor para la evacuación de dicho gas.



```
int entrada=0;
int analogpin=0;
int val=0;
void setup() {
  pinMode(3, OUTPUT); //configuracion del pin 2, el led del arduino
  pinMode(2, INPUT);
  digitalWrite(3,LOW);
}
void loop () {
  entrada=digitalRead(2);

  if (entrada==HIGH) {
    digitalWrite(3,LOW);
  }
  else {
    digitalWrite(3,HIGH);
  }
}
```

Figura 21. Código de Control del Programa. Autor

En la figura 21, Observamos el programa utilizado para la realización del proyecto, en este programa se aprecia en primera instancia la declaración de las variables globales que se van a utilizar, posteriormente se definen los pines a conectar de tal manera que se obtengan dos salidas digitales para los extractores y dos como entradas digitales de los sensores.

El programa principal tiene un ciclo infinito el cual evalúa las entradas del sistema, en el instante que capte un uno lógico proveniente de la señal de sensor, es decir, reconocimiento de humo en la zona, para así encender el extractor.

5.2 SIMULACIÓN

El circuito que se diseñó para la simulación del funcionamiento proyecto es el siguiente:

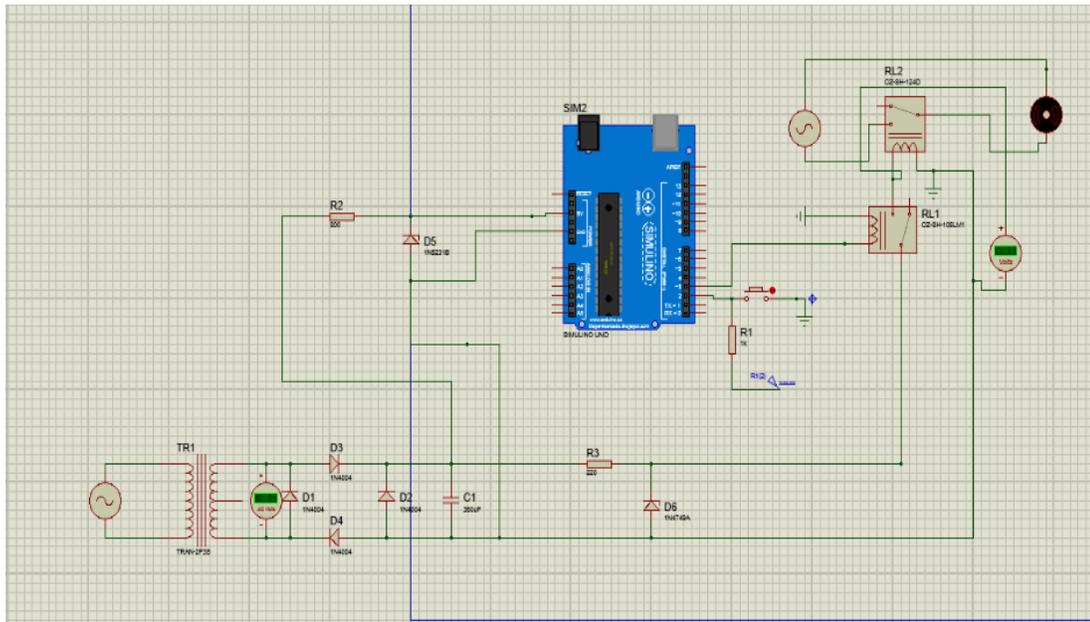


Figura 22. Circuito en Proteus. Autor

En la figura anterior se visualiza el diagrama eléctrico, con el cual se implementó el proyecto, donde se parte de 120 volts AC que se filtra y rectifica, y pasa a una etapa de transformación para obtener 5 volts DC, energizando así el Arduino y los sensores, la salida del Arduino excitará la bobina de 5 Volts DC de un relevo que permitirá el paso de 24 Volts DC para la activación del contactor cerrando el circuito de alimentación de los extractores (voltajes: 110 V, 220 V, 440).

CAPITULO VI. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO

1. Se realizaron pruebas de funcionamiento con el fin de corregir los fallos en la programación del sistema, para la calibración de los sensores y parámetros que se necesitan para acoplar el circuito a la estructura de la maqueta asegurando una correcta simulación.

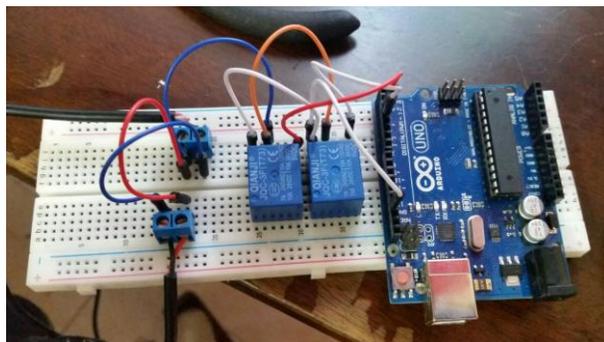


Figura 24. Pruebas con el Arduino. Autor

En la figura 24, se observa la implementación física del diagrama eléctrico simulado anteriormente donde se aprecia la conexión de los relevos quienes activaran los extractores de acuerdo a la orden enviada por el arduino teniendo en cuenta su lógica de control.

2. Posteriormente se realizan las conexiones para comprobar el correcto funcionamiento del sensor, Arduino y los extractores, es decir, se verifican las conexiones para garantizar que los extractores obedezcan a la señal enviada por los sensores a través del algoritmo implementado. (Figura 25)

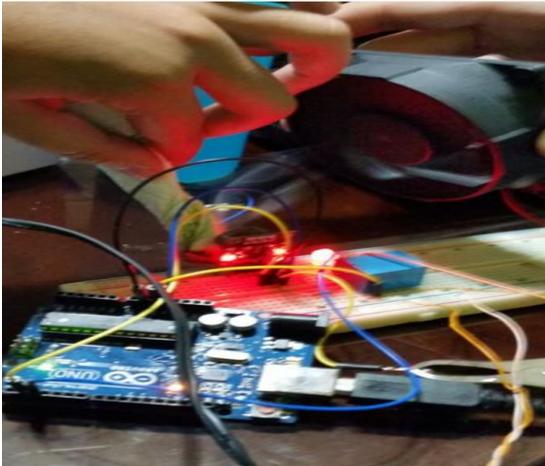


Figura 25. Sensor Y Extractor en Funcionamiento. Autor

En la figura 25, se genera humo por medio de una servilleta, con el fin de excitar el sensor y así comprobar como el flujo de gas es extraído por el ventilador, igualmente se comprueba cómo funciona la lógica programada.

3. Para Observar el comportamiento de la señal del sensor, se utilizó un osciloscopio.



Figura 26. Comportamiento del Sensor. Autor

En la figura 26, se aprecia la señal cuadrada arrojada por el sensor cuando está en funcionamiento, ya que la señal es digital, es decir, entrega 1 lógico cuando el sensor está activado, que representa la parte alta de la onda, lo que implica la presencia de gas, y un 0 lógico cuando no hay dicho gas.

4. Luego de comprobar el correcto funcionamiento del sistema, rectificando que los extractores funcionen en el momento que los sensores envíen una señal positiva, se procede a terminar la construcción de la maqueta.(Figura 27)

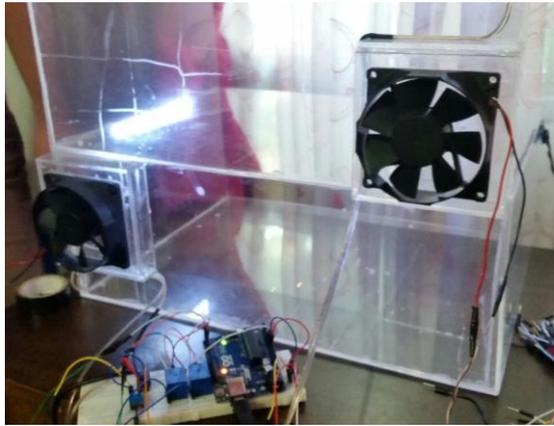


Figura 27. Sistema ensamblado. Autor

5. Con la maqueta ensamblada se procedió a generar humo, para comprobar el comportamiento del sistema en un ambiente sellado, ya que el flujo del gas se comporta de forma diferente a uno abierto. (Figura 28).



Figura 28. Generación de Humo. Autor

6. Luego de ubicar cada uno de los sensores se realizó el proceso de calibración para establecer el punto de encendido de la moto ventiladores, según la cantidad de humo presente dentro del área, para la realización de este proceso se varia la resistencia que posee el sensor. A pesar de no contar con elementos para la medición de las partículas por millón presentes dentro de la maqueta, se recurrió a la calibración del sensor de manera visual. (Figura 29)



Figura 29. Calibración del Sensor. Autor

En la figura anterior se aprecia el sensor MQ-9, que posee dos testigos luminosos, uno para denotar la presencia de voltaje y el otro se enciende cuando percibe la cantidad de gas anteriormente calibrada, también se observa la resistencia variable que permite dicha calibración.

7. Para concluir se pone en marcha todo el sistema. (Figura 30).



Figura 30. Sistema en funcionamiento. Autor

En la figura 30, se visualiza como la capa de humo es absorbida por el extractor el cual es activado por el sistema de control, el cual se apagará cuando no haya presencia del gas.

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

1. Teniendo en cuenta que es un circuito desarrollado para encendido automático al momento de la detección de CO₂, se recomienda ser implementado en grandes estacionamientos no solo de centros comerciales sino también en edificios residenciales y demás sitios, los cuales cuentan con grandes parqueaderos bajo techo o subterráneos, para que así el sistema sea instalado correctamente y funcione sin ningún tipo de falsas alarmas o activación de zonas sin necesidad, disminuyendo así el consumo de energía.
2. Igualmente se recomienda distribuir los sensores de manera que forme zonificaciones las cuales cubran gran parte o totalmente el área de parqueo o diferentes casos varias zonificaciones por piso.
3. Se recomienda al usuario realizar mantenimientos preventivos periódicamente a los sensores y extractores para evitar algún tipo de fallo en el sistema y así garantizar el buen funcionamiento y la vida útil del mismo.
4. Concluyendo que es un sistema de lazo cerrado y aunque sea un sistema automático es muy necesario la presencia de un supervisor no por tiempo completo, pero si en diversos horarios para que verifique el correcto funcionamiento del controlador o en su defecto una alarma programada que me reporte si existe algún daño en el sistema o activación de zona, no necesariamente debe ser una sirena, pero si una señal visual que indique que es lo que está sucediendo.
5. De igual manera la posibilidad de disminuir en gran parte la contaminación producida por los vehículos es alta, pero para esto es necesario implementar a escala real el proceso y así poder estudiar cómo va evolucionando el sistema y que resultados positivos podemos encontrar.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Sistema de Extracción de Monóxido de Carbono, Sunfire S.A.S, http://www.grupo3s.pe/sistema_de_extraccion_de_monoxido_de_carbono.php

[2] Análisis Lógico en Ventilación de Estacionamientos para Vehículos, SENA (Ingeniería Limitada) <http://www.senaingenieria.cl/estacionamientos.html>

[3] Prevención de envenenamiento con monóxido de carbono producido por herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina, Publicaciones de NIOSH, http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-118_sp/

[4] Diseño y elaboración de la guía para sistemas digitales con arduino <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4342/1/6213822A388.pdf>

[5] Practicas con arduino, <http://books.google.es/books?id=OVffZiA9xjgC&printsec=frontcover&dq=arduino&hl=es&sa=X&ei=-KtXVN7jFYOfgwS9x4LYDQ&ved=0CGIQ6AEwBw#v=onepage&q=arduino&f=false>

[6] Instalaciones eléctricas de baja tensión, <http://books.google.es/books?id=wFijjMc1-H4C&pg=PA90&dq=extractor+de+humo&hl=es&sa=X&ei=8qxXVJu1A8angwSD-oHwAw&ved=0CDwQ6AEwAQ#v=onepage&q=extractor%20de%20humo&f=false>

[7] Seguridad en el entorno físico, <http://books.google.es/books?id=AlnTAAwAAQBAJ&pg=PA42&dq=extractor+de+humo&hl=es&sa=X&ei=8qxXVJu1A8angwSD-oHwAw&ved=0CG0Q6AEwCQ#v=onepage&q=extractor%20de%20humo&f=false>

[8] Microcontroladores, <http://books.google.es/books?id=ODenKGOHMRkC&printsec=frontcover&dq=microcontroladores&hl=es&sa=X&ei=Q69XVLJuiZqDBL3Qg7AM&sqi=2&ved=0CCAQ6AEwAA#v=onepage&q=microcontroladores&f=false>

[9] Sistemas electrónicos digitales, <http://books.google.es/books?id=V7JpKkZaEYMC&pg=PA649&dq=microcontroladores&hl=es&sa=X&ei=Q69XVLJuiZqDBL3Qg7AM&sqi=2&ved=0CEsQ6AEwCA#v=onepage&q=microcontroladores&f=false>

[10]Electronica y dispositivos electrónicos <http://books.google.es/books?id=KtjS-Sapb6wC&printsec=frontcover&dq=electronica&hl=es&sa=X&ei=ra9XVPahJIOegwSSo4SwCg&ved=0CCwQ6AEwAg#v=onepage&q=electronica&f=false>

[11]Introducción a la química ambiental <http://books.google.es/books?id=5NR8DIk1n68C&pg=PA43&dq=dioxido+de+carbono&hl=es&sa=X&ei=4LBXVJfPJ8igNpmSgZgO&ved=0CCwQ6AEwAg#v=onepage&q=dioxido%20de%20carbono&f=false>

[12]Análisis matricial de circuitos de corriente continua con MATLAB <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1768/1/62131912H493.pdf>

[13]Algoritmos en C++
<http://books.google.es/books?id=8OBlquzq83oC&printsec=frontcover&dq=c%2B%2B&hl=es&sa=X&ei=zLJXVO-iL8KmgwT1iYGABw&sqi=2&ved=0CCAQ6AEwAA#v=onepage&q=c%2B%2B&f=false>

[14]Contaminación ambiental,
http://books.google.es/books?id=q8lUAQAACAAJ&dq=contaminacion+ambiental&hl=es&sa=X&ei=3bNXVJ6kFYmpNrr7g_gE&ved=0CDAQ6AEwAjqU

[15]Guiapractica de sensores,
<http://books.google.es/books?id=CuoXCd6ZZqwC&pg=PA137&dq=sensores+de+gas&hl=es&sa=X&ei=y7RXVLviFoiYNpKpgvgJ&ved=0CDcQ6AEwAQ#v=onepage&q=sensores%20de%20gas&f=false>

[16]Sensores electroquímicos,
<http://books.google.es/books?id=r39got4r0UgC&pg=PA13&dq=sensores+de+gas&hl=es&sa=X&ei=y7RXVLviFoiYNpKpgvgJ&ved=0CGwQ6AEwCQ#v=onepage&q=sensores%20de%20gas&f=false>

[17]Mecatrónica control y automatización
<http://books.google.es/books?id=FCvanQEACAAJ&dq=mecatronica+control+y+automatizacion&hl=es&sa=X&ei=SLpXVN7qEleggwSd7oGgCw&ved=0CDMQ6AEwAA>

[18]Extractores para la evacuación de humos,
http://sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT03_400C_2012ES.pdf

- [19]Ashrae handbook (1991), "Enclosed vehicular facilities". HVAC Applications, cap. 13.
- [20]BRITISH STANDARD (1991) : BS 5925. Apéndice B.
- [21]Collection des guides de l'aicvf (1992): Conception et calcul des installations de ventilation. PycEdition. Paris.
- [22]Delin, J. (1991): "Adelantos en la detección de gases contaminantes". Imu N° 51, pág. 39 – 42. Junio.
- [23]Diario Oficial de las Comunidades Europeas.A. y Cluzel, D. (1979): "Ventilation des garagessouterrains". PROCLIM-E N° 5. Diciembre.
- [24]Más García, L. (1993): Calidad del aire en España. MOPTMA. Madrid.
- [25]Prasad, R. (1984): Catalyc Combustion. Ed.Catal. Rev. Sci. Eng. 26 (1) Pág 1-58.
- [26]Stanley, W. (1984): Catalysis and the automobile, 25 years later. Applied Industrial Catalysis. Ed. Academic Press Inc. Vol. 3. Cap.8.
- [27]Technical Comittee on Road Tunnels (1987): 18th World Road Congress. Report N°5 (PIARC). Brussels. Septiembre.
- [28]Technical Comittee on Road Tunnels (1991): 19th World Road Congress. Report (PIARC) Marrakech. Septiembre.
- [29]UNE 100-166-92 (1992): Climatización. Ventilación de Aparcamientos. *
- [30]Wood, D. (1991): "Road tunnelventilationdesign and application". ASHRAE Journal. Octubre.
- [31] CRISTALERÍA ESPAÑOLA S.A. (1992): Calidad del aire interior. Madrid.
- [32]Gases de escape de vehículos.Programa autodidáctico 230
<http://es.slideshare.net/estebankagelmacher/gases-y-normas>
- [33]ButekBasque open Source Ecology.
<http://burutek.org/es/arduino/>
- [34]Arquitectura interna en un microcontrolador. José Chacho. 19 de Abril de 2013.
<http://es.slideshare.net/soldadoecuadoriano/arquitectura-del-microcontrolador>
- [35]Extractor de aire.<http://www.extractoresdeairelam.com/extractor-aire>

[36]Bricotodo, Taladrar,<http://www.bricotodo.com/taladrar.htm>

[37]Sensor Mq-9,http://www.dx.com/es/p/lm393-mq-9-flammable-gas-detection-sensor-module-for-arduino-red-black-151069#.VTLzFCF_Oko

[38]Arduino Uno,
http://5hertz.com/index.php?main_page=product_info&products_id=390

[39]Electro 600 ca, <http://www.electro600.com/extractores/>

[40]Cables de fibra óptica Cables de Cobre vs. <http://contentinjection.com/wp-content/uploads/2014/04/difference-between-copper-and-fiber-optic-cable.png>

[41]Resistencias fijas de película de Carbón,<http://www.resistorinchina.es/7-3-carbon-film-fixed-resistor.html>

[42]Electrónica
Rafel,http://www.elrafel.com/tienda/index.php?page=pp_producto.php&md=0&codp=3473

[43]Cristales Ortega, <http://cristalesortega.com/policarbonato-y-acrilicos/>