



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍA APLICADA**

**TEMA
DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO DE LA
CALIDAD DEL AIRE**

**AUTOR
GUALPA MORÁN RUBÉN DARÍO**

**DIRECTORA DEL TRABAJO
ING. SIST. GARCÍA TORRES INGRID ANGÉLICA, MGTR.**

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2018

Declaración de autoría

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

Gualpa Morán Rubén Darío

C.C. 0926630286

Dedicatoria

A mis amados padres Luis Alfonso Gualpa Once y Casilda Betricia Morán Espinoza, cuyo apoyo incondicional ha representado un pilar fundamental en mi vida y que gracias a su sacrificio, esfuerzo y trabajo constante, he podido culminar con mi carrera universitaria. A mi madre quien no ha desmayado y su confianza en mí ha sido mi motor, a mi padre por ser la guía continúa en mi diario vivir.

Gracias a todos.

Agradecimiento

A mis amados padres les agradezco de todo corazón por sus palabras de aliento y sus sabios consejos, demostrándome que nada es imposible en esta vida que si se lo realiza con dedicación y empeño es posible lograrlo, gracias por guiarme por el buen camino y estar ahí cuando más los he necesito.

También un agradecimiento inmenso a mi tutora Ing. Ingrid Angélica García Torres, quien me ha acompañado durante este largo proceso de titulación, ha sido una persona que ha estado dispuesta a ayudarme con paciencia, cariño y sobre todo mano dura para seguir adelante.

Índice General

N°	Descripción	Pág.
	introducción	

Capítulo I El Problema

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del problema	2
1.2	Formulación del problema	3
1.2.1	Sistematización del problema	3
1.3	Objetivos de la investigación	3
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Justificación	4
1.5	Delimitación del problema	5
1.6	Operacionalización	5
1.7	Alcance	5

Capítulo II Marco Teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes de la investigación.	6
2.2	El aire y sus contaminantes	7
2.3	Fuentes estacionarias	8
2.3.1	Fuentes móviles	8
2.3.2	Fuentes de interiores	8
2.4	Contaminantes del aire	9
2.4.1	Clasificación por su composición química	9
2.4.2	Partículas totales en suspensión o (PTS)	10
2.4.3	Características físicas	10

2.5	Productos derivados de un proceso natural o antropogénicos	11
2.5.1	Antropogénicos	11
2.5.1.1	Polvos	11
2.5.1.2	Humo	11
2.5.2	Naturales	11
2.5.2.1	Niebla	11
2.5.3	Aerosoles	12
2.6	El sistema respiratorio y el material particulado	13
2.7	Afecciones y enfermedades	13
2.7.1	Molestias de las vías respiratorias	14
2.7.2	Infecciones respiratorias agudas	15
2.7.3	Componentes relacionados a los efectos de la exposición	15
2.7.4	Ambientales	15
2.7.5	Individuales	16
2.7.6	Sociales	16
2.8	Marco contextual	17
2.9	Marco conceptual	17
2.9.1	Arduino	17
3.0	Arduino Uno	18
3.1	Arduino Mega	18
3.1.2	Arduino Ethernet	19
3.1.3	Arduino Nano	19
3.1.4	Arduino Mini	20
3.1.5	Arduino Micro	20
3.1.6	Arduino Lilypad	21
3.1.7	Arduino Yún	21
3.1.8	Partes de Arduino Uno	28
3.2	Puerto USB	28
3.3	Fuente de alimentación	29
3.4	Botón Reset (Reseteo)	29
3.5	Microcontrolador	30
3.6	Tipos de pines	30

3.7	Sensor GP2Y10	31
3.7.1	Funcionamiento interno del sensor GP2Y10	32
3.8	Módulo LCM 1602 I2C	32
3.9	Display LCD	33
4.1	Marco Legal Ambiental	35
4.2	Ministerio del Ambiente Plan Nacional de la Calidad del Aire	36

Capítulo III

Metodología

N°	Descripción	Pág.
4.7	Procedimiento metodológico	37
4.7.1	Diseño de la investigación	37
4.7.2	Investigación documental	38
4.7.3	Características de la investigación documental	38
4.7.4	Investigación de campo	39
4.7.5	Características de la investigación de campo	39
4.7.6	Investigación experimental	39
4.7.7	Metodología descriptiva	39
4.7.8	Análisis cuantitativo	39
4.7.9	Análisis cualitativo	40
4.8	La encuesta	40
4.8.1	Población y muestra	40
4.8.2	Selección de muestra	41

Capítulo IV

Desarrollo de la Propuesta

N°	Descripción	Pág.
4.8.3	Desarrollo	52
4.8.4	Hardware	52
4.8.5	Arduino	52
4.9	Proceso de sensado	53

4.9.1	Análisis comparativo de la placa Arduino utilizada	53
4.9.2	Programación del sensor GP2Y10	55
4.9.3	Conexión del sensor GP2Y10 en la placa Arduino Uno	55
4.9.4	Programación del Display Lcd 1602	56
4.9.5	Conexión del Display Lcd 1602 en la placa Arduino Uno	56
4.9.6	Ubicación del Módulo LCM 1602 I2C	57
4.9.7	Consideraciones previas al diseño del prototipo de monitoreo de la calidad del aire	57
4.9.8	Dimensión del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire	57
4.9.9	Estructura del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire	58
5.1	Prueba de funcionamiento y resultados	59
5.1.1	Ubicación del prototipo	59
5.1.2	Alimentación del Prototipo	59
5.1.3	Prototipo en ejecución	60
5.1.4	Tabla de la calidad del aire para medir la concentración de partículas permitidas en el ambiente	60
5.1.5	Funcionamiento interno del sensor GP2Y10	61
5.1.6	Definición de cada uno de los pines	61
5.1.7	Conclusiones	62
5.1.8	Recomendaciones	63

Índice de Tablas

Nº	Descripción	Pág.
1	Operacionalización de las variables	5
2	Tipos y características de placas Arduino	22
2	Tabla comparativa a la placa Arduino Uno	41
4	Personas que conocen a pacientes con enfermedades respiratorias	42
5	Importancia de realizar un monitoreo de la calidad del aire en el hogar	43
6	Riesgo de contraer una afección debido a vivir cerca de zonas Industriales	44
7	Nivel de peligrosidad del asma	45
8	Beneficios periódicos para monitorear la calidad del aire	46
9	Existencia de alguna entidad encargada para el monitoreo de la calidad del aire	47
10	Tipos de alertas al detectar un mayor índice de concentración en el aire	48
11	Zonas influyentes que emiten mayor contaminación	49
12	Mención de algún dispositivo que monitoree la calidad del aire	50
13	Uso de un dispositivo de monitoreo de la calidad del aire	51
14	Tabla comparativa a la placa Arduino Uno	53
15	Tabla de la calidad del aire para medir la concentración de partículas permitida en el ambiente	60

Índice de Figuras

N°	Descripción	Pág.
1	Parque Industrial Inmaconsa	1
2	Arduino concepto	17
3	Arduino Uno	18
4	Arduino Mega	18
5	Arduino Ethernet	19
6	Arduino Nano	19
7	Arduino Mini	20
8	Arduino Micro	20
9	Arduino Lilypad	21
10	Arduino Yún	21
11	Partes de Arduino Uno	28
12	Puerto USB	28
13	Formas de alimentación del Arduino Uno	29
14	Botón de reseteo	29
15	Microcontrolador	30
16	Tipos de pines	30
17	Sensor GP2Y10	31
18	Densidad del polvo	31
19	Módulo LCM 1602 I2C	32
20	Display LCD I2C	32
21	Resumen ejecutivo	33
22	Diagnóstico sobre la calidad del aire en el Ecuador	34
23	Financiamiento del Plan Nacional de Calidad del Aire	35
24	Personas conocidas	42
25	Monitoreo de la calidad del aire en el hogar	43
26	Riesgo de contraer una enfermedad respiratoria	44
27	Nivel de peligrosidad del asma	45
28	Beneficio de un monitoreo periódico	46
29	Existencia de entidad encargada para el monitoreo de la calidad del aire	47
30	Detección de mayor índice de contaminación	48

N°	Descripción	Pág.
31	Zonas de alta contaminación	49
32	Mención de algún dispositivo de monitoreo de la calidad del aire	50
33	Uso de un dispositivo de monitoreo de la calidad del aire	51
34	Arduino Uno	52
35	Proceso de sensado	53
36	Entorno de programación de Arduino	54
37	Programación del sensor GP2Y10 parte 1	54
38	Programación del sensor GP2Y10 parte 2	55
39	Conexión del sensor GP2Y10	55
40	Programación del Lcd	56
41	Conexión Lcd 1602 hacia la placa Arduino	56
42	Ubicación del módulo LCM 1602 I2C hacia el Display Lcd 1620	57
43	Dimensión del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire	58
44	Estructura del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire	58
45	Ubicación del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire	59
46	Alimentación de voltaje del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire	59
47	Dispositivo de monitoreo de la calidad del aire en ejecución	60
48	Tabla de la calidad del aire	60
49	Parte interna del sensor GP2Y10	61
50	Definición de los pines del sensor GP2Y10	61

Anexos

Nº	Descripción	Pág.
1	Modelo de la encuesta realizada	65
2	Código del prototipo	66
3	Esquema interno del Sensor GP2Y10	67
4	Dimensiones del esquema	68
5	Características Electro Ópticas	69
6	Características de funcionamiento	70
7	Menciones del Sensor MP2Y10	71
8	Pruebas realizadas en el sector El Fortín	72
9	Presupuesto del prototipo	73



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIDAD DE TITULACIÓN

**"DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO DE LA CALIDAD
DEL AIRE"**

Autor: Rubén Darío Gualpa Morán

Tutora: Ing. Ingrid Angélica Garcia Torres, Mg.

Resumen

Este trabajo de titulación tiene como objetivo monitorear la calidad del aire en pacientes con enfermedades respiratorias, actualmente la Ciudad de Guayaquil no consta con un plan que regule la contaminación ambiental, y los riesgos que puedan causar a las personas en su salud, actualmente no existe financiamiento por parte del Estado ni por la Municipalidad de Guayaquil.

Para el diseño de este prototipo se implementó un sensor de partículas GP2Y10 y para mostrar su nivel de concentración se colocó un Display digital. El prototipo es de bajo costo y al alcance de las personas que desean llevar a cabo un monitoreo de la calidad del aire en sus hogares y así mejorar su calidad de vida.

También consta de varios elementos como Arduino Uno y un protoboard, su tamaño es de gran ayuda para que pueda ser movilizado de manera fácil cuando el paciente lo requiera, permitiendo de esta manera llevar a cabo el monitoreo en cualquier lugar que sea movilizado o transportado.

La facilidad de manejo del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire lo hace sumamente sencillo de usar, con tan solo conectarlo y comenzará a monitorear la concentración de partículas en el ambiente, es recomendable dejarlo monitorear por 30 minutos ya que es el estimado ideal para mostrar un resultado óptimo.

La programación del sensor GP2Y10 fue un factor determinante ya que surgieron muchas dudas en cuanto a mostrar el resultado por un LCD, sin embargo se pudo lograr establecer el funcionamiento de los dos elementos claves al momento del sensado.

Al concluir el proyecto se demostrará por medio del prototipo la actividad por la cual fue elaborado.

Palabras claves: Sensor, Dispositivo, Partícula, Aire, Contaminación



Universidad de Guayaquil

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

UNIDAD DE TITULACIÓN

"DESIGN OF A DEVICE FOR MONITORING AIR QUALITY"

Author: Rubén Darío Gualpa Morán

Advisor: CE Ingrid Angélica Garcia Torres, Mg.

Abstract

This work of qualification aims to air quality monitoring in patients with respiratory diseases, currently the city of Guayaquil does not with a plan to regulate environmental pollution, and the risks that may cause people in their health, there is currently no financing by the State or the municipality of Guayaquil.

For the design of this prototype, a GP2Y10 particle sensor was implemented and a digital display was placed to show its concentration level. The prototype is low cost and affordable for people who want to monitor the quality of air in their homes and thus improve their quality of life.

It also consists on several elements such as Arduino Uno and a protoboard, its size is of great help so that it can be mobilized easily way when the patient requires it, allowing to carry out the monitoring at any place the person mobilized or transported.

The ease of handling of the air quality monitoring device makes it extremely simple to use, just by connecting it and starting to monitor the concentration of particles in the environment, it is recommendable to let it monitor for 30 minutes, as it is the ideal estimate to show an optimal result.

The programming of the GP2Y10 sensor was a determining factor since many doubts arose as showing the result by an LCD, however it was possible to establish the operation of the two key elements at the time of sensing.

At concluding the project, the activity for which it was developed will be demonstrated through the prototype.

Keywords: Sensor, Device, Particles, Air, Pollution.

Introducción

Actualmente en la Ciudad de Guayaquil se experimenta un ritmo de crecimiento de urbanización muy acelerado, en la cual se debe proporcionar servicios de purificación ambiental tanto los contaminantes emanados por las empresas industriales, como el material particulado y gases tóxicos, para el mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar social en general.

Según los resultados obtenidos mediante la encuesta, se demostró en un porcentaje máximo de la ciudadanía que las personas que habitan en zonas industriales están más expuestas a las concentraciones del material particulado.

Tomando en cuenta que en el Ecuador y especialmente la ciudad de Guayaquil en la actualidad no existe un sistema de monitoreo y control de contaminantes en la atmósfera. La partícula en el aire presenta un riesgo para la salud humana, problemas pulmonares, asma entre otros.

La magnitud o tamaño de este material particulado es un riesgo distinto porque a menor su tamaño es más peligroso para la salud, estas partículas también poseen composiciones químicas por que al estar en el ambiente se adhieren con otros agentes que pueden ser tóxicos y más perjudiciales. Actualmente los automotores que circulan en la ciudad de Guayaquil contribuyen en la contaminación en un 60% levantando material particulado y otros agentes como el Óxido Nitroso y Dióxido de Carbono, se estima que en la ciudad de Guayaquil se genera 6.8 toneladas de dióxido de carbono por año.

En el Ecuador aproximadamente se registraron 3,275 casos de asma, esta enfermedad afectó al 10% de la población infantil entre 13 y 14 años, estos resultados y estadísticas es emitido por el INEC, Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos.

El asma es considerada una enfermedad crónica y también una de las más frecuentes en el mundo, comúnmente afecta en las grandes ciudades por el crecimiento de su población y urbanísticos, por otro lado también existen casos menores de este tipo de enfermedad ya que esta condición no distingue condición económica ni región geográfica.

Los pacientes con problemas respiratorios no suelen tomar medidas de prevención para mejorar su condición, sin embargo por medio de esta investigación se prevé buscar una solución a bajo costo que pueda ser usada en el hogar, la entidad más común en usar estos dispositivos son los hospitales y algunas áreas de la salud, como la odontología.

El asma es una enfermedad muy frecuente en el mundo y acarrea síntomas sin saber su detección ya que se desarrolla de forma silenciosa.

Capítulo I

El Problema

1.1 Planteamiento del problema.

Guayaquil es la ciudad más grande del Ecuador y ocupa un lugar primordial en la economía nacional, el transporte público es el principal medio de transporte de los guayaquileños. Se estima que en la ciudad operan alrededor de 17.000 unidades de transporte público, entre las cuales están contabilizados buses, taxis, expresos y tricimotos.

El mal mantenimiento en los automotores también son las causas de contaminación, emiten muchos tipos de gases tóxicos y partículas que dañan el medio ambiente a continuación se mencionan algunos de los contaminantes principales que son: el óxido nitroso, monóxido de carbono y el dióxido de carbono.

“El análisis de los estudios de ALC sugiere que las variaciones temporales en el material particulado contribuyen a la mortalidad y morbilidad adicionales. Un aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentraciones de partículas en el ambiente se relacionó con el incremento de la mortalidad diaria por todas las causas, enfermedades respiratorias” (Galvão, 2005, p.41).

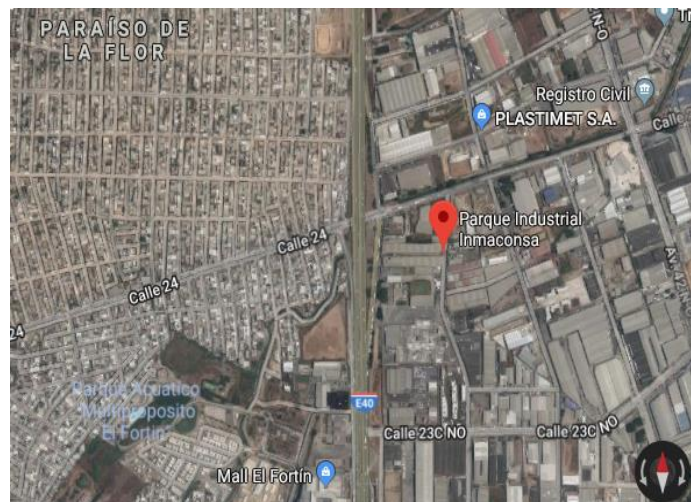


Figura 1. Parque Industrial Inmaconsa. Información tomada de www.google.com/maps. Elaborado por el autor

Según lo publicado por este libro nos indica que las emisiones de partículas en el ambiente son unas de las principales causas a enfermedades respiratorias, por lo tanto la población con mayor porcentaje de contaminación son los habitantes aledaños a fabricas industriales y el concurrido masivo de transporte. También nos indica que las emisiones de contaminación se lo han relacionado con el incremento de la mortalidad. Los automotores que circulan en Guayaquil contribuyen con el 60% de la contaminación del aire en

Guayaquil. Al año, los vehículos aportan con 16.556 toneladas de Óxidos Nitrosos y 52.213 toneladas de Dióxido de Carbono.

El 39% de la contaminación del aire en la ciudad proviene de los automotores. Guayaquil genera 6,8 toneladas de dióxido de carbón al año.

Del total de emisiones de CO₂ en la urbe, el 39% proviene del transporte (principalmente por el consumo de gasolina y GLP), 25% de residuos (disposición de desechos), 16% de zonas residenciales (consumo de energía eléctrica y GLP), 14% del sector industrial (por uso de electricidad y diésel) y 6% del comercial e institucional.

En Ecuador, se registraron 3.275 casos de asma en el 2010. Asimismo, esta enfermedad crónica que inflama y estrecha las vías respiratorias afectó al 10% de la población infantil ecuatoriana, entre los 13 y 14 años, según estadísticas del Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC).

“El asma es la enfermedad respiratoria crónica más frecuente en el mundo. Puede afectar a cualquier ser humano, independientemente de la raza, edad o sexo. El asma no distingue condición socioeconómica ni región geográfica, ya que afecta tanto a población de las grandes ciudades como a la de zonas marginales y rurales” (Lizárraga, 2017, p. 9).

Según el artículo nos afirma que el asma es una enfermedad respiratoria más frecuente en el mundo, por lo tanto es una enfermedad que no distingue geografía y afecta tanto en poblaciones concurridas o minoritarias, esta enfermedad es de mucho cuidado a nivel mundial ya que puede acarrear diversos síntomas sin saber su detección ya que es algo que se desarrolla de forma paulatina.

1.2 Formulación del problema

El incremento excesivo de contaminantes en el ambiente, que sumados a las emisiones provenientes de las industrias ubicadas en la ciudad de Guayaquil, influyen en la calidad del aire respirable dentro de los hogares de personas que padecen problemas de asma, se hace necesario realizar un monitoreo completo de la calidad del aire, ya que su incremento depende particularmente del crecimiento del sector industrial y otros provenientes.

¿Es posible realizar un prototipo que permita monitorear la calidad del aire y que muestre los resultados para saber si el área monitoreada está apta?

1.2.1 Sistematización del Problema

- ¿Cuáles serán los elementos que se utilizarán durante el desarrollo del prototipo?
- ¿Cómo será la manera de evaluación del prototipo a desarrollar?
- Qué inconvenientes o dificultades que podrán existir durante el desarrollo del prototipo?
- ¿De qué forma serán visualizados los datos recopilados por medio del dispositivo de monitoreo?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un dispositivo de monitoreo para la calidad del aire en el Parque Industrial Inmaconsa “Zona Industrial de Guayaquil”.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar los tipos de contaminantes y elementos perjudiciales en los componentes naturales del aire.
- Analizar cada una de las partes fundamentales que componen el prototipo de monitoreo de la calidad del aire.
- Registrar los datos recopilados y categorizarlos según la tabla de índice de calidad del aire.
- Proponer un dispositivo de monitoreo en la Vía Perimetral Parque Industrial Inmaconsa “Zona Industrial de Guayaquil”.

1.4 Justificación

El propósito de este proyecto es desarrollar un prototipo de monitoreo de la calidad del aire, la que proporciona la detección de los niveles de contaminación del ambiente en la cual se encuentra la persona afectada con el problema del asma, esta contaminación influye de manera preponderante en la zona donde se encuentra el afectado.

Este presente proyecto busca de cierta manera dar a conocer el tipo de ambiente en la que se encuentra el paciente, y pueda concientizar el uso de un ambiente sano, ya que esto le servirá en su mejoría y recuperación.

Guayaquil es la ciudad en donde la gran cantidad de vehículos que circulan por las principales vías, además de las fuentes fijas que emiten de manera regular gran cantidad de

este tipo de contaminantes, que influyen mucho de manera preponderante en contaminación del aire, Los automotores que circulan en Guayaquil contribuyen con el 60% de la contaminación del aire. Además de la presencia de sus colinas, permite esparcir en la ciudad una gran cantidad de partículas, los mismos que en altas concentraciones son nocivas para la salud.

Al inhalar el aire se introduce a los pulmones, si en el aire hay partículas éstas ingresarán directamente al sistema respiratorio del ser humano, a pesar de que el cuerpo humano consta de diversos mecanismos de protección natural en su sistema respiratorio. Un ambiente contaminado va destruyendo paulatinamente estas defensas, sobre todo es de considerar que en promedio un adulto inhala entre 10,000 y 12,000 litros de aire.

Ya en el interior del cuerpo, las partículas se incrustan a las paredes de las vías respiratorias y algunas llegan a alojarse en el interior de las paredes de los pulmones. Mientras mayor sea la penetración de las partículas en el aparato respiratorio, tanto en el aspecto cuantitativo como cualitativo, los perjuicios serán mayores debido a que el organismo carece de suficientes mecanismos de eliminación de estos contaminantes que se encuentran en el aire, sobre todo cuando la permanencia de estas partículas en ambientes contaminados es constante.

En base a lo anteriormente mencionado las enfermedades de tipo respiratorio se incrementan notablemente en la población expuesta de manera persistente a la presencia de este factor contaminante. A pesar de los perjuicios es recomendable mantener una limpieza continua en el lugar donde se reside.

“Las partículas gruesas tienen una mayor probabilidad de ser depositadas en la región bronquial, mientras que las finas lo tienen de serlo en la periferia de los pulmones especialmente en los bronquiolos donde su eliminación es más lenta”

(Martínez, 2000, p. 5).

Como nos indica en este informe las partículas gruesas y finas se depositan en diferentes regiones bronquiales del sistema respiratorio, convirtiendo a las partículas finas una de las más difíciles de eliminarla en el sistema respiratorio, ya que al ser una partícula muy fina llega a alojarse en la cavidad final de los bronquios.

1.5 Delimitación

- 1) Con este dispositivo se realizará la detección y concentración del material particulado en los alrededores de la Vía Perimetral Parque Industrial Inmaconsa “Zona Industrial de Guayaquil”.

- 2) Analizar el monitoreo para saber los tipos de afectación que provoca en el ser humano.
- 3) Analizar los resultados en el área para captar la importancia sobre la calidad del aire que se respira.

1.6 Operacionalización

Para el diseño de este prototipo se han elegido dos variables que se encuentran relacionadas con el tema de investigación, la variable independiente “Monitoreo de la calidad del aire” y la variable dependiente “Personas que padecen de asma”.

Tabla N° 1 Operacionalización de las variables

Variables	Tipo de Variable	Definición	Características a medir	Definición operacional	Dimensiones
Sensor de partículas, detectará los niveles particulado en el ambiente.	Independiente	Toma los datos recibidos en el ambiente.	Niveles de contaminación de partículas.	Cuantitativa	Recursos Técnicos.
Para las personas con problemas de Asma.	Dependiente	Mostrará los resultados y el nivel de contaminación gráficamente.	Determinar si el área monitoreada si está apta para su uso.	Cualitativa	Integridad disponibilidad

Información tomada de distintas fuentes de internet, Elaborado por el autor

1.7 Alcance

A través de este dispositivo se realizará:

- Detectar la concentración del material particulado en el ambiente en el área de terapias respiratorias.
- Realizar un monitoreo para saber el grado de afectación que provoca en el sistema respiratorio.
- Analizar los resultados en el área para captar la importancia sobre la calidad del aire que se respira.
- Con este dispositivo tendremos un mayor acceso a personas que requieran llevar a cabo su uso en el hogar, ya que personas con problemas respiratorios requieren vivir en un ambiente sano.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

En los años 60 en la República del Ecuador empezó el auge industrial convirtiéndose la ciudad de Guayaquil como su principal motor económico e industrial del Ecuador. En esos años Guayaquil se veía muy favorecido de la presencia de sus vías fluviales que permitían la carga de los productos hacia el mar, este tipo de transporte influyó tanto en el sector industrial, causando que la mayoría de ellas se ubiquen a orillas del río Guayas y en el Estero Salado. Con la llegada de mayor viabilidad terrestre y estableciendo el Puerto de Guayaquil como único puerto nacional para la carga de productos de importación y exportación, hizo que las actividades industriales aumentaran en número y en magnitud. (Castro, 2017, p.3).

Según lo mencionado este es un antecedente muy importante ya que nos brindará como material de apoyo y ayudar a comprender como a través del tiempo se fueron desarrollando una investigación acerca del monitoreo de la calidad del aire, sin embargo cabe recalcar que estos antecedentes históricos a la realidad actual es diferente ya que ha habido algunas regulaciones al cuidado ambiental, por otro lado las contaminaciones siguen y más aun con el crecimiento de la ciudad.

En la ciudad de Guayaquil desde el año de 1976 se formaron tres estaciones, ubicadas en el centro, sur y norte de la ciudad, estas estaciones estaba a cargo del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) y del Ministerio de Salud Pública hasta el año de 1990. En la Red se realizaba el muestreo de los tres indicadores de la calidad de aire en la ciudad de Guayaquil: Partículas Totales en Suspensión (método reflecto métrico), Partículas Sedimentables (método gravimétrico) y Anhídrido Sulfuroso (método acidimétrico). Después de 1990, la Red de monitores no funcionó por falta del presupuesto Estatal y personal técnico para la reestructuración institucional del IEOS y sus dependencias. (Luis, 2002, p.19).

Según lo mencionado este hecho realizado en la ciudad de Guayaquil es importante ya que en el año 1976 se formaron las 3 estaciones bases para llevar a cabo este estudio sobre el nivel particulado del aire, cabe resaltar que se unieron algunos ministerios públicos para llevar a cabo este proyecto muy importante en la ciudad de Guayaquil.

Además, hubo una paralización en los años 90 por problemas de presupuesto, así concluyendo una etapa de catorce años desde su ejecución que debería haber solucionado

un problema tan importante como las contaminaciones ambientales en tres puntos importantes de la ciudad centro, sur y norte.

En el año de 1994 la Dirección Provincial del Guayas del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda rehabilitó la estación de monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Guayaquil, para muestrear las partículas totales en suspensión mediante el muestreado de alto nivel que se realizó hasta el año 1996, luego de este año la red de Guayaquil se pendió.

Durante la década de los 80 y 90 en la ciudad de Guayaquil se llevaron a cabo trabajos sobre el monitoreo de la calidad del aire, especialmente incluyendo problemas puntuales de la contaminación del aire, siendo en su conjunto evaluaciones cualitativas más no cuantitativas.

En la ciudad de Guayaquil en el año 1998 fue creada la Dirección del Medio Ambiente de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, es la entidad encargada de las actividades relacionadas con la prevención de la contaminación ambiental en su jurisdicción cantonal. A finales de los 90, la M.I Municipalidad de Guayaquil ha llevado a cabo varios proyectos para la recuperación del medio ambiente, entre ellos los recurso del aire a lo que corresponde en 1993 fue realizado el estudio “Contaminación Industrial en Guayaquil” en la que se instauró un inventario preliminar sobre la contaminación industrial y evaluar las emisiones particulado y a los procesos de producción industrial. (Luis, 2002, p.20).

Según lo mencionado en este enunciado a fines del siglo 20 se creó la dirección del Medio Ambiente por parte de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, que es una entidad que hasta la actualidad existe por parte del Municipio, gracias a esta entidad se llevó a cabo el proyecto sobre contaminación ambiental para la recuperación del medio ambiente en la ciudad de Guayaquil, este proyecto fue enfocado a la contaminación industrial y evaluación de las emisiones del material particulado en los procesos de producción industrial.

2.2 El aire y sus contaminantes

La contaminación del aire en las zonas industriales es un detonante para el problema de salud ambiental que afectan a zonas aledañas, se emiten a la atmósfera grandes cantidades de partículas y gases potencialmente nocivos que afectan la salud humana y el ambiente, y que a largo plazo causando problema en el sistema respiratorio, también dañan los recursos necesarios para el desarrollo sostenible del planeta. (Wilfredo Fernando Flores Gonzáles, 2011, p.16).

Según lo anteriormente mencionado la contaminación s un problema muy grave no solo para la salud humana sino para el desarrollo sostenible del planeta, ya que a largo plazo es

un problema notorio con graves indicios de afectaciones. Además este problema debe alertar no solo a la ciudadanía sino también a las autoridades el Gobierno Central, las zonas industriales causan estos estragos de contaminación y es muy importante dar a conocer los riesgos que conlleva este tipo de contaminación.

2.3 Fuentes estacionarias

Estas se pueden subdividir en:

- Fuentes de zonas rurales, como la producción agrícola, la minería y la extracción de minerales.
- Fuentes industriales puntuales y del área, como la elaboración de productos químicos, productos minerales no metálicos, industrias metálicas básicas y generación de energía.
- Fuentes comunitarias, como la calefacción de viviendas y edificios, incineradores de residuos urbanos y de lodos provenientes de aguas residuales, chimeneas y servicios de lavandería.

2.3.1 Fuentes móviles

Estos tipos de contaminantes están compuestos por cualquier tipo de vehículos de combustión a motor, los vehículos ligeros con motor de gasolina, vehículos ligeros y pesados con motor de diésel, motocicletas, aviones, también incluidos las fuentes lineales como las emisiones del tránsito vehicular.

2.3.2 Fuentes de interiores

Incluye el consumo de tabaco, fuentes biológicas (como polen, ácaros, moho, insectos, microorganismos, etc.), emisiones de la combustión por uso de combustibles sólidos, emisiones de materiales o sustancias usadas en interiores como compuestos orgánicos volátiles, plomo, radón, asbesto, productos químicos sintéticos, etc. (Wilfredo Fernando Flores Gonzáles, 2011,p.17).

Según esta fuente nos indica que los materiales particulado que contaminan el ambiente están compuestos de varios materiales, como los son: el polen, ácaros, insectos y microorganismos rondando en el ambiente.

Además, existen otros contaminantes volátiles como lo son: el plomo, radón, asbesto y entre otros productos químicos y gases tóxicos.

Es recomendable saber a los que nos enfrentamos, agente de gran peligrosidad en el ambiente.

2.4 Contaminantes del aire

Las partículas que inundan el ambiente van incrementándose y estos causan efectos perjudiciales en la salud de habitantes en zonas periféricas industriales, efectos perjudiciales en los bronquios, pueden irritar los pulmones y bajar la resistencia a infecciones respiratorias. Estos elementos particulado reaccionan en el ambiente en presencia de otros compuestos como por ejemplo compuestos orgánicos volátiles que pueden tener efectos adversos sobre el sistema de la población.

2.4.1 Clasificación por su composición química

Las principales contaminaciones del aire se clasifican en:

- **Primarios:** Son aquellos que permanecen en el ambiente tales como el óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y partículas como polvo, polen, pelusas etc.
- **Secundarios:** Son las que han estado sometidos al cambio químico o son producto reacción de dos o más contaminantes primarios orbitando en el ambiente. Entre ellos destacan los oxidantes fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono.

2.4.2 Partículas Totales En Suspensión o (PTS)

Se define como partícula a cualquier tipo de material sólido o líquido y se las pueden observar con un diámetro que oscila entre 0.0002 y 500 micrómetros. En conjunto se designan como partículas totales en suspensión o PTS.

Las Partículas Totales en Suspensión son una compleja mezcla de partículas suspendidas en el aire las que pueden variar en tamaño y composición dependiendo de sus fuentes de emisiones contaminantes.

Son el producto de una gran cantidad de procesos naturales o antropogénicos.

- En las Fuentes naturales tenemos la erosión del suelo, material biológico fraccionado, erupciones volcánicas, incendios forestales, etc.
- En las fuentes antropogénicas se encuentran: combustión incompleta de materiales orgánicos y de productos derivados del petróleo, quemas en campos agrícolas y diversos procesos industriales que contaminen a nivel particulado en el aire.

La emisión de las partículas experimenta reacciones químicas en el aire, por esto su composición y tamaño varían dependiendo de la cercanía a las fuentes, el clima y otros factores.

Las partículas del ambiente pueden tener una composición fisicoquímica homogénea o estar formadas por diversos compuestos orgánicos e inorgánicos. Entre los elementos orgánicos se encuentran: fenoles, ácidos, alcoholes y material biológico como el polen, protozoarios, bacterias, virus, hongos, esporas y algas.

Entre los compuestos inorgánicos se encuentran nitratos, sulfatos, polímeros, silicatos, metales pesados como el fierro, plomo, manganeso, zinc o vanadio y elementos derivados de pesticidas y plaguicidas. (Wilfredo Fernando Flores Gonzáles, 2011, p.19).

En el párrafo mencionado anteriormente nos define que existen otros tipos de contaminantes como por ejemplo contaminante que proviene de los derivados del petróleo, también existen partículas con composiciones orgánicas y de composición química.

También podemos observar que las partículas que orbitan en el ambiente suelen combinarse con otras así formando partículas con diferentes elementos que podría ser aún más perjudicial a una partícula ordinaria que no esté compuesta de varios elementos.

2.4.3 Características Físicas

Por su velocidad de sedimentación que poseen las partículas, éstas se clasifican en suspendidas (su tamaño oscila entre $0.0002\ \mu\text{m}$ y $10\ \mu\text{m}$) y sedimentables (tamaño superior a $10\ \mu\text{m}$).

Aquellas partículas clasificadas como suspendidas permanecen por largos periodos de tiempo en la atmósfera, ya sea días o semanas en comparación a partículas sedimentables y tienden a dispersarse a través de grandes áreas dependiendo de los vientos o tormentas.

Las partículas sedimentables tienden a situarse más rápidamente y permanecen en la atmósfera solo durante pocos minutos u horas, también dependiendo de su tamaño, la velocidad del viento y otros factores que influyen su esparcimiento.

2.5 Productos derivados de un proceso natural o antropogénicos

2.5.1 Antropogénicos

2.5.1.1 Polvos

Son partículas sólidas pequeñas con un diámetro de 1 a $1,000\ \mu\text{m}$, se forman por fragmentación en procesos de trituraciones, explosiones y erosión del suelo.

Se mantienen en suspensión y se desplazan mediante corrientes de aire. El polvo disperso en el aire es considerado un aerosol, es perjudicial y causante de muchas afecciones respiratorias.

2.5.1.2 Humo

Son partículas sólidas finas que resultan de la combustión incompleta de materiales orgánicos como carbón, madera y tabaco.

El tamaño de esta partícula oscila en el intervalo de 0.5 a 1 μm . es considerado un subproducto no deseado en combustión que proviene comúnmente de brasas, fogatas, motores, diésel y gasolina etc.

2.5.2 Naturales

2.5.2.1 Niebla

Son pequeñas gotas que se forman por condensación de vapor, dispersión de líquido o como producto de una reacción química. Miden entre 0.0002 y 10 μm , en meteorología se refiere a la suspensión de gotas de agua que producen una visibilidad de al menos 1km.

2.5.3 Aerosoles

Un aerosol es una suspensión en el aire de partículas muy finas líquidas o sólidas, se dividen en aerosoles primarios y secundarios. Los primarios son partículas respectivamente estables que se dispersen a la atmósfera, en cambio los secundarios son partículas que se crean en procesos de conversión de gas a partícula y miden entre 0.01 a 100 μm de diámetro. Los aerosoles de diámetro de 0.01 a 0.1 μm , a este tipo de partícula se la conoce como partículas ultra finas. Estos son productos de la nucleación homogénea de vapores súper saturados.

Los aerosoles que tienen el diámetro de 0.1 y 2.5 μm , se los conocen como partículas finas. Son creados en la coagulación de partículas ultra finas, a través de procesos de conversión de gas a partícula, conocidos como nucleación y por condensación de gases.

Los aerosoles aerodinámicos que son mayores a 2,5 μm , está compuesta principalmente por tierra, ceniza y minerales derivados de la combustión de combustibles, suspensión de tierra removida.

Los aerosoles que contienen químicos como el sulfato y nitrato, reaccionan con las moléculas de agua dispersas en el aire, en forma de, niebla, lluvia, nieve o rocío, para crear

ácidos, a este fenómeno también se lo conocen como lluvia ácida, el cual afecta gravemente. (Wilfredo Fernando Flores Gonzáles, 2011, p.21).

Las partículas que son menores a 10 micrómetros PM₁₀ ($\leq 10 \mu\text{m}$). Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a 10 μm , su masa es muy mínima a la fuerza de gravedad, no es capaz de atraerla al suelo continuando como material en suspensión en el aire por largos períodos de tiempo.

Se considera un elemento perjudicial para la salud humana, debido a que no son retenidas por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio, considerándose como un indicio de agrupación de la masa de partículas que pueden penetrar en el tórax del ser humano.

Las partículas menores a 2.5 micrómetros PM_{2.5} ($\leq 2.5 \mu\text{m}$), son aquellas partículas de diámetro aerodinámico que son equivalente o menor a 2.5 μm , y representan un mayor peligro para salud humana, inclusive puede ser un factor de muerte prematura en la población afectada.

Los diversos estudios que intentan derivar las relaciones de exposición contaminación y riesgo, trabajan en base al PM₁₀ y PM_{2.5}, a diferencia de las partículas sedimentables, pues también incluyen las partículas que son exageradamente grandes para ser inhaladas.

También un dato muy importante para el monitoreo en cuanto a las concentraciones, es que por lo general las concentraciones de PM 2.5 representan del 45 a 65% de las concentraciones de PM 10.

2.6 El Sistema Respiratorio y el Material Particulado

El riesgo a la salud humana por partículas constituye su concentración en el aire y el tiempo de exposición en el ambiente, sin embargo, el tamaño es la característica física más significativa para determinar su toxicidad y efectos dañinos en la salud humana.

El tamaño de la partícula constituye un factor crítico en la distribución de la dosis interna.

La ubicación de la deposición en las vías respiratorias depende del tamaño de las partículas incrustadas en las vías respiratorias, las partículas gruesas se depositan en las vías respiratorias superiores y las partículas finas se transportan al tracto respiratorio inferior, de esta manera causando un daño muy alto al sistema respiratorio.

Las partículas mayores a 10 μm son retenidas por las barreras naturales que el cuerpo ha diseñado para prevenir su paso al organismo, en las vías respiratorias superiores los vellos de la nariz, las mucosidades del tracto respiratorias etc., por lo que no son consideradas de mayor riesgo para la salud humana, sin embargo, la exposición continua a altas concentraciones puede producir irritación de garganta y en membranas mucosas.

Las PM10, al ser tan microscópicas no son retenidas en las vías respiratorias superiores, ya que cerca de un tercio penetra en los pulmones. Su consecuencia depende de su composición química, ya que pueden producir infecciones respiratorias muy graves, también agravar el asma y empeorar las enfermedades cardiovasculares. A corto plazo las contaminaciones por PM10 pueden causar un deterioro en la función respiratoria.

Y a largo plazo se relaciona con el desarrollo de enfermedades crónicas, como por ejemplo el cáncer o la muerte prematura del individuo.

Por otro lado, las partículas del aire penetran las vías respiratorias y toman contacto con las células traqueales, los cilios son destruidos por la acción áspera del contaminante. La célula para intentar de reemplazarlas genera más mucus y termina agotándose, y por consecuencia quedándose finalmente sin cilio y sin mucus, es decir, muy vulnerable.

A su vez, varios estudios recientes demuestran que las PM2.5 tienen la capacidad de ingresar al espacio alveolar o al torrente sanguíneo, así incrementando el peligro de sufrir enfermedades crónicas cardiovasculares. (González, 2011, p.47).

Según este enunciado nos indica que la dimensión de la partícula tiene su singularidad, por ejemplo, las partículas finas son más perjudiciales para el sistema tracto respiratorio, ya que llegan a más cavidades profundas haciéndola difíciles de salir, así provocando deterioro y debilitación de las defensas naturales que son las que ayudan a expulsarlas.

Su riesgo es aún mayor cuando este elemento llega al torrente sanguíneo, ya que la cantidad excesiva incrementa el riesgo de sufrir enfermedades crónicas y cardiovasculares.

2.7 Afecciones y Enfermedades

A continuación, se detallarán las afecciones y enfermedades comunes de las vías respiratorias, relacionadas con este tipo de contaminantes (PM10).

2.7.1 Molestias de las Vías Respiratorias

Las molestias respiratorias causadas por el material particulado en el aire, pueden causar problemas de salud de las personas. Además, que no todos acuden al médico por malestares respiratorios, puede ser que muchas veces las enfermedades respiratorias no sean diagnosticadas mientras que las personas sí las sufren y como resultado sufren numerosas molestias respiratorias.

Las molestias respiratorias no aparecen solas, sino que se trata de varias molestias diferentes que se mencionaran a continuación:

- Tos por 15 días o más

- Tos seca por de 15 días o más
- Estornudos por 15 días o más
- Escurreimiento de mucosidad nasal por 15 días o más
- Dolor o picazón de garganta por 15 días o más
- Comezón y lagrimeo en los ojos de forma consecutiva
- Ronquera o pérdida de la voz
- Silbidos de pecho
- Poca respiración a causa del exceso de mucosidad
- Ataque de sofocación
- Sofocación en la noche

2.7.2 Infecciones Respiratorias Agudas

Las infecciones respiratorias agudas afectan de forma imprevista en el sistema respiratorio, tales como la laringe, faringe, tráquea, nariz y los bronquios.

También se dice que son infecciones respiratorias agudas ya que aparecen de forma agresiva y evolucionan menores a los 15 días, complicándolo aún más con el riesgo de contraer neumonía.

Las infecciones respiratorias agudas son causadas por los microorganismos denominado virus y bacterias, los virus comúnmente atacan el aparato respiratorio superior causando casos benignos que se solucionan en pocos días, sólo se requieren cuidados en el hogar.

En cambio, las bacterias comúnmente atacan el aparato respiratorio inferior consiguiendo causar la muerte según las condiciones del individuo. (González, 2011, p.50).

Según este enunciado nos dice que la infección aguda conlleva un periodo para determinar el tipo de infección respiratoria, por ejemplo, la infección aguda menor a 15 días aumenta el riesgo de una neumonía, ya que por su rapidez acelera el proceso infeccioso.

Por otro lado, es recomendable que en este lapso de tiempo sea evaluado por un profesional de la salud para su posterior tratamiento.

2.7.3 Componentes relacionados a los efectos de la exposición

Los componentes más importantes que aumentan las posibilidades de contraer molestias y enfermedades relacionadas a la exposición del material particulado en el ambiente son:

2.7.4 Ambientales

- Las contaminaciones dentro y fuera del hogar, el humo irrita los órganos del aparato respiratorio reduciendo así ciertos mecanismos de defensa de las vías respiratorias que son indispensable para evitar las infecciones respiratorias.
- Deficiente ventilación en el hogar
- Tabaquismo pasivo
- Cambios violentos de temperatura
- Contacto con personas que tienen infecciones respiratorias agudas

2.7.5 Individuales

- Respecto a la edad la frecuencia y gravedad es mucho mayor en menores de un año y especialmente en los menores de 2 meses de edad, así como en los ancianos son los casos más vulnerables.
- Susceptibilidad individual, se refiere a lo relacionado con deficiencias en los mecanismos de defensa inmunológica y trastornos hereditarios, la ausencia de lactancia materna en los recién nacidos ya que en la leche materna se encuentran elementos que protegen al niño de las infecciones.
- La desnutrición en los niños es un factor de riesgo ya que permite que sea atacado por infecciones respiratorias agudas.
- Las vacunas, hay vacunas que protegen de graves infecciones respiratorias agudas durante la etapa de desarrollo o a lo largo de la vida.
- Trastornos de diferentes órganos, cuando se respira por la boca debido a rinitis, sinusitis etc.
- Las personas con enfermedades respiratorias previas.
- Un estilo de vida poco saludable, el tabaquismo, drogas u otras adicciones que comprometan el aparato respiratorio. (González, 2011,p.52)

Según esta clasificación nos indica que existen algunos componentes relacionados como son: el efecto ambiental, individual y social. respecto a la ambiente podemos decir que debe haber precauciones tanto en el hogar como fuera de ella, unos de estos problemas a evitar solo los más comunes como el humo del tabaco, y las emisiones externas ya sean las contaminaciones industriales o cambio de temperaturas.

Según este aporte nos indica que en el ámbito individual es un caso específico, ya que si nos referimos a recién nacidos el riesgo es mayor a sufrir infecciones por que su sistema

inmune aún no está desarrollado, así mismo con personas con problemas de desnutrición ya que sus defensas están muy bajas.

Según el efecto social nos indica que las aglomeraciones de viviendas y los tipos de materiales con la que están construidas también es un detonante de contaminación, pueden existir partículas volátiles como el cemento, polvo de madera entre otros.

2.7.6 Sociales

- Aglomeración de viviendas
- Tipo de material que están construidas las viviendas

En específico se sabe que el material particulado llega a causar inflamación en las vías respiratorias y pulmones, deterioran la respuesta inmunitaria, sin embargo el material particulado participaría en:

- Los orígenes de procesos inflamatorios
- El daño funcional en pulmones
- El aumento de forma agresiva es el riesgo de infarto cardíaco
- El efecto sistémicos en el organismo a través de la sangre
- Efectos cancerígenos a causa del material particulado
- El aumento de muertes súbitas

2.8 Marco Contextual

Se desea realizar un dispositivo que monitoree la calidad del aire en el Parque Industrial Inmaconsa Zona Industrial de Guayaquil, y que ayude detectar el nivel de contaminación de partículas suspendidas en el ambiente dentro de los hogares de los pacientes. Esto ayudará a las personas que sufren con problemas en las vías respiratorias puedan adecuar mejoras en el lugar que reside.

Sin embargo, una de las situaciones desfavorables a que se exponen los habitantes con enfermedades de vías respiratorias es estar situado cerca de las fábricas industriales, ya que emiten niveles altos de contaminación de partículas y otros agentes tóxicos, así perjudicando a la ciudadanía de los sectores aledaños.

Mediante el monitoreo y el análisis de los datos recopilados provenientes del sensor que monitorea el ambiente se dará a conocer el nivel de contaminación, con estas muestras se sabrá si el lugar monitoreado está apto para un paciente con este tipo de afección.

Esta población está conformada.

Sin embargo este dispositivo de monitoreo de la calidad del aire es lo ideal para trasladarlo o movilizarlo a cualquier lugar, ya que gracias a su tamaño y su peso lo convierte en un dispositivo portable y poder ser usado conforme a la situación que el paciente lo requiera.

2.9 Marco Conceptual

2.9.1 Arduino

Es una compañía de código abierto que desarrolla y manufactura placas para construir dispositivos interactivos y digitales, también para el control de objetos del mundo real. También es un producto enfocado para facilitar el uso de la electrónica y programación tanto principiantes como usuarios avanzados.

La placa Arduino es una plataforma de prototipo electrónico, de código abierto (Open Source), es basado tanto en hardware como Software, muy fáciles de usar. Esta herramienta está pensada para diseñadores, desarrolladores, así como también a estudiantes y también como hobby o cualquier interesado en desarrollar objetos con entornos interactivos.



Figura 2. Arduino Concepto. Información tomada de www.adafruit.com .Elaborado por el autor

3.0 Arduino Uno

El Arduino Uno es el modelo más popular entre las gama de esta familia, tienes entrada y salida digitales en total 14, los cuales 6 de ellos son PWM. Consta de 6 entradas analógicas, también viene con un puerto serie para su programación por medio del USB, es de forma directa sin necesidad del uso de algún adaptador o conversor.



Figura 3. Arduino Uno. Información tomada de www.robotistan.com .Elaborado por el autor

3.1 Arduino Mega

Es considerado el Arduino más potente entre las demás gamas, ya que posee un Microcontrolador de 8 Bits, posee más pines I/O, con 54 entradas y salidas digitales 16 PWM, posee memoria de 256kb y mucho más puertos.



Figura 4. Arduino Mega. Información tomada de www.aprendiendoarduino.wordpress.com .Elaborado por el autor

3.1.2 Arduino Ethernet

Como su nombre lo indica incorpora en su placa un puerto Ethernet, este modelo está basado en versiones anteriores de Arduino uno, puede conectarse a internet mediante su puerto Ethernet. Este modelo trabaja con un Microcontrolador ATmega328 y con un voltaje de 5v para su alimentación, posee 14 pines de los cuales proveen salida PWM y pines de entrada analógicas con un total de 6.

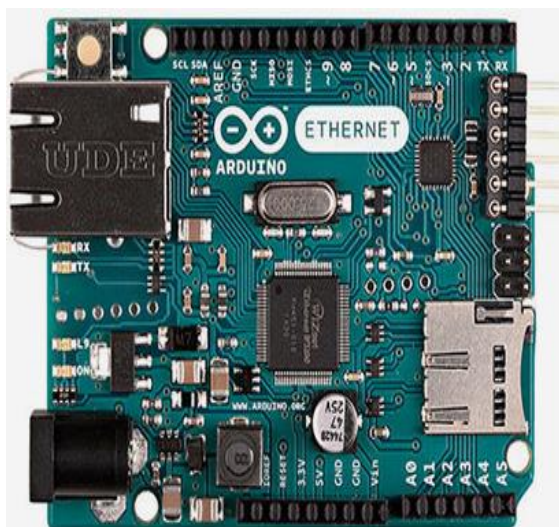


Figura 5. Arduino Ethernet. Información tomada de www.aprendiendoarduino.wordpress.com .Elaborado por el autor

3.1.3 Arduino Nano

Esta versión de Arduino es reducida en tamaño del Arduino Uno, está desarrollado para proyectos de espacio limitado y prácticamente tiene sus mismas características que el Arduino Uno. Este Arduino nano no trae un conector de alimentación ya que se alimenta directamente desde su puerto USB, sus pines están listos para ser soldados con estaño, debido a esto puede ser una desventaja para usuarios novatos ya que por su estrechura sería un inconveniente al momento de soldar



Figura 6. Arduino Nano. Información tomada de www.aprendiendoarduino.wordpress.com .Elaborado por el autor

3.1.4 Arduino Mini

Es considerada la versión más compacta entre las gamas Arduino con un tamaño de 30x18mm, pensado para proyectos que van a quedar en funcionamiento de forma permanente, para espacios muy reducidos y usuarios principiantes. También se le ha retirado el puerto USB

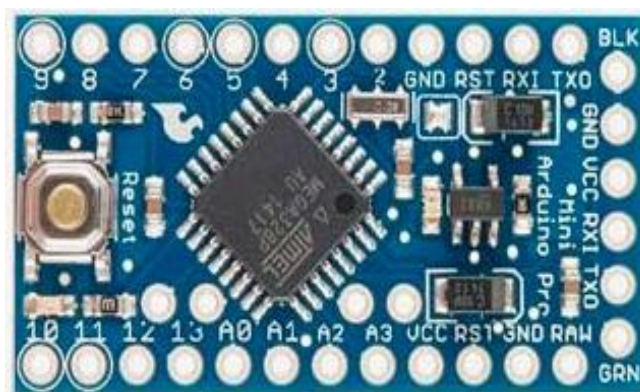


Figura 7. Arduino Mini. Información tomada de www.aprendiendoarduino.wordpress.com .Elaborado por el autor

3.1.5 Arduino Micro

Es un Arduino basado en Microcontrolador ATmega32u4 pero más compacto, consta de 20 pines digitales, 7 canales PWM y 12 pines de entradas analógicas, su memoria flash de 32 kb que son utilizados por el bootloader del componente. SRAM de 2.5 kb modelo ATmega32u4, EEPROM 1 kb también de ATmega32.

La mayor ventaja de este dispositivo Arduino es su puerto USB nativo, por lo tanto le evita tener que insertarle conectores o conversores de serie USB, también funciona con 5v de entrada. En este modelo se incluye una entrada micro USB, un botón de reseteo en caso de algún fallo podemos restablecer su configuración. También posee algunos diodos LED que funcionan como indicadores de advertencia cuando la corriente no esté pasando o el funcionamiento correcto de la tarjeta.



Figura 8. Arduino Micro. Información tomada de www.aprendiendoarduino.wordpress.com .Elaborado por el autor

3.1.6 Arduino Lilypad

Este Arduino está creado para dispositivos E-Textiles, sirve para coser con hilo para prendas de vestir, su proceso es instalarlo encima de aquello. Trae incorporado un Microcontrolador ATmega32u4 y su voltaje de funcionamiento es de 3.3V, posee 9 pines

digitales, 4 pines análogos y 4 pines PWM. Se utiliza una memoria Flash de 32 kb de los cuales 4kb se utiliza en el bootloader. Con una SRAM de 2.5 kb, una EEPROM de 1 kb a una velocidad de 8 MHZ.

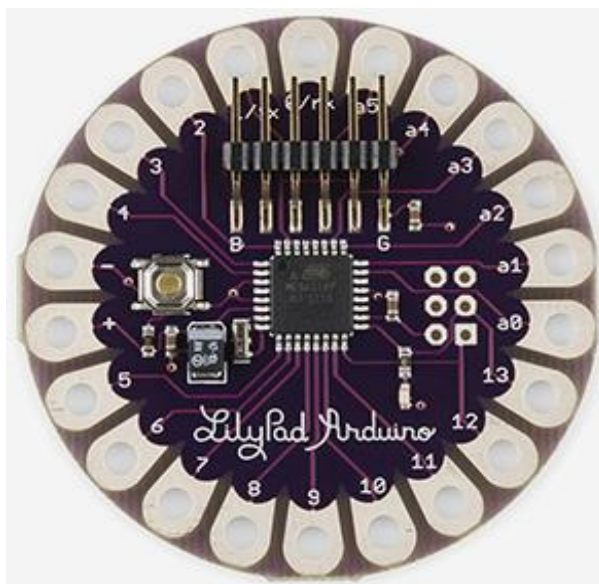


Figura 9. Arduino LilyPad. Información tomada de www.aprendiendoarduino.wordpress.com .Elaborado por el autor




3.1.7 Arduino Yún

Es una versión de Arduino muy diferente a las demás, trae un Microcontrolador AVR ATmega2u4 incorporad, también posee un Microprocesador que trae un Sistema Operativo Linux embebido.



Figura 10. Arduino Yún características básicas. Información tomada de www.330ohms.com .Elaborado por el autor

Tabla N° 2. Tipos y Características de Placas Arduino

Modelo	Características
 <p>Arduino Uno</p>	<p>Microcontrolador: ATmega328</p> <p>Voltaje de funcionamiento: 5 V</p> <p>Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)</p> <p>Pines de entradas análogas: 6</p> <p>Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA</p> <p>Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA</p> <p>Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son utilizados por el bootloader</p> <p>SRAM: 2 KB (ATmega328)</p> <p>EEPROM: 1 KB (ATmega328)</p> <p>Velocidad de reloj: 16 MHz</p>
 <p>Arduino Leonardo</p>	<p>Microcontrolador: ATmega32u4</p> <p>Voltaje de funcionamiento: 5 V</p> <p>Pines I/O digitales: 20</p> <p>Canales PWM: 7</p> <p>Pines de entradas análogas: 12</p> <p>Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA</p> <p>Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA</p> <p>Memoria Flash: 32 KB (ATmega32u4) de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader</p> <p>SRAM: 2 KB (ATmega32u4)</p> <p>EEPROM: 1 KB (ATmega32u4)</p> <p>Velocidad de reloj: 16 MHz</p>
 <p>Arduino Due</p>	<p>Microcontrolador: AT91SAM3X8E</p> <p>Voltaje de funcionamiento: 3.3 V</p> <p>Pines I/O digitales: 54 (de los cuales 12 proveen salida PWM)</p> <p>Pines de entradas análogas: 12</p> <p>Corriente DC total en todos los pines I/O: 130 mA</p> <p>Corriente DC en el pin de 5 V: 800 mA</p> <p>Corriente DC en el pin de 3.3 V: 800 mA</p> <p>Memoria Flash: 512 KB disponibles para las aplicaciones de usuario.</p> <p>SRAM: 96 KB (dos bancos: 64KB Y 32 KB)</p> <p>Velocidad de reloj: 84 MH</p>

Información adaptada de distintas fuentes de internet (parte 1), Elaborado por el autor



Microcontrolador: ATmega32u4

Voltaje de funcionamiento: 5 V

Pines I/O digitales: 5

Canales PWM: 6

Canales de entradas análogas: 4 (de los pines digitales I/O)

Canales (multiplexados) de entradas análogas: 8

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Memoria Flash: 32 KB (ATmega32u4) 4 KB son para el bootloader

SRAM: 2 KB (ATmega32u4)

EEPROM (interno): 1 KB (ATmega32u4)

EEPROM (externo): 512 KB (I2C)

Velocidad de reloj: 16 MHz

Teclado: 5 teclas

Perilla: Potenciómetro conectado a un pin análogo

LCD a color: Comunicación SPI

Compás digital: Posee la desviación desde el norte geográfico en grados

Arduino Yun



Microcontrolador AVR Arduino: ATmega32u4

Voltaje de funcionamiento: 5 V

Pines I/O digitales: 20

Canales PWM: 7

Pines de entradas análogas: 12

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA

Memoria Flash: 32 KB (de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader)

SRAM: 2.5 KB, **EEPROM:** 1 KB

Velocidad de reloj: 16 MHz

Procesador Linux: Atheros AR9331

Arquitectura: MIPS @400MHz

Ethernet: IEEE 802.3 10/100Mbit/s

WiFi: IEEE 802.11b/g/n

USB Tipo A: 2.0

Arduino Robot



Arduino Esplora

Microcontrolador: ATmega32u4

Voltaje de funcionamiento: 5 V

Memoria Flash: 32 KB de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 2.5 KB

EEPROM: 1 KB

Velocidad de reloj: 16 MHz

4 Push buttons

Joystick analógica con un push button central

Potenciometro lineal, Micrófono

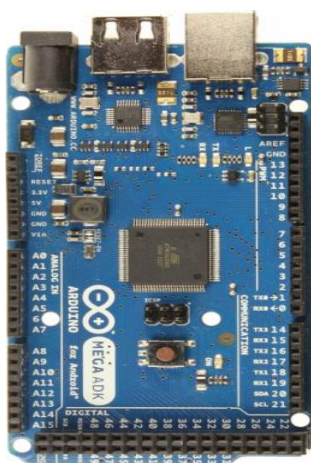
Fotorresistor

Sensor de temperatura

Acelerómetro de 3 ejes

Buzzer

Led RGB



Arduino Mega ADK

Microcontrolador: ATmega2560

Voltaje de funcionamiento: 5 V

Pines I/O digitales: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)

Pines de entradas analógicas: 16

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA

Memoria Flash: 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 8 KB

EEPROM: 4 KB

Velocidad de reloj: 16 MHz



Arduino Mini

Microcontrolador: ATmega328

Voltaje de funcionamiento: 5 V

Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)

Pines de entradas analógicas: 8

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Memoria Flash: 32 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 2 KB, **EEPROM:** 1 KB

Velocidad de reloj: 16 MHz



Arduino Ethernet

Microcontrolador: ATmega328

Voltaje de funcionamiento: 5 V

Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 4 proveen salida PWM)

Pines de entradas análogas: 6

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA

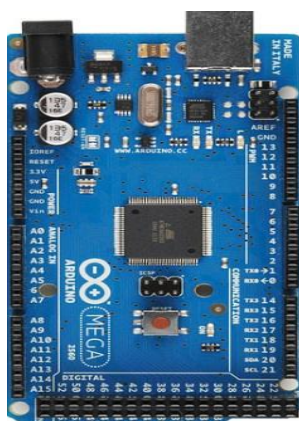
Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 2 KB (ATmega328)

EEPROM: 1 KB (ATmega328)

Controlador embebido Ethernet W5100 TCP/IP

Tarjeta MicroSD, con adaptadores activos de voltaje1



Arduino Mega 2560

Microcontrolador: ATmega2560

Voltaje de funcionamiento: 5 V

Pines I/O digitales: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)

Pines de entradas análogas: 16

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA

Memoria Flash: 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 8 KB (ATmega328)

EEPROM: 4 KB (ATmega328)



Arduino Nano

Microcontrolador: ATmega168

Voltaje de funcionamiento: 5 V

Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)

Pines de entradas análogas: 8

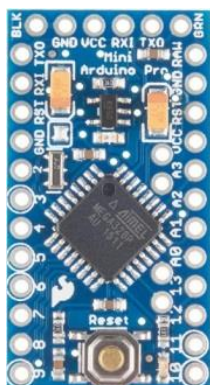
Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Memoria Flash: 16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 1 KB

EEPROM: 512 bytes

Velocidad de reloj: 16 MHz



Arduino Mini Pro

Microcontrolador: ATmega168

Voltaje de funcionamiento: 3.3 V

Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)

Pines de entradas análogas: 8

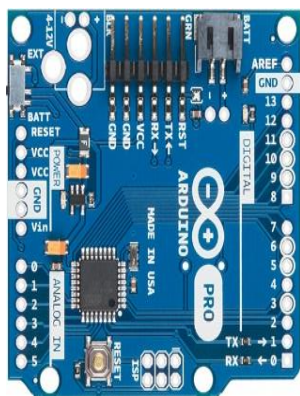
Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Memoria Flash: 16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 1 KB

EEPROM: 512 bytes

Velocidad de reloj: 8 MHz



Arduino Pro

Microcontrolador: ATmega168

Voltaje de funcionamiento: 3.3 V

Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)

Pines de entradas análogas: 6

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Memoria Flash: 16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 1 KB

EEPROM: 512 bytes



Arduino Micro

Microcontrolador: ATmega32u4

Voltaje de funcionamiento: 5 V

Pines I/O digitales: 20

Canales PWM: 7

Pines de entradas análogas: 12

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA

Memoria Flash: 32 KB (ATmega32u4) de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 2.5 KB (ATmega32u4)

EEPROM: 1 KB (ATmega32u4)

Velocidad de reloj: 16 MHz



Arduino Fio

Microcontrolador: ATmega328P

Voltaje de funcionamiento: 3.3 V

Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)

Pines de entradas análogas: 8

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Memoria Flash: 32 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 2 KB

EEPROM: 1 KB

Velocidad de reloj: 8 MHz



Arduino LilyPad Simple

Microcontrolador: ATmega32u4, **Voltaje** 3.3 V

Pines I/O digitales: 9

Canales PWM: 4

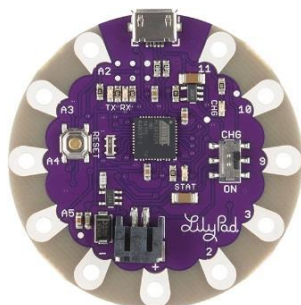
Pines de entradas análogas: 4

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Memoria Flash: 32 KB de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 2.5 KB, **EEPROM:** 1 KB

Velocidad de reloj: 8 MHz



Arduino LilyPad USB

Microcontrolador: ATmega328

Voltaje de funcionamiento: 2.7-5.5 V

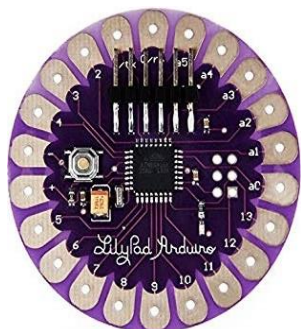
Pines I/O digitales: 9 (de los cuales 5 proveen salida PWM)

Pines de entradas análogas: 4

Memoria Flash: 32 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 2 KB, **EEPROM:** 1 KB

Velocidad de reloj: 8 MHz



Arduino LilyPad

Microcontrolador: ATmega168V, **Voltaje** 2.7-5.5 V

Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)

Pines de entradas análogas: 6

Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

Memoria Flash: 16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader

SRAM: 1 KB, **EEPROM:** 512 bytes

Velocidad de reloj: 8 MHz

3.1.8 Partes de Arduino Uno

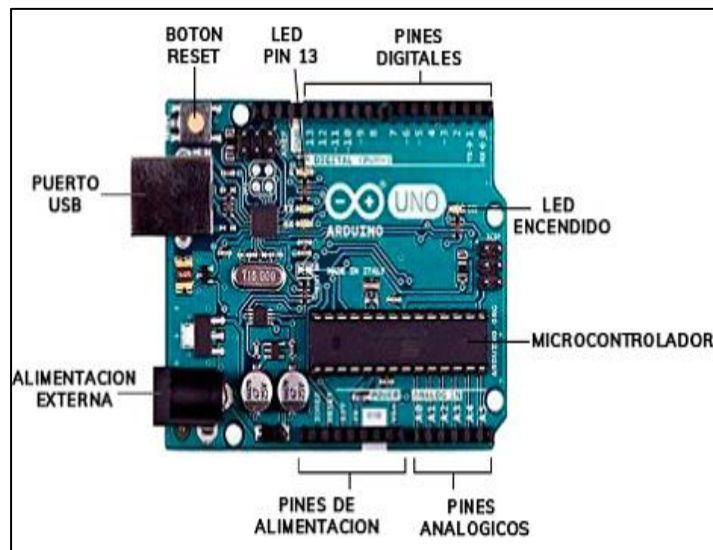


Figura 11. Partes de Arduino Uno. Información tomada de www.arduinohobby.com. Elaborado por el autor

3.2 Puerto USB

Por medio de este puerto se puede conectar nuestro Arduino Uno a la computadora, ya sea para su respectiva programación o para su alimentación de voltaje, ya que por medio de este puerto nos evitamos a adquirir un alimentador adicional como lo es el cargador.

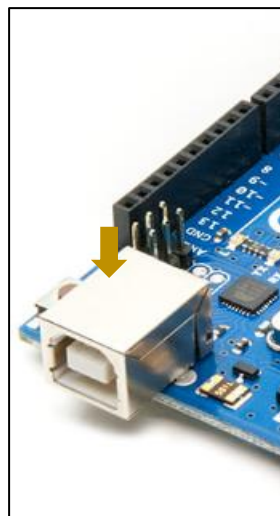


Figura 12. Puerto USB Tipo B. Información tomada de www.aprendiendoarduino.wordpress.com. Elaborado por el autor

3.3 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es la carga principal de esta placa, ya que por medio de este conector lo independizamos de una computadora, también existen otras formas de alimentación, es la de colocar un porta pilas y enchufarlo en el orificio señalado.

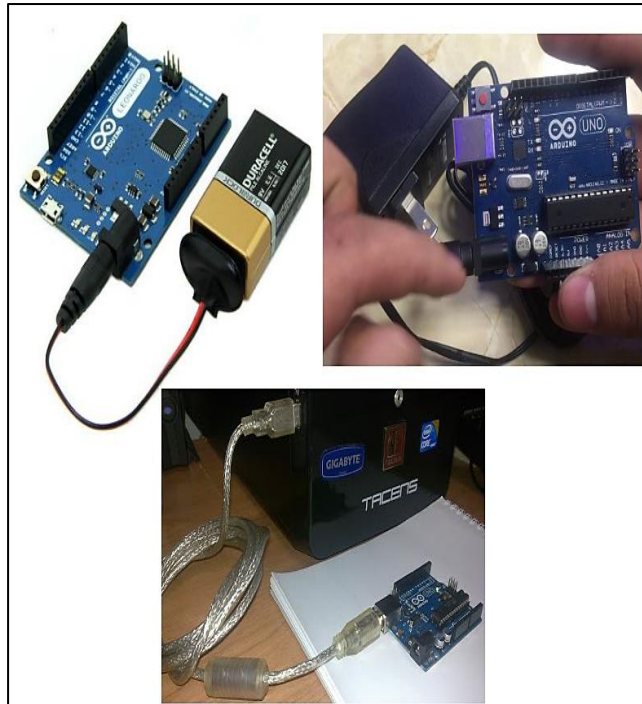


Figura 13. Formas de alimentación del Arduino Uno. Información tomada del teléfono móvil Samsung J2 Prime. Elaborado por el autor

3.4 Botón Reset (Reseteo)

Este botón cumple con su función de restablecer a su estado original lo programado en el Microcontrolador, por lo tanto no borra solamente lo restablece a su estado original de fábrica. También se puede usar este botón de reseteo en caso de volver a guardar otra programación para diferentes proyectos.

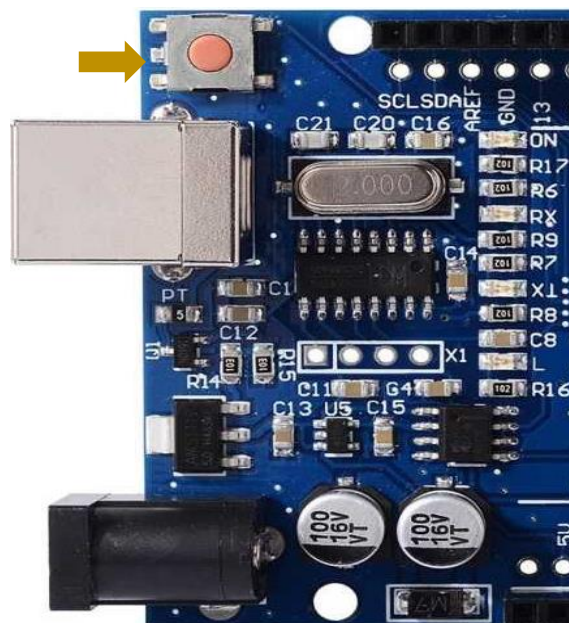


Figura 14. Botón Reset. Información tomada de www.robotistan.com. Elaborado por el autor

3.5 Microcontrolador

El Microcontrolador es la parte física, programable de la placa Arduino, es un integrado ATmega328 que tiene la capacidad de almacenar hasta 1kb, esto ha hecho que se convierta en un estándar en el mundo de la programación con este tipo de placa y prototipo deseado, por otro lado los micro controladores varían dependiendo del modelo.

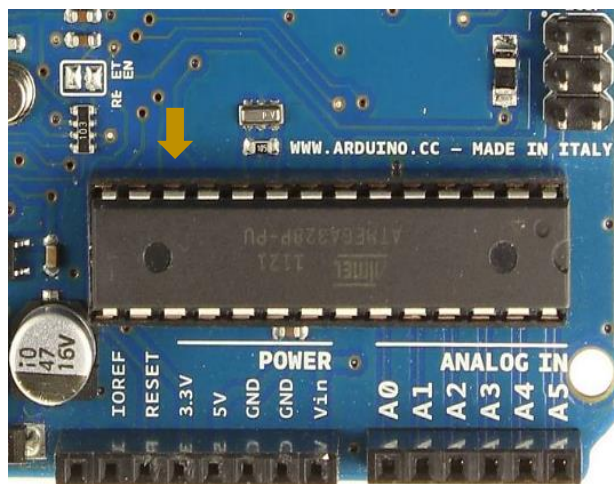


Figura 15. Microcontrolador ATmega328. Información tomada de www.fabricadigital.org. Elaborado por el autor

3.6 Tipos de pines

Estos pines pueden procesar voltaje de hasta 5v y 0v, también se los llaman pines digitales ya que estos 2 voltajes son fundamentales para la electrónica digital. A partir de ellos y una serie de compuertas lógicas se alcanzan a ensamblar circuitos capaces de realizar acciones complejas para su funcionamiento.

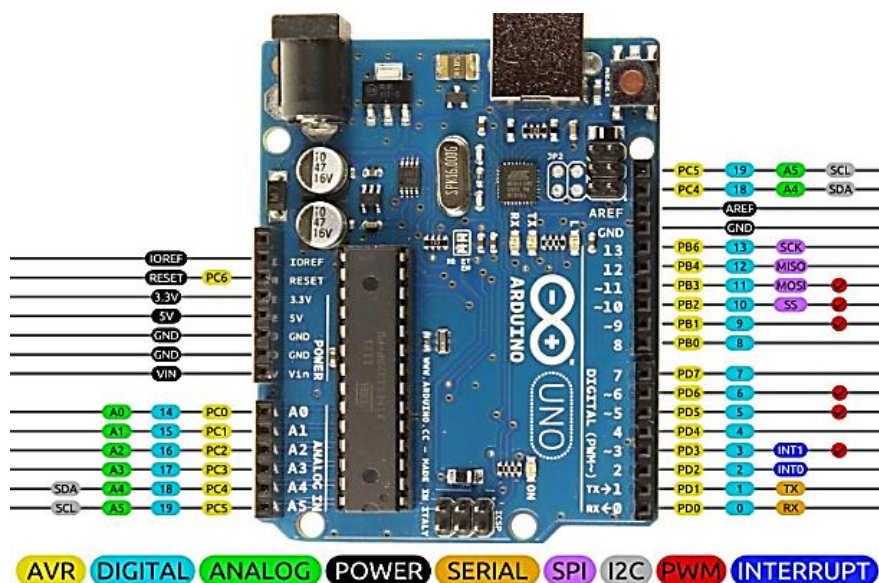


Figura 16. Tipos de pines. Información tomada de www.arduino.stackexchange.com. Elaborado por el autor

3.7 Sensor GP2Y10

Es un sensor efectivo que ayuda a detectar las partículas de polvo, polen y pelusa en el aire, puede detectar de hasta 0.5 micras. Este sensor de detección optima en su interior se compone de un diodo emisor de infrarrojos (IRED), y también por un fototransistor que se encuentran colocados de forma diagonal, por esta razón es capaz de detectar las reflexiones de la luz sobre las partículas que rondan en el aire.

Bajo patrones de impulsos basado en la comprobación el voltaje de salida (V_o) cada 10ms averigua las interrupciones que se interrumpe la comunicación entre el infrarrojo y el fototransistor se da a conocer la densidad y la concentración de partículas

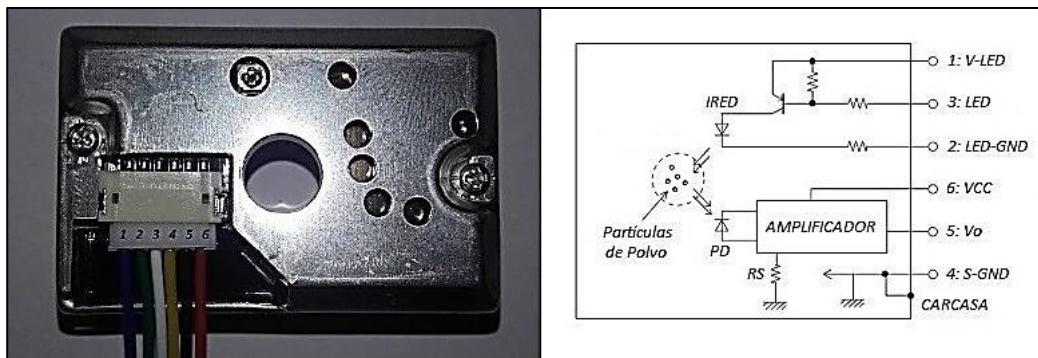


Figura 17. Sensor GP2Y10. Información tomada de www.miarduinounotieneunblog.blogspot.com.
Elaborado por el autor

Por medio de la siguiente grafica nos podemos orientar a cada momento la concentración de partículas de polvo por millón que circulan en el aire.

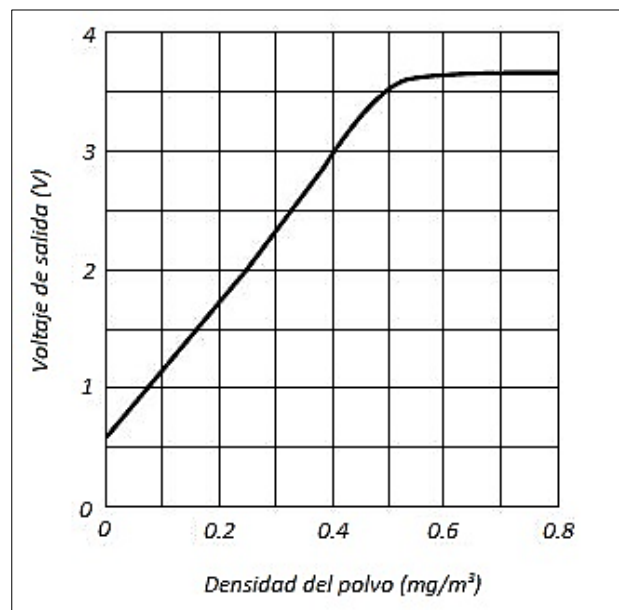


Figura 18. Densidad del polvo. Información tomada de www.miarduinounotieneunblog.blogspot.com.
Elaborado por el autor

3.7.1 Funcionamiento interno del Sensor GP2Y10

La luz Led que proviene de la parte interna, también trae un detector de luz o fotodiodo es colocado delante del lente para cortar la luz o detectarla. Al detectar el polvo se emite una interferencia y cuando esto sucede el artefacto opera y detecta en proporción de cantidad de luz, esto hace que la salida de la tensión varié.

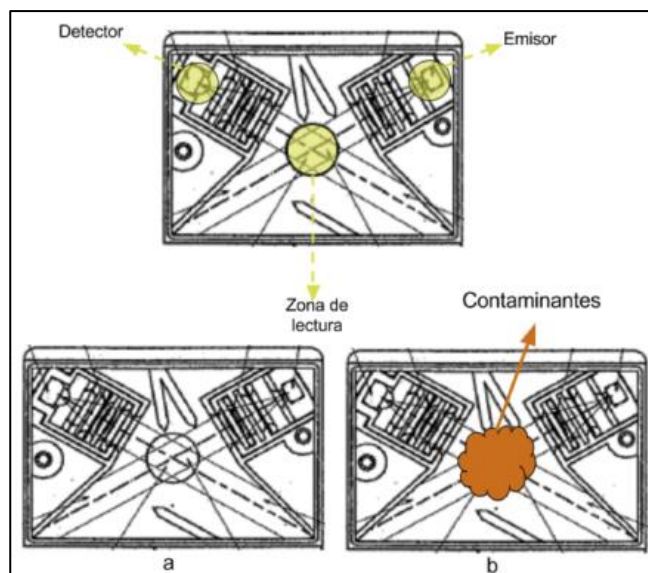


Figura 19. Parte interna del sensor GP2Y10. Información tomada de www.miarduinotieneunblogspot.com. Elaborado por el autor

3.8 Módulo LCM 1602 I2C

Es un módulo que ayuda a expandir las funcionalidades de una LCD, permite la conexión y la comunicación gracias a su interfaz I2C de 4 pines, se logra la comunicación adecuada y sacar provecho a las funcionalidades de la pantalla LCD.

La particularidad de este módulo es indispensable porque nos facilita la conexión de un módulo LCD, gracias a este módulo evitamos múltiples conexiones en un Display, dependiendo del modelo se usa un LCM diferente.

En este caso este módulo LCM es de 16 pines, por lo tanto los segmentos del Display deben coincidir para el correcto manejo así evitamos fallas o malas conexiones al momentos de hacer las pruebas.

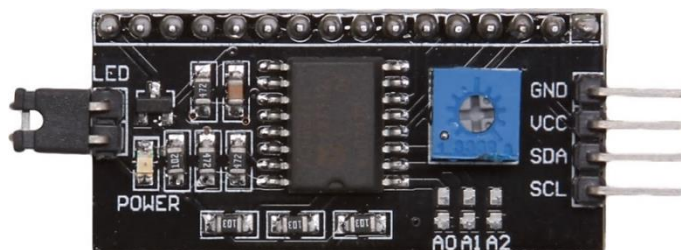


Figura 20. Módulo LCM 1602 I2C. Información tomada de www.electroship.com. Elaborado por el autor

3.9 Display LCD

Es un módulo de pantalla LCD con interfaz de I2C, sirve para mostrar 16x2 caracteres en 2 líneas, dependiendo de la pantalla LCD mostrará un fondo de luz amarillo, color blanco Char o azul, compatible con Arduino, voltaje de alimentación 5v.

Este módulo LCD va junto a un conector LCM cuya función es adaptarlo para la salida de cuatro pines como es el Gnd, Vcc, Sda y el Scl, esto facilita el manejo del Display para una correcta conexión y funcionalidad.

Este tipo de Display tiene una particularidad especial ya que en la parte trasera se trae un regulador de brillo o calibrador para poder visualizar de forma clara el resultado por pantalla.

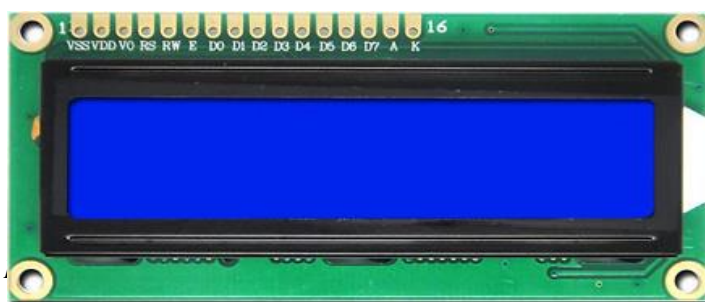


Figura 21. Display LCD. Elaborado por el autor

4.6 Marco Legal Ambiental

4.6.1 Ministerio del Ambiente Plan Nacional de la Calidad del Aire

Resumen Ejecutivo

El Plan Nacional de Calidad del Aire surge de la necesidad de cumplir la Constitución de la República del Ecuador. Esta establece que el Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza y alcanzar las metas establecidas en el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013.

La situación de la gestión ambiental de la calidad del aire en el país presenta profundas falencias, de acuerdo con estudios oficiales publicados por la SENPLADES en el año 2007, la gestión ambiental presenta problemas tales como: la falta de seguimiento de convenios suscritos, dispersión legislativa, dispersión de jurisdicción y competencias, debilidad institucional y presupuestaria del MAE. Adicionalmente, los diferentes entes involucrados en la gestión ambiental del aire mantienen información dispersa, escasa y poco confiable.

Es indispensable para el Ecuador que las acciones desarrolladas por diferentes instituciones en apoyo a la gestión de la calidad del aire, se encuentren enmarcadas en las políticas y estrategias de la calidad ambiental que el Ministerio del Ambiente, ha determinado en el ámbito nacional para la sustentabilidad ambiental del desarrollo del país, con este motivo el Ministerio del Ambiente del Ecuador MAE ha elaborado el PLAN NACIONAL DE LA CALIDAD DEL AIRE PNCA, el mismo que servirá de marco para una adecuada regulación, seguimiento, control, y coordinación de los actores involucrados en la gestión de la calidad del aire.

Figura 22. Resumen ejecutivo. Información tomada de www.ambiente.gob.ec. Elaborado por el autor

En este libro El Ministerio de Ambiente y su plan de la calidad del aire acota que el Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y equilibrado, sin embargo dentro de este campo existen muchas falencias como la falta de seguimiento de este tipo de estudio ya que existe información escasa y poco confiable.

Debido a las malas gestiones esto ha ocasionado un enorme retraso en los estudios ambientales, como el medio ambiente, el estudio de partículas circulantes en la ciudad, el Ecuador las acciones que toma respecto al medio ambiente es muy escasa, por lo tanto es indispensable tomar acciones inmediatas.

Se prevé un plan de desarrollo ambiental por parte del Ministerio del Ambiente del Ecuador MAE, que en su informe ha elaborado el Plan Nacional de la Calidad del Aire PNCA.

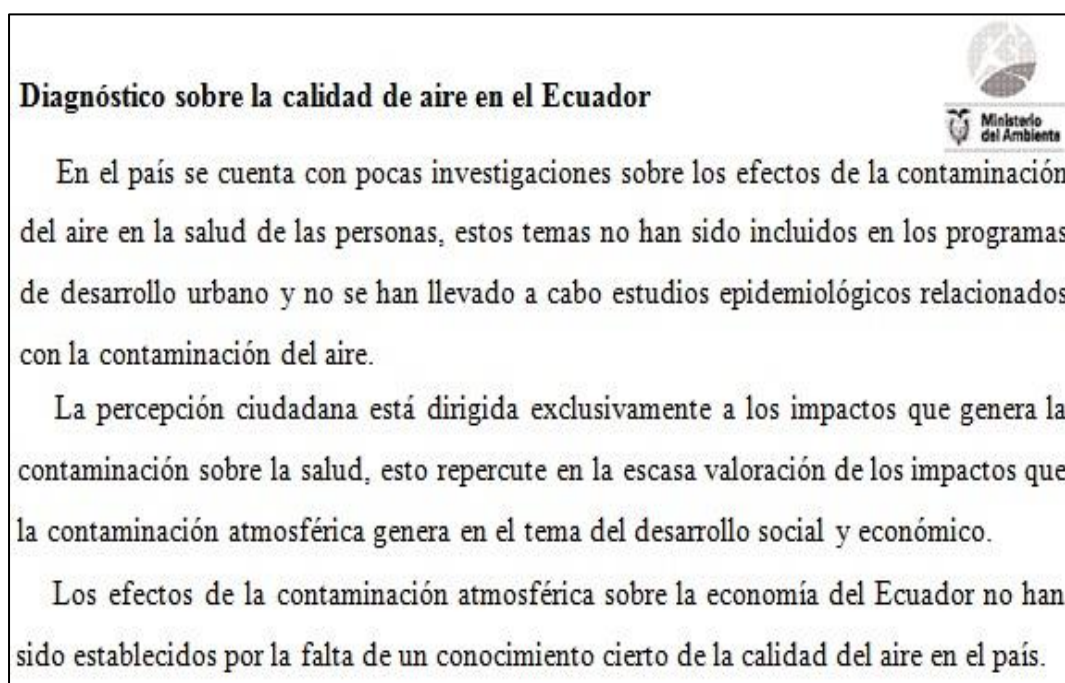


Figura 23. Diagnóstico sobre la calidad del aire en el Ecuador. Información tomada de www.ambiente.gob.ec.
Elaborado por el autor

Por otro lado el **Art. 14** de la Constitución de la República del Ecuador nos menciona que a la población se les reconocerá el derecho al buen vivir, en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, también declara que preservará y recuperará el entorno de sus habitantes para su buen vivir.


En la actual constitución de la República del Ecuador se establecen normativas para preservar las condiciones ambientales, sin embargo en la práctica no se refleja lo mencionado, es Estado debe otorgar programas para iniciar campañas de medio ambiente,

sobre todo los contaminantes en la población por partes de las industrias que son unas de las mayores fuentes que emanan material particulado y tóxicos en la atmosfera.

Los impactos ambientales bajo la estipulación del Art. 14 también nos indica que estos caso de contaminación genera gastos económicos para el Estado ecuatoriano ya que para llevar a cabo un estudio de investigación acerca de este problema generaría gastos muy altos, por esta razón pienso que a falta de financiamiento para estos estudios generan una desconfianza en la población por parte del Estado.

Sin embargo, en la actualidad tampoco se muestra interés acerca de la preocupación ambiental ya que los problemas persisten no se toman precauciones para estos daños ambientales que son tanto perjudiciales para el ecosistema y la salud humana que son los casos más notorios.

Financiamiento del Plan Nacional de Calidad del Aire



Ministerio
del Ambiente

Los costos de la implementación del PNCA deben ser financiados por la sociedad en su conjunto, el Estado asume los costos a través del gobierno nacional y los gobiernos locales como entes reguladores como parte del presupuesto general del estado y presupuesto de los gobiernos locales así como recursos provenientes de la cooperación internacional o de los organismos multilaterales de crédito, las empresas o personas objeto de las regulaciones asumen los costos de remediar los daños o prevenir el deterioro del recurso aire.

El PNCA busca integrar recursos, además de esfuerzos, para la consecución de los objetivos del mismo. Para este efecto se proponen las siguientes formas de financiamiento:

- Adaptar de manera preferencial todos los recursos de los que se disponga a nivel nacional a ejecutar y fortalecer los programas propuestos en el PNCA
- Establecer acciones, mediante convenios interinstitucionales, entre todos los involucrados, para la ejecución, financiamiento y fiscalización de proyectos y/o programas que apunten fortalecer el PNCA.
- Lograr vínculos con entidades de apoyo y remediación del medio ambiente, organismos multilaterales de crédito, entidades de cooperación internacional, la Red Intergubernamental de Contaminación Atmosférica en América latina y el Caribe, ONG tanto nacionales como internacionales las cuales cuentan con los recursos, el conocimiento y varias buenas prácticas que pueden ser un apoyo a la consecución de los objetivos del PNCA.

Figura 24. Calidad del aire en el Ecuador. Información tomada de www.ambiente.gob.ec. Elaborado por el autor

Según el texto legislativo del Ministerio del Ambiente libro IV, anexo 4 nos indica que la norma tiene como objetivo preservar la salud de los habitantes respecto a la calidad del aire y medio ambiente, también propone el bienestar de los ecosistemas en general.

Para que este objetivo se pueda cumplir la norma establece límites máximos permitidos de contaminantes en el ambiente y a nivel de suelo, esta norma también establece métodos y procedimientos que son destinados a la determinación de la concentración de contaminantes en el medio ambiente.

La norma también considera algunas definiciones establecida dentro de su reglamento la ley de Prevención y control de la Contaminación, la composición es de por lo menos el 20% de oxígeno y un 70% de nitrógeno. (JIMÉNEZ, 2016, p.23)

Capítulo III

Metodología

4.7 Procedimiento Metodológico

La realización de este capítulo tiene como objetivo brindar una explicación detallada de cada una de los pasos que se realizaron para el desarrollo de este proyecto.

Se recopilan datos para tener una visión amplia de la problemática mediante el uso de encuestas, esta información obtenida debe ser precisa e interpretable para dar respuestas, interrogantes de la situación actual.

En la realización de este dispositivo primero necesitará una Raspberry Pi con una instalación de Raspian (Raspian Jessie), para interactuar con los sensores, la Raspberry Pi debe estar configurada para permitir conexiones a través de GPIO usando I2C y Serial.

Esto se puede hacer usando la herramienta de configuración con el comando `sudo raspi-config`.

Los datos son recopilados por el sensor de partículas PMS5003 y se combinan con las lecturas de temperatura, humedad y presión del aire. Estos datos luego se transfieren en una herramienta informática donde se visualizan en un panel mostrando sus resultados.

La mayoría de las soluciones son demasiado costosas o demasiado pesadas para transportar. El dispositivo será de bajo costo y liviano, lo que llevará el monitoreo de la calidad del aire para pacientes que se encuentren en el área de terapias respiratorias.

Esto le permitirá reconocer la importancia del aire que respiramos y le dará el poder de cambiar su entorno.

4.7.1 Diseño de la Investigación

Esta investigación se realizará en el Parque Industrial Inmaconsa “Zona Industrial de Guayaquil”, este prototipo está desarrollado en el entorno bibliográfico, experimental y descriptivo, la metodología al implementar es de manera física.

En este tipo de estrategia se adopta al investigador para responder el problema que se plantea, en este tipo de investigación también se define y se justifica según el diseño o estrategia a emplear. Existen 3 formas de investigación según la estrategia que se vaya a emplear.

4.7.2 Investigación Documental

Este tipo de investigación es una parte esencial dentro de un proceso de investigación científica, esta parte constituye una estrategia donde se observa y reflexiona

sistematicamente las realidades, ya sean teoricas o no, para ello usando diferentes tipos de documnetacion, indagar e informarse sobre un tema determinado de cualquier tipo de ciencia, para ello se utiliza metodologia de analisis teniendo como meta el desarrollo y la creacion cientifica.

Baena (1985) “la investigación documental es una técnica que consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información,. Garza (1988) presenta una definición más específica de la investigación documental. Este autor considera que ésta técnica “...se caracteriza por el empleo predominante de registros gráficos y sonoros como fuentes de información..., registros en forma de manuscritos e impresos. Franklin (1997) define la investigación documental aplicada a la organización de empresas como una técnica de investigación en la que “se deben seleccionar y analizar aquellos escritos que contienen datos de interés relacionados con el estudio.

Figura 25. Investigación documental según los autores. Información tomada de www.slideshare.com.
Elaborado por el autor

4.7.3 Características de la investigacion documental

- Este tipo de insvestigacion se caracteriza por recolectar, seleccionar y analizar documnetos, y su objetivo final es presentar resultados coherentes.
- Se utiliza un procedimiento logico y mental para toda la investigacion, este tipo de procedimiento analiza, sintetiza, deduce e induce, etc.
- Se realiza una recopilacion adecuada, los datos permiten volver a descubrir los hechos y a sugerir problemas.
- Se considera una parte fundamental del proceso para la investigacion cientifica, logra una investigacion mucho más amplia y acabada.
- Se realiza una investigacion ordenada cuyos objetivos son precisos, con la unica finalidad de ser la base del conocimiento.
- Se basa en usar diferentes tecnicas, tecnica de localizacion, tecnica de fijacion de datos y analisis de documnetos y de contenidos.

4.7.4 Investigación de campo

Este tipo de investigación se apoya en información proveniente de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones. Es un método cualitativo que sirve para la

recolección de datos que va encaminado a comprender, observar e interactuar con los habitantes en su entorno natural.

Cuando se habla de este tipo de campo se investiga estando en el lugar de los hechos, y participar en la vida cotidiana de los habitantes en el lugar que se está estudiando.

4.7.5 Características de la investigación de campo

- Es una investigación muy importante porque permite visualizar lo que las personas hacen, y no lo que estas personas dicen lo que hace.
- Se puede descubrir cualquier tipo de problema o ineficiencia.
- Se recopila de Fuentes originales, esto proporciona un control más alto de la cantidad de datos recopilados y ayuda a tomar decisiones precisas.

4.7.6 Investigación experimental

En este tipo de investigación se encarga de la parte práctica de cada proceso, determina las mejoras para realizar los cambios adecuados para un óptimo funcionamiento del dispositivo, también podemos decir que se trata de una experimentación porque precisamente el investigador provoca una situación para manipular determinadas variables.

4.7.7 Metodología Descriptiva

Es aquella que determina por medio de la encuesta los conocimientos de la población, con toda esta información también permitirá la aceptación, la implementación de dicho dispositivo la cual permitirá el monitoreo de la calidad del aire.

Con esta encuesta se recolectara las opiniones y se verificara la aceptación y expectativas de la población encuestada, después de haber realizado la encuesta se obtiene la información de parte de la población, para verificar sus conocimientos acerca de este dispositivo.

4.7.8 Análisis Cuantitativo

Por medio de este análisis cuantitativo se obtendrá la información y se mostraran valores numéricos, y por medio de una fórmula matemática permitirá entender y comprender de una forma más fehaciente los valores y resultados obtenidos, también podemos decir que este tipo de análisis puede medirse como una información objetiva en lugar de una opinión, es más difícil de argumentar en contra ya que se basa en hechos.

4.7.9 Análisis Cualitativo

Por medio de este análisis cualitativo se recopilan todos los datos de la población encuestada, para así poder expresarlo de una manera de palabras y conceptos.

4.8 La Encuesta

En esta encuesta se presta de forma directa a los respondientes o encuestados, son quienes la contestan. No hay mediadores ya que las respuestas las hacen ellos mismos, se encuesta de acuerdo al criterio de cada persona, cada una responderá las preguntas elaboradas, y de esta manera se logra conocer si el dispositivo será viable o no.

4.8.1 Población y Muestra

La población es una variable que mayormente está conformada por personas, cosas y medidas que admiten ser tomadas en cuenta, poseen características que se asemejan a ser elegidas como objeto de estudio, por eso es importante escoger una población $N=21.845$ que permita y ayuden a obtener información.

4.8.2 Selección de Muestra

Para esta selección de muestra y realización de este proyecto investigativo se escogerá como población a la Cooperativa El Fortín, zona aledaña al Parque Industrial Inmaconsa, Zona Industrial de Guayaquil.

Se realizará un muestreo probabilístico con una población de $N=21.845$ personas de la Cooperativa El Fortín.

Se tiene la siguiente fórmula para la obtención de la muestra, sabiendo que el número de habitantes en la Cooperativa el Fortín.

$$n = \frac{N * Z^2_{\alpha} p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2_{\alpha} p * q}$$

Dónde:

N = Tamaño de la muestra

Z_{α} = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p = Proporción esperada (en este caso 5% =0.05)

q = $1 - p$ (en este caso $1-0.05=0.95$)

d = Precisión (en su investigación use un 5%)

$$n = \frac{(21.845) (1.96)^2 * (0.05) (0.95)}{(0.03)^2 (21845-1) + (1.96)^2 * (0.05) (0.95)}$$

$$n = \frac{3986.18822}{19.842076}$$

$$n = 200.8957238$$

$$n = 201 \text{ R//}$$

Por lo tanto se procede a realizar 201 encuestas en la población total de 21.845

Tabla N° 3 *Tabla comparativa a la palca Arduino Uno*

Característica de Arduino	Arduino UNO	Mega 2560	Leonardo	DUE
Microcontrolador	ATMega 328	ATMega 2560	ATMega 32U4	AT91SAM3X8E
Velocidad del reloj	16 MHZ	16 MHZ	16 MHZ	84 MHZ
Pines digitales E/S	14	54	20	54
Entradas analógicas	6	16	12	12
Salidas analógicas	0	0	0	2
Memoria Flash	32 kb	256 KB	32 KB	512 KB
Memoria SRAM	2 kb	8 KB	2.5 KB	96 KB
Memoria EEPROM	1 kb	4 KB	1 KB	0 K

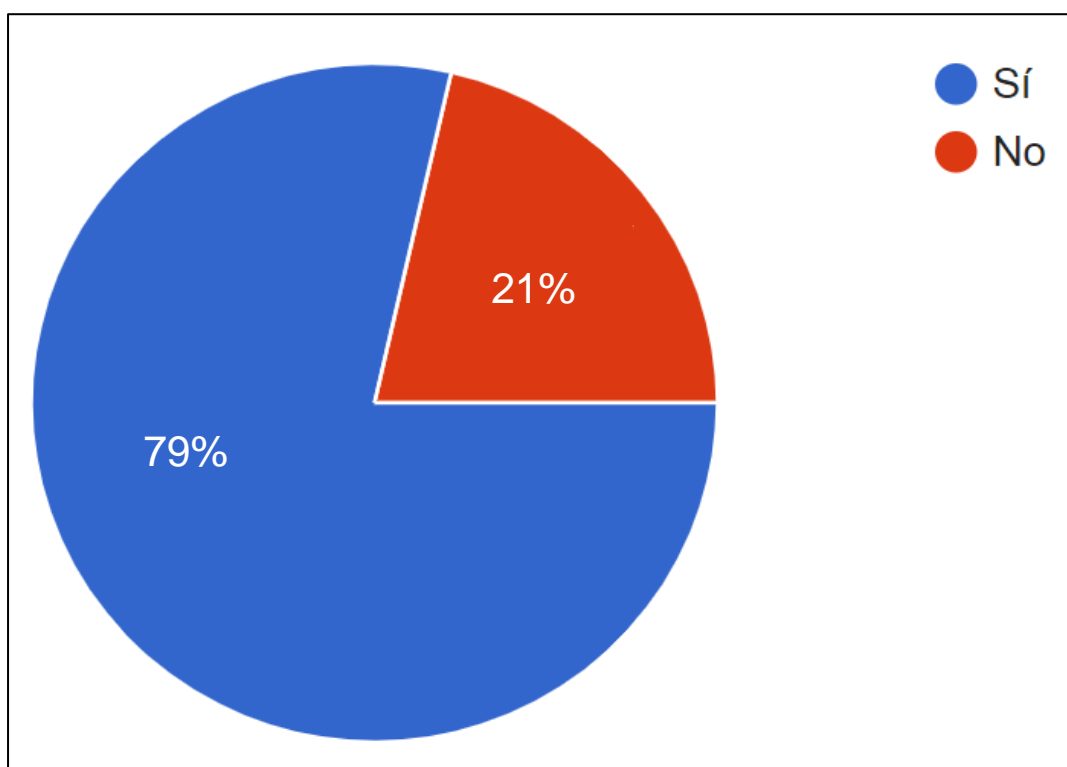
Información tomada de www.visystem.ddns.net. Elaborado por el autor

1. ¿Usted conoce algún familiar o vecino que sufra enfermedades respiratorias?

Tabla N° 4. *Personas que conocen a pacientes con enfermedades respiratorias*

Opción	Validación	F. Absoluta	F. Relativa
1	Sí	58	79%
2	No	43	21%
Total		201	100%

Información tomada de encuestas, Elaborado por el autor

**Figura 26.** *Personas conocidas. Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor*

En esta encuesta podemos apreciar que el 79% de la población encuestada si conoce a personas con enfermedades respiratorias, mientras un 21% no conoce o sabe de algún individuo que padezca esta afección. Esto nos da a entender que la población tiene un conocimiento sobre este padecimiento de enfermedades respiratorias entre sus conocidos.

Se llega a entender que los encuestados tienen conocimiento de personas con estos padecimientos, por lo tanto, los encuestado han tenido entre sus conocidos o familiares con estas causas respiratorias.

Manejar este tipo de información nos brinda más conocimiento acerca de la problemática sobre la contaminación del ambiente y ayuda aclarar y solucionar problemas entre los pobladores.

2. ¿Considera que es importante realizar un monitoreo de calidad del aire en el hogar para las personas con problemas de asma?

Tabla N° 5. *Importancia de realizar un monitoreo de calidad del aire en el hogar*

Opción	Validación	F. Absoluta	F. Relativa
1	Sí	201	100%
2	No	0	0%
Total		201	100%

Información tomada de encuestas, Elaborado por el autor

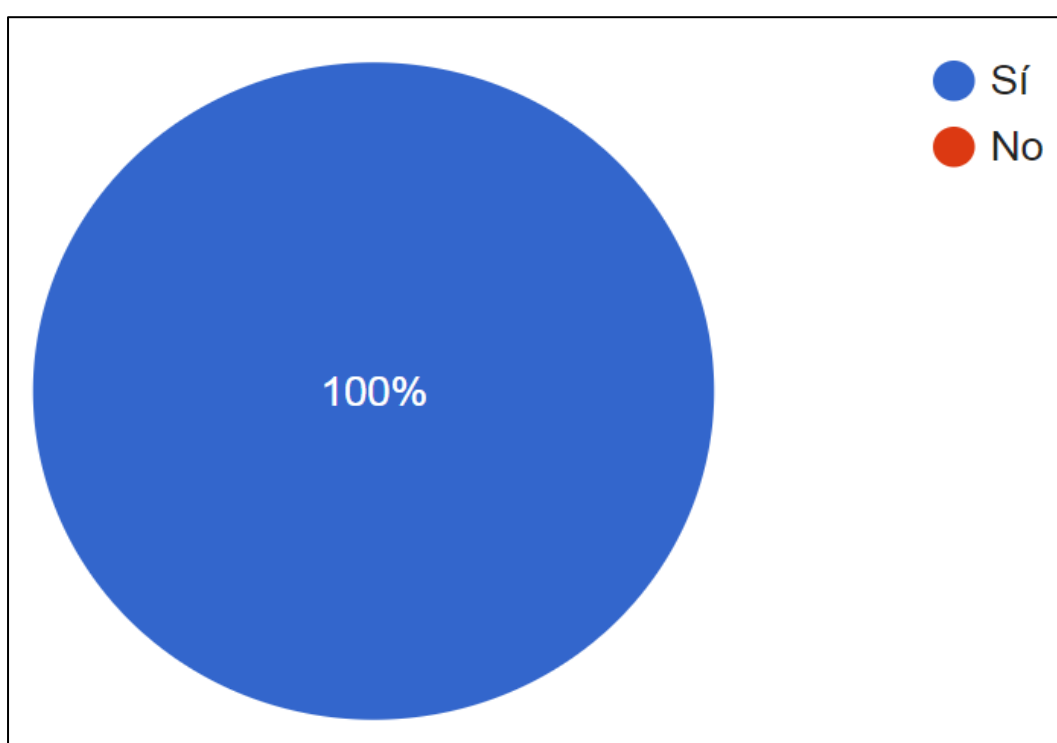


Figura 27. *Monitoreo de la calidad del aire en el hogar. Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor*

Esta pregunta fue muy concreta entre los encuestados, por ello se refleja una aceptación del 100%, ya que un monitoreo de la calidad del aire en el hogar es muy vital y de gran ayuda para esta clase de pacientes, es algo inevitable que alguien se oponga a la realización de este monitoreo para la mejoría de su salud. Esto nos da a entender que las personas e involucrarían en esta clase d estudio.

Sobre todo esta clase de pregunta ayuda a que las demás personas que habitan en el hogar también mejoren su calidad del ambiente y que puedan respirar aire puro libre de partículas.

3. ¿Usted ha sufrido algún problema respiratorio debido a vivir cerca de una zona Industrial, la cual emana contaminantes en el medio ambiente?

Tabla N° 6. *Riesgo de contraer una afección debido a vivir cerca de zonas Industriales*

Opción	Validación	F. Absoluta	F. Relativa
1	Sí	174	87%
2	No	27	13%
Total		201	100%

Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor

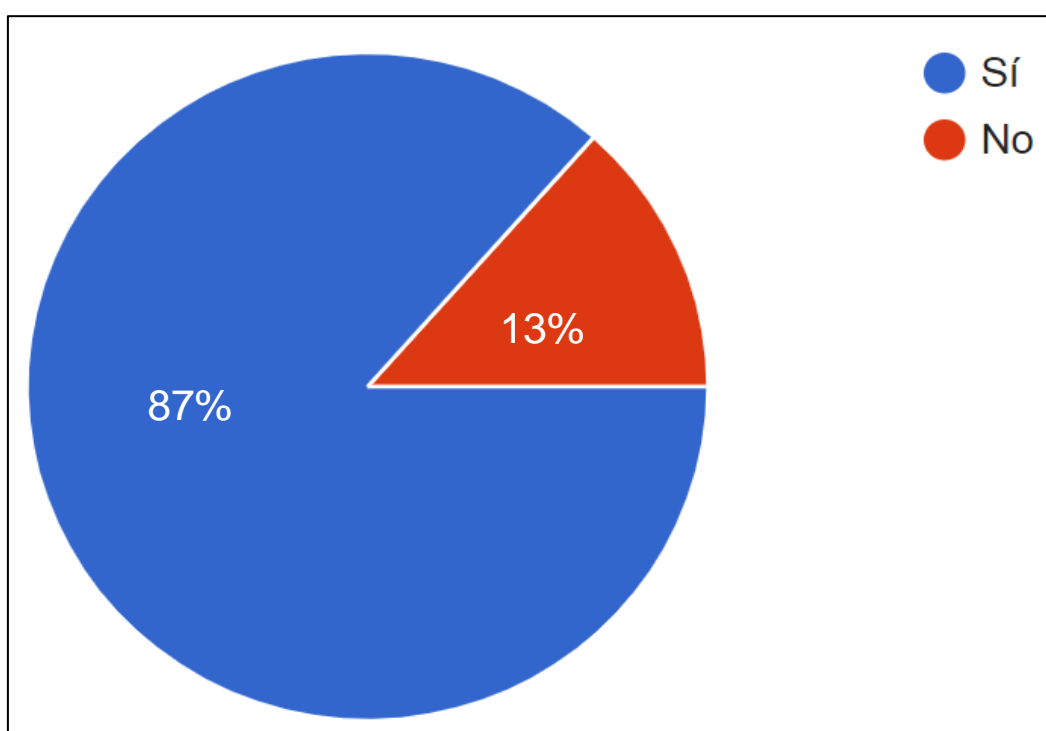


Figura 28. *Riesgo de contraer una enfermedad respiratoria. Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor*

Debido a contraer una enfermedad respiratoria al vivir cerca de zonas industriales la población encuestada da un considerable resultado de un 87% a favor, que sí es un problema vivir cerca de estas zonas, y un 13% argumenta que al menos no han tenido problema al vivir en zonas Industriales, por esta razón consideramos que el riesgo es muy alto y las autoridades Gubernamentales deberían hacer algo para bajar este índice mayor.

Por obvias razones las zonas industriales han sido una de las mayores causas de contaminantes en el ambiente y también a medida que la población crece, estas industrias aumentan la demanda de producción haciendo que la contaminación aumente.

4. ¿Según su grado de conocimiento sobre la enfermedad del asma, que tan peligroso lo considera para la salud humana?

Tabla N° 7. *Nivel de peligrosidad del asma*

Opción	Validación	F. Absoluta	F. Relativa
1	Sí	153	76%
2	No	48	24%
Total		201	100%

Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor

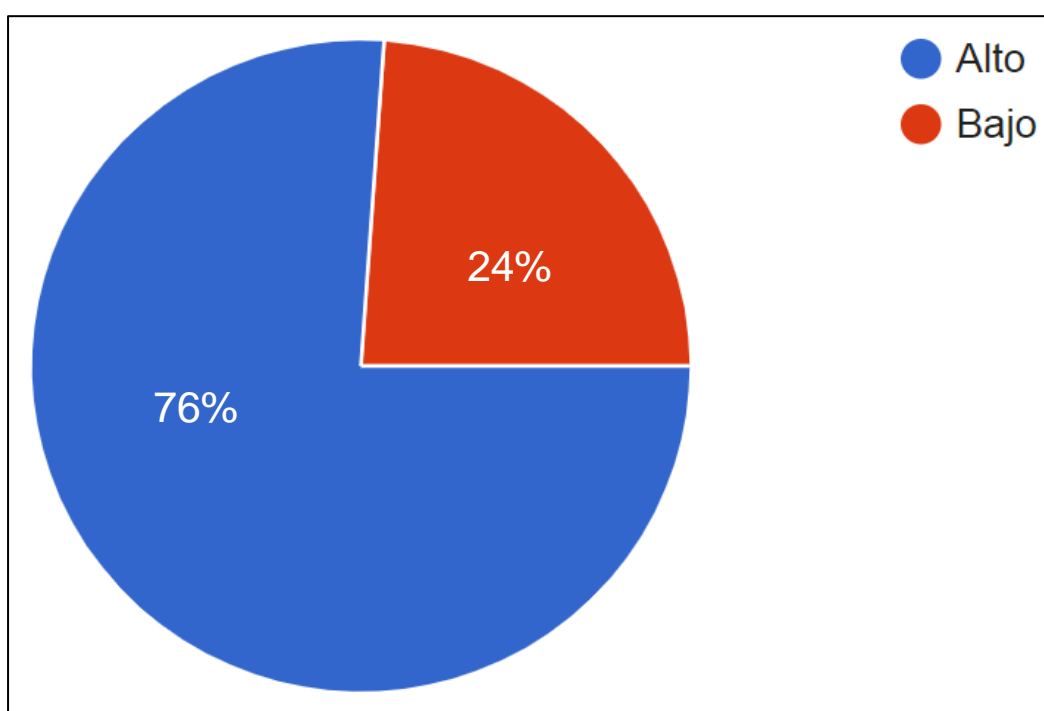


Figura 29. *Nivel de peligrosidad del asma. Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor*

Según los encuestados el asma si es una enfermedad peligrosa, al menos así lo considera sus resultados de un 76% de la población, y un 24% considera que no. Por otro lado, los informes médicos dan a conocer que esta enfermedad debe ser tratada para no prolongarla ya que podría agravarla y evolucionar otras enfermedades.

Este mal de padecimiento de asma aqueja tanto a personas menores de edad y adultos mayores, por lo tanto las medidas de precaución deben ser más rigurosas en ambos pacientes, por otro lado se debe hacer conciencia y valorar más el entorno que nos rodea así prevenir futuros riesgos en la salud.

5. ¿Según su experiencia, considera beneficioso que el monitoreo de la calidad del aire se deba realizar de forma?

Tabla N° 8. *Beneficios periódicos para monitorear la calidad del aire*

Opción	Validación	F. Absoluta	F. Relativa
1	Diario	145	72%
2	Semanal	49	24%
3	Quincenal	1	1%
4	Mensual	6	3%
5	Anual	0	0%
Total		201	100%

Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor

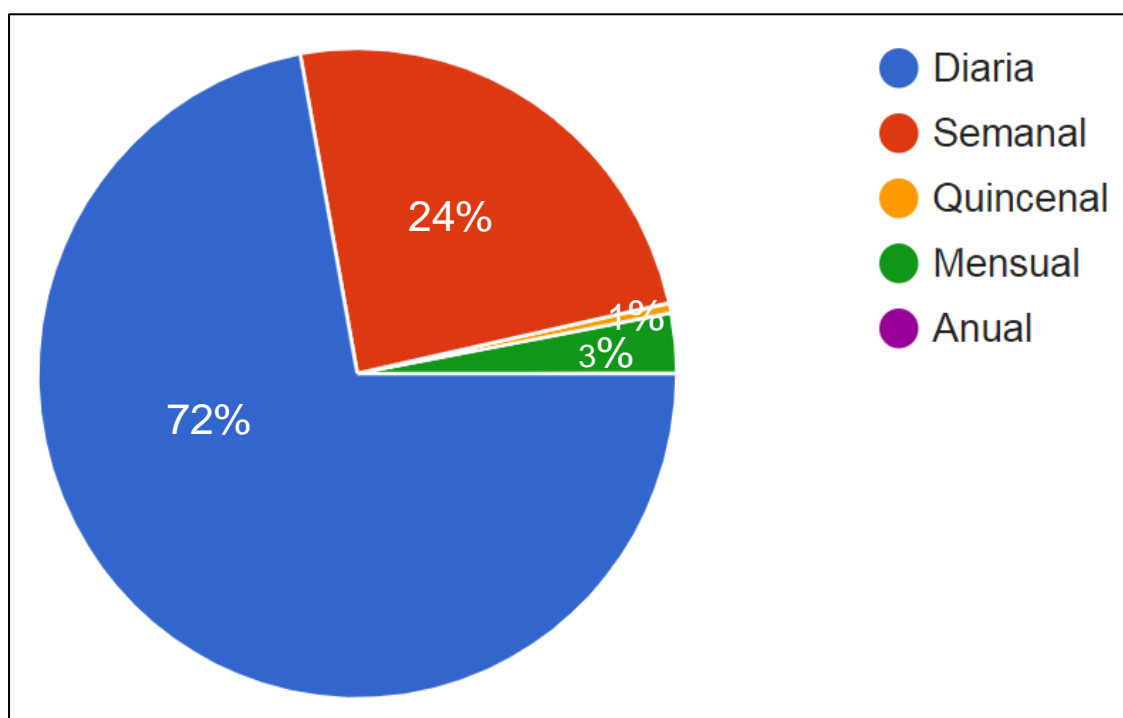


Figura 30. *Beneficio de un monitoreo periódico. Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor*

La población encuestada nos da un 72%, que el monitoreo de la calidad del aire sea de forma diaria, ya que sería muy beneficioso en ese periodo, mientras un 26% indica que se lo debería realizar semanal, esto también dependería de la disponibilidad del paciente.

Los beneficios sobre un monitoreo de la calidad del aire sobre todo de forma diaria, ayuda a beneficiar al paciente, de forma que se le va haciendo un hábito al momento de la limpieza y que pueda permanecer en un área muy limpia para que así pueda mejorar su salud.

6. ¿Conoce usted, alguna empresa pública o privada encargada del monitoreo de la calidad del aire en el país?

Tabla N° 9. Existencia de alguna entidad encargada para el monitoreo de la calidad del aire.

Opción	Validación	F. Absoluta	F. Relativa
1	Sí	6	24%
2	No	95	76%
Total		201	100%

Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor

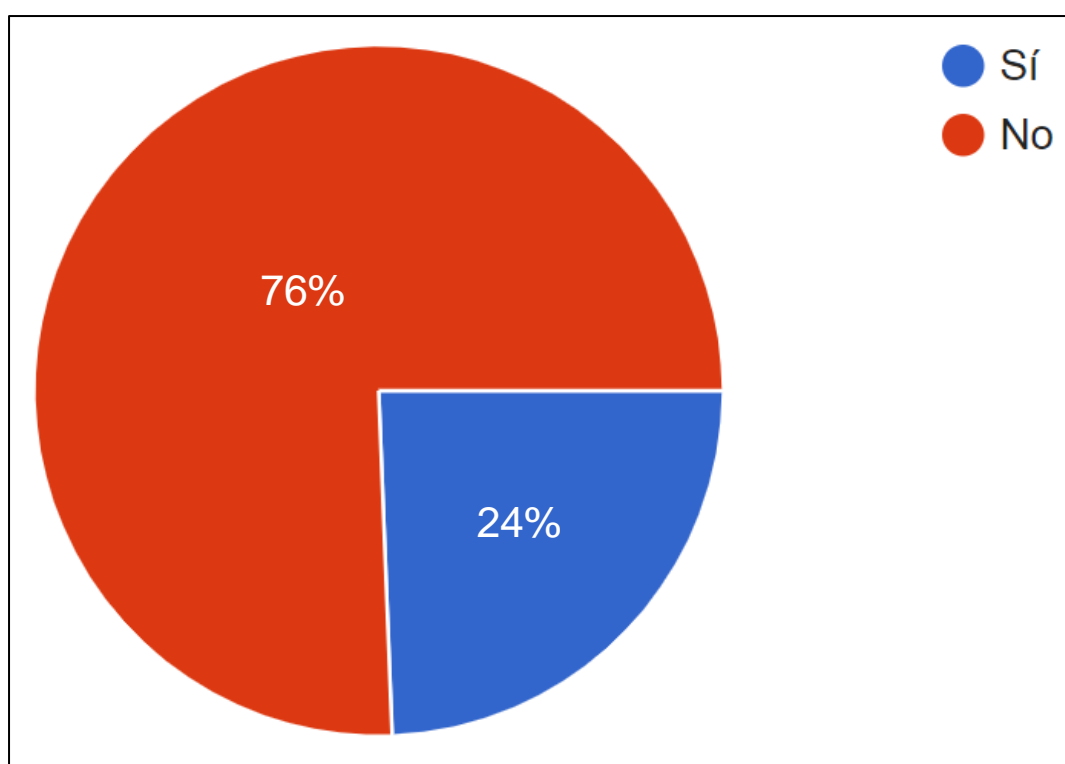


Figura 31. Existencia de entidad encargada para el monitoreo de la calidad del aire. Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor

En esta encuesta la gráfica nos indica que un 97% desconoce la existencia de una entidad que realice este tipo de monitoreo, por lo tanto, es de suma importancia realizar un plan de contingencia para atender este caso de contaminación en los habitantes.

Las malas gestiones de los Gobiernos entrantes han hecho que la población se pronuncie acerca del desconocimiento de algún regulador sobre el material particulado en zonas afectadas, especialmente las que habitan cerca de industrias o zonas rurales que también existen estos inconvenientes.

7. ¿Qué tipo de alerta cree usted más conveniente que realice el dispositivo al momento de monitorear la calidad del aire, al detectar un mayor índice de contaminación a nivel de partículas?

Tabla N° 10. *Tipos alertas al detectar un mayor índice de contaminación en el aire*

Opción	Validación	F. Absoluta	F. Relativa
1	Visual gráfica	112	56%
2	Pitidos	83	41%
3	Por voz sintética	5	3%
4	Luces Intermitentes	1	1%
Total		201	100%

Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor

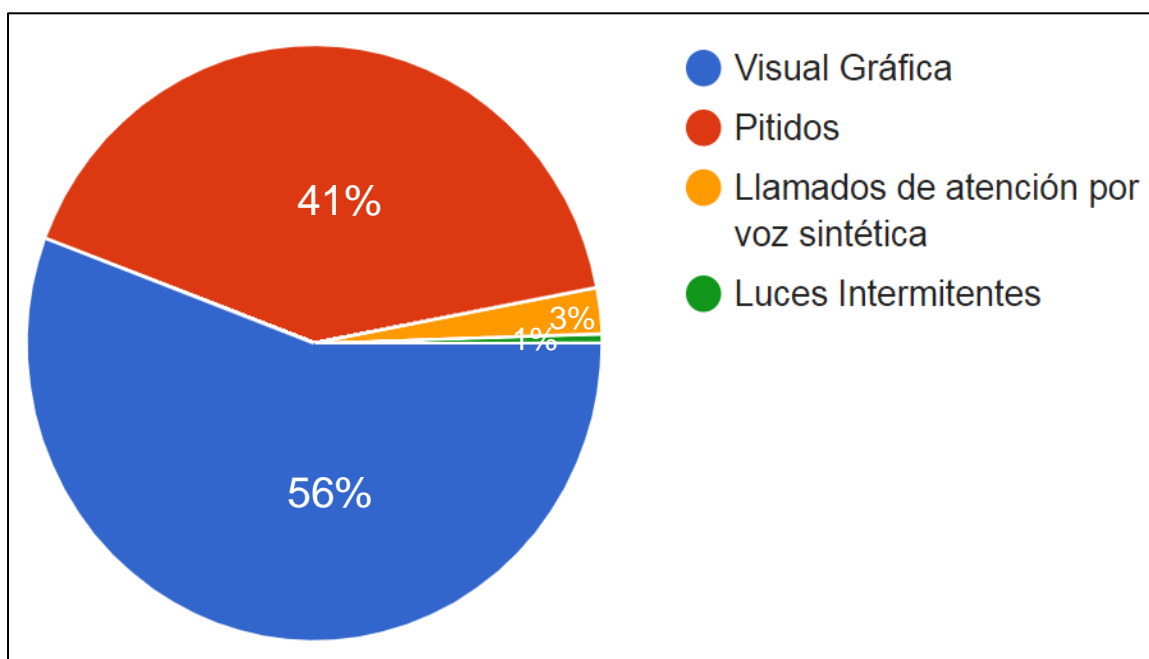


Figura 32. *Detección al mayor índice de contaminación. Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor*

La mayor parte de la población con un 56% ha elegido visualizar los resultados, considero que para ellos visualizar en porcentajes le da más seguridad en los resultados mostrados.

Al parecer la visualización grafica es la más aceptada ya que ayuda a ver los resultados de manera rápida sin complicaciones.

8. ¿De acuerdo con su estadía, indique cuál cree usted las zonas que influyen a la alta contaminación del medio ambiente?

Tabla N° 11. Zonas influyentes que emiten mayor contaminación

Opción	Validación	F. Absoluta	F. Relativa
1	Zonas Urbanas	7	4%
2	Zonas Rurales	1	1%
3	Zonas Industriales	146	71%
4	Zonas Marginales	47	23%
Total		201	100%

Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor

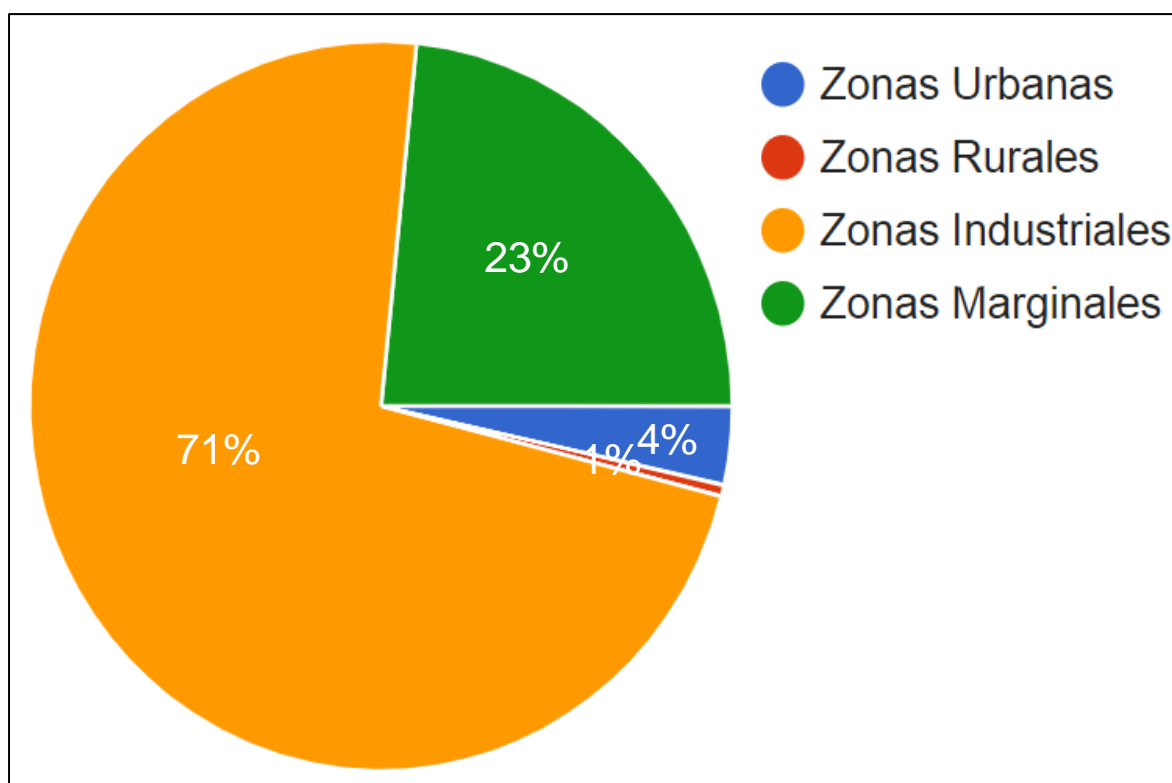


Figura 33. Zonas de alta contaminación. Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor

Según los encuestados la zona más influyente que emana un alto grado de contaminación es la Zona Industrial con un 72%, esto coincide con la pregunta numero 3 ya que los encuestados alegan que vivir en Zonas Industriales emana un alto contaminante en el ambiente.

Se estima que esta zona es la que menos infraestructura posee, por esta razón sus avenidas no está construidas de maneras adecuadas y haciéndola vulnerables.

9. ¿Alguna vez ha escuchado respecto a algún dispositivo de monitoreo de la calidad del aire?

Tabla N° 12. *Mención de algún dispositivo que monitoree la calidad del aire*

Opción	Validación	F. Absoluta	F. Relativa
1	Sí	153	76%
2	No	48	24%
Total		201	100%

Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor

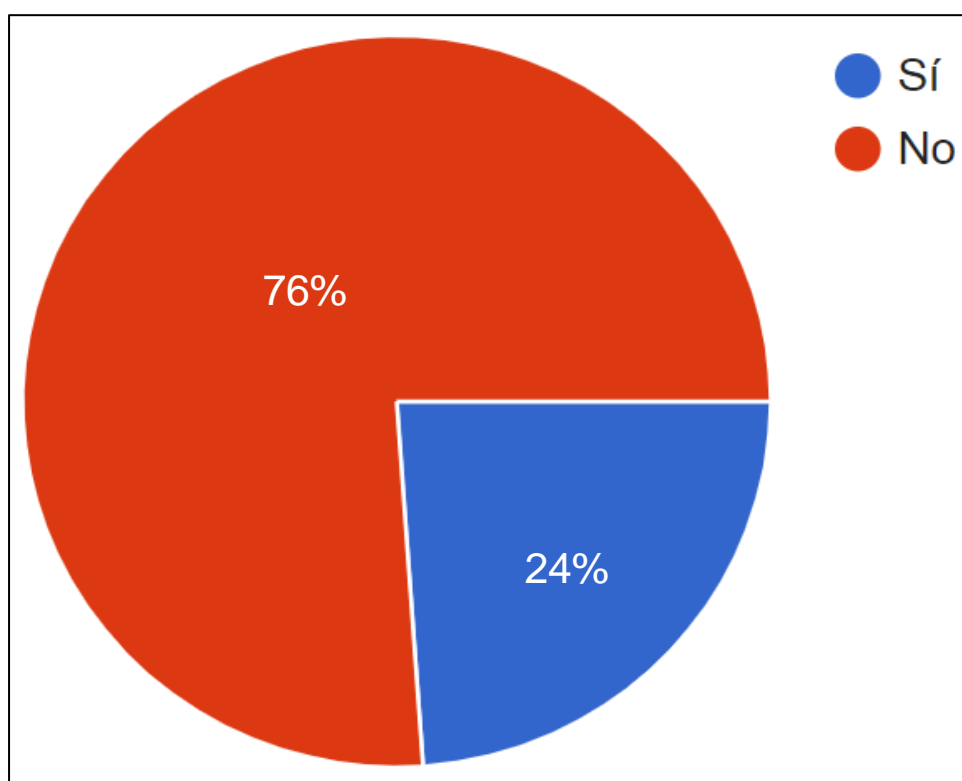


Figura 34. *Mención de algún dispositivo de monitoreo de la calidad del aire. Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor*

Según los encuestados con un 76% menciona que desconoce sobre un dispositivo que permita monitorear la calidad del aire, esto da a entender que en el Ecuador estamos con una problemática en cuanto a escasos de monitoreo de partículas en zonas contaminantes.

El comercio de estos dispositivos comúnmente están orientados a hospitales, empresas o algún área dedicada con la salud, por esta razón se hace inaccesible para los usuarios comunes ya que por su costo les impide obtenerlos para mantener un entorno saludable en pacientes con problemas respiratorios.

10. ¿Considera Usted que, con el uso de un dispositivo de monitoreo de la calidad del aire, sea de gran ayuda para mejorar la calidad de vida del paciente con asma?

Tabla N° 13. *Mención de algún dispositivo que monitoree la calidad del aire*

Opción	Validación	F. Absoluta	F. Relativa
1	Sí	161	80%
2	No	40	20%
Total		201	100%

Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor

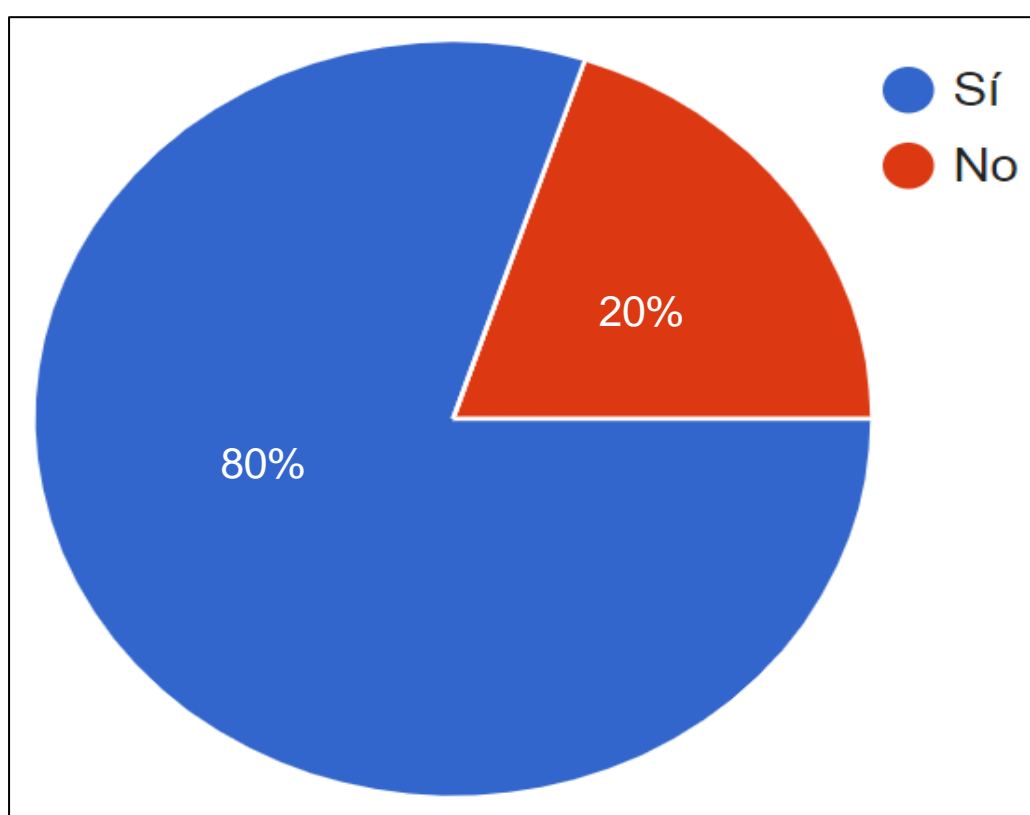


Figura 35. *Uso de un dispositivo de monitoreo de la calidad del aire. Información tomada de encuestas. Elaborado por el autor*

El 80% de los encuestados considera que, si es de gran ayuda tener un dispositivo que permita monitorear la calidad del aire y ayude a la recuperación de pacientes con enfermedades respiratorias, por lo tanto, la mayor parte de la población encuestada acepta su uso ya que lo considera beneficioso.

Capítulo IV

Desarrollo de la propuesta

4.8.3 Desarrollo

Para este trabajo de titulación se creó un prototipo para el monitoreo de la calidad del aire para personas con enfermedades respiratorias, es un prototipo especialmente para el hogar donde el paciente pueda estar en un ambiente libre de partículas.

En el mercado existen diversos tipos de equipos para el monitoreo de concentración de partículas, sin embargo son equipos muy costosos enfocados a hospitales, áreas de la salud o empresas que puedan costear estos tipos de aparatos.

Los pacientes que padecen estas afecciones no pueden adquirir estos equipos y especialmente la de escasos recursos económicos, es la razón que se ha creado este dispositivo a bajo costo que permita el monitoreo en el ambiente y mostrar la concentración de partículas.

Los equipos de monitoreo de partículas más comunes en el mercado son los siguientes:

- Monitor de partículas T640 potente tecnología innovadora de respuesta rápida al concentrado de partículas PM10 O PM2.5, software para control remoto, pantalla táctil amigable al usuario, posee puertos de ethernet para comunicación TCP/IP, uso especial en áreas hospitalarias.
- El TE-Wilbur es un sistema de muestras de aire y nivel de partículas, capaz de configurarse para PM10, PM25 y PM1, posee pantalla táctil de 5.7, control remoto intuitivo y menú de fácil acceso para su calibración, este equipo está diseñado para funcionar en cualquier entorno, tanto dentro de empresas, áreas de la salud o en ciudades creando redes de monitoreo.

Luego de evaluar diferentes alternativas en la realización del dispositivo, tanto en los implementos a utilizar y el precio, se determinó que se puede realizar un dispositivo de monitoreo de la calidad del aire a bajo costo para el hogar.

4.8.4 Hardware

4.8.5 Arduino

El microchip AMTel lo cual posee esta placa Arduino nos sirvió para grabar el código programado con todas sus instrucciones para el funcionamiento de este proyecto para la calidad del aire, para luego realizar las pruebas y verificar su correcto funcionamiento.

Esta placa construida con un microcontrolador AMTel tambien sirve para desarrollar proyectos de electronica ya que poseen hardware y software que pueden ser adaptados según las necesidades de cada usuario, cabe mensionar que existen numerosas gamas y modelos de esta placa electronica.



Figura 36. Arduino Uno. Información tomada del teléfono móvil Samsung J2Prime. Elaborado por el autor

4.9 Proceso de censado

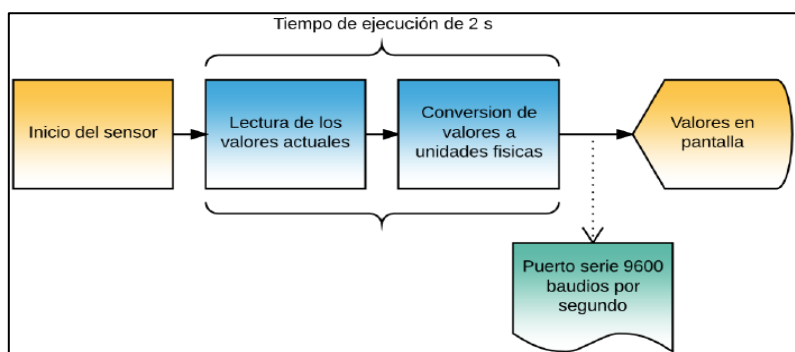


Figura 37. Proceso de sensado. Información tomada de www.rdu.iua.edu.ar. Elaborado por el autor

Este es el proceso que se ejecuta durante el sensado, se manifiesta desde el funcionamiento del sensor hasta los valores mostrados en la pantalla LCD, y por el monitor del programa IDE de Arduino, tenemos la muestra más rápida por el Display.

4.9.1 Análisis comparativo de la placa Arduino utilizada

A continuación se procede a realizar una tabla comparativa de los tipos de placas Arduino y sus diferencias, cabe recalcar que para este proyecto se eligió el Arduino Uno, lo cual se adecuó perfecto en la realización del prototipo para su funcionamiento.

4.9.2 Programación del sensor GP2Y10

Al iniciar con la programación se tiene que abrir el entorno de programación de Arduino, para aquello nos posicionamos en la opción herramientas, luego en la opción placa y a continuación se elige el modelo de placa con la cual se va a trabajar.

Este sensor GP2Y10 fue elegido porque es de bajo costo y es el más adecuado para la implementación de prototipos para detección de concentrado de partículas, además este sensor es fabricado por la empresa Japonesa Sharp Corporation, una de las empresas principales en la electrónica del mundo.

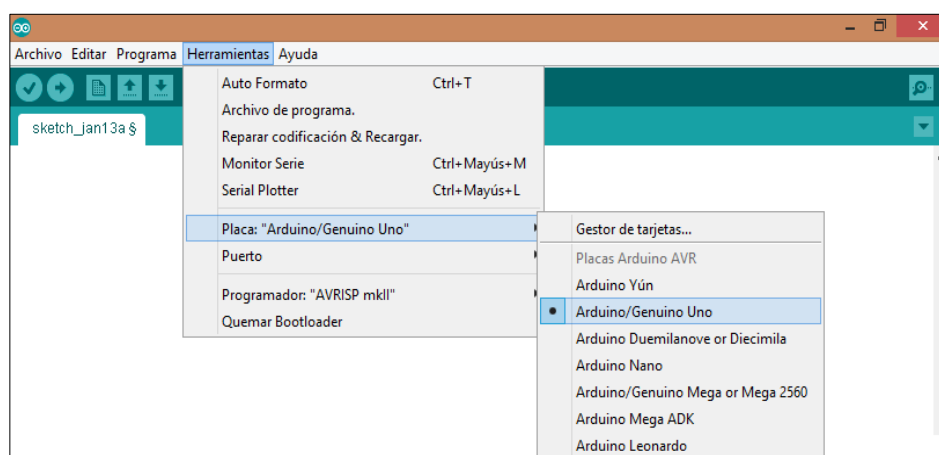


Figura 38. Entorno de programación de Arduino. Información capturada de Arduino IDE. Elaborado por el autor

Una vez configurado este IDE, se inicia a programar el sketch. A continuación, en las siguientes figuras N° 38 y N° 39 se define paso a paso el código de programación usado, para que el código sea más apreciado (revisar el anexo N°), luego de todo el procedimiento anteriormente mencionado se procede a conectar el Arduino para la respectiva carga del programa.

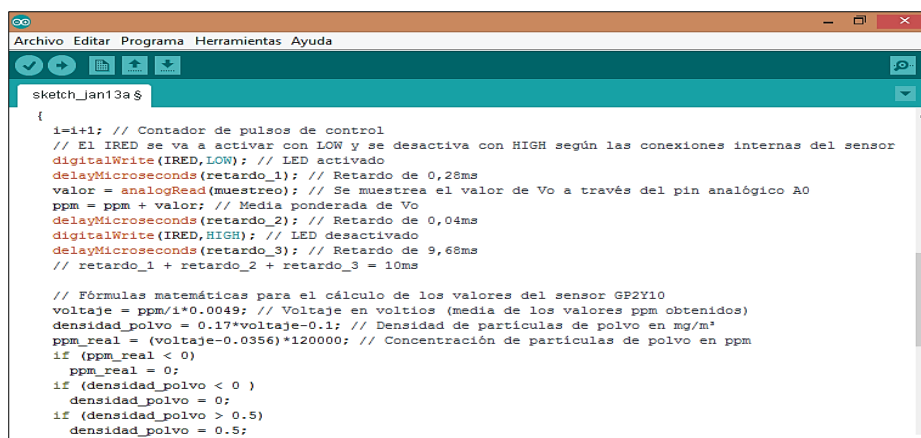


Figura 39. Programación del sensor GP2Y10 (parte 1). Información capturada de Arduino IDE. Elaborado por el autor

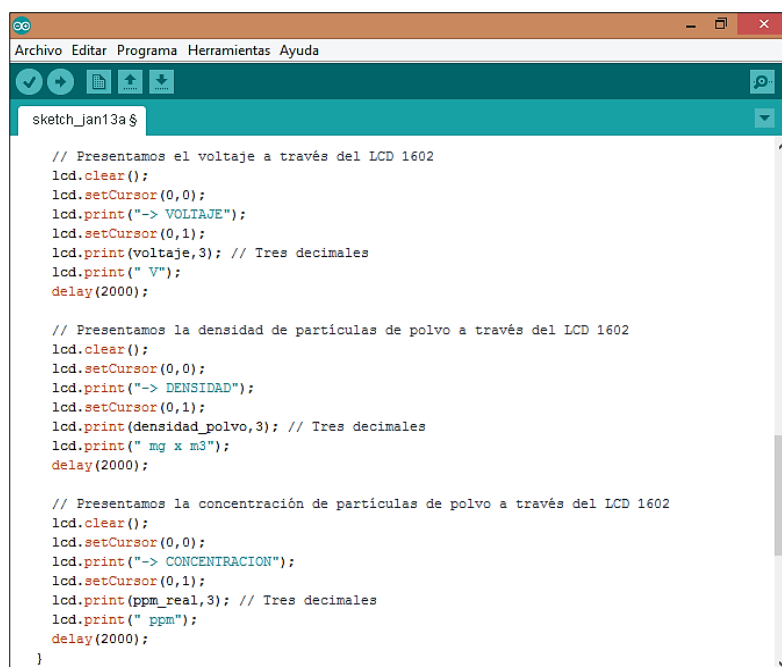


Figura 40. Programación del sensor GP2Y10 (parte 2). Información capturada de Arduino IDE. Elaborado por el autor

4.9.3 Conexión del sensor GP2Y10 en la placa Arduino Uno

En la siguiente imagen se muestra cómo se conecta el Arduino Uno con un sensor de partículas GP2Y10 de manera correcta, basado en la programación mencionada en las figuras N° 38 y N° 39, para la conexión del sensor se lo hizo con el Arduino apagado para evitar un corto.

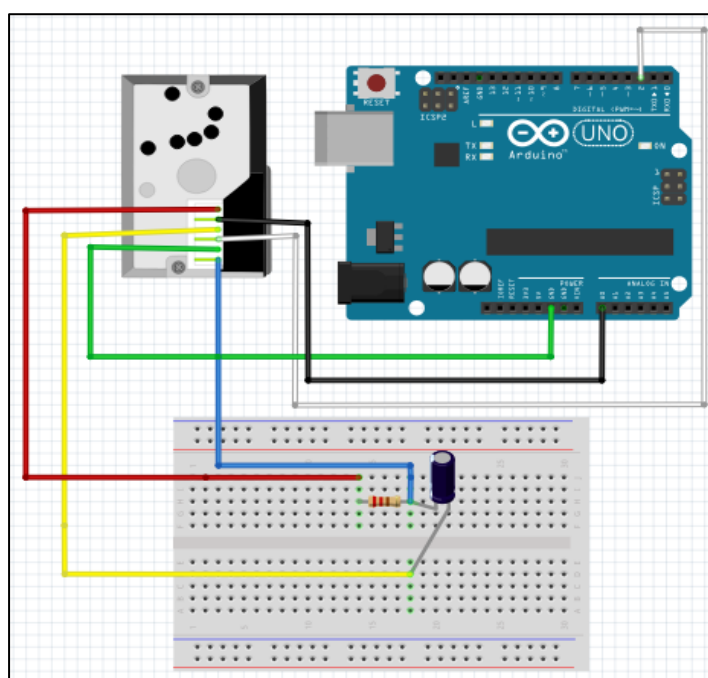


Figura 41. Conexión del sensor GP2Y10. Información capturada del software Fritzing. Elaborado por el autor

4.9.4 Programación del Display Lcd 1602

Este módulo nos fue de gran ayuda para visualizar los resultados detectado por el sensor, luego de haber programado con el código nativo de Arduino se utilizó una librería que nos hizo más fácil el desarrollo del código. Esta Librería se llama LiquidCrystal_I2C.h, hizo falta instalarla ya que por defecto había una librería similar que causaba error al momento de la compilación

```

Sensor_polvo_SHARP_GP2Y10 $
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Libreria LCD I2C
// Poner la dirección del LCD a 0x27 para display 16x2, 20x2 y 20x4
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
// Presentamos el voltaje a través del LCD 1602
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("<--> VOLTAJE");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(voltage,3); // Tres decimales
lcd.print(" V");
delay(2000);
// Presentamos la densidad de partículas de polvo a través del LCD 1602
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("<--> DENSIDAD");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(densidad_polvo,3); // Tres decimales
lcd.print(" mg x m3");
delay(2000);
// Presentamos la concentración de partículas de polvo a través del LCD 1602
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("<--> CONCENTRACION");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(ppm_real,3); // Tres decimales
lcd.print(" ppm");
delay(2000);
  
```

Figura 42. Programación del Lcd. Información capturada de Arduino IDE. Elaborado por el autor

4.9.5 Conexión del Display Lcd 1602 en la placa Arduino Uno

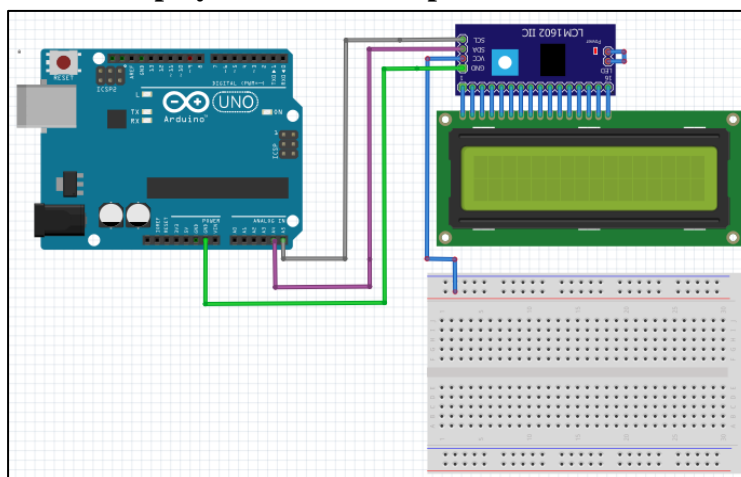


Figura 43. Conexión Lcd 1602 hacia la placa Arduino Uno. Información capturada del software Fritzing. Elaborado por el autor

Se eligió este Display por temas estéticos al case, su forma rectangular va en conjunto al diseño del prototipo, existen muchas variedades en el mercado, como por ejemplo el tamaño de segmentos 4x4, 16x2, 20x4 etc., variaciones de costo por su tamaño, segmentos, luminosos y fabricantes. De acorde al tipo de segmentos la programación será diferente, y se elegirá su librería respectiva.

4.9.6 Ubicación del Módulo LCM 1602 I2C

Para la preparación de los módulos de Display fue necesario junta un adaptador I2C para el uso de la pantalla, en la parte trasera de la pantalla. Al finalizar se utilizó soldadura para así el adaptador quede ubicado de manera correcta.



Figura 44. Ubicación del Módulo LCM 1602 I2C hacia EL Display Lcd 1620. Información tomada del teléfono móvil Samsung J2 Prime. Elaborado por el autor

4.9.7 Consideraciones previas al diseño del prototipo de monitoreo de la calidad del aire

Respecto a los requerimientos previos al desarrollo del prototipo de monitoreo de la calidad del aire, se tomaron en cuenta algunos puntos importantes que son:

- El dispositivo de monitoreo de la calidad del aire, está orientado a las personas con problemas respiratorias, es un dispositivo de bajo costo y su uso en el hogar.
- El tamaño del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire será considerada para que sea de manera portable ya que está pensado en que el paciente lo pueda trasladar a cualquier sala, y sentirse seguro que en el lugar que está es el idóneo.

4.9.8 Dimensión del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire

La dimensión del dispositivo de monitoreo es muy compacta ya que es cómoda de trasladar, gracias a su diseño mediano podemos considerar que es un dispositivo es portable listo para ser usado rápidamente.

Las dimensiones fueron escogidas de tal manera que el paciente pueda guardarlo y trasladarlo fácilmente, consta de una dimensión de alto de 6 cm y de ancho 11 cm.

Gracias a su tamaño se hace muy práctico de usar para un niño de 8 años hasta un adulto mayor, obviamente considerando su condición o capacidades físicas en la manipulación del dispositivo, sin embargo se ratifica que para este tipo de caso el dispositivo sea supervisado por un acompañante.



Figura 45. Dimensión del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire. Información tomada del teléfono móvil Samsung J2 Prime. Elaborado por el autor

4.9.9 Estructura del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire

El prototipo para monitorear la calidad del aire está dividido en 3 partes, la primera es la parte central donde se encuentra el protoboard con sus respectivos componentes, la resistencia, los jumper y el capacitor, la segunda parte está conformada por el sensor de partículas y se encuentra en la parte derecha del protoboard, y finalmente el adaptado LCM 1602 que va empotrado en la parte trasera superior del módulo LCD 1620 donde sus conexiones van dirigidas a la placa Arduino Uno.

A continuación se muestra en la figura N° 45 el prototipo de monitoreo de la calidad del aire con toda su arquitectura y elementos ubicados de manera correcta para su funcionamiento y que pueda ser apreciada y entendible.

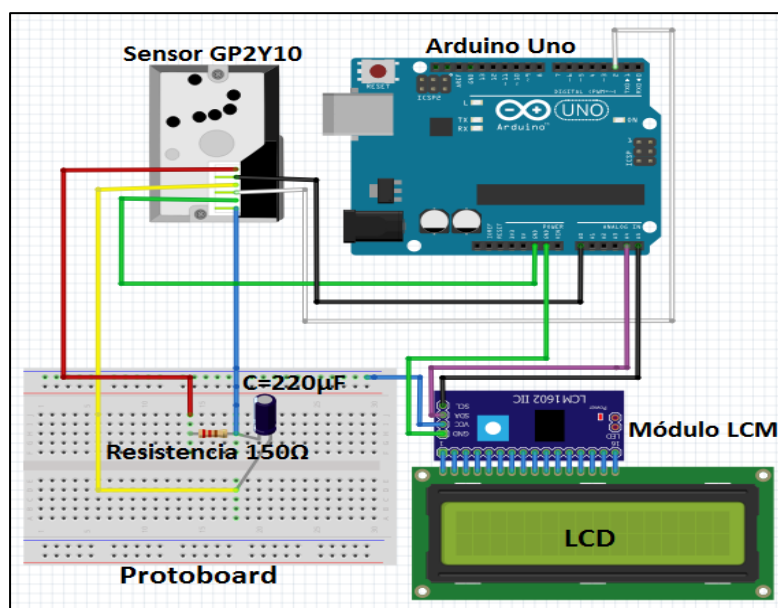


Figura 46. Estructura del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire. Información capturada del software Fritzing. Elaborado por el autor

5.1 Pruebas de funcionamiento y resultados

Luego de haber terminado la instalación de los componentes es hora de realizar pruebas para su funcionamiento, antes de la primera prueba necesitamos observar que todos los elementos estén bien conectados, el sensor, el Display, cableado en protoboard, resistencias y capacitores bien firmes en su buen funcionamiento.

Las pruebas en el sector de El Fortín fueron realizadas en 3 puntos diferentes que podemos apreciar en el Anexo 8, cerca la Parque Industrial Inmaconsa, las cuales por el sector arrojaron diferentes resultados gracias al dispositivo de monitoreo de calidad del aire, los cuales son los siguientes:

- Punto 1: Durante la etapa de sensado en la casa número uno se obtuvo una gran concentración de contaminación de partículas, según la tabla de la calidad del aire nos indica que el resultado de 459352.000 es un valor muy alto de contaminación. Las razones pueden ser porque el lugar contaba con alfombra muy grande y es donde se concentra las partículas, ventana muy amplia donde se introduce cualquier tipo de contaminante
- Punto 2: Durante el sensado arrojaron valores positivos de 759002.000, por lo cual la tabla de la calidad del aire nos indica que el nivel de concentración está en el rango permitido.
- Punto 3: Durante el sensado esta vivienda presentó un nivel de concentración muy alto, un resultado de 192398.000, según la tabla de la calidad del aire es un rango muy alto de contaminación.

5.1.2 Ubicación del prototipo

Ponerlo en una base firme para que no pueda moverse así el prototipo pueda sensar de forma correcta.



Figura 47. Ubicación del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire. Información tomada del teléfono móvil Samsung J2 Prime. Elaborado por el autor

5.1.3 Alimentación del prototipo

La alimentación puede ser de varias formas, por ejemplo conectando su puesto USB en una computadora o por alguna batería portable como lo muestra en la siguiente figura.



Figura 48. Alimentación de voltaje del dispositivo de monitoreo de la calidad del aire. Información tomada del teléfono móvil Samsung J2 Prime. Elaborado por el autor

5.1.4 Prototipo en ejecución

Una vez iniciado el monitoreo se debe esperar unos 45 minutos, la razón es porque el sensor debe hacer sus calculo por medio de las interferencias que recibe el emisor laser, ya que para obtener buenos resultados hay que esperar este lapso de tiempo, cabe recalcar que al iniciar el monitoreo sus valores inician desde cero, automáticamente volverá a iniciar con valores de concentración porque el ambiente no es un espacio vacío y por lo tanto siempre va a ver partículas circulando en sus alrededores.



Figura 49. Dispositivo de monitoreo de la calidad del aire en ejecución. Información tomada del teléfono móvil Samsung J2 Prime. Elaborado por el autor

5.1.5 Tabla de la calidad del aire para medir la concentración de partículas permitida en el ambiente

Para saber la calidad del aire en cada momento nos podemos guiar por medio de la siguiente tabla, donde se muestra la concentración de partículas de polvo esparcidas en el aire.

<i>Concentración (ppm)</i>	<i>Calidad del aire</i>
0 – 75.000	Excelente
75.000 – 150.000	Muy buena
150.000 – 300.000	Buena
300.000 – 1.050.000	Aceptable
1.050.000 – 3.000.000	Pobre
3.000.000 +	Muy pobre

Figura 50. Tabla de la calidad del aire. Información tomada de www.miarduinoatieneunblogspot.com. Elaborado por el autor

5.1.6 Definición de cada uno de los pines

Para un buen funcionamiento del sensor se debe establecer de forma correcta las conexiones, para ello se ha tomado las definiciones de esta imagen mostrada. A continuación en la siguiente imagen se muestra las características de cada uno de sus pines.

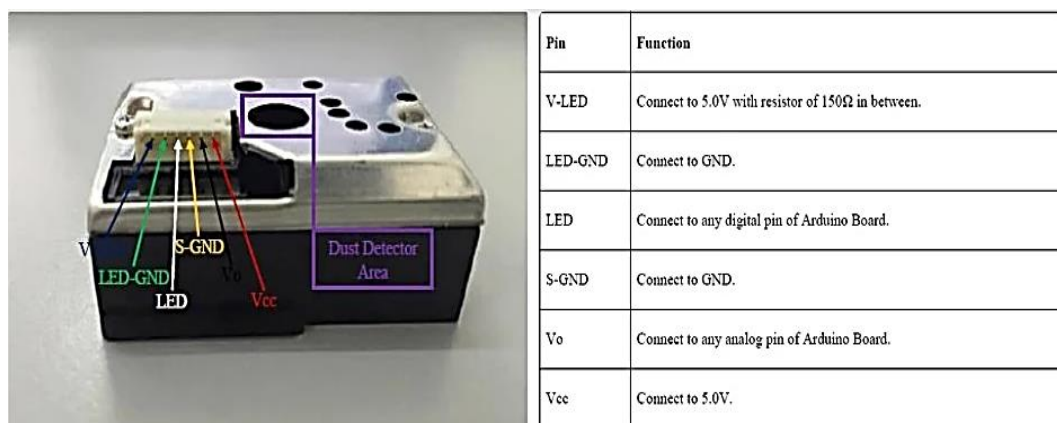


Figura 51. Definición de los pines del sensor GP2Y10. Información tomada de www.instructables.com. Elaborado por el autor

5.1.7 Conclusiones

Durante la realización de este prototipo de monitoreo de la calidad del aire se puede destacar la importancia del uso de la tecnología en pacientes con enfermedades respiratorias, también esta tecnología es para tomar conciencia sobre estar en un ambiente sano y que pueda ser de gran ayuda en el proceso de recuperación del paciente.

Con la construcción de este prototipo y su instalación dentro de los hogares será de gran uso y fácil manejo, ya que los resultados serán mostrados por medio de una pantalla y será de fácil lectura y entendible para el usuario sin tener complicaciones.

Fue muy evidente en la encuesta realizada donde los encuestados estuvieron a favor de tener un dispositivo que monitoree la calidad del aire en el hogar, llegando a la más aceptada de todas las preguntas, esto nos da para sacar una conclusión de que las personas se preocupan por su salud y más aún que hay el interés en las enfermedades respiratorias.

Esta investigación y desarrollo del prototipo de monitoreo de la calidad del aire fue tomado con mucha seriedad y responsabilidad, ya que se maneja un caso muy serio como ayudar a mejorar la calidad de vida de un paciente con problemas respiratorios, y tratándose de la magnitud del caso se ha desarrollado de forma óptima para que el monitoreo garantice un resultado favorable y haya confianza en su uso en los hogares, ya que es donde va enfocado principalmente.

Y para finalizar se puede decir con certeza que este prototipo cumple con todos los objetivos planteados, además de un buen conocimiento adquirido durante su desarrollo, además cumple con las necesidad planteada.

5.1.8 Recomendaciones

- Realizar un monitoreo de la calidad del aire en el hogar de manera frecuente en varias zonas del hogar, habitación del paciente, sala o donde se frecuenta más en el día.
- Si el dispositivo es trasladado a otro sitio que no sea su hogar, verificar que la batería esté cargada.
- Verificar que el dispositivo esté en un área amplia y despejada para mejores resultados.
- Verificar que el dispositivo no esté cerca en zonas calurosas como en la cocina o donde le puedan llegar la luz solar, ya que puede recalentar el circuito y dañarlo.
- No tocar directamente la circuitería por lo que puede producir estática y dañar el dispositivo.
- Verificar que el cargador portable se encuentre con carga suficiente para poder encender el dispositivo.
- Evitar derrames de líquidos en el interior del dispositivo porque puede provocar cortocircuitos.

ANEXOS

Anexo 1

Modelo de la encuesta realizada

1.1 Formulario para realizar las encuestas a la población

Encuesta para el monitoreo de la calidad del aire para personas con asma.

La realización de esta encuesta tiene la finalidad de saber tu opinión acerca de la implementación de un prototipo que permita monitorear la calidad del aire, y para monitorear enfermedades respiratorias producidas por la contaminación de partículas en el aire.

***Obligatorio**

Seleccione solamente una respuesta para cada pregunta.

¿Usted conoce algún familiar o vecino que sufra enfermedades respiratorias? *

☐ Sí

☐ No

¿Considera que es importante realizar un monitoreo de calidad del aire en el hogar para las personas con problemas de asma? *

☐ Sí

☐ No

¿Usted ha sufrido algún problema respiratorio debido a vivir cerca de una zona industrial, la cual emana contaminantes en el medio ambiente? *

☐ Sí

☐ No

¿Según su grado de conocimiento sobre la enfermedad del asma, que tan peligroso lo considera para la salud humana? *

☐ Alto

☐ Bajo

¿Según su experiencia, considera beneficioso que el monitoreo de la calidad del aire se deban realizar de forma? *

☐ Diaria

☐ Semanal

☐ Quincenal

☐ Mensual

☐ Anual

¿Conoce usted, alguna empresa pública o privada encargada del monitoreo de la calidad del aire en el país? *

☐ Sí

☐ No

¿Que tipo de alerta cree usted más conveniente que realice el dispositivo al momento de monitorear la calidad del aire, al detectar un mayor índice de contaminación a nivel de partículas? *

☐ Visual Gráfica

☐ Pitidos

☐ Llamados de atención por voz sintética

☐ Luces Intermitentes

☐ Otros:

¿De acuerdo con su estadía, indique cuál cree usted las zonas que influyen a la alta contaminación del medio ambiente? *

☐ Zonas Urbanas

☐ Zonas Rurales

☐ Zonas Industriales

☐ Zonas Marginales

☐ Otros:

¿Alguna vez ha escuchado respecto a algún dispositivo de monitoreo de la calidad del aire? *

☐ Sí

☐ No

¿Considera Usted que con el uso de un dispositivo de monitoreo de la calidad del aire, sea de gran ayuda para mejorar la calidad de vida del paciente con asma? *

☐ Sí

☐ No

ENVIAR

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Información tomada encuesta, Elaborado por el autor.

Anexo 2

Código del prototipo

2.1 Código de programación para el prototipo de monitoreo de la calidad del aire

```
Sensor_polvo_SHARP_GP2Y10

// Importar librerías
#include <Wire.h> // Librería comunicación I2C
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Librería LCD I2C

// Declaración del objeto
// Poner la dirección del LCD a 0x27 para display 16x2, 20x2 y 20x4
// Terminales de conexión del LCD
//      addr, en,rw,rs,d4,d5,d6,d7,b1,b1pol
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

int muestreo = 0; // Pin analógico para el pin Vo del sensor GP2Y10
int IRED = 2; // Pin digital para el IRED

// Tiempos constantes para el pulso de control del IRED
int retardo_1 = 280;
int retardo_2 = 40;
int retardo_3 = 9680;

// Variables auxiliares del programa
int valor = 0;
float ppm = 0;
float voltaje = 0;
float densidad_polvo = 0;
float ppm_real = 0;
int i=0;

void setup()
{
    lcd.begin(16,2); // Inicializa el LCD para 16x2
    pinMode(IRED,OUTPUT); // Pin digital 2 como salida

    // Mostramos un mensaje a través del LCD 1602
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(" DETECTOR DE ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("PARTICULAS POLVO");
    delay(3000);
}

void loop()
{
    i=i+1; // Contador de pulsos de control
    // El IRED se va a activar con LOW y se desactiva con HIGH según las conexiones internas del sensor
    digitalWrite(IRED,LOW); // LED activado
    delayMicroseconds(retardo_1); // Retardo de 0,28ms
    valor = analogRead(muestreo); // Se muestrea el valor de Vo a través del pin analógico A0
    ppm = ppm + valor; // Media ponderada de Vo
    delayMicroseconds(retardo_2); // Retardo de 0,04ms
    digitalWrite(IRED,HIGH); // LED desactivado
    delayMicroseconds(retardo_3); // Retardo de 9,68ms
    // retardo_1 + retardo_2 + retardo_3 = 10ms

    // Fórmulas matemáticas para el cálculo de los valores del sensor GP2Y10
    voltaje = ppm/i*0.0045; // Voltaje en voltios (media de los valores ppm obtenidos)
    densidad_polvo = 0.17*voltaje-0.1; // Densidad de partículas de polvo en mg/m³
    ppm_real = (voltaje-0.0356)*120000; // Concentración de partículas de polvo en ppm
    if (ppm_real < 0)
        ppm_real = 0;
    if (densidad_polvo < 0)
        densidad_polvo = 0;
    if (densidad_polvo > 0.5)
        densidad_polvo = 0.5;

    // Presentamos el voltaje a través del LCD 1602
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("<-> VOLTAJE");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(voltaje,3); // Tres decimales
    lcd.print(" V");
    delay(2000);

    // Presentamos la densidad de partículas de polvo a través del LCD 1602
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("<-> DENSIDAD");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(densidad_polvo,3); // Tres decimales
    lcd.print(" mg x m³");
    delay(2000);

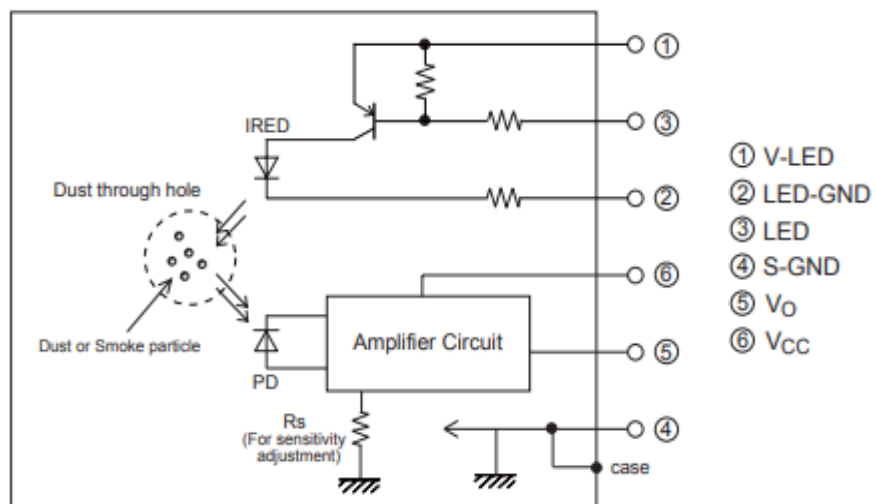
    // Presentamos la concentración de partículas de polvo a través del LCD 1602
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("<-> CONCENTRACION");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(ppm_real,3); // Tres decimales
    lcd.print(" ppm");
    delay(2000);
}
```

Investigación directa, Elaborado por el autor.

Anexo 3

Esquema interno

3.1 Esquema interno del Sensor GP2Y10

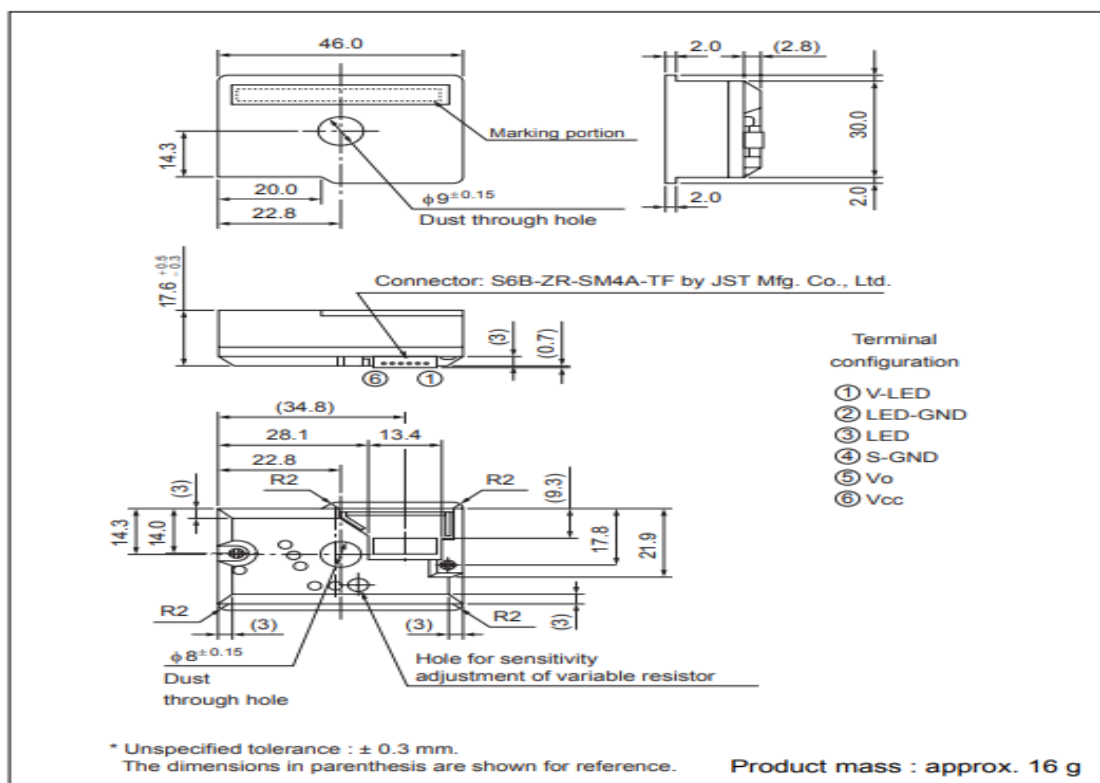


Investigación directa, Elaborada por el autor.

Anexo 4

Dimensiones del esquema

4.1 Dimensiones internas del Sensor GP2Y10



Investigación directa, Elaborada por el autor.

Anexo 5

Características Electro Ópticas

5.1 Características Electro Ópticas del Sensor GP2Y10

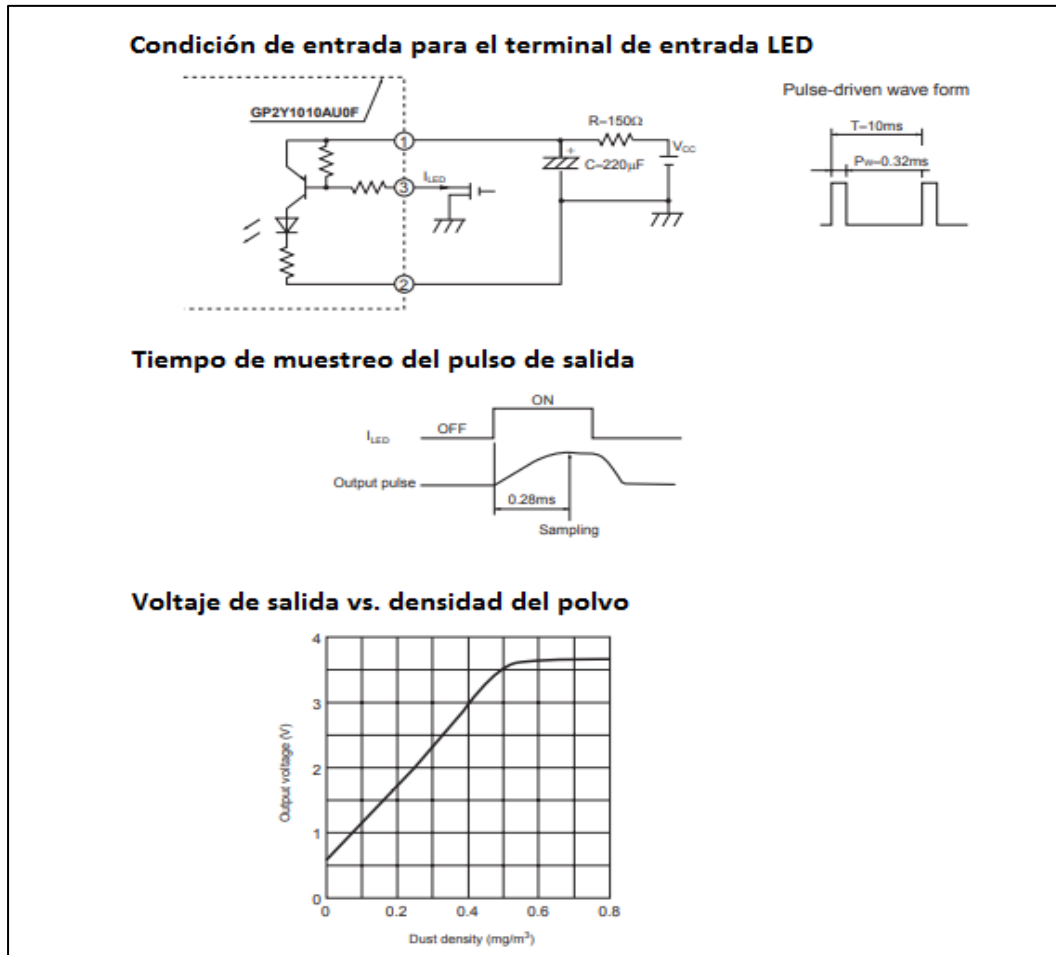
(T _a =25°C, V _{CC} =5V)						
Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Sensitivity	K	*1 *2 *3	0.35	0.5	0.65	V/(0.1mg/m ³)
Output voltage at no dust	V _{OC}	*2 *3	0	0.9	1.5	V
Output voltage range	V _{OH}	*2 *3 R _L =4.7kΩ	3.4	–	–	V
LED terminal current	I _{LED}	*2 LED terminal voltage = 0	–	10	20	mA
Consumption current	I _{CC}	*2 R _L =∞	–	11	20	mA

Investigación directa, Elaborada por el autor.

Anexo 6

Características de funcionamiento

6.1 Características de funcionamiento del Sensor GP2Y10



Investigación directa, Elaborada por el autor.

Anexo 7

Menciones del Sensor GP2Y10

7.1 Menciones importantes del Sensor GP2Y10

■ Noticias Importantes

- Los ejemplos de aplicaciones de circuito en esta publicación se proporcionan para explicar las aplicaciones representativas de dispositivos afilados y no están destinados a garantizar cualquier diseño de circuito o licenciar los derechos de propiedad intelectual. SHARP no asume ninguna responsabilidad por cualquier problema relacionado con los derechos de propiedad intelectual de un tercero como consecuencia de la utilización de dispositivos de Sharp.
- SHARP en contacto con el fin de obtener las hojas de especificaciones del dispositivo antes de usar cualquier dispositivo de SHARP. SHARP se reserva el derecho a realizar cambios en las especificaciones, características, datos, materiales, la estructura, y otros contenidos descritos en este documento en cualquier momento y sin previo aviso con el fin de mejorar el diseño o la fiabilidad. Lugares de fabricación también están sujetos a cambios sin previo aviso.
- Observar los siguientes puntos cuando se utiliza cualquier dispositivo en esta publicación. SHARP no asume ninguna responsabilidad por los daños causados por el uso inadecuado de los dispositivos que no cumplen con las condiciones y los valores nominales máximos absolutos para ser utilizado especifican en la hoja de especificaciones relevantes ni cumplen las siguientes condiciones:
 - (I) Los dispositivos en este documento están diseñados para su uso en generales diseños de equipos electrónicos tales como:
 - Computadoras personales
 - equipos de ofimática
 - Equipamiento de telecomunicaciones [Terminal]
 - Prueba y medición
 - control industrial
 - Equipo audiovisual
 - Electrónica de consumo
 - (II) Medidas como a prueba de fallos función y el diseño redundante debe ser tomado para garantizar la fiabilidad y la seguridad cuando se utilizan dispositivos SHARP para o en conexión
- con el equipo que requiere una mayor fiabilidad, tales como:
 - control de transporte y el equipo de seguridad (es decir, aviones, trenes, coches, etc.)
 - Señales de tráfico
 - interruptores sensores de fugas de gas
 - Alarmas
 - Varios dispositivos de seguridad, etc. (iii) dispositivos de SHARP no se utilizarán para o en conexión con el equipo que requiere un nivel extremadamente alto de fiabilidad y seguridad, tales como:
 - Las aplicaciones espaciales
 - equipos de telecomunicaciones [líneas troncales]
 - equipos de control de la energía nuclear
 - equipo de soporte vital médico y otros (por ejemplo, buceo).
- Si los dispositivos SHARP mencionados en esta publicación se encuentran dentro del alcance de los productos estratégicos descritos en la Ley de Cambios y Comercio Exterior de Japón, es necesario obtener la aprobación para exportar dichos dispositivos afilados.
- Esta publicación es el producto desarrollado por Sharp y está protegido por copyright, con todos los derechos reservados. Bajo las leyes de derechos de autor, ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, para cualquier propósito, en su totalidad o en parte, sin el permiso expreso por escrito de SHARP. También se requiere el permiso expreso y por escrito antes de cualquier utilización de esta publicación puede ser hecha por un tercero.
- Contactar y consultar con un representante SHARP si hay alguna pregunta sobre el contenido de esta publicación.

Investigación directa, Elaborada por el autor.

Anexo 8

Pruebas realizadas

8.1 Realización de las pruebas en sector El Fortín, zona aledaña al Parque Industrial Inmaconsa



Investigación directa, Elaborada por el autor.

Anexo 9

Presupuesto del prototipo

9.1 Presupuesto de materiales para el prototipo de monitoreo de la calidad del aire

Elementos	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Arduino Uno	1	15.00	15.00
Cable USB Tipo A-B	1	01.00	01.00
Módulo LCM 1602 I2C	1	04.00	04.00
Display 16x2 LCD 1602	1	05.00	05.00
Sensor GP2Y10	1	14.00	14.00
Resistencia 150 Ω	1	00.05	00.05
Condensador Electro. 10V	1	00.06	00.06
Protoboard	1	01.50	01.50
Cables de Conexión	7	00.25	00.25
Total	40.86		

Investigación directa, Elaborada por el autor.

Bibliografía

- EcuRed. Infecciones Respiratorias Agudas (2016) Revista. p.78
https://www.ecured.cu/Infecciones_respiratorias_agudas
- Camps, M., Calzado, D., Galano, Z., y Perdomo, J. (2015) Libro Infecciones respiratorias agudas pediátricas. Un acercamiento a la bronquitis. RevInfCient, 90(2), 391-400
- Organización Mundial de la Salud. (2016).Calidad del aire ambiente (exterior) y salud.
 Art. p. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/#content>
- Organización Mundial de la Salud. (2016).Contaminación del aire de interiores y salud.
 Revista p.22 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/es/#content>
- Organización Mundial de la Salud. (2016). Organización Mundial de la Salud.
 Art. p.87 www.who.int/mediacenter/news/releases/2016/deaths-attributable-to-unhealthy-environments/es/
- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Libro p.157 Rev Chi EnfRespir, 26(1), 16-25.
- Arduino.cc. (01 de Noviembre de 2016). Arduino. Revista p.75
<https://www.arduino.cc/en/Main/Products>
- Doutel, F. (18 de Agosto de 2015). Xataka. Obtenido de
<http://www.xataka.com/especiales/guia-del-arduinomaniaco-todo-loque-necesitas-saber-sobre-arduino>
- M.I. Municipalidad de Guayaquil.. Dirección del Medio Ambiente. Revista p.67 “Estudios realizados, Proyectos en ejecución y Proyectos en desarrollo”.- Guayaquil – Ecuador 2002
- M. Abinaya and R. U. Devi (2016). Revista internacional de Informática y Computación Móvil. “Sistema de monitoreo de partículas basado en Arduino. Vol 3, p.244