



Autónoma
Universidad Autónoma del Perú

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
SISTEMAS**

TESIS

**“SISTEMA BASADO EN HARDWARE LIBRE PARA EL CONTROL
DE LA CALIDAD DEL AIRE EN UN CENTRO COMERCIAL”**

AUTORES

CRISTHOPER LUIS ALVAREZ MENDOZA
JHON KEVIN VILCHEZ LUCANA

ASESOR

JOHNY PRETELL CRUZADO

LIMA, PERÚ, OCTUBRE DE 2019

DEDICATORIA

La siguiente investigación realizada lo dedicamos a nuestros padres, porque son el motor y motivo de que hoy nos encontremos presentando esta investigación

A nuestros profesores que nos brindaron sus consejos y supervisión para desarrollar esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro centro de estudio por brindarnos todo lo necesario para la llevar acabo nuestra investigación, y a la misma vez a nuestros docentes ya que sin sus conocimientos esto no seria posible

Finalmente dar un agradecimiento especial a nuestros padres, que siempre han estado con nosotros.

RESUMEN

Nuestro trabajo de investigación que es de nivel explicativa y de tipo aplicada, se basa en la realización de un sistema basado en hardware libre para el control de la calidad del aire en el centro comercial 24 de junio.

Tras la utilización de este sistema de control para calidad del aire, se llegara a mostrar resultados con la automatización de los dispositivos presentes en el lugar, dando un mejoramiento en el nivel de índice de contaminación, además mediante un aplicativo se podrá contar con información exacta y en tiempo real de los niveles de de los gases que presenta el centro comercial.

Se dara la utilización de la metodología en V para poder llevar un orden de las tareas a realizar durante el periodo de tiempo a nuestra investigación y aplicación. Esta metodología también nos mostrara el avance tanto software y harware, dependiendo de los requerimientos que se esta aplicando.

Ademas, se utilizo el diseño pre – experimental en las diferentes investigaciones realizadas por noveno y decimo ciclo de nuestro centro de estudios, ayudando asi a mejorar nuestra investigación con respecto a nuestro modelo de sistema de control para la calidad del aire.

Por ultimo, se llega a la deducción que el uso de un sistema basado en hardware libre mejora los indicadores propuestos sobre la calidad del aire en el centro comercial 24 de junio.

Palabras clave: Sistema de control, Calidad del aire, nivel de contaminación, Aplicativo.

ABSTRACT

Our research work, which is explanatory and applied, is based on the realization of a free hardware-based system for air quality control in the shopping center June 24.

After the use of this control system for air quality, results are shown with the automation of the devices present at the site, giving an improvement in the level of pollution index, also through an application you can have accurate information and in real time of the levels of the gases that the mall presents.

The use of the V methodology will be used to carry out an order of the tasks to be carried out during our period of time to our investigation and application. This methodology also shows the progress of the software and hardware, the specification of the requirements that are being applied.

In addition, the pre - experimental design is used in the different investigations carried out for the ninth and tenth cycle of our study center, thus helping to improve our research with respect to our control system model for air quality.

Finally, it follows that the use of a free hardware-based system improves the proposed indicators on air quality in the shopping center June 24.

Keyword: Control system, Air quality, Pollution level, Application.

INTRODUCCIÓN

Nuestro tema de investigación se trata de la integración de un sistema basado en hardware libre, aplicando la metodología en V, con el objetivo de mejorar el control de la calidad del aire en el centro comercial 24 de junio, 2019.

Esta investigación, está basado en la realización de un sistema de control el cual permitirá al centro comercial poder visualizar los niveles de contaminación del aire, y además automatizar los dispositivos que reduzcan aquella contaminación.

Para poder continuar con el desarrollo del trabajo, se tuvo que analizar la metodología adecuada para poder realizar este tipo del proyecto, la cual mediante comparaciones se dio que la metodología en V iba acorde con nuestro proyecto. Esta metodología nos ayudara a tener un orden de las actividades a realizar y además se mostrara los avances y retrasos que hay en el proyecto, tanto el software o en hardware.

Actualmente lo niveles de calidad del aire presente en el centro comercial puede causar daño poco a poco a la salud de los clientes y las personas que trabajan dentro del lugar, esto por la acumulación de contaminantes, principalmente el CO₂ como material particulado, además, se les es difícil saber la información en tiempo real del nivel de calidad de aire para así activar sus dispositivos que reduzcan estos contaminantes.

Por ello esta investigación tiene como objetivo identificar los índices de calidad del aire en el centro comercial 24 de junio. Por este motivo que se implementará un sistema de control basado en hardware libre que controlara los niveles de contaminación del aire

La hipótesis que se demuestra en la implementación de un sistema de basado en hardware libre, influye significativamente en el control de los contaminantes presentes en el aire del centro comercial 24 de junio.

Para hacer mas entendible nuestra investigación, se ha dividido en 5 capitulos para dar un mayor detalle a nuestro tema, el cual son los siguientes

Capítulo I: Planteamiento Metodológico. - Se describe la definición del problema, objetivos, justificación y los métodos de recopilación de data

Capítulo II: Marco Referencial. - Se desarrolla el marco teórico sobre referencia de otras investigaciones, ayudándonos de libros, tesis y artículos científicos que nos guíen en la elaboración de la tesis y además, indicando el porque de la investigación.

Capítulo III: Desarrollo de la solución. – Indica la factibilidad del proyecto y las etapas de la metodología que se va a usar.

Capítulo IV: Análisis de resultados y contrastación de la hipótesis. - Indica las variables de estudio, la muestra y población de nuestro tema de tesis y el análisis y interpretación de los resultados.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones. – En esta parte se llega a la conclusión y recomendaciones de los hallazgos o descubrimientos que se hizo dentro del proyecto y además se ve si se logró los resultados planteados.

Para finalizar se brinda las referencias bibliográficas, anexos, apéndices y el glosario de término.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.1.1. Definición del Problema	6
1.1.2. Enunciado del Problema	6
1.2. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.2.1. Tipo de Investigación	6
1.2.2. Nivel de Investigación	7
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.4.1. Objetivo General	8
1.4.2. Objetivos Específicos	8
1.5. HIPÓTESIS	8
1.6. VARIABLES E INDICADORES	8
1.6.1. Variable Independiente	8
1.6.2. Variable Dependiente.....	9
1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.8. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.9. TÉCNICA E INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	11
1.9.1. Técnicas.....	11
1.9.2. Instrumentos	11
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	
2.1. ANTECEDENTES	13
2.2. MARCO TEÓRICO.....	22
2.2.1. Calidad del aire	22
2.2.2. Sistema de Control.....	26
2.2.3. Hardware libre	29
2.3. ESTADO DEL ARTE	30

CAPITULO III: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

3.1. ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD.....	38
3.1.1. Factibilidad Tecnica.....	38
3.1.2. Factibilidad Operativa.....	38
3.1.3. Cronograma de Actividades	38
3.1.4. Factibilidad Economia.....	38
3.2. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	39
3.2.1. Fase I Especificaciones	40
3.2.2. Fase II Diseño Global	41
3.2.3. Fase III Diseño en detalle	42
3.2.4. Fase IV Implementación, Test de Unidad, Integración.	44
3.2.5. Fase V Test Operacional del sistema.	53
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55
ANEXOS	62

Índice de tablas

Tabla 1	Datos Actuales de los indicadores	6
Tabla 2	Indicador de la variable independiente	8
Tabla 3	Índice de la variable independiente	9
Tabla 4	Indicadores de la variable dependiente	9
Tabla 5	Indicadores de la variable independiente	9
Tabla 6	Tipos y cantidades de contaminantes en el cuerpo humano	33
Tabla 7	Estudios del control en tiempo real de la calidad del aire	35
Tabla 8	Costos del proyecto	39
Tabla 9	Requerimientos de la aplicacion	40
Tabla 10	Requerimientos del prototipo de monitoreo y control	40
Tabla 11	Funcionalidades por orden de prioridad	41
Tabla 12	Desarrollo de la funcionalidad RF1	44
Tabla 13	Desarrollo de la funcionalidad RF2	45
Tabla 14	Desarrollo de la funcionalidad RF3	46
Tabla 15	Desarrollo de la funcionalidad RF4	47
Tabla 16	Desarrollo de la funcionalidad RF5	47
Tabla 17	Desarrollo de la funcionalidad RF6	48
Tabla 18	Desarrollo de la funcionalidad Rfsof1	49
Tabla 19	Desarrollo de la funcionalidad Rfsof3	49
Tabla 20	Revision de las funcionalidades Rfsof1 y Rfsof2	50
Tabla 21	Desarrollo de la funcionalidad Rfsof4	51
Tabla 22	Desarrollo de la funcionalidad Rfsof5	52
Tabla 23	Revision de las funcionalidades Rfsof3, Rfsof4 y Rfsof5	53
Tabla 24	Revision del proyecto	53

Índice de figuras

Figura 1 Personas utilizando mascara.....	2
Figura 2 Record de Concentración de gas de efecto invernadero en 2016.....	3
Figura 3 Aforo excedido en centros comerciales	4
Figura 4 Proceso de monitoreo de la calidad del aire (AS-IS)	5
Figura 5 Modelo Gaussiano de la calidad del aire	23
Figura 6 Flujograma del proceso del monitoreo del aire	24
Figura 7 Componentes del aire	25
Figura 8 Elementos de un sistema de control en lazo abierto.	26
Figura 9 Sistema de control de lazo abierto.....	27
Figura 10 Sistema de control de lazo cerrado.	27
Figura 11 Arquitectura del sistema de control.	28
Figura 12 Dispensador de vino automático.....	30
Figura 13 Sistema de control de un molino de harina.	31
Figura 14 Máquina de vapor con regulador de watt.	32
Figura 15 Diseño de arquitectura de monitoreo de la calidad del aire.....	33
Figura 16 Propuesta de Sistema de monitoreo IoT para variables ambientales. ..	34
Figura 17 El diagrama de un sistema de control de aire acondicionado fresco.....	35
Figura 18 El diagrama de flujo del software del controlador.	35
Figura 19 Diseño del prototipo.	41
Figura 20 Diseño Esquemático.	42
Figura 21 Funcionamiento del sistema de control de calidad del aire.	43
Figura 22 Prototipo de la aplicación.	43
Figura 23 Modelo de comunicación entre dispositivos.....	44
Figura 24 Desarrollo de la funcionalidad Rfsof1.....	49
Figura 25 Desarrollo de la funcionalidad Rfsof2.....	50
Figura 26 Desarrollo de la funcionalidad Rfsof3.....	51
Figura 24 Desarrollo de la funcionalidad Rfsof4.....	52
Figura 24 Desarrollo de la funcionalidad Rfsof5.....	52

CAPITULO I:
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Realidad Mundial

Existe una preocupación mundial sobre los efectos que produce la calidad del aire en la salud de las personas, así mismo NOAA (Administración Nacional Oceánica y atmosférica) afirma que la contaminación por CO₂ ha ido en aumento y que en el último mes de agosto se ha registrado una alta contaminación de CO₂ de 405.04 ppm está a nivel global, siendo así la más alta en la que va del año.

Según la BBC, china es el país con mayor índice de contaminación en todo el mundo, causando la muerte de más de 1 millón de personas al año. La concentración media de PM_{2.5} en la ciudad de pekin en el año 2017 fue de 200 microgramos por metro cubico de aire(ug/m³), teniendo como evidencia la Figura 1, esto excediendo exageradamente a la cantidad permitida de contaminación establecida por la OMS.



Figura 1 Contaminación del aire en china.

En el aire se presentan contaminantes que se introducen en nuestro organismo por la respiración, por lo cual afectan directamente al tracto respiratorio, también puede haber contaminantes que inciten a la irritación de los ojos. El último informe presentado por la OMS afirma que el 93% de los niños menor a los 15 años inhalan un aire contaminado, afectando su salud y su desarrollo intelectual; Además, los

contaminantes microbianos pueden causar enfermedades infecciosas. (Berenguer, J., 1989).

La mayoría de infecciones que contraen las personas y animales suelen ser por el aire, estas enfermedades principalmente atacan al aparato respiratorio. Pero primero se debe tener de conocimiento que cada persona en su vida inhala varios millones de m³ de aire, en el cual tiene microorganismos. La ventaja del hombre es que posee un sistema de defensas que evitan que el aparato respiratorio sea invadido. Estos tipos de virus son transmitidos mediante la secreción de la garganta y de la nariz, el cual vienen a ser la tos y el estornudo, en donde después, estas partículas viajan por el aire. Las personas pueden expulsar 500 partículas en la tos y de 1800 a 20.000 en un estornudo aproximadamente. (Zaravia, M., 2014, pág. 18.).

Realidad Nacional

La mayor parte de las concentraciones de contaminantes aumentan en túneles de avenidas y en sótanos de centros comerciales, el cual dificulta el flujo de aire en lugares cerrados, transformándolo así, en un firme problema de contaminación. Según el diario gestión de Perú indica que un peruano promedio emite aproximadamente 4.7 toneladas de dióxido de Carbono (CO₂) al año, además en la Figura 2 se evidencia las concentraciones de gases en el aire.

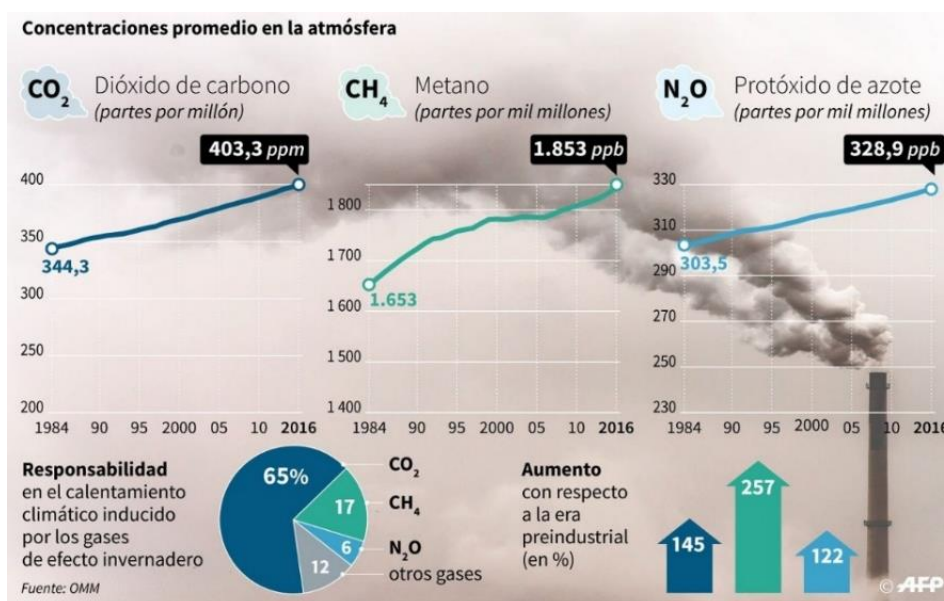


Figura 2 Record de Concentración de gas de efecto invernadero en 2016

El dióxido de carbono se produce de manera natural por seres vivos y varios tipos de emisiones que la naturaleza proporciona, no obstante, también se genera por medio de los combustibles fósiles y esto provoca un exceso del gas, resultando en daños para la salud de cualquier ser vivo. (Ganchozo, M., 2018, pág. 15.).

Según la CENEPRED, la cantidad de aforo que debe cumplir un centro comercial es de 2 m² de espacio por persona, esto es para obtener una experiencia cómoda del cliente y también para cumplir con los estándares que regulan la calidad del aire en algún lugar.

El diario comercio afirma que lima en el 2014 fue declarada la ciudad más contaminada de Latinoamérica presentando 58 microgramos de PM, siendo 38 microgramos de PM 2,5 por metro cubico el índice general para la ciudad, aunque supera seis veces el nivel establecido por la OMS.

Por otra parte, en el Perú las personas no respetan el aforo permitido y sobrepasan la cantidad permitida. En el año 2017, El comercio afirma que en campañas navideñas el sótano de la galería mina de oro con aforo máximo de 210 personas, en la figura 3 se muestra la sobrepoblación con un total de 400 visitantes dificultando así la respiración de quienes llegan a comprar.



Figura 3 Aforo excedido en centros comerciales

La agencia de noticias andina, nos dice que la municipalidad de lima realizo la inspección en el centro de lima en mas de 5000 locales, siendo clausurada 496 locales, ya que no contaban con áreas de ventilación y tampoco con detectores de humo, generando un riesgo a los usuarios que frecuentaban en el lugar.

Realidad Empresarial

En la actualidad el centro comercial 24 de junio presenta un problema de calidad de aire, esto debido a que en el lugar no se respeta el aforo de número de personas que pueden estar en el lugar, el aforo máximo del establecimiento es de 350 personas; El aforo de personas puede llegar hasta triplicarse en festividades.

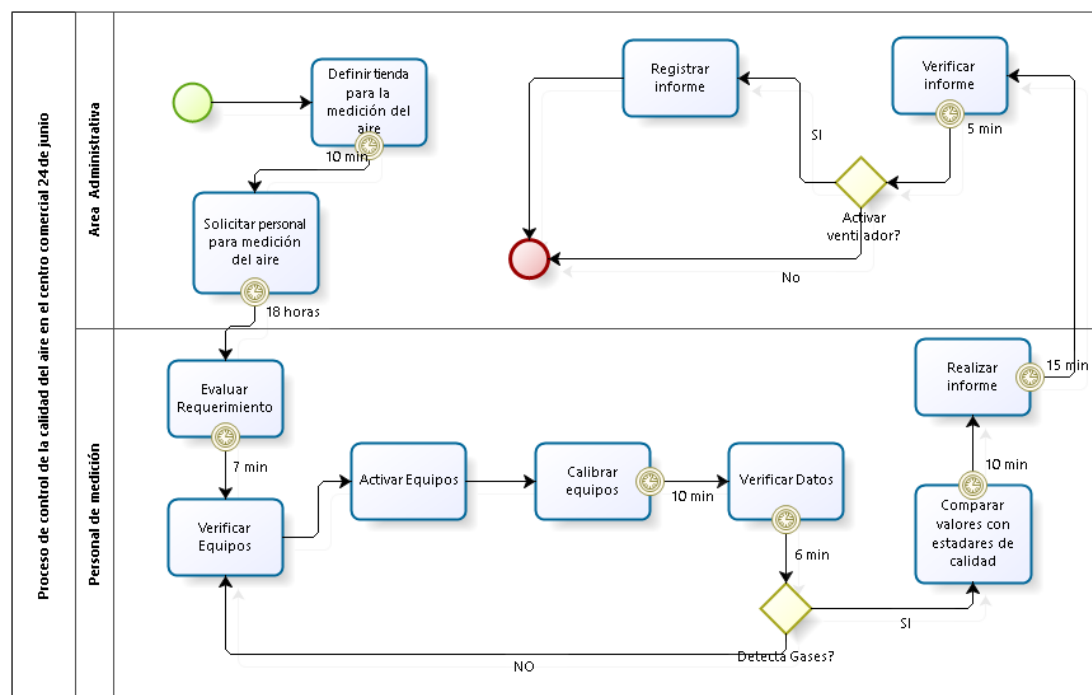


Figura 4 Proceso de monitoreo de la calidad del aire (AS-IS)

De acuerdo con la figura anterior (Figura N° 4), el proceso de monitoreo de la calidad del aire presenta problemas en:

- Tiempo para obtener información del aire.
- Nivel de calidad del aire.
- Nivel de contaminación de CO2.
- Nivel de satisfacción del usuario.

Tabla 1
Datos Actuales de los indicadores

Indicadores	Datos pre-prueba (Promedio)
Tiempo para obtener información del aire	1140 minutos
Nivel de calidad del aire	570 ppm
Nivel de contaminación de CO2.	560 ppm
Nivel de satisfacción del usuario.	Baja

1.1.1. Definición del Problema

El centro comercial 24 de junio se encuentra actualmente ubicado en el distrito de villa el salvador, este lugar presenta problemas en la calidad del aire que hay en algunos puestos, como por ejemplo restaurantes, lugares en donde venden diferentes tipos de carnes, etc. Agregando además que es un lugar cerrado en donde a sus laterales pasan diferentes vehículos, llevándose los clientes así, una mala experiencia del lugar.

El encargado del centro comercial nos comentó que se les hacía difícil saber qué nivel de contaminación existía en dicho lugar, ya que habían tratado de hacer un monitoreo, pero por la cantidad de personas se les hizo difícil.

1.1.2. Enunciado del Problema

¿En qué medida un sistema basado en hardware libre facilitará el control de la calidad del aire en un centro comercial?

1.2. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Tipo de Investigación

Aplicada:

Dependiendo del problema se aplicara una solución, se realizará la implementación de un sistema de control usando la tecnología arduino, para

proporcionar una solución al control de la calidad del aire en el centro comercial 24 de junio.

1.2.2. Nivel de Investigación

Explicativa:

Nuestra investigación tiene como objetivo dar solución a los problemas identificados en el control de la calidad del aire en el centro comercial 24 de junio.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Cuando llega el momento de plantear un problema es importante tener una justificación sostenible y fuerte del porque se está realizando dicha investigación, ya que esto no se puede realizar si no se cuenta con un propósito claro, además que la investigación no tendrá ningún sentido. Es por ello que ahora pasaremos a justificar nuestro proyecto.

Tecnológica

El desarrollo de un sistema de control tiene como propósito manejar sistemáticamente o manualmente los componentes tecnológicos de manera sencilla y eficaz. Es por esto que un sistema de control tiene las características que ayudan a nuestra investigación ya que vamos a controlar el sistema de ventilación para mejorar la calidad del aire en espacios cerrados. (Teslyuk, T., Denysyuk P., Kernytskyy, A. & Teslyuk, V., 2016, Pag. 1).

Teórica

El propósito de aportar el conocimiento sobre el uso de hardware libre, influye en el desarrollo del hardware para mejorar la calidad del aire teniendo resultados que permiten demostrar que el uso de un sistema de control mejora significativamente la calidad del aire. (Hidalgo, J. & Pachay, J., 2015, Pág. 4.).

Practica

Si bien es cierto un sistema de control en un purificador ayuda a reducir la emisión de CO₂ monitoreando la calidad del aire, para mejorar la purificación y manteniendo el aire en niveles normales para poder así respirar más limpio en lugares cerrados en el cual las personas están transitando. (Quispicuro, V, 2015, pág. 12).

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Determinar en qué medida un sistema basado en hardware libre facilita el control de la calidad del aire en un centro comercial.

1.4.2. Objetivos Específicos

Determinar en qué medida un sistema basado en hardware libre reduce el volumen de contaminación del aire en un centro comercial.

Determinar en qué medida un sistema basado en hardware libre mejora el tiempo para obtener información del aire en un centro comercial.

Determinar en qué medida un sistema de basado en hardware libre mejora el nivel de satisfacción de los clientes en un centro comercial.

1.5. HIPÓTESIS

Si se implementa un sistema basado en hardware libre se facilita significativamente el control de la calidad del aire en un centro comercial.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

1.6.1. Variable Independiente

- Sistema de Control

A) Conceptualización

Tabla 2

Indicador de la variable independiente

Indicador: Presencia – Ausencia

Descripción: Cuando indique No, es porque aun existe un sistema de control en el centro comercial 24 de junio y aún se encuentra en la situación actual del problema. Cuando indique SI, es cuando se implemento el sistema de control en el centro comercial 24 de junio, esperando tener mejores resultados

B) Operacionalización

Tabla 3
Índice de la variable independiente

Indicador	Índice
Presencia – Ausencia	Sí, No

1.6.2. Variable Dependiente

- calidad del aire

A) Conceptualización

Tabla 4
Indicadores de la variable dependiente

Indicadores	Descripción
Nivel de contaminación por CO2	Es la medida nivel el cual se encuentra el volumen del CO2.
Concentración de material particulado(MP2.5)	Es la medida nivel el cual se encuentr el volumen de material particulado.
Tiempo para obtener información de la calidad del aire	Es el tiempo que dura la obtención de datos de la calidad del aire.
Nivel de satisfacción del cliente	Es el grado que se mide al cliente si está conforme con la información que se brinda sobre la calidad del aire.

B) Operacionalización

Tabla 5
Indicadores de la variable independiente

Dimensiones	Indicadores	Índice	Unidad de medida	Unidad de observación
Volumen	Nivel de contaminación por CO2	[0, 550, 945, 1400]	ppm (partes por millon)	Ficha de anotación

	Nivel de calidad del aire	[0, 450, 1000, 2000]	ppm (partes por millon)	Ficha de anotación
Tiempo	Tiempo para obtener información de la calidad del aire	[1, 300, 1080]	minutos	Cronometro
Satisfacción	Nivel de satisfacción del cliente	[Nada Satisfecho, Medio Satisfecho, Satisfecho, Totalmente Satisfecho]	Nivel de satisfacción del cliente	Encuesta

1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Temporal:

Nuestra investigación se llevará a cabo durante enero del 2019 hasta diciembre del 2019.

Espacial:

Nuestra investigación se realizará en el centro comercial 24 de junio.

Conceptual:

Nuestra investigación tiene como base la metodología en V, el cual nos ayudara en el desarrollo del hardware y software.

1.8. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Pre-Experimental:

Pre – Experimental con post prueba

Ge O₁ X O₂

Donde:

- ✓ **Ge:** Grupo experimental: Es el estudio que se le dara al aire durante 3 horas especificas.
- ✓ **O₁:** Datos de la Pre-Prueba para los indicadores de la variable dependiente antes de implementar el sistema de control. Mediciones Pre-Prueba del grupo experimental.

- ✓ **O2:** Datos de la Post-Prueba para los indicadores de la variable dependiente.
Mediciones Post-Prueba del grupo experimental.
- ✓ **X:** Sistema de Control = Estímulo o condición experimental.

Descripción:

La intención es comparar intencionalmente al grupo (Ge) que están conformados por los niveles de contaminación presente en el lugar, el cual se le dio un estímulo Sistema de Control (X), después de ello se aplica una prueba posterior con referencia a los indicadores dependientes (O1), de la misma manera se realizará una prueba a los indicadores independientes (O1). Es deseable que los datos O2 sean mejor que los datos del O1.

1.9. TÉCNICA E INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1.9.1. Técnicas

Tabla 5
Métodos e instrumentos de investigación

Método	Técnica	Instrumento
Elaborar el Instrumento	Encuesta	Cuestionario
Validación del Instrumento	Revisión de expertos	Certificado de Validez
Coordinación con la institución	Comunicación escrita	Carta
Recolección de datos		
Nivel de calidad de aire	Observación	Ficha de observación
Niveles de CO2	Observación	Ficha de observación
Tiempo	Observación	Cronometro
Transcripción de datos		Excel
Determinar la confiabilidad de los datos	Índice de confiabilidad	Combach – Pearson
Aplicar		
Recolección de datos post-prueba	Observación	Ficha de observación

1.9.2. Instrumentos

Se utilizaron instrumentos como:

- Encuestas.
- Entrevistas.
- Sensores de calidad de aire.
- Cuadros estadísticos para establecer comparación.
- Comparación de los resultados con normas de estándares de calidad.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES

A continuación observaremos algunas investigaciones que también hablan sobre el control de la calidad del aire, esto nos servirá como antecedentes de nuestra tesis.

- a) Título:** Determinación de Áreas de Monitoreo de la calidad del aire a partir de análisis de emisiones de fuentes móviles.

En la Universidad del Azuay los autores Iñiguez y León (2017) en Ecuador realizaron su investigación sobre el análisis de los niveles de contaminación proveniente de fuentes móviles según los límites establecidos por la ley y también por la norma de calidad de aire.

El tipo de muestreo es estadístico ya que se tomó la fórmula de estadística tamaño de la muestra para analizar solo una cierta cantidad de vehículos de los que hay en el parque automotor de la ciudad de Machala, esto dándonos como resultado 385 vehículos matriculados en el 2014, aptos para que se pueda analizar los gases de sus tubos de escape.

Como resultado del análisis de los 385 vehículos se puede saber que los vehículos más antiguos emiten mayor cantidad de contaminación, Estos resultados se obtienen gracias al analizador de gases NHA 506EN. Después de estas muestras se estableció puntos de monitoreo donde circulan más vehículos.

En conclusión, se puede ver que la mayor parte de vehículos no cumplen con las normas establecidas por ley en el país de Ecuador.

Esta investigación aporta en nuestra tesis el análisis de gases que se debe de realizar para saber el estado en el que se encuentra un lugar.

- b) Título:** Diseño de “Un sistema de Ventilación con detección de Monóxido de Carbono (Co)” para Sótanos de Estacionamiento de un Edificio Multifamiliar.

En la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo el autor Salazar (2017) en su tesis planteo diseñar un sistema de ventilación en sótanos de estacionamiento el cual debe de asegurar la calidad de aire que recorre en los interiores del sótano.

Se realizó un tipo de muestreo probabilístico utilizando tres metodologías las cuales son el método de Caudal de ventilación de aire, el Método de determinación de renovaciones de aire y El Método de determinación del caudal de aire usando un procedimiento recomendado, en el cual se usa el 10% de todos los vehículos disponibles en hora punta.

Se obtuvieron resultados satisfactorios ya que en las comparaciones realizadas se nota que los resultados son mejores que el anterior reduciendo así los gases en sótanos de estacionamiento.

Se concluye que el diseño garantiza la extracción del aire en el estacionamiento cuando supere el nivel de concentración de gases.

Aporta en nuestra investigación ya que nos ayuda a ver métodos para mejorar la calidad del aire en interiores.

c) Título: Diseño de un sistema para generar purificación del aire y auto-limpieza en las superficies del túnel de la avenida Colombia(Cali).

En la Pontificia Universidad Javeriana de Cali los autores Medina, Torres, Meza y Villota (2016) Realizaron su investigación con el objetivo de diseñar un sistema de purificación del aire para la auto-limpieza en las superficies del túnel de la avenida Colombia.

El tipo de muestreo que se utiliza es probabilístico y son tomadas en el túnel de la avenida Colombia, el cual presenta una cantidad considerable de dióxido de nitrógeno y carbono, esto producido por autos que transitan en el lugar.

Como resultado en un laboratorio, se obtuvo que el dióxido de Titanio es el más eficiente para la remoción de fenómenos fotólisis que se presenta diariamente en el túnel.

Se llegó a la conclusión que la implementación de este diseño es considerablemente costosa, pero trae muchos beneficios tanto ambientales y a la calidad del aire del lugar.

El aporte que da esta investigación a nuestra tesis es el tipo de solución que utilizaron para poder mejorar la calidad del aire, aparte de la toma de datos de los índices de contaminantes que presentaba el lugar.

d) Título: Análisis de la temperatura interna para la adecuación de la calidad del aire en el coliseo del tecnológico Simón Bolívar.

En la Universidad Estatal de Milagro los autores Hidalgo y Pachay (2015) desarrollaron su tesis con la idea de diseñar un sistema de extracción, que pueda mejorar la calidad del aire y la temperatura.

El tipo de muestreo que se ha utilizado es estadístico, ya que después de ello se llega al resultado de escoger a 384 personas que trabajan ahí y que van al coliseo del tecnológico Simón Bolívar, se les realiza encuestas para saber su percepción del aire.

Se tomó como lugar de prueba el coliseo tecnológico Simón Bolívar de Ecuador, en donde se obtuvo muestras de la calidad del aire y temperatura interna que se presenta al momento de tener un gran número de personas en el lugar.

Como resultado se presentó un impacto en las personas que asisten a dicho coliseo, ya que con esto se le brinda un mejor servicio. Se pudo disminuir la temperatura y recrear un ambiente agradable.

Se llegó a la conclusión que los ventiladores eólicos generan muchos beneficios, ya que aparte de no consumir mucha energía eléctrica, tiene un costo mínimo.

Nos ayuda en nuestra tesis, ya que nos brinda diferentes tipos de análisis y toma de datos, realizando un monitoreo del lugar para poder llegar a una solución.

e) Título: Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de calidad de aire en la ciudad de cuenca

En la Universidad Politécnica Salesiana los autores Ochoa y Vazquez (2014) presentaron su investigación que tiene como objetivo poder medir la contaminación mediante un sistema de control, el cual será una aplicación.

El tipo de muestreo que se ha utilizado es probabilístico, en el cual se escoge de manera aleatoria a los gases los cuales serán cada día y cada hora para tener datos más específicos y proceder con su evaluación y comparar resultados.

La ciudad en el cual se implementó esta tesis fue cuenca, ecuador, en donde se obtuvo la información de contaminación mediante sensores que hacían un monitoreo constante del lugar.

Se pudo realizar estaciones de monitoreo en diferentes partes de la ciudad, además se logró obtener una comunicación inmediata mediante las redes 3G, demostrándonos así la realidad en contaminación de la ciudad de cuenca.

Se llegó a la conclusión que el proyecto tuvo que utilizar hardware libre para poder desarrollarlo, esto por motivo del costo, además, que se hizo energéticamente más independiente gracias a baterías que contienen una gran cantidad de energía.

Está presente investigación aporta la tecnología y el diseño de arquitectura que nos servirá como base para poder realizar nuestro propio diseño y seguir mejorando la estructura y componentes que se podrían utilizar.

- f) Título:** Desarrollo de un prototipo de aplicación web en combinación con la plataforma arduino para controlar la calidad del aire de la ciudad de Quito.

En la Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador los autores Arizaga y Mauricio (2015) plantearon su investigación con el objetivo principal de combinar la plataforma arduino con una aplicación web, para tener la función de poder controlar la calidad del aire.

El tipo de muestreo obtenido es estadístico ya que para medir las partículas de contaminación en la ciudad de Quito es ppm (partes por millón), y de estas se obtuvieron 169 lecturas de contaminantes.

Se obtuvo como resultado que la concentración mínima de ppm es de 12, esto con lleva que la ciudad de Quito se encuentra en una contención de crecimiento constante

Se llegó a la conclusión que con la metodología Scrum y XP se pudo obtener un producto que cubra los requerimientos establecidos, dentro de un tiempo acorde al trabajo.

Esta investigación nos ayuda a saber cómo medir los contaminantes mediante ppm (partes por millón), el cual nos sirve para la recopilación de datos.

- g) Título:** Sistema de Monitoreo de calidad del aire y ruido ambiental para la determinación de índices de contaminación basado en redes inalámbricas de sensores.

En la Universidad del Azuay los autores Carranco y Salgado (2017) realizaron su investigación con el objetivo principal de realizar un seguimiento constante de la información sobre el análisis de la calidad del aire y ruido

ambiental, además si es que se tiene cumplimiento de las normas establecidas por el estado.

Las muestras que se necesita para la investigación será tomada en el campus de la universidad Azuay el cual el sistema se encontrará en dos lugares teniendo un monitoreo constante, este tipo de muestreo es estadística, ya que estos serán tomados por sensores y se hará una comparación con los estándares permitidos con respecto a la calidad del aire.

Como resultado se tuvo los registros que obtuvo los sensores en estos dos puntos y se dio una comparativa de los datos que maneja la EMOV de Ecuador.

En conclusión, la empresa municipal EMOV mostro su interés en el monitoreo del aire, para el análisis de estos, además que se presenta cada año mayor índice de contaminación en el lugar.

Esta investigación nos muestra cómo hacer una diferenciación de la calidad del aire de un lugar con los estándares que existe. Además de hacer una red de monitoreo del aire mediante sensores.

h) Título: Construcción de un generador de ozono automatizado para la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

En la Universidad Técnica de Ambato el autor Llagua (2017) realizo su investigación con el objetivo de instalar un generador de ozono para poder resolver los malos olores en las facultades.

El muestreo es de tipo estadístico, ya que se toma valores de datos del ozono en la facultad de ingeniería de sistema, el cual presenta contaminantes, y se hace un comparativo con el aire normal.

Como resultado de pruebas, se obtuvo que el aire en esas partes no es muy bueno comparando con las medidas recomendadas por la OMS, pero una vez

instalada el generador de ozono se pudo observar que los niveles de los gases son más estables.

Se llegó a la conclusión que las elecciones de materiales para el diseño de un generador de ozono fueron muy importantes ya que se escogieron materiales de buena calidad y para la instalación que ayuda a reducir niveles excesivos de gases en las facultades.

Esta investigación nos ayuda para realizar mediciones correctas del ambiente en donde nos encontramos, para así brindar una solución.

- i) **Título:** Diseño y construcción de un prototipo portátil de monitoreo ambiental. Mediante un sistema autónomo de adquisición de datos portátil con comunicación USB hacia un pc.

En la Escuela Politécnica Nacional el autor Suntaxi (2015) llegó a realizar su investigación con el objetivo de implementar un dispositivo electrónico que monitorea y a la vez almacene los datos que se obtengan de los sensores.

Debido a que los gases en aire son contados se tiene una muestra no estadística de los reportes de cada concentración de gas el cual se realiza a diario y se monitoreará todo el día.

Se utiliza como muestra principal los datos recogidos de cada 2 minutos de las zonas urbanas del distrito de Quito.

Como resultado, se puede ver que los datos tienen una exactitud del 98% esto gracias a los sensores incorporado, además que se pueden visualizar estadísticamente en una pantalla LCD.

Se llegó a la conclusión de que el prototipo realizado puede obtener datos en lugares con alto grado de contaminación, además que se puede realizar una mejor toma de muestras gracias los parámetros de temperatura y presión.

Está presente tesis aporta a nuestra investigación con los diferentes instrumentos y métodos de medición que se podría usar para recopilar información sobre la concentración de cada gas que se encuentra en el aire.

j) Título: Diseño de un sistema purificador para mejorar la calidad del aire en viviendas urbanas.

En la Universidad de Ciencias y Humanidades el autor Flor (2018) llegó a realizar su investigación con el objetivo de disminuir la contaminación de aire en las viviendas urbanas mediante un purificador de aire.

El tipo de muestreo es probabilístico ya que se utiliza como muestra principal las viviendas urbanas de bajos recursos que se encuentran contaminadas en Puente Piedra.

Como resultado de pruebas, se obtuvo que el aire en estas viviendas se mejoró mucho la calidad del aire ya que se instaló en distintos puntos de la vivienda.

Se llegó a la conclusión del análisis de diferentes tipos de purificadores para determinar qué equipo purificador es el más beneficioso a la hora de mejorar la calidad del aire.

Esta investigación nos sirve para tener un modelo de diseño de nuestra solución.

k) Título: Diseño e implementación de un prototipo móvil de visualización y notificación personalizada de calidad del aire de la ciudad de Cuenca.

En la Universidad del Azuay los autores Pacheco, Lafebre y Brito (2018) presentaron su investigación con el objetivo de diseñar e implementar un aplicativo móvil con notificación diseñada para la calidad del aire.

El tipo de muestreo es probabilístico, ya que el aplicativo consume datos de la central de monitoreo de la ciudad de Cuenca, el cual cuenta con sensores. Se tuvo como ese lugar.

Como resultado de las pruebas se pudo comprobar que se creó una base de datos consolidada que tiene un correcto almacenamiento de la data, permitiendo así una mejor consulta de la calidad del aire.

Se puede concluir que existe una buena conectividad dentro de las plataformas desarrolladas, esto para que los usuarios puedan saber en tiempo real los datos de la calidad del aire en el lugar.

Esta investigación nos ayuda para plantear el modelo de una plataforma en donde los usuarios van a poder visualizar la información de la calidad del aire.

I) Título: Diseño de la primera red permanente de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Ambato.

En la universidad de las fuerzas armadas el autor Burgos (2015) realizó su investigación en Ecuador con el objetivo de diseñar una red de monitoreo de la calidad del aire y cubrir las emisiones de fuentes móviles.

Se tiene como muestra el monitoreo diario de 10 minutos al día en los gases seleccionados por el autor debido a que ha deducido que son los más importantes como el CO y SO₂.

La red de monitoreo se realizará para la ciudad de Ambato y se tendrá como muestra los datos recopilados por los sensores que serán instalados.

Como resultado se pudo cubrir 124,69 km². Y establecer los sitios con mayores índices de contaminación.

Se llegó a la conclusión que el contaminante principal en el ambiente es el monóxido de carbono y las que tienen menos presencia son las materias particuladas.

El marco teórico investigado en esta tesis nos sirve como apoyo a nuestra investigación ya que nuestro tema es similar a lo que se realizó en esta investigación.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Calidad del aire

Según Xavier Novoa Conde (2016), el aire tanto con el agua y los alimentos, son partes fundamentales para la existencia de los seres vivos en nuestro planeta. Para los seres humanos se necesitan que el aire se encuentre en unas condiciones adecuadas para su existencia.

Además, Ortega Castro (2014) nos aclara que contar con una buena calidad del aire, ayuda a que también se mejore la calidad de vida de las personas, esto se lograra dependiendo del compromiso que tengan los actores involucrados. Actualmente se presente constante el deterioro de la calidad del aire, volviéndose esta una preocupación para los diferentes gobiernos de cada nación.

• Modelo Gaussiano de Dispersión

Mediante una formula se nos muestra el modelo de campo tridimensional de acumulación permitido por diferentes situaciones de emisión estacionaria. (Buitrago, J., 2003).

$$C = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} \right) + \frac{(Z - H)^2}{\sigma^2} \right]$$

Donde:

- ✓ **Q:** Fuerza de la fuente de emisión (la masa emitida por unidad de tiempo).
- ✓ **σ_z y σ_y :** Desviación normal vertical y horizontal de la difusión de la masa de un gas a través del aire en la dirección vertical (Z) y horizontal (Y) expresado en m.

- ✓ ***u***: Velocidad del viento.
- ✓ ***Z***: Diferencia de nivel de terreno en el punto de cálculo X.
- ✓ ***H***: Altura.
- ✓ ***X***: Distancia al foco de emisión.

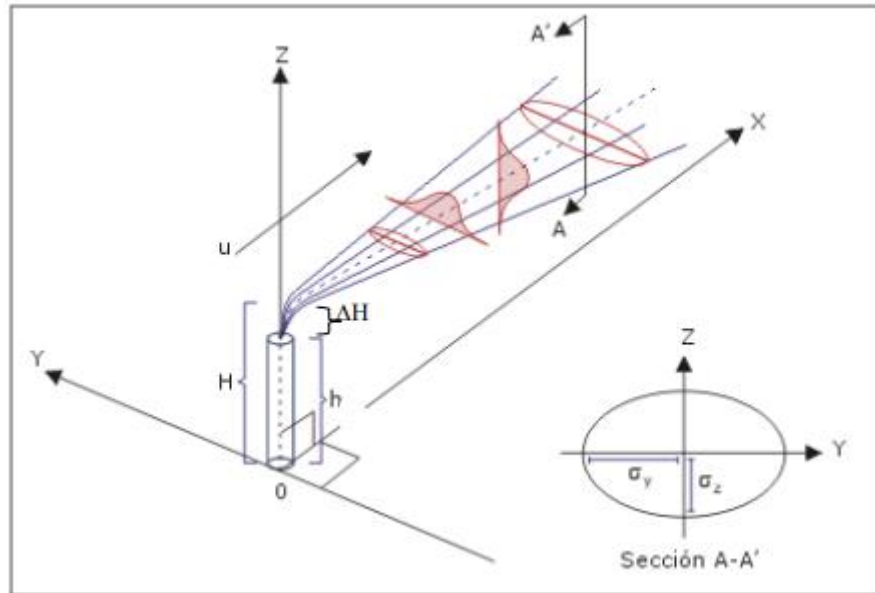


Figura 5 Modelo Gaussiano de la calidad del aire

• Medición

Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España (2001) la concentración de contaminantes en el aire interior sigue un modelo de masa equilibrado el cual esta expresada en la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = \frac{Q}{V} + nC_0 - aC_i - nC_i$$

Donde:

- ✓ **C_i** : La concentración de contaminantes en el aire interior (mg/m^3).
- ✓ **Q** : La tasa de emisión (mg/h).
- ✓ **V** : el volumen de espacio interior (m^3).
- ✓ **C_0** : La concentración de contaminantes en el aire atmosférico (mg/m^3).
- ✓ **n** : La tasa de ventilación por hora.
- ✓ **a** : = la tasa de degradación del contaminante por hora

- **Proceso**

Es una serie de pasos en el cual se recopila la información para poder contrastar a futuro el mejoramiento de la calidad del aire para determinar los niveles de contaminación o sustancias presentes en el aire que se produce dentro de los lugares cerrados en el cual está constituido en dos etapas: La revisión de la calidad del aire actual y la instalación de los equipos. (Pro Transporte, 2005, pág. 2.).

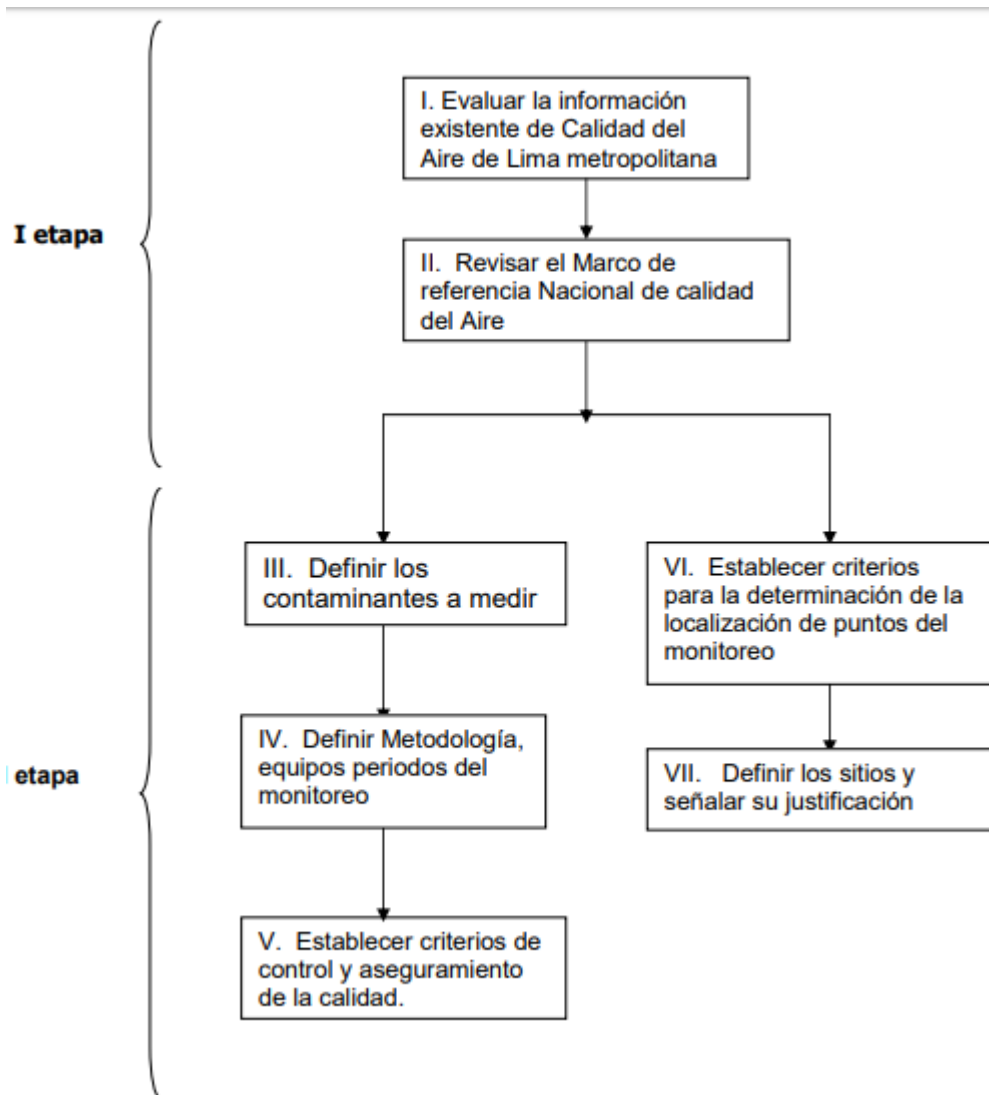


Figura 6 Flujograma del proceso del monitoreo del aire

- **Composicion de gases en el aire**

Para poder contar con una calidad de aire aceptable se necesita de diferentes componentes como por ejemplo el oxígeno, nitrógeno y algunos gases nobles que

son necesario para la vida. El aire se caracteriza por no tener color, sabor, ni forma, pero tiene un rol importante en los seres vivos.

Además, para Xavier Novoa Conde (2016) se le considera un aire limpio si es que la proporción de otros gases no supera los índices que se necesita para los seres humanos

Los principales gases que lo forman son el Nitrógeno (78%) y el Oxígeno (21%).

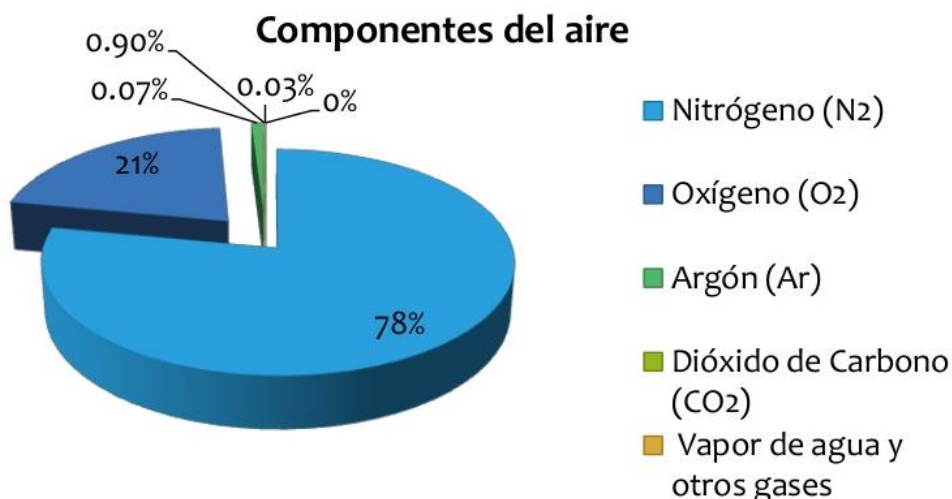


Figura 7 Componentes del aire

- **Dimensiones**

Volumen:

Según Vaisala (2013) señala que el peso se mide de la densidad de concentración de los gases en el aire y la densidad molecular de los gases siendo así la unidad de medida ppm (partes por millón). (pág. 2).

Ademas el Instituto Español de Seguridad e Higiene en el trabajo señala que el CO₂ debe estar entre 400 y 800 ppm para tener un aire más limpio, además para que la calidad del aire sea aceptable los niveles de los gases deben oscilar entre 1000 a 1500 ppm. (pág. 16).

Tiempo

Según Castro, O, (2013) nos dice que como mejor instrumento para recoger datos es el tiempo ya que nos permite recoger datos y posteriormente compararlos. (pág. 219).

Satisfacción

Según Quispe, G. & Ayaviri, V. (2016) Indica que la satisfacción es la sensación que tiene el cliente con los productos que ofrecen diferentes establecimientos. (pág. 169).

2.2.2. Sistema de Control

De acuerdo con Hernández (2010) señala que un sistema de control es una conexión entre múltiples elementos que forman una configuración denominada sistema de tal manera que el resultado es capaz de poder controlarse por sí mismo. Además, Hossian (2003) señala que los sistemas de control pueden emplearse en diferentes escenarios donde se origine un problema para poder describir sus posibles causas. Estos pueden ser como:

- ✓ Sistema de control de temperatura.
- ✓ Sistema de control de ahorro energético.
- ✓ Sistema de control de asistencia.

Sin embargo, Kuo, B. (2011) afirma que existe 2 tipos principales de sistemas de control:

- El sistema de control en lazo abierto.

Son sistemas no complejos, ya que no solucionan requerimientos a nivel crítico; estos pueden ser muy económicos, pero no brindan datos exactos. Como ejemplo claro, se tiene a las lavadoras eléctricas convencionales, ya que normalmente el tiempo de lavado es determinado por alguien humano y no opera por sí mismo.

Entrada de
referencia r

Señal
 u

Variable
controlada

Figura 8 Elementos de un sistema de control en lazo abierto.



Figura 9 Sistema de control de lazo abierto.

- El sistema de control en lazo cerrado

Son sistemas que se realimentan mediante resultados que obtienen al final que son comparadas con la señal de entrada como referencia esto para poder corregir errores que presenta el sistema.

Se caracterizan por ser complejos y estables en la información que brindan.



Figura 10 Sistema de control de lazo cerrado.

Por otra parte, en un estudio realizado por Gutiérrez y Iturralde (2017) sostiene que un sistema de control es un tipo de sistema caracterizado por la presencia de un conjunto de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema.

Según Guamán, J., Vargas, C., Nogales, R., Guevara, D., Gracia, M. & Ríos, A. (2016) utilizar un sistema comercial, presenta desventajas como:

- ✓ Limitado control autónomo
- ✓ Considerable consumo energético
- ✓ Elevado costo de mantenimiento.

Es por esto que ellos realizaron una plataforma cloud de adquisición, tratamiento y visualización de información de sistemas fotovoltaicos basados en hardware y software libre.

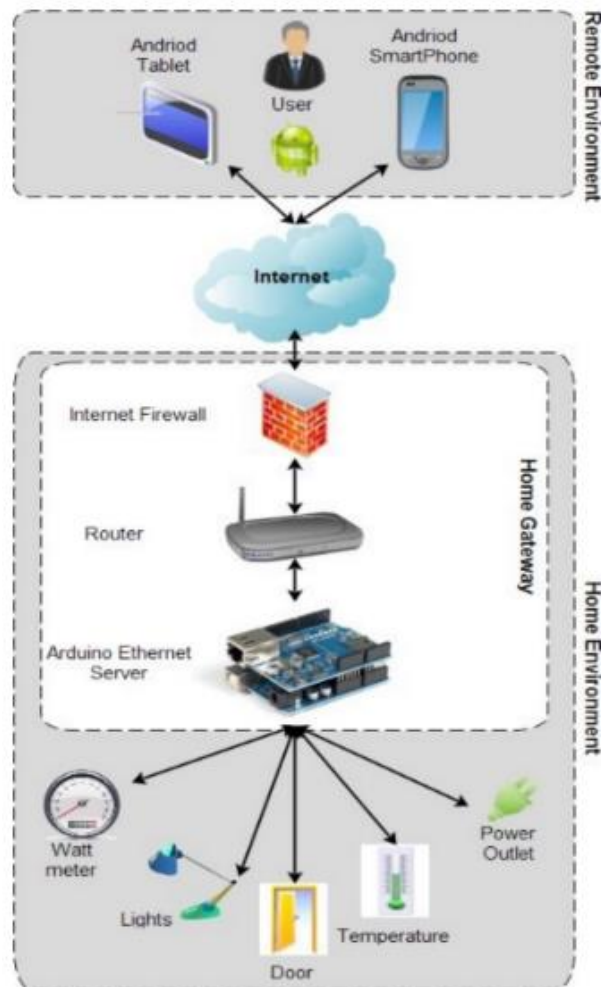


Figura 11 Arquitectura del sistema de control.

- **Herramientas**

Aplicativo

Se define un aplicativo a un programa que ha sido diseñado para poder ser utilizado en cualquier dispositivo móvil el cual ofrece una solución a un problema o necesidad, así como también una aplicación ofrece una experiencia única desde un dispositivo móvil, ya sea un teléfono inteligente o una Tablet, así también tenemos aplicaciones nativas y aplicaciones híbridas. (Vallvé, 2017, pág.79.).

Dispositivos Móviles

En la actualidad se observan diferentes dispositivos que tienen acceso a internet, como teléfonos inteligentes. Debido a la necesidad de los usuarios los dispositivos van mejorando muy rápido y por este motivo es que vemos todos los

años diferente modelos nuevos de dispositivos en el mercado. (Luengo, M., 2012, pág. 137).

2.2.3. Hardware libre

Se llama hardware libre a aquellas piezas de hardware cuyas características y graficos son para todo publico y puede ser modificado a la forma que desea cualquier persona. Esto deja que los usuarios puedan experimentar con plataformas que están emergiendo modificando el código de fuente y llegando ha crear diferentes aplicaciones para una plataforma. (Amador, 2015, pág.1.).

- **Herramientas**

Arduino:

es una plataforma de prototipado diseñado en placas con microcontroladores de código abierto que es facil de usar. Esta plataforma esta hecho para personas interesados en innovar objetos o un entorno interactivo. (Arduino, 2018).

ESP8266:

El ESP8266 es un SoC, este SoC agrupa distintos componentes en un mismo integrado, siendo los principales un procesador de 32 bits y un chip WiFi con gestión de pila TCP/IP, el cual nos permite trabajar con este componente único para el desarrollo de proyectos con el cual podemos realizar y ejecutar aplicaciones independientes. (Ubach, C., 2017, pág. 10).

Arduino Uno

Tarjeta de desarrollo de microcontroladores el cual es la base de todos los proyectos, es un ordenador pequeño, donde no podrás no puedes realizar nada, hasta que lo hayas programado circuitos e interfaces para hacer trabajar el arduino uno con otros componentes. (Fitzgerald & Shiloh, 2015, pág.6.).

Sensor

Según Corona, Abarca & Carreño señala: “Un sensor es un dispositivo de entrada que proporciona una salida que puede ser manipulada por lo cual un

sensor es un intermediario entre la variable física y el sistema de medida” (pág.17).

2.3. ESTADO DEL ARTE

Según Ruijun Yang, Feng Yan y Nan Zhao (2017) nos explica que desde que empezó la revolución industrial en el siglo XVIII, se fue transformando en un problema la contaminación del aire, volviéndose poco a poco más crítico, dejando así consecuencia en la vida humana.

Hoy producto de ello se realizan diferentes tipos de investigaciones ya que es un problema urgente de tratar.

Se utilizan diferentes métodos como las estadísticas, varianza, desviación estándar y comparación con normas para realizar evaluaciones con respecto a la calidad del aire.

Según lo investigado se logró acoger propuestas de soluciones para los problemas que se presentan en el control de la calidad del aire, llegando a brindar aportes a la investigación que estamos realizando.

Los sistemas de control vienen desde la era griega empezando por el siglo I A.C, Herón de Alejandría escribió “Pneumatica” y “Autómata”. Unos de los primeros sistemas realimentados de la historia son los dispensadores de vino cuyo funcionamiento es descrito en los libros de Herón.

En la Figura 12 se basaba en el principio de los vasos comunicantes y conseguía que el volumen de vino suministrado fuera constante. (Piedrafita, R., 1999, pág. 5.).

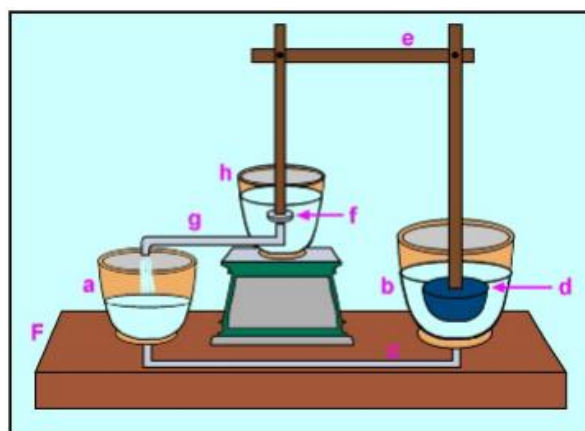


Figura 12 Dispensador de vino automático.

Ya en la edad media se crean importantes sistemas de control siendo el primero creado por H.U. Lansperg por el año 1200 quien realizo un sistema para controlar un molino de arena, que se muestra en la Figura 13, de manera que la cantidad de granos incorporados en el molino era por la dureza del grano y la fuerza del viento, de esta manera el sistema funcionaba correctamente. (Piedrafita, R., 1999, pág. 6-7.).

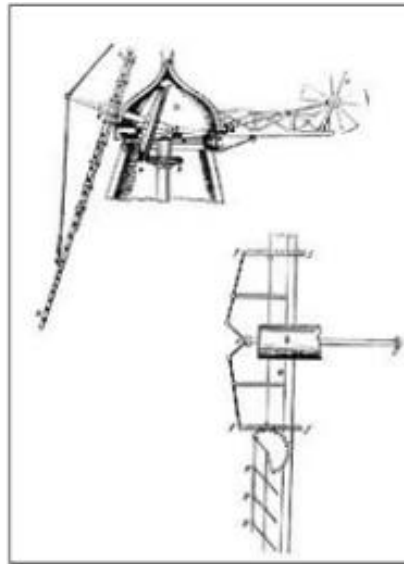


Figura 13 Sistema de control de un molino de harina.

En la época de la revolución industrial, en el año 1633 se crea la primera máquina de vapor por Eduard Somerset, pero años más tarde James Watt creó el regulador de watt, el cual ayudó a controlar la energía mecánica creada por el vapor, en la Figura 14 se puede observar la máquina de vapor con el regulador de watt. (Piedrafita, R., 1999, pág. 10-11.).

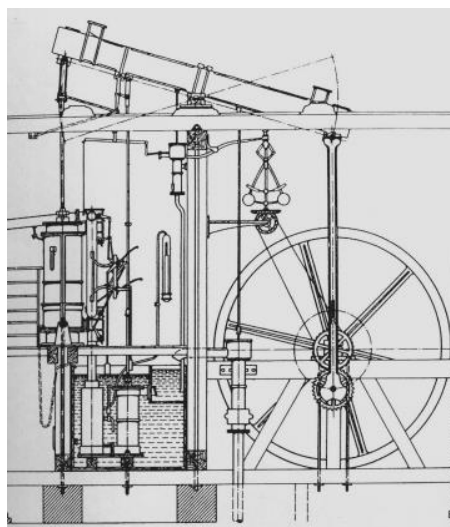


Figura 14 Máquina de vapor con regulador de watt.

En 1860, Farcot diseña un regulador centrífugo que emitía una señal de salida la cual era suficiente para controlar un cilindro de doble piston que incrustaba vapor a una de las dos caras del pistón de otro cilindro de potencia de diámetro mayor, en el siglo XX la importancia del sistema de control se pone en manifiesto con la concesión del Premio Nobel de Física al sueco Dalen por el diseño y elaboración de reguladores automáticos que utilizan conjuntamente con los acumuladores de gas para balizas luminosas (Piedrafita, R., 1999, pág. 12.).

Para que llegue a comenzar la propuesta que presentan L. Granada, I. Perez, M. Valencia, R. Rojas, I. Herrera, se llegó a realizar etapas para poder recolectar datos para el sistema de monitoreo. Estas etapas se basaron principalmente en identificar las fuentes de emisiones, la verificación con respecto a las normas de emisión e inmisión y el tipo de contaminante que existe en el lugar; al contar con esta información, el sistema podrá determinar el nivel del riesgo e impacto ambiental que existe en tal lugar y así poder realizar acciones para el mejoramiento de la calidad del aire.

Para que pueda hallar el índice de la calidad del aire tuvieron que utilizar como fórmula:

$$ICA = \frac{C_c}{NL_c} * 100$$

Donde:

ICA: Índice de calidad del aire.

Cc: Concentración del contaminante.

NLc: Norma local del contaminante.

En los años recientes, las remodelaciones en las casas afectan la calidad del aire en interiores, la distribución de contaminantes gaseosos en el cuerpo humano y la aparición de la cantidad del tipo se muestran en la Tabla 1. Muestra también que el dióxido de carbono es el mayor contaminante del cuerpo humano.

Tabla 6
Tipos y cantidades de contaminantes en el cuerpo humano

Contaminante	Cantidad ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Acetaldehído	35
Acetona	475
Amoniaco	15600
Benceno	16
Butanone	9700
Dióxido de carbono	32000000
Cloruro de azul de metileno	88
Monóxido de carbono	10000
Dicloruro de etileno	0.4
Triclorometano	3
Sulfuro de hidrógeno	15
Metano	1710
Metanol	6
Propano	1.3
Cloruro de alilo	1
Metilbenceno	23
Cloruro de vinilo	4
Tricoretileno	42
Xileno	0.003

Finalmente, como resultados en la universidad de Shenyang en China el 68.2% de los estudiantes dicen que el mejor método para enfrentar la contaminación del aire en interiores de mediante la ventilación. (Xin, Neng & Ren-Dong, 2011, pág. 1307.). Por su parte los autores, C. Pablo, C. Fenando, F. Rafael, C. Ruth y P. Enrique muestran una arquitectura para realizar el monitoreo de la calidad del aire utilizando tecnología de hardware libre, esto debido a los problemas de usar hardware personalizado ya que se requiere una licencia, debido a esto se propone la siguiente arquitectura del monitoreo de la calidad del aire en Fig 15. En el cual podemos ver cómo están enlazados los siguientes componentes para su funcionamiento.

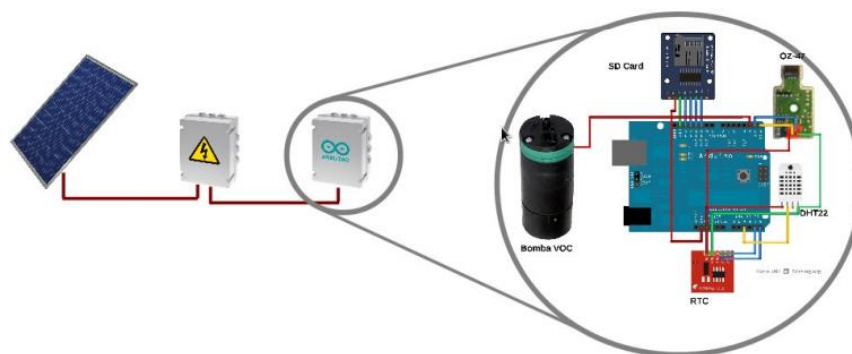


Figura 15 Diseño de arquitectura de monitoreo de la calidad del aire.

Por otra parte, Díaz, Guerrero, Toledano y Rivas propusieron un sistema basado en IOT mediante redes inalámbricas basándose en conexiones mediante protocolos de servicios web, transmisión de datos y encriptación de datos debido a que está pensado para edificios inteligentes proponiendo un diseño de hardware libre pensando en la funcionalidad y en la escalabilidad de la misma pretendiendo predecir y controlar el gas CO2 el cual es producido por las personas, a continuación se presenta el diseño del sistema de control en la Fig. 16.

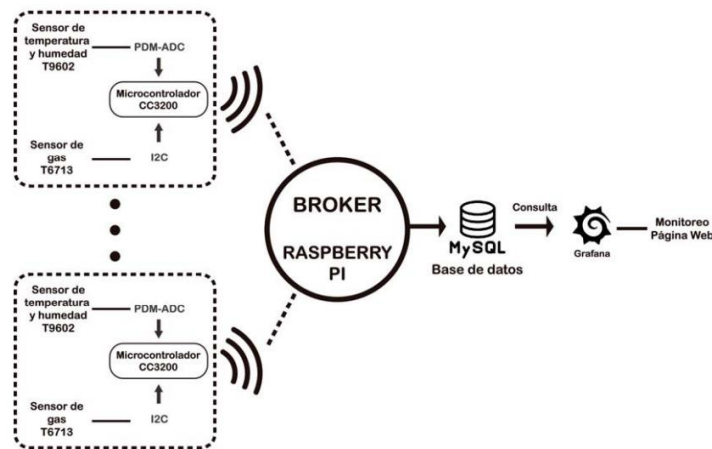


Figura 16 Propuesta de Sistema de monitoreo IoT para variables ambientales.

Para controlar un sistema de ventilación la siguiente investigación propuso una arquitectura de control que se muestra en la Figura 18. Para proporcionar a las personas un entorno de vida cómodo, conveniente y saludable, el sistema de control que se muestra en la Figura 17 tiene funciones de adquisición de datos, procesamiento de información, cómputo de algoritmos, visualización de datos y control de retransmisión

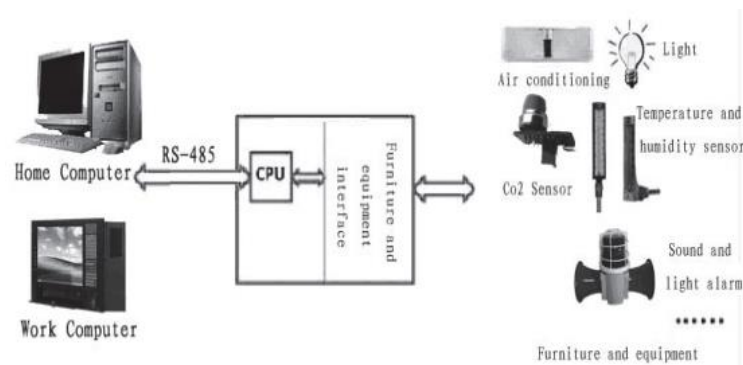


Figura 17 El diagrama de un sistema de control de aire acondicionado fresco.

Así mismo la siguiente investigación propone un diagrama de flujo que se muestra en la Figura 18 de cómo se deberá controlar mediante un dispositivo móvil. (Yingying, Xiuying, Ming & Haiming, 2015, pág. 5673.).

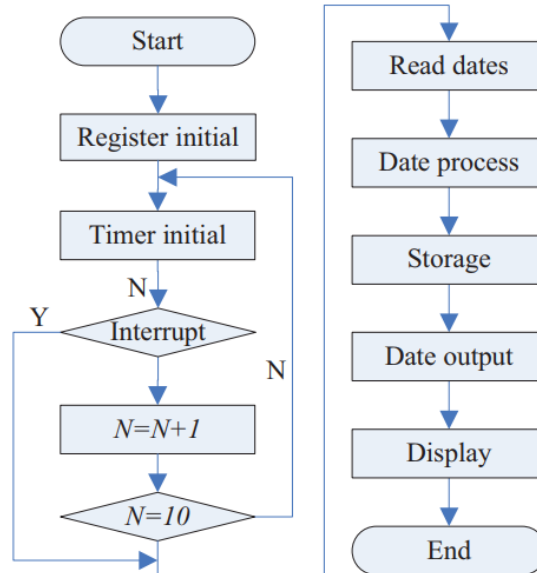


Figura 18 El diagrama de flujo del software del controlador.

Esta sección explora los estudios más recientes sobre las distintas herramientas que han sido desarrolladas para controlar y monitorear la calidad del aire en tiempo real. Esto debido a la necesidad de las personas de conocer el estado de la calidad del aire en su entorno ya que generalmente esta tiene un impacto directo para la salud. La Tabla II resume los desarrollos recientes en estas herramientas y técnicas.

Tabla 7
Estudios del control en tiempo real de la calidad del aire

Herramienta	Autor	Tecnología	Conclusiones
AirCloud	Yun Cheng.	Desarrolló dos dispositivos de monitoreo de calidad del aire utilizando sensores PPD42NJ para adquirir datos	Sistema de monitoreo de calidad del aire personal y de bajo costo, capaz de lograr buenas precisiones en la predicción de PM2.5

WSN based AQM	Samer Mansour.	Zigbee WSN con empleo de sensores de gas para (CO2, NO2, ozono)	Se introdujo el protocolo de sensor de aire de eficiencia energética de agrupación en clústeres para controlar la calidad del aire.
uSense	Simone Brienza.	Se utilizan sensores de gas de pequeño tamaño y bajo costo conectados a la red de sensores inalámbricos	Es eficiente y confiable para monitorear concentraciones de CO2, ozono, NO2, humedad, temperatura, etc.
AirSense	Joy Dutta.	El uso del sensor MQ-135 conectados en Arduino Pro Mini, los datos de sensor recogidos usando ThingSpeak.	Es un sistema de doble propósito, bajo consumo de energía y de bajo peso, que se puede usar para detectar y recopilar datos
IoT-enabled AQM	Akshata Tapashetti.	Varios sensores desplegados en Marvel Board y AWS cloud.	Es menos costoso y tiene alta fidelidad. Debido a la plataforma de la nube se superan las limitaciones espaciales.

CAPITULO III: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

3.1. ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD

3.1.1. Factibilidad Tecnica

Para la elaboración de este proyecto se debe de saber el funcionamiento de todas las herramientas que estamos usando, y así llevarlo a su construcción. Podemos decir que este proyecto es factible, ya que se cuenta con información y tecnología para la implementación de esta propuesta de solución.

Todo lo que necesitamos para la elaboración de nuestro sistema para el control de la calidad del aire son:

- Sensor de CO2.
- Sensor de calidad del aire.
- Modulo ESP8266.
- Ionic.
- Firebase.
- Ventiladores.
- Extractores.

3.1.2. Factibilidad Operativa

Nuestro proyecto es factible operativamente, porque tenemos los conocimientos para la realización de este proyecto, ya sea en software o hardware, además de contar con una arquitectura diseñada para el control de la calidad del aire.

3.1.3. Cronograma de Actividades

(Ver Anexo 6)

3.1.4. Factibilidad Economia

Nuestro proyecto es factible económicamente, porque los gastos para la elaboración del producto será asumido por los investigadores. Se podrá recuperar lo invertido a medida que nuestra solución sea comercializada en diferentes lugares que sean requeridos.

A continuación se mostrará los costos que conlleva la elaboración de nuestro proyecto:

Tabla 8
Costos del proyecto

	PRECIO UNITARIO (S/.)	CANTIDAD	TOTAL (S/.)
Recursos Humanos			
Alvarez Mendoza Cristhoper L.	2,500	4 meses	2,500
Vilchez Lucana Jhon K.	2,500	4 meses	2,500
Recursos Materiales			
Modulo ESP8266	35.00	2	70.00
Sensor de Calidad del aire	30.00	1	30.00
Cables Jumper	1.50	20	30.00
Protoboard	20.00	1	20.00
Cargador portátil	120.00	1	120.00
Ventiladores	100.00	2	200.00
Extractores	250.00	2	250.00
Servicios			
Conexión a internet	80.00	3 meses	240.00
Movilidad	5.00	30 días	150.00
Impresión	20.00	3	60.00
Materiales de escritorio	40.00	-	40.00
Bienes	0.00	0.00	0.00
Hardware			
Computadora	0.00	0.00	0.00
Software			
Firebase	0.00	2	0.00
Ionic	0.00	2	0.00
Arduino IDE	0.00	2	0.00
Costo			6,205
10% de inconvenientes			620.5
Total			6,820.5

3.2. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

Fase I: Especificaciones: Se van definir todos los requisitos del hardware como de la aplicación, asignándoles un valor prioritario.

Fase II: Diseño Global: Se mostrará el diseño del hardware elaborado con el software fritzing.

Fase III: Diseño en Detalle: Se detallará el funcionamiento del control del aire y como debería ser la aplicación móvil.

Fase IV: Implementación: Se dará inicio a desarrollar el control de la calidad del aire junto a la aplicación siguiendo la secuencia de requerimientos prioritarios.

Fase V: Prueba de unidad: se verificará el funcionamiento del hardware con los comandos requeridos para cada funcionalidad.

Fase VI: Integración: se hará la integración del hardware junto a la aplicación para corroborar que cumplen todas las funciones mencionadas en los requerimientos.

3.2.1. Fase I Especificaciones

Analisis de requerimientos de la aplicación

Tabla 9

Requerimientos de la aplicacion

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	
Rfsof1	La aplicación tendrá datos el monitoreo de la calidad del aire.
Rfsof2	La aplicación mostrara estados dependiendo de la calidad del aire [Rojo – Amarillo – Verde].
Rfsof3	La aplicación mostrare el historial del aire de las ultimas 10 mediciones.
Rfsof4	La aplicación mostrara datos del sistema de ventilación del lugar.
Rfsof5	La aplicación contara con un switch para controlar el sistema de ventilación el encendido y el apagado
REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	
Rnfsof1	El aplicativo debe ser accesible por el usuario las 24 horas
Rnfsof2	El aplicativo debe funcionar tanto en Android como en iOS
Rnfsof3	La aplicación debe ser fácil de usar.
Rnfsof4	La información brindada debe ser actualizada en cada actualización de datos.

Analisis de requerimientos del prototipo de monitoreo y control

Tabla 10

Requerimientos del prototipo de monitoreo y control

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	
RF1	El sistema debe analizar los datos obtenidos por los sensores de medición y verificar cual es el estado del aire.
RF2	El sistema debe de enviar los datos analizados mediante su modulo ESP8266 a la base de datos mediante internet.

RF3	El sistema debe funcionar con una batería externa o conectada a la corriente.
RF4	El sistema debe contar con una conexión a internet para enviar la información en la base de datos firebase
RF5	El sistema enviara datos de los momento que se active el sistema de ventilación del lugar.
RF6	El sistema contara con un estado OFF si esta en los márgenes permitidos y si no, enviara un estado ON y prendera el sistema de ventilación.

Funcionalidades por orden de prioridad

Tabla 11

Funcionalidades por orden de prioridad

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	
Rfsof2	La aplicación mostrara estados dependiendo de la calidad del aire [Rojo – Amarillo – Verde].
RF2	El sistema debe de enviar los datos analizados mediante su modulo ESP8266 a la base de datos mediante internet.
RF6	El sistema contara con un estado OFF si esta en los márgenes permitidos y si no, enviara un estado ON y prendera el sistema de ventilación.
Rfsof1	La aplicación tendrá datos el monitoreo de la calidad del aire.
Rfsof4	La aplicación mostrara datos del sistema de ventilación del lugar.
Rfsof3	La aplicación mostrare el historial del aire de las ultimas 10 mediciones.

3.2.2. Fase II Diseño Global

Diseño del prototipo

En la siguiente figura se muestra la conexión entre el sensor y la placa ESP8266

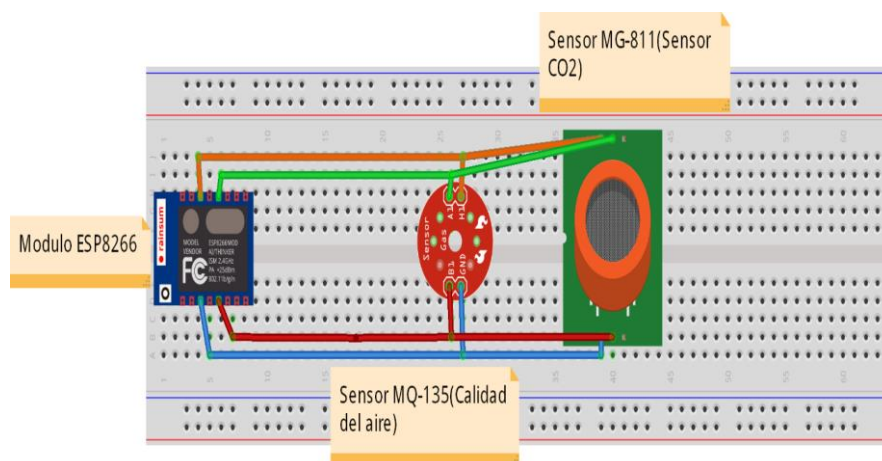


Figura 19 Diseño del prototipo.

Diagrama Esquemático

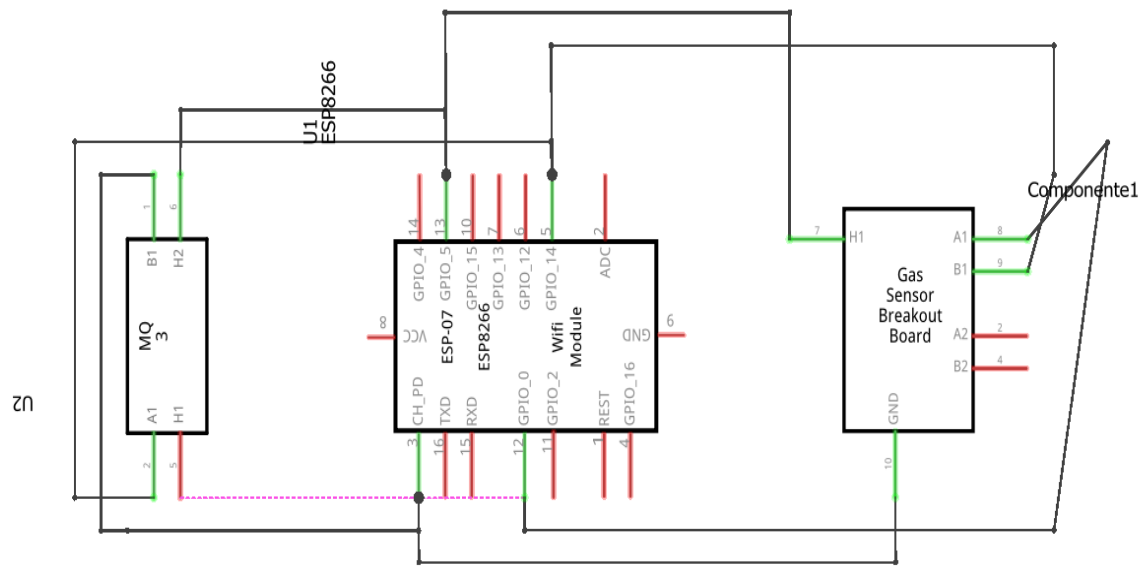


Figura 20 Diseño Esquemático.

3.2.3. Fase III Diseño en detalle

Funcionamiento del hardware

El usuario podrá ver el nivel de contaminación que se presenta en el lugar, además el arduino podrá recolectar datos de los sensores, los enviara al aplicativo y a la vez al sistema de ventilación para ser encendido o apagado.

En la siguiente imagen se podrá ver su funcionamiento:

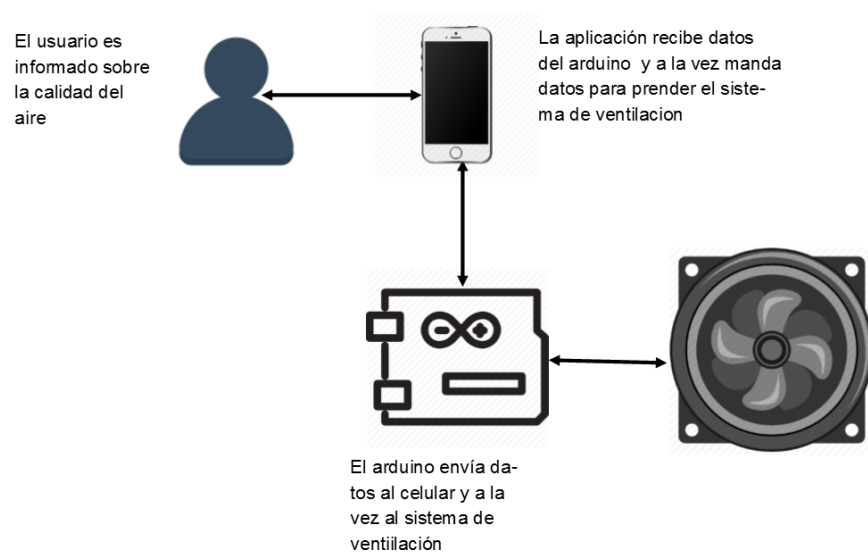


Figura 21 Funcionamiento del sistema de control de calidad del aire.

Acontinuacion mostraremos el modelo del aplicativo:

- Se mostrara el nivel de calidad de aire que presenta el lugar
- Tambien se podrá observar un historial de las incidencias sobre alta contaminación ocurridas en el dia
- Se podrá observar las veces que a sido prendido el ventilador y extractor
- Podra visualizarse un reporte del nivel de contaminación en la mayor concurrencia de personas.
- Se notificara cuando se prenze altos niveles de contaminación.

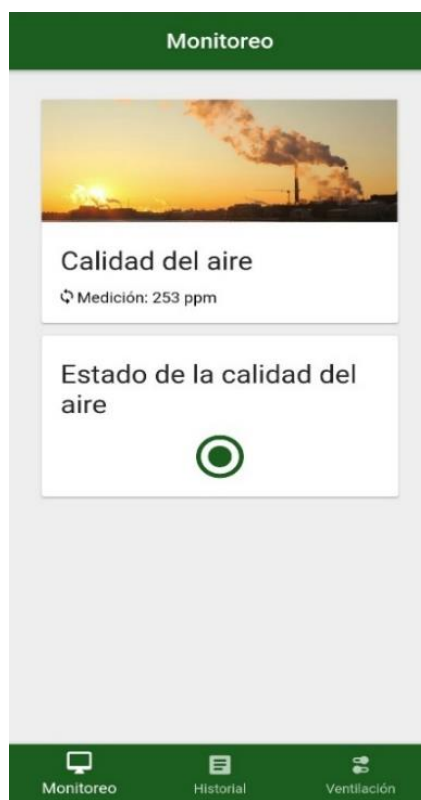


Figura 22 Prototipo de la aplicación.

Modelo de comunicación entre dispositivos

Ahora mostraremos en una imagen como el Esp8266 recopila la información de los sensores y como es enviado al aplicativo, ademos también se mostrara la automatización del conjunto de ventilación.

El usuario podrá ver el nivel de calidad del aire del centro comercial desde cualquier lugar donde tenga conexión a internet.

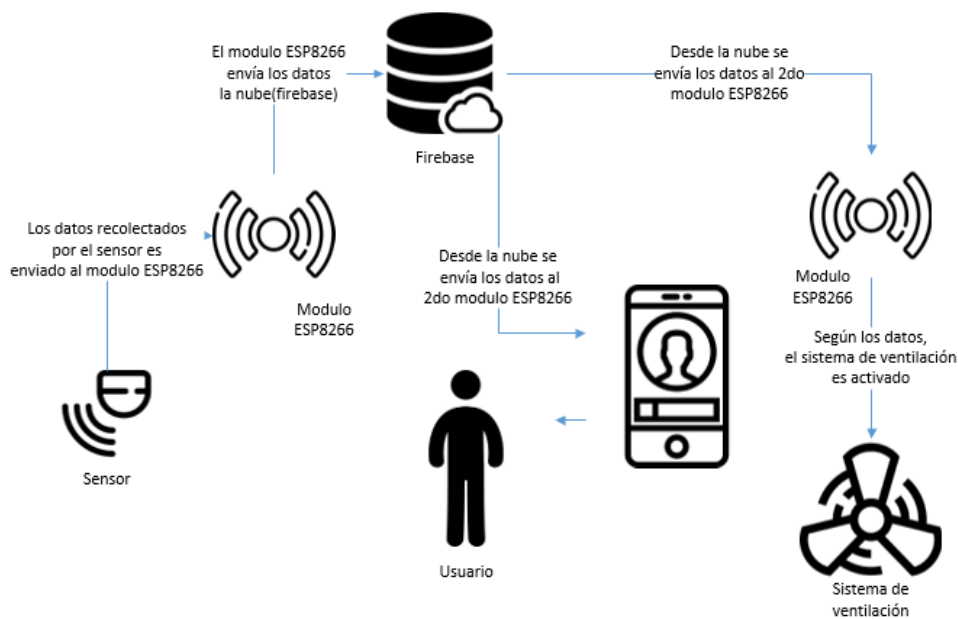


Figura 23 Modelo de comunicación entre dispositivos.

3.2.4. Fase IV Implementación, Test de Unidad, Integración.

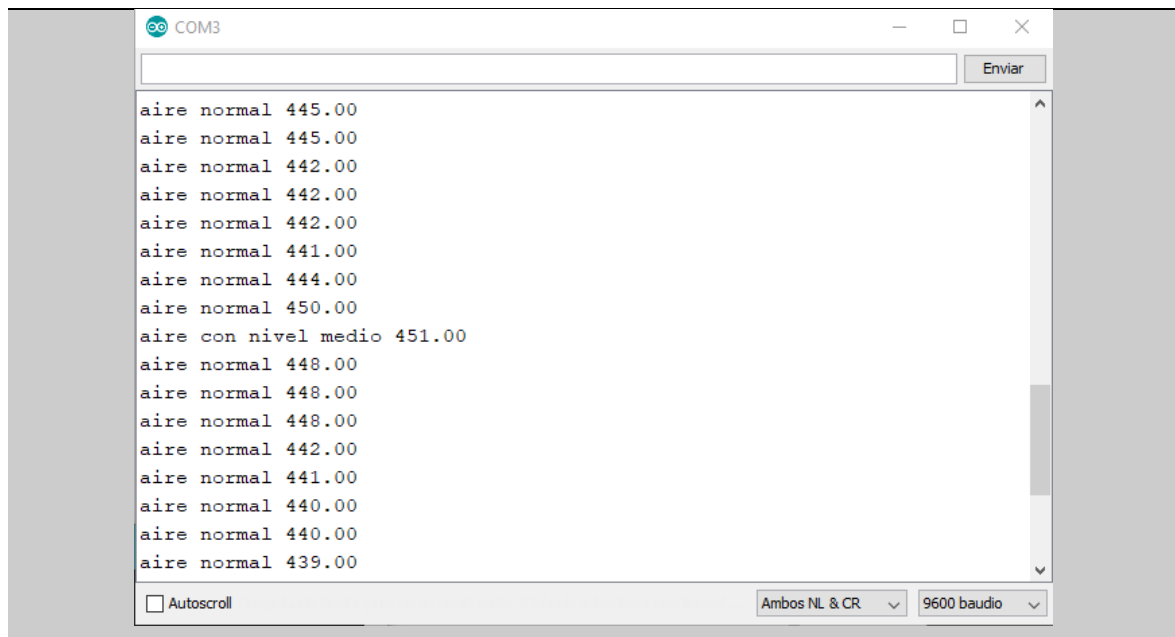
Desarrollo de las funcionalidades del Hardware

RF1 El sistema debe analizar los datos obtenidos por los sensores de medición y verificar cual es el estado del aire.

Tabla 12

Desarrollo de la funcionalidad RF1

Descripción
Cuando el sensor recopile los datos, estos serán analizados internamente en el ESP8266. Primero se verificara si aire se encuentra en los márgenes permitidos:



RF2 El sistema debe de enviar los datos analizados mediante su modulo ESP8266 a la base de datos mediante internet.

Tabla 13
Desarrollo de la funcionalidad RF2

Descripción

Despues de haberse analizado los datos estos deben de ser enviados a la base de datos en firebase, y esto internamente, se realiza se la siguiente manera:

```

57   StaticJsonBuffer<200> jsonBuffer;
58   JsonObject& root = jsonBuffer.createObject();
59   root["id"] = n++;
60   root["medicion"] = s_analogica_mql35;
61   root["mensaje"] = mensaje;
62   // set value
63   Firebase.push("monitoring", root);
64   // handle error
65   if (Firebase.failed()) {
66       Serial.print("setting /number failed:");
67       Serial.println(Firebase.error());
68       return;
69   }

```

En la base de datos se quedara registrado los datos analizados:



RF3 El sistema debe funcionar con una batería externa o conectada a la corriente.

Tabla 14
Desarrollo de la funcionalidad RF3

Descripción
Para tener la funcionalidad del sistema necesitamos de una batería externa o corriente eléctrica.


RF4 El sistema debe contar con una conexión a internet para enviar la información en la base de datos firebase

Tabla 15
Desarrollo de la funcionalidad RF4

Descripción

Para el sistema es indispensable contar con internet es por ellos que se utilizara un modem para su conexión.



RF5 El sistema enviara datos de los momento que se active el sistema de ventilación del lugar.

Tabla 16
Desarrollo de la funcionalidad RF5

Descripción

El sistema al comprobar la medición podrá enviar si el ventilador esta activo o apagado.

```
61   StaticJsonBuffer<200> jsonBuffer;
62   JsonObject& root = jsonBuffer.createObject();
63   root["id"] = n++;
64   root["medicion"] = s_analogica_mq135;
65   root["mensaje"] = mensaje;
66   root["ventilación"] = ventilacion;
67   // set value
68   Firebase.push("monitoring", root);
69   // handle error
70   if (Firebase.failed()) {
71       Serial.print("setting /number failed:");
72       Serial.println(Firebase.error());
73       return;
74   }
```

RF6 El sistema contara con un estado OFF si esta en los márgenes permitidos y si no, enviara un estado ON y prendera el sistema de ventilación.

Tabla 17
Desarrollo de la funcionalidad RF6

Descripción
<p>Según los márgenes permitidos el sistema mantendrá apagado o encendido el ventilador, esto realizara internamente en el ESP8266.</p> <div><div>COM3</div><div><div>Enviar</div></div><div>sistema de ventilacion apagado 414.00 sistema de ventilacion apagado 422.00 sistema de ventilacion apagado 428.00 sistema de ventilacion apagado 429.00 sistema de ventilacion apagado 433.00 sistema de ventilacion apagado 434.00 sistema de ventilacion apagado 435.00 sistema de ventilacion apagado 437.00 sistema de ventilacion apagado 437.00 sistema de ventilacion apagado 438.00 sistema de ventilacion apagado 439.00 sistema de ventilacion apagado 439.00 sistema de ventilacion apagado 439.00 sistema de ventilacion apagado 439.00 sistema de ventilacion apagado 438.00 sistema de ventilacion apagado 438.00</div><div><div><input checked="" type="checkbox"/> Autoscroll</div><div>Ambos NL & CR</div><div>9600 baudio</div></div></div> <div></div>

Desarrollo de las funcionalidades de la aplicación

Rfsof1 La aplicación tendrá datos el monitoreo de la calidad del aire.

Tabla 18
Desarrollo de la funcionalidad Rfsof1

Sensores	Medicion.
Se contara con sensores las cual medira la calidad del aire.	Mostrara los datos de los sensore en tiempo real actualizándose a todo momento

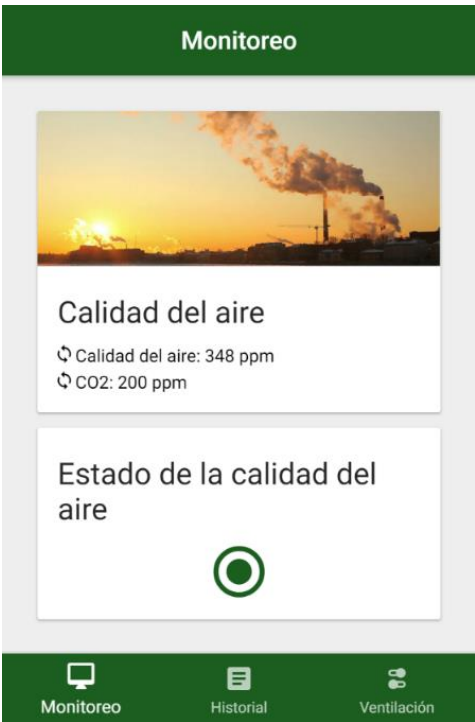


Figura 24 Desarrollo de la funcionalidad Rfsof1.

Rfsof2 La aplicación mostrara estados dependiendo de la calidad del aire [Rojo – Amarillo – Verde].

Tabla 19
Desarrollo de la funcionalidad Rfsof3

Estado(Bueno)	Estado(Medio)	Estado(Malo)
El estado se pintara de un color verde el cual indica que el aire esta limpio	El estado se pintara de un color amarillo el cual indica que el aire no es tan puro	El estado se pintara de color rojo el cual indica que el aire esta muy contaminado



Figura 25 Desarrollo de la funcionalidad Rfsof2.

Tabla 20
Revision de las funcionalidades Rfsof1 y Rfsof2

Codigo	Funcionalidad	Por Hacer	Haciendo	Hecho
Rfsof1	La aplicación mostrara datos el monitoreo de la calidad del aire.			✓
Rfsof2	La aplicación mostrara estados dependiendo de la calidad del aire [Rojo – Amarillo – Verde].			✓
Rfsof3	La aplicación mostrare el historial del aire de las ultimas 10 mediciones.		✓	
Rfsof4	La aplicación mostrara datos del sistema de ventilación del lugar.	✓		
Rfsof5	La aplicación contara con un switch para controlar el sistema de ventilación el encendido y el apagado	✓		

Rfsof3 La aplicación mostrare el historial del aire de las ultimas 10 mediciones.

En este requerimiento se ordenara en un historial de las ultimas 10 emiciones de cada hora especifica además cada card se pintara de colo Verde – Amarillo – Rojo dependiendo de la medición de la calidad del aire en esos rangos.



Figura 26 Desarrollo de la funcionalidad Rfsof3.

Rfsof4 La aplicación mostrara datos del sistema de ventilación del lugar.

En este requerimiento se mostrara los datos que se tiene del sistema de ventilación de ese lugar

Tabla 21
Desarrollo de la funcionalidad Rfsof4

Datos	Explicacion.
Ventiladores	Se mostrara la cantidad de ventiladores que se tiene en un puesto
Estado	Se mostrara el esado del sistema de ventilación si están prendidos o apagados
Activaciones	Se mostrara la cantidad de veces que los ventiladores se han prendido

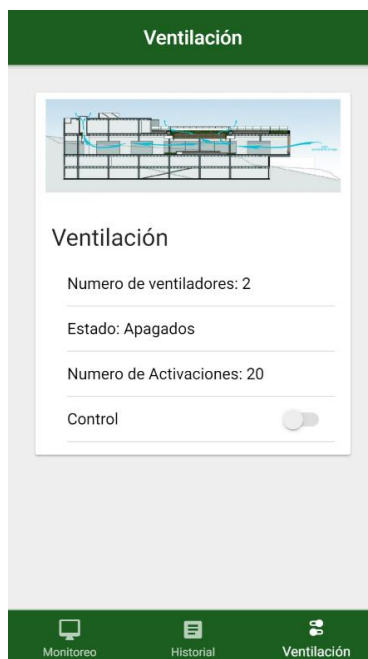


Figura 27 Desarrollo de la funcionalidad Rfsof4.

Rfsof5 La aplicación contara con un switch para controlar el sistema de ventilación el encendido y el apagado

Tabla 22
Desarrollo de la funcionalidad Rfsof5

Estado Off	Estado On
El switch estará por defecto en off si el switch pasa a on se prendera los ventiladores debido a la contaminación del aire	Cuando el switch pase a on se prendera los ventiladores.

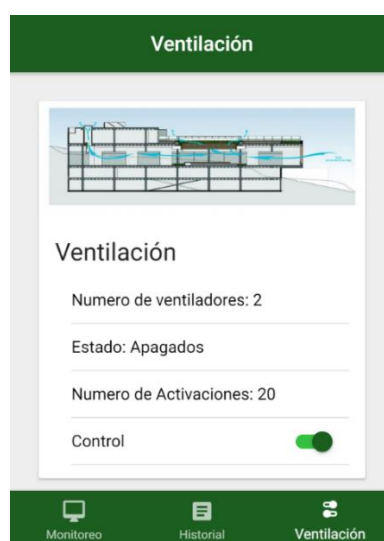


Figura 28 Desarrollo de la funcionalidad Rfsof5.

Tabla 23
Revisión de las funcionalidades Rfsof3, Rfsof4 y Rfsof5

Código	Funcionalidad	Por Hacer	Haciendo	Hecho
Rfsof1	La aplicación mostrara datos el monitoreo de la calidad del aire.			✓
Rfsof2	La aplicación mostrara estados dependiendo de la calidad del aire [Rojo – Amarillo – Verde].			✓
Rfsof3	La aplicación mostrare el historial del aire de las ultimas 10 mediciones.			✓
Rfsof4	La aplicación mostrara datos del sistema de ventilación del lugar.			✓
Rfsof5	La aplicación contara con un switch para controlar el sistema de ventilación el encendido y el apagado			✓

3.2.5. Fase V Test Operacional del sistema.

Tabla 24
Revisión del proyecto

Nombre del proyecto	Sistema basado en hardware libre para el control de la calidad del aire en el centro comercial 24 de junio	
Lugar	Universidad Autónoma del Perú	
Fecha	06/08/2019	
Actividad	Culminación del artefacto de solución	
Personas convocadas a la reunión	Alvarez Mendoza, Cristhoper Luis Vilchez Lucana, Jhon Kevin	
Personas que asistieron a la reunión	Alvarez Mendoza, Cristhoper Luis Vilchez Lucana, Jhon Kevin	
¿Qué salió bien? (aciertos)	¿Qué no salió bien? (Errores)	¿Qué mejoras vamos a implementar en la próxima revisión? (recomendaciones de mejora continua)
<ul style="list-style-type: none"> Calibración del sensor. Código funcional en el módulo ESP8244. 	<ul style="list-style-type: none"> Se requiere automatizar el conjunto de ventilación con los datos extraído de los sensores. Se requiere de una batería externa para su funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar la automatización del conjunto de ventilación.

- | | | |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Envio de datos del modulo ESP8266 a Firebase.• Envio de datos de Firebase al aplicativo. | <ul style="list-style-type: none">• Falta implementar las veces que se activa el conjunto de ventilación. | <ul style="list-style-type: none">• Implementar las funcionalidades que faltan en la solución. |
|---|---|--|

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Libros:

Novoa, X. (2016). *La calidad del aire en entornos sanitarios* (A Coruña, Vol. 3).

Xavier Novoa Conde. Recuperado de <https://bit.ly/2G26YQS>

Kuo, B. (1996). *Sistemas de control automatico*. (A Coruña, Vol. 3). Benjamin C.

Kuo. Recuperado de <https://bit.ly/2S416eD>

Página Web:

Cálculo de aforo. CENEPRED. Recuperado de

https://www.cenepred.gob.pe/web/itsedocs/Anexo_06_Calculo_de_Aforo.pdf

Calidad del aire y salud. Organización mundial de la salud. Recuperado de

<https://bit.ly/2L8v6mf>

Día Mundial del Medio Ambiente: Un peruano promedio emite 4.7 toneladas de

CO₂ al año. (2015, junio 5). *Gestión*. Recuperado de <https://bit.ly/2LcafS6>

Evolución Histórica de la Ingeniería de Control. (1999). Recuperado de:

<http://bit.ly/31Vwy3p>

History of Air Pollution. (2017). Estados unidos. Recuperado de

<https://www.epa.gov/air-research/history-air-pollution>

Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013 - 2014. (2016). Perú. Recuperado

de <https://bit.ly/2S6gM1i>

La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. Cuba.

Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-30032006000200008&script=sci_arttext&lng=en

Más del 90% de los niños del mundo respiran aire tóxico a diario. (2018, Octubre

29). *ONU*. Recuperado de <https://bit.ly/2RlikTo>

Mesa Redonda: cuando las galerías se burlan del aforo. (2017, de diciembre). *El*

comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/mesa-redonda-galerias-burlan-aforo-noticia-483058>

Pekín, la ciudad donde no puedes escapar de la contaminación ni siquiera dentro de tu casa. BBC. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-38638127>

Tendencias en el dióxido de carbono atmosférico. (2018). [investigativo]. Recuperado de <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>

Tesis:

Brito, P. & Lafebre, S. (2018) *Diseño e implementación de un prototipo móvil de visualización y notificación personalizada de calidad del aire de la ciudad de cuenca*. (Tesis de pregrado). Universidad del Azuay, Ecuador.

Buitrago, J. (2003) *Aplicación del modelo gaussiano para determinar la calidad del aire de Manizales*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Burgos, C. (2015) *Diseño de la primera red permanente de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Ambato*. (Tesis de Maestría). Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador.

Chiluisa, K. (2017) *La calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans en la empresa laboratorio del denim ecuador Ideec cia. Ltda. Y su incidencia en el ambiente de trabajo*. (Tesis de Maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Chitiva, B. & Benavides, C. (2017) *Apoyo en la incorporación, validación y análisis de los datos no estructurados de la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB, en el contexto del proyecto de inversión N° 978, “Centro de información y modelamiento ambiental” de la secretaría distrital de ambiente de Bogotá*. (Tesis de pregrado). Universidad distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Ganchozo, M. (2018) *Prototipo de sistema de monitoreo de CO2 en exteriores por medio de hardware abierto*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

- Hidalgo, J. & Pachay, J. (2015) *Análisis de la temperatura interna para la adecuación de la calidad del aire en el coliseo del tecnológico simón bolívar*. (Tesis de Pregrado). Universidad Estatal de Milagro, Ecuador
- Hossian, A. (2003). Sistema de asistencia para la selección de estrategias y actividades instruccionales. (Tesis de Magíster). Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina.
- Iñiguez, C. & León J. (2017) *Determinación de Áreas de Monitoreo de la Calidad del aire a Partir del Análisis de Emisiones de Fuentes Móviles*. (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay.
- Medina, A. & Torres, D. (2016) *Diseño de un sistema para generar purificación del aire y auto-limpieza en las superficies del túnel de la avenida colombia (cali)*. (Tesis de Pregrado). Pontifica Universidad Javeriana, Cali, Colombia.
- Salazar, E. (2017) *Diseño de “un sistema de ventilacion con detección de monóxido de carbono (co)” para sótanos de estacionamiento de un edificio multifamiliar*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Suntaxi, J. (2015) *Diseño y construcción de un prototipo portátil de monitoreo ambiental, mediante un sistema autónomo de adquisición de datos portátil con comunicación USB hacia un PC*. (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica Nacional.
- Tapia, C. & Manzano, H. (2013) *Evaluación de la plataforma arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal*. (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Ecuador.
- Torres, M. (2014) *Diseño de un sistema de ventilación para estacionamiento subterráneo de tres niveles (perú)*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Zaravia, M. (2014) *Trabajo Monografico Control De La Microbiologia Del Aire, Metodos De Purificacion Y Microbiologia Del Hielo* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Agustin, Perú.

Artículos Científicos:

Berenguer, J., & Martí, C. (1989). NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Brienza, S., Galli, A., Anastasi, G., & Bruschi, P. (2014). A cooperative sensing system for air quality monitoring in urban areas. 2014 International Conference on Smart Computing Workshops. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7046677>

Cremades, P., Castro F., Fernandez R., Clausen R. & Puliafito E. (2013) Desarrollo de un monitor abierto de calidad del aire (maca). Séptimo Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería EnIDI 2013. Recuperado de: <http://bit.ly/2XGLdAg>

Diaz-Resendiz, J. L., Guerrero-Sanchez, A. E., Toledano-Ayala, M., & Rivas-Araiza, E. A. (2018). IoT Based Ambient Monitoring System for Intelligent Buildings. 2018 IEEE International Conference on Automation/XXIII Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA). Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8609862>

Dutta, J., Gazi, F., Roy, S., & Chowdhury, C. (2016). AirSense: Opportunistic crowd-sensing based air quality monitoring system for smart city. 2016 IEEE SENSORS. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7808730>

Guamán, J., Vargas, C., Nogales, R., Guevara, D., Gracia, M. & Ríos, A. (2016). Solar manager: plataforma cloud de adquisición, tratamiento y visualización de información de sistemas fotovoltaicos aislados. Revista ingenius, 15, recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=505554799001>

Hable-Khandekar, V., & Srinath, P. (2017). Machine Learning Techniques for Air Quality Forecasting and Study on Real-Time Air Quality Monitoring. 2017 International Conference on Computing, Communication, Control and Automation (ICCUBEA).

- Lazalde, A., Torres, J. & Vila-Viñas, D. (2015). Hardware: ecosistemas de innovación y producción basados en hardware libre (v.2.0). Línea 4: Infraestructuras técnicas abiertas y libres 4(1): 619-652. Recuperado de <https://bit.ly/2lv2fZS>
- Li-Ramírez A., Duque N., Pérez A., Aristizábal B. (2016). Generación y Representación de Indicadores de Calidad de Aire: Caso de Estudio Aplicado a Manizales. ITECKNE 13(2): 174–84. Recuperado de <http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/ITECKNE/article/view/1484/1168>.
- Mansour, S., Nasser, N., Karim, L., & Ali, A. (2014). Wireless Sensor Network-based air quality monitoring system. 2014 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC). Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6785394>
- Ortega, J., & Rafael, G. (2014). “Medición de Los Niveles de Contaminación de CO y CO₂, a Través de Un Sistema Electrónico Basado En PLC’s, Para El Monitoreo de La Calidad Del Aire En La Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues.” 10(2): 217–24. Recuperado de <http://riat.utalca.cl/index.php/test/article/view/285>
- Quispicuro, H. (2015). Artículo_Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO₂ y CO) en ambientes interiores y exteriores. Revista de Investigación Universitaria, 4, 11–15. Retrieved from <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/661>
- Serrano-Arellano, J., Gijón-Rivera, M., Riesco-Ávila, J., Xamanc, J., & Álvarez, G. (2014). Artículo_Indoor air quality analysis based on the ventilation effectiveness for CO₂ contaminant removal in ventilated cavities. Scielo, 60, 309–317. Recuperado de <https://bit.ly/2DVZhNC>
- Tapashetti, A., Vegiraju, D., & Ogunfunmi, T. (2016). IoT-enabled air quality monitoring device: A low cost smart health solution. 2016 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC). Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7857352>

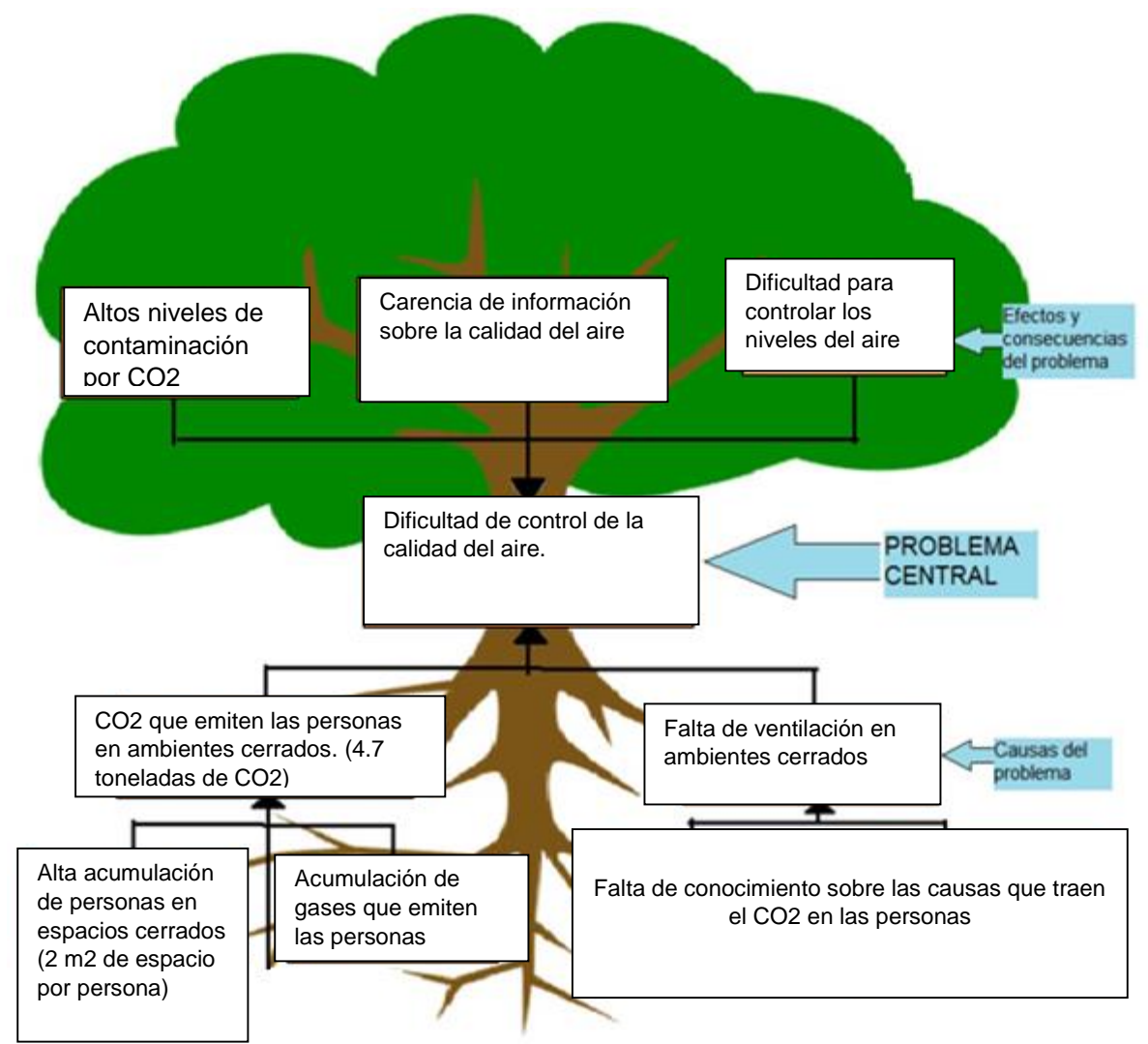
- Vargas, D., Rodriguez, E., & Otero, J. (2013). Alternativas para la detección y monitoreo de amenazas sísmicas basadas en arduino. Revista de Ingeniería USBMED, 4(2), 45–54. Recuperado de <https://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/290>
- Wang, Y.-C., & Chen, G.-W. (2017). Efficient Data Gathering and Estimation for Metropolitan Air Quality Monitoring by Using Vehicular Sensor Networks. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 66(8), 7234–7248. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7822926>
- Xin Li, Neng Zhu, & Ren-dong Guo. (2011). Indoor air pollution control and cognition situation investigation in university. 2011 International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE). Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5774621>
- Yang, R., Yan, F. & Zhao, N. (2017). Urban air quality based on Bayesian network. IEEE, 1003-1006. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8230261>
- Yingying, C., Xiuying, X., Ming, W., & Haiming, J. (2015). Design of a control system for a fresh air conditioner. The 27th Chinese Control and Decision Conference (2015 CCDC). Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7161814>

Enciclopedia

- Guardino X. (1998) Calidad del aire interior. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo [Versión Electrónica]. España: INSST, <http://bit.ly/2XotzBh>

ANEXOS

ANEXO 1: ANÁLISIS DEL PROBLEMA



ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Sistema basado en hardware libre para el control de la calidad del aire en un centro comercial.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES
<p>Problema General</p> <p>¿En qué medida un sistema basado en hardware libre facilitará el control de la calidad del aire en un centro comercial?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar en qué medida un sistema basado en hardware libre facilita el control de la calidad del aire en un centro comercial.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Si se implementa un sistema basado en hardware libre se facilita significativamente el control de la calidad del aire en un centro comercial.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Sistema de control</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>En qué medida un sistema basado en hardware libre reducirá el volumen de contaminación del aire en el centro comercial.</p> <p>En qué medida un sistema basado en hardware libre mejorará el tiempo para obtener información del aire en un centro comercial.</p> <p>En qué medida un sistema de basado en hardware libre mejorará el nivel de satisfacción de los clientes en un centro comercial.</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar en qué medida un sistema basado en hardware libre reduce el volumen de contaminación del aire en un centro comercial.</p> <p>Determinar en qué medida un sistema basado en hardware libre mejora el tiempo para obtener información del aire en un centro comercial.</p> <p>Determinar en qué medida un sistema de basado en hardware libre mejora el nivel de satisfacción de los clientes en un centro comercial.</p>	<p>Hipótesis Específicos</p> <p>Si se implementa un sistema basado en hardware libre se reduce el volumen de contaminación del aire en un centro comercial.</p> <p>Si se implementa un sistema basado en hardware libre se mejora el tiempo para obtener información del aire en un centro comercial.</p> <p>Si se implementa un sistema de basado en hardware libre se mejora el nivel de satisfacción de los clientes en un centro comercial.</p>	

ANEXO 3: Matriz de Operacionalización

Título: Sistema basado en hardware libre para el control de la calidad del aire en el centro comercial 24 de junio - 2019.

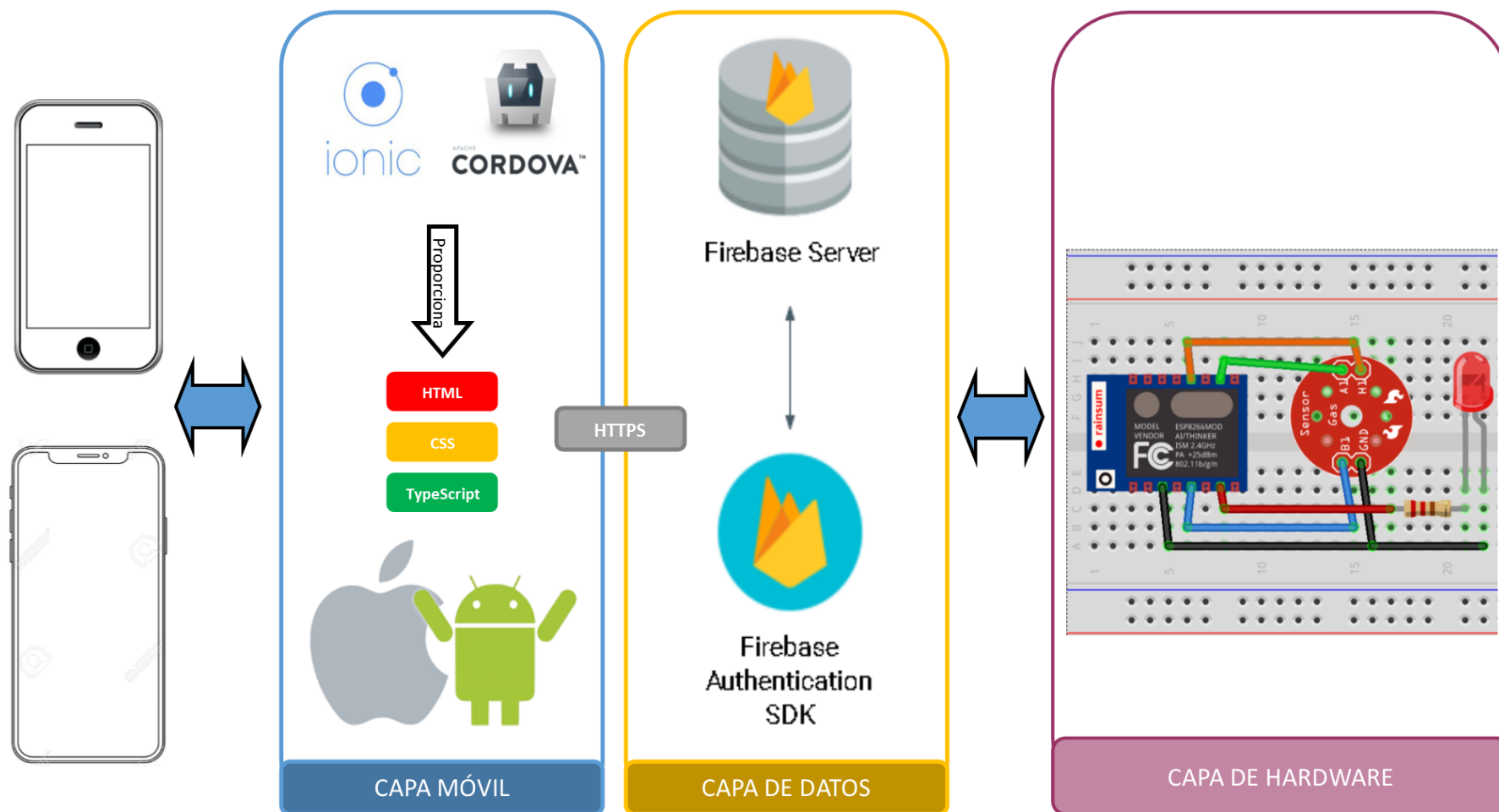
Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Rango	Índice	Unidad de investigación	Técnica	Instrumento	Unidad de medida
Sistema de control	Es una conexión entre múltiples elementos que forman una configuración denominada sistema. (Hernández, 2010)	-	Presencia - Ausencia	[Si - No]	Si No	-	-	-	-
Calidad del aire	Es parte fundamental para la existencia de los seres vivos, ya que necesitan condiciones adecuadas para su existencia (Novoa, X., 2016)	Volumen	Nivel de la calidad del aire	[0 - 1250]	0 450 1000 2000	El aire de un puesto comercial	Observación / Recolección	Sensor	ppm (partes por millon)
			Nivel de contaminación de CO2	[0 - 1400]	0 550 945 1400	El aire de un puesto comercial	Observación / Recolección	Sensor	ppm (partes por millon)
		Tiempo	Tiempo para obtener información del aire.	[1 - 1080]	1 300 1080	El aire de un puesto comercial	Cuestionario Observación	Cuestionario o cronometro	Minutos
		Satisfacción	Nivel de satisfacción del cliente	[Nada Satisfecho – totalmente satisfecho]	Nada Satisfecho Medio Satisfecho Totalmente satisfecho	-	Encuesta	Cuestionario	-

ANEXO 4: MATRIZ DE REVISIÓN DE LITERATURA

Título	Autor	Institución	Año	Objetivo	Método	Aportes	Fecha de Revisión	Tipo Literat.
La calidad del aire interior en el proceso de acabado (SAND BLAST QUÍMICO) del jeans en la empresa laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA. y su incidencia en el ambiente de trabajo.	Chiluisa, Kléber.	Universidad Técnica de Ambato	2017	Conocer y mejorar la calidad del aire presente en el área de trabajo.	Método Hipotético - deductivo	implementación de una cabina con cortina de agua	2017	Tesis
Prototipo de sistema de monitoreo de CO2 en exteriores por medio de hardware abierto.	Ganchoso, M.	Universidad de Guayaquil	2017	Poner a prueba el prototipo en un entorno real.	Método Hipotético – deductivo.	Informar a los cliente sobre la cantidad de CO2 en el ambiente	26/02/2018	tesis
Análisis de la temperatura interna para la adecuación de la calidad del aire en el coliseo del tecnológico Simón Bolívar	Hidalgo, Juan. Pachay, Juan.	Universidad Estatal de Milagro	2015	Adecuar la calidad del aire del coliseo tecnológico Simón Bolívar	Método Hipotético – deductivo.	Adecuar la temperatura interna de un lugar.	08/2015	tesis
Diseño de un sistema para generar purificación del aire y auto-limpieza en las superficies del túnel de la Avenida Colombia (Cali).	MEDINA, ANDRES. Torres, Daniel. Meza, German. Villota, Ricardo.	Pontificia universidad javeriana	2016	Diseñar un sistema de purificación del aire y auto-limpieza en las superficies del túnel de la Av. Colombia (Cali) con base en la remoción de colorantes indicadores (azul de metileno y rodamina B).	Método Hipotético – deductivo.	Purificación automática del aire en túneles.	2016	tesis
Diseño de “Un sistema de Ventilación con detección de Monóxido de Carbono (Co)” para Sótanos de Estacionamiento de un Edificio Multifamiliar.	Salazar, Esvin	Universidad nacional pedro ruiz gallo	2018	Diseño de “Un Sistema de Ventilación con Detección Automatizado de Monóxido de Carbono (CO)” para Sótanos en Estacionamiento de Vivienda Multifamiliar que asegure la calidad del aire dentro de ellos.	Método Hipotético – deductivo.	Ventilación del aire con detección de CO2 en sótanos de estacionamiento.	2018	tesis

Evaluación de la plataforma arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal	Tapia, Carlos. Manzano, Hector	Universidad Politécnica Salesiana	2013	Diseñar e implementar un sistema de control de posición horizontal utilizando la plataforma arduino.	Método Hipotético – deductivo.	Control de posición horizontal, para corregir perturbaciones externas.	10/2013	tesis
Diseño de un sistema de ventilación para Estacionamiento subterráneo de tres niveles.	Torres, Mario.	Pontificia Universidad católica del Perú.	2014	Implementar Sistema de ventilación para estacionamientos en el Perú.	Método Hipotético – deductivo.	Ventilación en estacionamientos subterráneos.	11/2014	tesis
Control de la microbiología del aire, Métodos de purificación y Microbiología del hielo.	Zaravia, Melissa	Universidad Nacional de San Agustin	2014	Verificar y Controlar la microbiología del aire y su purificación	Método Hipotético – deductivo.	Bridar información sobre la microbiología del aire y como poder controlarlos.	2014	tesis

ANEXO 5: ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN



ANEXO 6: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Id	Nombre de tarea	Duracion	Comienzo	Fin	% Completado
1	DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL CONTROL DEL AIRE	33 días	1/07/2019	15/08/2019	100%
2	Analisis de Funcionalidades	2 días	1/07/2019	3/07/2019	100%
3	Desarrollo de la funcionalidad RF1	2 días	4/07/2019	6/07/2019	100%
4	Desarrollo de la funcionalidad RF2	3 días	7/07/2019	10/07/2019	100%
5	Desarrollo de la funcionalidad Rfsof1	2 días	11/07/2019	13/07/2019	100%
6	Desarrollo de la funcionalidad Rfsof2	5 días	14/07/2019	19/07/2019	100%
7	Desarrollo de la funcionalidad RF3	2 días	20/07/2019	22/07/2019	100%
8	Desarrollo de la funcionalidad RF4	3 días	23/07/2019	26/07/2019	100%
9	Desarrollo de la funcionalidad Rfsof3	1 día	27/07/2019	28/07/2019	100%
10	Desarrollo de la funcionalidad RF5	5 días	29/07/2019	3/08/2019	100%
11	Desarrollo de la funcionalidad Rfsof4	1 día	4/08/2019	5/08/2019	100%
12	Desarrollo de la funcionalidad RF6	5 días	6/08/2019	11/08/2019	100%
13	Desarrollo de la funcionalidad Rfsof5	1 día	12/08/2019	13/08/2019	100%
14	Revision final del software y hardware	1 día	14/08/2019	15/08/2019	100%