



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES**

**TESIS**

**DISEÑO DE UN SISTEMA PURIFICADOR PARA MEJORAR LA CALIDAD  
DEL AIRE EN VIVIENDAS URBANAS**

**PRESENTADO POR  
FLOR CUNZA, HUGO**

**ASESOR  
DELGADO VILLANUEVA, KIKO ALEXI**

**Los Olivos, 2018**



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UN SISTEMA PURIFICADOR PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN VIVIENDAS  
URBANAS**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:**

FLOR CUNZA, HUGO

**ASESOR:**

DELGADO VILLANUEVA, KIKO ALEXI

**LIMA – PERÚ**

**2018**

**SUSTENTADO Y APROBADO POR LOS SIGUIENTES JURADOS:**

---

JURADO 1  
TIRADO MENDOZA  
GABRIEL  
PRESIDENTE

---

JURADO 2  
ROMAN GONZALEZ  
AVID  
SECRETARIO

---

JURADO 3  
HUAMANÍ AYALA  
CESAR  
VOCAL

---

ASESOR  
DELGADO VILLANUEVA  
KIKO ALEXI

## **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a mi madre  
Bertila Beatriz Cunza Lopez, quien me apoyo  
durante toda mi vida, a mis hermanas y familia.

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por haberme guiado  
en todo este trabajo.

A nuestro asesor, Kiko Alexi Delgado  
Villanueva, quien me brindo todo su  
apoyo y confianza para la elaboración  
del presente trabajo de investigación

## Resumen

En la actualidad en las viviendas urbanas existe una contaminación que agrava la salud de las personas que habitan en ellas, el aire se encuentra entre dos a cinco veces más contaminado que el aire exterior. En este trabajo de investigación se diseñó un sistema purificador de aire para las viviendas urbanas, este diseño consiste en seleccionar el mejor equipo purificador de aire para luego ubicarlo en la vivienda urbana. Estos equipos contribuirán a mejorar la calidad del aire ya que son aparatos electrónicos que están diseñados para realizar un filtrado del aire contaminado, de esta manera se estará disminuyendo la cantidad de gérmenes, alérgenos y agentes contaminantes del medio ambiente, mediante el filtro tipo HEPA. La toma de decisión para la elección del mejor equipo purificador de aire se realizó con el método Proceso analítico jerárquico (AHP), este método nos ayudó a determinar el mejor equipo purificador de aire, con la ayuda de un panel de cinco expertos, luego se procesó la información, para finalmente obtener un resultado cuantitativo que nos indicó cual es el equipo purificador de aire más óptimo.

**Palabras clave:** Proceso analítico jerárquico (AHP), Filtro de aire, Contaminación.

## **Abstract**

*At present, in urban houses there is a pollution that aggravates the health of the people who inhabit them, the air is between two to five times more polluted than the outside air. In this research work, an air purifier system for urban houses was designed, this design consists in the selection of the best air purifying equipment and then, locating it in the urban house. These equipments will contribute to improve the quality of the air since they are electronic devices that are designed to filter the polluted air; in this way, the amount of germs, allergens and pollutants in the environment will be reduced, by the HEPA type filter. The decision to choose the best air purifier equipment was made by applying the method Analytical Hierarchical Process (AHP), this method helped us to determine the best air purifying equipment, with the help of a panel of five experts; then, the information was processed, to finally obtain a quantitative result that indicated which is the most optimal air purifying equipment.*

**Keywords:** *Analytic Hierarchical Process (AHP), Air Filter, Pollution.*

## Contenido

|   |     |
|---|-----|
| Dedicatoria.....  | iii |
| Agradecimiento .....                                      | iv  |
| Resumen.....  | v   |
| Abstract.....   | vi  |
| Lista de figuras.....                                     | xi  |
| Lista de tablas.....                                      | xii |
| Introducción.....   | 1   |
| CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... | 2   |
| 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....        | 3   |
| 1.1.1 Planteamiento del problema.....                     | 3   |
| 1.1.2 Formulación del problema general .....              | 4   |
| 1.1.3 Formulación de los problemas específicos.....       | 4   |
| 1.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... | 4   |
| 1.2.1 Objetivo general .....                              | 4   |
| 1.2.2 Objetivo específicos .....                          | 4   |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....               | 5   |
| 1.3.1 Justificación técnica.....                          | 5   |
| 1.3.2 Justificación económica.....                        | 5   |
| 1.3.3 Justificación social.....                           | 6   |
| 1.4 Alcances y limitaciones de la investigación .....     | 6   |
| 1.4.1 Alcances.....                                       | 6   |



|   |    |
|---|----|
| 1.4.2 Limitaciones. ....  | 6  |
| CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO.....                                 | 8  |
| 2.1 ANTECEDENTES .....  | 9  |
| 2.1.1 Nacionales.....   | 9  |
| 2.1.2 Internacionales.....  | 11 |
| 2.2 MARCO TEÓRICO.....  | 13 |
| 2.2.2 Métodos multicriterios.....                                   | 17 |
| 2.3 MARCO METODOLÓGICO .....  | 19 |
| 2.3.1 Proceso de análisis jerárquico (AHP) .....                    | 19 |
| 2.3.2 Base matemática del AHP.....                                  | 21 |
| 2.3.3 Establecimiento de prioridades con el AHP .....               | 21 |
| 2.3.4 Comparaciones pareadas .....                                  | 21 |
| 2.3.5 El método AHP sustenta axiomas:.....                          | 22 |
| 2.3.6 La síntesis .....   | 22 |
| 2.3.7 El procedimiento para sintetizar juicios .....                | 22 |
| 2.3.8 La consistencia .....   | 23 |
| 2.3.9 La preparación y organización para aplicar el método AHP..... | 23 |
| 2.3.10 La definición de los participantes .....                     | 23 |
| 2.3.11 La información requerida.....                                | 23 |
| 2.3.12 Tiempo y otros recursos asociados con el proceso .....       | 24 |
| 2.3.13 Estructuración del modelo jerárquico .....                   | 24 |
| 2.3.14 La identificación del problema.....                          | 24 |
| 2.3.15 La definición del objetivo .....                             | 25 |
| 2.3.16 La identificación de los criterios .....                     | 25 |
| 2.3.17 La identificación de las alternativas.....                   | 25 |

|   |    |
|---|----|
| 2.3.18 El árbol de jerarquías .....   | 25 |
| 2.3.19 La evaluación del modelo.....  | 26 |
| 2.3.20 El establecimiento de las prioridades .....                              | 26 |
| 2.3.21 La emisión de los juicios y evaluaciones.....                            | 26 |
| 2.3.22 Resultado final .....  | 27 |
| 2.3.23 Síntesis .....   | 27 |
| 2.3.24 Análisis de sensibilidad .....   | 27 |
| 2.4 MARCO LEGAL .....   | 27 |
| CAPÍTULO III DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.....                                   | 28 |
| 3.1 DETERMINAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN .....                    | 29 |
| 3.1.1 Grado en la presencia del Material Particulado (PM <sub>10</sub> ) .....  | 30 |
| 3.2 DETERMINAR LOS BENEFICIOS DE UN SISTEMA PURIFICADOR .....                   | 31 |
| 3.3 EVALUAR LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS .....                                     | 32 |
| 3.3.1 Detalles técnicos del mejor equipo purificador de aire, Bap1700 .....     | 45 |
| 3.4 DISTRIBUIR UN SISTEMA PURIFICADOR.....                                      | 46 |
| 3.4.1 Indicaciones de la instalación de los equipos purificadores de aire ..... | 50 |
| 3.4.2 Instrucciones de seguridad y mantenimiento .....                          | 51 |
| 3.4.3 Precaución en el equipo purificador Bap1700 .....                         | 52 |
| 3.4.4 Diagrama del purificador de aire Bap1700 .....                            | 52 |
| 3.4.5 Limpieza y mantenimiento del equipo purificador de aire Bap1700 .....     | 53 |
| CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIO .....                                | 56 |
| 4.1 ANÁLISIS DE COSTOS .....  | 57 |
| 4.1.1 Presupuesto .....   | 57 |
| 4.1.2 Desarrollo del sistema.....   | 58 |
| 4.2 ANÁLISIS DE BENEFICIOS.....   | 59 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2.1 Beneficios tangibles.....            | 59 |
| 4.2.2 Beneficios intangibles.....          | 59 |
| 4.3 CONSOLIDADO DE COSTO / BENEFICIO ..... | 59 |
| 4.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....        | 61 |
| 4.4.1 Análisis del VAN .....               | 62 |
| 4.4.2 Análisis del TIR .....               | 63 |
| 4.4.3 Análisis del ROI.....                | 63 |
| Conclusiones.....                          | 65 |
| Recomendaciones .....                      | 66 |
| Referencia.....                            | 67 |
| Glosario.....                              | 70 |
| ANEXOS .....                               | 71 |

## Lista de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 : Equipo purificador Bonaire .....                                      | 16 |
| Figura 2 : Equipo purificador Bonaire .....                                      | 17 |
| Figura 3: Pasos para el método AHP .....   | 19 |
| Figura 4: Modelo: Bap1700 .....  | 38 |
| Figura 5: Modelo Bap600 .....  | 39 |
| Figura 6: Modelo Bap706 .....  | 40 |
| Figura 7: Ionizador del purificador Bap1700 .....                                | 45 |
| Figura 8: Variador de velocidad del ventilador del aire .....                    | 45 |
| Figura 9: Plano de vivienda familiar .....                                       | 48 |
| Figura 10: Plano de vivienda familiar con la ubicación de los purificadores..... | 49 |
| Figura 11: Purificador de aire Bap1700.....                                      | 53 |
| Figura 12: Limpieza del filtro .....   | 54 |

## Lista de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Ordenación simple .....  | 18 |
| Tabla 2: Escala de preferencias.....  | 21 |
| Tabla 3: Lima metropolitana: valor mensual de material particulado inferior a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> ), en principales estaciones, 2015-2016. .... | 29 |
| Tabla 4: Lima metropolitana: Valor mensual de material particulado (PM <sub>10</sub> ), en los principales núcleos, 2015-2016. ....                       | 30 |
| Tabla 5: Escala de Saaty de la importancia relativa.....  | 33 |
| Tabla 6: Valores de IR. ....  | 35 |
| Tabla 7: Valores máximos del ratio de consistencia. ....  | 35 |
| Tabla 8: A1- Purificador de aire de torre con filtro tipo Hepa .....  | 37 |
| Tabla 9: A2 - Purificador de aire con filtro tipo Hepa permanente.....  | 38 |
| Tabla 10: A3 - Purificador de aire con filtro tipo Hepa.....  | 39 |
| Tabla 11: Se definen los criterios de evaluación .....  | 40 |
| Tabla 12: Peso de cada criterio.....  | 41 |
| Tabla 13: Consistencia de la matriz .....   | 41 |
| Tabla 14: Matriz de comparación de las alternativas .....   | 42 |
| Tabla 15: Consistencia de la matriz del criterio C1 .....   | 42 |
| Tabla 16: Matriz de comparación de las alternativas .....   | 43 |
| Tabla 17: Consistencia de la matriz del criterio C2 .....   | 43 |
| Tabla 18: Matriz de comparación de las alternativas .....   | 44 |
| Tabla 19: Consistencia de la matriz del criterio C3 .....   | 44 |
| Tabla 20: El mejor equipo purificador de aire.....  | 44 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 21: Tabla de problemas y soluciones ..... | 55 |
| Tabla 22: Recursos humanos .....                | 57 |
| Tabla 23: Costo de hardware .....               | 57 |
| Tabla 24: Costo de software .....               | 58 |
| Tabla 25: Costo de desarrollo del sistema ..... | 58 |
| Tabla 26: Beneficios del sistema.....           | 59 |
| Tabla 27: Costo y beneficio.....                | 60 |
| Tabla 28: Flujo de caja.....                    | 61 |
| Tabla 29: Cuadro de VAN .....                   | 63 |
| Tabla 30: Cuadro de TIR.....                    | 63 |
| Tabla 31: Cuadro de ROI .....                   | 64 |

## Introducción

En la actualidad la contaminación del aire en las viviendas urbanas se agrava cada día más, el resultado de tener una alergia o un estornudo puede ser un indicador de estar respirando aire contaminado, en esta tesis se realizara el diseño de un sistema purificador de aire para las viviendas urbanas, para ello se determinara el mejor equipo purificador de aire, de un conjunto de alternativas propuestas. La elección se realizara con el método (AHP) Proceso analítico jerárquico, que nos ayudara a determinar el mejor equipo purificador de aire, para ello se realizara una encuesta a unos determinados expertos en el tema, con los valores obtenidos se procederá a procesar los datos para determinar la elección y obtener resultados.

La estructura de esta tesis está formada primero por los aspectos generales, en donde se realizara la descripción del problema, luego se planteara el problema general y los problemas específicos, para luego indicar los objetivos.

Luego se realizara el fundamento teórico donde se indicara los antecedentes nacionales e internacionales, así mismo el marco teórico y el marco metodológico.

En el tercer capítulo se realizara el desarrollo donde se podrá observar la respuesta a los objetivos planteados.

El cuarto capítulo se realizara el análisis de costos y beneficios, donde se indicara los gastos realizados, así mismo se indicara el flujo de caja y demás cálculos. En la última etapa se realizara las referencias, el glosario y los anexos.

# **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**



## **1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Los contaminantes en el interior de los hogares son el fumar, la combustión de gas, el uso de los solventes, los productos químicos para limpieza del hogar, las emisiones de los materiales de construcción de las viviendas, además, la contaminación exterior agrava la contaminación en el hogar.

La contaminación del aire es el mayor riesgo a la salud de las personas, animales, vegetación, por lo que es necesario realizar medidas efectivas para combatir con el aire contaminado en los hogares (OMS, 2017).

De manera general, Lima es una ciudad con el peor índice de calidad de aire en Latinoamérica, Lima afronta un grave problema causado por el parque automotor, es el principal emisor de gases y partículas que generan la gran contaminación. La Organización Mundial de la Salud (OMS) difundió un informe señalando que la capital peruana, conocido como Lima Norte es aquella que tiene los mayores índices negativos en calidad de aire en la ciudad.

### **1.1.2 Formulación del problema general**

¿Cómo disminuir la contaminación del aire en las viviendas urbanas?

### **1.1.3 Formulación de los problemas específicos**

#### **Problema específico 1:**

¿Cuál es la situación actual de la contaminación de aire en viviendas urbanas?

#### **Problema específico 2:**

¿Cómo determinar los beneficios de un sistema purificador de aire en Viviendas urbanas?

#### **Problema específico 3:**

¿Cómo evaluar las alternativas técnicas para la implementación de un sistema purificador de aire?

#### **Problema específico 4:**

¿Cómo distribuir un sistema purificador de aire para mejorar la calidad del aire en viviendas urbanas?

## **1.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo general**

Disminuir la contaminación del aire en las viviendas urbanas implementando un sistema purificador.

### **1.2.2 Objetivo específicos**

#### **Objetivo específico 1:**

Determinar la situación actual de contaminación de aire en viviendas urbanas.

**Objetivo específico 2:**

Determinar los beneficios de un sistema purificador de aire en viviendas urbanas.

**Objetivo específico 3:**

Evaluar las alternativas técnicas para la implementación de un sistema purificador de aire.

**Objetivo específico 4:**

Distribuir un sistema purificador de aire para mejorar la calidad del aire en viviendas urbanas.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.3.1 Justificación técnica.

El equipo purificador de aire es muy importante porque contribuye a una mejor calidad de vida en las personas. En la actualidad en el mercado existe el purificador de forma mecánica y automática. En el futuro se va a necesitar muchos sistemas purificadores de aire ya que la contaminación se agrava cada día más. Uno de los grandes motivos de seleccionar un equipo purificador de aire es la excesiva contaminación en viviendas urbanas de Lima.

#### 1.3.2 Justificación económica.

El equipo purificador de aire con filtro tipo HEPA no es muy costoso. En este proyecto se necesitara cinco purificadores de aire para distribuirlos en la vivienda. El costo de cada equipo es de 300 soles por cada equipo, para esta vivienda se utilizó 5 equipos purificadores de aire, lo cual genera un gasto de 1500 soles. Respecto a los gastos del médico es mucho menor, ya que las consultas y medicamentos mensuales generaban un gasto por persona de 200 soles, en la vivienda familiar las personas que sufren alergia son 2, por lo que el gasto mensual es de 400 soles, el equipo purificador ha permitido que solo se visite al médico a realizar una consulta cada 4 meses. Por lo tanto, sin purificadores

de aire se va a gastar en consultas médicas y medicamentos, un total de 4800 soles durante un año, con la compra de los purificadores de aire y su mantenimiento de 2 veces al año, suma un total de 1700 soles en el año. La consulta al médico solo sería de 3 veces en el año lo cual genera un gasto de 1200 nuevos soles, haciendo un gasto total con purificadores de 2900. Se puede determinar un costo/beneficio, ya que hay un ahorro de 1900 nuevos soles en el año.

### **1.3.3 Justificación social.**

Las viviendas urbanas están de acuerdo con tener una mejor calidad de aire, es por ello que están de acuerdo con adquirir un sistema purificador de aire ya que, en la actualidad, la contaminación del aire en nuestro ambiente es el mayor riesgo en la salud de las personas, principalmente en sus vías respiratorias.

## **1.4 Alcances y limitaciones de la investigación**

### **1.4.1 Alcances.**

En esta tesis, en la primera parte se ha seleccionado el mejor equipo purificador de aire, mediante la aplicación del método matemático AHP. En la segunda parte, se ha desarrollado un diseño de distribución de los purificadores de aire en un plano arquitectónico de planta en una vivienda urbana de Lima Norte.

El presente trabajo de investigación se enmarca en la línea de control, que es una rama de la Ingeniería Electrónica, ya que el método AHP es un enfoque que combinado con la lógica difusa, se utiliza en la inteligencia artificial, el cual es una teoría usada dentro del control y la automatización.

### **1.4.2 Limitaciones.**

La información de contaminación en zonas urbanas es limitada. Los grados de contaminación en lugares cerrados como una

habitación no se conocen, es por ello que la selección del mejor equipo purificador de aire se diseñará los lugares a ser instalados. El equipo purificador de aire solamente funcionara para lugares bastante cerrados en las viviendas urbanas.

## **CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO**

## 2.1 ANTECEDENTES

### 2.1.1 Nacionales

Rivera Poma,(2012), en su tesis “**Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima-Callao**” de la universidad Nacional Mayor de San Marcos concluye que en nuestro país y en otros, la contaminación del medio ambiente está asociada a la extracción y transformación de los recursos naturales. El crecimiento desordenado de la ciudad es un factor que origina la gran contaminación, afectando a la ciudad.

La contaminación del aire en el Perú se inició en los años cincuenta y sesenta, con las harineras de pescado. Las ciudades del Perú como Lima, Callao y Chimbote fueron las principales afectadas. En la ciudad de Lima los niveles de contaminación atmosférica es muy superior al máximo “razonable” con respecto a lo establecido por la Organización Mundial de la Salud esto lo convierte en la ciudad con los peores indicadores en contaminación, siendo un factor de riesgo para la salud de las personas.

Andrade, (2007), en su tesis de Magister “**Modelos evaluativos de optimización y de simulación de contaminantes del aire**” de la universidad Nacional Mayor de San Marcos indica que la gran problemática actual a nivel mundial, nacional y de Lima Metropolitana en razón a la conservación del medio ambiente hace muy necesario e importante que las instituciones se organicen en funciones muy específicas en prevención y en el control de la contaminación. Los modelos de la calidad del aire consideran los procesos físicos y químicos que rigen a los contaminantes cuando se dispersan y reaccionan en la atmósfera. La simulación es un método de resolución de las ecuaciones que representan un fenómeno y a la vez se relaciona con la situación y contexto real. El método gaussiano va a emplear la ecuación de distribución

normal gaussiana para determinar las variaciones de las concentraciones de los contaminantes en la pluma, mediante cálculos relativamente simples que requieren los coeficientes de dispersión horizontal y vertical. La simulación para determinar concentraciones de agentes contaminantes como el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y monóxido de carbono (CO), fue realizada con el programa Matlab para ciertas condiciones de velocidad de viento ( $v$ ), altura de chimenea ( $h$ ) y clase de estabilidad en áreas rurales.

Sotomayor Torres & Marín Vallejos, (2010), en su tesis **“Evaluación e interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire de Lima Metropolitana”** de la universidad Nacional Mayor de San Marcos en su conclusión nos dice que Lima es una de las ciudades con el aire más contaminado de América. El índice general de partículas contaminantes es (PM 2.5), y las partículas más perjudiciales para los pulmones, es de 38 microgramos, en Lima Norte es de 58, casi seis veces de lo que está permitido. El grado más razonable en las partículas es de una media anual solamente de hasta 10 microgramos por metro cúbico, de lo contrario es muy perjudicial en los habitantes.

Exponerse a un corto plazo en los diferentes niveles causa daños en nuestras células pulmonares, causando daños irreversibles. Uno de los grandes contaminantes más severos, según lo establecidos por la OMS, es el dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), y los comúnmente referidos como  $\text{NO}_x$  son el grupo de gases conformados por el nitrógeno y oxígeno. Otro agente es el óxido de nitrógeno que incluyen compuestos como el óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno. Todos estos contaminantes nos ocasionaran problemas irreversibles en la salud.

La escala global de emisión del óxido de nitrógeno es 15 veces mayor que la realizada por la actividad de las personas. La mayor



fuentes del óxido de nitrógeno en la naturaleza está en la descomposición bacteriana de los nitratos orgánicos. Las principales fuentes de emisión son los vehículos y quema de combustibles fósiles.

### 2.1.2 Internacionales

Mendoza Alba, (2007), en su tesis **“Diseño del sistema de acondicionamiento del aire para un banco de pruebas y diseño e instalación del sistema de aire acondicionado para la sala Giema”** de la Universidad Industrial de Santander-Colombia concluye afirmando, que la instalación de un sistema de aire no solamente produce enfriamiento del aire cuando es época de verano, ya que el aire acondicionado es usado, para secar en verano y calentarlo. El aire acondicionado no es un lujo, o generador de comodidad y confort, sino un importante factor que contribuye a mejorar la salud de las personas.

En las cajas y filtros de aire son recomendados para motores en función de su tamaño y eficiencia a largos intervalos de mantenimiento. Filtraran el aire por medio de un elemento filtrante, que es reemplazable y se construye con un material de calidad ya que su función es muy eficaz.

La caja de filtro esta dimensionadas de acuerdo a los requerimientos del flujo del aire y los periodos del mantenimiento. El flujo de aire a máxima potencia en cada modelo del motor se puede verificar en las Curvas del desempeño de un motor de acuerdo a los requerimientos.

Para la vida útil de un motor y satisfactoria, los elementos filtrantes deberán tener una efectividad máxima de 99.9 % de remover partículas de suciedad.

Debido a lo laborioso que resulta un sistema de aire acondicionado en la ciudad de lima, tanto en construcciones modernas como antiguas, la tecnología en nuestra actualidad ha contribuido al

desarrollo de sofisticados sistemas del control que permitirá la regulación de todas las funciones en los dispositivos acondicionadores de aire.

Díaz L., (2010) en su tesis **“Evaluación del sistema de suministro de aire comprimido en el área de pintura de la planta Toyota de Venezuela C.A”** de la Universidad de oriente-Venezuela, en su conclusión indica que en el diseño de las instalaciones ay muchos errores debido a que están diseñadas por personas que tienen poca idea acerca del aire comprimido y su distribución.

Es muy importante y fundamental iniciar con el diseño de una instalación para ello se analizara las variantes posibles que se necesitaría, en cuanto a los tipos de instalación más recomendadas para cada caso. Teniendo en cuenta que el aire comprimido es un elemento importante para todas las maquinas. Es la energía renovable que debe ser cuidada desde la generación ya que es muy costosa. El aire comprimido se va a conseguir utilizando unos equipos llamados compresores, que van a aspirar el aire atmosférico y lo comprimirá hasta llegar al valor de presión adecuada y requiere el valor superior a la presión atmosférica que se encontraba en un inicio. El valor de presión puede ser de tan solo unos gramos/cm<sup>2</sup> sobre la atmósfera o también de muchos kg/cm<sup>2</sup>.El hecho de ser generado localmente, hacen que tenga muchas aplicaciones.

El proceso de diseño de un sistema purificador de aire se deben saber todas las aplicaciones que se usarán y las consideraciones importantes a tener en cuenta como: La presión de aire comprimido, Caudal de aire comprimido, Pérdidas de presión y Velocidad de circulación de aire (Cassani, 2011).

Barria, E. (2005), en su tesis, “**El aire comprimido y su utilización a bordo**” de la Universidad Austral de Chile concluye que el filtro compresor se utiliza para eliminar las impurezas del aire antes de una compresión, ya que de esta manera se estaría protegiendo al compresor y evitando contaminantes del sistema. El aire comprimido se puede producir mediante dos procesos: La compresión dinámica, que es la conversión de la velocidad del aire en presión: En los compresores radiales y axiales. Compresión por desplazamiento, que es reducir el volumen del aire: Compresores alternativos del tipo pistón y compresores rotativos.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 La contaminación atmosférica**

Rivera, J. (2012), La contaminación atmosférica se va definir como la presencia en la atmósfera y el aire de uno o más contaminantes en gran cantidad y en tiempo de duración que sea perjudicial para las personas, vegetación o animal. La contaminación ambiental puede ser tóxica, irritar los ojos y la nariz, dificultar la respiración y reducir la visibilidad.

Hablar de una sustancia como nociva no se puede, a menos que se especifique la dosis, es lo que la hace nociva o no. Lo mismo ocurre para la contaminación del aire sobre la salud humana:

$$\text{Dosis} = (\text{Concentración en el aire respirado}) / (\text{Tiempo})$$

$$\text{Dosis dañina} = \frac{\text{razón de ingestión debido a la respiración}}{\text{tiempo}}$$

Sotomayor, E. & Marin, V. (2010), Los compuestos de plomo son considerados tóxicos, especialmente los orgánicos. Los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) como contaminantes. La combustión del combustible fósil, sólido y líquido que tiene azufre en las plantas generadoras

de energía es la principal fuente de contaminantes.

Las emisiones de compuestos a la atmósfera exceden el total combinado de otros contaminantes principales. Las concentraciones ambientales se expresan en  $\text{g}/\text{m}^3$ , igual que los otros contaminantes; aproximadamente del 75 al 95% de las emisiones de monóxido de carbono son producidas por el parque automotor es decir el transporte. Lo que resta de gases es el resultado de la combustión incompleta de combustibles distintos. El dióxido de nitrógeno es el gran principal contaminante en la atmósfera que es visible y es el más grande responsable del color café de la capa de *smog*. El equipo purificador de aire ayudara a disminuir los grados de contaminación de los hogares (Tecnum, 2017).

Los altos índices de la contaminación atmosférica en las zonas de las ciudades, esto lleva a establecer uso de diversas herramientas que permitan por lo menos respirar un aire más limpio en el hogar y oficina; lo cual hace necesario que se haga uso de equipos purificadores de aire que ayuden a preservar la salud de las personas. Hay que mencionar que cada persona consume al día 12 kilogramos de aire y por la mala calidad del aire se registran 1.8 muertes diarias (OMS, 2017).

Diversos estudios señalan que el aire en el hogar está mucho más contaminado que el exterior. La calidad del aire es un gran tema que cobra cada vez más importancia en las ciudades como en las capitales, ya que contiene altos niveles de contaminación. En la actualidad es un tema muy importante ya las personas pasan del 80% y 90% del tiempo en lugares por lo común cerrados. En los países desarrollados la contaminación del aire en el interior es por lo general mayor que la contaminación del aire en el exterior, generalmente cuando existen y se suman grandes fuentes importantes de contaminantes en el interior y exterior. En los

edificios y oficinas pueden tener una calidad de aire interior muy malo que puede ocasionar enfermedades, alergias. Ya que la mayoría de las personas pasan mucho tiempo en los interiores de una casa entre un 85 y un 90% del tiempo. Como consecuencia se respiraría un aire contaminado. Las contaminación del aire en el interior de una vivienda representan la mayor parte de la exposición a ciertos químicos, agravando y deteriorando la salud, pudiendo ser la única fuente de exposición de ciertos contaminantes. La exposición a ciertos productos químicos que están presentes en el aire del interior del hogar, el moho y agentes biológicos presentes en el aire del interior están muy relacionados con el asma y síntomas de las alergias (Greenfacts, 2017).

Es necesario una gran visión integral para el análisis objetivo de riesgos. Es importante integrar una mayor información toxicológica y epidemiológica sobre los grandes efectos para nuestra salud por efecto de la exposición a los contaminantes en interiores de los hogares (OMS, 2017).

Los principales Contaminantes según la OMS (2017):

#### **A. Humo del tabaco**

Agrava los problemas relacionados al respirar como el asma, a la vez irrita los ojos, provocando dolores de cabeza y dolores de la garganta. El tabaco es un gran potenciador cancerígeno.

#### **B. Los productos químicos utilizados en el interior del hogar**

Los productos limpiadores, los desinfectantes, los ambientadores, los detergentes, jabones, desodorantes, lociones, champús, cosméticos son agentes que agravan la salud. Ya que los productos pueden contener diferentes sustancias químicas muy nocivas que se incorporaran en el aire de los edificios y hogares, agravando la calidad del aire en el interior del hogar.

### **C. Las bacterias, hongos y mohos crecen en el interior de las casas cuando hay mucha humedad**

Una exposición prolongada puede causar problemas respiratorios como una alergia y asma afectando el sistema inmunológico. El polvo, el pelo y la caspa de las mascotas contienen alérgenos que pueden agravar los problemas respiratorios causando tos, opresión en el pecho y problemas respiratorios.

### **D. Los compuestos orgánicos volátiles**

Siempre están presentes en los productos del hogar como en Maderas y pinturas, selladores, impermeabilizadores, aislantes, adhesivos, aumentando la concentración del aire interior.

### **E. El CO<sub>2</sub>**

Es un gas no tóxico, y muy importante en el ciclo biológico. Las concentraciones pueden utilizarse como indicadores de una adecuada ventilación en los espacios interiores (Ecodes, 2015).



**Figura 1 : Equipo purificador Bionaire**

**Fuente: Bionaire,P.( 2017)**

La figura muestra a un equipo purificador de aire con un modelo vertical, donde el pre filtro está ubicado en la parte posterior.



**Figura 2 : Equipo purificador Bionaire**

**Fuente: Bionaire, P. (2017)**

La figura muestra a un equipo purificador de aire con los filtros en la parte superior e inferior.

## **2.2.2 Métodos multicriterios**

### **A. Método de la Entropía**

El método de la entropía se basa en calcular los pesos para los criterios. En el criterio “la importancia relativa del criterio  $j$  en una situación para la decisión, en medida de su peso  $w_j$ , va a estar directamente relacionada con la información aportada por las alternativas respecto al criterio (Aznar & Guijarro, 2012).

Refiriéndose al criterio  $j$  en cuestión, cuando mayor sea la diversidad en las evaluaciones de las alternativas, habrá mayor importancia en la decisión final, pues mayor poder de discriminación habrá entre las alternativas posee” (Barba-Romero & Pomerol, 1997).

### **B. Método de la ordenación simple**

En este método se pondera las variables, consiste en que el decisor ordenara los criterios de acuerdo a la importancia, en base a su propia opinión, de tal manera que se le otorgara la puntuación al primero y al menor (Aznar & Guijarro, 2012).

A modo de ejemplo presentamos la siguiente Tabla

**Tabla 1: Ordenación simple**

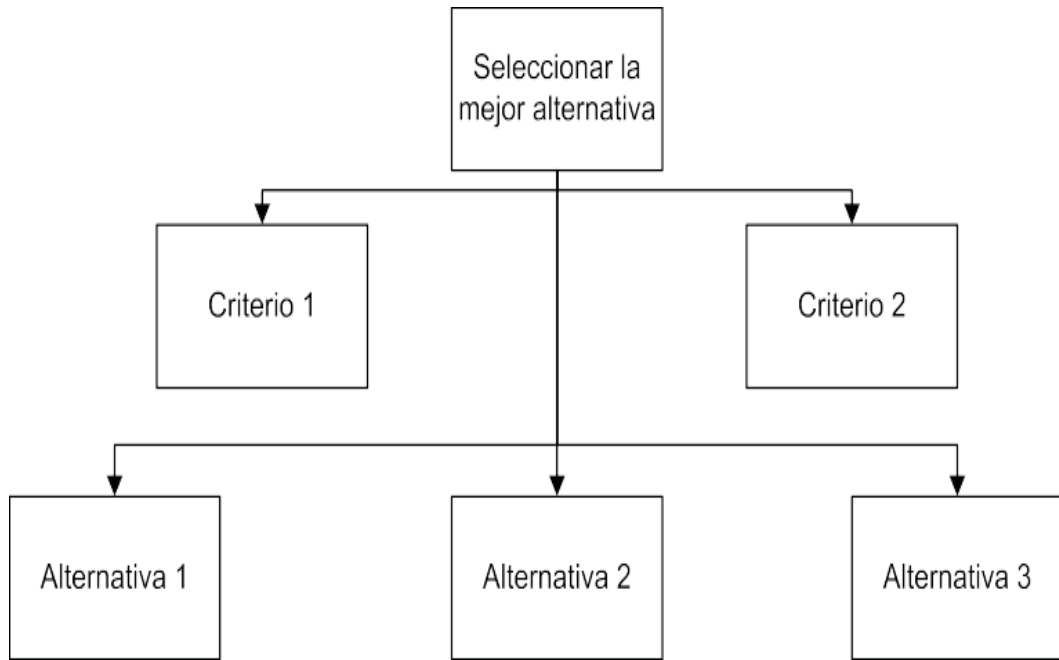
| Crterios            | Orden | Puntuación | Ponderación<br>(Normalización<br>por la suma) |
|---------------------|-------|------------|---|
| Rentabilidad        | 3     | 1          | 0,1667  |
| Cuota de<br>Mercado | 1     | 3          | 0,5000  |
| Productividad       | 2     | 2          | 0,3333  |
| SUMA                |       | 6          | 1   |

Por la facilidad del método, puede ser aplicado en situaciones de escasa información

### **C. Proceso analítico jerárquico**

El proceso Analítico Jerárquico, fue propuesto por el profesor Thomas L. Saaty (1980), en la actualidad es muy utilizado para la toma de decisiones complejas (Aznar, J & Guijarro F ,2012).





**Figura 3: Pasos para el método AHP**

En esta tesis hemos optado usar el método AHP, ya que es un método donde se puede tomar la decisión de una manera cuantitativa y cualitativa, nos permite tomar una decisión en 4 pasos que explicaremos en el siguiente capítulo.

## **2.3 MARCO METODOLÓGICO**

El tipo de investigación es Mixto cuali-cuantitativo

Dado que se recoge información cualitativa de los expertos y luego son procesados mediante métodos cuantitativo, en este caso AHP.

### **2.3.1 Proceso de análisis jerárquico (AHP)**

El Proceso de Análisis Jerárquico, desarrollado por Thomas L. Saaty (Saaty, 1980) ayudara a resolver problemas complejos de criterios múltiples.

El AHP se fundamenta en la estructuración del modelo jerárquico, que es la representación del problema mediante la identificación de la meta, criterios, sus criterios y las alternativas (Toskano, 2005).

- Va a priorizar elementos en el modelo jerárquico.
- Recurre a las comparaciones entre elementos.
- Evalúa elementos mediante la asignación de pesos.
- Establece en el ranking de alternativas.
- Síntesis.
- Análisis de Sensibilidad.

El método AHP es la herramienta metodológica que es aplicada en muchos países para la incorporación de preferencias de los actores involucrados en los conflictos y procesos participativos de la toma de decisiones (Toskano, 2005).

El método AHP presenta muchas ventajas, variados métodos de decisión multicriterio (Toskano, 2005):

- Presenta un sustento en la matemática.
- Permite analizar un problema en partes.
- Permite medir los criterios cuantitativos y criterios cualitativos.
- Incluye integración de muchas personas o también grupos de interés y generando un consenso.
- Permite la verificación en el índice de la consistencia.
- Genera una síntesis.
- Su uso es muy fácil y permite complementar con los métodos matemáticos.

### 2.3.2 Base matemática del AHP

El método AHP trata directamente con los pares ordenados de prioridades, importancia, preferencia y probabilidad de los pares de los elementos en función de los atributos o criterios en común representados en la jerarquía de decisión (Toskano, 2005).

El método AHP hace muy posible la toma de decisiones grupales mediante los agregados de opiniones, de tal manera que pueda satisfacer en la relación recíproca en la comparación de dos elementos (Toskano, 2005).

### 2.3.3 Establecimiento de prioridades con el AHP

El método AHP, pedirá a quien toma decisiones señalar la preferencia respecto a cada una de las alternativas de la decisión en términos de la medida que contribuya a los criterios (Toskano, 2005).

### 2.3.4 Comparaciones pareadas

El método AHP utilizara la escala de valores del 1 al 9 para la calificación de las preferencias en los elementos. Se presentaran las calificaciones numéricas que se recomiendan en las preferencias verbales expresadas en el decisor (Toskano, 2005).

**Tabla 2: Escala de preferencias**

| Escala                           | Calificación numérica |
|----------------------------------|-----------------------|
| Muy recomendado                  | 9                     |
| De muy fuerte a extremadamente   | 8                     |
| Muy fuertemente preferido        | 7                     |
| De fuertemente a muy fuertemente | 6                     |
| Fuertemente preferido            | 5                     |
| De moderadamente a fuertemente   | 4                     |
| Moderadamente preferido          | 3                     |
| De igualmente a moderadamente    | 2                     |
| Igualmente preferido             | 1                     |

**Fuente: Toskano, G.2005**

La Tabla nos muestra la escala de preferencias en un planteamiento verbal.

### 2.3.5 El método AHP sustenta axiomas:

Los axiomas que sustenta AHP, según (Toskano, 2005):

**Axioma. 1:** Refiere a una condición de los juicios recíprocos: Cuando **A** es una matriz de comparaciones pareadas, allí se cumple que  $a_{ij} = 1 / a_{ji}$

**Axioma. 2:** Refiere la condición de la homogeneidad de elementos: La comparación son del mismo orden de magnitud y jerarquía.

**Axioma. 3:** Refiere a una condición de la estructura jerárquica o la estructura dependiente.

**Axioma. 4:** Refiere a una condición de las expectativas del orden del rango: Deberán estar representadas en términos de criterios y alternativas.

### 2.3.6 La síntesis

Cuando se elabora la matriz de comparaciones pareadas ya se puede calcular la prioridad de cada uno de los elementos que se comparó. Esto es un proceso matemático que implicara el cálculo de los valores y vectores característicos (Toskano, 2005).

### 2.3.7 El procedimiento para sintetizar juicios

Los procedimientos para sintetizar juicios según (Toskano, 2005):

**Paso 1:** Se suma los valores en cada columna en la matriz de comparaciones pareadas.

**Paso 2:** Se dividirá cada elemento de la matriz entre el total de la columna; a la resultante de la matriz se le denomina matriz de comparaciones pareadas.

**Paso 3:** Se calculará el promedio en los elementos de cada renglón en las prioridades relativas en los elementos que se están comparando.

### **2.3.8 La consistencia**

Una matriz es consistente cuando se compara el ratio de consistencia (CR) con los valores que estableció Saaty, para una matriz de tamaño 3 el ratio de consistencia tiene que ser menor a 0.05, para una matriz de tamaño 4 el ratio de consistencia, tiene que ser menor a 0.09 y para una matriz de tamaño 5 o mayor el ratio de consistencia tiene que ser menor a 0.10 (Toskano, 2005).

### **2.3.9 La preparación y organización para aplicar el método AHP**

Es importante y precisó llevar a cabo una planeación por parte de este grupo de trabajo encargado. El problema al abordar será diferente en cada caso particular, ya que los aspectos que se presentaran, deberán tenerse en cuenta de manera general, por las personas interesados en utilizar el método AHP (Toskano, 2005).

### **2.3.10 La definición de los participantes**

Se deberá definir un equipo de trabajo, que normalmente está conformado por personas directamente involucradas en la coordinación en la aplicación del método AHP. Un equipo de trabajo es responsable de la identificación cuidadosa de los actores que deberán participar en este proceso de la toma decisión. Y a la vez debe quedar resuelta la pregunta: quiénes, cuántos, nivel de educación requerido, a quienes representan, ya que deben formar parte del proceso, o por su conocimiento de la situación del problema (Toskano, 2005).

### **2.3.11 La información requerida**

Es un elemento básico en la toma de la decisión. Es muy importante identificar la cantidad y la calidad de la información que se requiere para los procesos. La información podría ser científica o técnica en la experiencia y el conocimiento de los participantes (Toskano, 2005).

### **2.3.12 Tiempo y otros recursos asociados con el proceso**

Es importante establecer un tiempo con el cual se dispondrá para poder llevar a cabo el proceso de la decisión, afectando en la elaboración y el desarrollo del Plan de Trabajo: en las fechas, las agendas, logística, y número de participantes que están convocados (Toskano, 2005).

El método AHP no se recomienda si se cuenta con muy poco tiempo para la toma de las decisiones frente a los problemas complejos, ya que tratar de acelerar ciertas etapas del proceso, podría afectar contrariamente a la validez de los resultados obtenidos. Se va a requerir nombrar a un facilitador para la aplicación del método AHP. Deberá tener la habilidad de poder guiar tal proceso y orientar a aquellos participantes haciendo el buen uso de tiempo (Toskano, 2005).

### **2.3.13 Estructuración del modelo jerárquico**

Lo más relevante del método AHP, consiste en estructurar la jerarquía del problema en la etapa en la cual un grupo decisor involucrado deberá lograr desglosar un problema en los componentes relevantes (Toskano, 2005).

La jerarquía básica del método está conformada por: La meta, objetivo General, criterios y las alternativas (Toskano, 2005).

### **2.3.14 La identificación del problema**

La situación que se resolverá mediante la selección de una alternativa que se dispondrá y priorizará en el ranking. La alternativa va ser comparada unas con otras mediante la evaluación de los criterios establecidos que permitirían conocer el pro y los contras en cada una de ellas. También se va a requerir invertir muchas horas para la identificación del problema real y principal, pudiendo establecer muchas discusiones en las que se

listaran muchos problemas, siendo necesario la priorización en la decisión (Toskano, 2005).

### **2.3.15 La definición del objetivo**

El objetivo va a estar en un nivel independiente y jerárquico de elementos, serán los sub-objetivos o también llamados criterios, las alternativas apuntarán al conjunto. Se tendrá objetivos a largo, mediano y corto plazo y ello influirá directamente en la construcción del tal modelo jerárquico (Toskano, 2005).

### **2.3.16 La identificación de los criterios**

Serán las dimensiones relevantes que van a afectar significativamente a los objetivos y deberán expresar las preferencias de los implicados en la toma de la decisión. Se deberán incluir los aspectos vitales cuantitativos y cualitativos a tener en cuenta en la toma de la decisión. Generalmente hay aspectos cualitativos que se pueden incidir fuertemente en la decisión, pero que ya no serán incorporados debido a la complejidad para definir algún esquema en la medición que revele su grado de aporte en el proceso de la toma de decisión (Toskano, 2005).

### **2.3.17 La identificación de las alternativas**

Corresponderá a las propuestas factibles mediante las cuales se va a alcanzar el objetivo general. Ya que cada una de las alternativas presentara características con pro y con contras (Toskano, 2005).

### **2.3.18 El árbol de jerarquías**

El árbol de jerarquías consiste en la elaboración y representación gráfica del problema en los términos de una meta global, de criterios y alternativas de decisión. Recibiendo el nombre de árbol de jerarquías (Toskano, 2005).

### **2.3.19 La evaluación del modelo**

En la evaluación del modelo se examina los elementos del problema separadamente por medio de comparaciones de pares. En las evaluaciones o juicios estarán emitidos por cada analista o cada grupo de interés. El éxito de la etapa dependerá de la inclusión de los grupos y decisores que se verán representados en el modelo construido (Toskano, 2005).

### **2.3.20 El establecimiento de las prioridades**

El método AHP utilizara comparaciones pareadas para poder establecer las medidas de prioridad en los criterios como en las alternativas de la decisión (Toskano, 2005).

### **2.3.21 La emisión de los juicios y evaluaciones**

Los juicios serán base del proceso llevado a cabo por el método AHP. El juicio estará guiado por la información científica, técnica y la experiencia del grupo decisor en la evaluación de los componentes del modelo. La situación hará al AHP distinto a muchos métodos, ya que dentro de la evaluación del modelo se tomaran en cuenta los juicios, que en el caso serán opiniones de cada uno de individuos y grupos involucrados en las tomas de decisiones. La evaluación se realizara por comparaciones binarias de a pares frente a un tercer elemento; posibilitando conocer y medir las preferencias de los individuos o los grupos de interés.

El individuo expresara su preferencia realizando la pregunta adecuada mediante los términos de la importancia, preferencia, teniendo que asignar un valor numérico que medirá la intensidad en su preferencia. El método AHP dispone de una e s c a l a ya creada por el propio Saaty que medirá los juicios emitidos por el grupo (Toskano, 2005).



### **2.3.22 Resultado final**

Cuando ya se halla realizada la totalidad de las comparaciones se obtendrá el resultado final: Ordenamiento de alternativas, donde el resultado está basado, en prioridades, emisión de juicios y en la evaluación hecha a través de las comparaciones de componentes del modelo jerárquico (Toskano, 2005).

### **2.3.23 Síntesis**

El método AHP logra combinar los juicios y opiniones en un total, donde las alternativas quedaran organizadas.

El método AHP permitirá deducir los pesos que se reflejen en las percepciones y valores propuestos. En las prioridades ya deducidas para cada faceta que están en el estudio, serán sintetizadas para poder obtener prioridades generales (Toskano, 2005).

### **2.3.24 Análisis de sensibilidad**

El análisis permitirá visualizar y analizar la sensibilidad del resultado obtenido, con la ordenación de las alternativas con respecto de los posibles cambios en la importancia de los criterios (Toskano, 2005).

## **2.4 MARCO LEGAL**

Basándose en el Protocolo de Kyoto contra el cambio climático, un individuo respira oxígeno y emite cierta cantidad de CO<sub>2</sub>, tal proceso demandaría diez árboles de cinco años de edad cada uno, y para neutralizar esta gran exhalación humana generalmente muy tóxica.

Si en la ciudad de Lima somos 8 millones de personas necesitaríamos 80 millones de árboles para expeler el aire toxico. Ello equivaldría el 85% de toda el área de la ciudad de Lima que sea sembrada con árboles, ello sería imposible (Naciones Unidas, 1998).

## **CAPÍTULO III DESARROLLO DE LA APLICACIÓN**

### 3.1 DETERMINAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en el mes de febrero del 2016, el valor promedio de material articulado menor a 2,5 microgramos (PM<sub>2,5</sub>) en el distrito de Ate fue 24,0 u/m<sup>3</sup>, en el distrito de San Borja con 14,5 u/m<sup>3</sup>, en el distrito de Santa Anita con 22,6 u/m<sup>3</sup>, en el distrito de Villa María del Triunfo con 22,6 u/m<sup>3</sup>, en Huachapea con 14,3 u/m<sup>3</sup>, en San Juan de Lurigancho con 22,0 u/m<sup>3</sup>, en San Martín de Porres con 12,5 u/m<sup>3</sup>, en Caraballo con 20,1 u/ m<sup>3</sup> y en el distrito de Puente Piedra con 28,3 u/m<sup>3</sup>, (Senamhi, 2016).

**Tabla 3: Lima metropolitana: valor mensual de material particulado inferior a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>), en principales estaciones, 2015-2016.**

| Estación                     | 2015 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2016 |      | Variación porcentual                    |                          |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|--------------------------|
|                              | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Set  | Oct  | Nov  | Dic  | Ene  | Feb  | Respecto a similar mes del año anterior | Respecto al mes anterior |
| Ate                          | 35,7 | 29,6 | 36,9 | 36,6 | 38,1 | 35,5 | 40,6 | 34,0 | 33,5 | 31,4 | ...  | ...  | 24,0 | -32,8                                   | ...                      |
| San Borja                    | 13,7 | 13,3 | 17,6 | 17,9 | 22,8 | ...  | 21,3 | 18,6 | 16,6 | 16,2 | ...  | 14,5 | 14,5 | 5,8                                     | 0,0                      |
| Jesús María (Campo de Marte) | 12,5 | 12,8 | 19,7 | 17,5 | 20,8 | 16,3 | 16,1 | ...  | 14,3 | 13,0 | 14,3 | 13,7 | ...  | ...                                     | ...                      |
| Santa Anita                  | 19,2 | 21,3 | 29,6 | 26,0 | 31,5 | 27,3 | 32,7 | 27,5 | 29,4 | 27,2 | 26,2 | 21,5 | 22,6 | 17,7                                    | 5,1                      |
| Villa María del Triunfo      | 23,5 | 26,0 | 33,3 | 29,7 | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | 21,7 | 21,8 | 22,1 | 22,6 | -3,8                                    | 2,3                      |
| Huachipa                     | 25,9 | 27,4 | 35,0 | 30,0 | 20,6 | 17,6 | 19,8 | 17,3 | 16,7 | 16,1 | 16,7 | 13,7 | 14,3 | -44,8                                   | 4,4                      |
| San Juan de Lurigancho       | 22,1 | 24,5 | 34,0 | 29,6 | 31,4 | 28,8 | 31,0 | 28,0 | 28,1 | 26,4 | 26,4 | 22,1 | 22,0 | -0,5                                    | -0,5                     |
| San Martín de Porres         | 13,6 | 13,7 | 19,6 | 17,1 | 21,5 | 17,2 | 18,4 | 15,9 | 14,7 | 13,8 | 13,8 | 13,0 | 12,5 | -8,1                                    | -3,8                     |
| Carabaylo                    | ...  | ...  | ...  | 27,8 | 29,0 | 15,0 | 15,8 | 14,3 | 25,6 | 24,8 | 25,7 | 21,5 | 20,1 | ...                                     | -6,5                     |
| Puente Piedra                | 26,9 | 30,6 | 39,3 | 28,7 | 29,5 | 28,1 | 28,4 | 26,0 | 28,3 | 28,8 | 32,3 | 26,9 | 28,3 | 5,2                                     | 5,2                      |

Fuente: Senamhi (2015/2016)

Según la Tabla 3, en el mes de noviembre del 2015, el distrito con mayor contaminación fue Ate con 31.4 ug/m<sup>3</sup>, y el distrito con menor contaminación fue Jesús María (Campo de Marte) 13,0. Esto se puede explicar por la dirección de la velocidad del aire que va de oeste a este y de sur a norte en Lima, entonces se observa que Ate es uno de los distritos más contaminados y está ubicado al este de Lima. La investigación será

aplicada a un modelo de vivienda general, que luego puede ser adecuada para cualquier otro modelo de acuerdo al diseño.

### 3.1.1 Grado en la presencia del Material Particulado (PM<sub>10</sub>)

En el mes de febrero de 2016, el máximo grado en valor obtenido de PM<sub>10</sub> se registró en el distrito de Villa María del Triunfo (169,8 ug/m<sup>3</sup>), luego del distrito de Puente Piedra (125,1 ug/m<sup>3</sup>), en Ate (98,8 ug/m<sup>3</sup>), en Carabayllo (82,0 ug/m<sup>3</sup>), en Huachipa (80,4 ug/m<sup>3</sup>), en San Juan de Lurigancho (73,4 ug/m<sup>3</sup>), en Santa Anita (70,1 ug/m<sup>3</sup>), en San Borja (48,8 ug/m<sup>3</sup>), en San Martín de Porres (39,5 ug/m<sup>3</sup>) y en el distrito de Jesús María (38,2 ug/m<sup>3</sup>), (Senamhi, 2016).

**Tabla 4: Lima metropolitana: Valor mensual de material particulado (PM<sub>10</sub>), en los principales núcleos, 2015-2016.**

| Núcleos                      | 2015  |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       | 2016  |       | Variación porcentual                    |                          |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|--------------------------|
|                              | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago  | Set   | Oct   | Nov   | Dic   | Ene   | Feb   | Respecto a similar mes del año anterior | Respecto al mes anterior |
| Ate                          | 111,0 | 124,2 | 78,5  | 95,4  | 82,7  | 77,2  | 65,8  | 96,4 | 101,6 | 97,3  | 102,3 | ...   | ...   | 98,8  | -20,5                                   | ...                      |
| San Borja                    | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | 48,5 | 47,5  | 44,4  | 46,0  | ...   | 44,1  | 48,8  | ...                                     | 10,7                     |
| Jesús María (Campo de Marte) | 35,1  | 41,6  | 52,4  | 45,0  | 50,2  | 84,3  | 47,3  | 37,4 | ...   | 31,4  | 33,8  | 36,5  | 31,7  | 38,2  | -8,2                                    | 20,5                     |
| Santa Anita                  | 70,0  | 81,9  | 109,8 | 83,5  | 62,3  | 108,1 | 48,0  | 68,7 | 72,9  | ...   | 73,9  | 72,0  | 66,2  | 70,1  | -14,4                                   | 5,9                      |
| Villa María del Triunfo      | 108,6 | 126,6 | 240,3 | 203,5 | 173,0 | ...   | ...   | ...  | ...   | ...   | 86,7  | 106,4 | 141,7 | 169,8 | 34,1                                    | 19,8                     |
| Huachipa                     | 92,5  | 102,4 | 131,5 | 108,0 | 102,9 | 181,4 | 78,9  | 79,4 | 73,4  | 83,0  | 82,5  | 81,8  | 81,6  | 80,4  | -21,5                                   | -1,5                     |
| San Juan de Lurigancho       | 67,2  | 92,2  | 122,6 | 115,3 | 101,5 | 147,7 | 66,0  | 69,3 | 65,2  | 41,5  | 79,2  | 78,3  | 70,8  | 73,4  | -20,4                                   | 3,7                      |
| San Martín de Porres         | 38,2  | 46,7  | 64,9  | 51,2  | 50,8  | 96,1  | 43,8  | 46,1 | 42,4  | 79,6  | 38,8  | 38,8  | 36,2  | 39,5  | -15,4                                   | 9,1                      |
| Carabayllo                   | 73,4  | 86,0  | 99,6  | ...   | 87,6  | 89,1  | 73,1  | 72,0 | 69,9  | 79,2  | 76,7  | 76,3  | 75,4  | 82,0  | -4,7                                    | 8,8                      |
| Puente Piedra                | 120,1 | 137,8 | 158,5 | 133,5 | 127,8 | 286,1 | 103,6 | 84,9 | 80,2  | 110,7 | 111,9 | 131,2 | 111,0 | 125,1 | -9,2                                    | 12,7                     |

Fuente: Senamhi (2015/2016)

Según la tabla 4 del valor mensual en el año 2015 el distrito más contaminado de material particulado fue puente piedra con 111,9 ug/m<sup>3</sup> y el distrito con menor contaminación fue Jesús María con 33,8 ug/m<sup>3</sup>. Esto se debe a la dirección de la velocidad del aire que va de oeste a este y de sur a norte en Lima, entonces se observa que puente piedra es uno de los distritos más contaminados y está ubicado al norte de Lima. La investigación será aplicada a un modelo de vivienda general, que luego puede ser adecuada para cualquier otro modelo de acuerdo al diseño.

### **3.2 DETERMINAR LOS BENEFICIOS DE UN SISTEMA PURIFICADOR**

En el interior de una vivienda el aire podría estar entre dos y cinco veces mayor contaminado que en el exterior.

Las partículas del humo, los compuestos orgánicos, las bacterias, los virus y partículas contaminantes pueden agravar salud de las personas, contribuyendo a desarrollar enfermedades respiratorias y pulmonares (Ecodes, 2015).

Un equipo purificador de aire ayudara a eliminar agentes contaminantes como son el polvo, los residuos de la contaminación urbana, las partículas portadoras de los malos olores, los virus, las bacterias, los alérgenos y también las sustancias capaces de provocar reacciones alérgicas, las partículas que desprenden gatos, perros y otros animales, el equipo purificador ayudara a disminuir partículas contaminantes permitiendo respirar un mejor aire, más puro, limpio con mayores beneficios para la salud (Ecodes, 2015).

Un equipo purificador de aire es un equipo electrónico y eléctrico que realizara circular el aire hacia un filtro que va a atrapar partículas contaminadas a medida que esta pasa por el filtro (Ecodes, 2015).

Debemos asegurarnos de que el equipo purificador de aire sea el adecuado con respecto al espacio efectivo que se va a utilizar.

El fabricante del equipo purificador de aire deberá indicar para cada uno de los productos el tamaño máximo y mínimo de la habitación por m<sup>2</sup> en la que se puede instalar, de esta manera el equipo realizara una limpieza eficaz del aire y si se colocara en una habitación del tamaño superior al recomendado, la eficiencia del equipo purificador se vería disminuida (Ecodes, 2015).

El equipo purificador de aire no necesita una salida al exterior. Solo es necesario conectarlo a un enchufe con la red eléctrica para que tenga un funcionamiento óptimo, la inversión que requiere es la compra de los equipos purificadores de aire, para tener un sistema purificador de aire óptimo. Los equipos purificadores de aire resultan muy económicos con respecto al consumo de energía eléctrica y al cambio de filtro, ya que consumen muy poca energía y solamente requieren la sustitución del filtro.

Lo mejor es utilizar los equipos purificadores de aire en lugares donde trascurremos el mayor tiempo, como, por ejemplo, el dormitorio, la oficina, la cocina y la sala estar. Y ubicarlos en aquellos lugares y espacios en los que sabemos que hay agentes contaminantes. Como, por ejemplo, una persona que sufra de alergia al moho, debería colocarlo en el espacio más húmedo de la casa o donde vea manchas de moho (Ministerio del Ambiente, 2001).

### **3.3 EVALUAR LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS**

Se evaluara las alternativas técnicas para la implementación de un sistema purificador de aire. Los diferentes sistemas purificadores de aire tienen características distintas. Dependiendo del modelo, va a tener un filtro, eficiencia y un beneficio por m<sup>2</sup>

Para seleccionar el mejor equipo en purificación de aire vamos a utilizar el método (AHP) Proceso analítico jerárquico, que consta de resultados en un procedimiento matemático (Delgado & Romero, 2015).

El procedimiento de AHP se resume en (Saaty, 1980):

**Paso 1:** Define las alternativas en la evaluación:  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m$ .

**Paso 2:** Define los criterios en la evaluación:  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ .

**Paso 3:** Establece matriz de comparación y consistencia.

Se utilizara una matriz de comparación pareada, usando una escala propuesta por Saaty, los valores se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5: Escala de Saaty de la importancia relativa.**

| Escala                           | Calificación numérica | Recíproco |
|----------------------------------|-----------------------|-----------|
| Muy recomendado                  | 9                     | 1/9       |
| De muy fuerte a extremadamente   | 8                     | 1/8       |
| Muy fuertemente preferido        | 7                     | 1/7       |
| De fuertemente a muy fuertemente | 6                     | 1/6       |
| Fuertemente preferido            | 5                     | 1/5       |
| De moderadamente a fuertemente   | 4                     | 1/4       |
| Moderadamente preferido          | 3                     | 1/3       |
| De igualmente a moderadamente    | 2                     | 1/2       |
| Igualmente preferido             | 1                     | 1         |

**Fuente: Saaty.T (1980)**

La Tabla nos muestra la escala de preferencias, en la calificación numérica y en el recíproco.

Los resultados de la comparación entre los criterios:  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ , quedaran establecidos de acuerdo a la matriz que se muestra en la ecuación 1.

$$\begin{array}{c}
 C_1 \rightarrow \\
 C_2 \rightarrow \\
 \vdots \\
 C_n \rightarrow
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 C_1 \\
 \downarrow \\
 C_2 \\
 \downarrow \\
 \dots \\
 \downarrow \\
 C_n
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 1 & p_{12} & \dots & p_{1n} \\
 \frac{1}{p_{12}} & 1 & \dots & p_{2n} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 \frac{1}{p_{1n}} & \frac{1}{p_{2n}} & \dots & 1
 \end{pmatrix}
 = P_{n \times n} \quad (1)$$

Luego se normaliza la matriz P en cada columna dividiendo cada elemento entre la suma de la columna:  $S_{1 \times n} = (s_1 \ s_2 \ s_3 \ \dots \ s_n)$ . Se calcula el peso del criterio como la media aritmética, obteniendo lo que se muestra en la siguiente ecuación 2.

$$W_{n \times 1} = (w_1 \ w_2 \ w_2 \ \dots \ w_n)^t \quad (2)$$

La consistencia de la matriz se determina, calculando el índice de consistencia - *consistency index (CI)* de la matriz, usando la ecuación 3.

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

En donde  $n$  es el tamaño de la matriz y  $\lambda_{Max}$  es el máximo autovector, mediante la ecuación 4.

$$\lambda_{Max} = \sum_{i=1}^n s_i \cdot w_i \quad (4)$$

En el paso siguiente se procede a calcular el ratio de consistencia - *consistency ratio (CR)* utilizando la ecuación 5.

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (5)$$



**Tabla 6: Valores de IR.**

| <i>n</i>  | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|-----------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>IR</i> | 0 | 0 | 0,52 | 0,89 | 1,11 | 1,25 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49 |

La Tabla 6 muestra los valores del índice de consistencia aleatoria - *random consistency index* (IR).

La consistencia de la matriz es determinada comparando el ratio de consistencia (*CR*) con los valores establecidos por Saaty de acuerdo a la Tabla 7.

**Tabla 7: Valores máximos del ratio de consistencia.**

| <i>Tamaño de la matriz (n)</i> | <i>Ratio de consistencia</i> |
|--------------------------------|------------------------------|
| 3                              | 0.05                         |
| 4                              | 0.09                         |
| 5 o mayor                      | 0.10                         |

A continuación se muestra los valores máximos del ratio de consistencia

Será consistente la matriz cuando el valor de  $CR$  tenga un valor menor del que se indica en la tabla 6.

**Paso 4:** Establece un ranking de alternativas para una decisión final.

Establecer el ranking de las alternativas para la toma de decisión final.

Las alternativas:  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m$ , son evaluadas de acuerdo a cada uno de los criterios:  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ . El resultado es mostrado en la ecuación 6.

$$\begin{array}{l}
 A_1 \rightarrow \\
 A_2 \rightarrow \\
 \vdots \\
 A_m \rightarrow
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{cccc}
 A_1 & A_2 & \dots & A_m \\
 \downarrow & \downarrow & & \downarrow
 \end{array} \\
 \left( \begin{array}{cccc}
 1 & q_{12} & \dots & q_{1m} \\
 \frac{1}{q_{12}} & 1 & \dots & q_{2m} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 \frac{1}{q_{1m}} & \frac{1}{q_{2m}} & \dots & 1
 \end{array} \right) = Q_{m \times m}^n \quad (6)
 \end{array}$$

Se determina el peso de las alternativas con respecto a cada criterio obteniéndose la matriz mostrada en la Ecuación 7.

$$\begin{array}{l}
 C_1 \rightarrow \\
 C_2 \rightarrow \\
 \vdots \\
 C_n \rightarrow
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{cccc}
 A_1 & A_2 & \dots & A_m \\
 \downarrow & \downarrow & & \downarrow
 \end{array} \\
 \left( \begin{array}{cccc}
 r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\
 r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm}
 \end{array} \right) = T_{n \times m} \quad (7)
 \end{array}$$

Las alternativas se establecerán de acuerdo a los resultados de la multiplicación de las matrices  $W^t$  y T según la ecuación 8.

$$R_{1 \times m} = (W_{n \times 1})^t \cdot T_{n \times m} \quad (8)$$

A continuación, aplicamos AHP en la selección del mejor equipo purificador de aire.

**Paso 1: Establecemos los 3 equipos purificadores de aire A1, A2, A3.**

Se definen las tres alternativas:

**Tabla 8: A1- Purificador de aire de torre con filtro tipo Hepa**

| <b>Modelo</b>              | <b>Filtro</b>  | <b>Eficiencia</b>  | <b>Beneficio</b>   | <b>Potencia-Trabajo por m<sup>2</sup></b>  |
|----------------------------|--|--|--|--|
| <b>Modelo:<br/>BAP1700</b> | Es un Filtro de muy alta eficiencia tipo HEPA<br><br>Tiene un filtro permanente que puede limpiarse y también reutilizarse | Va eliminar hasta el 99% de las partículas de polvo y polen presentes en el aire, de un tamaño de hasta 2 micrones, que estén presentes en el aire que pase por el filtro. | Disminuirá el humo, las esporas de moho y las descamaciones de los animales.<br><br>Ionizador que liberara iones de carga negativa en el aire filtrado | 70 watts - Es Recomendado para habitaciones de hasta 70m <sup>2</sup> a 80m <sup>2</sup> |

En la Tabla se muestra las características principales del equipo purificador Bap1700.



**Figura 4: Modelo: Bap1700**

**Fuente: Bionaire, P. (2017)**

Se puede observar al equipo purificador de aire, tiene los botones de control en la parte superior.

**Tabla 9: A2 - Purificador de aire con filtro tipo Hepa permanente**

| <b>Modelo</b>  | <b>Filtro</b>  | <b>Eficiencia</b>                              | <b>Beneficio</b>   | <b>Potencia - Trabajo por m<sup>2</sup></b>   |
|----------------|--|--|--|---|
| Modelo: BAP600 | El filtro tipo HEPA<br><br>Tiene un Indicador de cambio del filtro<br><br>Tiene un ionizador independiente que libera iones maximizando la capacitación de partículas más pequeñas | Va eliminar hasta 99% de agentes contaminantes | Eliminará agentes contaminantes como el polen, caspa de las macotas, polvo y esporas del moho. | 70 watts - Es Ideal para salas familiares y dormitorios medianos de 40m <sup>2</sup> a 50m <sup>2</sup> |

La Tabla nos muestra las características del equipo purificador, se observa que el alcance por metro cuadrado es menor respecto al equipo anterior.



**Figura 5: Modelo Bap600**

**Fuente: Bionaire, P. (2017)**

La Figura nos muestra al equipo purificador con los botones de control en la parte lateral.

**Tabla 10: A3 - Purificador de aire con filtro tipo Hepa**

| <b>Modelo</b>     | <b>Filtro</b>  | <b>Eficiencia</b>   | <b>Beneficio</b>  | <b>Potencia - Trabajo por m<sup>2</sup></b>  |
|-------------------|--|---|---|--|
| Modelo:<br>BAP706 | Filtro tipo HEPA<br><br>Tiene un Pre filtro lavable que atrapa las partículas más grandes y aumenta el ciclo de vida del filtro<br><br>Tiene un ionizador controlado independientemente que eliminara las partículas no deseadas | Eliminará hasta el 99% de los contaminantes del aire, con un tamaño de 2,0 micrones | Eliminará como son el polvo, polen, humo del tabaco, moho, alérgenos y componentes. | 70 watts - Es recomendado para habitaciones entre medianas y pequeñas de 40m <sup>2</sup> a 50m <sup>2</sup> |

La Tabla nos muestra las características del equipo purificador, se observa que el trabajo por metro cuadrado es igual que el modelo Bap600.



**Figura 6: Modelo Bap706**

**Fuente: Bonaire, (2017)**

La Figura muestra al equipo purificador de aire, donde sus botones de control están ubicados en la parte superior.

### **Paso 2: Criterios de evaluación**

Los criterios a evaluar fueron definidos por un grupo de expertos, entre ellos se encuentran ingenieros eléctricos, electrónicos, ambientales y médicos.

**Tabla 11: Se definen los criterios de evaluación**

| Código | Criterio               |
|--------|------------------------|
| C1     | <b>Alcance</b>         |
| C2     | <b>Características</b> |
| C3     | <b>Modelo</b>          |

En la Tabla 11 se muestra los tres criterios a evaluar con el método AHP.

### **Paso 3: Se establece la matriz de comparación y su consistencia**

Realizamos la consulta a 5 expertos formados por profesionales de la carrera de ingeniería electrónica e ingeniería eléctrica, para determinar el peso de cada criterio, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 12

**Tabla 12: Peso de cada criterio**

|           | <b>C1</b> | <b>C2</b> | <b>C3</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>C1</b> | 1         | 7         | 5.00      |
| <b>C2</b> | 0.14      | 1         | 0.50      |
| <b>C3</b> | 0.20      | 2.00      | 1         |
| <b>S</b>  | 1.34      | 10.00     | 6.50      |

La Tabla 12 nos muestra el promedio de cada criterio y la suma total en cada columna.

A continuación se presenta la consistencia de los criterios.

**Tabla 13: Consistencia de la matriz**

| <b>M.C.N</b> | <b>M.C.N</b> | <b>M.C.N</b> | <b>P.C</b> | $\lambda_{Max}$ |
|--------------|--------------|--------------|------------|-----------------|
| 0.74         | 0.70         | 0.77         | 0.738      | 0.991           |
| 0.11         | 0.10         | 0.08         | 0.094      | 0.944           |
| 0.15         | 0.20         | 0.15         | 0.168      | 1.089           |
|              |              |              | 1.000      | 3.025           |

| <b>CI</b> | <b>CR=CI/IR</b> |
|-----------|-----------------|
| 0.012     | 0.024           |

Donde:

**M.C.N:** Matriz de comparación normalizada.

**P.C:** Peso del criterio.

$\lambda_{Max}$ :  $\lambda_{Maximo}$

**C.I:** Índice de consistencia.

**C.R:** Ratio de consistencia.

**I.R:** Índice de consistencia aleatoria.

La Tabla 13 nos muestra los valores de la matriz de comparación normalizada, el peso de cada criterio, el  $\lambda_{Max}$ , el CI y finalmente la consistencia de matriz.

En la Tabla 7 se puede observar que para  $n=3$ , el ratio de consistencia máximo es de 0.05 y como el valor obtenido es  $0.024 < 0.05$  por lo que la matriz de criterios es consistente.

**Ahora evaluamos las alternativas de acuerdo a cada criterio:**

Se realizó la evaluación por separada para cada criterio. Los resultados de las matrices de comparación se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14: Matriz de comparación de las alternativas**

| C1 | A1   | A2   | A3   |
|----|------|------|------|
| A1 | 1    | 6    | 4.00 |
| A2 | 0.17 | 1    | 0.50 |
| A3 | 0.25 | 2.00 | 1    |
| S  | 1.42 | 9.00 | 5.50 |

La Tabla 14 nos muestra la evaluación de cada alternativa, con respecto al Criterio 1.

**Tabla 15: Consistencia de la matriz del criterio C1**

| M.C.N | M.C.N | M.C.N | P.C   | Máximo |
|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0.71  | 0.67  | 0.73  | 0.700 | 0.992  |
| 0.12  | 0.11  | 0.09  | 0.107 | 0.959  |
| 0.18  | 0.22  | 0.18  | 0.194 | 1.064  |
|       |       |       | 1.000 | 3.015  |

| CI    | CR=CI/ IR |
|-------|-----------|
| 0.007 | 0.014     |

La Tabla 15 nos muestra los valores de la matriz de comparación normalizada, el peso de cada criterio, el  $\lambda_{Max}$ , el CI y finalmente la consistencia de matriz.

En la Tabla 7 se puede observar que para  $n=3$ , el ratio de consistencia máximo es de 0.05 y como el valor obtenido es  $0.014 < 0.05$  por lo que la matriz es consistente.



**Tabla 16: Matriz de comparación de las alternativas**

| <b>C2</b> | <b>A1</b> | <b>A2</b> | <b>A3</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>A1</b> | 1         | 7.00      | 3.00      |
| <b>A2</b> | 0.14      | 1         | 0.33      |
| <b>A3</b> | 0.33      | 3.00      | 1         |
| <b>S</b>  | 1.48      | 11.00     | 4.33      |

La Tabla nos muestra la evaluación de cada alternativa, con respecto al criterio 2.

**Tabla 17: Consistencia de la matriz del criterio C2**

| <b>M.C.N</b> | <b>M.C.N</b> | <b>M.C.N</b> | <b>P.C</b> | <b>Máximo</b> |
|--------------|--------------|--------------|------------|---------------|
| 0.68         | 0.64         | 0.69         | 0.669      | 0.987         |
| 0.10         | 0.09         | 0.08         | 0.088      | 0.970         |
| 0.23         | 0.27         | 0.23         | 0.243      | 1.053         |
|              |              |              | 1.000      | 3.011         |

| <b>CI</b> | <b>CR=CI/IR</b> |
|-----------|-----------------|
| 0.005     | 0.010           |

La Tabla 17 nos muestra los valores de la matriz de comparación normalizada, el peso de cada criterio, el  $\lambda_{Max}$ , el CI y finalmente la consistencia de matriz.

En la Tabla 7 se puede observar que para  $n=3$ , el ratio de consistencia máximo es de 0.05 y como el valor obtenido es  $0.010 < 0.05$  por lo que la matriz es consistente.

**Tabla 18: Matriz de comparación de las alternativas**

| C3 | A1   | A2   | A3   |
|----|------|------|------|
| A1 | 1    | 3.00 | 5.00 |
| A2 | 0.33 | 1    | 2.00 |
| A3 | 0.20 | 0.50 | 1    |
| S  | 1.53 | 4.50 | 8.00 |

La Tabla nos muestra la evaluación de cada alternativa, con respecto al criterio 3

**Tabla 19: Consistencia de la matriz del criterio C3**

| M.C.N | M.C.N | M.C.N | P.C   | Máximo |
|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0.65  | 0.67  | 0.63  | 0.648 | 0.994  |
| 0.22  | 0.22  | 0.25  | 0.230 | 1.034  |
| 0.13  | 0.11  | 0.13  | 0.122 | 0.977  |
|       |       |       | 1.000 | 3.005  |

| CI    | CR=CI/IR |
|-------|----------|
| 0.003 | 0.005    |

La Tabla 19 nos muestra los valores de la matriz de comparación normalizada, el peso de cada criterio, el  $\lambda_{Max}$ , el CI y finalmente la consistencia de matriz.

En la Tabla 7 se puede observar que para  $n=3$ , el ratio de consistencia máximo es de 0.05 y como el valor obtenido es  $0.005 < 0.05$  por lo que la matriz es consistente.

#### **Paso 4: Se establece el ranking de las alternativas**

**Tabla 20: El mejor equipo purificador de aire**

| Código | Peso  | Jerarquía |
|--------|-------|-----------|
| A1     | 0.688 | 1         |
| A2     | 0.125 | 3         |
| A3     | 0.186 | 2         |

La Tabla 20 muestra el resultado del mejor equipo purificador de aire (**A1 BAP1700**), ya que cuenta con un peso de 0.688 ubicado en la primera jerarquía, esto resultado nos indica que este equipo es el apropiado para utilizar en las viviendas urbanas.

### 3.3.1 Detalles técnicos del mejor equipo purificador de aire, Bap1700

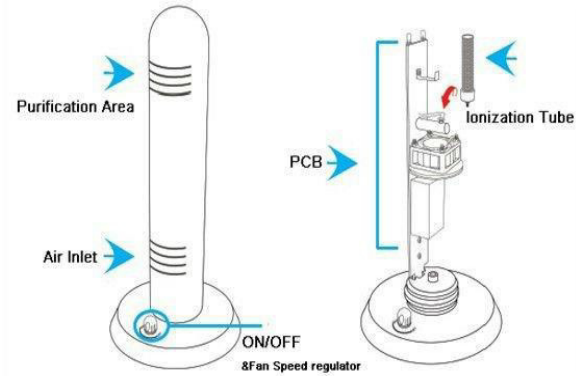


Figura 7: Ionizador del purificador Bap1700

Fuente: Diagrama del purificador

En la Figura 7 se muestra el mejor equipo purificador **BAP1700** de aire, se puede observar el sistema ionizador, se observa que el sistema encargado de ionizar, está ubicado en la parte superior del equipo.

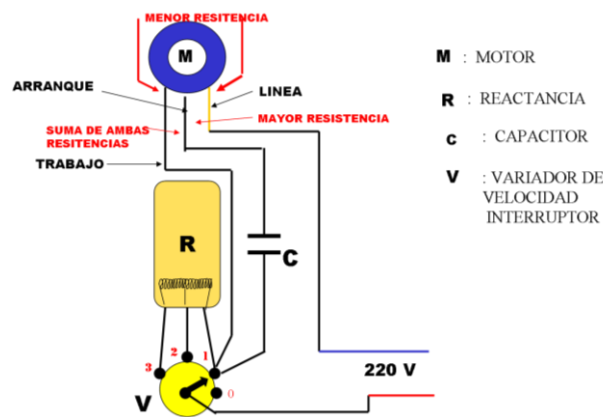


Figura 8: Variador de velocidad del ventilador del aire

Fuente: Diagrama de un ventilador

En la Figura 8 se muestra el diagrama del mejor equipo purificador de aire, se puede observar el variador de velocidad del ventilador.

### 3.4 DISTRIBUIR UN SISTEMA PURIFICADOR

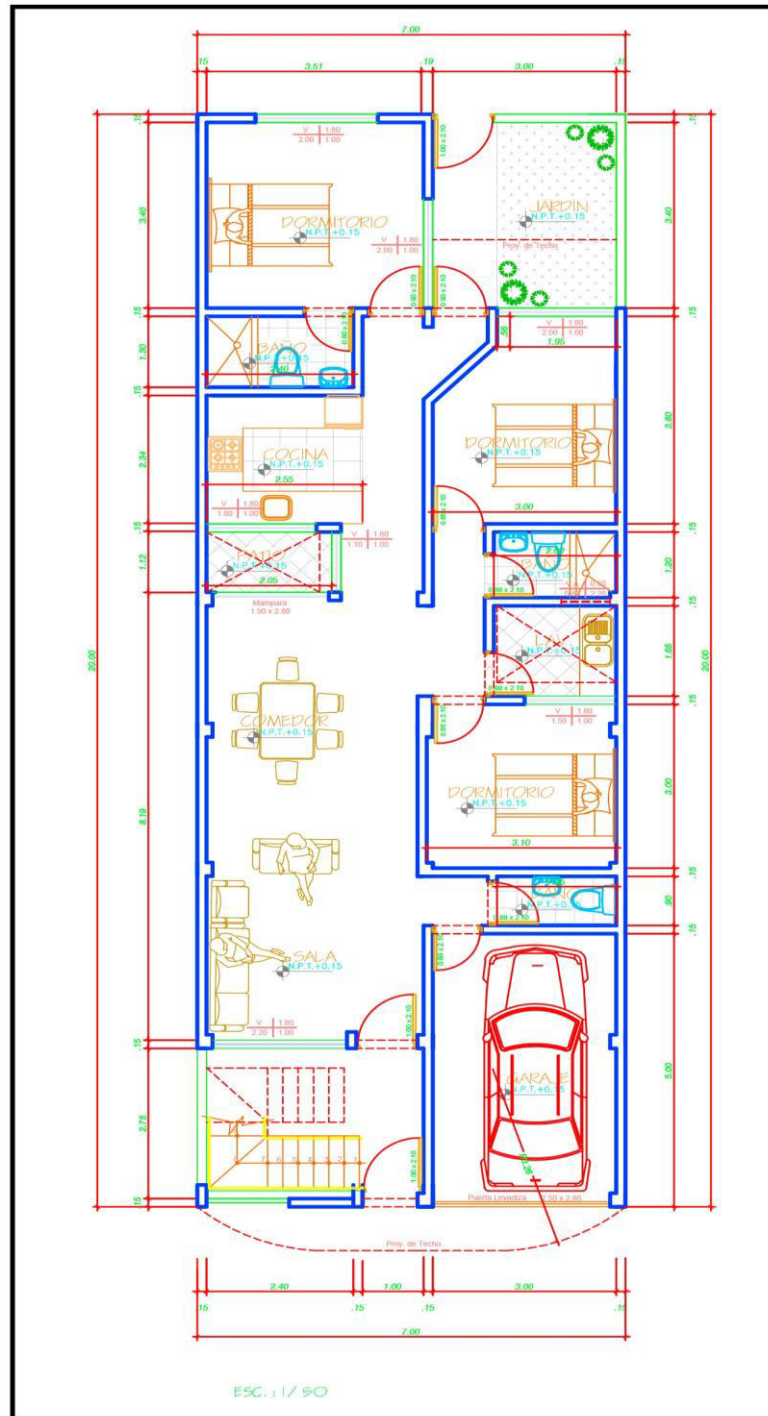
Tomando las medidas reales de una vivienda familiar y teniendo en cuenta que el mayor tiempo transcurrido es en la sala y en el dormitorio procederemos a ubicar los purificadores de aire siguiendo los siguientes pasos:

- Paso 1: Definimos el espacios por  $m^2$ 
  - Para el primer dormitorio de medidas  $3.00 m^2$  y  $3.10 m^2$  obtenemos el área de  $9.3 m^2$
  - Para el segundo dormitorio obtenemos el área de  $10.31 m^2$
  - Para el tercer dormitorio de medidas  $3.51 m^2$  y  $3.40 m^2$  m obtenemos el área de  $11.93 m^2$
  - Para la sala-comedor se tiene las medidas de  $3.51 m^2$  y  $8.19 m^2$  obtenemos el área de  $28 m^2$
- Paso 2: Definimos la potencia necesaria.

La tensión requerida del purificador de aire es de 220v con una potencia de 70 watts.
- Paso 3: Definimos las características del ambiente.
  - En la vivienda familiar existe 2 perros.
  - Las 3 habitaciones presentas moho en las ropas.
  - En la sala – comedor se presenta mucho polvo.
  - Se presenta descamaciones y pelos de los perros en la sala.
  - En la sala fuman las visitas.
- Paso 4: Instalación de los equipos purificadores de aire

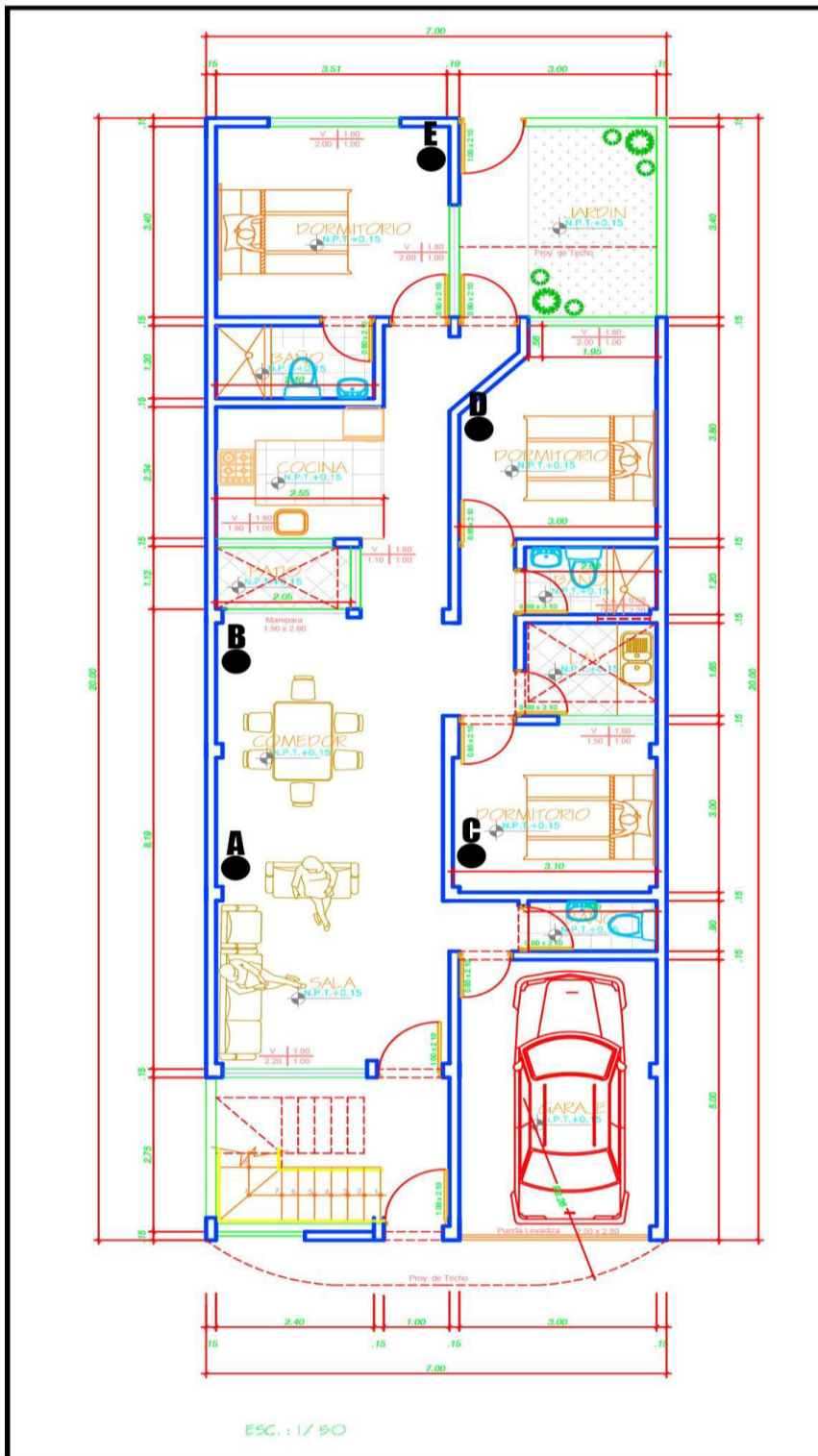
Se procede a instalar el purificador de aire Bap1700 en las 3 habitaciones y en la sala - comedor. Cada habitación contara con un

purificador de aire. La sala-comedor contara con 2 purificadores de aire habiendo tenido en cuenta el espacio, potencia y la característica de la vivienda ya que existen mamparas.



**Figura 9: Plano de vivienda familiar**

El plano nos muestra las medidas de un primer piso de una vivienda familiar, la vivienda cuenta con tres habitaciones y una sala - comedor.



**Figura 10: Plano de vivienda familiar con la ubicación de los purificadores**

El plano nos muestra la ubicación de los cinco equipos purificadores de aire, en cada habitación está instalado un equipo purificador de aire, y en la sala comedor hay dos equipos purificadores de aire.

### **3.4.1 Indicaciones de la instalación de los equipos purificadores de aire**

Se procede a realizar la instalación de los equipos purificadores de aire en la vivienda familiar, como se muestra en la figura número 9. Teniendo en cuenta los pasos ya realizados.

**A. Sala:** Se instala el primer purificador de aire Bap1700

**B. Comedor:** se instala el segundo purificador de aire Bap1700

**Observación:** La sala - comedor presenta un espacio compartido con un área de 28 m<sup>2</sup>, donde se instala en total 2 purificadores de aire como se muestra en la imagen de la figura 10, ya que presenta un espacio con 2 mamparas y pasajes a otras áreas donde el aire tiene mucha salida, por ello necesitaría 2 equipos purificadores de aire que realicen una óptima ventilación y circulación del aire, hacia el filtro de nuestro equipo que va a atrapar las partículas contaminadas a medida que el aire contaminado pase por el filtro.

**C. Primer dormitorio:** El primer dormitorio contara con un purificador de aire Bap1700 ya que cuenta con un área de 9.3 m<sup>2</sup>, recomendado para esta área, ya que me ayudara a eliminar el 99% de las partículas contaminantes.

**D. Segundo dormitorio:** El segundo dormitorio contara con un purificador de aire Bap1700 ya que cuenta con un área de 10.31m<sup>2</sup>, recomendado para áreas de esta medida, ayudando a eliminar partículas muy diminutas que estén presentes en el aire.

**E. Tercer dormitorio:** El tercer dormitorio contara con un purificador de aire Bap1700 ya que cuenta con un área de 11.93 m<sup>2</sup>, recomendado para esta área ya que eliminara las partículas muy diminutas presentes en el dormitorio.



### 3.4.2 Instrucciones de seguridad y mantenimiento

Para el adecuado mantenimiento y seguridad en la instalación, la empresa Bionaire nos proporciona un manual, por ello es necesario seguir los siguientes pasos (Bionaire, 2017):

- Para poder prevenir incendios o descarga eléctrica se debe enchufar en un tomacorriente adecuado.
- Retirar la bolsa que recubre el filtro.
- El cable debe de estar lejos de áreas por donde se camina.
- Se evitara incendios manteniendo la distancia de las alfombras.
- No sumergir en ningún líquido.
- Debe a ver supervisión cuando es usado por discapacitados o niños.
- Para la limpieza del equipo purificador se debe desconectar el equipo.
- Si el enchufe está dañado o el motor no enciende, no hacer funcionar.
- El equipo purificador se debe utilizar solo para viviendas.
- El equipo purificador de aire no se debe utilizar en los exteriores.
- No se debe colocar nada sobre el equipo.
- No utilizar para la limpieza disolventes de pintura y solventes domésticos.
- Se debe apagar el equipo antes de desenchufar de la red eléctrica.
- El ionizador de este equipo eléctrico produce menos ozono que los límites de 50ppb establecidos por UL.

- El equipo eléctrico debe utilizarse s en una habitación con temperaturas comprendidas entre 44°C/40°F y 44°C/110°F.

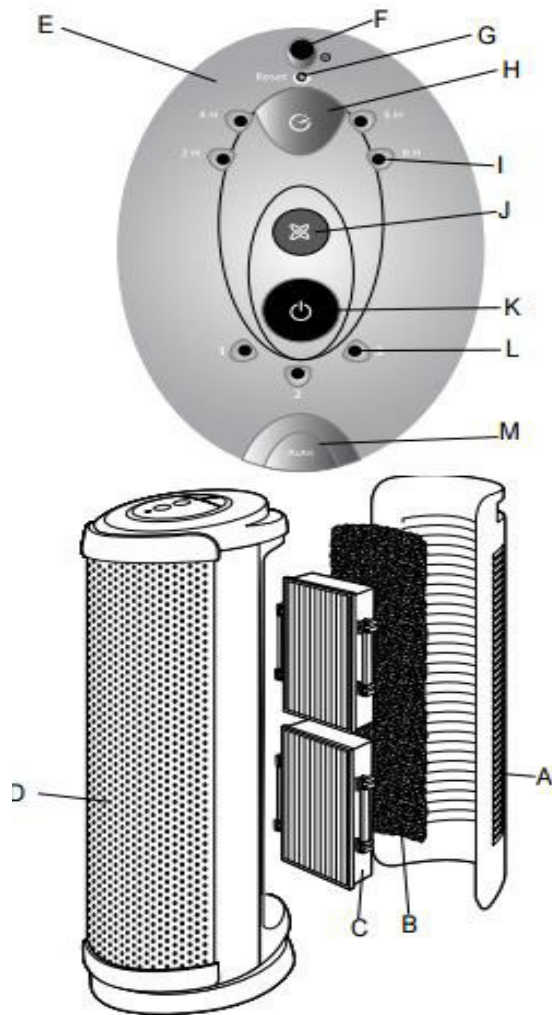
### **3.4.3 Precaución en el equipo purificador Bap1700**

Es importante saber que el ionizador de este equipo eléctrico produce menos ozono que los límites de 50ppb establecidos por UL\*. Pero el ozono en altas concentraciones ocasiona daño a los pájaros y mascotas pequeñas (Bionaire, 2017).

### **3.4.4 Diagrama del purificador de aire Bap1700**

A continuación se muestra en la figura numero 11 el equipo purificador de aire Bap1700, nos indica detalladamente cada una de sus etapas (Bionaire, 2017).

- A.** Rejilla de entrada
- B.** Pre filtro de espuma lavable (1)
- C.** Filtro permanente (2)
- D.** Salida de aire filtrado
- E.** Panel de control
- F.** Led indicador de verificación delos filtros
- G.** Botón de reinicio para el filtro
- H.** Botón del temporizador
- I.** Led del temporizador (4)
- J.** Botón del ionizador
- K.** Botón de encendido/apagado
- L.** Led de encendido/modo (3)
- M.** Botón de automático



**Figura 11: Purificador de aire Bap1700**

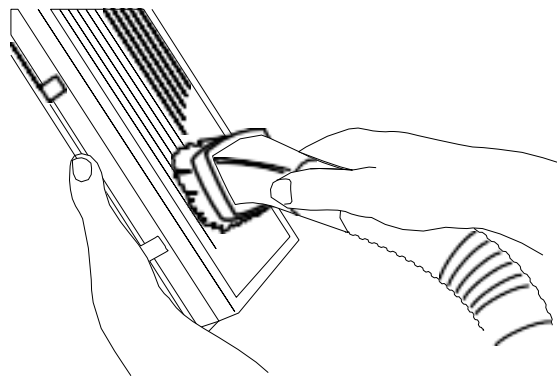
**Fuente: (Bionaire, 2017).**

En la Figura 11 se observa al equipo purificador de aire con todos sus detalles técnicos.

### **3.4.5 Limpieza y mantenimiento del equipo purificador de aire Bap1700**

En la Figura 11 se muestra el mantenimiento del filtro. Para un adecuado mantenimiento en el equipo purificador de aire es muy importante seguir los siguientes pasos (Bionaire, 2017):

- Apagar y desenchufar el purificador de aire.
- Sacar la rejilla de entrada de aire jalando la pestaña.
- Sacar y examinar el pre filtro de espuma.
- Si se recogido polvo o pelusa, lavarlo en agua tibia jabonosa y enjuagar hasta que este seco, antes de volver a instalarlo
- Revisar el estado del filtro permanente y sacarlo si está sucio.
- Limpiar los filtros permanentes.
- Utilizando una aspiradora, pasar el aditamento del cepillo por ambos lados del filtro y limpiar entre las capas.



**Figura 12: Limpieza del filtro**

**Fuente: Bonaire, (2017)**

En la Figura 12 se observa cómo realizar una adecuada limpieza en el filtro, utilizando una aspiradora.

**Tabla 21: Tabla de problemas y soluciones**

| <b>PROBLEMA</b>                                      | <b>SOLUCIÓN</b>  |
|--|--|
| La equipo no funciona                                | Asegurarse de que el equipo esté encendida.<br><br>Asegurarse que nada interrumpa la entrada del aire filtrado.  |
| Poco flujo de aire                                   | Retirar todas las bolsas plásticas de los filtros del equipo.<br><br>Revisar el estado de los filtros y límpielos según vea necesario.<br><br>Asegurarse de que la rejilla de la entrada del aire se encuentre a una distancia de 30 cm a 1 metro de la pared. |
| EL filtro parece estar sucio, después de la limpieza | Es normal y no afecta el funcionamiento en ningún modo. No será necesario un filtro nuevo.   |
| Ruido muy excesivo                                   | Sacar el filtro de la bolsa<br><br>Asegurarse de que las piezas estén bien colocadas firmemente en su respectivo lugar.  |

**Fuente: Bionaire, (2017)**

La Tabla 21 nos indica los posibles problemas con sus respectivas soluciones en el equipo purificador de aire Bap1700.

## **CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIO**

## 4.1 ANÁLISIS DE COSTOS

### 4.1.1 Presupuesto

A continuación presentamos la tabla de los recursos humanos, utilizados para realizar la investigación

**Tabla 22: Recursos humanos**

| Ítem         | Cantidad | Descripción                      | Tiempo/Meses | Costo x Mes S/.  | Costo Total S/. |
|--------------|----------|----------------------------------|--------------|------------------|-----------------|
| 1            | 1        | Jefe de proyecto                 | 12           | S/. 100          | S/. 1,200       |
| 2            | 1        | Técnico en equipos purificadores | 12           | S/. 50           | S/. 600         |
| 3            | 1        | Ingeniero civil                  | 12           | S/. 0            | S/. 0           |
| <b>TOTAL</b> |          |                                  |              | <b>S/. 1,800</b> |                 |

En la Tabla podemos observar el presupuesto, en base a los recursos humanos, tal presupuesto está definido para 12 meses del año.

**Tabla 23: Costo de hardware**

A continuación presentamos la tabla con los costos del hardware

| Ítem         | Cantidad | Descripción         | Costo unitario S/. | Costo Total S/.  |
|--------------|----------|---------------------|--------------------|------------------|
| 1            | 1        | PC Corei5           | S/. 1.200          | S/. 1.200        |
| 2            | 1        | Laptop              | S/. 800            | S/. 800          |
| 3            | 1        | Mouse Óptico Genius | S/. 20             | S/. 20           |
| 4            | 1        | Impresora HP        | S/. 200            | S/. 200          |
| <b>TOTAL</b> |          |                     |                    | <b>S/. 2.220</b> |

En la Tabla podemos observar el presupuesto en base al hardware, donde se indica una descripción y un costo unitario.

**Tabla 24: Costo de software**

A continuación presentamos la Tabla con la descripción del costo del software.

| Ítem         | Cantidad | Descripción   | Costo x Mes S/. | Costo Total S/. |
|--------------|----------|---------------|-----------------|-----------------|
| 1            | 1        | Expert choice | S/. 0,00        | S/. 0,00        |
| <b>TOTAL</b> |          |               |                 | <b>S/. 0,00</b> |

En nuestro caso el programa expert choice nos costó cero soles, ya que un amigo que trabaja en una empresa pudo corroborar los datos.

#### **4.1.2 Desarrollo del sistema**

A continuación presentamos la Tabla con los detalles del costo para el desarrollo del sistema.

**Tabla 25: Costo de desarrollo del sistema**

| Ítem         | Descripción       | Costo Total S/.  |
|--------------|-------------------|------------------|
| 1            | Total de Personal | S/. 1,800        |
| 2            | Total de hardware | S/. 2,220        |
| 3            | Total de Software | S/. 0            |
| 4            | Otros Costos      | S/. 290          |
| <b>TOTAL</b> |                   | <b>S/. 4,310</b> |

En la Tabla podemos observar que el costo total de nuestro sistema es de 4,310 soles.



## 4.2 ANÁLISIS DE BENEFICIOS

### 4.2.1 Beneficios tangibles

A continuación presentamos la Tabla con los beneficios que se obtienen en el desarrollo del sistema.

**Tabla 26: Beneficios del sistema**

| Beneficios y mejoras | Mes                 | Año          |
|----------------------|---------------------|--------------|
| a. Asesorías         | S/.300.00           | S/.3.600.00  |
| b. Instalaciones     | S/.1.000.00         | S/.12.000.00 |
| <b>Total</b>         | <b>S/.15.600.00</b> |              |

### 4.2.2 Beneficios intangibles

- Se respirara un mejor aire en la vivienda
- El tiempo de permanencia en casa será más prolongado
- Se tendrá una mejor calidad de vida

## 4.3 CONSOLIDADO DE COSTO / BENEFICIO

Es muy importante el consolidado del costo-beneficio ya que nos ayuda en la relación entre los costos y los beneficios que son asociados al proyecto, con el fin de poder evaluar la rentabilidad, se entiende por proyecto no solamente a la creación de algo nuevo, sino también a la inversión, que se puede realizar en un negocio que se pone en marcha, como el desarrollo de un nuevo producto o también la adquisición de maquinaria.

La relación que existe en costo-beneficio (B/C), también conocida como el índice neto de la rentabilidad, viene a ser un cociente que se obtendrá en la división del valor actual del ingreso total neto o llamado beneficio neto (VAI) entre el valor actual del costo de la inversión o el costo total (VAC) del proyecto que se está realizando.

$$B/C = VAI/VAC$$

El análisis del costo-beneficio, se dice que un proyecto va a ser rentable cuando en la relación del costo-beneficio es mayor que la unidad.

- $B/C > 1 \rightarrow$  proyecto rentable
- $B/C \leq 1 \rightarrow$  proyecto no rentable

Luego del análisis realizado al proyecto en relación a la base de gastos y desarrollo del mismo, del flujo de caja y los beneficios ya obtenidos, se podrá determinar que el análisis del costo y beneficio va a ser el que se muestra en la Tabla.

**Tabla 27: Costo y beneficio**

|            |                  |
|------------|------------------|
| <b>B/C</b> | <b>3.61</b>      |
| <b>VAI</b> | <b>15,600.00</b> |
| <b>VAC</b> | <b>4,310.00</b>  |

En la Tabla 27 se observa que el costo respecto al beneficio es de 3.61

Soles.

#### 4.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Tabla 28: Flujo de caja

| MESES                               | 0            | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           | 11           | 12           |
|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>INGRESOS:</b>                    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Cuentas por cobrar                  |              | 300          | 300          | 300          | 300          | 300          | 300          | 300          | 300          | 300          | 300          | 300          | 300          |
| Beneficios(ingreso mensual)         |              | 1000         | 1000         | 1000         | 1000         | 1000         | 1000         | 1000         | 1000         | 1000         | 1000         | 1000         | 1000         |
| <b>TOTAL DE INGRESOS</b>            |              | 1300         | 1300         | 1300         | 1300         | 1300         | 1300         | 1300         | 1300         | 1300         | 1300         | 1300         | 1300         |
| <b>EGRESOS:</b>                     |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Costo de desarrollo                 | 4,310        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Gastos en consultoría               |              | 50           | 50           | 50           | 50           | 50           | 50           | 50           | 50           | 50           | 50           | 50           | 50           |
| Gasto consultoría a un ingeniero    |              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |
| <b>TOTAL DE EGRESOS:</b>            | <b>4,310</b> | <b>50</b>    | <b>50</b>    | <b>50</b>    | <b>50</b>    | <b>50</b>    | <b>50</b>    | <b>50</b>    | <b>50</b>    | <b>50</b>    | <b>50</b>    | <b>50</b>    | <b>50</b>    |
| <b>Flujo de Caja (Ingreso Neto)</b> | <b>-</b>     | <b>4,310</b> | <b>1,250</b> | <b>1,250</b> | <b>1,250</b> | <b>1,250</b> | <b>1,250</b> | <b>1,250</b> | <b>1,250</b> | <b>1,250</b> | <b>1,250</b> | <b>1,250</b> | <b>1,250</b> |
| <b>Costo beneficio</b>              | <b>4310</b>  | <b>-3060</b> | <b>-1810</b> | <b>560</b>   | <b>690</b>   | <b>1940</b>  | <b>3190</b>  | <b>4440</b>  | <b>5690</b>  | <b>6940</b>  | <b>8190</b>  | <b>9440</b>  | <b>10690</b> |

#### 4.4.1 Análisis del VAN

El análisis del VAN es un método que nos ayuda a medir el valor presente Neto del proyecto a través de la actualización de sus beneficios o flujos netos y costos, el factor de la actualización está determinado por el costo del capital de la empresa.

- A.** VANE: Se calcula esta tasa a partir del flujo de caja económico.

$$VANE = IT - \sum FNA$$

Dónde:

IT: Es la Inversión total

FNA: Son los flujos netos actualizados.

- B.** VANF: Consiste en evaluar la rentabilidad del proyecto incluyendo el financiamiento externo.

$$VANF = IP - \sum FNA$$

Dónde:

IP: Es la Inversión propia

FNA: Son los flujos netos actualizados

A continuación presentamos la Tabla del VAN en un tiempo de doce meses.

**Tabla 29: Cuadro de VAN**

| <b>PROMEDIO DE INVERSION (12 MESES)</b> |                 |
|---|-----------------|
| <b>Tasa de descuento</b>                | <b>10%</b>      |
| <b>VAN S/.</b>                          | <b>4,207.11</b> |

La Tabla 29 muestra el cuadro del VAN y la tasa de descuento en un tiempo de doce meses.

#### 4.4.2 Análisis del TIR

En la siguiente Tabla podemos observar el VAN y el TIR, en un promedio de inversión de 12 meses.

**Tabla 30: Cuadro de TIR**

| <b>PROMEDIO DE INVERSION (12 MESES)</b> |                 |
|---|-----------------|
| <b>Tasa de descuento</b>                | <b>10%</b>      |
| <b>VAN S/.</b>                          | <b>4,207.11</b> |
| <b>TIR</b>                              | <b>27%</b>      |

La Tabla 30 nos informa los resultados del TIR y la tasa de descuento en un tiempo de doce meses.

#### 4.4.3 Análisis del ROI

El ROI nos ayudara a medir el rendimiento de la inversión

$$\mathbf{ROI} = (\text{beneficio obtenido} - \text{inversión})/\text{inversión}$$

A continuación presentamos la Tabla del ROI en un periodo total de doce meses.

**Tabla 31: Cuadro de ROI**

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>Total de Inversión en 12 meses</b>  | <b>4,910.00</b>  |
| <b>Total de Beneficios en 12 meses</b> | <b>15,600.00</b> |
| <b>ROI</b>                             | <b>218%</b>      |

La Tabla 31 nos informa el ROI, la inversión y beneficios en un tiempo de doce meses.

## Conclusiones

Las conclusiones de acuerdo a los objetivos específicos se presentan a continuación:

La vivienda urbana se encuentra ubicada en Puente Piedra donde el grado de contaminación en el distrito fue de 26,9 ug/m<sup>3</sup> de material particulado PM2.5, en el mes de febrero del 2015, para luego tener un incremento de 28,3 ug/m<sup>3</sup> de material particulado PM2.5, donde se puede verificar una variación de 1,4 ug/m<sup>3</sup>.

Los beneficios de un sistema purificador de aire según la Organización Mundial de la Salud, es prevenir alergias que provocan respirar aire contaminado, utilizar equipos purificadores de aire previenen el lagrimeo en los ojos producto de los agentes contaminantes.

La alternativa técnica para la selección del mejor equipo purificador de aire fue el método AHP (Proceso Analítico Jerárquico) ,donde los equipos evaluados han sido 3, purificador de aire A1, purificador de aire A2 y purificador de aire A3, donde se encontró que el mejor equipo purificador de aire es el equipo A1 (BAP1700).

El equipo purificador de aire A1 (BAP1700) se procede a instalar en la vivienda, teniendo en cuenta los siguientes criterios, el espacio por metro cuadrado y observando las características del ambiente. La vivienda cuenta con 3 habitaciones, en cada habitación se instala un equipo purificador de aire, en la sala comedor se instala 2 equipos purificadores de aire, ya que cuenta con mamparas y pasajes a otras áreas donde el aire tiene mucha salida.

## **Recomendaciones**

Para la selección del mejor equipo purificador de aire, se tuvo que realizar muchas visitas a tiendas, donde se vendan estos equipos, ya que los precios en cada mes eran oscilantes en el mercado. También se tuvo que realizar la toma de medidas de la vivienda en varias ocasiones, para corroborar las medidas con exactitud, verificando que no se hayan realizado cambios en la construcción de la vivienda.

El diseño del sistema purificador tiene que cumplir con los requisitos de los equipos purificadores, ya que si no lo tiene, el funcionamiento del equipo no sería en su máxima eficiencia. Ello llevaría a un deterioro del equipo en un corto tiempo.

El mantenimiento del equipo purificador se puede realizar cada 3 a 6 meses dependiendo de cuanto se observe contaminado el prefiltro.

El método AHP es muy recomendable, ya que se puede seguir aplicando a futuros equipos purificadores de aire que salgan al mercado, pudiendo definir nuevos criterios para su evaluación y nuevos expertos para la consulta.



## Referencias

- Andrade, W. (2007). *Modelos evaluativos de optimización y de simulación de contaminantes del aire*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2678>
- Aznar, J & Guijarro, F. (2012). *Nuevos métodos de valoración: modelos multicriterio*. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/19181>
- Barba-Romero, S & Pomerol, J. (1997). *Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos y utilización práctica*. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá
- Barria, E.A. (2005). *El aire comprimido y su utilización a bordo*. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcib275a/doc/bmfcib275a.pdf>
- Bionaire. (2017). *Purificador de aire: manual de instrucciones*. México: Sunbeam Products. Recuperado de [http://www.bionaire.com.es/Manuals/MANUALS/BAP1700-ES\\_43\\_18642389.PDF](http://www.bionaire.com.es/Manuals/MANUALS/BAP1700-ES_43_18642389.PDF)
- Cassani, M. (2011). *Instalaciones de aire comprimido: consideraciones de diseño*. Recuperado de <https://marcelocassani.wordpress.com/2011/02/02/disenoinstalacionesdeaire/>
- Delgado, A. & Romero, I (2015). *Selección de un método para la evaluación del impacto social usando AHP*. Recuperado de <http://repositorio.uclm.es/handle/uclm/80>
- Díaz, A. A. (2010). *Evaluación del sistema de suministro de aire comprimido en el área de pintura de la planta Toyota de Venezuela C.A (Tesis de grado)*. Recuperado de <http://ri.bib.udo.edu.ve/handle/123456789/2942>

- Greenfacts, S. (2017). *Published under the authority of the Green Facts Scientific Board*. Recuperado de <http://copublications.greenfacts.org/es/contaminacion-aire-interior/>
- Hernandez, S. (2012). *Diseño de un purificador de aire, para la reducción de contaminación ambiental en interiores (Tesis de maestría)*. Recuperado de <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/11073>
- Naciones Unidas (1998). *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. Recuperado de <http://www.cambioclimatico.org/tema/protocolo-de-kyoto>
- Mendoza, J. R. (2007). *Diseño del sistema de acondicionamiento del aire para un banco de pruebas y diseño e instalación del sistema de aire acondicionado para la sala Giema (Tesis de grado)*. Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/handle/123456789/5757>
- Ministerio del Ambiente (2001). *Decreto supremo N° 074-2001-PCM-reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2014/07/D.S-N°-074-2001-PCM-Reglamento-de-Estándares-Nacionales-de-Calidad-Ambiental-para-Aire.pdf>
- Ecodes (2015). *Salud y medio ambiente: hogares saludables, edificios sostenibles*. Recuperado de <http://ecodes.org/salud-y-medio-ambiente-ecodes/observatorio-2015-dkv-salud-y-medio-ambiente-hogares-saludables-edificios-sostenibles#.WORbpVWGPIU>
- Organización Mundial de la Salud (2017). *Calidad del aire y salud*. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Real Academia Española. (2018). *Definición*. Recuperado de <http://www.rae.es/>
- Rivera, J. M. (2012). *Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao (Tesis de maestría)*. Recuperado de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3109>

Saaty.T (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.

Senamhi (2016). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología*. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico\\_estadisticas-ambientales-mar2016.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico_estadisticas-ambientales-mar2016.pdf)

Sotomayor, A. E., & Marín, G. M. (2010). *Evaluación e interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido [de] azufre en el aire de Lima Metropolitana (Tesis de grado)*. Recuperado de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/1622>

Tecnum (2017). *Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. Recuperado de <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/10CAtm1/200Cont a.htm>

Toskano, G. B. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores: aplicación en la selección del proveedor para la Empresa Gráfica Comercial MyE S.R.L.* Recuperado de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/Basic/toskano\\_hg/toskano\\_hg.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/Basic/toskano_hg/toskano_hg.htm)

## Glosario

**Contaminantes:** Cambio significativo en la composición o condiciones normales de un medio, constituye una forma de contaminación (RAE, 2018).

**Partícula:** El átomo está formada por las partículas aún más pequeñas que el mismo. Como son el electrón, el protón y el neutrón (RAE, 2018).

**Ventilación:** La ventilación se puede definirse como la técnica de sustituir el aire ambiente interior de un recinto (RAE, 2018).

**Olor:** El olor es la sensación resultante provocada por partículas (RAE, 2018).



## Anexo B: ENCUESTA

La encuesta consta de los siguientes pasos:

### 1.- Descripción de las alternativas

#### A1- Purificador de aire de torre con filtro tipo Hepa.

| Modelo                    | Filtro   | Eficiencia   | Beneficio  | Potencia-Trabajo por m <sup>2</sup>  |
|---------------------------|--|--|--|--|
| <b>Modelo:</b><br>BAP1700 | Es un Filtro de muy alta eficiencia tipo HEPA<br><br>Tiene un filtro permanente que puede limpiarse y también reutilizarse | Va eliminar hasta el 99% de las partículas de polvo y polen presentes en el aire, de un tamaño de hasta 2 micrones, que estén presentes en el aire que pase por el filtro. | Disminuirá el humo, las esporas del moho y las descamaciones de los animales<br><br>Ionizador que liberara iones de carga negativa en el aire filtrado | 70 watts - Es Recomendado para habitaciones de hasta 70m <sup>2</sup> a 80m <sup>2</sup> |



**Modelo: Bap1700**

## A2 - Purificador de aire con filtro tipo Hepa permanente.

---

| <b>Modelo</b>  | <b>Filtro</b>  | <b>Eficiencia</b>                              | <b>Beneficio</b>   | <b>Potencia - Trabajo por m<sup>2</sup></b>   |
|----------------|--|--|--|---|
| Modelo: BAP600 | El filtro tipo HEPA<br><br>Tiene un Indicador de cambio del filtro<br><br>Tiene un Ionizador independiente que libera iones maximizando la capacitación de partículas más pequeñas | Va eliminar hasta 99% de agentes contaminantes | Eliminará agentes contaminantes como el polen, caspa de las macotas, polvo y esporas del moho. | 70 watts - Es Ideal para salas familiares y dormitorios medianos de 40m <sup>2</sup> a 50m <sup>2</sup> |

---



**Modelo Bap600**

### A3 - Purificador de aire con filtro tipo Hepa.

| <b>Modelo</b>     | <b>Filtro</b>  | <b>Eficiencia</b>   | <b>Beneficio</b>  | <b>Potencia - Trabajo por m<sup>2</sup></b>  |
|-------------------|--|---|---|--|
| Modelo:<br>BAP706 | Filtro tipo HEPA<br><br>Tiene un Pre filtro lavable que atrapa las partículas más grandes y aumenta el ciclo de vida del filtro<br><br>Tiene un ionizador controlado independientemente que eliminara las partículas no deseadas | Eliminará hasta el 99% de los contaminantes del aire, con un tamaño de 2,0 micrones | Eliminará como son el polvo, polen, humo del tabaco, moho, alérgenos y componentes. | 70 watts - Es recomendado para habitaciones entre medianas y pequeñas de 40m <sup>2</sup> a 50m <sup>2</sup> |



**Modelo Bap706**



## 2. Descripción de los criterios de evaluación

### Tabla de criterios

| Código | Criterio        |
|--------|-----------------|
| C1     | Alcance         |
| C2     | Características |
| C3     | Modelo          |

### Escala de Saaty de la importancia relativa.

| Escala                           | Calificación numérica | Recíproco |
|----------------------------------|-----------------------|-----------|
| Muy recomendado                  | 9                     | 1/9       |
| De muy fuerte a extremadamente   | 8                     | 1/8       |
| Muy fuertemente preferido        | 7                     | 1/7       |
| De fuertemente a muy fuertemente | 6                     | 1/6       |
| Fuertemente preferido            | 5                     | 1/5       |
| De moderadamente a fuertemente   | 4                     | 1/4       |
| Moderadamente preferido          | 3                     | 1/3       |
| De igualmente a moderadamente    | 2                     | 1/2       |
| Igualmente preferido             | 1                     | 1         |

## 3. Tablas para el recojo de la información

### Tablas de evaluación

|    | C1 | C2 | C3 |
|----|----|----|----|
| C1 | 1  |    |    |
| C2 |    | 1  |    |
| C3 |    |    | 1  |

|    | A1 | A2 | A3 |
|----|----|----|----|
| A1 | 1  |    |    |
| A2 |    | 1  |    |
| A3 |    |    | 1  |

| C2 | A1 | A2 | A3 |
|----|----|----|----|
| A1 | 1  |    |    |
| A2 |    | 1  |    |
| A3 |    |    | 1  |

| C3 | A1 | A2 | A3 |
|----|----|----|----|
| A1 | 1  |    |    |
| A2 |    | 1  |    |
| A3 |    |    | 1  |

## **Anexo C: RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS**

**Las entrevistas se realizaron usando la siguiente encuesta:**

### **UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES SELECCIÓN DEL MEJOR EQUIPO PURIFICADOR DE AIRE USANDO AHP**

#### **ENCUESTA DE IMPORTANCIA RELATIVA**

Se está realizando la selección del mejor equipo purificador de aire usando el proceso analítico jerárquico (AHP), a continuación mostraremos las 3 alternativas. Para poder responder a la encuesta se evaluará a través de una calificación numérica del 1 al 9 llamada importancia relativa, la encuesta es anónima, donde cada decisor tendrá que calificar de acuerdo a la escala numérica en cada matriz mostrada. Con las respuestas que nos brinden se pretende conocer cuál es el mejor equipo purificador de aire para las viviendas urbanas.

**Agradeceríamos que nos responda con la mayor sinceridad y precisión posible.**

## Importancia relativa

| Escala                           | Calificación numérica | Recíproco |
|----------------------------------|-----------------------|-----------|
| Muy recomendado                  | 9                     | 1/9       |
| De muy fuerte a extremadamente   | 8                     | 1/8       |
| Muy fuertemente preferido        | 7                     | 1/7       |
| De fuertemente a muy fuertemente | 6                     | 1/6       |
| Fuertemente preferido            | 5                     | 1/5       |
| De moderadamente a fuertemente   | 4                     | 1/4       |
| Moderadamente preferido          | 3                     | 1/3       |
| De igualmente a moderadamente    | 2                     | 1/2       |
| Igualmente preferido             | 1                     | 1         |

## Descripción de las alternativas

### A1- Purificador de aire de torre con filtro tipo Hepa.

| Modelo                           | Filtro   | Eficiencia   | Beneficio  | Potencia-<br>Trabajo por<br>m <sup>2</sup>   |
|----------------------------------|--|--|--|--|
| <b>Modelo:</b><br><b>BAP1700</b> | Es un Filtro de muy alta eficiencia tipo HEPA<br><br>Tiene un filtro permanente que puede limpiarse y también reutilizarse | Va eliminar hasta el 99% de las partículas de polvo y polen presentes en el aire, de un tamaño de hasta 2 micrones, que estén presentes en el aire que pase por el filtro. | Disminuirá el humo, las esporas del moho y las descamaciones de los animales<br><br>Ionizador que liberara iones de carga negativa en el aire filtrado | 70 watts - Es Recomendado para habitaciones de hasta 70m <sup>2</sup> a 80m <sup>2</sup> |



**Modelo: Bap1700**

**A2 - Purificador de aire con filtro tipo Hepa permanente.**

| <b>Modelo</b>     | <b>Filtro</b>  | <b>Eficiencia</b>                              | <b>Beneficio</b>   | <b>Potencia - Trabajo por m<sup>2</sup></b>   |
|-------------------|--|--|--|---|
| Modelo:<br>BAP600 | El filtro tipo HEPA<br><br>Tiene un Indicador de cambio del filtro<br><br>Tiene un Ionizador independiente que libera iones maximizando la capacitación de partículas más pequeñas | Va eliminar hasta 99% de agentes contaminantes | Eliminará agentes contaminantes como el polen, caspa de las macotas, polvo y esporas del moho. | 70 watts - Es Ideal para salas familiares y dormitorios medianos de 40m <sup>2</sup> a 50m <sup>2</sup> |



**Modelo Bap600**

**A3 - Purificador de aire con filtro tipo Hepa.**

| <b>Modelo</b>     | <b>Filtro</b>  | <b>Eficiencia</b>   | <b>Beneficio</b>  | <b>Potencia - Trabajo por m<sup>2</sup></b>  |
|-------------------|--|---|---|--|
| Modelo:<br>BAP706 | Filtro tipo HEPA<br><br>Tiene un Pre filtro lavable que atrapa las partículas más grandes y aumenta el ciclo de vida del filtro<br><br>Tiene un ionizador controlado independientemente que eliminara las partículas no deseadas | Eliminará hasta el 99% de los contaminantes del aire, con un tamaño de 2,0 micrones | Eliminará como son el polvo, polen, humo del tabaco, moho, alérgenos y componentes. | 70 watts - Es recomendado para habitaciones entre medianas y pequeñas de 40m <sup>2</sup> a 50m <sup>2</sup> |



**Modelo Bap706**

## Criterios

| Código | Criterio        |
|--------|-----------------|
| C1     | Alcance         |
| C2     | Características |
| C3     | Modelo          |

### Tablas de evaluación

|    | C1 | C2 | C3 |
|----|----|----|----|
| C1 | 1  |    |    |
| C2 |    | 1  |    |
| C3 |    |    | 1  |

| C1 | A1 | A2 | A3 |
|----|----|----|----|
| A1 | 1  |    |    |
| A2 |    | 1  |    |
| A3 |    |    | 1  |

| C2 | A1 | A2 | A3 |
|----|----|----|----|
| A1 | 1  |    |    |
| A2 |    | 1  |    |
| A3 |    |    | 1  |

| C3 | A1 | A2 | A3 |
|----|----|----|----|
| A1 | 1  |    |    |
| A2 |    | 1  |    |
| A3 |    |    | 1  |

NOTA: La validación del instrumento (encuesta) se realizó mediante juicio de expertos, con la participación de investigadores relacionados con el tema.



**Los resultados obtenidos fueron los siguientes:**

**Peso de cada criterio**

|           | <b>C1</b> | <b>C2</b> | <b>C3</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>C1</b> | 1         | 7         | 5.00      |
| <b>C2</b> | 0.14      | 1         | 0.50      |
| <b>C3</b> | 0.20      | 2.00      | 1         |
| <b>S</b>  | 1.34      | 10.00     | 6.50      |

**Consistencia de la matriz**

| <b>M.C.N</b> | <b>M.C.N</b> | <b>M.C.N</b> | <b>P.C</b> | <b>Máximo</b> |
|--------------|--------------|--------------|------------|---------------|
| 0.74         | 0.70         | 0.77         | 0.738      | 0.991         |
| 0.11         | 0.10         | 0.08         | 0.094      | 0.944         |
| 0.15         | 0.20         | 0.15         | 0.168      | 1.089         |
|              |              |              | 1.000      | 3.025         |

| <b>CI</b> | <b>CR=CI/IR</b> |
|-----------|-----------------|
| 0.012     | 0.024           |

**Matriz de comparación del C1**

| <b>C1</b> | <b>A1</b> | <b>A2</b> | <b>A3</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>A1</b> | 1         | 6         | 4.00      |
| <b>A2</b> | 0.17      | 1         | 0.50      |
| <b>A3</b> | 0.25      | 2.00      | 1         |
| <b>S</b>  | 1.42      | 9.00      | 5.50      |

**Consistencia de la matriz del criterio C1**

| <b>M.C.N</b> | <b>M.C.N</b> | <b>M.C.N</b> | <b>P.C</b> | <b>Máximo</b> |
|--------------|--------------|--------------|------------|---------------|
| 0.71         | 0.67         | 0.73         | 0.700      | 0.992         |
| 0.12         | 0.11         | 0.09         | 0.107      | 0.959         |
| 0.18         | 0.22         | 0.18         | 0.194      | 1.064         |
|              |              |              | 1.000      | 3.015         |

| <b>CI</b> | <b>CR=CI/IR</b> |
|-----------|-----------------|
| 0.007     | 0.014           |

### Matriz de comparación del C2

| C2 | A1   | A2    | A3   |
|----|------|-------|------|
| A1 | 1    | 7.00  | 3.00 |
| A2 | 0.14 | 1     | 0.33 |
| A3 | 0.33 | 3.00  | 1    |
| S  | 1.48 | 11.00 | 4.33 |

### Consistencia de la matriz del criterio C2

| M.C.N | M.C.N | M.C.N | P.C   | Máximo |
|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0.68  | 0.64  | 0.69  | 0.669 | 0.987  |
| 0.10  | 0.09  | 0.08  | 0.088 | 0.970  |
| 0.23  | 0.27  | 0.23  | 0.243 | 1.053  |
|       |       |       | 1.000 | 3.011  |

| CI    | CR=CI/IR |
|-------|----------|
| 0.005 | 0.010    |

### Matriz de comparación del C3

| C3 | A1   | A2   | A3   |
|----|------|------|------|
| A1 | 1    | 3.00 | 5.00 |
| A2 | 0.33 | 1    | 2.00 |
| A3 | 0.20 | 0.50 | 1    |
| S  | 1.53 | 4.50 | 8.00 |

### Consistencia de la matriz del criterio C3

| M.C.N | M.C.N | M.C.N | P.C   | Máximo |
|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0.65  | 0.67  | 0.63  | 0.648 | 0.994  |
| 0.22  | 0.22  | 0.25  | 0.230 | 1.034  |
| 0.13  | 0.11  | 0.13  | 0.122 | 0.977  |
|       |       |       | 1.000 | 3.005  |

| CI    | CR=CI/IR |
|-------|----------|
| 0.003 | 0.005    |

### Ranking de las alternativas

| Código | Peso  | Jerarquía |
|--------|-------|-----------|
| A1     | 0.688 | 1         |
| A2     | 0.125 | 3         |
| A3     | 0.186 | 2         |

## Anexo D: MATRIZ DE INVESTIGACIÓN

| PROBLEMÁTICA   | PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN  | OBJETIVO GENERAL  | PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN  | OBJETIVOS ESPECÍFICOS   | ACCIONES  | MARCO TEÓRICO                          | DESARROLLO                             | EVALUACIÓN   | CONCLUSIONES  | RECOMENDACIONES  |
|--|--|---|--|---|---|--|--|--|---|--|
| <p>Los contaminantes en el interior de los hogares son el fumar, la combustión de gas, uso de los solventes, los productos químicos para limpieza del hogar, las emisiones de los materiales de construcción de las viviendas, además, la contaminación con exterior agrava la contaminación en el hogar.</p> <p>La contaminación del aire es el mayor riesgo a la salud de las personas, animales, vegetación, por lo que es necesario realizar medidas efectivas para combatir con el aire contaminado en los hogares.</p> | <p>¿Cómo disminuir la contaminación del aire en las viviendas urbanas?</p> | <p>Disminuir la contaminación del aire en las viviendas urbanas implementando un sistema purificador.</p> | <p>PE1: ¿Cuál es la situación actual de la contaminación de aire en viviendas urbanas?</p>                         | <p>Determinar la situación actual de contaminación de aire en viviendas urbanas.</p>                    | Tomar datos estadísticos                              | Características del equipo purificador | Áreas operativas del objetivo 1        | <p>Se determina la contaminación en los hogares de las viviendas urbanas</p>           | <p>Se concluye que el equipo purificador Bap1700 ayuda a disminuir los agentes nocivos en el aire de una vivienda</p> | <p>El equipo purificador de aire funciona en lugares cerrados</p>  |
|  |  |   |  |   | Recopilación de datos del ministerio                  | Sistema del equipo purificador         | Desarrollo estadístico del objetivo 1  |  |   |  |
|  |  |   |  |   | Comparar información estadística                      | Lugares del trabajo de instalación     | Ubicación de las zonas                 |  |   |  |
|  |  |   | <p>PE2: ¿Cómo determinar los beneficios de un sistema purificador de aire en viviendas urbanas?</p>                | <p>Determinar los beneficios de un sistema purificador de aire en viviendas urbanas.</p>                | Determinar y diferenciar un sistema                   | Potencia del equipo purificador        | Determinación del alcance              | <p>Se obtiene el beneficio del equipo purificador de aire</p>                          | <p>Es muy beneficioso para personas que sufren de alergias y problemas respiratorios</p>                              | <p>El pre filtro tiene que estar limpio para una adecuada extracción del aire</p>                                  |
|  |  |   |  |   | Comparar los sistemas de aire                         | Filtro del equipo                      | Beneficios de cada equipos             |  |   |  |
|  |  |   |  |   | Recopilar y detectar las áreas                        | Área por metro cuadrado                | Determinar un filtro tipo Hepa         |  |   |  |
|  |  |   | <p>PE3: ¿Cómo evaluar las alternativas técnicas para la implementación de un sistema purificador de aire?</p>      | <p>Evaluar las alternativas técnicas para la implementación de un sistema purificador de aire.</p>      | Diferenciar los tipos de purificadores                | Sistema de desarrollo                  | Evaluar el método                      | <p>Se obtiene la alternativa técnica con el método AHP</p>                             | <p>El método AHP nos muestra con gran eficiencia el mejor equipo purificador</p>                                      | <p>El método AHP es un método eficiente de otros</p>   |
|  |  |   |  |   | Determinar el tipo de evaluación                      | Alcances de cada equipo                | Desarrollo de la alternativa           |  |   |  |
|  |  |   |  |   | Evaluar el Sistema de aire                            | Indicaciones del manejo                | Determinar la mejor alternativa        |  |   |  |
|  |  |   | <p>PE4: ¿Cómo distribuir un sistema purificador de aire para mejorar la calidad del aire en viviendas urbanas?</p> | <p>Distribuir un sistema purificador de aire para mejorar la calidad del aire en viviendas urbanas.</p> | Distribuir los purificadores de aire                  | Zonas de trabajo                       | Distribuir los equipos                 | <p>Se alcanzó la distribución y mantenimiento de los equipos purificadores de aire</p> | <p>Se ubicó las zonas para la instalación del sistema purificador de aire</p>   | <p>Para la distribución de los equipos purificadores, tiene que tenerse en cuenta características del ambiente</p> |
|  |  |   |  |   | Ubicar las zonas en la vivienda                       | Distribución                           | Ubicación de equipos                   |  |   |  |
|  |  |   |  |   | Indicar el mantenimiento de los equipos purificadores | Modelos de equipos                     | Mantenimiento y la limpieza de equipos |  |   |  |

## Anexo E: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.- II CONCURSO DE PROYECTO DE INGENIERIA – COPROING 2017

(Segundo lugar a nivel nacional)



Sección Perú del IEEE  
THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC

#### CONSTANCIA

Por medio del presente documento, se deja constancia del proyecto, autores y asesor que obtuvieron el Segundo Lugar - Categoría Pregrado en el II Concurso de Proyectos de Ingeniería (COPROING) 2017 organizado por la Sociedad de Aplicaciones Industriales (IAS) del IEEE y la Sección Perú del IEEE en el Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Nacional en la ciudad de Lima el 2 de diciembre de 2017:

**Proyecto** : Diseño De Un Sistema Purificador de Aire Usando AHP.

**Universidad** : Universidad de Ciencias y Humanidades

**Autor** : Hugo Flor Cunza

**Asesor** : Alexi Delgado Villanueva

Se expide el presente documento para los fines que se estime pertinentes.

Lima, 11 de diciembre de 2017

Ing. Marco Antonio Cruz Preciado  
Presidente

Sociedad Peruana de Aplicaciones Industriales (IAS) del IEEE



## 2.- Paper publicado en CHILECON 2017 (Congreso indexado en IEEE y SCOPUS)

The screenshot shows the IEEE Xplore Digital Library search interface. At the top, there are navigation links for IEEE.org, IEEE Xplore Digital Library, IEEE-SA, IEEE Spectrum, and More Sites. On the right, there are links for Cart (0), Create Account, and Personal Sign In. The IEEE Xplore logo is on the left, and the IEEE logo is on the right. A notification box indicates access provided by a trial user for Universidad de Ciencias y Humanidades (UCH) with a Sign Out link. Below the navigation bar, there are tabs for Browse, My Settings, and Get Help. A search bar contains the text 'hugo flor' and a search icon. Below the search bar, there are links for Advanced Search and Other Search Options. A secondary search bar is labeled 'Search within results'. Below this, there are links for Download PDFs, Export, Set Search Alerts, and Search History. The search results section displays 'Displaying 1 of 1 result for hugo flor'. A checkbox labeled 'Select All on Page' is present. The search result is a paper titled 'Selection of the best air purifier system to urban houses using AHP' by Alexi Delgado and Hugo Flor. The paper is from the 2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON). The year is 2017, and the pages are 1-4. The paper is part of IEEE Conferences. At the bottom of the result, there are links for Abstract, HTML, PDF (265 Kb), and a Creative Commons license icon.

IEEE.org | IEEE Xplore Digital Library | IEEE-SA | IEEE Spectrum | More Sites Cart (0) | Create Account | Personal Sign In

IEEE Xplore<sup>®</sup> Digital Library IEEE

Access provided by:  
Trial IUser for-Universidad de Ciencias y Humanidades (UCH)  
» Sign Out

Browse ▾ My Settings ▾ Get Help ▾

All ▾ hugo flor

Advanced Search | Other Search Options ▾

Search within results  Download PDFs ▾ | Export ▾ | Set Search Alerts ▾ | Search History

Displaying 1 of 1 result for **hugo flor** ✕

Select All on Page

**Selection of the best air purifier system to urban houses using AHP**

Alexi Delgado; Hugo Flor  
2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)  
Year: 2017  
Pages: 1 - 4  
IEEE Conferences

▶ Abstract (265 Kb)

<http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?newsearch=true&queryText=hugo%20flor>