



ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo integración Curricular previa a la obtención del título de Ingeniero Automotriz.

AUTORES:

Sheily Fernanda Gallardo Velastegui
Sergio Andrés León Benalcázar

TUTOR:

Ing. Diego Redin

Artículo análisis de capacidad filtrante del depurador de polen de cabina en vehículos de categoría M1

Certificación

Nosotros, Sheily Fernanda Gallardo Velastegui y Sergio Andrés León Benalcázar, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

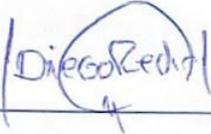


Sheily Fernanda Gallardo Velastegui
1726536509



Sergio Andrés León Benalcázar
1718554106

Yo, Diego Francisco Redin Quito, certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Diego Francisco Redin Quito

Dedicatoria

Tu cariño incondicional vive en mis mejores recuerdos, en el reflejo de mi día a día viven los valores que aprendí de ti. Sin duda, has sido la motivación para ser cada vez mejor. Te agradezco infinitamente por ayudarme a encontrar el lado dulce de la vida. Fuiste mi motivación más grande para concluir con éxito este propósito y aunque no fuiste parte de estos logros desde aquí, sé que desde el cielo estás muy orgulloso.

Gracias, abuelito.

Sheily Fernanda Gallardo Velastegui

Este proyecto va dedicado a mi familia, a mis padres, quienes me han permitido educarme y, sobre todo, por ser los pilares fundamentales en mi vida, que me han permitido superarme y a la vez forjarme como persona y profesional, mis hermanos quienes siempre han sido mi compañía y apoyo, mis abuelitos a quienes les debo todo, gracias a su crianza, su amor y aliento en cada etapa de mi vida, a mis tíos, quienes siempre han estado conmigo apoyándome y aconsejándome en cada decisión que tome. Sin duda, sin el apoyo de cada uno de ellos, mis logros no tendrían sentido, es por ello el orgullo y aprecio que siento por todos al culminar esta nueva etapa de mi vida, por confiar y motivarme a seguir adelante día a día.

Sergio Andrés León Benalcázar

Agradecimiento

Gratitud, hacia cada pequeño logro que fue forjando el conocimiento que tengo hoy en día, hacia cada persona que me acompañó en el proceso y confió en mí.

Agradezco además a la Universidad Internacional del Ecuador, por abrirme las puertas a las mejores experiencias en esta etapa, gracias a Diego Redin, por su guía y apoyo incondicional. A ti, Sergio León gracias por ser ese soporte emocional y apoyo siempre, y a todos mis compañeros quienes han dejado un gran legado y muchas vivencias y con quienes he formado una amistad perenne ¡Gracias por esta etapa!

Sheily Fernanda Gallardo Velastegui

Primero agradezco a Dios por todas oportunidades que me ha brindado y sobre todo por darme la sabiduría de poder aprovecharlas y a la vez, por haberme dado unos muy buenos padres, ya que gracias a ellos soy lo que soy, por actuar y enseñar con el ejemplo y brindarme todo el amor y apoyo necesario que me motive a salir adelante, agradezco a mis familiares y amigos más cercanos, mis compañeros de trabajo, quienes se han convertido en una segunda familia, por su constante aprecio, enseñanzas, apoyo y motivación.

De igual manera agradezco a mi compañera Sheily Gallardo, por todo su apoyo y ayuda durante todo el proceso de esta última etapa previa a culminar nuestra carrera universitaria, a los docentes quienes han impartido sus conocimientos conmigo durante este tiempo y a la Universidad Internacional del Ecuador, por brindarme los mejores años de mi vida, llenos de experiencias de todo tipo, pero sin embargo permitirme convertir en un profesional y conocer a mis verdaderos amigos, que serán para toda la vida.

- *Sergio Andrés León Benalcázar*

ÍNDICE

Certificación	iii
Acuerdo de confidencialidad	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento.....	vii
Artículo	8
Introducción.....	9
Marco Teórico	10
Materiales y Métodos.....	11
Resultados y Discusión	13
Conclusiones.....	19
Referencias	20
Anexos	22
1. Anexos introducción	22
2. Anexos marco teórico	26
3. Anexos materiales y métodos.....	28
4. Anexos resultados.....	45

ANÁLISIS DE CAPACIDAD FILTRANTE DEL DEPURADOR DE POLEN DE CABINA EN VEHÍCULOS DE CATEGORÍA M1

Ing. Diego Redin¹, Gallardo. S.², León. S.³

¹ *Docente Escuela de ingeniería automotriz – UIDE, diredinqui@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

² *Estudiante Escuela de ingeniería automotriz – UIDE, shgallardove@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

³ *Estudiante Escuela de ingeniería automotriz – UIDE, seleonbe@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

RESUMEN

La mala calidad del aire, sin duda se ha convertido en una realidad global. Actualmente, se ha demostrado que la exposición a las partículas finas y gases nocivos, producto de la contaminación, es responsable de un sin número de enfermedades respiratorias. Dentro de un vehículo, el filtro de cabina es un elemento indispensable para garantizar el bienestar y la salud de los pasajeros, por lo cual, el objetivo es realizar un análisis de la eficiencia de filtración, en filtros de cabina usados, nuevos y de carbón activado. Para el desarrollo de este proyecto, se realizó una investigación de tipo exploratoria con el equipo de medición de calidad del aire de la marca BIAOLING. Además, se realizó el levantamiento de datos para establecer un parámetro de comparación con el aire en el exterior. De este modo, se logró demostrar que, los filtros de carbón activado son capaces de reducir notablemente el nivel de contaminación en la cabina, sin embargo, no son capaces de filtrar partículas de PM2.5 Y PM10, lo cual puede ser considerado como un factor de riesgo para la salud de los ocupantes. Entonces, la capacidad filtrante se limita únicamente a la retención de partículas externas como polen, suciedad, polvo, mas no partículas de menor tamaño.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, Gas, Contaminante, filtros, Carbón

ABSTRACT

Poor air quality has undoubtedly become a global reality. Currently, it has been demonstrated that exposure to fine particles and harmful gases, product of pollution, is responsible for several respiratory diseases. Inside a vehicle, the cabin filter is an indispensable element to guarantee the well-being and health of the passengers, therefore, the objective is to carry out an analysis of the filtration efficiency of used, new and activated carbon cabin filters. For the development of this project, exploratory research was carried out using BIAOLING air quality measurement equipment. In addition, data was collected to establish a parameter for comparison with the air outside. In this way, it was possible to demonstrate that the activated carbon filters are capable of significantly reducing the level of contamination in the cabin, however, they are not capable of filtering PM2.5 and PM10 particles, which can be considered a risk factor for the health of the occupants. Therefore, the filtering capacity is limited only to the retention of external particles such as pollen, dirt, dust, but not smaller particles.

Keywords: Air pollution, Gases, Pollutants, filters, Coal.

Introducción

Los efectos sobre la salud causados por la contaminación del aire han sido objeto de estudio en los últimos años (Janssen et al., 2011). La exposición a contaminantes como partículas en el aire y ozono se ha asociado con aumentos en la mortalidad y los ingresos hospitalarios debido a enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Brunekreef & Holgate, 2002). Se estima que alrededor de 7 millones de individuos fallecen anualmente por la exposición a las partículas finas, que penetran profundamente en los pulmones y el sistema cardiovascular y ocasionan patologías como accidentes cerebrovasculares, cardiopatías, cáncer de pulmón, neumopatía obstructiva crónica e infecciones respiratorias (*Calidad del aire ambiente (exterior) y salud*, s. f.).

Los niveles de contaminación siguen siendo peligrosamente elevados (Kappos et al., 2004). Según nuevos datos de la OMS, 9 de cada 10 personas están expuestas a elevados niveles de contaminación. Las estimaciones actualizadas muestran que siete millones de personas mueren cada año por la contaminación del aire de exteriores y doméstico. Además, la OMS estimó que alrededor del 92 % de la población mundial vive en regiones con aire contaminado, y alrededor del 11,6 % de todas las muertes en el mundo se atribuyen a la contaminación del aire (Faridi et al., 2018).

Hoy en día, las condiciones indeseables de la calidad del aire se consideran uno de los problemas ambientales más importantes, esta se ha convertido en una realidad global. (Gilmour et al., 1996). En Europa, Asia, América se han desarrollado investigaciones que reflejan la mala calidad del aire y la relación con la tasa de mortalidad (Chen et al., 2012). En Ecuador, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) muestra que el 43,5% de las muertes en Quito se origina en patologías cardiovasculares y el 18,6 % en patologías respiratorias, que se relacionan con la mala calidad de aire. El contaminante que crea más inconvenientes y muertes en Quito es el material particulado (PM) (*El aire de Quito supera los límites permitidos de contaminación*, s. f.).

Debido al considerable aumento del tráfico mundial y al inevitable empeoramiento de los niveles de contaminación (Pabón, 2005) estamos expuestos al ataque de muchos contaminantes que entran en el interior de los vehículos a través de los conductos de ventilación o aire acondicionado, haciendo que los microorganismos eventualmente se acumulen en la cabina, generando un riesgo para la salud y seguridad de los pasajeros. (Hudda et al., 2011) La función del filtro de cabina es fundamental para el confort y la salud del conductor y de los pasajeros (Reinhardt, 2005). Este filtra incluso las partículas alergénicas más pequeñas que pueden ingresar a los pulmones y que a menudo pueden provocar asma o alergias (Shah, 2009). Sin embargo, se limita únicamente a la filtración de partículas externas como polen, suciedad, polvo, mas no partículas de menor tamaño. (Yu et al., 2017)

Con lo antes mencionado, el presente artículo tiene como objetivo realizar un análisis entre la eficiencia de filtración de material particulado de un filtro de cabina usado y uno nuevo, comparándolos con la calidad de aire en el exterior para corroborar que los filtros tienen una capacidad de filtración limitada en cuanto a la retención de partículas de menor dimensión.

Marco Teórico

Los primeros automóviles tenían espacios en la cabina que estaban abiertos al entorno exterior. Tiempo después, se introdujeron espacios de cabina cerrados que requerían calefacción, refrigeración y ventilación, que se lograba mediante la apertura o inclinación de las ventanillas o del parabrisas (Duque Arias & Rivera Guamán, 2022). Posteriormente, se introdujeron intercambiadores de calor que utilizaban el calor del sistema de escape o el agua del sistema de refrigeración como fuente para calentar el interior de la cabina. Hoy en día estos sistemas son importantes para la seguridad de los ocupantes, al reducir la fatiga del conductor, garantizar una buena visibilidad y mantener la comodidad. Un flujo continuo de aire a través del interior del vehículo reduce los niveles de dióxido de carbono, actúa como desempañador y evita la acumulación de olores (Kaynakli & HORUZ, 2003)

El filtro de cabina es un componente importante en el sistema de calefacción y refrigeración de cualquier vehículo. Ayuda a proteger a los pasajeros de los contaminantes en el aire, favorece la eliminación de los contaminantes nocivos, incluidos el polen y el polvo del aire. Este filtro suele estar ubicado detrás de la guantera y limpia el aire a medida que pasa por el sistema del vehículo. Antes de que el aire pueda ingresar al interior del automóvil, pasa por este filtro, atrapando cualquier contaminante para evitar que se infiltre en el aire del interior (Daly, 2011).

El formaldehído (HCHO) es un agente que se encuentra de forma natural en bajas concentraciones en el medio ambiente (Lowe & Schmidt, 1983). Puede ser emitido directamente por procesos de combustión incompleta (HCHO primario), como motores de combustión y quema de biomasa, o producido por fotooxidación de hidrocarburos (HCHO secundario). Pequeñas cantidades de HCHO pueden también puede ser emitido directamente por la vegetación (Bortolli & Anele, 2000)

Los TVOC (total volatile organic compounds) se emiten como gases a partir de ciertos sólidos o líquidos, a partir de elementos derivados de la madera, ya sean partículas, fibra o astillas de y resinas a base de formaldehído que resultan altamente perjudiciales para la salud (Mølhav et al., 1997). Además, suelen ser componentes de los combustibles derivados del petróleo, los fluidos hidráulicos, los disolventes de pintura y los productos de limpieza en seco (Kim et al., 2007).

El material particulado (PM), también conocido como contaminación por partículas, es una combinación entre partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire, a dichas partículas se las puede clasificar en moderadas, finas y ultrafinas, prácticamente su diferencia se centra en el cambio de diámetro de las partículas las cuales se miden en micrómetros (Gilmour et al., 1996). La patogenicidad de las PM está determinada por su tamaño, composición, origen, solubilidad y su capacidad para producir oxígeno reactivo. Se ha encontrado que los PM con un diámetro menor a 10 μm tienen un mayor impacto en la salud humana (Barzeghar et al., 2020)

El dióxido de carbono es un tipo de gas el cual se caracteriza por ser inodoro, incoloro e incombustible el cual se crea a partir de la mezcla de carbono y oxígeno, el

mismo se produce a partir de la quema de cualquier elemento que contenga carbono, como producto de la respiración y de la fermentación, prácticamente su formación es inevitable por el hecho de que existe la presencia de oxígeno en todo momento en el medio ambiente. (Huang & Tan, 2014)

Materiales y Métodos

Se realizó una investigación exploratoria considerando la norma ISO 16890, la cual evalúa la capacidad de un filtro para capturar partículas de un tamaño alrededor de 10 μm o incluso inferior. El enfoque del estudio es evaluar si los tipos de filtros empleados en las pruebas cumplen o no su función de retención de partículas finas.

Para las pruebas se utilizó el equipo de medición de calidad del aire marca BIAOLING (figura 1) que incorpora sensores electroquímicos DART que son capaces de detectar el aire exacto del monóxido de carbono (CO), del dióxido de carbono (CO₂), del formaldehído (HCHO), del compuesto orgánico volátil (TVOC) y del material particulado (PM_{2.5}/PM₁₀).

Figura 1.

Medidor de calidad de aire marca BIAOLING



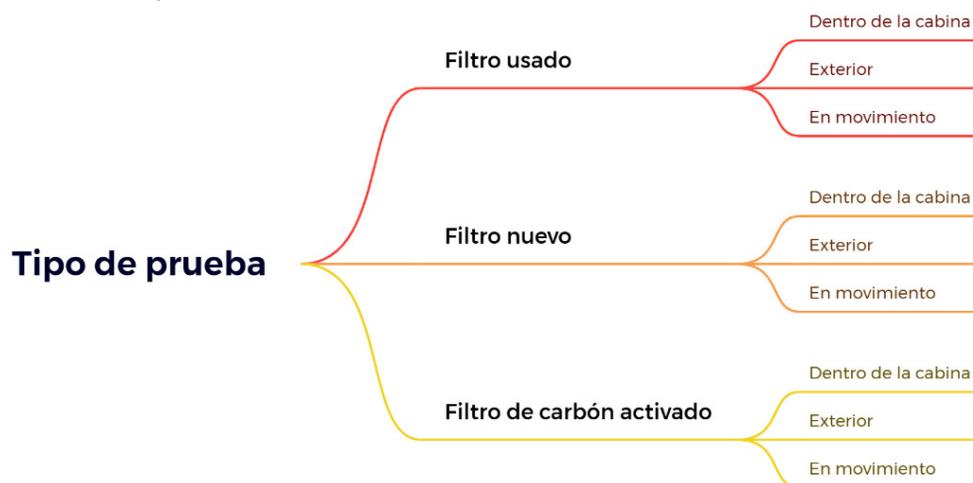
Fuente. Autores (2022)

El instrumento de medición (figura 1) permite obtener los datos en tiempo real. Acorde a las especificaciones del fabricante, es necesario concentrarse en el valor medio de cada gas después de probar el tiempo suficiente el monitoreo a largo plazo, por lo cual, se estableció un tiempo límite de 6 minutos por cada toma de medición.

Se estableció un protocolo de medición que indica que las pruebas sean realizadas bajo las mismas condiciones, es decir, todas se desarrollaron en la ciudad de Quito, sector la Kennedy, calles Emilio Estrada N54-193 y Pedro Barrios, con una temperatura en promedio de 20 grados centígrados a 2850 msnm.

La recolección de datos se realizó a través de la observación cuantitativa, delimitando tres diferentes tipos de filtros con parámetros de comparación iguales para cada filtro, como se detalla en la figura 2.

Figura 2.
Tipo de pruebas realizadas



Fuente. Autores (2022)

Se realizaron pruebas con filtros usados, filtros nuevos y filtros de carbón activado; comparándolos en diferentes escenarios, (figura 2). Se realizó un promedio entre todos los valores obtenidos. Para interpretar los datos se considera la tabla de referencias del manual de fabricante del instrumento de medición (Tabla 1). Esta escala indica los niveles de contaminación dividida en excelente, bueno, ligero, moderado, severo y serio.

Tabla 1.
Escala de referencias del nivel de contaminación

Valores de referencia						
HCHO mg/ m ³	0- 0.08	0.081 - 0.1	0.101 - 0.2	0.201 - 0.5	0.501 - 1.0	1.001 - 1.999
	Excellent	Good	Mild	Moderate	Severe	Serious
TOVC mg/ m ³	0 - 0.5	0.501 - 0.6	0.601 - 1.5	1.501 - 3	3.001 - 6	6.001 - 12
	Excellent	Good	Mild	Moderate	Severe	Serious
PM2.5 ug/ m ³	0 - 35	36 - 75	76 - 100	101 - 150	151 - 250	251 - 1000
	Excellent	Good	Mild	Moderate	Severe	Serious
PM10 ug/ m ³	0 - 50	51 - 100	101 - 130	131 - 200	201 - 300	301 - 2000
	Excellent	Good	Mild	Moderate	Severe	Serious
CO2 ppm	0 - 450	451 - 1000	1001 - 1500	1501 - 2000	2001 - 3000	3001 - 5000
	Excellent	Good	Mild	Moderate	Severe	Serious

Fuente. BIAOLING (2019)

Esta investigación se realizó para el levantamiento de datos que permitan analizar la calidad del aire en el habitáculo y establecer un parámetro de comparación con el aire en el exterior. Los datos obtenidos ayudan a corroborar la hipótesis planteada: los filtros tienen una capacidad de filtración limitada en cuanto a la retención de partículas de menor dimensión.

Resultados y Discusión

Posterior a la toma de mediciones, se colocaron los datos obtenidos interpretando los resultados cuantitativos, es decir, con referencia a la tabla 1 de niveles de contaminación se traducen a datos cualitativos para un mejor manejo de la información. Adicionalmente, se establece una escala de porcentajes en cada escenario de análisis, comparando de manera más clara las variables de estudio.

Para el Formaldehído (HCHO), se busca demostrar qué tipo de filtro genera menor concentración, reflejando los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.

Datos cualitativos y cuantitativos obtenidos de los valores de concentración de HCHO, en las diferentes pruebas realizadas.

		Dentro		Fuera		Movimiento	
HCHO mg/ m ³	Usado	0,52	Severo	0,269	Moderado	0,19	Ligero
	Nuevo	0,39	Moderado	0,32	Moderado	0,22	Moderado
	Carbón activado	0,085	Bueno	0,258	Moderado	0,003	Excelente

Fuente: Autores (2022)

En filtros usados se evidenció un nivel severo de contaminación dentro de la cabina, en el exterior se registró una escala moderada y en movimiento un nivel ligero de concentración. El análisis estático demuestra que la concentración de HCHO llega a niveles perjudiciales para la salud, a diferencia del vehículo en movimiento que genera recirculación de los gases y favorece a la purificación del aire en el habitáculo. En filtros nuevos, el nivel de contaminación es moderado tanto dentro, como fuera y en movimiento. Finalmente, en filtros de carbón activado, dentro de la cabina tenemos niveles buenos de concentración, fuera un nivel moderado y en movimiento una escala excelente.

Los niveles de formaldehído en el interior de cualquier espacio son más altos que al aire libre. La manera más fácil de reducir el riesgo de exposición de los ocupantes es abrir las ventanas. Adicionalmente, debido a que el humo de tabaco contiene formaldehído, evitar fumar en el interior del vehículo.

Para los compuestos orgánicos volátiles (TVOC), se plantea conocer qué tipo de filtro genera menor concentración, los resultados se detallan en la tabla 4.

Tabla 3.

Datos cualitativos y cuantitativos obtenidos de los valores de concentración de TVOC, en las diferentes pruebas realizadas.

		Dentro		Fuera		Movimiento	
TVOC mg/ m ³	Usado	3,1105	Severo	2,45	Moderado	0,89	Ligero
	Nuevo	2,442	Moderado	2,4515	Moderado	0,0923	Bueno
	Carbón activado	0,413	Bueno	1,626	Moderado	0,018	Excelente

Fuente: Autores (2022)

Dentro de la cabina, con un filtro usado se evidencian niveles severos de contaminación. Por otro lado, al reemplazarlo por uno convencional, la concentración es moderada. En el caso de los filtros de carbón activado, muestran resultados favorables, ya que el nivel de concentración llega a una escala buena. En todas las pruebas realizadas en el exterior se constató que el nivel moderado se mantiene. Respecto a las pruebas realizadas en movimiento se pudo evidenciar que con un filtro usado existe un nivel ligero de contaminación, con un filtro nuevo está en el rango de bueno y en el caso de los filtros de carbón activado muestra un nivel excelente de concentración.

Cabe recalcar que, en un filtro usado con el material filtrante saturado, se genera un ambiente contaminado por concentración de TVOC ya que la exposición a este tipo de gas cuando este excede los 3 mg/ m³, puede provocar dolor de cabeza y malestar en general; razón por la cual es recomendable reemplazar el filtro de manera periódica.

En el caso del material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5) se busca determinar cuál es el nivel de contaminación generada por presencia de estas partículas, como se detalla en la tabla 4.

Tabla 4.

Datos cualitativos y cuantitativos obtenidos de los valores de concentración de PM2.5, en las diferentes pruebas realizadas.

		Dentro		Fuera		Movimiento	
PM2.5 ug/ m ³	Usado	275,75	Serio	274,25	Serio	255,75	Serio
	Nuevo	287	Serio	262	Serio	251,67	Serio
	Carbón activado	286	Serio	276	Serio	214	Severo

Fuente: Autores (2022)

Se determinó que tanto en filtros usados, como nuevos y de carbón activado el nivel de contaminación por PM2.5 es serio. En cada escenario se cumple la constante del nivel de contaminación serio ya que sobrepasa los 251 ug/ m³. Utilizando un filtro de carbón activado, al realizar la prueba con el vehículo en movimiento, tenemos un nivel severo de contaminación, siendo de igual manera un nivel altamente contaminante y perjudicial para la salud de los ocupantes del vehículo.

Desafortunadamente, ningún filtro en el mercado es capaz de retener el material particulado PM2.5 debido a la dimensión de las partículas y de esta manera se puede corroborar que los filtros de cabina convencionales y de carbón activado únicamente son capaces de retener agentes externos de mayores dimensiones

En cuanto al material particulado igual o inferior a 10 micras (PM10) se busca determinar qué concentración de partículas está presente en cada prueba realizada.

Tabla 5.

Datos cualitativos y cuantitativos obtenidos de los valores de concentración de PM10, en las diferentes pruebas realizadas.

		Dentro		Fuera		Movimiento	
PM10 ug/ m³	Usado	479,25	Serio	484,25	Serio	482	Serio
	Nuevo	499,33	Serio	487,67	Serio	493	Serio
	Carbón activado	514	Serio	496	Serio	493	Serio

Fuente: Autores (2022)

Como se puede evidenciar, los valores en todo tipo de prueba y condición de filtro se mantiene en un rango de 470-515 ug/ m³ razón por la cual persiste un nivel serio de contaminación, incluso utilizando filtros de carbón activado, evidenciando así la ineficiencia de filtración de este tipo de partículas.

Por otra parte, se busca establecer si la concentración por CO2 se encuentra en niveles aceptables de contaminación con respecto a los valores referenciales, como se detalla en a tabla 6.

Tabla 6.

Datos cualitativos y cuantitativos obtenidos de los valores de concentración de PM2.5, en las diferentes pruebas realizadas.

		Dentro		Fuera		Movimiento	
CO2 ppm	Usado	1175,25	Ligero	834,5	Bueno	692,75	Bueno
	Nuevo	1134	Ligero	990	Bueno	657	Bueno
	Carbón activado	844	Bueno	835	Bueno	370	Excelente

Fuente: Autores (2022)

Los datos obtenidos en cuanto a la contaminación de este tipo de gas muestran una reducción de 41,25ppm con un filtro de cabina nuevo, representando tanto para filtros usados como nuevos un nivel ligero de contaminación. Sin embargo, al reemplazar el filtro por uno de carbón activado se redujo la concentración de este gas hasta 844 ppm.

Los niveles de contaminación por CO2 muestran resultados favorables. No obstante, para ser categorizado como aire de mala calidad la concentración de CO2 se considera a partir de 1200 ppm, en interiores. De hecho, es inevitable la presencia de CO2 en la atmósfera, ya que es producto de la respiración, es por eso por lo que, es recomendable mantener el sistema de aire acondicionado en recirculación o a su vez mantener una correcta ventilación cuando se encuentren más ocupantes en el vehículo.

En la tabla 7, se puede evidenciar en una escala cualitativa cuál es el nivel de contaminación existente, para cada partícula y tipo de prueba.

Tabla 7.

Clasificación de contaminación acorde al tipo de prueba realizada y filtro de cabina empleado.

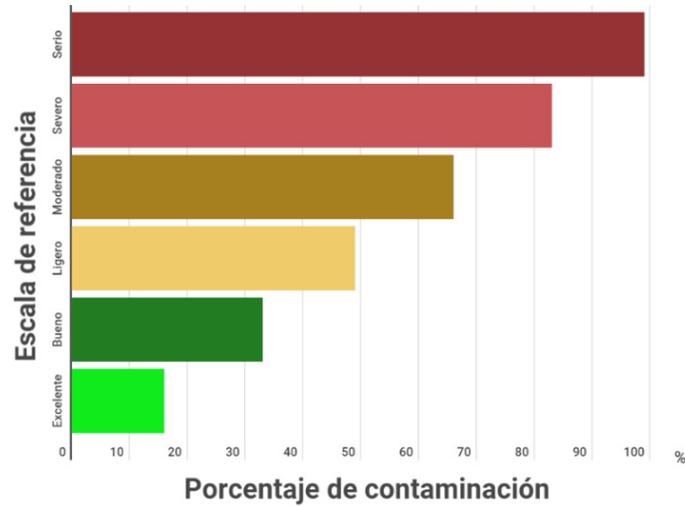
	Tipo de filtro	Dentro	Fuera	Movimiento
HCHO	Usado	Severo	Moderado	Bueno
	Nuevo	Moderado	Moderado	Bueno
	Carbón activado	Bueno	Serio	Excelente
TVOC	Usado	Severo	Moderado	Ligero
	Nuevo	Moderado	Moderado	Bueno
	Carbón activado	Bueno	Moderado	Excelente
PM2.5	Usado	Serio	Serio	Serio
	Nuevo	Serio	Serio	Serio
	Carbón activado	Serio	Serio	Severo
PM10	Usado	Serio	Serio	Serio
	Nuevo	Serio	Serio	Serio
	Carbón activado	Serio	Serio	Serio
CO2	Usado	Ligero	Bueno	Bueno
	Nuevo	Ligero	Bueno	Bueno
	Carbón activado	Bueno	Bueno	Excelente

Fuente: Autores (2022)

Para HCHO, la variación de concentración va desde una escala excelente a severa, al igual que la concentración de TVOC. Por otro lado, el nivel de contaminación por PM2.5 varía en una escala de severo a serio. En cuanto a contaminación por PM10, todas las pruebas reflejaron un nivel serio de contaminación. Finalmente, para CO2 la concentración varía en una escala de excelente a ligero.

En la figura 3 se puede evidenciar una clasificación del nivel de contaminación delimitando valores referenciales. Dado que la tabla de referencia (Tabla 1) indica diferentes unidades de medición para cada gas, es decir, mg/ m³, ug/ m³ y ppm, se ha considerado trabajar con parámetros cualitativos de concentración que permitan estandarizar la interpretación de los resultados en forma de porcentajes.

Figura 3.
Gráfico Escala de referencia / Porcentaje de contaminación

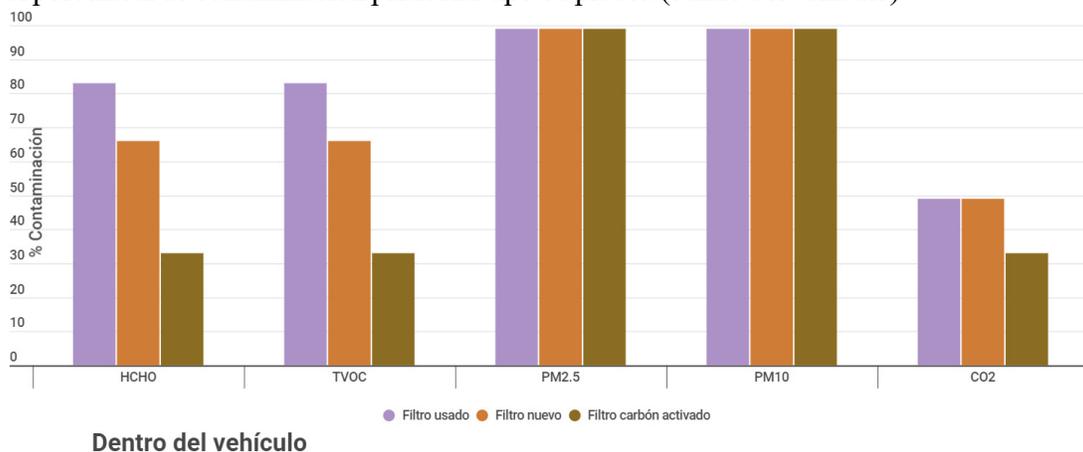


Fuente: Autores (2022)

De este modo, definimos que esta escala va desde un rango excelente (0%) a un rango serio (100%), teniendo equivalencias porcentuales acorde al tipo de contaminación presente. Entonces, se considera una escala excelente hasta un 16,66% de concentración, hasta un 33,32% se considera un nivel bueno; hasta un 49,98% tenemos un nivel ligero de contaminación; se habla de una escala moderada cuando la concentración llega a un 66,64%; y si la concentración llega hasta un 83,31% tenemos una escala severa de contaminación. Finalmente, si el porcentaje de contaminación supera el 83,31%, se considera en una escala seria.

En la figura 4, se muestran valores que indican el porcentaje de contaminación acorde a los diferentes gases y partículas analizadas dentro del vehículo en los diferentes tipos de filtros utilizados.

Figura 4.
Nivel porcentual de contaminación partículas/tipo de prueba (dentro del vehículo)



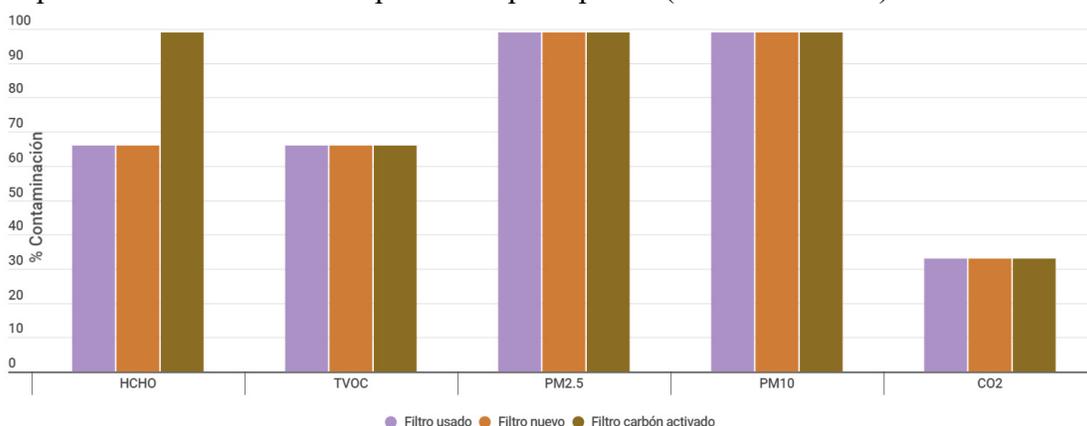
Fuente: Autores (2022)

Los valores obtenidos en las pruebas realizadas dentro del vehículo, en cuanto a HCHO y TVOC arrojan un 83,31% de contaminación con un filtro usado, un 66,64% de contaminación con filtro nuevo y un 33,32% con un filtro de carbón activado, por otro lado, los valores por PM2.5 y PM10 generan casi un 100% de contaminación, mientras que, el nivel de contaminación por CO2, se genera un 50% en filtros nuevos y usados y un 33,32% en filtros de carbón activado. De este modo se demuestra que, dentro del vehículo, en partículas PM2.5 Y PM10, ningún filtro comercial cumple con la norma ISO 16890, lo cual implica un riesgo para la salud de los ocupantes.

En la figura 5, se pueden evidenciar valores que indican el porcentaje de contaminación acorde a los gases y partículas analizadas fuera del vehículo en los diferentes tipos de filtros utilizados.

Figura 5.

Nivel porcentual de contaminación partículas/tipo de prueba (fuera del vehículo)



Fuera del vehículo

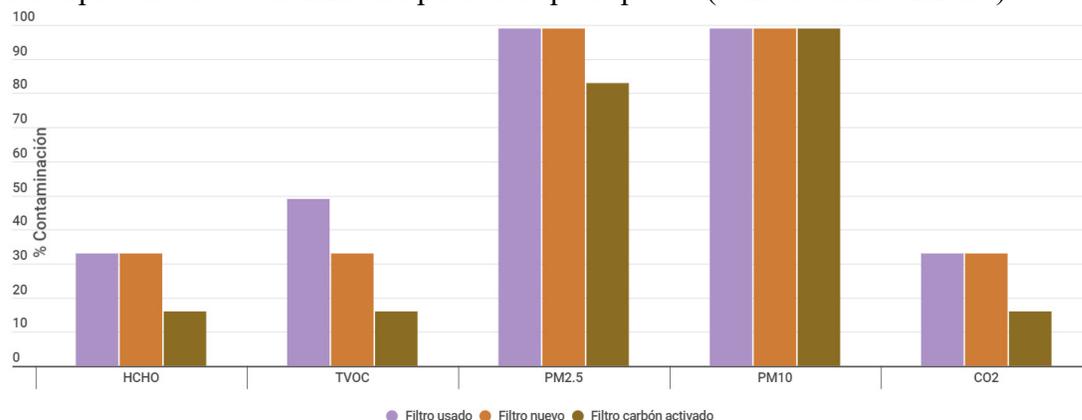
Fuente: Autores (2022)

Los valores obtenidos acorde a las pruebas realizadas fuera del vehículo, en cuanto a HCHO arroja un 66,64% de contaminación con un filtro usado y nuevo, mientras que, con uno de carbón activado existe un 99% de contaminación, en cuanto a los niveles de TVOC se determinó un 66,64% de contaminación con un filtro usado, nuevo y de carbón activado, por otro lado, los valores por PM2.5 y PM10 generan casi un 100% de contaminación, mientras que, el nivel de contaminación por CO2, se genera un 33,32% en filtros nuevos, usados y de carbón activado. Varias investigaciones indican que los niveles de PM2.5 y PM10 son extremadamente elevados y perjudiciales para la salud (Rovira et al., 2020) (Faridi et al., 2018, p. 5) (Barzeghar et al., 2020, p. 8). En este caso, el resultado de las pruebas indica que en Quito existe un elevado índice de material particulado, de esta manera podemos corroborar a través de la investigación que la contaminación por este tipo de partículas es un problema global tal y como se muestra en dichas investigaciones.

En la figura 6, se puede evidenciar valores que indican el porcentaje de contaminación acorde a los gases y partículas analizadas con el vehículo en movimiento, con los diferentes tipos de filtros utilizados.

Figura 6.

Nivel porcentual de contaminación partículas/tipo de prueba (vehículo en movimiento)



Vehículo en movimiento

Fuente: Autores (2022)

Los valores obtenidos acorde a las pruebas realizadas con el vehículo en movimiento, en cuanto a HCHO arroja un 33,32% de contaminación con un filtro usado y nuevo, mientras que, con uno de carbón activado existe un 15% de contaminación, en cuanto a los niveles de TVOC se determinó un 49% de contaminación con un filtro usado, un 33,32% con filtro nuevo y un 16,66% con un filtro de carbón activado, por otro lado, los valores por PM2.5 generan un 99% de contaminación con un filtro y usado y un 83,31% con el filtro de carbón activado, adicionalmente en cuanto al PM10, se obtuvo un 99% de contaminación con un filtro usado nuevo y de carbón activado. Finalmente, el nivel de contaminación por CO2, genera un 33,32% en filtros nuevos y usados y un 16,66% con filtro de carbón activado.

Conclusiones

Se demostró que los filtros usados llegan a un punto de saturación en el cual pierden sus propiedades dejando vulnerables a los usuarios dentro del habitáculo ya que los niveles de contaminación son más altos que el exterior.

Además, se logró comprobar que los filtros de cabina tienen una capacidad de retención limitada únicamente a partículas de mayor tamaño. En este caso, el material particulado (PM) es decir de menos de 2,5 micras y menor o igual a 10 micras representa un riesgo para la salud y desafortunadamente los filtros comerciales, incluso de carbón activado no son capaces de retener este tipo de partículas.

Se evidenciaron las ventajas del uso de un filtro de carbón activado en comparación a los filtros tradicionales. Sin embargo, los filtros de carbón activado son menos atractivos al consumidor por su elevado costo y por el desconocimiento de sus propiedades, características y ventajas.

Se validó la importancia de los filtros de cabina, ya que acorde al tipo de filtro empleado se puede reducir el nivel de contaminación por formaldehído, compuestos orgánicos volátiles y dióxido de carbono.

Referencias

- [1]. Barzeghar, V., Sarbakhsh, P., Hassanvand, M. S., Faridi, S., & Gholampour, A. (2020). Long-term trend of ambient air PM10, PM2.5, and O3 and their health effects in Tabriz city, Iran, during 2006–2017. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101988.
- [2]. Bortolli, D., & Anele, A. (2000). Determinação de formaldeído no ar de ambientes internos. *Salão de iniciação Científica (12.: 2000: Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2000.*
- [3]. Brunekreef, B., & Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. *The lancet*, 360(9341), 1233-1242.
- [4]. *Calidad del aire ambiente (exterior) y salud.* (s. f.). Recuperado 21 de agosto de 2022, de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- [5]. Chen, R., Kan, H., Chen, B., Huang, W., Bai, Z., Song, G., & Pan, G. (2012). Association of particulate air pollution with daily mortality: The China Air Pollution and Health Effects Study. *American journal of epidemiology*, 175(11), 1173-1181.
- [6]. Daly, S. (2011). *Automotive Air Conditioning and Climate Control Systems.* Elsevier.
- [7]. Duque Arias, D. A., & Rivera Guamán, D. N. (2022). *Propuesta de proceso de reciclaje de los elementos filtrantes de aire y cabina de los motores de combustión interna para mitigar la contaminación ambiental.*
- [8]. *El aire de Quito supera los límites permitidos de contaminación.* (s. f.). Recuperado 21 de agosto de 2022, de <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/aire-quito-contaminacion-salud/>
- [9]. Faridi, S., Shamsipour, M., Krzyzanowski, M., Künzli, N., Amini, H., Azimi, F., Malkawi, M., Momeniha, F., Gholampour, A., & Hassanvand, M. S. (2018). Long-term trends and health impact of PM2.5 and O3 in Tehran, Iran, 2006–2015. *Environment international*, 114, 37-49.
- [10]. Gilmour, P. S., Brown, D. M., Lindsay, T. G., Beswick, P. H., MacNee, W., & Donaldson, K. (1996). Adverse health effects of PM10 particles: Involvement of iron in generation of hydroxyl radical. *Occupational and Environmental Medicine*, 53(12), 817-822.
- [11]. Huang, C.-H., & Tan, C.-S. (2014). A review: CO2 utilization. *Aerosol and Air Quality Research*, 14(2), 480-499.

- [12]. Hudda, N., Kostenidou, E., Sioutas, C., Delfino, R. J., & Fruin, S. A. (2011). Vehicle and driving characteristics that influence in-cabin particle number concentrations. *Environmental science & technology*, 45(20), 8691-8697.
- [13]. Janssen, N. A., Hoek, G., Simic-Lawson, M., Fischer, P., Van Bree, L., Ten Brink, H., Keuken, M., Atkinson, R. W., Anderson, H. R., & Brunekreef, B. (2011). Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared with PM10 and PM2.5. *Environmental health perspectives*, 119(12), 1691-1699.
- [14]. Kappos, A. D., Bruckmann, P., Eikmann, T., Englert, N., Heinrich, U., Höpfe, P., Koch, E., Krause, G. H., Kreyling, W. G., & Rauchfuss, K. (2004). Health effects of particles in ambient air. *International journal of hygiene and environmental health*, 207(4), 399-407.
- [15]. Kaynakli, O., & HORUZ, İ. (2003). *An experimental analysis of automotive air conditioning system*.
- [16]. Kim, S., Kim, J.-A., An, J.-Y., Kim, H.-J., Kim, S. D., & Park, J. C. (2007). TVOC and formaldehyde emission behaviors from flooring materials bonded with environmental-friendly MF/PVAc hybrid resins. *Indoor Air*, 17(5), 404.
- [17]. Lowe, D. C., & Schmidt, U. (1983). Formaldehyde (HCHO) measurements in the nonurban atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 88(C15), 10844-10858.
- [18]. Mølhave, L., Clausen, G., Berglund, B., De Ceaurriz, J., Kettrup, A., Lindvall, T., Maroni, M., Pickering, A. C., Risse, U., & Rothweiler, H. (1997). Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations. *Indoor Air*, 7(4), 225-240.
- [19]. Pabón, J. D. (2005). El cambio climático y la salud humana. *Biomédica*, 25(1), 5-8.
- [20]. Rovira, J., Domingo, J. L., & Schuhmacher, M. (2020). Air quality, health impacts and burden of disease due to air pollution (PM10, PM2.5, NO2 and O3): Application of AirQ+ model to the Camp de Tarragona County (Catalonia, Spain). *Science of The Total Environment*, 703, 135538.
- [21]. Shah, R. K. (2009). Automotive air-conditioning systems—Historical developments, the state of technology, and future trends. *Heat Transfer Engineering*, 30(9), 720-735.
- [22]. Yu, N., Shu, S., Lin, Y., She, J., Ip, H. S. S., Qiu, X., & Zhu, Y. (2017). High efficiency cabin air filter in vehicles reduces drivers' roadway particulate matter exposures and associated lipid peroxidation. *PloS one*, 12(11), e0188498.

Anexos

1. Anexos introducción

- **Anexo 1.1.** Artículo de investigación de referencia, relacionado al tema de la UIDE – Universidad Internacional del Ecuador. [4]

Universidad Internacional del Ecuador



Escuela de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Integración Curricular

Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica
Automotriz

**PROPUESTA DE PROCESO DE RECICLAJE DE LOS ELEMENTOS
FILTRANTES DE AIRE Y CABINA DE LOS MOTORES DE COMBUSTION
INTERNA PARA MITIGAR LA CONTAMINACION AMBIENTAL**

Diego Alexander Duque Arias

Daniel Nikolas Rivera Guamán

Director: Ing. Cristian D. Oña R.

Quito, Marzo 2022

Anexo 1.2. Ubicación de las estaciones de control de la calidad del aire en Tabriz y situación de la densidad de población y los tipos de tráfico de las calles de la ciudad. [1]

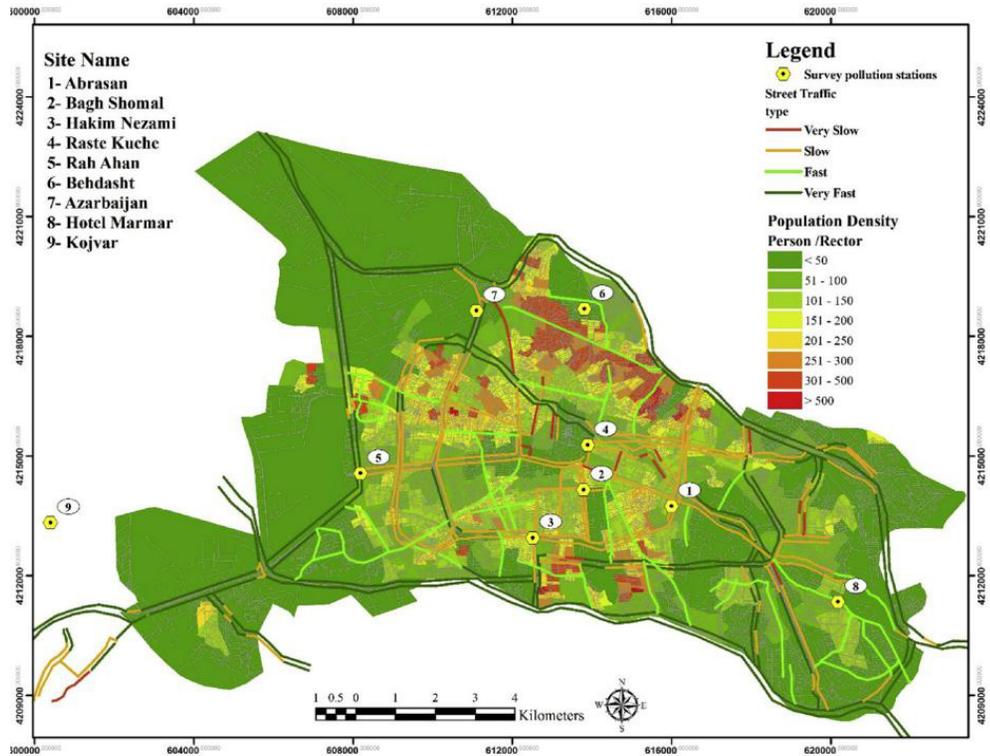
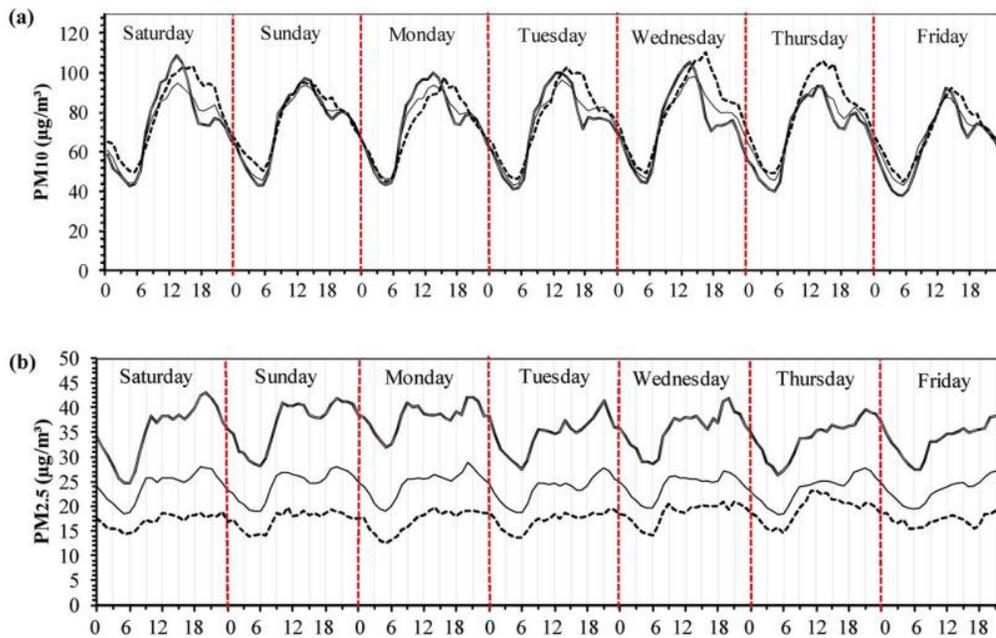


Fig. 1. Location of the air quality monitoring stations in Tabriz and situation of the population density and street traffic types in the city.

Anexo 1.3. Variaciones horarias de PM₁₀, PM_{2.5} a nivel diario, estacional y anual en la ciudad de Tabriz durante el periodo 2006-2017 [1]



Anexo 1.4. Sitios web útiles con información sobre la contaminación atmosférica y la salud [2]

Useful websites containing information on air pollution and health

<p>WHO WHO air quality guidelines for Europe, 2000 http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf WHO air quality guidelines for Europe, 2000 (background documents) http://www.euro.who.int/air Transport, environment, and health, 2000 http://www.euro.who.int/document/e72015.pdf</p> <p>US Environmental Protection Agency (EPA) National ambient air quality standards (NAAQS), 2001 http://www.epa.gov/airs/criteria.html EPA's national ambient air quality standards: the standard review/re-evaluation process (1997) http://www.epa.gov/ttn/oarpg/naaqsfm/naaqs.html Health and environmental effects of ground-level ozone (1997) http://www.epa.gov/ttn/oarpg/naaqsfm/o3health.html Health and environmental effects of particulate matter (1997) http://www.epa.gov/ttn/oarpg/naaqsfm/pmhealth.html Transportation and fuels (2002) http://www.epa.gov/air/transport/index.html Air quality guide for ozone (1999) http://www.epa.gov/airnow/consumer.html A guide to air quality and your health (2000) http://www.epa.gov/airnow/aqi_cl.pdf Air quality criteria for particulate matter (third external review draft), July 2002 http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/partmatt.cfm?ActType=default</p>	<p>European Union (EU) European commission air quality website (2001) http://europa.eu.int/comm/environment/air/ Air quality framework directive (2002) http://europa.eu.int/comm/environment/air/ambient.htm Clean air for Europe programme (2001) http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe.htm EU Particulate Matter position paper (1997) http://europa.eu.int/comm/environment/air/pp_pm.pdf EU ozone position paper (1999) http://europa.eu.int/comm/environment/docum/pos_paper.pdf</p> <p>UK Department for Environment, Food and Rural Affairs Air quality—what it means for your health (2001) http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/airpoll/index.htm Expert panel on air quality standards. Airborne particles: what is the appropriate measurement on which to base a standard? A discussion document (2001; 110 pp) http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/aqs/air_measurement/index2.htm</p> <p>Other sources of information A thematic network on air pollution and health: funded by EU, gives access to a network of research projects and information on air pollution and health. http://airnet.iras.uu.nl The <i>Health and Clean Air Newsletter</i> is an attempt to make scientific information available to non-specialist readers, including reporters, without sacrificing accuracy. http://healthandcleanair.org</p>
--	---

Anexo 1.5. Aumento porcentual de la mortalidad diaria asociado a un aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , por varios niveles de PM_{10} , en las ciudades CAPES, 1996-2008 [3]

Table 4. Percentage Increase in Daily Mortality Associated With a $10\text{-}\mu\text{g}/\text{m}^3$ Increase in PM_{10} ,^a by Various PM_{10} Levels, in the CAPES Cities, 1996–2008

PM_{10} Levels^{b,c}	Total Mortality		Cardiovascular Mortality		Respiratory Mortality	
	Mean	95% PI	Mean	95% PI	Mean	95% PI
Low	0.60	0.10, 1.10	0.74	0.18, 1.30	0.82	0.08, 1.55
Middle	0.31	0.03, 0.60	0.38	0.05, 0.71	0.51	0.07, 0.95
High	0.18	0.07, 0.29	0.27	0.04, 0.49	0.37	0.08, 0.67

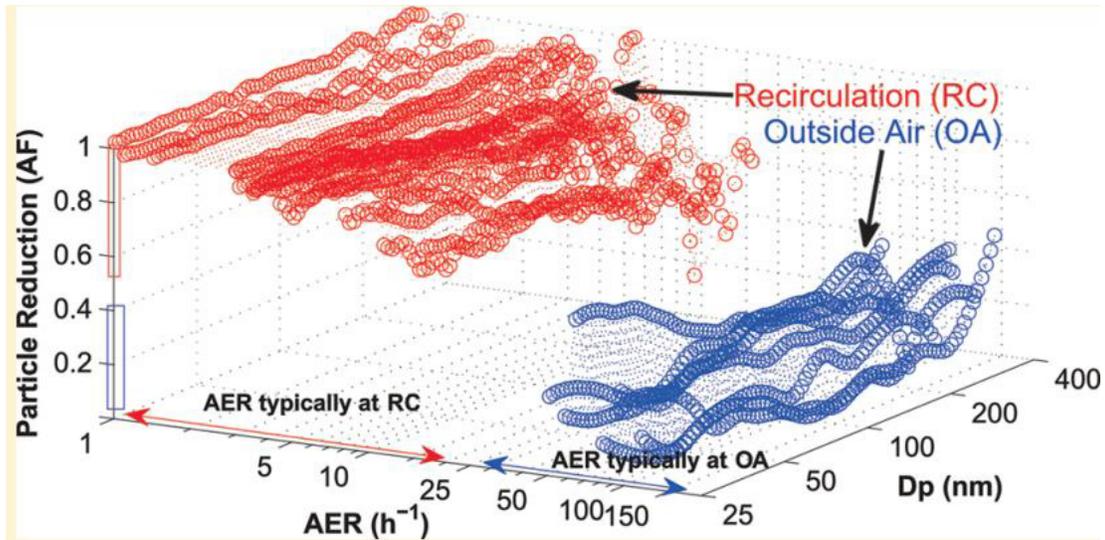
Abbreviations: CAPES, China Air Pollution and Health Effects Study; PI, posterior interval; PM_{10} , particulate matter with an aerodynamic diameter of less than $10\ \mu\text{m}$.

^a Average of lag 0 and lag 1 of the 24-hour average concentrations.

^b Low PM_{10} levels ranging from 52 to 98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hong Kong, Fuzhou, Guangzhou, Suzhou, Tangshan); middle PM_{10} levels ranging from 101 to 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tianjin, Shanghai, Anshan, Shenyang, Hangzhou); high PM_{10} levels ranging from 130 to 144 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Wuhan, Taiyuan, Xi'an, Beijing, Urumuqi).

^c Lanzhou was not included because cause-specific mortality data were not available in the city.

Anexo 1.6. Calidad del aire/ recirculación de partículas



2. Anexos marco teórico

- **Anexo 2.1:** Parámetros climáticos promedio, referentes a la temperatura anual de la ciudad de Quito.

Parámetros climáticos promedio de Quito [ocultar]													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	33.0	28.6	32.0	25.6	30.4	29.0	31.0	27.0	29.0	27.0	29.3	29.0	33.0
Temp. máx. media (°C)	19.1	19.1	19.1	19.4	19.2	19.7	19.8	20.3	20.3	20.1	19.3	19.3	19.6
Temp. media (°C)	13.4	13.6	13.4	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	13.8	13.7	13.3	13.5	13.6
Temp. mín. media (°C)	9.6	9.7	9.6	9.9	9.6	9.1	8.6	8.7	8.9	9.0	9.1	9.9	9.3
Temp. mín. abs. (°C)	1.0	0.0	-5.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.6	0.9	1.0	0.0	0.0	-5.0
Precipitación total (mm)	65.0	104.2	123.1	149.8	98.2	41.4	22.0	28.0	60.0	119.3	87.9	76.3	975.2
Días de precipitaciones (≥ 1.0 mm)	10	11	15	15	13	7	5	5	11	14	11	11	128
Horas de sol	167	140	132	136	164	189	219	216	186	167	167	175	2058
Humedad relativa (%)	80	81	82	82	80	75	67	65	70	79	79	79	76.6

Fuente n°1: NOAA,⁵⁶ World Meteorological Organization (precipitation data),⁵⁷ Voodoo Skies (records)⁵⁸

Fuente n°2: Danish Meteorological Institute (sun and relative humidity)⁵⁹

Anexo 2.2: Sistema de refrigeración

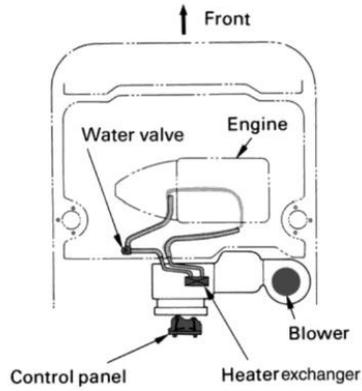


Figure 1.8 Water cooling system
(with the agreement of Toyota (GB) PLC)

➤ **Anexo 2.3:** Sistema de aire acondicionado componentes

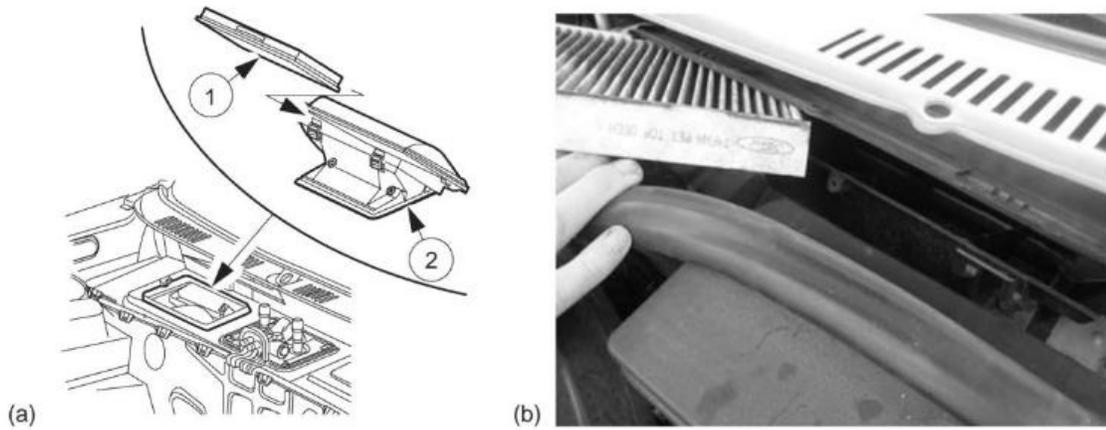


Figure 1.14 (a) Fresh air inlet; (b) Fresh air inlet Ford Fiesta
(reproduced with the kind permission of Ford Motor Company Limited)

Anexo 2.4. Distribución de aire en el sistema

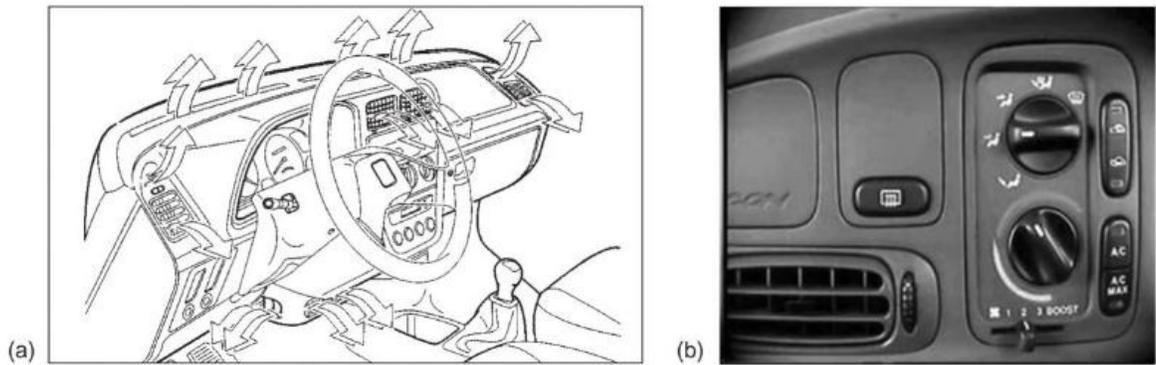


Figure 1.19 (a) Air distribution showing panel, face and floor vents (b) Manual control panel
(reproduced with permission of Peugeot)

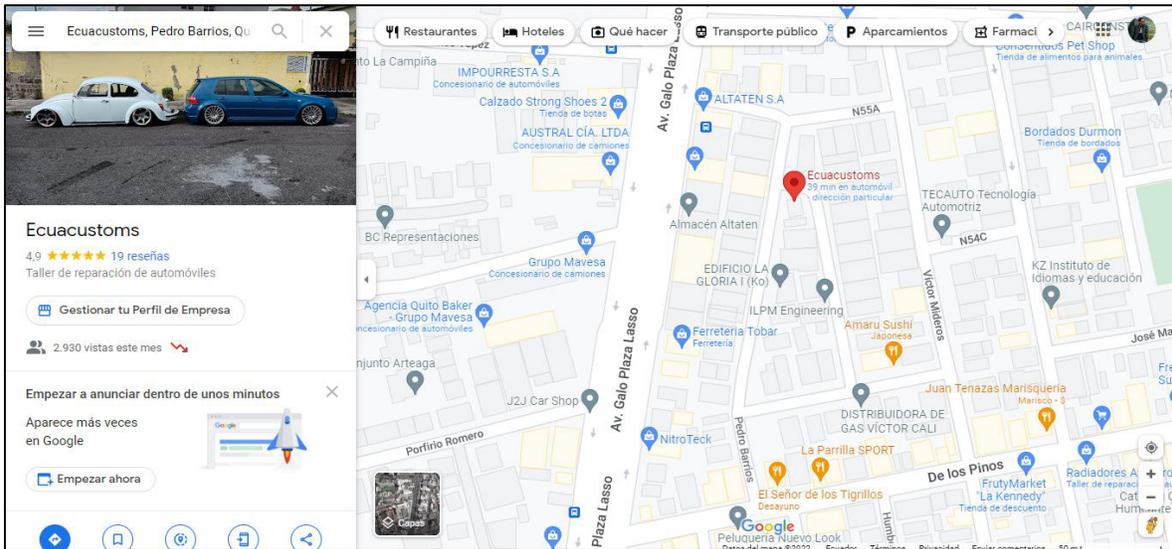
3. Anexos materiales y métodos

- **Anexo 3.1:** Ubicación geográfica y variables del lugar en donde se realizó las pruebas:

Ciudad: Quito

Barrio / sector: La Kennedy

Dirección: Emilio Estrada y Pedro Barrios



- **Anexo 3.2:** Monitor de calidad del aire marca BIAOLING.



Anexo 3.3: Características del Equipo.

Detalles de producto

- Múltiples gases detectables: el monitor de calidad del aire interior mejorado BIAOLING incorpora sensores electroquímicos DART que pueden detectar con precisión el aire de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), formaldehído (HCHO), compuesto orgánico volátil (TVOC), partículas (PM_{2.5}/PM₁₀). Este nuevo modo puede ofrecer datos en tiempo real y valor medio, se recomienda que se concentre en el valor medio de cada gas después de probar suficiente tiempo porque el monitoreo a largo plazo, los datos en tiempo real existen inestabilidad.
- Conozca su aire claramente: para todos, es necesario conocer la calidad del aire del lugar donde vive. Este monitor de aire tiene una pantalla LCD digital a color, grande y fácil de leer. Este monitor de aire ofrecerá una indicación de color para mostrar la calidad ambiental general que tiene tres grados de Contaminación buena (verde), leve (amarillo), contaminación severa (rojo). Puede conocer directamente la calidad ambiental general y realizar un seguimiento del valor medio de cada gas para saber qué gas en el aire no es seguro y tomar las medidas correspondientes.
- Fácil de operar: este monitor de aire es fácil de operar, simplemente presionando el botón funcional y el diseño de una página completa hacen que todos puedan leer fácilmente todas las lecturas en tiempo real al mismo tiempo. Tamaño aproximado de 5,83" * 2,76" * 1,18". Es fácil llevar el monitor inteligente de calidad del aire que puede ayudarnos a detectar la calidad del aire en el hogar, la cocina, el dormitorio, la oficina, la escuela, el automóvil, el hotel, los viajes, el campamento, la fiesta, etc. mujer.
- Batería recargable de 3000 mAh: el detector de calidad del aire BIAOLING tiene una batería de litio recargable de 3000 mAh y viene con un cable USB que puede durar hasta 8-12 horas. Se recomienda que cargue 6 horas antes del primer uso y no lo use cuando se está cargando o con la batería baja porque los datos pueden no ser tan precisos. El chip de procesamiento de bajo consumo de energía incorporado puede llevar a cabo un monitoreo ininterrumpido de la calidad del aire durante mucho tiempo. Siempre cuidará de tu salud y la de tu familia.

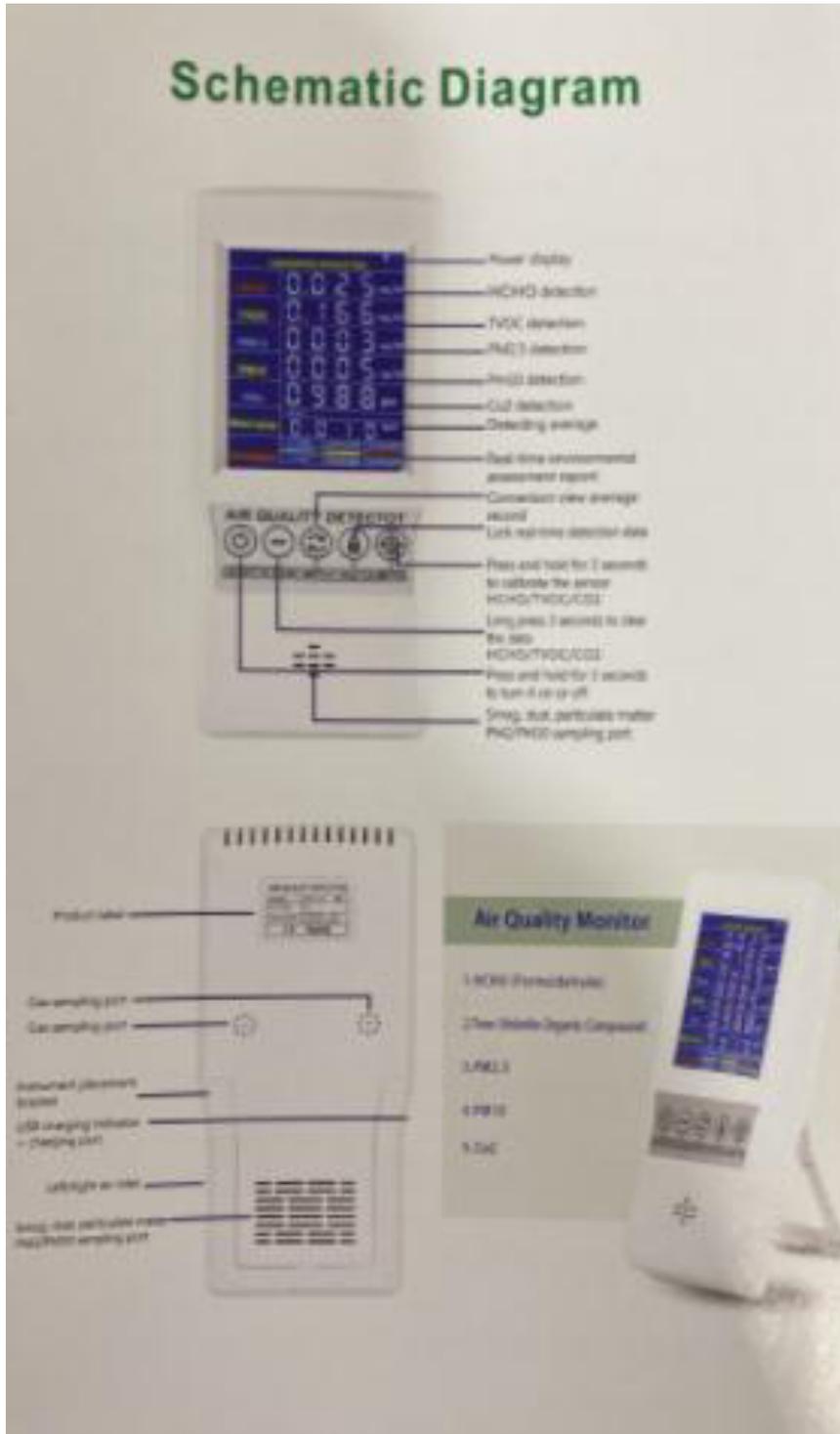
Anexo 3.4: Ficha técnica del equipo.

Dimensiones del paquete	6,46 x 3,78 x 1,34 pulgadas (16,4 x 9,6 x 3,4 cm); 7,68 onzas (217,73 gramos)
Baterías	Requiere pilas de 1 A.
Fecha de fabricación	30 de diciembre de 2019
Fabricante	BIAOLING
Número de parte	B08398C5SL
Color	Blanco
Código PN	0795787568699
Peso del artículo	7,7 onzas (218,3 gramos)
Número de parte	2
Tipo de fuente de alimentación	Batería cargada
Estilo	Monitor de calidad del aire W-HCHO TVOC PM2.5/10 CO2
Código UNSPSC	46191500
UPC	795787568699
Nombre de la marca	BIAOLING
Marca	BIAOLING
Estilo	Monitor de calidad del aire W-HCHO TVOC PM2.5/10 CO2
Fuente de alimentación	Batería cargada
Color	Blanco
Peso del artículo	0,48 libras (0,22 kg)
Tipo de sensor	Electroquímico

- **Anexo 3.5:** Manual de usuario del medidor de calidad de aire BIAOLING.



Anexo 3.5.1 Diagrama Esquemático del equipo.



Anexo 3.6. Descripción del producto y parámetros básicos de funcionamiento.

Product Description

1. HTO-131 air quality monitor is a multifunctional intelligent household(indoor) small-scale air quality monitoring equipment. It is a non-professional testing instrument. The measured data can only be used as a reference for the change of household air environment.

2. This monitor can detect: CO2, HCHO(formaldehyde), TVOC, PM2.5 and PM10. Those readings involve detection of toluene, harmful chemical substances and pollutants in the air such as carbon dioxide, carbon monoxide, smoke, fog, dust, alcohol, glue, paint, ink and others.

3. The instrument appearance designed by the famous master heart-to-heart design, design key in household, office, business, government, schools, etc.

Basic parameter indication

Application Technology: Air Natural Flow Detection	
Technology Display Mode: LCD Color Screen Digital Display	
Product Specification: 148*75*38mm	
Product Model: HTO-131	Detection Rate: 2%-30%
Start-up preheating: 120 seconds (only for formaldehyde TVOC Co2 sensor)	
Battery Capacity: 3000mAh	Working Voltage: 5V
Full Charging time: About 4-6 hours	Standby time: About 8-12 hours

Anexo 3.7: Manejo del producto.

Product Operation

<p>ON-OFF Button --Power on/off</p>	<p>Press 3 seconds to turn on or off. Tips: 120 seconds preheating is required for the HCHO(formaldehyde) TVOC CO2 sensor after booting; PM 2.5/PM 10 sensor can work at once after power on.</p>
<p>TO CLEAR BUTTON --Data clear</p>	<p>Long Press 3 seconds, the HCHO (formaldehyde) TVOC CO2 real-time data will be clear and restart to detect. It will also need 120 preheating, please kindly be more patient to wait. PM2.5/PM10 readings cannot be cleared.</p>
<p>SWITCH BUTTON --Switch to check each reading's mean value</p>	<p>HCHO Mean Value-60 Minutes Update;TVOC Mean Value-30 Minutes Update;CO2(Carbon Dioxide) Mean Value-10 Minutes Update;PM2.5 Mean Value-30 Minutes Update; PM10 Mean Value-10 Minutes Update; Tips: Just press switch button to check these value one by one.</p>

Anexo 3.8: Requisitos de uso del equipo.

Usage requirements	
HOLD --Locking and unlocking value	<p>Press once can lock the real-time data of monitor(mg/m³, ug/m³, ppm flicker means lock.) Press again, then unlock.</p> <p>Tips: If you found the detect value is always the same for a long time, please kindly check the device whether it is locked by accidentally.</p>
CALIBRATION --Sensor Calibration	<p>Long press 3 seconds sensor calibration to restore factory settings.</p> <p>Tips; Please use this function cautiously. Actually all our device has calibrated before shipped, so you no have to calibrate it for first use if the device can test in normal. But if you think your HCHO/TVOC/CO₂ readings is not normal, you can use this function. Please kindly note that PM_{2.5}/PM₁₀ cannot be reset.</p>

Anexo 3.9: Tabla de referencia de niveles de contaminación de la calidad del aire y sus tipos.

Air Quality Monitor Pollution Grade Reference Table

Environment	(1)Good	(2)Good	(3)POIUTE	(4)POIUTE	(5)POIUTE	(6)POIUTE
HCHO	0-0.08	0.081-0.1	0.101-0.2	0.201-0.5	0.501-1.0	1.001-1.999
TVOC	0-0.5	0.501-0.5	0.601-1.5	1.501-3	3.001-6.0	6.001-12
CO2	0-450	451-1000	1001-1500	1501-2000	2001-3000	3001-5000
PM2.5	0-35	36-50	51-75	76-150	151-250	251-1000
PM10	0-50	51-75	76-100	101-200	201-300	301-2000

Tips:

- (1)Good--Excellent
- (2)Good--Good
- (3)POIUTE--Mild pollution
- (4)POIUTE--Moderately pollution
- (5)POIUTE--Severe pollution
- (6)POIUTE--Serious pollution

Anexo 3.10: Información acerca del HCHO proporcionada por el fabricante.

HCHO

What is HCHO?

Formaldehyde, colorless and irritating gas, chemical formula HCHO or CH₂O, molecular weight 30.00, also known as antialdehyde. Colorless, irritating to human eyes and nose.

How to deal with it if has HCHO pollution?

1. Ventilation method

Through the circulation of indoor air, the content of harmful substances in the indoor air can be reduced, thereby reducing the harm of such substances to the human body. In winter, people often close doors and windows so that indoor and outdoor air

cannot circulate. Not only the formaldehyde content in indoor air will increase, but radon will continue to accumulate, even reaching high concentrations. Advantages: good effect, no cost. Disadvantages: It takes a long time, and it usually takes more than three years to remove formaldehyde.

2. Deodorization

Formaldehyde deodorant can capture and decompose harmful pollutants such as formaldehyde, benzene and ammonia, kill harmful bacteria and harmful microorganisms of mites, purify the air, and eliminate odors.

Anexo 3.11: Instrucciones de uso del equipo.

Usage Instruction

1. Please kindly check the package whether is complete; you should receive one air quality monitor, one charging cable and one instruction manual. If the package missed part of accessories, please feel free to contact us through Amazon buyer email address, we will try our best to help you.
2. Please kindly use it asap once you have received the item. All our items has been calibrated before shipped. So you can use it directly first time, no have to calibrate it in initial use.
3. First use, 120 seconds preheating is required for the HCHO, TVOC CO2 sensor after booting; PM 2.5 and PM 10 can use directly.
4. Please kindly note this device is household indoor air quality monitor; It is recommend you to close the door and window when test.
5. This device can offer real-time data and mean value for these test readings. It is recommend you to focus on 30-60 minutes mean value for result as long-term monitoring the real time data exist instability.
6. If you think the mean value is abnormal after test in enough time. Please kindly try to calibrate the readings and place this device on good air ventilation to work after about 30 minutes. Usually, then it can be test in normal. But if you think the test readings is still different with your actual air condition after try this, please kindly contact us by email; then we will give your more concrete solution according your own problem.

7. If you want to test multiple room, please kindly test them one by one; when you finished one room test, it is recommend you to write down the result for future use. Then turn off it and move it to another room, and open it to start a new test.
8. Please kindly note our device with rechargeable 3000mAh lithium battery, it need to 4-6 hours for full charge and there no indicator if it has down. You may need to focus on the charge time. It is recommend you to turn off it when the device is charging. And you can use your apple or iPad charge connect with the USB cable to charge it. The battery warranty life is 2 years and you can change it by yourselves if it no longer work in the future.
9. This device standby time is 6-12 hours after full charge. We do not recommend you to use it when it is in charging status.
10. Please do not use the detector in high-concentration dust or high-concentration polluted gas for a long time.
11. Please pay attention to fire/waterproof/drop-proof/anti-exposure/moisture-proof/mildew proof and prevent vigorous shaking.
12. Please take the electronic equipment away from Children. Please place the monitor in safety zone if you long time will not use it, keep away from flammable and explosive materials.

Anexo 3.12.1 Información acerca el PM 2.5 y PM.10 proporcionada por el fabricante.

PM2.5&PM10

What is PM 2.5&PM10?

Fine particles are also called fine particles, fine particles, PM2.5. It can be suspended in the air for a long time. The higher the concentration in the air, the more serious the air pollution. Inhalable particulate matter, usually refers to particulate matter with a particle size below 10 microns, also known as PM10. Inhalable particulate matter lasts a long time in the ambient air, and has a great impact on human health and atmospheric visibility.

How to deal with it if has PM2.5&PM10 pollution?

1. Filter method

Including air conditioners, humidifiers, and

Anexo 3.12.2 Información acerca el PM 2.5 y PM.10 proporcionada por el fabricante.

air fresheners, the advantage is that the concentration of PM2.5 is significantly reduced, and the disadvantage is that the filter membrane needs to be cleaned or replaced.

2. Water adsorption method

Ultrasonic atomizers, indoor water curtains, pools, fish tanks, etc., can absorb hydrophilic PM2.5 in the air. The disadvantage is that it increases humidity and hydrophobic PM2.5 cannot be effectively removed.

3. Plant absorption method

Plant leaves have a large surface area and can absorb harmful gases and PM2.5. The advantage is that they can produce favorable gases. The disadvantage is that the absorption efficiency is low, and some plants produce harmful gases.

Anexo 3.13.1 Información acerca del CO₂ proporcionada por el fabricante.

CO₂

What is CO₂?

Carbon dioxide (carbon dioxide), a carbon oxide compound with the chemical formula CO₂, is a colorless, odorless, colorless, odorless (no smell) but slightly acidic gas at normal temperature and pressure, and is also a common greenhouse and a component of air. Studies have shown that when the concentration of carbon dioxide in the air is less than 2%, there is no obvious harm to people. Exceeding this concentration can cause damage to the human respiratory organs, that is, carbon dioxide is generally not a toxic substance, but when the concentration of carbon dioxide in the air

Anexo 3.13.2 Información acerca del CO2 proporcionada por el fabricante.

exceeds a certain limit It can cause the body to be poisoned, and high concentrations of carbon dioxide can cause suffocation.

How to deal with it if has CO2 pollution?

Before entering a work area with a high concentration of carbon dioxide, check whether the carbon dioxide concentration in the air exceeds 2%. If it exceeds, you need to take effective safety measures, such as:

- ① ventilate and detoxify, replace the workplace air, and make the carbon dioxide concentration in the air Not more than 2%;
- ② wear a ventilation mask, self-suction catheter gas mask, oxygen respirator and other commonly used gas masks.

Anexo 3.14.1 Información acerca el TVOC proporcionada por el fabricante.

TVOC

What is TVOC?

Indoor air quality researchers usually refer to all indoor organic gaseous substances they sample and analyze as TVOC; The various measured VOCs are collectively referred to as total volatile organic compounds TVOC (Total Volatile Organic Compounds). TVOC is one of three kinds of pollution that affect indoor air quality more seriously. TVOC refers to organic matter with a saturated vapor pressure exceeding 133.32pa at room temperature, its boiling point is in the air at 50 °C to 250 °C, it can be evaporated in normal temperature; Its toxicity, irritation, carcinogenicity and special odor can affect

Anexo 3.14.2. Información acerca el TVOC proporcionada por el fabricante.

the skin and mucous membranes and cause acute damage to the human body.

How to deal with it if has TVOC pollution?

To prevent TVOC damage, it is mainly from the source to eliminate non-environmental-friendly building materials; secondly, often ventilate and even heat and bake to accelerate the release of TVOC; fourthly, it is best to test to confirm that TVOC does not exceed the standard after ventilation and ventilate Check-in after three months, if the conditions are good ventilation half-year check-in; In addition, in the livingroom or courtyard can be placed rose, lily and gorilla, etc., they can absorb TVOC, but they should not be placed in the bedroom.

➤ **Anexo 3.15:** Características de filtros de cabina marca MAHLE:

Filtros de habitáculo

Los filtros de habitáculo de MAHLE suministran de forma fiable aire depurado al conductor y a los pasajeros. Reducen el polvo sobre el salpicadero y en el habitáculo, así como la peligrosa formación de vaho en las lunas. Además, descargan el soplador y protegen la calefacción y el aire acondicionado contra la suciedad. En la calefacción o el aire acondicionado pueden producirse daños irreparables. Por eso es imprescindible respetar los intervalos de sustitución recomendados por los fabricantes de los vehículos. Regla de oro: aprox. cada 15 000 o 20 000 km. Se trata de una fuente habitual de ingresos para todos los talleres.



➤ **Anexo 3.16:** Características de filtros de cabina de carbono activo marca MicronAir:

Prácticamente, uno de cada dos automóviles nuevos están equipados con filtros de habitáculo **MicronAir® de Freudenberg**, el líder mundial en tecnología de filtración de aire. **Corteco** ofrece, como especialista en aftermarket para el Grupo Freudenberg, la más amplia gama de filtros de habitáculo, cada uno de ellos disponible con una versión de partículas y una versión de carbón activo. Corteco también ofrece los filtros blue, que tienen una neutralización de alérgenos más amplia que los filtros de partículas y carbón activado.

- **Filtro de carbono activo:** tiene todas las características de filtrado de los filtros de partículas, pero proporciona protección adicional contra gases de escape, olores desagradables, benceno y otros gases peligrosos.

➤ **Anexo 3.17:** Características de filtros de cabina marca ADVANCE:

Advance Filters son fabricados bajo normas de certificación de calidad reconocidos internacionalmente por la industria automotriz: ISO/TS16949/2009 e ISO9001: 2000



4. Anexos resultados

- **Anexo 4.1.** Toma de datos en vehículo: Mazda 3 – 2012 (Filtro convencional ADVANCE)

Anexo 4.1.1 Vehículo de prueba (Mazda 3)



Anexo 4.1.1.1 Toma de datos dentro del vehículo en el interior de la cabina con filtro usado.



Anexo 4.1.1.2 Toma de datos dentro de la cabina con filtro nuevo.



Anexo 4.1.1.3 Toma de datos en el exterior del vehículo.



Anexo 4.1.1.4 Filtro nuevo y usado empleado en la prueba realizada.



➤ **Anexo 4.2** Toma de datos en vehículo: Volkswagen Virtus - 2021 (Filtro convencional MAHLE)

Anexo 4.2.1 Vehículo de prueba (Volkswagen Virtus).



Anexo 4.2.1.1 Toma de datos fuera de la cabina.



Anexo 4.2.1.2. Toma de datos dentro de la cabina con filtro usado.



Anexo 4.2.1.3 Toma de datos dentro de la cabina con filtro nuevo.



Anexo 4.2.1.4 Filtro de cabina nuevo, empleado para la prueba realizada.



➤ **Anexo 4.3** Toma de datos en vehículo: Chevrolet Spark Gt – 2016 (Filtro convencional ADVANCE)

Anexo 4.3.1 Vehículo de prueba (Chevrolet Spark Gt)



Anexo 4.3.1.1 Toma de datos dentro de la cabina con filtro usado.



Anexo 4.3.1.2 Toma de datos dentro de la cabina con filtro nuevo.



Anexo 4.3.1.3 Toma de datos dentro de la cabina a los 6 minutos.



Anexo 4.3.1.4 Filtro de cabina usado y nuevo, empleados para la prueba.



- **Anexo 4.4** Toma de datos en vehículo: BMW E46 328i – 1999 (Filtro de carbón activado MICRONAIR)

Anexo 4.4.1 Vehículo de prueba (BMW e46 328i)



Anexo 4.4.1.1 Toma de datos con filtro usado.



Anexo 4.4.1.2 Toma de datos en el exterior del vehículo



Anexo 4.4.1.3 Toma de datos con el vehículo en movimiento.



Anexo 14.4.1.4 Filtro de cabina usado y nuevo empleados para la prueba.



- **Anexo 4.5.** Datos obtenidos en los diferentes vehículos de prueba mediante el uso del medidor de calidad de aire en filtros de cabina nuevos, usados y de carbón activado.

MARCA	MODELO	TIPO DE PRUEBA	HCHO	TVOC	PM2.5	PM10	C02
MAZDA	3	FILTRO USADO (CONVENCIONAL)					
		ADENTRO	0,712	3,835	293	480	1240
		AFUERA	0,528	3,137	279	522	992
		EN MOVIMIENTO	0,124	0,039	249	481	492
		FILTRO NUEVO (CONVENCIONAL - ADVANCE)					
		ADENTRO	0,546	3,439	265	455	1164
		AFUERA	0,445	2,804	275	451	980
		EN MOVIMIENTO	0,024	0,015	247	473	485
VOLKSWAGEN	VIRTUS	FILTRO USADO (CONVENCIONAL)					
		ADENTRO	0,014	0,021	261	452	1150
		AFUERA	0,498	3,25	257	439	973
		EN MOVIMIENTO	0,046	0,029	224	473	565
		FILTRO NUEVO (CONVENCIONAL - MAHLE)					

		ADENTRO	0,003	0,018	252	455	1164
		AFUERA	0,492	2,96	252	451	980
		EN MOVIMIENTO	0,031	0,022	239	467	593
CHEVROLET	SPARK GT	FILTRO USADO (CONVENCIONAL)					
		ADENTRO	0,55	3,465	267	480	1020
		AFUERA	0,035	3,32	289	487	849
		EN MOVIMIENTO	0,051	0,035	273	472	695
		FILTRO NUEVO (CONVENCIONAL - ADVANCE)					
		ADENTRO	0,609	3,868	344	588	1074
		AFUERA	0,027	3,12	259	561	1010
		EN MOVIMIENTO	0,6	0,24	269	539	893
BMW	E46 328i	FILTRO USADO (CONVENCIONAL)					
		ADENTRO	0,813	5,121	282	505	1291
		AFUERA	0,015	0,099	272	489	524
		EN MOVIMIENTO	0,533	3,462	277	502	1019
		FILTRO NUEVO (CARBONO ACTIVADO - MICRONAIR)					
		ADENTRO	0,085	0,413	286	514	844
		AFUERA	0,258	1,626	276	496	835
		EN MOVIMIENTO	0,003	0,018	214	493	370

- **Anexo 4.6** Promedio de nivel de HCHO tras realizar las mediciones en los vehículos de prueba acorde a los diferentes tipos de prueba (Adentro, afuera y en movimiento)

HCHO			
	Adentro	Afuera	En movimiento
Usado	0,5223	0,269	0,1885
Nuevo	0,39	0,32	0,22
Carbón Activado	0,085	0,258	0,003

- **Anexo 4.7** Promedio de nivel de TVOC tras realizar las mediciones en los vehículos de prueba acorde a los diferentes tipos de prueba (Adentro, afuera y en movimiento)

TVOC			
	Adentro	Afuera	En movimiento
Usado	3,1105	2,4515	0,89125
Nuevo	2,442	2,4515	0,0923
Carbón Activado	0,413	1,626	0,018

- **Anexo 4.8** Promedio de nivel de PM 2.5 tras realizar las mediciones en los vehículos de prueba acorde a los diferentes tipos de prueba (Adentro, afuera y en movimiento)

PM 2.5			
	Adentro	Afuera	En movimiento
Usado	275,75	274,25	255,75
Nuevo	287	262	251,667
Carbón Activado	286	276	214

- **Anexo 4.9** Promedio de nivel de PM 10 tras realizar las mediciones en los vehículos de prueba acorde a los diferentes tipos de prueba (Adentro, afuera y en movimiento)

PM10			
	Adentro	Afuera	En movimiento
Usado	479,25	484,25	482
Nuevo	499,33	487,67	493
Carbón Activado	514	496	493

- **Anexo 4.10** Promedio de nivel de CO2 tras realizar las mediciones en los vehículos de prueba acorde a los diferentes tipos de prueba (Adentro, afuera y en movimiento)

CO2			
	Adentro	Afuera	En movimiento
Usado	1175,25	834,5	692,75
Nuevo	1134	990	657
Carbón Activado	844	835	370

- **Anexo 4.11** Valores referenciales del nivel de contaminación de manera cualitativa

		Dentro		Fuera		Movimiento	
HCHO	Usado	0,52	Severo	0,269	Moderado	0,19	Bueno
	Nuevo	0,39	Moderado	0,32	Moderado	0,22	Bueno
	Carbón activado	0,085	Bueno	0,258	Serio	0,003	Excelente
TVOC	Usado	3,1105	Severo	2,45	Moderado	0,89	Ligero
	Nuevo	2,442	Moderado	2,4515	Moderado	0,0923	Bueno
	Carbón activado	0,413	Bueno	1,626	Moderado	0,018	Excelente
PM2.5	Usado	275,75	Serio	274,25	Serio	255,75	Serio
	Nuevo	287	Serio	262	Serio	251,67	Serio
	Carbón activado	286	Serio	276	Serio	214	Severo

PM10	Usado	479,25	Serio	484,25	Serio	482	Serio
	Nuevo	499,33	Serio	487,67	Serio	493	Serio
	Carbón activado	514	Serio	496	Serio	493	Serio
CO2	Usado	1175,25	Ligero	834,5	Bueno	692,75	Bueno
	Nuevo	1134	Ligero	990	Bueno	657	Bueno
	Carbón activado	844	Bueno	835	Bueno	370	Excelente