

# Sistemas de ventilación automatizados para el control de la calidad del aire en industrias y áreas de trabajo que involucren alimentos

Automated airing systems for air quality control in industries and work areas that involve food

Gerald Castillo Picado<sup>1</sup>, Johel Sanabria Salas<sup>2</sup>

---

Castillo Picado, G; Sanabria Salas, J. Sistemas de ventilación automatizados para el control de la calidad del aire en industrias y áreas de trabajo que involucren alimentos. *Tecnología en Marcha*. Vol. 37, special issue. June, 2024. IEEE Latin American Electron Devices Conference (LAEDC). Pág. 15-23.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v37i5.7214>

1 Instituto tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 [geraldcp@estudiantec.cr](mailto:geraldcp@estudiantec.cr)

 <https://orcid.org/0000-0001-6516-7790>

2 Instituto tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 [johelsanabria@estudiantec.cr](mailto:johelsanabria@estudiantec.cr)

 <https://orcid.org/0000-0002-2811-9025>

## Palabras clave

Automatización; sensores; confort; túnel de aire forzado; reducción de costos; ventiladores; cortinas de aire.

## Resumen

Los sistemas de control automatizado de aire son una tecnología avanzada que permite a las industrias gestionar y controlar la calidad del aire en su entorno. Estos sistemas utilizan una combinación de sensores, controladores y software inteligente para tomar decisiones de manera automática. Su capacidad para medir la calidad del aire, la humedad, la temperatura y la presencia de insectos es especialmente útil en entornos industriales que pueden ser pesados para los trabajadores debido a factores ambientales, entre las ventajas que ofrecen estos sistemas se encuentran la mejora de la salud, la comodidad y la seguridad de los trabajadores. La automatización de estas funciones también reduce los costos de energía y aumenta la eficiencia de los procesos de producción. Además, estos sistemas pueden ser personalizados para adaptarse a las necesidades específicas de cada industria, lo que es fundamental para el buen desarrollo del proceso de salud, ambiental y de confort.

## Keywords

Automation; sensors; comfort; forced air tunnel; costs reduction; fans; air curtains.

## Abstract

Automated air control systems for industry are advanced technologies that allow the management and control of air quality in industrial environments, which can sometimes be very heavy due to different aspects of the environment. These systems are made up of sensors, controllers and intelligent software that will allow decisions to be made automatically, they are special for measuring air quality, the amount of humidity, regulating the temperature of the place and avoiding the presence of insects, these Systems have multiple advantages, such as improving the health, comfort and safety of workers, doing this automatically generates a reduction in energy costs and the efficiency of production processes, in addition, they can be customized to adapt to the specific needs of each industry, being a very important point for a good development of the health, environmental and comfort process.

## Introducción

Los sistemas de control automatizado de aire para la industria representan una solución innovadora y eficiente para garantizar un ambiente de trabajo saludable y seguro, y al mismo tiempo mejorar los procesos de producción. Gracias a la incorporación de tecnologías avanzadas como sensores, controladores y software inteligente, estos sistemas permiten medir y controlar de manera automática factores como la calidad del aire, la humedad, la temperatura y la presencia de insectos.

La calidad del aire es un factor clave en cualquier entorno industrial, ya que puede afectar significativamente la salud y el bienestar de los trabajadores. Un ambiente contaminado puede causar problemas respiratorios, irritación en los ojos y la piel, y en casos extremos, enfermedades graves. Los sistemas de control automatizado de aire permiten mantener un ambiente limpio y saludable, reduciendo así los riesgos para la salud de los trabajadores.

Además, estos sistemas pueden ayudar a aumentar la eficiencia energética de los procesos de producción, ya que permiten regular automáticamente la temperatura y la humedad del ambiente en función de las necesidades específicas de cada industria. Esto se traduce en una reducción de los costos de energía y en una mejora de la productividad, ya que los trabajadores pueden desempeñar sus tareas en un ambiente más cómodo y adecuado.

Por otro lado, estos sistemas también pueden personalizarse para adaptarse a las necesidades específicas de cada industria, lo que es fundamental para garantizar un buen desarrollo del proceso de salud, ambiental y de confort. Esto significa que los sistemas de control automatizado de aire pueden ser adaptados a las necesidades particulares de cada empresa, teniendo en cuenta factores como el tipo de producción, el tamaño del espacio y las condiciones ambientales.

## **Materiales y métodos**

La realización de este proyecto va dirigido a mejorar herramientas de trabajo que permita tener unas mejores condiciones para sus alimentos y sus empleados, con el cual van a tener muchas ventajas a la hora de exportar sus productos y conseguir nuevos clientes, se eligió una empresa agrícola, esto debido a que esta no siempre tiene las posibilidades de realizar estos trabajos y que en la actualidad se encuentra en un abandono tecnológico, por lo cual el impacto que se va a generar es mayor y se va a notar de una mejor manera.

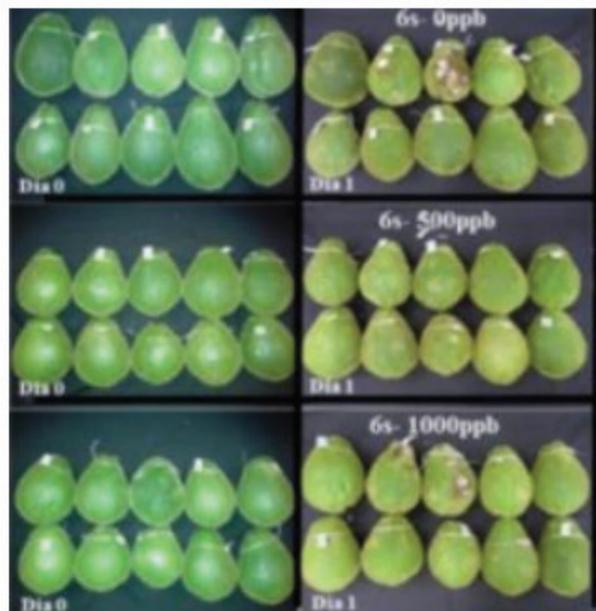
Se debe trabajar un proyecto que represente claramente el impacto económico, social y ambiental que se van a notar en la empresa, esto debido a que la empresa tiene que estar anuente de todos los cambios que se van a realizar, ya que si se aplica un proyecto que sea muy caro el comprador puede negarse a realizarlo, por eso se va a buscar la opción más económica y que cumpla con todas las características necesarias, que no afecte el sonido del lugar y que no tenga problemas con el ambiente alrededor ya que son las plantaciones

El proceso de empaquetado del chayote se realiza en una empacadora, la cual es un galerón cerrado donde el calor se mantiene y los materiales con los que se elaboró hacen que la temperatura aumente, además de los olores que son producidos por los fertilizantes utilizados en la producción del producto, esto se ve afectado en la salud y confort de los empleados. En la siguiente imagen podemos ver las condiciones en la que se trabaja donde existe una gran humedad y algunos olores que hacen que sean incómodos para el empleado y también podemos ver que el almacenamiento de los chayotes tiene que estar una caja encima de la otra por la falta de espacio y esto hace que la temperatura aumente, haciendo que el producto pierda sus propiedades.



**Figura 1.** Empresa chayotera de la zona.

El problema que es más perjudicial para esta empresa es la pérdida de productos por la temperatura que está presente en el local donde se empaca (temperatura promedio de 26 grados Celsius según la empresa), el ministerio de agricultura y ganadería recomiendan mantener este producto entre las temperaturas de 13 y 21°C, donde muestra las pérdidas de nutrientes que pasan a elevadas temperaturas, en un estudio elaborado por la empresa Scielo en México dice " Los frutos de chayote no presentaron cambio significativos en su composición al almacenarlos a temperatura ambiente ( $20 \pm 2$  °C) y a baja temperatura ( $10 \pm 1$  °C, 85 % HR), además contienen menor humedad (5.1 a 6.1%)", en la siguiente imagen podemos ver como esta empresa hizo pruebas a diferentes temperaturas y como se dañó el producto



**Figura 2.** Daño en el producto por mala conservación. Fuente (Scielo)

Otro problema es la presencia de insectos debido a la temperatura y a los fertilizantes utilizados para eliminar las plagas hace que el local se llene de insectos que incomodan a los empleados, esto puede ser poco aseado y desagradable, por lo tanto, hay que encontrar la manera de mitigar la entrada de estos insectos

Para plantear la solución al problema se tiene que buscar la manera que todos los problemas queden erradicados con un mismo proyecto, dice Soler y Palau que “que una solución para el sector alimenticio cuenta con niveles de cuidado y de mucha atención de las condiciones en su interior, sobre todo si se trata de productos expuestos dentro de los procesos”. Como primer punto se buscó la información necesaria de la empresa, las dimensiones del local que serían 25x20 m, una altura aproxima de 10 m y que tiene una cantidad de empleados de 25, estos datos van a servir para realizar el cálculo del caudal presente en la empresa, este cálculo consta de 3 pasos:

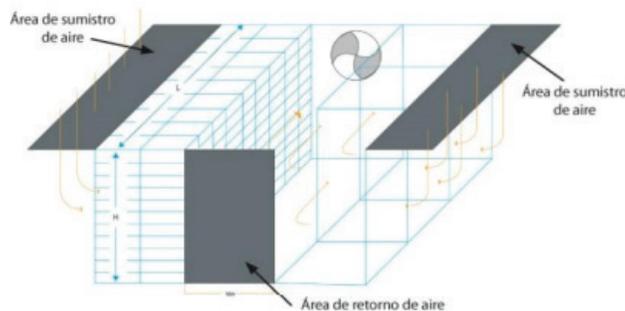
Paso 1. Cálculo de volumen:  $25 \times 20 \times 10 = 5000 \text{ m}^3$   $5000 \text{ m}^3 = 176573.3 \text{ ft}^3$

Paso 2. Cambios por minuto: para una fábrica se tiene 10 cambios por hora lo que representa 6 minutos por cambio

Paso 3. Calculo de CFM necesarios:  $\frac{176573.3 \text{ ft}^3}{6 \text{ min/cambio}} = 29428.88 \text{ CFM}$

La ventaja de un sistema de ventilación automatizado es que para todas las industrias se puede tener una respuesta diferente, pero que sea más beneficiosa, además como vamos a implementar un sistema controlado por sensores y por un sistema completamente automatizado

Para solucionar el problema se va a optar por el método del túnel de aire forzado que es muy utilizado para la industria alimenticia para poder mantener los alimentos en temperaturas adecuadas, esto para que no pierdan sus nutrientes, en la siguiente imagen podemos ver un ejemplo de este método



**Figura 3.** Túnel de aire forzado. Fuente (Mundo HVACAR)

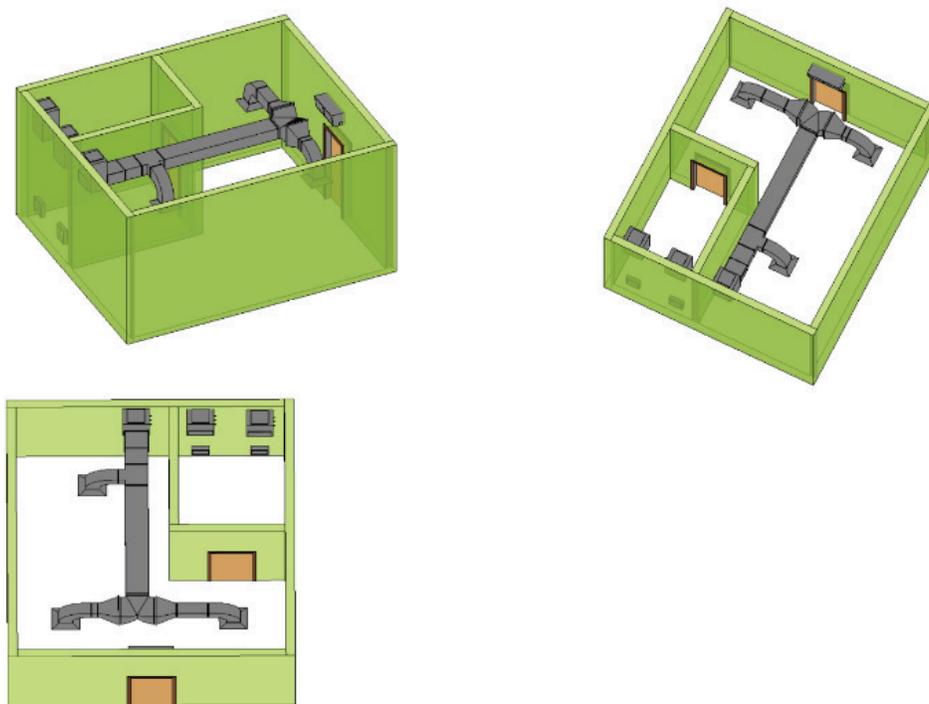
Según HVACAR “El preenfriamiento por aire forzado es un método muy utilizado para enfriar frutas, vegetales o flores cortadas. Esta técnica consiste en pasar altos volúmenes de aire fresco a alta presión a través del producto, extrayendo de una forma rápida y uniforme el calor contenido en el producto.”

En nuestro caso a este túnel va ir a un lado del depósito, ya que el aire tiene mucha presión, por lo cual los empleados no van a poder tener un ambiente agradable por el ruido que provoca el sistema, y en otro lado del depósito se va a colocar un sistema propio para la ventilación de los malos olores y los insectos, que para ese último se plateo hacer una cortina de aire que según Soler y Palau es “Las cortinas de aire son la solución de ventilación idóneas para evitar las pérdidas de calor a través de ventanas o puertas de grandes dimensiones. Estos equipos crean

una barrera invisible separando el ambiente exterior del interior de una estancia o recinto con el fin de evitar las pérdidas de calor a través de ventanas o puertas de grandes dimensiones”, este cambio de presión no les va a permitir la entrada al lugar donde se almacena el producto.

Para la automatización de este proyecto se van a colocar sensores de temperatura y humedad que permitan tener regulado el calor en el recinto, además de unos sensores de movimiento en las puertas, para que cuando se siente la presencia de algún movimiento se active la cortina de viento impidiendo la entrada de algún insecto, con el tema de los malos olores se van a instalar un sistema con temporizadores para que distribuya el aire por todo el lugar evitando los malos olores, la automatización en la ventilación de un lugar puede proporcionar varias formas de reducción de costos. Se pueden lograr ahorros significativos en costos de energía al utilizar un sistema de ventilación automático que controle de manera precisa la temperatura y los horarios de funcionamiento en función de la ocupación del lugar. La automatización también permite monitorear el rendimiento del sistema y eliminar errores humanos que pueden afectar el rendimiento y disminuir los costos de energía por que el sistema se va a utilizar solo cuando se necesita, no todo el tiempo.

Esta solución se planteó en el software de diseño de REVIT, que se especializa en temas industriales de ventilación, la solución se presenta en la próxima imagen



**Figura 4.** Solución para la empresa productora.

## Resultados

Podemos observar en la figura 4 que se colocaron los diferentes puntos de distribución de aire en el lugar separados estratégicamente para que la distribución del aire les permita llegar a cualquier lugar, haciendo que todos los empleados tengan un buen confort en su zona de

trabajo, además el cuarto de almacenamiento es donde se va a encontrar el producto, este se mantendrá en constante evaluación previniendo su descomposición y por último la puerta está controlada por una cortina de aire que permite un ambiente libre de insectos.

Al aplicar un sistema de control automático para la correcta distribución del aire en el recinto genero un impacto de gran nivel en la empresa, ya que los trabajadores al tener un ambiente más adecuado para trabajar van a aumentar su desempeño.

Los diferentes dispositivos instalados generaron un impacto positivo en la empresa, las cortinas de aire para controlar insectos fue un éxito debido a que la cantidad de estos animales se vio reducida en un gran porcentaje, además con este se previenen de enfermedades, protegiendo al personal de paros innecesarios.

Por otro lado, el cálculo realizado para estimar el caudal dentro del local permitió hacer la instalación de los dispositivos adecuados para el transporte de ese aire, tenemos que el caudal es de 29428.88 *CFM*, para mover esa cantidad de aire se necesita:

**Cuadro 1.** Materiales necesarios.

Túnel	Caudal	Zona de trabajo	Caudal
2 ventiladores	7500 CFM	1 ventilador	22500 CFM
2 extractores	7500 CFM	1 extractor	22500 CFM
		3 rejillas	7500 CFM
		3 codos	
		2 bifurcaciones en T	
		3 reducciones	

Para el túnel de viento se van a necesitar 2 ventiladores y 2 extractores, estos se van a encargar de darle un movimiento al aire, para mantener fresco el producto, para la zona de trabajo se va a necesitar un ventilador, una cortina de aire, 3 rejillas y un extractor.

Lo más importante es poder mantener el alimento fresco, las ventas van a aumentar, debido a que el producto va a estar en mejores condiciones, ya que está siendo tratado en un espacio donde se va a mantener fresco durante todo el tiempo, gracias a los sensores que fueron instalados para controlar los productos, estos van a hacer trabajar al sistema cuando sea conveniente.

El tener un control automático genera una reducción de gastos a nivel de electricidad debido a que el funcionamiento del equipo solo es cuando el material lo necesita y no se desperdicia energía por tenerlo encendido todo el día, no olvidemos que es una empresa productora agrícola que no tiene el dinero necesario para hacer grandes inversiones, con esto se logró darle una solución a su problema de manera sencilla y económica, apoyándose en los dispositivos electrónicos.

## Conclusiones

En conclusión, los sistemas de control automatizado de aire para la industria son una solución innovadora y eficiente para garantizar un ambiente de trabajo saludable y seguro, y al mismo tiempo mejorar los procesos de producción. Su capacidad para medir y controlar de manera automática factores como la calidad del aire, la humedad, la temperatura y la presencia de insectos, los convierte en una herramienta fundamental para cualquier empresa que busque mejorar las condiciones de trabajo de sus empleados.

Entre las principales ventajas de estos sistemas se encuentran la mejora de la salud, la confortabilidad y la seguridad de los trabajadores, la reducción de los costos de energía y la eficiencia de los procesos de producción. Además, su capacidad para personalizarse y adaptarse a las necesidades específicas de cada industria los convierte en una herramienta versátil y altamente efectiva.

Se recomienda que las empresas consideren la implementación de sistemas de control automatizado de aire como parte de sus esfuerzos por mejorar las condiciones de trabajo de sus empleados y reducir los costos de energía. Es importante que se realice una evaluación cuidadosa de las necesidades específicas de cada industria antes de seleccionar el sistema adecuado. También se debe considerar la formación del personal en la operación y mantenimiento del sistema, así como el seguimiento y la actualización periódica del software y los equipos.

## Referencias

- [1] Agudelo, D. C. (2022, 26 abril). Enfriamiento por aire forzado para conservación de alimentos | ACR Latinoamérica. <https://www.acrlatinoamerica.com/2022030110271/noticias/empresas/enfriamiento-por-aire-forzado-para-conservacion-de-alimentos.html> [
- 2] Calidad postcosecha de frutos de chayote almacenados a baja temperatura. (2020, 3 marzo). De [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342019000501157#:~:text=Los%20frutos%20de%20chayote%20nigrum,caracter%C3%A9sticas%20de%20apariciencia%20con%20el](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000501157#:~:text=Los%20frutos%20de%20chayote%20nigrum,caracter%C3%A9sticas%20de%20apariciencia%20con%20el)
- [4] Editorial. (2019, 12 julio). Enfriamiento por aire forzado. <https://www.mundohvacr.com.mx/2013/06/enfriamiento-por-aire-forzado/>
- [5] S y P. (2021, 28 septiembre). Ventilación en la industria alimentaria | SP. S&P Sistemas de Ventilación. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/ventilacion-en-la-industriaalimentaria/>
- [6] S y P. (2021, 18 junio). ¿Cómo ventilar espacios con altas temperaturas? | S&P. S&P Sistemas de Ventilación. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/ventilar-espacios-altastemperaturas/>
- [7] Soler & Palau Ventilation Group. (2021, 5 mayo). ¿Qué son las cortinas de aire y cómo funcionan, de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/cortinas-aire/>

# Automated airing systems for air quality control in industries and work areas that involve food.

Gerald Castillo Picado  
Instituto tecnológico de Costa Rica.  
geraldcp@estudiantec.cr

Johel Sanabria Salas  
Instituto tecnológico de Costa Rica.  
johelsanabria@estudiantec.cr

## Introduction

Automated air control systems for the industry represent an innovative and efficient solution to guarantee a healthy and safe work environment, and at the same time improve production processes. Thanks to the incorporation of advanced technologies such as sensors, controllers and intelligent software, these systems allow the automatic measurement and control of factors such as air quality, humidity, temperature and the presence of insects.

Calculation of the flow present in the company, this calculation consists of 3 steps:

- Step 1. Volume calculation:  $25 \times 20 \times 10 = 5000 \text{ m}^3$   $5000 \text{ m}^3 = 176573.3 \text{ ft}^3$   
 Step 2. Changes per minute: for a factory there are 10 changes per hour, which represents 6 minutes per change.  
 Step 3. Calculation of CFM needed:  $(176573.3 \text{ ft}^3) / (6 \text{ min/change}) = 29428.88 \text{ CFM}$

## Materials and Methods



Figure 1. Chayote company in the area. Own source

The problem that is most harmful for this company is the loss of products due to the temperature that is present in the place where it is packed (average temperature of 26 degrees Celsius according to the company), the Ministry of Agriculture and Livestock recommends keeping this product between temperatures of 13 and 21°C, where it shows the losses of nutrients that occur at high temperatures, in a study prepared by the company Scielo in Mexico says "The chayote fruits did not present significant changes in their composition when stored at room temperature ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) and at low temperatures ( $10 \pm 1^\circ\text{C}$ , 85% RH), they also contain less humidity (5.1 to 6.1%)", in the following image we can see how this company did tests at different temperatures and how the product was damaged

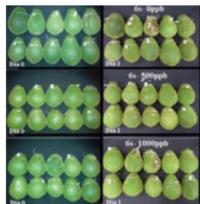


Figure 2. Damage to the product due to poor conservation. Source (Sky)

Another problem is the presence of insects due to the temperature and the fertilizers used to eliminate the pests, which causes the premises to fill with insects that make the employees uncomfortable, this can be not very clean and unpleasant, therefore, a way must be found to mitigate the entry of these insects In order to propose the solution to the problem, a way must be found so that all the problems are eradicated with the same project.

## Results and Discussion

A strategically located air distribution system has been implemented in a workplace to provide comfort for employees. A storage room has been installed that is constantly evaluated to prevent product deterioration. An air curtain has been used at the door to maintain an insect free environment. The automatic air control system has had a positive impact on the company, improving worker performance. Different devices have been installed, such as fans, extractors and air curtains, to achieve proper air distribution. The main goal is to keep food fresh, which will drive sales out of the business. In addition, automatic control has generated energy savings by operating only when needed. In general, a simple and cheap solution has been found to improve working conditions and keep products in good condition.

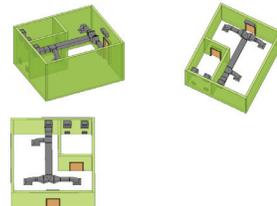


Figure 3 . Solution for the production company. Own source

## Conclusions / Next Steps

Automated air control systems for industry are an efficient and innovative solution to improve working conditions and optimize production processes. These systems can automatically measure and control factors such as air quality, humidity, temperature, and the presence of insects. By implementing them, companies can benefit from improvements in the health, comfort and safety of workers, as well as reduced energy costs and improved production efficiency. It is important that companies make a careful assessment of their specific needs before selecting an automated air control system.