

REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
FACULTAD DE INGENIERÍA



TRABAJO DE DIPLOMA

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Mecánico

Título: Propuesta del empleo de ventilación en la empresa
COPEXTEL Cienfuegos. Caso de estudio: Almacén central.

Autor: Leonel Jiménez Delgado

Tutores: Ing. Reinier Jiménez Borges
Dr. C José P Monteagudo Yanes

Curso 2015-2016

**DECLARACION DE AUTORIDAD
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS**



Sistema de Documentación y Proyecto. Hago constar que el presente trabajo constituye la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Cienfuegos, autorizando a que el mismo sea utilizado por el Centro de Estudio Superior para los fines que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de dicha institución.

Firma del autor.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico Técnico

Nombre y Apellidos. Firma.

Firma del Vice Decano.

Firma del Tutor.

Nombre y Apellidos.

Sistema de Documentación y Proyecto.

Nombre y Apellido. Firma.

Pensamiento

El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable. Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la “oportunidad”.

Víctor Hugo.

"Sólo una cosa vuelve un sueño imposible: el miedo a fracasar."

Paulo Coelho

Dedicataria

Dedicatoria



A aquellas personas que siempre han estado a mi lado y que siempre han deseado lo mejor para mí.

A mis padres que siempre me apoyaron y me brindaron el amor necesario para poder terminar.

A mi novia Luisa que siempre me estuvo apoyando en todo incondicionalmente y pensando todo el tiempo en mí.

Muchas gracias a todos, de corazón, siempre han representado una ayuda invaluable en todo lo que he hecho y espero que estén ahí siempre para cuando los necesite. Los quiero a todos.

Agradecimientos

Agradecimientos



A mi tutor Reinier, por el honor de permitirme estar bajo su tutela y su guía, y por confiar en mí para realizar este trabajo y hacer posible que saliera mi trabajo adelante.

A mi tutor Pepe, por creer en mí, por su apoyo incondicional, por todo el tiempo dedicado.

A mis padres por impulsarme siempre a superarme y a dar lo mejor de mí, por todo el amor y el cariño dado, por hacer de mí el hombre que soy

A mi novia Luisa que siempre me estuvo apoyando en todo incondicionalmente

A Luisito que siempre me apoyo en todo lo que pudo.

A todas las personas que de una forma u otra hicieron posible el desarrollo de este trabajo. Muchas gracias a todos.

Resumen

La ventilación es vista comúnmente como el simple movimiento del aire circundante, sin embargo, debe entenderse por ventilación la renovación total o parcial del aire de un local. En esta investigación, en el marco teórico referencial se describen las funciones de la ventilación de manera general, así como los sistemas existentes, se expone además la teoría de los ventiladores. A partir de la revisión de las normas internacionales, se presentan una serie de criterios básicos a tener en cuenta, así como los criterios para su selección. Mediante la presentación de dos metodologías existentes para el cálculo de las necesidades de ventilación en un local, y en función del nivel de exactitud se decide utilizar para el estudio la propuesta por RITE en la determinación del intercambio de aire para la asimilación del exceso de calor. Finalmente, se obtuvo la cantidad de aire a renovar en el almacén caso de estudio y se determinó la propuesta de montaje y selección del equipamiento a utilizar.

Palabras claves: Ventilación, Calor, Aire, Ventiladores, Local

Abstract

Ventilation is commonly seen as the simple movement of the surrounding air, however, it is understood by full or partial ventilation air renewal of a local. In this research, in the theoretical framework functions of ventilation in general, as well as existing systems are described, it is further exposed the theory of the fans. From the review of international standards, a set of basic criteria to consider, and the criteria for selection are presented. By submitting two existing methodologies for calculating ventilation needs on a local, and depending on the level of accuracy you decide to use to study the proposal by RITE in determining the air exchange for the assimilation of excess heat. Finally, the amount of air was obtained to renew the warehouse case study and the proposed assembly and selection of equipment to use was determined.

Keywords: Ventilation, Heat, Air, Fans, Local

Índice

Introducción	1
Capítulo I. Sistemas de Ventilación	4
I.1 Confort ambiental	4
I.2 Funciones de ventilación	4
I.3 Sistemas de Ventilación	5
I.3.1 Ventilación natural.....	5
I.3.2 Ventilación mecánica	5
I.3.3 Ventilación ambiental o general.....	6
I.3.4 Ventilación por inyección de aire	6
I.3.5 Ventilación por extracción de aire.....	7
I.3.6 Combinación de inyección y extracción.....	7
I.3.7 Ventilación localizada.....	8
I.3.8 Ventilación basada en incrementos de calor	9
I.4 Ventiladores. Generalidades	9
I.4.1 Ventiladores axiales	10
I.4.2 Ventiladores centrífugos.....	10
I.5 Parámetros para la selección de un ventilador	12
I.6 Criterios más importantes a tener en cuenta en la selección de un ventilador.	14
I.7 Ruido en las instalaciones de ventilación.	15
I.8 Velocidad del aire	18
I.9 Presiones en un ventilador	19
I.10 Normas internacionales para el empleo de la ventilación.	20
I.10.1 Normas y directrices existentes	20
I.11 Oportunidades de ahorro de energía en sistemas de ventilación.	22
Conclusiones Parciales	23
Capítulo II: Metodologías existentes para la selección de los equipos de ventilación. Materiales y métodos para su ejecución	25
II.3 Determinación de necesidades de ventilación (Según norma RITE)	25
II.3.1 Cálculo de la caudal para el control del calor sensible	27
II.3.2 Concentraciones admisibles.....	¡Error! Marcador no definido.

II.3.3 Calor debido a personas	30
II.3.4 Calor debido a motores eléctricos y equipos mecánicos	31
II.3.5 Ganancias a través de paredes y techos.....	33
II.3.6 Determinación del intercambio de aire para la asimilación del exceso de calor	33
II.4 Selección del ventilador basado en su aplicación.....	34
II.4.1 Modelo del ventilador	34
II.4.2 Localización del Ventilador.....	35
II.4.3 Metodología de Cálculo basada en la aplicación.....	36
Conclusiones parciales	39
Capítulo III. Análisis de los resultados.....	41
III.1 Caracterización de la División Territorial Copextel Cienfuegos.....	41
III.2 Levantamiento de las cargas dentro del local en estudio.....	44
II.2.1 Características constructivas del almacén.....	44
III.3.2 Determinación de las necesidades de calor sensible.....	45
III.3.3 Determinación del Calor total en el local Q_1	45
III.3.4 Propuesta de montaje y selección del ventilador	48
Conclusiones parciales de III	52
Conclusiones generales.....	53
Recomendaciones.....	54
Bibliografía	55
Anexos	58

Introducción

La ventilación es vista comúnmente como el simple movimiento del aire circundante, sin embargo, debe entenderse por ventilación la renovación total o parcial del aire de un local. El acondicionamiento del aire es un caso particular de la ventilación ya que al renovar parte del aire e imprimírsele condiciones de limpieza y temperatura realiza funciones similares. En la actualidad, se considera que el acondicionamiento del aire es la única solución en nuestras condiciones tropicales. La comercialización en las sociedades de consumo, con el fin de lucro, crea la imagen de que los acondicionadores de aire constituyen la única alternativa para resolver los problemas de mejoramiento de las condiciones ambientales de trabajo en el mundo de hoy. En nuestro país, donde el ahorro es una necesidad, el acondicionamiento de aire debe limitarse a (Brossard, 2002):

- Procesos productivos que así lo requieran, como por ejemplo en textileras, impresión a colores, laboratorios, etc.
- Por necesidad de descanso del obrero.
- Por necesidad de actividades comerciales dirigidas a la exportación de mayor o menor cuantía.
- Por aumentos ostensible de la productividad.

Estos requerimientos evitarían la utilización actualmente ilimitada y de despilfarro que se provocan al utilizar el acondicionamiento de aire. Por razones antes expuestas, la decisión técnica y económica debe definir cuál vía utilizar y la ventilación, por su menor consumo de energía generalmente presenta grandes ventajas.

Los energéticos están en la obligación de utilizar sistemas que protejan lo máspreciado de la sociedad, el hombre, y al mismo tiempo, darle una mayor utilización al fruto de su trabajo.

Debido a la importancia que representa mantener los parámetros de confort en el personal del local Almacén central, la División Territorial Cienfuegos de Copextel mostró interés en el desarrollo de investigaciones en este sentido. El objeto social

de esta empresa es, la comercialización y arrendamiento de productos no alimenticios, ejecutar las operaciones de comercio exterior relacionadas con la exportación e importación de bienes y servicios. Como continuación a esas investigaciones es que surge este trabajo, teniendo como meta fundamental contribuir el empleo de ventilación en la empresa COPEXTEL Cienfuegos. Caso de estudio: Almacén central.

Problema científico: Es necesario el empleo de la Ventilación para garantizar las condiciones de trabajo en la empresa COPEXTEL.

Hipótesis: La propuesta de selección de los equipos de ventilación podrá mejorar las condiciones de confort para el personal del almacén central.

Objetivo general:

Determinar el volumen de aire a ventilar utilizando el desarrollo del cálculo de la capacidad de los dispositivos para la propuesta de selección de equipos de ventilación.

Objetivos específicos:

1. Realizar una búsqueda bibliográfica acerca de los sistemas de ventilación
2. Desarrollar el cálculo de la capacidad del equipo de ventilación.
3. Seleccionar el ventilador a aplicar en el caso de estudio Almacén central

Capítulo I

Capítulo I. Sistemas de Ventilación.

Introducción

En este capítulo se describe la teoría de la ventilación de los locales y los ventiladores. Los detalles que deben tomarse en cuenta para la distribución del aire de manera óptima. Una adecuada selección de los ventiladores son pasos muy importantes para evitar ineficiencias innecesarias, una inaceptable calidad del aire interior y niveles de ruido intolerables, con la consiguiente falta de confort para los ocupantes de los distintos espacios acondicionados.

I.1 Confort ambiental

Son condiciones en las cuales una persona está satisfecha de las situaciones climáticas de su entorno, la finalidad en las instalaciones de ventilación es crear un ambiente satisfactorio donde intervienen factores como: luminoso, acústico e higiénico, se han elaborado tablas que indican condiciones sugeridas para varios tipos de instalaciones de acondicionamiento. (Neal, 1997)(Soler, 2012)

Para el caso de almacenes se aplica al confort en el rango de temperaturas entre 26 a 27⁰ C, con variaciones de 1 a 2⁰ C, como se muestra la tabla 1.1

Tabla I.1 Características de Confort General. Fuente Pina, 2007

Tipo de Aplicación	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Variación de Temperatura (°C)
CONFORT GENERAL: chalet, apartamento, hotel, oficina, colegio, hospital, etc	25-26	50-45	1 a 2
TIENDAS COMERCIALES: banco, barbero, peluquería, grandes almacenes, supermercado	26-27	50-45	1 a 2

I.2 Funciones de ventilación

La ventilación es un proceso que permite suministrar o retirar aire de un espacio con la finalidad de controlar niveles de contaminación, humedad o temperatura, mejora condiciones de confort a ocupantes y mantiene la calidad del producto terminado. El aire está compuesto por muchos componentes diferentes, los principales son: nitrógeno, oxígeno e hidrógeno.

La calidad de aire se lo expresa mediante concentraciones o intensidad de contaminantes, la apariencia física como: dióxido de azufre, partículas de polvo y suciedad son indicadores de calidad del aire. (Soler, 2012)

I.3 Sistemas de Ventilación

I.3.1 Ventilación natural

La ventilación natural es un mecanismo utilizado en climas cálidos para eliminar el exceso de calor de los espacios internos, esto comúnmente se consigue mediante aperturas en muros externos que contribuyen a la formación de corrientes de aire cruzado.

La ventilación sin embargo debe realizarse de una manera controlada para que la pérdida de calor sea admisible con la sensación de confort, según se muestra en la figura I.1.



Figura I.1 Ventilación natural. Fuente. Pina, 2007

I.3.2 Ventilación mecánica

También llamada ventilación dinámica, es la que se consigue con el movimiento del aire gracias a ventiladores accionados por un motor, según la forma en que se renueve el aire. Este se subdivide en:

- Ventilación ambiental o general
- Ventilación localizada

I.3.3 Ventilación ambiental o general

El aire que ingresa a un espacio confinado se propaga por todo el interior, gases y vapores se esparce por todo el local antes de ser captado hacia la salida, este tipo de ventilación mecánica a la vez se subdivide en:

- Ventilación por inyección de aire (sobrepresión).
- Ventilación por extracción de aire (depresión)
- Combinación de inyección y extracción.

I.3.4 Ventilación por inyección de aire

Se obtiene insuflando aire para incrementar la presión interna de tal manera que esta sea mayor a la presión atmosférica, por consiguiente, el aire fluye hacia el exterior por las aperturas, a su paso el aire barre los contaminantes internos y renueva al anterior.

Las ventajas de la ventilación por inyección son tales que el aire fresco se introduce en el espacio ocupado de manera positiva por medio de ventiladores, y puede mantener un control sobre su distribución, volumen y velocidad, el aire entrante puede también ser depurado y calentado cuando sea necesario, según se muestra en la figura I.2

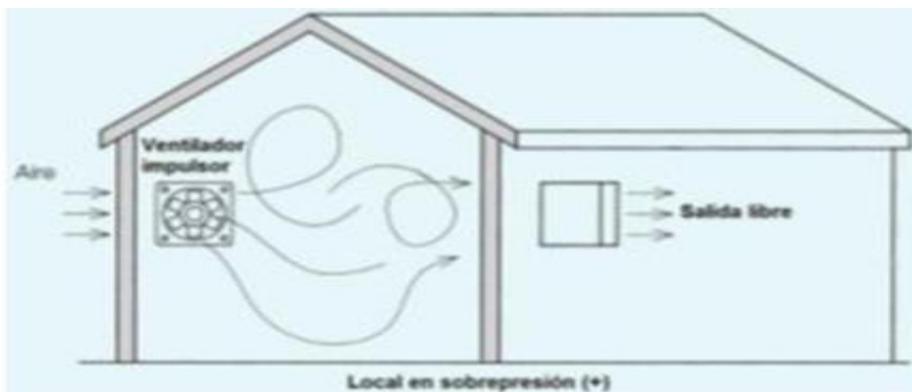


Figura I.2 Ventilación por inyección de aire. (Soler, 2012)

Con un sistema de inyección de aire puede realizarse de manera más conveniente el proceso de recirculación durante la época invernal. Otra ventaja es que la presión

del aire interna es aumentada ligeramente, la cual tiende a evitar la entrada de aire en lugares no convenientes previendo aspiraciones.

I.3.5 Ventilación por extracción de aire

Se logra colocando ventiladores al exterior del local, lo que provoca que quede en depresión respecto de la presión atmosférica (Bugedo, 2012). El aire accede desde fuera por la apertura efectuando una ventilación de iguales efectos que la anterior, el método de extracción de aire es el más empleado, según se puede evidenciar en la figura I.3

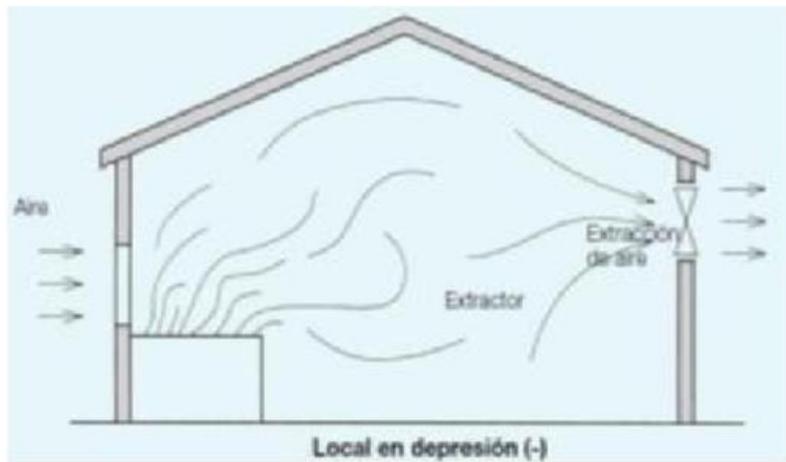


Figura I.3 Ventilación por extracción de aire. Fuente (Pina, 2007)

I.3.6 Combinación de inyección y extracción

Un completo control de ventilación se logra usando a la vez ventiladores de aspiración e inyección, el aire puede introducirse en el lugar preciso y su distribución vendrá determinada por un flujo entre las aperturas de alimentación y las de expulsión. Se muestra figura I.4

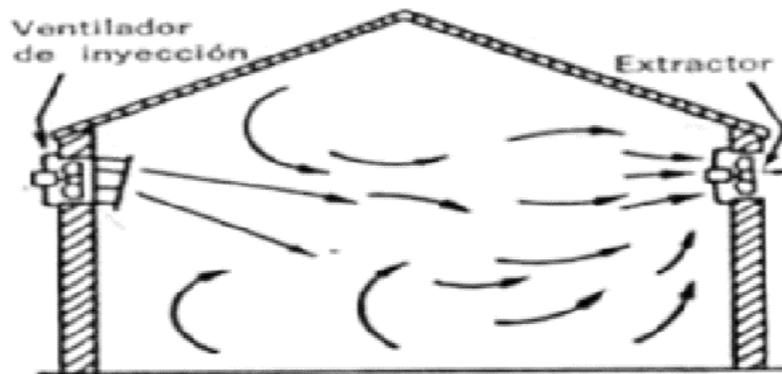


Figura I.4 Ventilación por extracción de aire. Fuente: (Peragallo, 1992)

Esto mantiene el aire a una presión superior al ambiental exterior y así reduce la posibilidad de infiltración de polvo y otras poluciones arrastradas.

I.3.7 Ventilación localizada

En esta forma de ventilación el aire contaminado es captado en el mismo lugar que se produce evitando su difusión por todo el local, se logra a base de una campana que abrace lo más estrechamente posible el foco de polución y que conduzca directamente al exterior el aire captado, según figura I.5

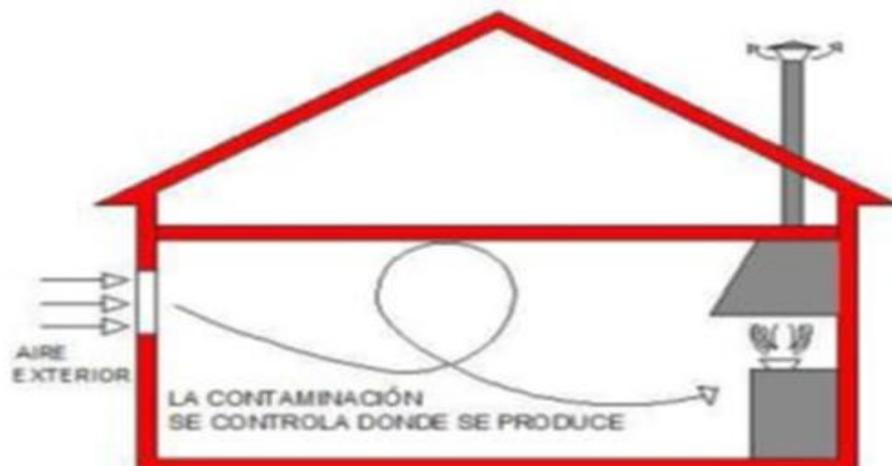


Figura I.5: Ventilación localizada. Fuente (Soler & Palau, 2012)

La ventilación sin tratamiento de aire se aplica particularmente en edificios industriales, especialmente en aquellos donde los procesos no requieren control de humedad ni eliminación de polvo, de tal manera que se logre reemplazar el aire contaminado y sobrecalentado, por aire fresco. (Soler & Palau, 2012)

I.3.8 Ventilación basada en incrementos de calor

En lugares donde la reducción de temperatura es el factor principal a considerar (climas calurosos), es indispensable la ventilación tomando como base la cantidad de calor a eliminar, es necesario tener en cuenta incrementos de calor provenientes de fuentes como:

- El calor del cuerpo producido por los ocupantes.
- Aparatos eléctricos, otras máquinas y procesos exotérmicos.
- Rayos solares transmitidos a través de paredes y techo.

La forma más económica de eliminar el aire viciado de un local es por medio de la ventilación mecánica, ya sea por ventilación, extracción o combinación, esta forma de acondicionamiento es usada donde la temperatura y humedad del aire no son parámetros a controlar.

I.4 Ventiladores. Generalidades

Los ventiladores son máquinas rotatorias capaces de mover un determinado caudal de aire, proveen presión suficiente para vencer pérdidas de carga que se producirán en la circulación por conductos (Escarrabill, 2007). Un ventilador puede elevar la presión hasta aproximadamente 10,3 kPa (1,5 psi), más allá de esta presión hasta 68,9 kPa (10 psi) se denominan sopladores y a mayores presiones compresores, los ventiladores se dividen en dos grandes grupos:

- Ventiladores axiales.
- Ventiladores helicocentrífugos.
- Ventiladores centrífugos.

I.4.1 Ventiladores axiales

En los ventiladores axiales el movimiento del flujo a través del rotor con alabes o palas de distintas formas se realiza conservando la dirección del eje, se usan para mover grandes cantidades de aire en espacios abiertos, la resistencia al flujo es baja, se requiere generar una presión estática pequeña, del orden de los 5 a 100 milímetros de columna de agua 0,05 kPa-1,03 kPa (0.007-0.15 psi) (Soler & Palau, 2010, p.15).

La principal aplicación de los ventiladores axiales se encuentra en el campo de la ventilación general y se los conoce con el nombre de extractores o inyectores de aire según se muestra en la figura I.6

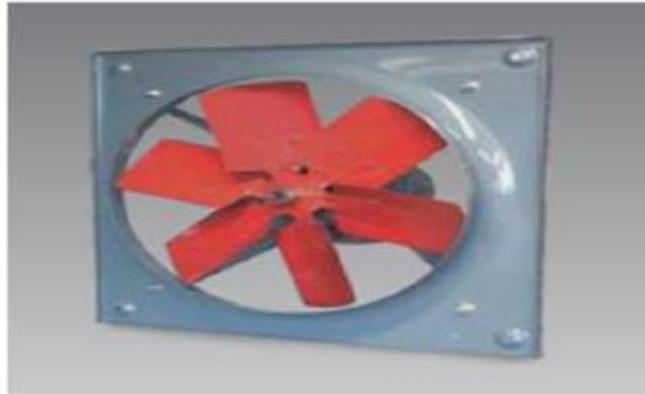


Figura I.6: Ventiladores axiales (Fuente Soler & Palau, 2010)

I.4.2 Ventiladores centrífugos

En estos ventiladores el aire ingresa en dirección paralela al eje del rotor, por la boca de aspiración, y la descarga se realiza tangencialmente al rotor, es decir, que el aire cambia de dirección noventa grados. (Escarrabill, 2007)

Este tipo de ventiladores desarrolla presiones mucho mayores que los ventiladores axiales, alcanzando presiones de hasta 9,86 kPa (1.43psi) y son empleados, mayormente en los sistemas de ventilación localizada. (Soler & Palau, 2010, p.45), están constituidos por un rotor que posee una serie de paletas o alabes, de diversas formas y curvaturas, que giran aproximadamente entre 200 y 3600 RPM dentro de una caja o envoltura, según se puede ver en la figura I.7

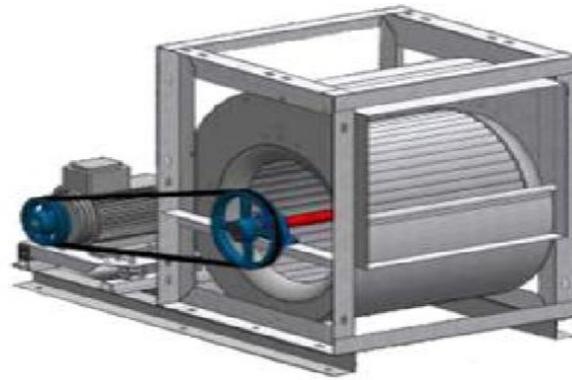


Figura I.7: Ventilador centrífugo. Fuente (Soler & Palau, 2010)

Los rotores pueden tener los tres tipos de álabes que se representan en la Figura I.8, y cuyas particularidades son las siguientes,

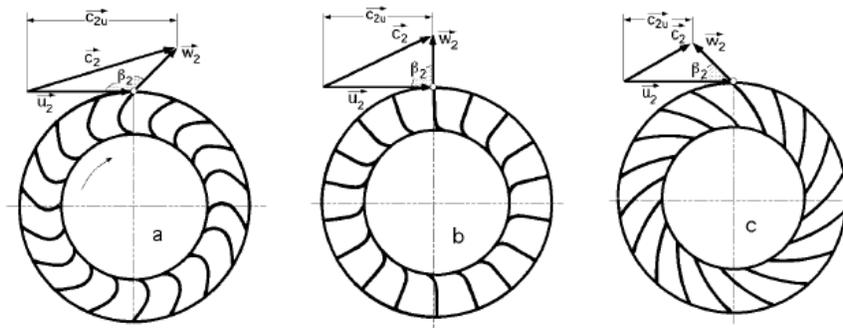


Figura I.8.- Rodetes y triángulos de salida de los ventiladores centrífugos
 a) Con álabes curvados hacia adelante; b) Con álabes de salida radial; c) Con álabes curvados hacia atrás.

a) Alabes curvados hacia adelante, $\beta_2 > 90^\circ$.- Este tipo es poco frecuente en las bombas centrífugas; en los ventiladores se emplea a causa del bajo nivel de ruido que presentan. Dentro de sus características se pueden citar;

- Gran número de álabes de 48-60
- Para una velocidad determinada caudal superior y dimensiones menores que las de cualquier otro tipo de ventilador
- Rendimiento bajo, máximo del orden de 65-75% por lo que en la actualidad este tipo de ventilador centrífugo tiende a ser reemplazado por los modernos ventiladores axiales.
- Mayor carga dado la curvatura hacia adelante

b) Alabes de salida radial, $\beta_2 = 90^\circ$.- Tienen menor número de álabes que los anteriores; se emplean para impulsar aire o gases sucios a elevada temperatura, gracias a la facilidad con que son eliminados los depósitos sólidos por la fuerza centrífuga.

c) Alabes curvados hacia atrás, $\beta_2 < 90^\circ$.- Es el tipo normal de ángulo de salida en las bombas centrífugas. Tienen mejor rendimiento que los anteriores, ya que, si los antiguos álabes de chapa se reemplazan por los más modernos de perfil aerodinámico, se llega a alcanzar un rendimiento del orden del 90%. Su presión y gasto másico son inferiores para una misma velocidad de rotación y número de álabes que en el primer tipo. (Cherkasski, 1986)

I.5 Parámetros para la selección de un ventilador

Para la selección de un ventilador se debe considerar los siguientes parámetros:

- Punto de trabajo, caudal m^3/h de aire requerido y la caída de presión que tiene que vencer el ventilador
- Curva característica del fabricante.
- Regulación y control de la capacidad de caudal

Zona de funcionamiento

Según sea el ventilador, tipo y tamaño, existe una zona de su curva característica en la que es recomendable su uso. Fuera de ella pueden producirse fenómenos que hacen aumentar desproporcionalmente el consumo el rendimiento, provocando un aumento intolerable del ruido e incluso produciendo flujos intermitentes de aire en sentido inverso. La zona sombreada de la Figura I.9 abarca la zona de trabajo para una familia de curvas de un ventilador a varias velocidades

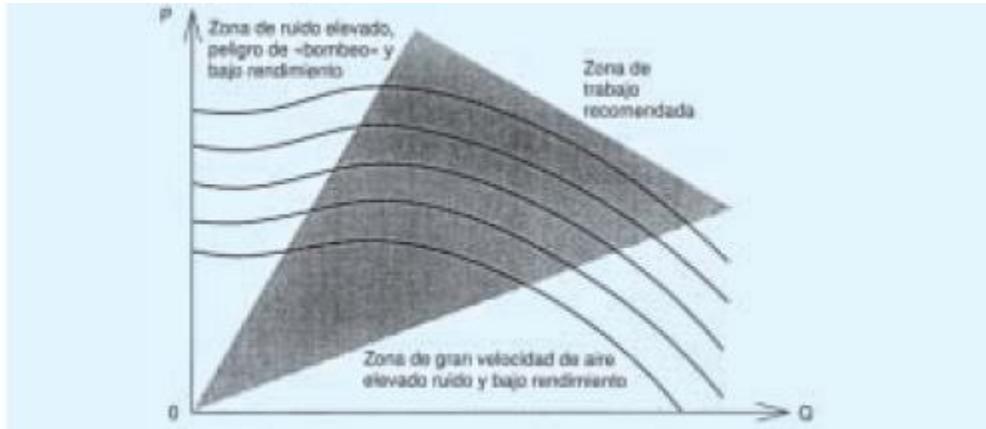


Figura I.9 Zona recomendable de funcionamiento. Fuente: (Escoda, 2002)

Curva característica de un ventilador

Se representan curvas características de los tipos de ventiladores, para poder comprender su comportamiento. Los ventiladores que se comparan tienen el mismo diámetro de rodete. Se puede ver que a igualdad caudal impulsado (Q), los ventiladores centrífugos dan más presión que los helicoidales (axiales), también se observa que, los centrífugos mueven caudales menores que los helicocentrífugos, según se evidencia en la figura I.10

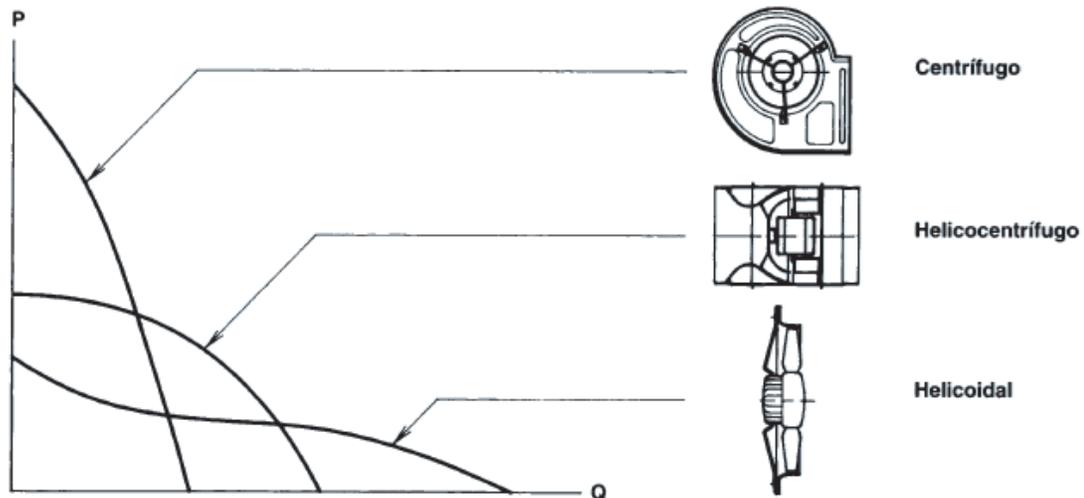


Figura I.10: Curva característica de un ventilador. Fuente (Escoda, 2002)

Cuando se precisa que los caudales sean grandes y las presiones que deban vencer sean pequeñas los ventiladores más adecuados son los helicoidales, sin embargo

los indicados para mover caudales pequeños pero a elevada presión son los centrífugos.

- **Regulación y control de la capacidad de caudal.**

La regulación de caudal se puede efectuar de las siguientes maneras:

- Regulación de caudal por variación de la característica de la red a $n = \text{cte}$ estrangulando la válvula de impulsión
- Regulación de caudal por variación de la característica del ventilador, variando el n° de rpm,
 - a) Por orientación de una corona directriz a la entrada
 - b) Por orientación de los álabes móviles
 - c) Por estrangulamiento con válvula de by-pass
 - Regulación de caudal por variación simultánea de las características de la red y del ventilador, variando escalonadamente la velocidad y el estrangulamiento.

I.6 Criterios más importantes a tener en cuenta en la selección de un ventilador.

Existen varios criterios de especialistas a tener en cuenta como punto de partida para la correcta selección de los ventiladores, estos están en función por supuesto entre otras cosas por el campo de aplicación, ellos son:

Rendimiento óptimo. - Para ello se debe escoger el ventilador según el número específico de revoluciones requerido.

Mínimo nivel de ruido. - Para ello se debe escoger el ventilador con un coeficiente de presión y elevado y número de revoluciones bajo.

Gran caudal. - Para ello se debe escoger un ventilador con coeficiente de caudal elevado.

Gran potencia específica (volumen y masa de máquina reducidos para la potencia deseada).

Forma y dimensiones determinadas en la admisión y salida.

Curvas características planas en todo el campo de trabajo del ventilador a fin de que el rendimiento se mantenga elevado.

Potencia mínima absorbida a caudal nulo.

Exigencias diversas en cuanto a la regulación.

Aunque el proceso de ventilación es requerido en muchas aplicaciones diferentes, los fundamentos del flujo del aire nunca cambian. (Godínez, 2002)

Los elementos variables que si cambian dependiendo de la aplicación son el modelo del ventilador y el rango de volumen del aire metros cúbicos por hora (m^3/h). Otras consideraciones incluyen la resistencia a la corriente del aire (presión estática o P_e) y el ruido producido por el ventilador (sones).

De acuerdo a la aplicación, existen 4 elementos que necesitan ser determinados.

Estos son:

1. Caudal
2. Modelo del Ventilador.
3. Presión Estática (P_e)
4. Limitación de la Intensidad (sones)

I.7 Disposición de los Ventiladores

Si el caudal o presión que hay que comunicar al aire no es alcanzable con un solo ventilador, o cuando se tienen variaciones importantes del caudal o presión puede ser conveniente la instalación de ventiladores en serie o en paralelo.

I.7.1 Funcionamiento del ventilador en serie

El acoplamiento en serie Figura I.11 se emplea en sistema de ventilación y, en algunas ocasiones, de climatización. Se trata del caso del empleo de un ventilador de extracción que permita la extracción del aire impulsado a los locales sin que se produzca una sobrepresión excesiva de los locales ventilados

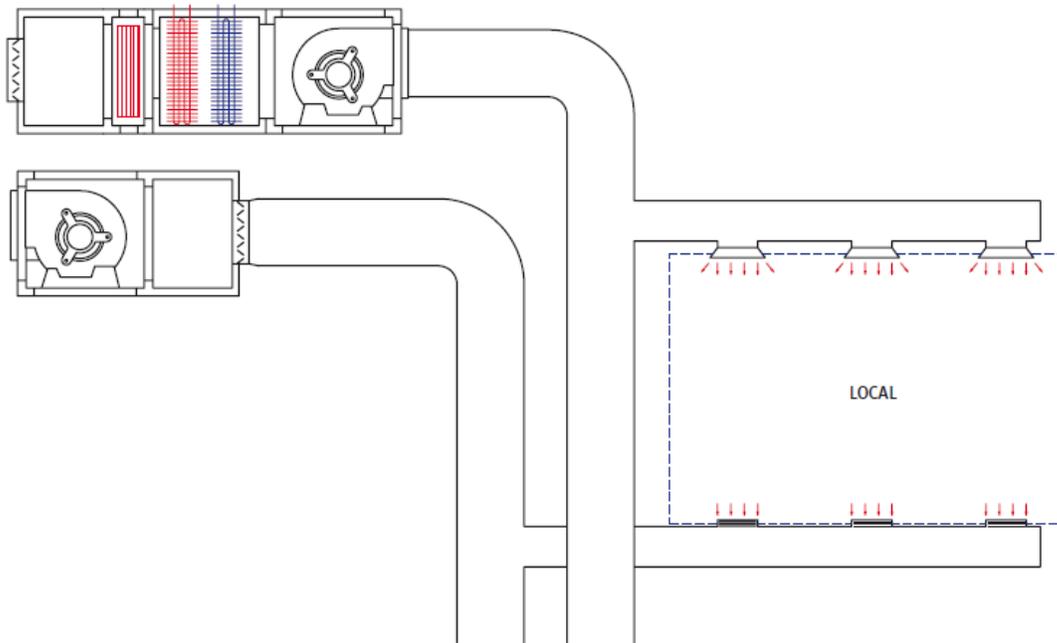


Figura I.11: Acoplamiento en serie de dos ventiladores en un sistema de ventilación.

Fuente (Standard, 2007)

I.7.2 Funcionamiento del ventilador en paralelo

El acoplamiento de ventiladores en paralelo se realiza cuando se desea obtener caudales elevados en circuitos con poca pérdida de carga. Se trata de una disposición poco habitual pero que puede emplearse en el caso, por ejemplo, de dos climatizadoras que descargan sobre una única red de conductos. La curva característica del conjunto de ambos ventiladores está formada por la suma del caudal proporcionado por cada ventilador para una misma pérdida de presión.

En la Figura I.12 se estudia el comportamiento de dos ventiladores en paralelo. Para ello, además de la curva de presión estática en función del caudal para un sólo ventilador, y de la misma curva para el funcionamiento simultáneo de 2 ventiladores iguales, se ha superpuesto la característica de la red, y se ha trazado también la curva, $p_a = f(Q)$, de un ventilador.

Funcionando los dos ventiladores a la vez, el punto de funcionamiento es el A. Cada ventilador funciona en el punto E de su característica absorbiendo una potencia determinada.

En el funcionamiento en paralelo se debe tener en cuenta lo siguiente:

Si se necesita menos caudal desconectando un ventilador y funcionando con el otro sólo, el caudal es el correspondiente al punto D, absorbiendo una potencia mayor, punto E. De esta manera la instalación funciona con flexibilidad, durante un tiempo con un ventilador hasta un caudal igual al 70% del $Q_{m\acute{a}x}$, y en otros momentos con dos ventiladores.

La explicación de este hecho radica en la curvatura de la característica de la red; cuanto mayor sea la pendiente de esta curva, es decir, cuantos mayores sean las pérdidas en la red, tanto menor será el incremento de caudal obtenido con dos o más ventiladores con respecto al caudal de uno solo.

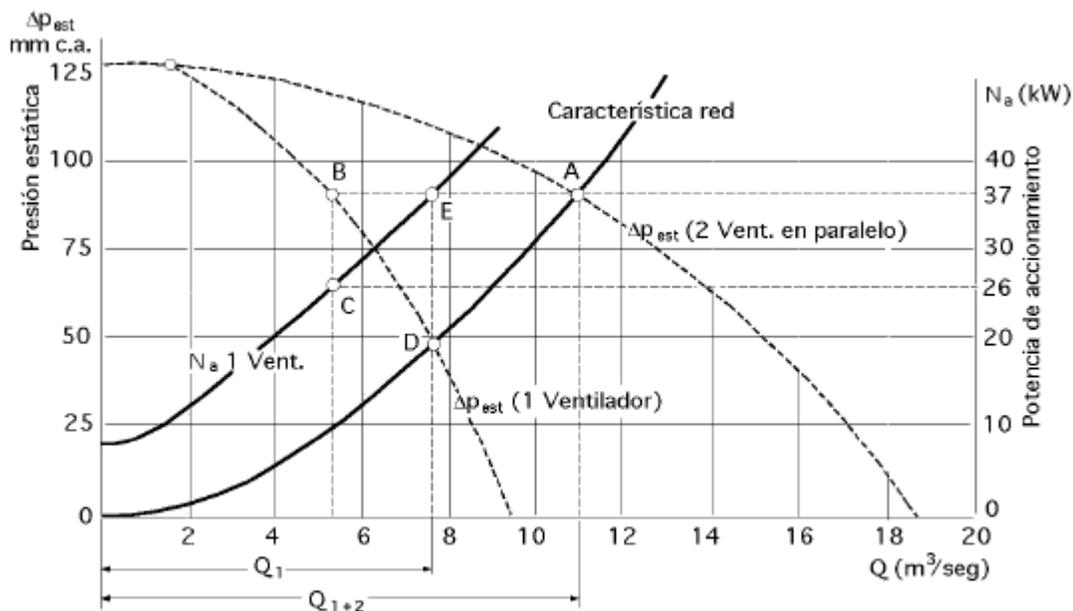


Figura I.12 Funcionamiento de dos ventiladores en paralelo. Fuente:(Ramos, 1994)

I.8 Ruido en las instalaciones de ventilación.

Como cualquier maquina en movimiento un ventilador genera algún ruido, de igual manera una velocidad de aire excesiva se percibe un sonido cuando la presión en las proximidades del oído fluctúa alrededor del valor medio, en frecuencias comprendidas entre 20 y 20000 Hz.

Las fluctuaciones no necesitan ser grandes, si alcanzan una milésima de la presión atmosférica (134 decibeles) el sonido provocará dolor y causará heridas si se mantiene durante cierto tiempo (Chadderton, 2000,). La Figura I.13 muestra la intensidad limitada para ciertos lugares.

Sones	DBA	
1.3-4	32-48	Residencias (rurales y sub-urbanas)
1.7-5	36-51	Salones de Conferencia
2-6	38-54	Cuartos de Hoteles, Bibliotecas, Cines, Oficinas Ejecutivas
2.5-8	41-58	Escuelas y Salones de Clase, Pabellones de Hospitales y Salas de Operaciones
3-9	44-60	Corte de Justicia, Museos, Apartamentos, Residencias Urbanas
4-12	48-64	Restaurantes, Sala de Espera, Oficinas Generales, Bancos
5-15	51-67	Pasillos y Corredores, Salón Bar, Cuarto de Baños y Tocadores
7-21	56-72	Cocinas de Hoteles y Lavandería Supermercados
12-36	64-80	Maquinaria Ligera, Lineas de Ensamble
15-50	67-84	Tienda de Maquinarias
25-60	74-87	Maquinaria Pesada

De la Publicación AMCA 302 (Aplicación de los Valores de Sonos para Equipos de Ventilación sin Ductos con Similitudes de Lugares-Sone-dBA).

Figura I.13: Ruidos en las instalaciones. Fuente (Chadderton, 2000)

En el otro extremo de la escala un oído fino, a la frecuencia que es más sensible puede detectar una fluctuación de solo una diezmillonésima de atmósfera (6dB por debajo del límite).

I.9 Velocidad del aire

Cuando el aire atraviesa una determinada sección del conducto no pasa con la misma velocidad, normalmente es máxima en el centro y distribuye a medida que se acerca a las paredes del conducto.

Los valores de velocidad en el interior de locales están en el orden de los 0,1 m/s hasta 1,5 m/s en función de la aplicación recomendada. Para realizar los cálculos se toma en consideración para este tipo de local un valor de 0,4 m/s. (Manual de aire acondicionado, 2002)

Clasificación de la presión

Las presiones se clasifican en: baja, media y alta, corresponde a la misma que utilizan los ventiladores, en la forma:

- Baja, hasta 90 mm.c.a.

- Media, desde 90 mm.c.a. hasta 180 mm.c.a
- Alta, desde 180 mm.c.a hasta 300 mm.c.a.

I.10 Presiones en un ventilador

Tres son las presiones relacionadas de ventilador para distintos caudales, que son la denominada presión total P_t , presión dinámica P_d , y presión estática P_e . Cuando el ventilador se encuentra retenido da el mínimo caudal, la presión dinámica (P_d) es nula, en este punto, la presión total es igual a la estática ($P_t = P_e$). Otra curva que se visualiza es la curva de potencia absorbida (W) se encuentra en la escala vertical situada a la izquierda

Esta curva da la potencia que consume el motor que acciona el ventilador. Se representa la curva de rendimiento (η) que se lee en % en la escala vertical intermedia, se puede ver que el rendimiento del ventilador depende del caudal. El punto de R se conoce como punto de desprendimientos, de la zona izquierda da el funcionamiento inestable, como se muestra en la figura I.14.

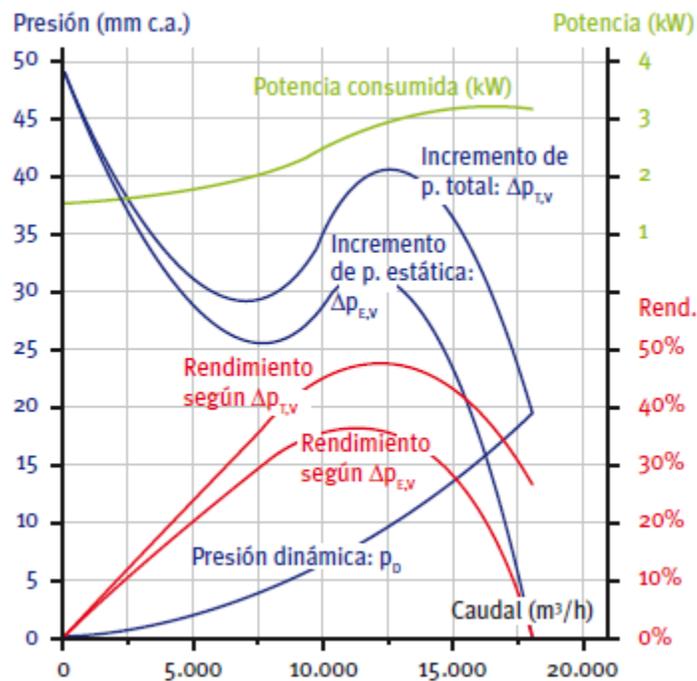


Figura I.14: Curva característica de un ventilador. Fuente (Standard, 2007)

A libres descargas, cuando la presión estática (P_e) es nula, el ventilador da el máximo caudal que puede mover; en este punto la presión total es igual a la dinámica ($P_t = P_d$)

Presión estática (P_e)

Es la presión que ejerce el aire sobre las paredes del conducto, la presión estática es positiva en los conductos de impulsión y negativa en los conductos de aspiración, cuando el aire sale del ventilador la presión estática es máxima y se reduce en función del rozamiento, está pérdida de presión o rozamiento se mide en milímetro de la columna de agua (mm.c.a). Se muestra figura I.15. La presión dinámica es consecuencia de la velocidad del aire y siempre es positiva.

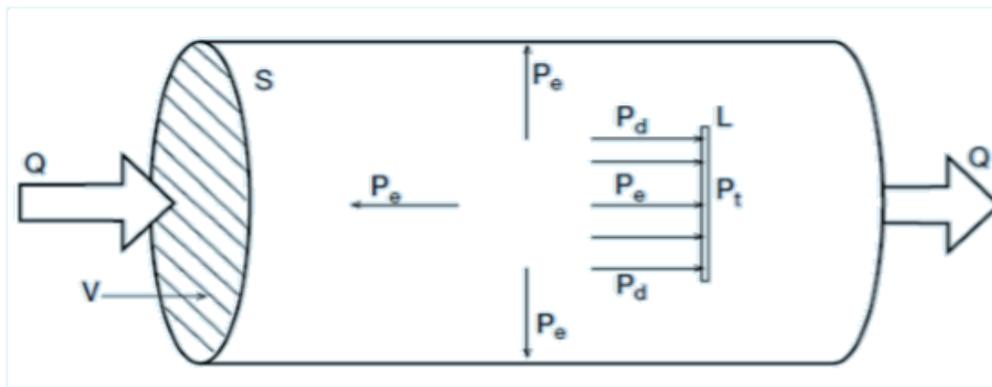


Figura I.15: Presión estática de salida de ventiladores. Fuente (Soler, 2012)

I.11 Normas internacionales para el empleo de la ventilación.

I.11.1 Normas y directrices existentes

Diferentes organizaciones internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Consejo Internacional de Investigación de Edificios (International Council of Building Research, CIBC), organizaciones privadas como La Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción y Acondicionamiento de Aire (ASHRAE), países como Estados Unidos y Canadá, entre otros, han estableciendo normas y directrices de exposición. Por su parte, la Unión Europea (UE), a través del Parlamento Europeo, ha presentado una resolución sobre la calidad del aire en espacios de interior, donde se establece la necesidad de que la Comisión Europea proponga, lo antes posible, directivas específicas que incluyan:

1. Una lista de sustancias que deben prohibirse o regularse, tanto en la construcción como en el mantenimiento de edificios.
2. Normas de calidad aplicables a los diferentes tipos de ambientes de interior.
3. Protocolos de procedimiento para la gestión y mantenimiento de las instalaciones de aire acondicionado y ventilación.
4. Normas mínimas para el mantenimiento de edificios abiertos al público.

Código Técnico de la Edificación (CTE)

El Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, aprobó el Código Técnico de la Edificación, vigente en la actualidad, mediante el cual se pretende fomentar la calidad de los edificios.

En el Artículo 13, hace referencia a las Exigencias básicas de salubridad (HS), entre las que se destaca la “Exigencia básica HS 3: Calidad del aire interior”, donde se dispone que los edificios de viviendas, trasteros y garajes, deben de poderse ventilar adecuadamente eliminando los contaminantes. Cuantifica los caudales de ventilación y se establecen los criterios de diseño, dimensionado, construcción y mantenimiento. (CTE, 2009)

Otros Artículos relevantes son:

- Artículo 14. Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR).
- Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HR).

La norma UNE 100011 Climatización sobre La ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales, es el referente más importante sobre IAQ que nos remite el RITE. Se desarrollan conceptos como: Criterios de calidad de aire aceptable y valores máximos de sustancias contaminantes; y caudales de aire de aire exterior en función del tipo de local, personas y m².

La (A.S.H.R.A.E.), siempre ha sido un referente internacional en cuestiones de climatización, confort y ventilación de locales, a continuación, se relacionan las más destacables:

- ASHRAE Standard 62-2001. Ventilation for acceptable indoor air quality (Ventilación para una aceptable calidad del aire interior), especifica los mínimos índices de ventilación y de IAQ aceptables para los ocupantes.

Se aplica a todos los espacios interiores o cerrados que puedan ser ocupados por personas, excepto en aquellos donde otras normativas imponen índices de ventilación más elevados. Incluye siete nuevas ediciones sobre temas como el arranque de la ventilación, procedimientos de funcionamiento y mantenimiento y equipos relacionados con la filtración de las partículas. (A.S.H.R.A.E, 2001)

Otras normativas internacionales referidas al ambiente interior son:

- OSHA – 59/94 Indoor Air Quality.
- EUROVENT Clasificación sistemas de filtración.
- EPA Guías de calidad de aire 62/138 CFR 40.
- EUROPEAN CONCERTED ACTION Report nº 11 Guía de necesidades de ventilación de edificios.
- Comité Europeo Normalización CEN CT nº 156 Normas parámetros de ventilación y diseño de ambientes interiores.
- Norma VDI 6022 Estándares higiénicos Oficinas y mantenimiento sistemas Ventilación y Climatización.
- NADCA ACR2002 Valoración, Limpieza y Restauración SVAA.
- HVCA TR/17 Guía de limpieza de SVAA.

I.12 Oportunidades de ahorro de energía en sistemas de ventilación.

1. Selección adecuada de los ventiladores (tipo y capacidad)
2. Ubicar las tomas de aire de manera que se obtenga la mejor calidad de este y la mejor eficiencia
3. Usar ductos de toma de aire de bordes redondeados y suaves o conos en la succión
4. Minimizar las obstrucciones en las entradas y salidas de los ventiladores
5. Limpiar los filtros y las rejillas con regularidad
6. Reducir la velocidad de rotación en ventiladores sobredimensionados
7. Considerar el uso de ventiladores de dos velocidades y trabajar en lo posible en la más baja
8. Usar correas antideslizantes

9. Verificar la tensión de las correas regularmente
10. Usar variadores de velocidad para cargas variables del ventilador
11. Usar motores eficientes para operaciones continuas o discontinuas
12. Usar conductos bien dimensionados con las curvas y transiciones adecuadas
13. Eliminar fugas en los ductos
14. Apagar los ventiladores cuando no estén en uso

Conclusiones Parciales

1. Se describe el confort ambiental, así como el intervalo de temperatura recomendado en la literatura, siendo este de 25 a 26 °C.
2. Se representan las funciones de la ventilación, así como los principales sistemas, siendo los de inyección y extracción los más recomendados para este caso de estudio, además se proponen los criterios básicos para la correcta selección de ventiladores.
3. La literatura resume las principales directrices a tener en cuenta para la ventilación, como son la ASHRAE Standard 62-2001, y la UNE 100011 ambas teniendo en cuenta principalmente la calidad del aire interior dentro del local a ventilar.

Capítulo II

Capítulo II: Metodologías existentes para la selección de los equipos de ventilación. Materiales y métodos para su ejecución

A partir de las normativas existentes para la determinación de las necesidades de ventilación en locales, existen fundamentalmente dos, la primera es la ventilación por dilución para el control de sustancias químicas, y la otra basada en la dilución para el control del calor, siendo esta última la utilizada para el caso a evaluar.

II.1 Determinación de necesidades de ventilación (Según norma RITE)

II.1.1 Bienestar térmico

El confort térmico se logra en función de la actividad de la persona y del aislamiento térmico de su vestimenta y que afectan la sensación de bienestar de sus ocupantes. Estas características son la temperatura del aire, la temperatura radiante media del recinto, la velocidad media del aire en la zona ocupada y, por último, la presión parcial del vapor de agua o la humedad relativa.

La tabla II.1 resume los valores de las velocidades recomendadas del aire e espacios acondicionados. También incluye las reacciones de los ocupantes a distintas velocidades de aire dentro de una zona ocupada (Standard, 2007)

Tabla II.1 Velocidades del aire en la zona ocupada de la habitación.

Velocidad de aire(m/s)	Reacción	Aplicación recomendada
0-0,08	Quejas por estancamiento del aire	Ninguna
0,12	Proyecto ideal-favorable	Todas las aplicaciones comerciales
0,12-0,25	Probablemente favorable, pero la máxima velocidad admisible para personas sentadas es 0,25 m/s aproximadamente	Todas las aplicaciones comerciales

0,35	Desfavorable, los papeles ligeros colocados en las mesas son insuflados	
0,4	Límite máximo para personas que se desplazan lentamente- favorable	Almacenes y comercios
0,4-1.5	Instalaciones de acondicionamiento de aire de alguna; fabricas-favorable	Velocidades más altas de acondicionamiento para refrigeración de punto o localizada

El manual de ventilación de la Carrier propone las condiciones interiores de diseño, en función de la temperatura operativa y de la estación del año como se observa en la Tabla I.2

Tabla II.2. Condiciones interiores de diseño. Fuente (Standard, 2007)

Estación	Temperatura operativa (°C)	Velocidad media del aire (m/s)	Humedad relativa (%)
Verano	23 a 25	0,18 a 0,24	40 a 60
Invierno	20 a 23	0,15 a 0,20	40 a 60

A partir del análisis del nivel de circulación de aire dentro del local se pudo comprobar mediante la medición de velocidad en el interior con el anemómetro Testo (Anexo 4) la insuficiencia de este, no se presentan corrientes de aire transversales en las zonas del almacén, contándose además actualmente con la presencia de ventiladores de techo.

II.1.2 Cálculo de la caudal para el control del calor sensible

Para determinar el caudal necesario para una correcta ventilación, nos basamos en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (Standard, 2007) que en su instrucción denominada "Calidad del aire interior y ventilación", determina que se cumplirá la norma-*em-030-instalaciones-de-ventilacion* la cual nos indica que caudal de aire necesita el almacén (Standard, 2007)

Las normas de algunos países, para la ventilación de locales con fuentes calientes, establecen que la temperatura del aire en las zonas de trabajo no debe superar en más de 5 °C a la temperatura ambiente del exterior:

$$\Delta t_z = t_z - t_e \leq 5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad 2.1$$

Dónde:

t_z : Temperatura del aire en la zona de trabajo

t_e : Temperatura del aire exterior

Calculada la potencia térmica, proveniente del calor sensible generado por las diferentes fuentes, por medio del balance térmico realizado en el local, y conociendo la temperatura de salida y la temperatura de entrada del aire, para régimen estacionario se plantea la siguiente expresión:

$$H = Q * \rho * C_m * (t_s - t_e) \quad 2.2$$

Dónde:

H: Potencia térmica del calor sensible, recibida por el ambiente (W),

Q: Caudal volumétrico del aire debido a la ventilación (m^3 / s),

ρ : Densidad del aire a la temperatura media

C_m : Calor específico másico del aire ($\text{J} / \text{kg} / ^\circ\text{K}$), que se puede tomar igual a:

$$C_m = 1005 \text{ J} / \text{kg} / ^\circ\text{K},$$

t_s : Temperatura del aire de salida del local ($^\circ\text{C}$) y

t_e : Temperatura del aire de entrada al local ($^\circ\text{C}$)

t_m : Temperatura media

La temperatura media (t_m) es:

$$t_m = (t_e + t_s) / 2 \quad 2.3$$

La diferencia entre las temperaturas t_s y t_e también se la denomina Δt_s :

$$\Delta t_s = t_s - t_e \quad ^\circ\text{C} \quad 2.4$$

Despejando de la ecuación (2.2) el valor del caudal volumétrico, resulta:

$$Q = H / [\rho * C_m * (t_s - t_e)] \quad 2.5$$

Otra forma de expresar la ecuación (2.2) es:

$$H = G * C_m * (t_s - t_e) \quad W \quad 2.6$$

Dónde:

$G = Q * \rho$: Caudal másico del aire debido a la ventilación (kg / s).

Se puede usar tanto la expresión (2.2) como la expresión (2.6).

Para calcular la potencia térmica (H) es necesario realizar el balance del calor sensible, que comprende la incidencia de la carga solar sobre el local a ventilar y el calor producido por los motores, la iluminación y por otras fuentes tales como calderas, hornos, secaderos, cañerías de vapor, etc, que no desprendan vapor de agua al ambiente. En el caso de la carga de calor generada por las personas, esta es en parte sensible y en parte latente por el vapor de agua que se elimina por medio de la sudoración. En la mayoría de los casos, la carga de calor sensible supera ampliamente a la carga debida al calor latente y por lo tanto se pueden realizar los cálculos en base a dicho calor sensible.

En las ecuaciones (2.2) y (2.4) a (2.6) no aparece explícitamente el término $\Delta t_z = t_z - t_e$, pero los ensayos realizados demuestran que existe una relación entre Δt_s y Δt_z . Aumentando o disminuyendo Δt_s se produce también un aumento o disminución de Δt_z , pero aún no se ha establecido una relación general entre ambas temperaturas. La distribución de las temperaturas en el interior de un edificio es el resultado de la interacción entre los chorros convectivos, producidos por las fuentes calientes, las corrientes de ventilación y los chorros de aire provenientes de otros lugares. Ya que aún no ha sido estudiada en forma adecuada la relación existente entre estas distintas corrientes, la deducción de una relación entre Δt_s y Δt_z es un

problema complejo y cuya solución está pendiente. En consecuencia, se trabaja con datos empíricos aproximados.

$$G = m * H / (Cm * \Delta tz) \quad 2.7$$

En estas dos últimas ecuaciones se puede considerar que **m** es un coeficiente de **H** que indica la proporción del calor producido que influye en la zona de trabajo, o sea, la proporción del calor producido que determina el valor $\Delta t z$. Una vez que se conoce experimentalmente el valor numérico de **m**, se determina $\Delta ts = \Delta tz / m$ y a continuación se calcula el caudal volumétrico **Q**.

En el libro “Fundamentos de Ventilación Industrial” de V. V. BATURIN -1° se indican valores empíricos de **m** en función de la actividad industrial desarrollada en diferentes locales de industrias, *para el Diseño de los Sistemas de Ventilación y Calefacción de los Edificios para producción y Auxiliares de las Empresas industriales* como se observa en la Tabla II.3

Tabla II.3: Valores empíricos de **m** en función de la actividad industrial

Actividad Industrial	Valores empíricos de m
Naves de colada de acerías con hornos eléctricos 0,3	Naves de colada de acerías con hornos eléctricos 0,3
Hornos de recocido 0,3	Hornos de recocido 0,3
Talleres para electrólisis de aluminio 0,65	Talleres para electrólisis de aluminio 0,65
Fundiciones 0,25	Fundiciones 0,25
Forjas (con hornos) 0,25	Forjas (con hornos) 0,25

Y se aclara en dicha publicación que estos datos son consecuencia de ensayos realizados en locales particulares y no hay modo de justificar su generalización.

Para la ventilación de locales donde las fuentes de calor provienen de actividades distintas de las indicadas en el listado anterior, una aproximación considerada adecuada es adoptar un valor de **m** igual a 0,5.

En la tabla II.3 se expone las concentraciones en mg/m^3 permisible de polvo en el aire expulsado a la atmósfera en dependencia de la concentración admisible en las áreas de trabajo de los locales de producción.

Tabla II.4 Concentraciones en mg/m^3 permisible de polvo en el aire expulsado a la atmósfera. Fuente ()

Concentración límite de polvo en el aire de un área de trabajo de los locales de producción	Contenido admisible de polvo en el aire expulsado a la atmósfera
0 a 2	30
2 a 4	60
4 a 6	80
6 a 10	100

Con respecto a esta tabla podemos señalar que entre más nocivo es el polvo, menos es la concentración en el local de trabajo y menos la concentración del aire expulsado.

II.1.3 Calor debido a personas

Este calor depende de la intensidad del trabajo realizado, de los factores climáticos del medio ambiente, este calor se divide en calor sensible y en calor latente. Como dato práctico debemos señalar que cuando el volumen correspondiente a una persona sobrepasa los 50 m^3 , este calor no se toma en cuenta. Se determina por la fórmula:

$$Q_i = n \sum Q \text{ kW} \tag{2.8}$$

Dónde:

n es el número de personas en el local

$\sum Q$ es el desprendimiento de calor por una persona

En la tabla II.5 se muestran valores más completos de metabolismo promedio en función del grado de actividad y el tipo de aplicación y temperatura del local ya sea sentado (S) o levantado (L), el tipo de aplicación y la temperatura del local.

Tabla II.5 Calor desprendido por personas de acuerdo al grado de actividad

Grado de actividad	Tipo de aplicación	Metabolismo del hombre watt		Temp. Local°C	
				28°C	27°C
		Adulto	Valor Medio	S	L
Trabajo ligero en el banco del taller	Fábrica de trabajo ligero	234	219	56 163	64 155
Trabajo fuerte	Fábrica	438	423	131 292	136 287

II.1.4 Calor debido a motores eléctricos y equipos mecánicos

Los equipos mecánicos en la mayoría de los casos se ponen en funcionamiento mediante motores eléctricos. Ambos, motor y equipo pueden o no hallarse en el mismo local.

Por lo anterior se acostumbra a determinar por separado las emanaciones de calor de los motores y de los equipos que estos mueven.

$$Q_{1M} = N_e k_e K_s \frac{1-n_1}{n_1} = N_e k_e (1 - n) \quad 2.9$$

Dónde:

N_e = Potencia nominal del motor en kW

k_e = Es el coeficiente de carga del motor que no es más que la relación entre la potencia media transmitida al equipo (N_{eq}) en el transcurso de una hora y la potencia nominal del motor (k_e varía entre 0,5 y 0,8)

K_s = Coeficiente de simultaneidad del funcionamiento de los motores

n_1 : Coeficiente de rendimiento del motor con una carga dada

$n_1 = k_n n$

n : Coeficiente de rendimiento del motor con la carga total

Este coeficiente se puede determinar por la tabla II.6

Tabla II.6 Coeficiente de rendimiento del motor

Valor de $n = f(N_e)$						
N_e	0,5	0,5 a 5	5 – 10	10-28	28-50	50
N	0,75	0,84	0,85	0,88	0,90	0,92

k_n : Coeficiente de corrección el cual tiene en cuenta la totalidad de la carga del motor

Cuando $k_e \geq 0,8$ entonces $k_n = 1$

Si $k_e < 0,8$, entonces se toman los valores de k_n de la tabla II.7

Tabla II.7: Coeficiente de corrección k_n

Valores de $k_n = f(k_e)$					
k_e	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
k_n	0,39	0,98	0,97	0,95	0,91

$$k_{en} = \frac{k_e k_s}{n_1} \quad 2.10$$

Es el coeficiente de demanda del motor

Forma de hallar k_s

$$k_s = \frac{\sum N_e \tau}{\sum N_e} \quad 2.11$$

Dónde:

$\sum N_e \tau$ = Es la suma del producto de la potencia nominal de cada motor por el tiempo de su funcionamiento en la hora de cálculo;

$\sum N_e$: Es la suma de las potencias nominales de todos los motores del local

Para hallar k_e en la práctica debemos emplear un vatímetro que nos pueda medir lo que demanda el motor en el transcurso de una hora. Esto debe realizarse varias veces y sacar un promedio. Generalmente varía entre 0,5 y 0,8.

II.1.5 Ganancias a través de paredes y techos

En nuestras condiciones climáticas cuando trabajamos en ventilación la ganancia a través de paredes y techos se debe al calor absorbido fundamentalmente.

La insolación y la diferencia de la temperatura exterior y la interior son esencialmente variables en el transcurso del día por lo que la intensidad del flujo de calor es inestable. Por lo tanto se ha recurrido al concepto empírico de diferencia equivalente de la temperatura (Δt_e) definida: como la diferencia entre las temperaturas de aire interior y exterior capaz que resulta del flujo calórico total a través de la estructura originada por la radiación solar variable y la temperatura exterior.

Tabla II.8 Peso del recubrimiento kg/m^2

Tipo de construcción	Espesor δ mm Peso en kg/m^2	Coefficiente $K \frac{W}{m^2 \cdot C}$ desnudo	Coefficiente K con recubrimiento de 15 mm. (30)
Hormigón 2250 kg/m^3 1350 kg/m^3	25 (571)	3,47	3,23
	30 (683)	3,12	2,95
	15 (145)	1,76	1,70
	20 (259)	1,42	1,36
	25 (322)	1,19	1,14
	30 (390)	1,04	0,97
Bloques de arena y gravilla	20 (210)	2,95	2,72
	30 (307)	2,66	2,56
Fibro-cemento ondulado	(5)	6,58	

II.1.6 Determinación del intercambio de aire para la asimilación del exceso de calor

Para determinar el exceso de calor que se debe de eliminar del interior de los locales se utiliza la expresión 2.12.

$$Q_1 = \sum Q_i$$

2.11

Donde

Q_1 = Calor del local total kW

Q_i = Calores en exceso del local kW

La cantidad de aire G en m³/hr será:

$$G = \frac{3600 Q_1}{1,005 \rho_0 (ts - te)}$$

2.12

Dónde:

1,005 es el calor específico del aire seco kJ/kg °C

T_s = temperatura del aire a la salida del local

t_e = temperatura del aire exterior

ρ_0 = Peso específico del aire a t_e kg/m³

$t_s = t$ interior + K (h-2).

Donde

K = coeficiente de incremento de la temperatura del aire en dependencia de la altura

En talleres muy calientes K=1/1,5

h= Distancia entre el suelo y el centro del orificio de expulsión del aire. En metros.

En locales públicos, viviendas, todos con poca altura se puede considerar $t_s = t$ interior

Q_1 = carga en kW

II.2 Selección del ventilador basado en su aplicación

La especificación del ventilador no es un método preciso, pero puede hacerse confiablemente cuando la aplicación del ventilador es implícita. De acuerdo a la aplicación, existen cuatro elementos que necesitan ser determinados. Estos son:

II.2.1 Modelo del ventilador

Todos los ventiladores ejecutan la misma función básica de mover el aire de un lugar a otro. Pero la gran diversidad de sus aplicaciones crea la necesidad para los fabricantes de desarrollar diferentes modelos. Cada modelo tiene sus beneficios

para ciertas aplicaciones, proporcionando los medios más económicos para la operación del movimiento del aire. La clave para la mayoría de los usuarios es supervisar todos los modelos disponibles y seleccionar el que más se adapte a sus necesidades. He aquí algunas recomendaciones.

Acople Directo vs Acople por Correa

Los ventiladores de acople directo son económicos debido al bajo volumen de aire (2,000 pcm o menos) y baja presión estática 12,5 mm ca. (0.50" c.a. o menos). Estos requieren muy poco mantenimiento y la mayoría pueden ser manejados con un regulador de velocidad para ajustar los pcm. Los ventiladores de acople por correa son convenientes en volúmenes de aire por encima de 2,000 pcm o presiones estáticas por encima de 0.50". Las poleas ajustables permiten que la velocidad y los pcm del ventilador puedan ser ajustados hasta un 25%. Ventiladores de temperaturas altas (por encima de los 120°F (49°C) son casi siempre de acople por correa).

Aspas vs. Rueda Centrífuga

Los ventiladores con aspas proporcionan un método económico en el manejo de grandes volúmenes de aire (5,000 + pcm) con presiones estáticas relativamente bajas (0.50" o menos). Los motores son generalmente montados dentro de la corriente del aire, lo cual limita las aplicaciones relativamente de aire limpio a temperaturas máximas de 110°F (43°C).

II.2.2 Localización del Ventilador

Los modelos de ventiladores son diseñados para ser instalados en tres sitios: en el techo, en una pared lateral o en un ducto. Los elementos básicos del ventilador no cambiarán aun sin importar el sitio donde se monte el ventilador. Solamente cambia el armazón para dar acceso a una instalación mucho más fácil. Determinando el mejor sitio para un ventilador depende de las características físicas del edificio y del flujo del aire deseado. Supervisando la estructura del edificio y visualizando como el aire debe de circular, el lugar para situar el ventilador se hace mucho más evidente.

A continuación, se presenta una forma de localización de ventiladores para aplicaciones industriales general. Es decir una posibilidad de montaje figura II.2 es como extractor a un lado para remover el aire interior del local.

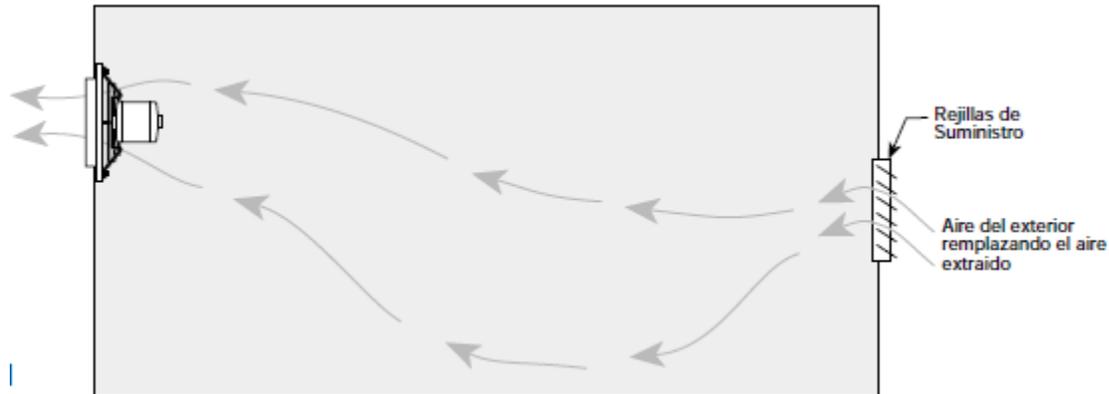


Figura II.2: Montaje como extractor a un lado. Fuente (Salvador, 2002)

Otra posibilidad consiste en la localización de estos encima del techo del local a ventilar. Aquí en aire entra a este y es removido como se muestra en la figura II.3

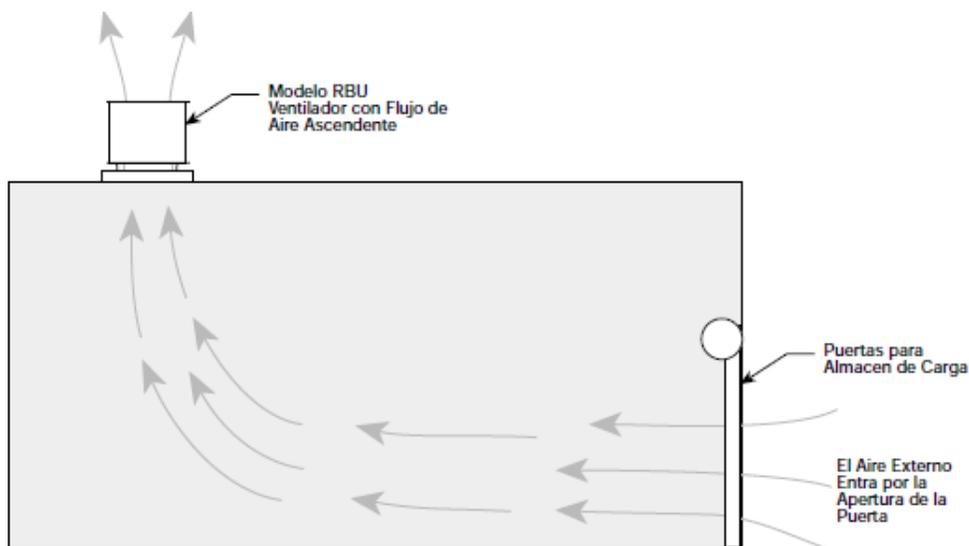


Figura II.3: Montaje encima del techo del local a ventilar. Fuente (Salvador, 2002)

II.2.3 Metodología de Cálculo basada en la aplicación.

II.2.3.1. Determinación de los pies cúbicos por minuto (pcm)

Una vez que el modelo es definido, el caudal debe ser determinado. Los rangos especificados ventilarán adecuadamente las áreas correspondientes en la mayoría de los casos. Sin embargo, en condiciones extremadas podría requerirse “Minutos

por Cambio” fuera del rango especificado (Figura II.4). Para determinar el número actual necesitado en un rango, se debe considerar la localización geográfica y el promedio del nivel de rendimiento del área. Para climas cálidos y más fuertes que otras áreas normales, se debe seleccionar un número bajo en el rango para cambiar el aire más rápidamente. Para determinar los pcm requeridos para ventilar adecuadamente un área, se puede emplear la siguiente expresión.

$$pcm = \frac{\text{Dimensiones del Lugar}}{\text{Min./Cambio}} \qquad 2.13$$

<u>Area</u>	<u>Min./Cambio</u>	<u>Area</u>	<u>Min./Cambio</u>	<u>Area</u>	<u>Min./Cambio</u>
Pasillo	3-10	Salón de Baile	3-7	Tienda de Maquinaria	3-6
Atico	2-4	Comedor	4-8	Fabrica de Papel	3-8
Auditorio	3-10	Tintoreria	2-5	Oficina	2-8
Panaderia	2-3	Cuarto de Maquinas	1-3	Empacadora	2-5
Bar	2-4	Fabrica	2-7	Cabina de Proyección	1-2
Establo	12-18	Fundición	1-5	Cuarto de Recreación	2-8
Cuarto de Calefacción	1-3	Taller	2-10	Residencia	2-6
Club de Boliche	3-7	Cuarto de Generadores	2-5	Restaurante	5-10
Cafeteria	3-5	Gimnasio	3-8	Cuarto de Baño	5-7
Iglesia	4-10	Cocina	1-5	Tienda	3-7
Salón de Clases	4-6	Laboratorio	2-5	Salón de Espera	1-5
Salón para Clubes	3-7	Lavanderia	2-4	Almacén	3-10

Figura II.4: Cambios sugeridos del aire para una ventilación apropiada. Fuente (Soler, 2012)

II.2.3.2 Presión Estática

Las presiones generadas por los ventiladores en el sistema del ducto son de magnitudes pequeñas. Aun así, estimando correctamente la presión estática es un punto crítico para poder hacer una selección apropiada. La presión estática del ventilador es medida en pulgadas de columna de agua. Una libra por cada pulgada cuadrada es equivalente a 27.7" de columna de agua. Las presiones estáticas en los sistemas de ventilación son generalmente menos de 2" de columna de agua, o 0.072 psi. La figura II.5 muestra la guía para la presión estática en función del ducto a utilizar.

GUIA PARA LA PRESION ESTATICA	
Sin ducto:	0.05" to 0.20"
Con ducto:	0.2" to 0.40" por cada 100 pies de ducto (asumiendo que la velocidad del aire dentro del ducto es de 1,000-1,800 Pies/Min.)
Instalación:	0.08" por cada elemento instalado (codo, rejilla, compuerta, etc.)
Campana de Cocina:	0.625" to 1.50"
Importante: Los requisitos para la presión estática son significativamente afectados por la cantidad de aire de relleno proporcionado en un área. Insuficiente aire de relleno o suministro aumentará la presión estática y reducirá la cantidad de aire a extraer. Recuerde, por cada pie cúbico de aire que se extrae, tiene que ser suministrado otro pie cúbico de aire.	

Figura II.5: Guía para la presión estática. Fuente (Soler, 2012)

II.2.3.3 Niveles del Ruido

En muchos casos, el ruido generado por un ventilador, debe ser considerado. En la industria de la ventilación, utilizamos un factor común para expresar el nivel de la presión del ruido, el sone. En términos prácticos, la intensidad de un sone es equivalente a la tranquilidad de un refrigerador a una distancia de 5 pies. Los sones son una medida lineal de los niveles de la presión del ruido. Por ejemplo, el nivel de ruido de 10 sones es dos veces más fuerte que el de 5 sones.

Los lugares con construcciones rígidas (paredes de concreto, pisos de cerámicas, etc) reflejan ruido. En estos casos, se debe de seleccionar un ventilador con un valor final más bajo. Los lugares con construcciones moderadas (alfombras, cortinas, etc) absorben ruido. En estos casos, se pueden seleccionar ventiladores con un valor final más alto. La Figura II.6 presenta el nivel de intensidad limitada para ciertos lugares

A partir de analizar ambas metodologías el desarrollo de la propuesta por RITE muestra un mejor análisis de las condiciones reales del local a analizar.

Sones	DBA	
1.3-4	32-48	Residencias (rurales y sub-urbanas)
1.7-5	36-51	Salones de Conferencia
2-6	38-54	Cuartos de Hoteles, Bibliotecas, Cines, Oficinas Ejecutivas
2.5-8	41-58	Escuelas y Salones de Clase, Pabellones de Hospitales y Salas de Operaciones
3-9	44-60	Corte de Justicia, Museos, Apartamentos, Residencias Urbanas
4-12	48-64	Restaurantes, Sala de Espera, Oficinas Generales, Bancos
5-15	51-67	Pasillos y Corredores, Salón Bar, Cuarto de Baños y Tocadores
7-21	56-72	Cocinas de Hoteles y Lavandería Supermercados
12-36	64-80	Maquinaria Ligera, Líneas de Ensamble
15-50	67-84	Tienda de Maquinarias
25-60	74-87	Maquinaria Pesada

De la Publicación AMCA 302 (Aplicación de los Valores de Sonos para Equipos de Ventilación sin Ductos con Similitudes de Lugares-Sone-dBA).

Figura II.6 Nivel de intensidad limitada para ciertos lugares. Fuente: (Soler, 2012)

Conclusiones parciales

1. Se presentan dos metodologías empleadas para la determinación de las necesidades de ventilación, la dada por la RITE la cual da como propuesta la determinación del cálculo de calor sensible (Personas, Iluminación, Equipos, etc) y otra en función de la aplicación de los ventiladores, esta última para un cálculo aproximado.
2. De las metodologías expuestas la dada por RITE muestra un mayor valor de precisión y detalles a observar, mientras que la basada en la aplicación debe ser utilizada en cálculos aproximados.
3. Para la ubicación del ventilador, se muestran dos montajes típicos, en correspondencia con el caso de estudio a evaluar, presentando como fundamental alternativa el montaje lateral de estos, aprovechando la capacidad de ventilación natural.

Capítulo III

Capítulo III. Análisis de los resultados

III.1 Caracterización de la División Territorial Copextel Cienfuegos

La Corporación COPEXTEL, S.A fue fundada el 27 de febrero de 1985, esta corporación tiene divisiones en todas las provincias del país entre ellas se encuentra División Territorial Cienfuegos la cual se encuentra ubicada en los 22°09'43.58" N 80°26'43.49" W, con sede en Calle 63 km 3 Pueblo Griffo, Cienfuegos, es una organización flexible y competitiva, con un capital humano motivado y comprometido con sus clientes, la organización y la sociedad. Su objeto social es:

- Ejecutar las operaciones de comercio exterior relacionadas con la exportación e importación de bienes y servicios, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Exterior y la Inversión Extranjera.
- Comercializar y arrendar productos no alimenticios, tanto importados como adquiridos en el mercado nacional.
- Brindar servicios de diseño, proyectos, integración, instalación y puesta en marcha, de consultoría, capacitación, de asistencia técnica y servicios técnicos de revisión y diagnóstico, así como de reparación y mantenimiento de los equipos y sistemas tecnológicos que se comercializan.
- Producir, ensamblar y comercializar bienes como complemento a los proyectos que realizan.

La Figura III.1 muestra esquemáticamente la ubicación geográfica y la empresa.

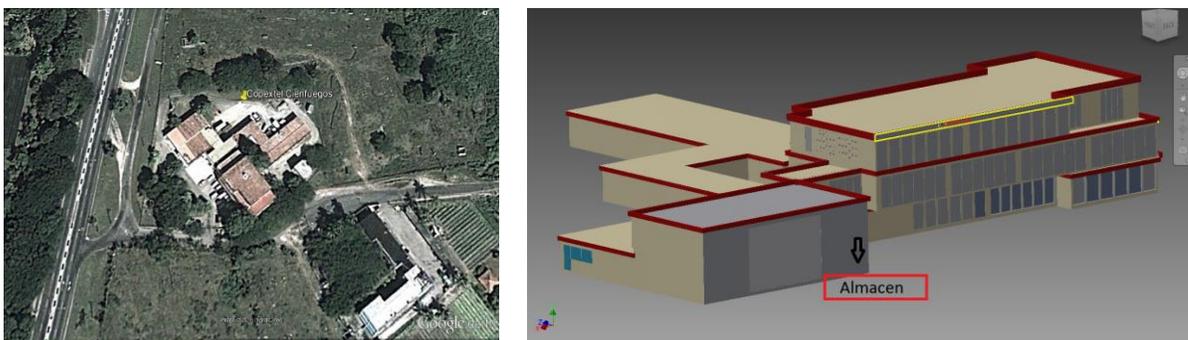


Fig. III.1 Ubicación geográfica y vista de la Empresa Copextel S.A.

III.1.1. Caracterización del local a climatizar.

El local a climatizar corresponde al almacén central de la división. Éste está ubicado en la parte posterior de la construcción y en la Figura III.1 se señala la zona donde se ubica el almacén en la empresa. Es necesario destacar que este local no fue desde sus inicios concebido como almacén.

Para conocer los estados del local a climatizar, fueron realizadas mediciones de temperatura y velocidades de circulación del viento en su interior. Los parámetros fueron medidos en el mes de abril del presente año. Es necesario precisar que el mes de abril es un mes relativamente fresco y las mediciones fueron desarrolladas en horas tempranas de la mañana, los valores oscilaban alrededor de los 28 °C de temperaturas. En el interior del local la influencia del sol específicamente por las paredes Este, Oeste y las ganancias de techo, introducen temperaturas de alrededor de los 33 °C.

La Tabla III.1 resume los principales productos almacenados en este local.

Dicho local se encuentra dividido por áreas para mejor disponibilidad de los recursos almacenados. En el área de transporte Tabla III.1 se encuentran los artículos según la disponibilidad del almacén.

Tabla III.1 Artículos almacenados en el área de transporte

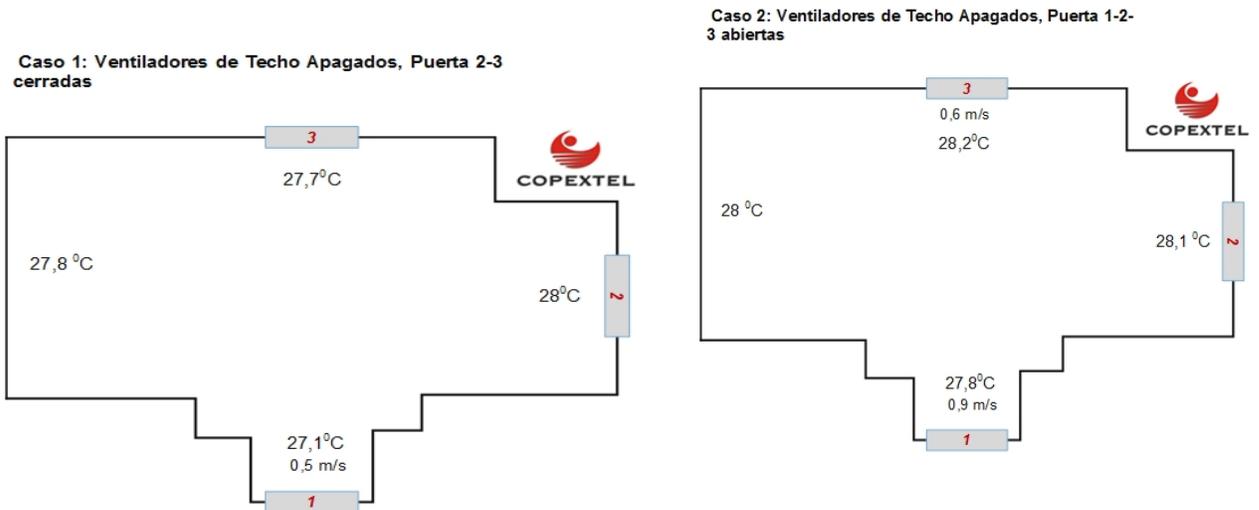
Áreas	Artículos Almacenados	
TRANSPORTE	Baterías automotrices	Manguera
	Bombillos	puertas de autos
	Neumáticos	Correa
	Cables de frenos	Líquido de freno
	Bujes	Tuberías plásticas
	Guardafangos	Otros

En el área comercial se localizan los artículos como se observa en la Tabla III.2

Tabla III.2 Artículos almacenados en el área de comercio

Áreas	Artículos Almacenados
COMERCIO	Cintas de impresoras
	Computadoras (Partes)
	Papel
	Impresora (EPSON)
	Televisores
	Split
	Pinturas

Producto de la insuficiente ventilación que presentaba el local Almacén Central fueron instalados ventiladores de techo; se tomaron mediciones de temperatura y velocidad en el interior del local en tres casos diferentes. En el primero de estos los ventiladores de techo se encontraban apagados y dos puertas cerradas, el caso 2 cuenta con todas las puertas abiertas y el caso tres presenta los ventiladores encendidos, todos estos casos se muestran en la Figura III.2



Caso 3: Ventiladores de Techo Encendidos, Puerta 1-2-3 abiertas

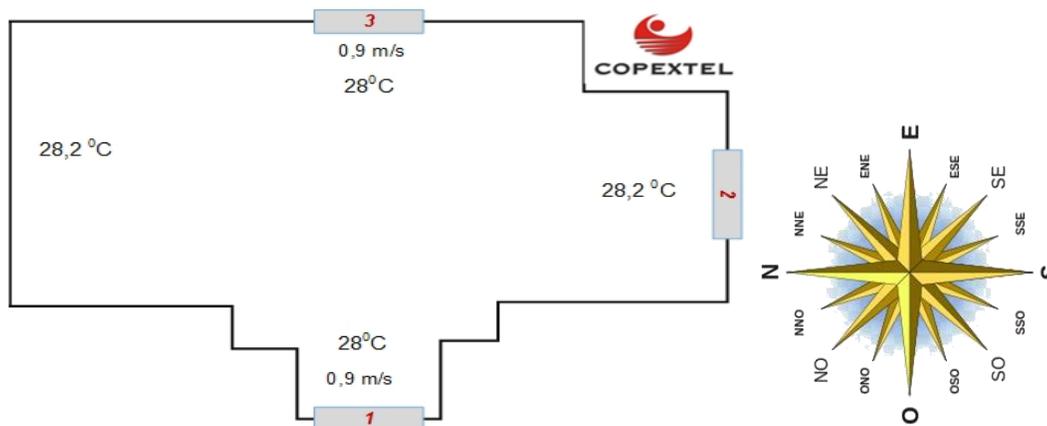


Figura III.2. Mediciones dentro del local en tres condiciones Fuente: Elaboración propia

III.2 Levantamiento de las cargas dentro del local en estudio

Este almacén se encuentra en un primer piso, aunque tiene tres puertas dos grandes y una pequeña es imposible utilizarlas para la ventilación ya que con la presencia de estas abiertas el personal que trabaja siente insatisfacciones.

Algunos de los productos almacenados deben de estar bajo un control de temperatura recomendados, ejemplo de ello son la pintura, plásticos y gomas donde se estima que debes de estar a valores por debajo de los 30 °C, presentando riesgos a valores superiores.

II.2.1 Características constructivas del almacén

Se trata de un recinto de una planta rectangular de 22,40 m de largo, 18,3 m de ancho y 3,1 m, de altura, lo que da volumen de 1270,8 m³ (Anexo 1) todo de hormigón, con tres puertas de acceso en el que ya existe un sistema de ventilación, aunque el caudal evacuado es claramente insuficiente.

En este recinto existen los equipos electrodomésticos dados en la tabla III.3:

Tabla III.3 Equipos electrodomésticos de almacén

% Área	Equipo	Cantidad	Potencia unitaria (kW)	Potencia total(kW)	Tiem po (h)/dí a	Energía (kW*h)/dí a	Energía (kW*h)/ mes
Almacén Central	Ventilador de techo	7	0,25	1,75	8	14	420
	Lámpara	30	0,032	0,96	10	9,6	288
	Refrigerador	2	0,24	0,48	10	4,8	144
	Computadora	1	0,13	0,13	8	1,04	31,2
	Televisor	1	0,0096	0,0096	5	0,048	1,44
						Energía Total	884,64

III.3.2 Determinación de las necesidades de calor sensible

Para determinar el exceso de calor que se debe de eliminar del interior de los locales se utiliza la metodología propuesta por la RITE, a partir del cual el exceso de calor que se debe de eliminar del interior de los locales queda expresado por la Ec 2.11. Para poder determinar la cantidad de aire a ventilar en el local, se debe hallar el calor total de las fuentes presentes, es decir el calor debido a personas, equipos mecánicos así como por paredes y techos.

III.3.3 Determinación del Calor total en el local Q_1

Calor debido a personas

Este calor depende de la intensidad del trabajo realizado, de los factores climáticos del medio ambiente, este calor se divide en calor sensible y en calor latente. Como dato práctico debemos señalar que cuando el volumen correspondiente a una persona sobrepasa los 50 m^3 , este calor no se toma en cuenta. Este calor puede ser determinado por la expresión 2.8, a partir del grado de actividad de la tabla II.5:

$$Q_i = n \sum Q \quad \text{kW}$$

De acuerdo a la Tabla II.5 para el caso del grado de actividad ligero el metabolismo del hombre es de 219 Watts como valor medio, contando además con una cantidad de 2 personas dentro del local

$$Q_i = 2 * 219 = 0,438 \text{ kW}$$

Calor debido a Equipos mecánicos

A partir de la Tabla III.3 la potencia total de los equipos presentes dentro del local es de 3,3 kW, para el cálculo se consideró que esta potencia se desprende en forma de calor por convección y radiación (Standard, 2007)

$$Q_i = Q_{\text{equipos}} = 3,3 \text{ kW}$$

Ganancias a través de paredes y techos

La determinación de las ganancias de calor por paredes y techos está en función del tipo de material de la pared, el área así como la diferencia de temperaturas exterior e interior. El local es hormigón de 25 mm de espesor con un coeficiente de transferencia de calor $K = 3,47 \text{ W/m}^2\text{C}$, para un área de $69,4 \text{ m}^2$. La pared Sur no se tomó en consideración para el cálculo de las ganancias de calor debido a que esta limita con un local climatizado de la empresa así como existen dos paredes similares como son la pared Este y Oeste. Las restantes paredes fueron determinadas a partir de la Ec. 3.1

$$Q_{\text{pared}} = K * A (t_e - t_i) \tag{3.2}$$

Donde

K: Coeficiente de transferencia de calor. ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

A: Área de la pared (m^2).

T_e Temperatura del aire exterior.

T_i Temperatura del aire interior.

Determinación de las ganancias de calor por paredes.

Pared Oeste

$$Q_{\text{OESTE}} = 3,47 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}} * 69,44 \text{ m}^2 (31 - 28)$$

$$Q_{\text{OESTE}} = 0,72 \text{ kW}$$

Pared norte

$$Q_{\text{NORTE}} = 3,47 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}} * 56,73 \text{ m}^2 (31 - 28)$$

$$Q_{\text{NORTE}} = 0,59 \text{ kW}$$

Pared Este

Para el caso de la pared Este el valor de la ganancia es de $Q_{\text{ESTE}} = 0,72 \text{ kW}$

Techo

$$Q_{\text{TECHO}} = 3,47 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}} * 409,92 \text{ m}^2 (31 - 28)$$

$$Q_{\text{techo}} = 4,26 \text{ kW}$$

Piso

$$Q_{\text{PISO}} = 2,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}} * 409,92 \text{ m}^2 (31 - 28)$$

$$Q_{\text{PISO}} = 3,63 \text{ kW}$$

Ganancia de calor total

$$Q_{\text{total}} = 2 * Q_{\text{OESTE}} + Q_{\text{NORTE}} + Q_{\text{TECHO}} + Q_{\text{PISO}} = 9,92 \text{ kW}$$

La cantidad de aire necesaria a suministra es:

$$G = \frac{3600 * 9,92}{1,005 * 1,2(31 - 28)}$$

La cantidad de aire necesaria queda entonces:

$$G = 9\,870,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

III.3.4 Propuesta de montaje y selección del ventilador.

Para la selección del tipo de ventilador a utilizar a partir de los catálogos técnicos, se mostraron dos propuestas fundamentales, la primera fue la utilización de ventiladores centrífugos ya que estos manejan gran cantidad de aire, y la segunda, la selección del tipo axial este último desde el punto de vista económico mucho más barato y de fácil montaje además idóneo para este tipo de ventilación en general. La decisión también se basó en función de las características constructivas de la instalación

La figura III.3 muestra un tipo de ventilador centrífugo para bajas presiones de la serie BP, con características de que está provisto de motores de 4 y 6 polos monofásicos y 6 polos trifásicos, además de contar con caudales desde 1.000 m³/h hasta 12.000 m³/h y temperatura máxima de trabajo de 50°C



Figura III.3 Ventilador centrífugo para baja presión serie BP. Fuente (Catálogo técnico, 2013)

Las curvas características de este tipo de ventilador se representan en la Figura III.4

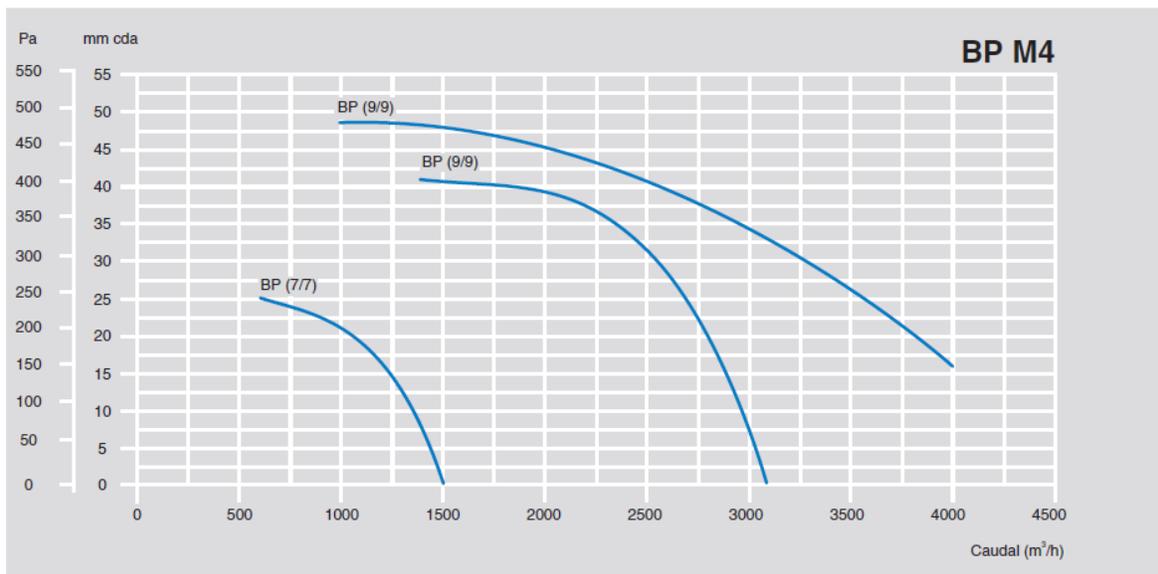


Figura III.4 Curvas características para el ventilador centrífugo de la serie BP. Fuente: (Catálogo técnico, 2013)

El ventilador seleccionado para este caso es el ventilador helicoidal de pared serie HPMF 350 M4, el cual es ideal para ventilación general en locales, presenta además la ventaja de poseer un montaje directo a la pared. Las características técnicas de estos se resumen en la tabla III.2

Tabla III.2 Características Ventilador helicoidal de pared serie HPMF 350 M4

Características
<ul style="list-style-type: none"> • Marco soporte de polipropileno reforzado. • Hélice de chapa aluminio. • Rejilla de protección según norma UNE-EN 294. • Motor asíncrono según norma protección IP42. • Tensión 230V 50 Hz. • Temperatura máxima del aire 50°C. • Revoluciones del motor: 1.300 r.p.m.



Para el ventilador seleccionado se representa las curvas características para cuatro modelos diferentes, coincidiendo para el caudal a renovar por uno 1645 m³/h un valor pequeño de presión estática desarrollada, además presenta un nivel sonoro de 47 dB, permisible para estos casos.

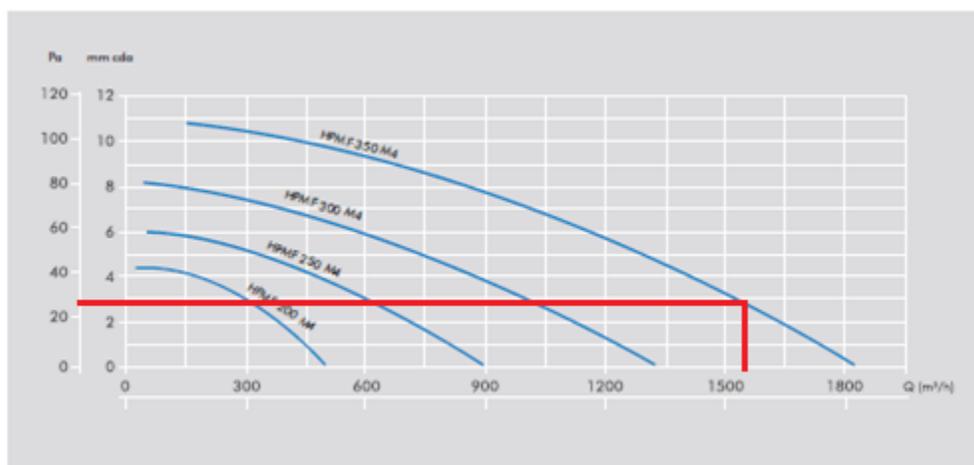


Figura III.5 Curvas características para el ventilador axial. Fuente: (Catálogo técnico, 2013)

Estos últimos tipos de ventiladores como se puede observar desarrollan menores valores de presión estática con valores relativamente bajos de flujos.

Una vez obtenido el valor de los m^3/h a renovar, se propone el montaje del sistema como se indica en la figura III.3, el sistema carecerá de ductos por lo que la presión estática del ventilador será 2 mm c.a (28 Pa). Se propone además la utilización de 6 ventiladores en paralelo que garanticen el intercambio de aire, tres de ellos suministrando aire al local y los restantes funcionando como extractores.

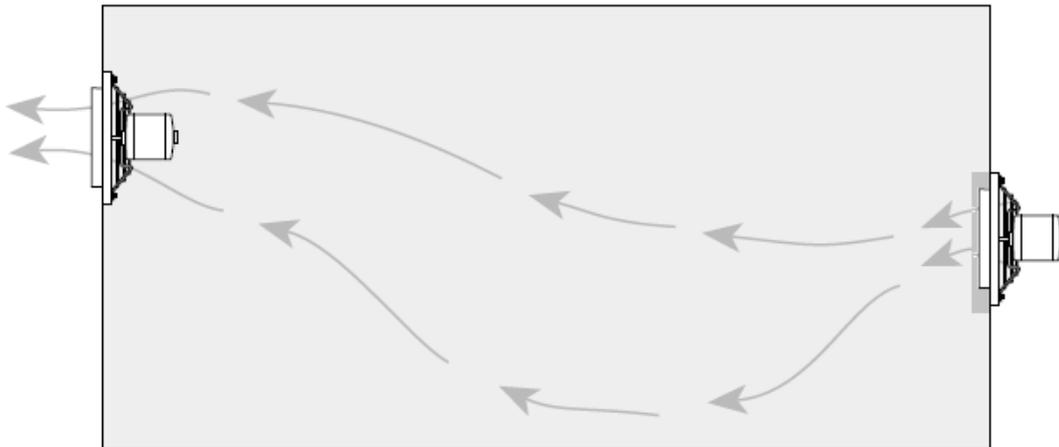


Figura III.3 Propuesta de montaje de los ventiladores

Determinación de la potencia del ventilador.

Para la determinación de la potencia del ventilador se tienen los valores de Flujo y Diferencia de presiones desarrollada, a partir de la ecuación 3.3

$$N = \frac{Q * \Delta p}{\eta_{inst}} \quad (3.3)$$

Donde

Q: Caudal entregado por el ventilador (m^3/s)

Δ_p : Presión entregada. (Pa)

η_{inst} : Rendimiento de la instalación.

N: Potencia

$$N = \frac{0,46 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 28 \text{ Pa}}{0,82 * 1000} = 0,015 \text{ kW}$$

Conclusiones parciales de III

1. La adaptación del local de servicios generales a almacén de la división obliga al uso de la ventilación mecánica, lo cual incrementa el uso de energía eléctrica.
2. El estudio de los valores de las corrientes de aire en el almacén objeto de estudio muestra que el valor más frecuente de la velocidad es de 0,9 m/s, pero su radio de acción era muy limitado al área de barrido del ventilador de techo.
3. No se apreciaban por las mediciones realizadas corrientes de aire en forma transversal dentro del almacén funcionando los ventiladores de techo.
4. La sensación de calor en el interior del almacén es superior en 2 o 3°C a los 27°C medidos dado la hermeticidad del almacén. En la estación de verano la temperatura media en Cienfuegos en horas diurnas es de 33 °C, y la temperatura interior es del orden de 35°C, temperatura inaceptable para el personal del almacén.
5. El caudal necesario a remover para mejorar las condiciones ambientales es de 9 870,6 m³/h y ello debe garantizar las condiciones de confort.
6. El ventilador seleccionado para el trabajo es del tipo helicoidal de pared serie HPMF 350 M4 con capacidad de 1 645 m³/h por lo que se requiere 6 ventiladores

Conclusiones generales

1. La literatura consulta demuestra que la ventilación industrial resulta de mucha utilidad cuando no es necesario reducir la temperatura a valores propios de la climatización y ello se logra con un menor costo económico.
2. Las metodologías consultadas para el cálculo de ventilación del almacén central de COPEXTEL permiten afirmar que resulta la más completa la dada por RITE y ella es la utilizada en el presente trabajo.
3. La velocidad medida luego del funcionamiento de los ventiladores de techo es de 0,2 m/s bajo el propio ventilador y no alcanzan corrientes transversales en el interior del almacén.
4. En las condiciones actuales, la sensación de calor en el interior del almacén es superior en 2 o 3°C a los 27°C medidos dada la hermeticidad del local.
5. Es necesario un caudal de 9 870,6 m³/h a remover para mejorar las condiciones ambientales y garantizar las condiciones de confort.
6. Fue seleccionado el ventilador para el trabajo del tipo helicoidal de pared serie HPMF 350 M4 con capacidad de 1 645 m³/h y una potencia de 0,015 kW.

Recomendaciones

1. Evaluar económicamente la propuesta de ventilación al almacén central.
2. Realizar la comprobación de la velocidad interior en el almacén una vez instalado los equipos.

Bibliografía

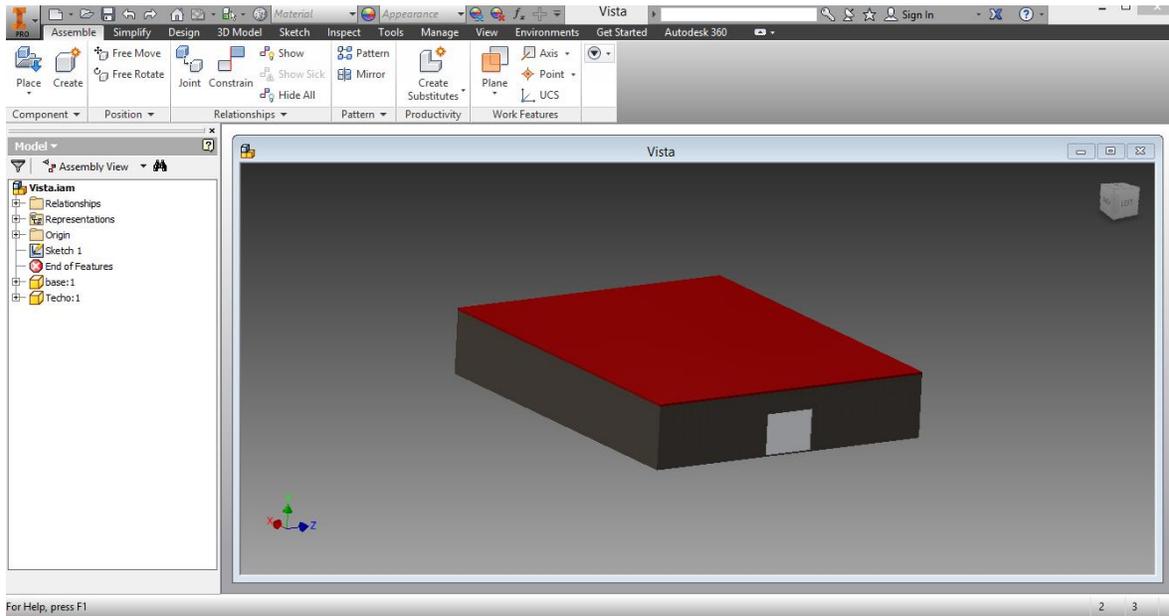
- Bedoya, F. (2007). Metodología de diseño de ventiladores centrífugos utilizando programas computacionales. *Universidad Tecnológica de Pereira*.
- Brossard, L. (2002). *Fundamentos de la Ventilación Industrial*.
- Bugedo, G. (2012) *Introducción a la ventilación mecánica*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Medicina. Apuntes de Medicina Intensiva. Santiago de Chile: Universidad Católica.
- Carnicer, R. E. (1994). *Ventilación industrial; Ventiladores*. Madrid: Editorial Paraninfo,
- Certificación, A. E. D. N. (2008). *Ventilación de los edificios no residenciales– Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos UNE-EN 13779: 2008*. España: AENOR.
- Cherkasski, V. M. (1986). *Bombas, ventiladores, compresores*. Moscú: MIR
- Copco, A. Sistemas de Ventilación. Perforación y Voladu. Recuperado a partir de:, <http://www.atlascopco.com>.
- Córdova, Y. Revisión de aspectos reglamentarios a nivel nacional e internacional vinculados a la calidad del aire interior en edificaciones de uso no industrial.
- CTE, D. (2009). Código técnico de la edificación. *Documento Básico. Seguridad Estructural. Madera, 132*.
- Engineeringenery, H. (2009). Sistemas de filtración de Airee y ventilación. *Italy All rights reserved*.
- Escarrabill, J. (2007). El futuro de la ventilación mecánica domiciliaria: redes o contenedores. *Archivos de Bronconeumología, 43(10), 527-529*.
- Escoda, S. (2008). *Manual práctico de ventilación*. Barcelona: Rosellón.
- Fonseca Díaz, N., & Hannay, J. (2009). Estudio experimental de sistemas de ventilación en edificios como parte de la auditoria energética de sistemas HVAC. *Scientia*.
- Godínez, R. I. (2002). *Aspectos técnicos de los ventiladores mecánicos. Tratado de Cuidados Intensivos Pediátricos*. Madrid:, Norma-Capitel.

- Grimm, N. R., & Rosaler, R. C. (Eds.). (1996). *Manual de diseño de calefacción, ventilación y aire acondicionado*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V. (2007). *Calidad de ambientes interiores*. Editorial Paraninfo.
- Mataix, C. (1975). *Turbomáquinas hidráulicas: turbinas hidráulicas, bombas, ventiladores*. ICAI.
- Neal, C., & Rudolph, J. S. (1997). *Sistemas de Ventilación*. Madrid: Real Farmacopea Española.
- Norma, U. N. E. 100-011: (1991). *Climatización. La ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales*.
- Pocoví, E. R., & Villaflor, G. D. V. (1999). *Ventilación industrial: descripción y diseño de los sistemas de ventilación industrial*. Magna.
- Ramos, N. (1994). *Bombas, ventiladores y compresores*. La Habana: Editora ISPJAE,
- Rodríguez-Soria, B., Pérez-Bella, J. M., Domínguez-Hernández, J., Cano-Suñén, E., & Coz-Díaz, J. J. D. (2012). Calidad de aire interior y eficiencia energética. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 87(1).
- Ruiz, M. M. (1995). *Manual práctico de ventilación industrial estática o natural*. Cie Inversiones Editoriales Dossat.
- SA, S. E. (2002). Manual práctico de ventilación. *Catalogo*.
- Salvador, E. (2002). Manual práctico de ventilación. *Catalogo técnico. Segunda edición. Barcelona, España*, 136.
- Soler, Y. P. (2012). Manual práctico de Ventilación.
- Standard, A. S. H. R. A. E. (2001). Standard 62-2001, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating. *Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA*.
- Standard, S. (2007). Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- UC, E. T. V. Clasificación de la Ventilación con Presión Positiva (VPP).
- Woods, F. (2002). Ventiladores Industriales. *Presentación para el Grupo Cementos Mexicanos*.

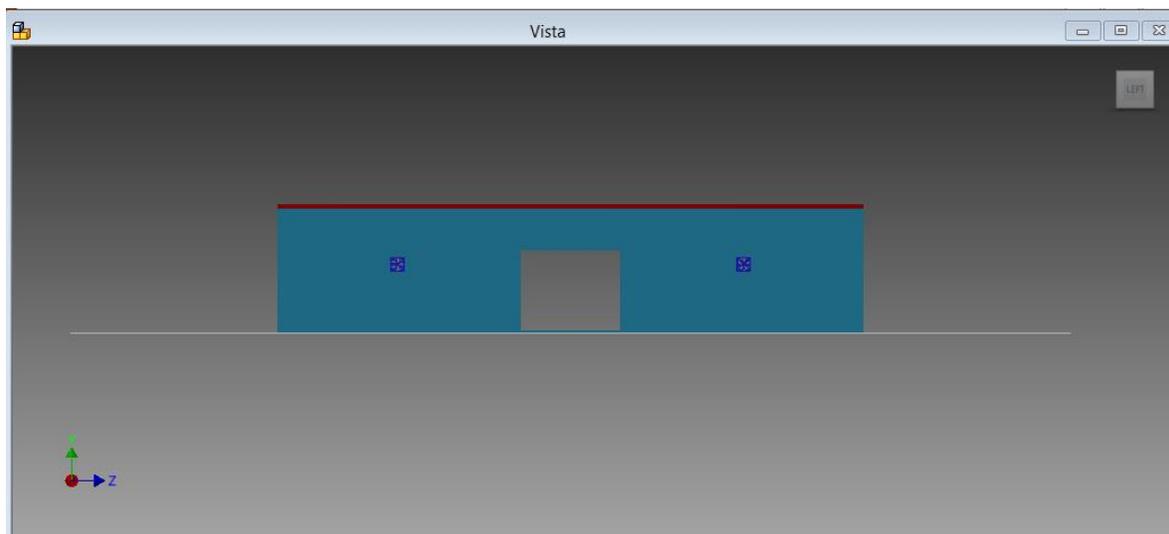
- Yarke, E. (2005). *Ventilación natural de edificios: fundamentos y métodos de cálculo para aplicación de ingenieros y arquitectos*. Nobuko.
- Zorraquino, J. V. M., & Martínez, A. M. (2008). Calidad del aire interior en las oficinas. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 83(5).

Anexos

Anexo 1. Vista isométrica del local Almacén central.



Anexo 2. Vista Frontal con el montaje de los ventiladores.



Características técnicas

Parámetros	Valores
Resolución de Temperatura	0.1° F/C
Precisión de Temperatura	± 0.9° F (± 0.5° C), otherwise ± 2% of m.v.
Rango de Temperatura	-14 to 122° F (-25 to 50° C)
Rango de velocidad del aire	39 to 3,937 ft/min (0.4 to 20 m/sec)
Resolución de velocidad del aire	1 ft/min (0.01 m/s)
Precisión de velocidad del aire	20 fpm, 2% of m.v.