

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“DISEÑO DE PRESURIZACIÓN DE ESCALERAS PARA LA EVACUACIÓN ANTE EL SUCESO DE UN INCENDIO EN EL EDIFICIO DE COMERCIO - CHORRILLOS”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**CALDERÓN RIVERA, MICHAEL ALEXANDER**

**Villa El Salvador**

**2018**

**Dedicatoria**

Esta investigación es dedicada a mi familia y a mi novia por su apoyo incondicional, comprensión y amor en los momentos difíciles

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios en primer lugar, a mi familia y a mi novia por ser mi fuerza y motivo de alcanzar en busca de alcanzar mis metas profesionales

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN .....   | 9  |
| CAPÍTULO I .....   | 10 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....   | 10 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA: .....                                   | 10 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA: .....  | 11 |
| 1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO:.....  | 11 |
| 1.3.1 Teórica: .....   | 11 |
| 1.3.2 Espacial:.....   | 12 |
| 1.3.3 Temporal: .....  | 12 |
| 1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA: .....  | 12 |
| 1.4.1 Problema General: .....  | 12 |
| 1.4.2 Problemas Específicos:.....  | 12 |
| 1.5 OBJETIVOS: .....   | 13 |
| 1.5.1 Objetivos Generales:.....  | 13 |
| 1.5.2 Objetivos Específicos: .....   | 13 |
| CAPÍTULO II .....  | 14 |
| MARCO TEÓRICO.....   | 14 |
| 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....   | 14 |
| 2.1.1 A nivel Internacional .....  | 14 |
| 2.1.2 A nivel Nacional.....  | 15 |
| 2.2 BASES TEÓRICAS .....   | 16 |
| 2.2.1 Diseños de Presurización de Escaleras .....                                    | 16 |
| 2.2.1.1 Definición del Diseños de Presurización de Escaleras.....                    | 16 |
| 2.2.1.2 Enfoques Teóricos de la Variable Diseños de Presurización de Escaleras ..... | 17 |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.1.2.1 Ventiladores .....  | 24 |
| 2.2.1.2.2 Tipos de Ventiladores.....  | 25 |
| 2.2.1.2.2.1 Ventiladores Axiales.....   | 25 |
| 2.2.1.2.2.2 Ventiladores Centrífugos.....                                     | 27 |
| 2.2.1.3 Dimensiones de la Variable Diseños de Presurización de Escaleras..... | 30 |
| 2.2.2 Evacuación Frente a un incendio .....                                   | 30 |
| 2.2.2.1 Introducción a la Evacuación Frente a un incendio .....               | 30 |
| 2.2.2.2 Enfoques teóricos de la Variable Evacuación Frente a un incendio..... | 31 |
| 2.2.2.3 Dimensiones de la Variable Evacuación Frente a un incendio.....       | 32 |
| 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....                                      | 32 |
| 2.3.1 Área de refugio.....  | 32 |
| 2.3.2 Edificio.....   | 33 |
| 2.3.3 Edificio de gran altura.....  | 33 |
| 2.3.4 Especificaciones de diseño .....  | 33 |
| 2.3.5 Especificaciones de diseñador .....                                     | 33 |
| 2.3.6 Equipo de Diseño.....   | 33 |
| 2.3.7 Compartimiento contra el fuego .....                                    | 34 |
| 2.3.8 Detector de Humo .....  | 34 |
| 2.3.9 Fuego.....  | 34 |
| 2.3.10 Incendio.....  | 34 |
| CAPÍTULO III .....  | 35 |
| DESARROLLO DEL OBJETIVO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA .....                      | 35 |
| 3.1 DEFINIR EL TIPO DE ESCALERA DE EVACUACIÓN.....                            | 40 |
| 3.2 CAUDAL DE VENTILACIÓN .....   | 42 |
| 3.2.1 Método de cálculo del caudal de inyección .....                         | 42 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.1.1 Cálculos del caudal de inyección .....                            | 43 |
| 3.3 SISTEMAS DE DUCTOS .....  | 52 |
| 3.3.1 DIFUSORES .....   | 52 |
| 3.3.2 DÁMPER DE ALIVIO BAROMÉTRICO .....                                  | 54 |
| 3.4 CÁLCULO DE LA CAÍDA DE PRESIÓN .....                                  | 56 |
| 3.5 SELECCIÓN DEL EQUIPO .....  | 58 |
| 3.5.1 SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN DE LA PRESURIZACIÓN .....           | 60 |
| 3.5.2 DIAGRAMA DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN DE ESCALERAS GENERAL<br>..... | 63 |
| CONCLUSIONES.....   | 64 |
| RECOMENDACIONES .....   | 66 |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 67 |
| ANEXOS .....  | 68 |
| ANEXO N° 1: CATÁLOGO DE LOS EQUIPOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA .....         | 68 |
| ANEXO N° 2: GRADO DE PROTECCION IP .....                                  | 70 |
| ANEXO N° 3: CUADRO DEL CATÁLOGO DEL DÁMPER DE ALIVIO .....                | 71 |
| ANEXO N° 4: CATÁLOGO DEL DETECTOR DE HUMO PARA DUCTO .....                | 72 |
| ANEXO N° 5: CATÁLOGO DEL SENSOR DE PRESION DWYER .....                    | 73 |
| ANEXO N° 6: CATÁLOGO DE REJILLAS DE DESCARGA .....                        | 74 |
| ANEXO N° 7: PLANO DE ESCALERAS EN VISTA DE PLANTA .....                   | 75 |
| ANEXO N° 8: COTIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN DE ESCALERAS          | 76 |

## LISTADO DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Zonas de fugas típicas para paredes y pisos .....                           | 44 |
| Tabla 2. Mínimas diferencias de presión de diseño a través de barreras de humo ..... | 44 |
| Tabla 3. Caída de presión en ducto de mampostería para el equipo 1 .....             | 57 |
| Tabla 4. Caída de presión en ducto de mampostería para el equipo 2 .....             | 57 |
| Tabla 5. Parámetros para selección del equipo inyector .....                         | 59 |

## LISTADO DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Escalera Integrada .....                                      | 18 |
| Figura 2. Escalera continua de 1er a último piso .....                  | 20 |
| Figura 3. Evacuación con vestíbulo previo ventilado.....                | 21 |
| Figura 4. Escalera de evacuación Presurizada .....                      | 22 |
| Figura 5. Escalera de evacuación Abierta.....                           | 23 |
| Figura 6. Escalera de evacuación Cerrada .....                          | 24 |
| Figura 7. Ventilador axial con aletas guía .....                        | 26 |
| Figura 8. Ventilador tuboaxial.....                                     | 26 |
| Figura 9. Ventilador Centrífugo .....                                   | 27 |
| Figura 10. Rotor con álabes de grosor uniforme .....                    | 28 |
| Figura 11. Rotor con álabes aerodinámicos.....                          | 29 |
| Figura 12. Rotor con álabes radiales modificados .....                  | 29 |
| Figura 13. Rotor con álabes curvados hacia adelante .....               | 30 |
| Figura 14. Pasos del diseño de Presurización de escaleras.....          | 36 |
| Figura 15. Proceso del presurizado de escaleras .....                   | 42 |
| Figura 16. Fuerzas en una puerta en un sistema de control de humo ..... | 46 |
| Figura 17. Dámper barométrico BR-30 series.....                         | 55 |
| Figura 18. Software de selección de equipo de la marca S&P.....         | 60 |

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva por título “Diseño de Presurización de Escaleras para la Evacuación ante el Suceso de un Incendio en el Edificio del Comercio - Chorrillos” para optar el título de Ingeniero Mecánico y Eléctrico; presentado por el alumno Michael Alexander Calderón Rivera.

Actualmente el país ha sido golpeado por incendios devastadores que han marcado nuestra historia, es por ello que todo sistema de prevención contra incendios es de carácter obligatorio, vigilado bajo reglamentos nacionales “Reglamento Nacional de Edificaciones” y normas internacionales “National Fire Protection Association”.

Ante el constante crecimiento de las construcciones de grandes edificios, cada vez es preocupante la seguridad de las personas que habitan en el edificio ante un suceso de incendio, es por ello que se instalan sistemas contra incendio como rociadores de agua con su cuarto de bombas, detectores de humos de alta calidad y a eso se pide un medio de evacuación, conectado desde la puerta de ingreso del primer piso a el último piso, libre de obstáculos que impidan la circulación, es por ello que para estos edificios se ha previsto de escaleras de evacuación que estén presurizadas, según requerimiento y características que solicita el Reglamento Nacional de Edificaciones. Cabe decir que estas escaleras aparte de proporcionar una ruta de escape para las personas, también sirve como una ruta estratégica del personal calificado para tratar de extinguir el incendio.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA:**

Los incendios son las situaciones de emergencia de mayor incidencia en las instalaciones administrativas y de educación. Su magnitud puede variar desde conato de incendio, el que es fácilmente controlable, hasta incendios de grandes proporciones que pueden causar pérdidas materiales y humanas. Para estimar el nivel de riesgo de incendio es necesario conocer los equipos y elementos que contiene cada edificio.

#### Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento:

El Reglamento Nacional de Edificaciones, en contextos institucionalizados, tienen por objeto nombrar los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de las

habilitaciones urbanas y las edificaciones (Norma G.010 – artículo 1), para cumplir con sus objetivos se basa en principios generales de la cual uno de ellos es “La seguridad de las personas”. (Norma G.020 – artículo 1)

Sin embargo, en tiempos remotos a través de nuestra historia hemos sido testigos de inmemorables incendios mortales, en la mayoría de los casos por negligencia de los habitantes por un tema de mala manipulación y la falta de prevención incumpliendo las normas de seguridad, los cuales piden que el sistema contra incendio y de evacuación estén siempre operativo, los cuales son muchas veces los causantes del problema.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA:**

En la actualidad el crecimiento de edificios a gran escala y centros comerciales ha aumentado mucho en número, cada vez más complicando el tema de seguridad de las personas, la cual es prioridad, para ello se deberá implementar un buen sistema de prevención ante el suceso de un incendio, por lo tanto, se han implementado sistemas de Ventilación forzadas como manera de prevención, proporcionando una ruta de escape segura.

## **1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO:**

### **1.3.1 Teórica:**

Está regida a la teoría del diseño de Presurización de Escaleras.

### **1.3.2 Espacial:**

El diseño del sistema de presurización de escaleras para el proyecto está ubicado en el edificio Av. Los Faisanes esq. con la Calle Jiménez Chávez N° 220, distrito de Chorrillos, Provincia de Lima.

### **1.3.3 Temporal:**

El proyecto de ingeniería se desarrolló durante el 01 de octubre del 2017 al 28 de febrero del 2018.

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

### **1.4.1 Problema General:**

¿Cómo será el diseño de la presurización de escaleras para la evacuación frente a un incendio en el edificio de comercio?

### **1.4.2 Problemas Específicos:**

- ¿Cómo se relaciona el diseño de presurización de escaleras en la seguridad, para la evacuación ante el suceso de un incendio en el edificio de comercio?
- ¿Cómo se relaciona el diseño de presurización de escaleras frente al tiempo de respuesta, ante un suceso de incendio en el edificio de comercio?
- ¿En qué medida el cumplimiento de las normas influye en el diseño de presurización de escaleras en la calidad de las estructuras, para la evacuación ante un suceso de incendio en el edificio de comercio?

## **1.5 OBJETIVOS:**

### **1.5.1 Objetivos Generales:**

Determinar el diseño de la presurización de escaleras para la evacuación ante el suceso de un incendio en el edificio de comercio.

### **1.5.2 Objetivos Específicos:**

- Identificar la relación del diseño de presurización de escaleras en la seguridad, para la evacuación ante el suceso de un incendio en el edificio de comercio.
- Determinar la relación del diseño de presurización de escaleras frente al tiempo de respuesta, ante un suceso de incendio en el edificio de comercio.
- Evaluar el diseño de la presurización de escaleras cumpliendo las normativas referentes a las estructuras de los edificios, para la evacuación ante un suceso de incendio en el edificio de comercio.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1 A nivel Internacional**

A. Moncada, (2017,p.08) en su revista titulado “La Historia de la Ingeniería de protección Contra Incendios”, señala que :

Los incendios han sido una parte importante en el desarrollo de la civilización. Sin embargo, la utilidad del fuego no es parte de la ingeniería de protección contra incendios. Al revés, en la ingeniería de protección contra incendios tenemos en cuenta la fuerza destructora del fuego, la cual debe ser controlada para que nuestro mundo pueda continuar progresando. Durante muchos años este trabajo estaba circunscrito en las brigadas contra incendios, pero básicamente en el último siglo han sido los ingenieros

de protección contra incendios los que han puesto su empeño, conocimiento y pericia en el control del fuego destructivo.

La historia inicial de la ingeniería de protección contra incendios se tiene que remontar a la antigua Roma, donde el emperador romano Nerón mandó escribir un Código Constructivo en el que se requería la utilización de materiales resistentes al fuego en las paredes exteriores a las viviendas. Más tarde, en el siglo XII en Londres, se encuentran regulaciones que requerían la construcción de paredes de piedra de 90 cm de ancho y 4,90 de altura entre edificaciones, con el objetivo de ser barreras corta fuegos. Pero no fue hasta la revolución industrial en Gran Bretaña en el siglo XVIII y más tarde en los EE.UU. en el siglo XIX, cuando se cambia la cara de la ingeniería de protección contra incendios. En esas épocas, se inicia la construcción de fábricas de pisos múltiples, bodegas de gran tamaño, edificios altos y procesos industriales muy riesgosos, los cuales hacen evidente el desarrollo de nuevas tecnologías de protección contra incendios. Fue en el noroeste de EE.UU., a finales del Siglo XIX, luego de varios espectaculares incendios que nace la NFPA, los seguros contra incendios y la ingeniería moderna en protección contra incendios.

### **2.1.2 A nivel Nacional**

Recientemente, el crecimiento de edificios a gran escala y centros comerciales ha aumentado mucho en número. Por lo tanto, los problemas de seguridad han ganado una atención significativa en situaciones de incendio.

#### Según la Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO

Nos narra que, previniendo el gran crecimiento, el 9 de mayo de 1958, un grupo de líderes del sector de la construcción, representantes de las empresas más

representativas del medio, fijaron como fecha de inicio de las actividades de la Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO.

De esta forma se culminaban exitosamente las reuniones iniciadas en diciembre de 1957 a iniciativa de los Ings. Carlos Costa Elice, Alejandro Graña Garland y Max Peña Prado, dando origen a una asociación civil, sin fines de lucro, de carácter gremial, cuyos principios rectores quedaron establecidos desde aquella época y continúan vigentes, dada su gran visión de futuro. Todo con el propósito de propiciar el desarrollo del país a través de la construcción.

En 1970 existe un repunte de la actividad de construcción, se promulga el nuevo Reglamento Nacional de Construcciones y se crea una Comisión Permanente de su actualización con representantes de CAPECO.

Es como se da inicio al ya conocido RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) donde en el “título III Edificaciones”, muestra reglamentos directos referentes a las Instalaciones Eléctricas y Mecánicas (Presurización de Escaleras).

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Diseños de Presurización de Escaleras**

#### **2.2.1.1 Definición del Diseños de Presurización de Escaleras**

El diseño de un proyecto de presurización de escaleras es el conjunto de procesos elaborados de pautas y detalles sistemáticos, cabe decir que el diseño corresponde a la etapa previa de acciones o actividades a ejecutarse.

Podemos definir a la presurización de escaleras, como la inyección mecánica de aire exterior al interior de la caja de las escaleras, de tal manera que se logré en el interior

una presión positiva, que impide el ingreso del humo producto de combustión ocasionado por el incendio, brindando una vía de evacuación segura impidiendo (o minimizando) el ingreso del humo a las escaleras.

Mediante amplio estudio y revisión (en la etapa de proyecto) de los planos de arquitectura del edificio y de sus características constructivas, se diseñará el sistema de Presurización de escaleras para evacuación de las personas en casos de incendios, en esta etapa se realizará los cálculos con el fin de establecer tipo de ventilador mecánico, velocidad del aire, medidas de las rejillas, tipo de conducto, presión, etc.

Cabe recalcar que el diseño de presurización de escaleras, tanto los cálculos, la estructura del edificio y escaleras, así como la selección de los equipos y accesorios a instalar se rigen en normas estandarizadas que se deben cumplir.

Sea este el caso de la NFPA 101 (*National Fire Protection Association*), código para la seguridad de la vida humana contra Incendios en edificios y estructuras, como menciona en su sección 4.5.6, p.42 “Todo sistema de protección contra incendios, equipo de servicio de edificio, dispositivo de protección, o seguridad provista para la seguridad de la vida humana será diseñando, instalado y aprobado de acuerdo a las normas NFPA aplicables”.

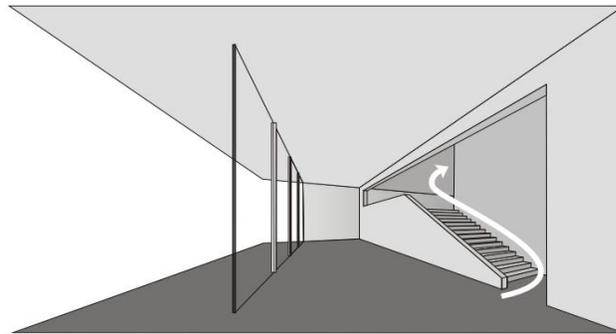
#### **2.2.1.2 Enfoques Teóricos de la Variable Diseños de Presurización de Escaleras**

Un sistema de presurización, es un sistema de control de humos y gases tóxicos, que trata de mantenerlos fuera de la escalera de evacuación, permitiendo así a los ocupantes escapar o buscar un refugio seguro.

Según la publicación del viernes 08 de junio del 2006 en el diario El Peruano “Normas Legales” el Reglamento Nacional de Edificaciones (capítulo VI, artículo 26), menciona dos tipos de escaleras.

**Integradas:**

Son aquellas que no están aisladas de las circulaciones horizontales y cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de tránsitos de las personas entre pisos de manera fluida y visible.



**Figura 1.** Escalera Integrada

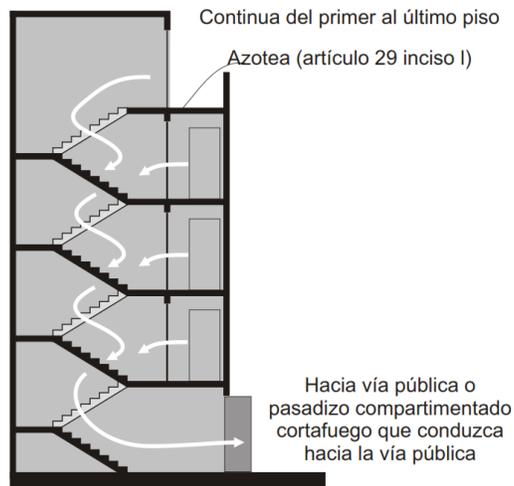
**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones Ilustrado

**Evacuación:**

Son aquellas a prueba de fuego y humos, sirven para la evacuación de las personas y acceso del personal de respuesta de emergencia. Estas escaleras deberán cumplir los siguientes requisitos (Estructurales):

- Toda escalera de evacuación, deberá ser ubicada de manera tal que permita a los usuarios en caso de emergencia, salir del edificio en forma rápida y segura.

- Deben ser continuas del primer al último piso en sentido vertical y/o horizontal. Por los menos el 50% de estas tendrán que mantener la continuidad hasta la azotea, si la hubiera (ver Figura 2).
- Deberán entregar directamente a la acera, al nivel del suelo o en una vía pública amplia y segura al exterior, o en su defecto a un espacio compartimentado cortafuego que conduzca hacia la vía pública.
- El ancho útil de las puertas a los vestíbulos ventilados y a las cajas de las escaleras deberán ser calculadas de acuerdo con lo especificado en la Norma A.130, artículo 22°. En ningún caso tendrán un ancho menor a 01 metro.
- Las puertas deberán abrir en dirección del flujo de evacuación de las personas.
- En el interior de la caja no deberán existir obstáculos, materiales combustibles, ductos o aperturas.
- Los pases desde el interior de la caja hacia el exterior deberán contar con protección corta fuego (sellador) no menor que la resistencia cortafuego de la caja.
- Al interior de las escaleras de evacuación son permitidas únicamente las instalaciones de los sistemas de protección contra incendios.
- Contar con marcos las puertas y accesorios cortafuego con una resistencia no menor al 75% de la caja de la escalera y deberán ser a prueba de humo.
- La escalera de evacuación no deberá tener otras aperturas que las puertas de acceso.
- Las escaleras no podrán ser del tipo caracol, salvo que comuniquen máximo 2 niveles, que sirva a no más de 5 personas.



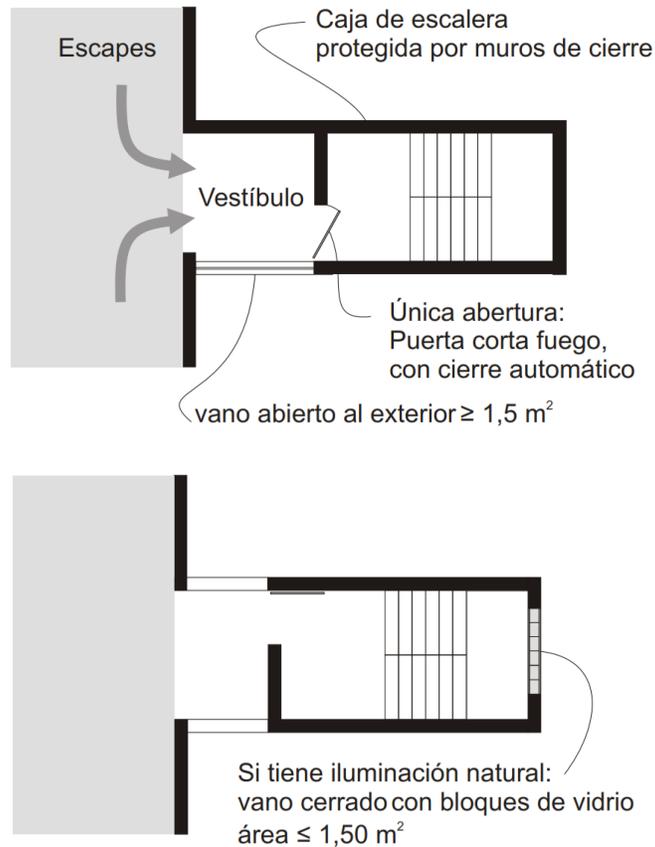
**Figura 2.** Escalera continua de 1er a último piso

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones Ilustrado

Las tipologías de las escaleras de evacuación pueden ser:

○ **Vestíbulos Previos Ventilados:** Sus características son las siguientes:

- La puerta de acceso al vestíbulo previo ventilado desde el área del piso deberá ser resistente al fuego con un mínimo de  $\frac{3}{4}$  del tiempo de resistencia del cerramiento y con cierre automático.
- La puerta que comunica el vestíbulo previo ventilado con la escalera, deberá tener una resistencia al fuego mínima de 20 minutos, deberán contar con cierre automático.
- El acceso será únicamente a través de un vestíbulo previo ventilado que separe la caja de la escalera del resto de la edificación, entre otros.



**Figura 3.** Evacuación con vestíbulo previo ventilado

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones Ilustrado

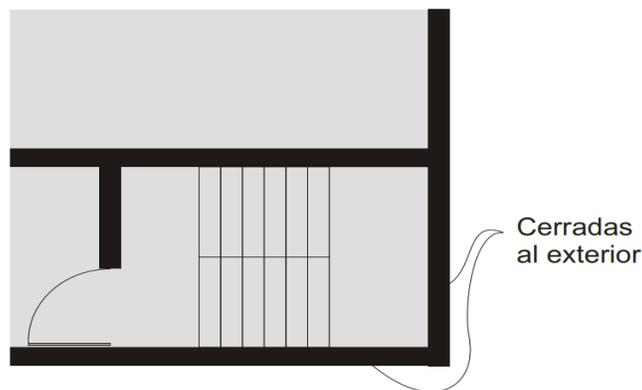
○ **Vestíbulos Previos No Ventilados:**

Únicamente permitidas para ocupaciones de riesgo ligero, cuando el área en donde se encuentra la puerta de ingreso desde la edificación al interior del vestíbulo previo no ventilado a la escalera, no cuente con material combustible, y con un área no menor a  $4\text{m}^2$ .

También permitida en usos de vivienda, siempre y cuando las puertas de las viviendas que entreguen al vestíbulo con una resistencia al fuego de 20 minutos y

las edificaciones dispongan de un sistema de detección y alarma de incendios como establece la Norma A 130.

- **Presurizadas:** Sus características son las siguientes:
  - Contarán con un sistema mecánico que inyecte aire a presión dentro de la caja de escalera siguiendo los parámetros establecidos en la Norma A. 130.
  - Deben estar cerradas al exterior.
  - Este tipo de escaleras no están permitidas en edificaciones residenciales.

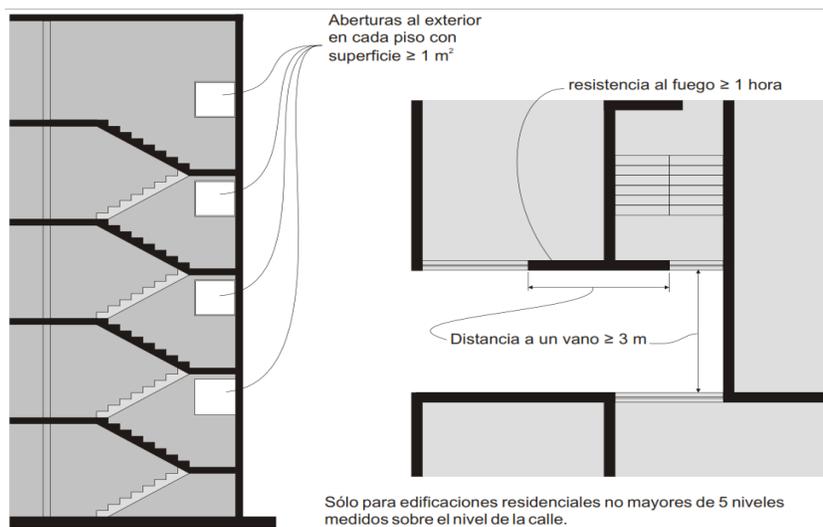


**Figura 4.** Escalera de evacuación Presurizada

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones Ilustrado

- **Abiertas:** Sus características son las siguientes:
  - Están abiertas al exterior por lo menos en uno de sus lados con una superficie de al menos 1 m<sup>2</sup> en cada piso.
  - El vano abierto al exterior estará a una distancia de 6 metros o más de un vano de la edificación a la que sirve.

- Esta separación deberá tener una resistencia al fuego no menor de 1 hora. La separación de 6 metros deberá ser de medida horizontal y perpendicular al vano.
- Esta escalera es solo aceptada para edificaciones no mayores a 30 metros de altura medidos sobre el nivel de la calle.

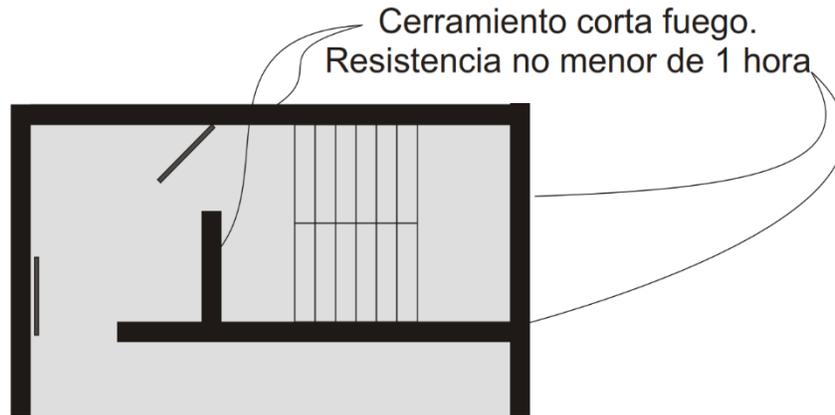


**Figura 5.** Escalera de evacuación Abierta

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones Ilustrado

- **Cerradas:** Sus características son las siguientes:
  - Cuando todos sus lados cuentan con un cerramiento con una resistencia no menor a 1 hora, incluyendo la puerta.

- Serán aceptadas únicamente en edificaciones no mayores de 15 metros de altura y protegidas 100% por un sistema de rociadores según estándar NFPA 13.



**Figura 6.** Escalera de evacuación Cerrada

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones Ilustrado

○ **Mixtas:**

- Se darán en edificaciones que cuenten con estacionamiento subterráneos.
- Se podrá usar en estacionamiento escaleras cerradas y en los pisos superiores escaleras con vestíbulo previo ventilado.

### 2.2.1.2.1 Ventiladores

Para mover el aire en un sistema de ventilación, se requiere de energía para superar las pérdidas de presión del sistema. Esta energía puede darse por convección natural o empuje. Sin embargo, la mayoría de los sistemas requieren un dispositivo para el movimiento del aire como son los ventiladores.

El funcionamiento de los ventiladores se basa en el suministro de energía mecánica al aire a través de un rotor, que gira a alta velocidad, incrementando la energía cinética del aire, que luego se forma parcialmente en presión estática. Se suelen dividir básicamente en dos grandes grupos: Ventiladores Axiales y Ventiladores Centrífugos.

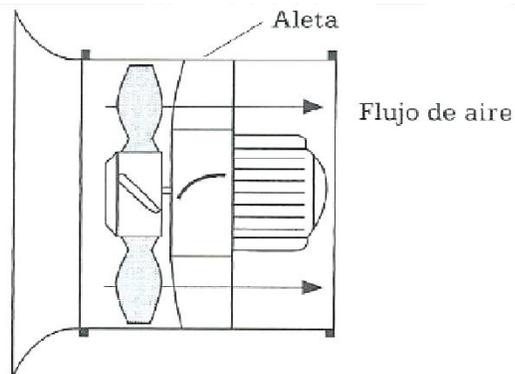
## **2.2.1.2.2 Tipos de Ventiladores**

### **2.2.1.2.2.1 Ventiladores Axiales**

Los ventiladores axiales transmiten la energía del aire por medio del movimiento de giro en remolino provocado por el rotor. El movimiento del aire a través del rotor se realiza conservando la dirección del eje de éste. Poseen una eficiencia mecánica alta, siendo capaces de llegar hasta el 95 %, sin embargo, no pueden vencer caídas de presión muy elevadas. Debido a esto, la principal aplicación de éstos se encuentra en el campo de la ventilación general y funcionan como extractores o inyectores de aire. (Echeverri, 2011) El rotor de este ventilador tiene álabes colocados en ángulo hacia el eje, por lo que el sentido del flujo se invierte al invertir el sentido de giro del rotor.

Hay tres clases de ventiladores axiales:

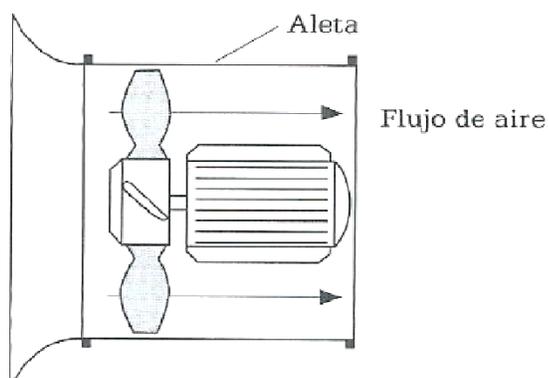
- Ventiladores axiales con aletas guía o vaneaxial. Incorpora aletas de salida de aire aumentando la eficacia del ventilador. Sus aplicaciones incluyen sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado en baja, media o alta presión. Sin embargo, generan niveles de ruido mayores a los de los ventiladores centrífugos.



**Figura 7.** Ventilador axial con aletas guía

**Fuente:** (Echeverri 2011, p.130)

- Ventiladores tuboaxiales. No posee aletas guía de salida por lo que su eficacia es menor. Sin embargo, su costo es también menor debido a su sencilla fabricación. También se utiliza en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado a presiones bajas, medias y altas. Se caracteriza por el pequeño diámetro de eje y suele utilizarse para altos caudales de aire a baja presión. Sin embargo, su nivel de ruido es mayor que el de aletas guía.

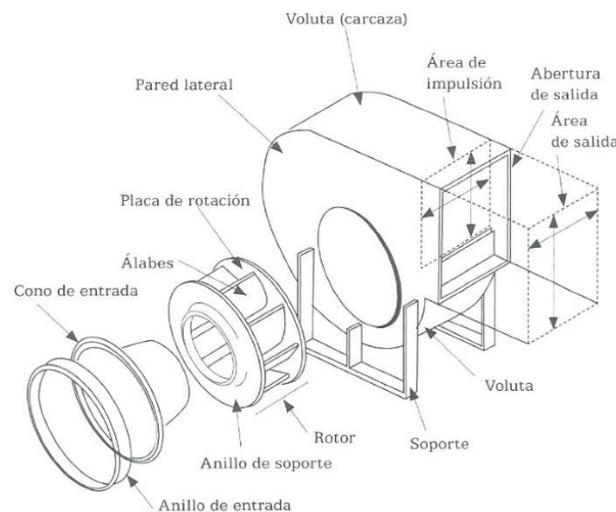


**Figura 8.** Ventilador tuboaxial

**Fuente:** (Echeverri 2011, p.130)

### 2.2.1.2.2 Ventiladores Centrífugos

Son turbo máquinas en los cuales el aire ingresa al rotor generalmente con una trayectoria axial y sale en dirección perpendicular. El rotor posee álabes adheridos al mismo por los cuales circula el aire hacia afuera a causa de la “fuerza centrífuga” abandonando el rotor con una velocidad mayor a la de entrada. La energía recibida por el aire proviene del momento ejercido por el eje giratorio acoplado a un motor. Rendimiento mecánico de un ventilador centrífugo varía entre el 45 y 84% debido a la presencia de remolinos y choques causados por el cambio de dirección del aire. (Echeverri, Ventilador Centrífugo, 2011)



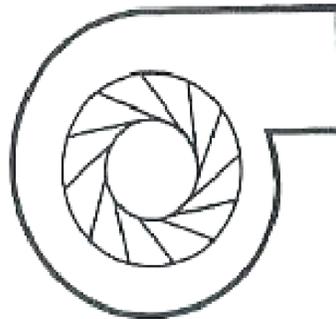
**Figura 9.** Ventilador Centrífugo

**Fuente:** (Echeverri 2011, p.130)

Su principal clasificación se basa en el ángulo de los álabes del rotor, debido a que determinan la característica de la velocidad de giro. La presión generada por un ventilador es función del movimiento o velocidad frontal del aire en la punta de la aleta.

Por ello, se pueden mencionar los siguientes tipos de rotores:

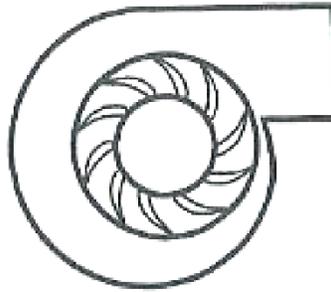
- Con álabes curvados hacia atrás. Los álabes se encuentran inclinados en dirección opuesta al giro del rotor. Se utilizan comúnmente para altas velocidades de trabajo a baja potencia, generando altas eficiencias y bajos niveles de ruido. Sus aplicaciones comunes son para sistemas generales de calefacción, ventilación y aire acondicionado que requieren desde bajas hasta altas presiones estáticas. Este tipo de rotores se subdividen según la forma del álabe:
  - ❖ Álabes de grosor uniforme. Ayudan a la unidad a manejar la presencia de polvo o humedad. Sin embargo, no debe ser usado en la presencia de partículas que puedan acumularse en la cara inferior de los mismos.



**Figura 10.** Rotor con álabes de grosor uniforme

**Fuente:** (Echeverri 2011, p.130)

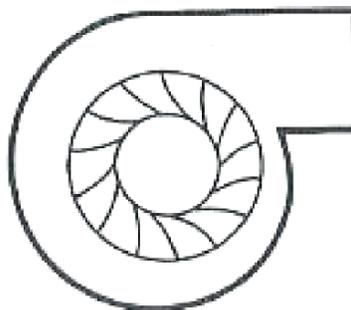
- ❖ Álabes aerodinámicos. Ofrecen altas eficiencias y bajos niveles de ruidos. Sin embargo, se pueden corroer a mayor velocidad. Sus aplicaciones se restringen a instalaciones con aire limpio.



**Figura 11.** Rotor con álabes aerodinámicos

**Fuente:** (Echeverri 2011, p.130)

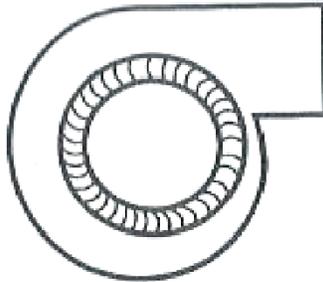
- Con álabes radiales. Son utilizados para la mayoría de sistemas de extracción cuando las partículas atraviesan el ventilador. Se diseñan con álabes anchos de poco espesor para trabajos a baja presión con altos caudales. Sin embargo, para aplicaciones de alta presión y bajos caudales se utilizan álabes estrechos y profundos. Existen rotores con álabes cuyo diámetro interior del filo posee un leve ángulo de inclinación en el sentido de rotación. Este tipo de álabes se les conoce como radiales modificados. Se utilizan en sistemas industriales de alta presión debido a la forma del ábabe. Asimismo, se emplean en condiciones de alta posibilidad de corrosión y erosión.



**Figura 12.** Rotor con álabes radiales modificados

**Fuente:** (Echeverri 2011, p.130)

- Con álabes curvados hacia adelante. Poseen sus álabes inclinados en la dirección de rotación. Requieren poco espacio y bajas velocidades en la punta del álabe. Son normalmente diseñados para trabajos de baja a media presión como son los sistemas de calefacción y aire acondicionado. No son recomendados para ambientes con partículas que puedan adherirse a los álabes, debido a que causan turbulencia.



**Figura 13.** Rotor con álabes curvados hacia adelante

**Fuente:** (Echeverri 2011, p.130)

### **2.2.1.3 Dimensiones de la Variable Diseños de Presurización de Escaleras**

Las Dimensiones son:

1. Características constructivas
2. Cálculo de diseño

## **2.2.2 Evacuación Frente a un incendio**

### **2.2.2.1 Introducción a la Evacuación Frente a un incendio**

Al tener nuestra economía estable y en crecimiento, podemos observar el incremento de los centros comerciales, edificios a gran escala, etc. Por lo tanto, los problemas de seguridad han ganado una atención significativa en situaciones de

incendio. Es importante el tiempo de respuesta para que todas las personas evacúen inmediatamente cuando ocurra la emergencia de incendio.

Hay muchos factores a considerar en el interior del edificio en una evacuación, como las estructuras de los edificios y los comportamientos psicológicos y físicos de las personas frente en un siniestro. Los elementos psicológicos y físicos que afectan los comportamientos individuales y grupales deben ser también incorporados en los modelos para los simulacros de evacuación.

#### **2.2.2.2 Enfoques teóricos de la Variable Evacuación Frente a un incendio**

Los enfoques teóricos nos regiremos a la NFPA 101 que, en sus secciones, expresa lo siguiente:

El propósito de este código es proporcionar los requisitos mínimos, con la debida consideración hacia la función, para el diseño, la operación, y el mantenimiento de edificios y estructuras para seguridad de la vida humana contra incendios. Sus cláusulas son también aplicables a la seguridad de la vida humana en emergencias similares. (Sección 1.3, p.23)

El diseño de todo edificio o estructura destinado para ser ocupado por ser humanos, será tal que la confianza para la seguridad humana no dependa de un único medio de protección. Se deberá proveer medios adicionales, para el caso que un medio de protección resulte ineficaz debido a fallas humanas o mecánicas. (Sección 4.5.1, p. 41)

Referente a todo un tema de evacuación y simulacros para un tema de seguridad y mejoramiento del tiempo de respuesta de las personas que habitan en el edificio, la NFPA 101 menciona en la sección 4.7, p. 44 “Prácticas de salida en incendios”; Los puntos

tocados en esta sección nos mencionan que las prácticas de salida deberán realizarse regularmente en los establecimientos, los cuales deberán incluir el procedimiento adecuado para asegurar que todas las personas del edificio participen realmente de las mismas. Además, menciona que los participantes de las prácticas deberán reubicarse hacia una ubicación predeterminada y mantenerse en dicha ubicación hasta que se dé una señal de renovación o de anulación.

### **2.2.2.3 Dimensiones de la Variable Evacuación Frente a un incendio**

Las Dimensiones son:

1. Seguridad
2. Tiempo de respuesta
3. Estructura de los edificios

## **2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

Según la NFPA 101 (*National Fire Protection Association*), capítulo 3 “Definiciones”, ubicado en la página 29 en adelante expresa las siguientes terminologías usadas comúnmente en los sistemas que son de evacuación:

### **2.3.1 Área de refugio**

Área está ubicado:

1. Un piso en un edificio cuando éste está totalmente protegido mediante un sistema de rociadores automáticos aprobado y supervisado y que tiene por lo menos dos habitaciones o espacios accesibles separados entre sí por divisiones resistentes al humo.

2. Un espacio, en un pasillo de circulación que conduce a un camino público, que se encuentra protegido de los efectos del fuego, por medio de su separación de otros espacios del mismo edificio, o en virtud de su ubicación, permitiendo así una demora en el camino de egreso desde cualquier nivel.

### **2.3.2 Edificio**

Cualquier estructura utilizada o propuesta para soportar o proteger cualquier utilidad u ocupación.

### **2.3.3 Edificio de gran altura**

Edificio de más de 75 pies (23 m) de altura. La altura del edificio se deberá medir desde la parte inferior del acceso del vehículo de bomberos hasta el piso de la planta ocupable más alta.

### **2.3.4 Especificaciones de diseño**

Características del edificio y otras condiciones que están bajo el control del equipo de diseño.

### **2.3.5 Especificaciones de diseñador**

Grupo de profesionales que incluye, pero que no se limita a, representantes del arquitecto, cliente y cualquier ingeniero involucrado y otros diseñadores.

### **2.3.6 Equipo de Diseño**

La habilidad de los ocupantes, residentes y personal como grupo ya sea para evacuar un edificio o para reubicarse trasladándose desde el punto de ocupación hacia un punto de seguridad.

### **2.3.7 Compartimiento contra el fuego**

Espacio, dentro de un edificio, cercado por barreras contra el fuego en todos sus lados, incluyendo las partes superior e inferior.

### **2.3.8 Detector de Humo**

Dispositivo que detecta partículas de combustión visibles o invisibles.

Según José Antonio Neira Rodríguez, en su libro que lleva por título “Instalaciones de protección contra Incendios” en el capítulo dos, página 31 expresa las siguientes definiciones:

### **2.3.9 Fuego**

Es un proceso oxidativo que se caracteriza principalmente porque se produce un fuerte desprendimiento de calor y una auto alimentación en el proceso.

### **2.3.10 Incendio**

Es el accidente (por lo tanto, no deseado) producido por el riesgo de fuego.

### **CAPÍTULO III**

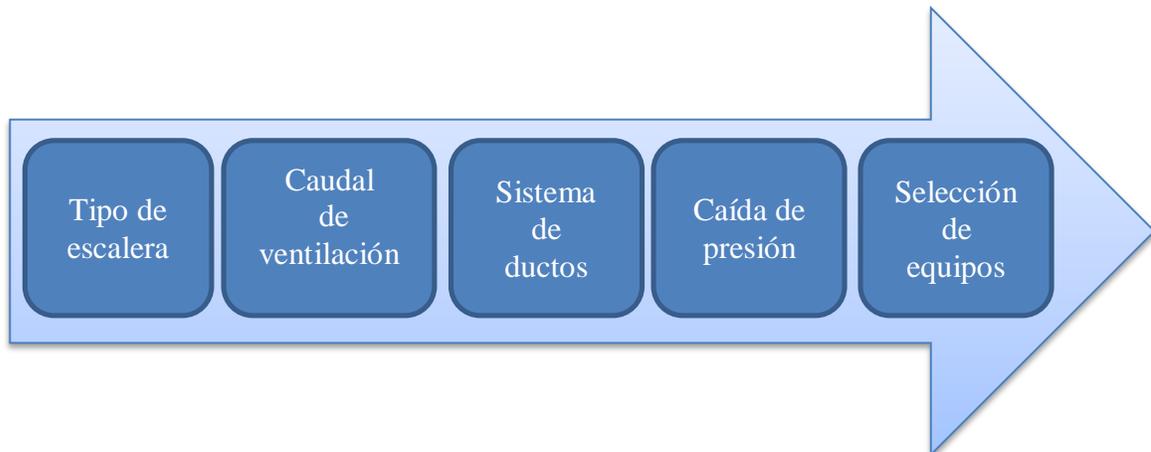
#### **DESARROLLO DEL OBJETIVO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA**

En un proyecto de edificación de edificios, cabe decir que, en uno de sus puntos importantes de implementar, son los sistemas contra incendios, así como los sistemas de evacuación al presentarse un siniestro. Justamente uno de los sistemas de evacuación, de resguardo de las personas que se encuentra en el edificio, es el sistema de presurización de escaleras.

Para la realización del sistema, es necesario utilizar sistemas de ventilación mecánica, inyectando aire del exterior, generando una presión positiva para de esta manera evitar el ingreso del humo a la escalera de evacuación. Por tanto, es necesario establecer el procedimiento a seguir para el diseño del mismo. El diseño del sistema se puede dividir en los siguientes pasos:

1. Definir el tipo de escalera de evacuación
2. Determinar el caudal de ventilación necesario para mantener la concentración del contaminante fuera de la escalera de evacuación.

3. Sistema de ductos de aire.
4. Determinar la caída de presión
5. Seleccionar los equipos para el funcionamiento del sistema.



**Figura 14.** Pasos del diseño de Presurización de escaleras

**Fuente:** Elaboración propia basada en información del proyecto

Para el desarrollo del diseño del sistema de presurización se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones según dicta el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma A.130 “Requisitos de seguridad” Sub. Capítulo IV:

▪ **Artículo 29:**

El ventilador y el punto de toma de aire deben ubicarse en un área libre de riesgo de contaminación de humos, preferentemente en el exterior o azotea de la edificación.

▪ **Artículo 30:**

No es permitida la instalación del ventilador en sótanos o lugares cerrados, donde un incendio adyacente pueda poner en riesgo la extracción del aire, cargando la

escalera de humo. El sistema debe contar con inyección de aire para cada piso. La diferencia de presión mínima de diseño entre el interior y el exterior de la caja de la escalera debe ser de 0.05 pulgadas de columna de agua y el máximo de 0.45 pulgadas de columnas de agua para edificios protegidos al 100% con rociadores.

▪ **Artículo 31:**

El cálculo para el diseño de la escalera se debe realizar teniendo en cuenta como mínimo la puerta de salida en el nivel de evacuación y puertas adicionales dependiendo del número de pisos, cantidad de personas evacuando, u otra condición que obligue a considerar una puerta abierta por un tiempo prolongado. La máxima fuerza requerida para abrir cada una de las puertas de la caja de la escalera no deberá exceder las 30lbf.

▪ **Artículo 32:**

La succión y descarga de aire de los sopladores o ventiladores debe estar dotada de detectores de humo interconectados con el sistema de detección y alarmas del edificio de tal manera que se detenga automáticamente ante la activación de cualquier dispositivo del sistema de detección y alarmas. Como mínimo deberá activarse por medio de detectores de humo ubicados en cada acceso a las escaleras de escape a no menos de 3 metros de la puerta de escape.

- **Artículo 33:**

La interconexión con el sistema de alarmas y detección (cables) debe tener una protección cortafuego para mínimo 2 horas.

- **Artículo 34:**

La alimentación de la energía de los motores del ventilador debe contar con dos fuentes independientes, de transferencia automática. Las rutas de dichos suministros deben ser independientes y protegidos con cortafuego por dos horas. La transferencia de las fuentes de alimentación primaria a la secundaria se debe realizar dentro de los 30 segundos posteriores a la falla de fuente primaria. Se debe separar la llave de control de los motores de presurización de forma que el contactor general no actúe sobre esta alimentación. Todos los cables de suministros eléctricos desde el tablero de alimentación hasta la entrada del motor del ventilador deben contar con una protección cortafuego para mínimo 2 horas.

- **Artículo 35:**

El ventilador debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a. Listado o equivalente.
- b. Preferentemente del tipo centrífugo radial.
- c. En caso de que el ventilador sea impulsado por medio de fajas, el número de estas debe ser cuando menos 1.5 veces del número de fajas requeridas para el servicio del diseño.

- d. Todo ventilador impulsado por medio de fajas debe tener cuando menos dos fajas.
- e. Los cálculos para la selección y la curva de fábrica deben formar parte de los documentos entregados.
- f. Bajo ningún motivo el motor operará por encima de la potencia de placa. La potencia de trabajo se determinará mediante una medición de campo con tres puertas abiertas.
- g. El motor impulsor debe tener cuando menos un factor de servicio de 1.15.
- h. El ventilador debe contar con guardas protectoras para las fajas.
- i. El ventilador debe contar con una base para aislar vibraciones.

▪ **Artículo 36:**

El dámper y los ductos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a. El dámper debe ser listados según UL 555S.
- b. Los rodamientos del dámper deben ser autos lubricados o de bronce.
- c. Las hojas deben ser galvanizadas.
- d. Los ductos deben ser de acero, hierro, aluminio, cobre, concreto, baldosas o mampostería según sea el caso.
- e. Cuando los ductos se encuentran expuestos dentro del edificio deberán tener un cerramiento contrafuego de 2 horas.

### **3.1 DEFINIR EL TIPO DE ESCALERA DE EVACUACIÓN**

Como se mencionó en el capítulo anterior, existen diferentes tipos de escaleras de evacuación, según el Reglamento Nacional de Edificaciones. Para nuestro caso, el proyecto de edificación está diseñado para el tipo de escalera que es presurizado, con el objeto de mantener una vía de evacuación libre de humo, en caso de producirse un incendio, cada una de las dos escaleras de emergencia del edificio se presurizarán mediante un sistema compuesto por un ventiladores centrífugos ubicados en la azotea del edificio conectados con la escalera mediante un ducto de mampostería y descargando el aire a través de rejillas de descarga, en cada nivel.

Estas rejillas de descarga contarán con dámper de regulación que se graduarán en una posición que permita mantener la presión en el interior de la escalera cuando las puertas estén abiertas.

El sistema es controlado por sensores de presión diferencial. Este mecanismo es parte del sistema integral de detección, alarma y control de incendio del edificio. Los ventiladores se accionarán a través de un arrancador magnético, el cual se activará con el ingreso de la señal del sistema central contra-incendio, a través de cualquiera de los detectores de humo ubicados a no más de 1 m. de las puertas de acceso a esta escalera. El sistema deberá ser regulado para tener presión positiva que no represente una resistencia excesiva que dificulte la apertura rápida de las puertas de escape de cada uno de los pisos. Los ventiladores de inyección de aire contarán con protección anti fuego y los ductos de inyección podrán ser sólo de mampostería.

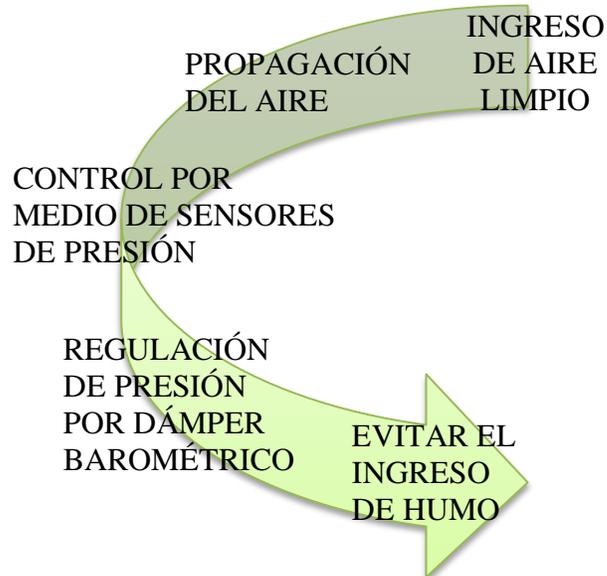
La diferencia de presión mínima a mantenerse en la escalera, según la norma NFPA 92 A, para evitar el ingreso de humos, es de 0.05 pulgadas de columna de agua. Esta

presión positiva será suficiente para evitar que el humo producido por el incendio ingrese a las escaleras de escape a través de las puertas de escape de cada uno de los pisos. La norma NFPA 92 A, establece que la fuerza requerida para la apertura de puertas no deberá superar las 30 lb-f.

Adicionalmente, en la parte alta de la escalera se ha previsto la instalación de un dámper barométrico, que será regulado para dejar salir aire cuando la presión estática en la escalera presurizada exceda el valor de 0.10" de columna de agua. Este dámper barométrico constituye un elemento de seguridad que impedirá que en caso de falla del sistema automático de regulación de la presión se supere el valor de la presión en ella y se dificulte la apertura de las puertas.

Se recomienda instalar un detector de humo para ducto en la succión y descarga del ventilador, los cuales deberán ordenar la parada de éste, en caso de detectarse humo y de este modo evitar que éste sea inyectado a la escalera de emergencia.

Por normas de seguridad, este sistema se alimentará eléctricamente desde dos fuentes de energía independientes, de transferencia automática, con cableados eléctricos en ducto resistente al fuego por 2 horas. Tanto los ventiladores como los ductos de inyección de aire contarán con protección anti fuego de mampostería.



**Figura 15.** Proceso del presurizado de escaleras

**Fuente:** Elaboración propia basada en información del proyecto

### 3.2 CAUDAL DE VENTILACIÓN

El caudal de ventilación se define como el flujo de aire necesario para mantener las condiciones de un recinto dentro de los límites permitidos.

Para en el tema de presurización se busca el caudal suficiente para obtener máxima fuerza requerida para abrir cada una de las puertas de la caja de la escalera que no deberá exceder las 30lbf (RNE Art.31).

#### 3.2.1 Método de cálculo del caudal de inyección

La determinación del caudal de inyección dentro de la caja de escalera está enfocada según la NFPA 101 y la RNE.

### 3.2.1.1 Cálculos del caudal de inyección

#### Equipo 1

Datos Geométricos de la escalera:

- Área de piso:  $32.98 \text{ m}^2 = 354.99 \text{ ft}^2$
- Altura:  $3.85 \text{ m} = 12.63 \text{ ft}$
- Perímetro:  $28.04 \text{ m} = 91.99 \text{ ft}$
- Puerta:  $1.0 \text{ m} \times 2.1 \text{ m}$
- Niveles: 12

Datos Geométricos del edificio:

- Perímetro:  $214.32 \text{ m} = 703.14 \text{ ft}$

#### Datos Generales:

1. Número de Puertas:  $N = 26$
2. Número de Puertas abiertas al exterior = 1 “NFPA 101, artículo 31”
3. Número de Puertas abiertas interiores = 2
4. Área de piso de las escaleras =  $32.98.7 \text{ m}^2 = 354.99 \text{ ft}^2$
5. Altura de las escaleras  $H = 3.85 \text{ m} = 12.63 \text{ ft}$
6. Puerta: Ancho = 1 m, Altura = 2.1 m; Perímetro = 6.2 m, Área =  $2.1 \text{ m}^2 = 22.60 \text{ ft}^2$
7. Área lateral de edificio =  $703.14 \text{ ft} \times 12.63 \text{ ft} = 8,881.43 \text{ ft}^2$
8. Área lateral de la escalera =  $91.99 \text{ ft} \times 12.63 \text{ ft} = 1161.98 \text{ ft}^2$
9. Área de fuga alrededor de la puerta cerrada =  $6.2 \text{ m} \times (4/1000) \text{ m} = 0.0248 \text{ m}^2 = 0.27 \text{ ft}^2$
10. Temperatura exterior de diseño =  $30 \text{ }^\circ\text{C} = 546 \text{ R}$
11. Temperatura interior de diseño =  $35 \text{ }^\circ\text{C} = 555 \text{ R}$

12. Áreas típicas de fugas de las paredes del edificio (tabla 1) =  $0.17 \times 10^{-3} = 0.00017$
13. Áreas típicas de fugas de las paredes de escaleras (tabla 1) =  $0.11 \times 10^{-3} = 0.00011$
14. Fuerza total para la apertura de la puerta = 30 Lb-f (NFPA 101 y RNE)
15. Fuerza para vencer el mecanismo cierra puertas = 10 Lb-f
16. Presión Diferencial mínima = 0.05 in. W.C. (ver tabla 2)

**Tabla 1.** Zonas de fugas típicas para paredes y pisos

| Elemento Constructivo   | Opresión   | Zona Proporción       |
|---|------------|-----------------------|
| muros exteriores de construcción<br>(Incluye construcción<br>grietas y grietas) | apretado   | $0.50 \times 10^{-4}$ |
|   | promedio   | $0.17 \times 10^{-3}$ |
| ventanas y puertas  | suelto     | $0.35 \times 10^{-3}$ |
| paredes de escalera   | muy suelto | $0.12 \times 10^{-2}$ |
| grietas de construcción<br>no tiene grietas alrededor ventanas y<br>puertas     | apretado   | $0.14 \times 10^{-4}$ |
|   | promedio   | $0.11 \times 10^{-3}$ |
|   | suelto     | $0.35 \times 10^{-3}$ |

Fuente: NFPA 92A

**Tabla 2.** Mínimas diferencias de presión de diseño a través de barreras de humo

| Tipo de construcción | Altura de Techo | Diferencia de presión de diseño |
|----------------------|-----------------|---------------------------------|
| AS                   | alguna          | 0.05                            |
| NS                   | 9 ft            | 0.10                            |
| NS                   | 15 ft           | 0.14                            |
| NS                   | 21 ft           | 0.18                            |

AS: Con rociadores

NS: Sin rociadores

Fuente: NFPA 92A

### Fórmula para calcular el caudal de aire con todas las puertas cerradas

$$Q = 1740 \times N \times A_{sb} \left[ \frac{\Delta P_{sbt}^{3/2} - \Delta P_{sbb}^{3/2}}{\Delta P_{sbt} - \Delta P_{sbb}} \right]$$

Donde:

Q: Caudal, CFM (pies cúbicos por minuto)

N: Número de pisos

$\Delta P_{sbt}$ : Diferencia de presión desde la parte superior hueco de la escalera, in.W.C.

### Fórmula para calcular el caudal de aire para puertas abiertas

Para el análisis de control de humo, la ecuación de orificio se puede utilizar para estimar el flujo a través de trayectorias de flujo de edificio:

$$Q = 776 \times C \times A \times \sqrt{\frac{2 \times \Delta p}{\rho}}$$

Donde:

Q: Caudal, CFM (pies cúbicos por minuto)

C: Coeficiente de caudal

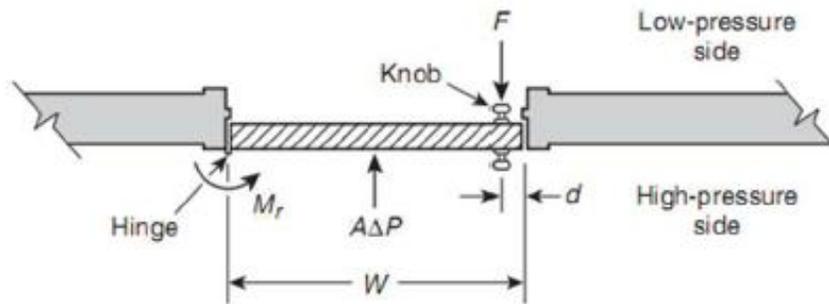
A: Área de flujo (Área de fuga), ft<sup>2</sup>

$\Delta P$ : Diferencia de presión a través trayectoria de flujo, in.W.C.

$\rho$ : Densidad de trayectoria de flujo de aire que entra, lb<sub>m</sub>/ft<sup>3</sup>

El coeficiente de flujo depende de la geometría de la trayectoria de flujo, así como en la turbulencia y la fricción. En el presente contexto, el coeficiente de flujo es generalmente 0.6 a 0.7. Para  $\rho = 0.075 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$  y  $C = 0.65$ , se puede expresar como:

$$Q = 2,610 \times A \times \sqrt{\Delta p}$$



**Figura 16.** Fuerzas aplicadas en una puerta de un sistema de control de humo

**Fuente:** NFPA 92A

La presión máxima permisible se define por una fuerza característica de que una persona es capaz de ejercer en una puerta. NFPA 101 especifica un valor empírico de 132 N (30 lbf). El manual ASHRAE ofrece la siguiente expresión para la fuerza resultante de equilibrio de momentos alrededor de la bisagra de la puerta:

$$F = F_{dc} + \frac{5.20 \times W \times A \times \Delta p}{2 \times (W - d)}$$

Donde:

F: Fuerza máxima permisible (30 lbf)

F<sub>dc</sub>: Fuerza requerida para superar el mecanismo de cierre automático (10 lbf)

W: Ancho de la puerta (2.95 ft)

A: Área de la puerta (21 ft<sup>2</sup>)

ΔP: Presión diferencial a través de la puerta, in.W.C.

d: Distancia de la bisagra al borde de la puerta (0.25 ft)

Presión diferencial en función a la altura (Y)

$$\Delta p_{sb} = \Delta p_{sbb} + \frac{B \times Y}{1 + \left(\frac{A_{sb}}{A_{bo}}\right)^2}$$

Donde:

$\Delta P_{sbb}$ : Diferencia de presión entre el hueco de la escalera y el edificio en la parte inferior de la escalera, in.W.C.

B: Factor de temperatura, a nivel del mar la presión normal.

$$B = 7.64 \times \left( \frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_s} \right)$$

Y: Distancia por encima del fondo hueco de la escalera, ft

Asb: Área de flujo entre la escalera y el edificio (por piso), ft<sup>2</sup>

Abo: Área de flujo entre el edificio y el exterior (por piso), ft<sup>2</sup>

To: Temperatura del aire exterior, R

Ts: Temperatura del aire de la escalera, R

### **Efectuando los cálculos**

1. Área de flujo entre el edificio y el exterior:

$$A_{bo} = 8881.43 \text{ ft}^2 \times 0.00017 = 1.51 \text{ ft}^2$$

2. Área de flujo entre la escalera y el edificio:

$$A_{sb} = 1161.98 \text{ ft}^2 \times 0.00011 + 0.27 \text{ ft}^2 = 0.39 \text{ ft}^2$$

3. Factor de temperatura:

$$B = 7.64 \times \left( \frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_s} \right) = 7.64 \times \left( \frac{1}{546} - \frac{1}{555} \right) = 0.000227$$

4. Presión diferencial en la parte inferior de la escalera:

$$\Delta p_{sbb} = 0.08 \text{ in. W. C.}$$

Esto para proveer un grado de protección sobre la mínima elegida, en este caso mayor a 0.05 in. W.C.

5. Distancia sobre la parte inferior de la escalera:

$$Y = N \times H = 12 \times 12.63 \text{ ft} = 151.57 \text{ ft}$$

6. Presión máxima de diseño cuando todas las puertas están cerradas:

$$\Delta p_{\text{máx}} = \frac{(F - F_{dc}) \times 2 \times (W - d)}{5.20 \times W \times A}$$

$$\Delta p_{\text{máx}} = \frac{(30 \text{ lbf} - 10 \text{ lbf}) \times 2 \times (3.28 \text{ ft} - 0.25 \text{ ft})}{5.20 \times 3.28 \text{ ft} \times 22.6 \text{ ft}^2} = 0.31 \text{ in. W. C.}$$

7. Presión diferencial en la parte superior de la escalera:

Aplicamos la ecuación de la presión en función a la altura

$$\Delta p_{\text{sbt}} = \Delta p_{\text{sbb}} + \frac{B \times Y}{1 + \left(\frac{A_{\text{sb}}}{A_{\text{bo}}}\right)^2}$$

$$\Delta p_{\text{sbt}} = 0.08 \text{ in. W. C.} + \frac{0.000227 \times 151.57 \text{ ft}}{1 + \left(\frac{0.39 \text{ ft}^2}{1.51 \text{ ft}^2}\right)^2} = 0.1122 \text{ in. W. C.}$$

### Flujo de aire con todas las puertas cerradas

$$Q = 1,740 \times N \times A_{\text{sb}} \times \left[ \frac{\Delta P_{\text{sbt}}^{3/2} - \Delta P_{\text{sbb}}^{3/2}}{\Delta P_{\text{sbt}} - \Delta P_{\text{sbb}}} \right]$$

$$Q = 1,740 \times 26 \times 0.39 \text{ ft}^2 \times \left[ \frac{(0.1122 \text{ in. W. C.})^{3/2} - (0.08 \text{ in. W. C.})^{3/2}}{0.1122 \text{ in. W. C.} - 0.08 \text{ in. W. C.}} \right] = 8,294.68 \text{ CFM}$$

Caudal por puerta:

$$Q_1 = \frac{Q}{\text{puerta}} = \frac{8,294.68 \text{ CFM}}{26} = 319.03 \text{ CFM}$$

### Flujo de aire puertas internas abiertas

$$Q_2 = G \times N' \times A_{sboe}$$

Factor de flujo G:

$$G = 1,740 \times \left[ \frac{\Delta P_{sbt}^{1/2} - \Delta P_{sbb}^{1/2}}{\Delta P_{sbt} - \Delta P_{sbb}} \right]$$

$$G = 1,740 \times \left[ \frac{(0.1122 \text{ in. W. C.})^{1/2} - (0.08 \text{ in. W. C.})^{1/2}}{0.1122 \text{ in. W. C.} - 0.08 \text{ in. W. C.}} \right] = 786.47 \text{ FPM}$$

Área efectiva:

$$A_{sboe} = \sqrt{\frac{[A_{puerta}^2 \times A_{bo}^2]}{[A_{puerta}^2 + A_{bo}^2]}}$$

$$A_{sboe} = \sqrt{\frac{[(22.6 \text{ ft}^2)^2 \times (1.51 \text{ ft}^2)^2]}{[(22.6 \text{ ft}^2)^2 + (1.51 \text{ ft}^2)^2]}} = 1.51 \text{ ft}^2$$

$$Q_2 = 808.16 \text{ FPM} \times 2 \times 1.51 \text{ ft}^2 = 2,434.96 \text{ CFM}$$

### Flujo de aire puertas exterior abierta

$$Q_3 = 2,610 \times A \times \sqrt{\Delta p}$$

$$Q_3 = 2,610 \times 22.6 \text{ ft}^2 \times \sqrt{0.05 \text{ in. W. C.}} = 13,191.81 \text{ CFM}$$

### Caudal de aire total del inyector

$$Q_4 = Q_1 \times N_{cerradas} + Q_2 + Q_3$$

$$Q_4 = 319.03 \text{ CFM} \times 23 + 2,434.96 \text{ CFM} + 13,191.81 \text{ CFM} = 22,964.37 \text{ CFM}$$

### Caudal para dimensionar el dámper

$$Q_5 = Q_4 - Q$$

$$Q_5 = 22,964.37 \text{ CFM} - 8,294.68 \text{ CFM} = 14,669.69 \text{ CFM}$$

Ver el capítulo 3.3.1.1, “cálculo de dámper”.

## **EQUIPO 2**

### **Datos Geométricos de la escalera:**

- Área de piso:  $14.7 \text{ m}^2 = 158.23 \text{ ft}^2$
- Altura:  $3.85 \text{ m} = 12.63 \text{ ft}$
- Perímetro:  $16.5 \text{ m} = 54.13 \text{ ft}$
- Puerta:  $1.0 \text{ m} \times 2.1 \text{ m}$
- Niveles: 8

### **Datos Geométricos del edificio:**

- Perímetro:  $214.32 \text{ m} = 703.14 \text{ ft}$

### **Datos Generales:**

1. Número de Puertas:  $N = 9$
2. Número de Puertas abiertas al exterior = 1 “NFPA 101, artículo 31”
3. Número de Puertas abiertas interiores = 2
4. Área de piso de las escaleras =  $14.7 \text{ m}^2 = 158.23 \text{ ft}^2$
5. Altura de las escaleras  $H = 3.85 \text{ m} = 12.63 \text{ ft}$
6. Puerta: Ancho = 1 m, Altura = 2.1 m; Perímetro = 6.2 m, Área =  $2.1 \text{ m}^2 = 22.60 \text{ ft}^2$
7. Área lateral de edificio =  $703.14 \text{ ft} \times 12.63 \text{ ft} = 8,881.43 \text{ ft}^2$
8. Área lateral de la escalera =  $54.13 \text{ ft} \times 12.63 \text{ ft} = 683.76 \text{ ft}^2$

9. Área de fuga alrededor de la puerta cerrada = 6.2 m x (4/1000) m = 0.27 ft<sup>2</sup>
10. Temperatura exterior de diseño = 30 °C = 546 R
11. Temperatura interior de diseño = 35 °C = 555 R
12. Áreas típicas de fugas de las paredes del edificio (tabla 1) = 0.17 x 10<sup>-3</sup> = 0.00017
13. Áreas típicas de fugas de las paredes de escaleras (tabla 1) = 0.11 x 10<sup>-3</sup> = 0.00011
14. Fuerza total para la apertura de la puerta = 30 Lb-f (NFPA 101 y RNE)
15. Fuerza para vencer el mecanismo cierra puertas = 10 Lb-f
16. Presión Diferencial mínima = 0.05 in. W.C. (ver tabla 2)

Realizamos el mismo procedimiento que se hizo en el caso del equipo 1

#### **Caudal de aire total del inyector**

$$Q_4 = Q_1 \times N_{\text{cerradas}} + Q_2 + Q_3$$

$$Q_4 = 269.09 \text{ CFM} \times 6 + 2,369.61 \text{ CFM} + 13,191.81 \text{ CFM} = 17,175.97 \text{ CFM}$$

#### **Caudal para dimensionar el dámper**

$$Q_5 = Q_4 - Q$$

$$Q_5 = 17,176 \text{ CFM} - 2,421.83 \text{ CFM} = 14,754.14 \text{ CFM}$$

Ver el capítulo 3.3.1.1, “cálculo de dámper”.

### **3.3 SISTEMAS DE DUCTOS**

Para ventilar la caja de escalera, es muy común conectar el equipo inyector a un sistema de conductos, con el fin de llevar el aire a puntos específicos que aseguren una distribución eficiente. El flujo de aire recibe energía del ventilador, el cual lo inyecta, debido a la fricción con las paredes, cambios de dirección u obstáculos que se encuentren a su paso. Los diseños de los sistemas de ductos de ventilación deben considerar los siguientes aspectos:

- ❖ Disponibilidad de espacio
- ❖ Difusión del aire
- ❖ Niveles de ruido
- ❖ Equipamiento

Para el caso del proyecto edificio del comercio, se ha considerado utilizar el mismo ducto de mampostería como un sistema de conducto dónde fluya el caudal del aire a inyectar, para ello el ducto de mampostería deberá ser liso y pulido, evitando pérdidas en el flujo de aire.

#### **3.3.1 DIFUSORES**

Para la descarga de aire en la caja de escalera se realizará por medio de rejillas de descarga. Por cada piso se colocará una rejilla de descarga y su selección de las dimensiones de las rejillas se realizará con el caudal total del Equipo 1 que es de 22, 964.37 CFM.

La escalera tiene 08 niveles (1ero hasta azotea) añadiendo el mezanine entre el primer y segundo y 04 sótanos, lo que se tendría 13 rejillas.

Caudal por rejilla =  $22,964.37 / 13 = 1,766.5$  CFM.

Calculando las longitudes de las rejillas:

$$Q_{m^3/s} = Q_{CFM} \times 0.000472$$

$$Q_{m^3/s} = 0.834$$

Según las normas ASHRAE la velocidad de salida oscila entre 2 a 2.5 m/s. Adicional a esto tenemos una relación de apertura de 0.9, teniendo la siguiente expresión:

$$\text{área del difusor } m^2 = \frac{Q_{m^3/s}}{2.5 \times 0.9}$$

$$\text{área del difusor } m^2 = 0.371$$

Pasamos de metros cuadrados a pulgadas cuadradas con el factor de conversión 39.37 por metro.

$$\text{área del difusor } in^2 = 574$$

Con este valor podemos definir de acuerdo a las dimensiones que se nos sean más favorables, dependiendo de la arquitectura.

En conclusión, tendremos para el equipo 1, trece rejillas de 24" x 24".

### **Para el caso del equipo 2:**

A l tener 8 niveles (1ero hasta azotea) adicionando un mezanine entre 1er y 2do piso, lo que se tendría 9 rejillas.

Caudal por rejilla =  $17,175.97 / 9 = 1,908.44$  CFM

Calculando las longitudes de las rejillas:

$$Q_{m^3/s} = Q_{CFM} \times 0.000472$$

$$Q_{m^3/s} = 0.9$$

Según las normas ASHRAE la velocidad de salida oscila entre 2 a 2.5 m/s. Adicional a esto tenemos una relación de apertura de 0.9, teniendo la siguiente expresión:

$$\text{área del difusor } m^2 = \frac{Q_{m^3/s}}{2.5 \times 0.9}$$

$$\text{área del difusor } m^2 = 0.4$$

Pasamos de metros cuadrados a pulgadas cuadradas con el factor de conversión 39.37 por metro.

$$\text{área del difusor } in^2 = 621$$

Con este valor podemos definir de acuerdo a las dimensiones que se nos sean más favorables, dependiendo de la arquitectura.

En conclusión, tendremos para el equipo 2, nueve rejillas de 26" x 24".

### 3.3.2 DÁMPER DE ALIVIO BAROMÉTRICO

El dámper de alivio se utilizará en las escaleras presurizadas del edificio colocadas en la parte más alta de la caja de la escalera regulando la presión generada por el sistema. Serán estandarizadas, de procedencia USA o similar aceptado, para el diseño se ha seleccionado la serie BR de la marca GREENHECK.

Debe cumplir con los siguientes detalles constructivos:

- Aletas de aluminio
- Eje de varilla excéntricamente pivotado, diseñado para accionar a baja velocidad del aire.
- Rodamientos de bola lubricables para facilitar el giro del eje.
- Sellos de aletas, de vinil para evitar fugas.

Para calcular las dimensiones del dampner tendremos en cuenta los datos ya calculados:

$QD.Equipo1 = 14,669.7$  CFM (pies cúbicos por minuto)

$QD.Equipo2 = 14,754.1$  CFM (pies cúbicos por minuto)

$V_{máxima} = 2,000$  ft/min (ver anexos, catálogo modelo BR)

Con estos valores sacamos el área de cada dampner por equipo.

$AD.Equipo1 = 7.33$  pies cuadrados.

$AD.Equipo2 = 7.38$  pies cuadrados.

Convirtiendo a pulgadas cuadradas y sacando raíz cuadrada a cada uno, nos quedara:

Lado de dampner 1: 32.5 pulgadas

Lado de dampner 2: 32.6 pulgadas

Por temas de diseño a criterio personal, utilizaremos dos dampneres por equipo, con el fin de acortar las medidas los cuales me quedara las medidas de 24" x 24".



**Figura 17.** Dampner barométrico BR-30 series

**Fuente:** Ficha técnica

### 3.4 CÁLCULO DE LA CAÍDA DE PRESIÓN

Con el fin de seleccionar el equipo, es necesario conocer la contrapresión con la cual el equipo debe trabajar. Esta contrapresión es la energía que se pierde durante el recorrido del aire a través del sistema de conductos, en nuestro caso en la mampostería pulida. Esto incluye los accidentes del trayecto como pueden ser codos, transformaciones, rejillas, etc.

La resistencia de un sistema se obtiene sumando las pérdidas de presión que se producen a través de las secciones sucesivas del sistema. El equipo se seleccionará conociendo la presión que debe vencer desde la entrada de aire al sistema de ductos y rejillas.

El método que se utilizará es el de pérdidas por fricción, se deben a la viscosidad del fluido y ocurren a lo largo de todo el conducto, se selecciona un valor para la pérdida de presión y es constante por todas las secciones del ducto del sistema. El valor que se selecciona se basa en general en la velocidad máxima permisible en el conducto cabezal que sale del ventilador, para evitar demasiado ruido.

La pérdida de presión en conductos largos se expresa de la siguiente forma:

$$\Delta P = (0.1/100) \times L \text{ (pulgadas de agua).}$$

L: Longitud del ducto en pies

0.1/100: Es las pérdidas por fricción en pulgadas de agua por 100 pies de largo.

Para el tema de los ductos de mampostería se considera 0.4/100 pies de largo.

**Tabla 3.** Caída de presión en ducto de mampostería para el equipo 1

| Caudal<br>CFM   | Velocidad<br>FPM | Caída<br>Presión<br>c/100' | Ducto<br>in. | Long.Tramo<br>ft | Caída<br>Presión<br>Total – in.<br>C.A. |
|---|------------------|----------------------------|--------------|------------------|---|
| 22,964.37   | 1,720            | 0.4                        | 62 x 22      | 162.071          | 0.65                                    |
| Caída de Presión en el Ducto mampostería in. C.A. - $\Delta P1$ |                  |                            |              |                  | <b>0.65</b>                             |

**Fuente:** Elaboración propia basada en información del proyecto

Caída de presión de las rejillas de descarga:  $\Delta P2 = 0.12$  in de columna de H<sub>2</sub>O.

Caída de presión de la salida del equipo con ducto de plancha galvanizada y el acople al ducto de mampostería:  $\Delta P3 = 0.52$  in de columna de H<sub>2</sub>O.

$\Delta P$  total =  $0.65 + 0.12 + 0.52 = 1.29$  pulgadas de columna de agua (caída de diseño).

Para nuestro caso, por la experiencia en realización de estos sistemas y de docentes especializados por años en la materia, en sistemas de presurización de escaleras la caída de presión lo recomendado es que oscile entre 2 a 2.5 pulgadas de columna de agua.

Entonces para nuestro sistema consideraremos una caída de presión como respaldo para el sistema de 02 pulgadas de columna de agua.

**Tabla 4.** Caída de presión en ducto de mampostería para el equipo 2

| Caudal<br>CFM   | Velocidad<br>FPM | Caída<br>Presión<br>c/100' | Ducto<br>in. | Long.Tramo<br>ft | Caída<br>Presión<br>Total – in.<br>C.A. |
|---|------------------|----------------------------|--------------|------------------|---|
| 17,176  | 1,773            | 0.4                        | 62 x 22      | 109.186          | 0.44                                    |
| Caída de Presión en el Ducto mampostería in. C.A. - $\Delta P1$ |                  |                            |              |                  | <b>0.44</b>                             |

**Fuente:** Elaboración propia basada en información del proyecto

Caída de presión de las rejillas de descarga:  $\Delta P_2 = 0.12$  in de columna de H<sub>2</sub>O.

Caída de presión de la salida del equipo con ducto de plancha galvanizada y el acople al ducto de mampostería:  $\Delta P_3 = 0.52$  in de columna de H<sub>2</sub>O.

$\Delta P_{\text{total}} = 0.44 + 0.12 + 0.52 = 1.08$  pulgadas de columna de agua (caída de diseño).

Según lo expresado en el caso anterior, nuestra caída de presión Total será:

$\Delta P_{\text{total}} = 2$ " columna de agua.

### **3.5 SELECCIÓN DEL EQUIPO**

La selección del equipo, se realiza considerando los parámetros necesarios para la selección del equipo (ver tabla N°) y la aplicación que tendrá. En un sistema de presurización los equipos deben estar diseñados considerando que, en caso de un incendio, el sistema pueda apoyar para la evacuación de las personas. El inyector de aire será del tipo centrífugo (ver capítulo 2), tendrá rotor de doble entrada doble ancho, con aletas inclinadas hacia atrás. Sin gabinete y montado en una base estructural común con su motor eléctrico, con aisladores de vibración de caucho, preparado en Arreglo 3 para descarga horizontal superior.

El eje será de acero e irá apoyado en chumaceras con rodamientos de lubricación permanente que estará montado rígidamente en la estructura metálica. Estos rodamientos serán para trabajo pesado, autoalineantes y seleccionados para una duración de 80,000 horas funcionando a la velocidad del rotor especificada.

El rodete y la carcasa serán construidos de plancha de fierro negro con un espesor mínimo de 3/32"; el rodete estará unido mecánicamente a su eje por medio de chaveta.

El rotor será accionado mediante motor eléctrico a través de fajas y poleas siendo la polea motriz de paso variable; el motor deberá tener base metálica con tensor de fajas y guarda fajas de plancha galvanizada calibre 1/27".

El motor eléctrico girará a 1725 rpm nominales y su potencia será igual ó mayor al BHP requerido por el ventilador. Su factor de servicio será de 1.15. La alimentación eléctrica será 220 V. - 3 f.- 60 Hz. A fin de cumplir con las condiciones de diseño, la velocidad de este motor será controlada por un Variador de Frecuencia.

El suministro de estos equipos será mediante importación directa, se recomienda las marcas GREENHECK, LOREN COOK, TWIN CITY (USA), S&P ó fabricantes semejantes con Certificación AMCA.

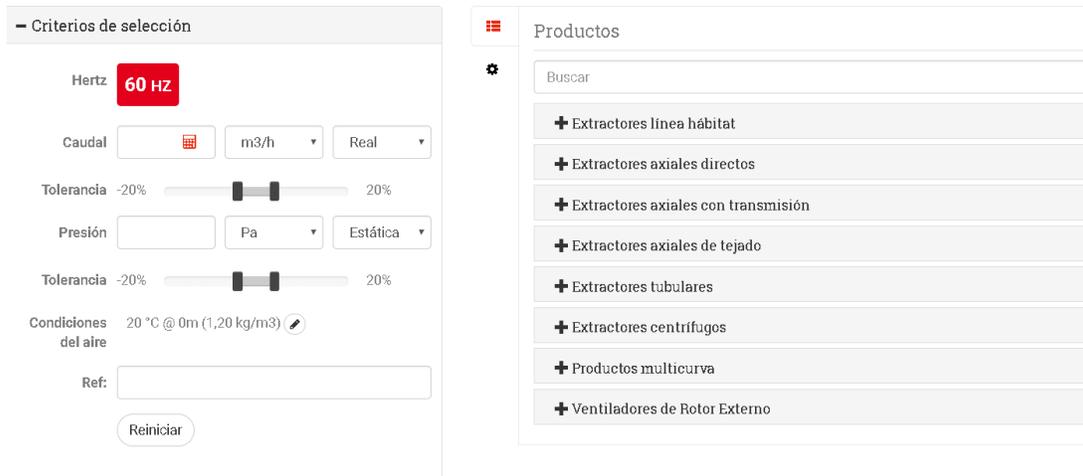
**Tabla 5.** Parámetros para selección del equipo inyector

| Parámetro            | Símbolo    | Unidades          | Equipo 1 | Equipo 2 |
|----------------------|------------|-------------------|----------|----------|
| Caudal               | Q          | CFM               | 22,964   | 17,176   |
| Caídas de presión    | $\Delta p$ | in. c.a.          | 2        | 2        |
| Temperatura del aire | T          | °C                | 20       | 20       |
| Densidad del aire    | $\rho$     | kg/m <sup>3</sup> | 1.2      | 1.2      |

**Fuente:** Elaboración propia basada en información del proyecto

Con estos valores se podrán seleccionar el equipo inyector para el sistema de presurización de escalera.

Para la selección nos apoyaremos con un software de la marca S&P, dónde se colocarán los parámetros calculados.



**Figura 18.** Software de selección de equipo de la marca S&P

**Fuente:** Software de selección

**Tabla 6.** Características de los equipos seleccionados, según software

| Parámetro             | Unidades | Equipo 1 | Equipo 2 |
|-----------------------|----------|----------|----------|
| Marca                 | S&P      |          |          |
| Caudal                | CFM      | 22,859   | 17,168   |
| Modelo                | -        | CMI 1400 | CMI 1400 |
| Potencia del motor    | Hp       | 10       | 7.5      |
| Velocidad de descarga | m/s      | 6.4      | 4.8      |
| Presión Total         | inwg     | 2.08     | 2.05     |
| Rendimiento estático  | %        | 76.5     | 75.8     |
| Peso                  | Kg       | 654.55   | 647.73   |

**Fuente:** Información del software utilizado

### 3.5.1 SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN DE LA PRESURIZACIÓN

Para controlar un sistema de presurización, tanto como controlar la velocidad como la presión positiva ideal que debe tener la caja de la escalera y proteger de llenar de humo en el interior de la escalera por intermedio del exterior, se ha tomado en

consideración solicitar que cumplan con los siguientes requerimientos garantizando la calidad y eficiencia del sistema.

### **VARIADOR DE FRECUENCIA (O DE VELOCIDAD)**

En variadores de frecuencia, se recomienda la marca Danfoss, por ser una marca reconocida garantizando la calidad y un buen producto del producto, porque debemos tener en cuenta que el variador de frecuencia debe convertir tensión trifásica que varíe entre +/- 10% a 60 hz., en tensión y frecuencia variables de salida. Debe suministrar una tensión de salida completa al motor, incluso a una tensión a una tensión de alimentación del 10%. La relación tensión / frecuencia debe ser adecuada para el control de velocidad de ventiladores centrífugos. Además de esto el variador de frecuencia debe regular la salida para adaptarla continuamente a la carga de corriente del ventilador y así minimizar el consumo de energía y regular todos los tipos de motores estándar sin la carga y sin que la temperatura del motor exceda el valor habitual cuando está conectado a la red. El variador debe funcionar sin que el motor esté conectado, para su mantenimiento.

El Variador de Frecuencia deberá mostrar “Fire mode” o “Modo Fuego” siempre que esta entrada está activa. El Variador de Frecuencia deberá tener una entrada digital que puede utilizarse para anular todos los demás comandos locales o remotos en caso que ocurra un comando de modo fuego del sistema de seguridad contra incendios.

### **SENSORES DE PRESIÓN**

Los sensores de presión seleccionados para el control de la escalera presurizada son los encargados de regular la presión dentro de la escalera mediante señales que

envía al variador, controlando así al equipo, se recomienda la marca DWYER (USA) serie 668, por la calidad de su producto, seguridad y garantía regulando dentro de un rango de presión entre 0 – 0.25 pulgadas de columna de agua con una precisión de  $\pm 1\%$ . Trabaja con 24 voltios. Además, estos aparatos están preparados para montaje en pared, con caja de poliéster resistente al fuego.

## **DETECTORES DE HUMO**

Los detectores de humos, son aparatos que se utilizan en un sistema contra incendio, lo cual al detectar el humo manda una señal a su panel de control, enlazados con una sirena y luz estroboscópica, logrando así alertar a todas las personas dentro del lugar para la pronta evacuación. Para nuestro caso, el detector cumple la función de alertar al sistema de presurización de escaleras, logrando su activación. Éstos detectores deben instalarse a la entrada a la escalera presurizada, en cada piso. Se recomienda la marca KELE (USA). Porque están diseñados para una rápida defección de humo y productos de la combustión y que se encuentren presentes en el aire. El voltaje de entrada a cada aparato es de 230 V.

### 3.5.2 DIAGRAMA DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN DE ESCALERAS GENERAL

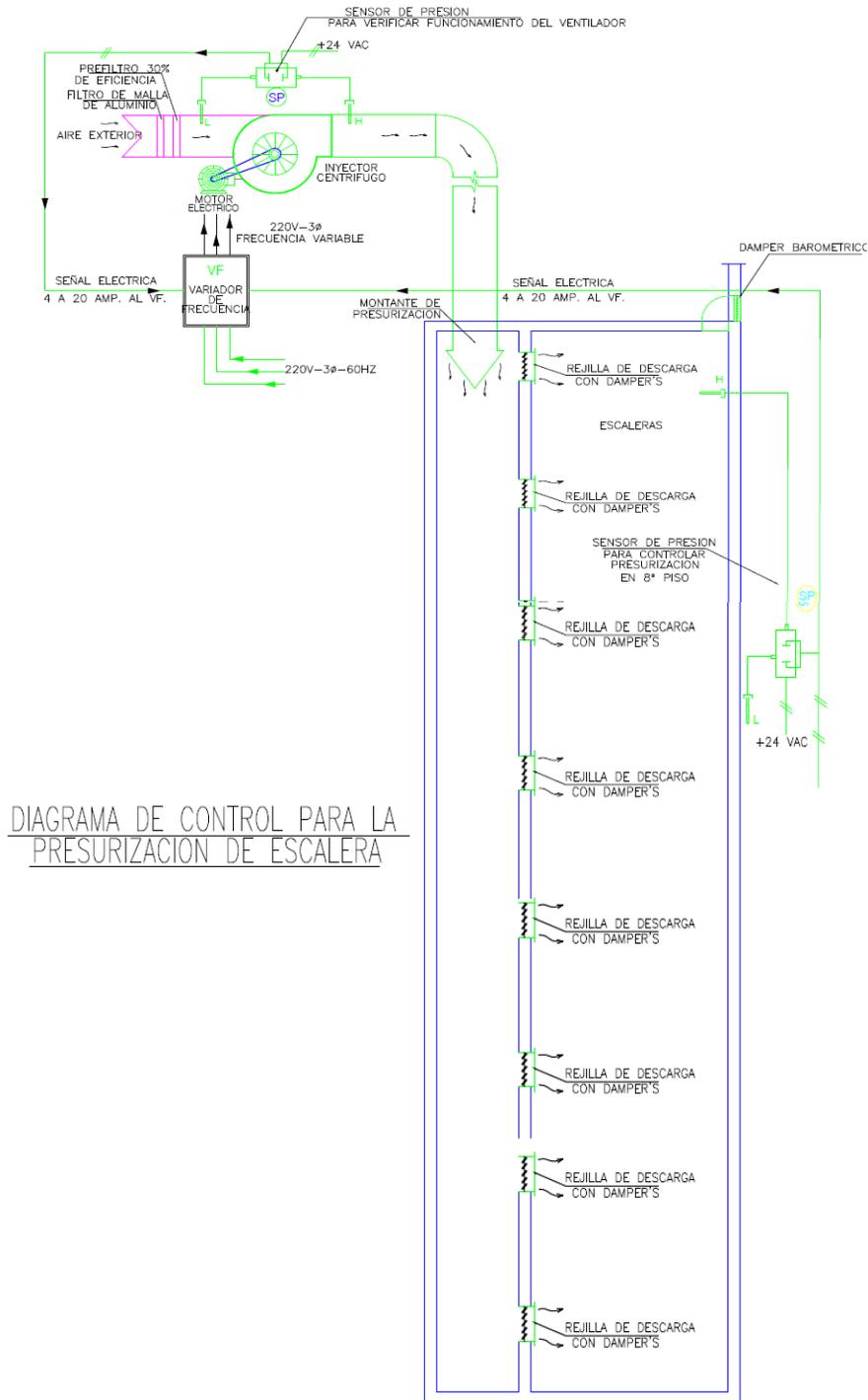


DIAGRAMA DE CONTROL PARA LA PRESURIZACIÓN DE ESCALERA

Fuente : El autor

## CONCLUSIONES

- El diseño de un sistema de presurización de escaleras para la evacuación frente a un incendio en el edificio de comercio, se realizará tomando los datos de la escalera de evacuación, teniendo como base las normas. Con los datos pertinentes según se muestra en el desarrollo de este trabajo (líneas arriba), se realizará los cálculos para poder seleccionar con el caudal del aire el equipo electromecánico, que tendrá como función llenar de aire la caja de escalera obteniendo una presión positiva, evitando así el ingreso de humos contaminantes.
- El diseño de un sistema de presurización de escaleras tiene como fin brindar la seguridad de las personas para que puedan evacuar por las escaleras de escape, tranquilos y ordenados libres de los humos contaminantes por un tiempo prolongado.
- El diseño de presurización de escaleras está basada en las normas NFPA 101, que lo que busca es el resguardo de las personas ante un suceso de incendio, y para ello en el en la sección 4.7 “Prácticas de la salida en incendios”, p. 44. Piden realizar con frecuencia suficiente para familiarizar a los ocupantes con los procedimientos, que cada vez se acorten el tiempo de respuesta.

- El diseño de presurización de escaleras, así como está basada en las normas de seguridad humana NFPA, también se tiene que cumplir el Reglamento Nacional de Edificaciones, el cual te presenta la estructuración que debe tener la escalera de evacuación, así como las puertas y la fuerza máxima que no debe exceder para poder abrir (30 lbf); El cumplimiento de ellas, te da un respaldo y te garantizan que el sistema cumplirá su cometido, y sólo así será aprobado por INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil).

## RECOMENDACIONES

- Para que en el proceso de diseño de un sistema de presurización de escaleras se haga una buena toma de datos, es necesario que el diseño presentado por el arquitecto e ingeniero civil cumplan con los requerimientos que plantea el Reglamento Nacional de Edificaciones, a su vez de proporcionar todos los planos de corte y que las características de la caja de escalera sean clara y precisa.
- Es importante que se implemente una base de concreto con sistema anti vibratorio porque los equipos seleccionados cuentan con un peso que supera los 600 kg.
- Es importante que al implementar el sistema de presurización de escaleras se tomen en cuenta la procedencia de los equipos, por temas de calidad y ganratía que te brinda las certificaciones. Estos equipos tienen procedencia Norte americanada.
- La empresa instaladora, deberá tener una amplia experiencia instalando el sistema y deberán usar todos sus implementos de seguridad (Epps) cumpliendo los estándares de calidad y seguridad laboral.

## BIBLIOGRAFÍA

A. Moncada, J. A. (2017). La historia de la ingeniería de Protección Contra Incendios. *NFPA JOURNAL LATINOAMERICANO*, 8.

Echeverri, Carlos. (2011). *Ventilación Industrial. 1° Edición*. Medellín: Ediciones de la U.

epictrim. (2018). *Capeco*. Obtenido de Historia de la Construcción:  
<https://www.capeco.org/historia/>

*MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO.*  
*"Reglamento Nacional de Edificaciones"*. Diario El Peruano. Normas legales. Lima, 8 de junio del 2006

*National Fire Protection Association.*  
*"Código de Seguridad Humana"*. NFPA 101. Edición 2000

*National Fire Protection Association.*  
*"Sistemas de control de Humo"*. NFPA 92. Edición 2007

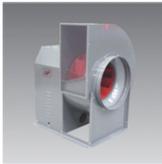
Neira Rodríguez, José Antonio (2011). *Instalaciones de Protección contra Incendios. 1° Edición*. Medellín: Ediciones de la Fundación Confemetal.

## ANEXOS

### ANEXO N° 1: CATÁLOGO DE LOS EQUIPOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA

#### EQUIPO N° 1

#### CM-I



#### CMI-1400-10HP/4-425RPM-(208-230~3)

Gama de Equipos centrífugos de simple aspiración modelo **CM Clase I**, con dos opciones de rodete: de álabes atrasados o del tipo airfoil, marca S&P, modelo CMI-1400-10HP/4-425rpm-(208-230~3), con caudal 22.859 cfm y presión 1,98 Inwg. Ideales para la inyección o extracción de aire en aplicaciones comerciales e industriales.

#### Punto requerido

|                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| Caudal           | 22.964 cfm              |
| Presión Estática | 2,00 Inwg               |
| Temperatura      | 20 °C                   |
| Altitud          | 0 m                     |
| Densidad         | 1,2 Kg / m <sup>3</sup> |
| Frecuencia       | 60 Hz                   |
| Tensión          | 208-230~3               |

#### Punto de trabajo

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Caudal               | 22.859 cfm |
| Presión estática     | 1,98 Inwg  |
| Presión dinámica     | 0,100 Inwg |
| Presión total        | 2,08 Inwg  |
| Pot Elect absorbida  | 7,54 hp    |
| Rend Total           | 80,4 %     |
| Potencia útil        | 9,34 Hp    |
| Rend Estático        | 76,5 %     |
| Velocidad descarga   | 6,4 m/s    |
| Velocidad ventilador | 425 rpm    |
| Potencia específica  | 0,81 W/l/s |

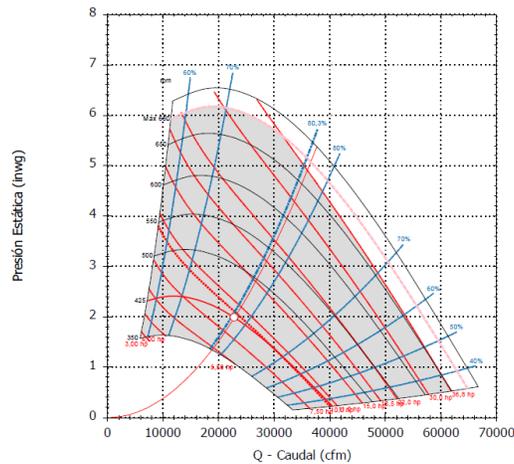
#### Construcción

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| Tamaño ventilador | 1400      |
| Peso              | 654,55 kg |

#### Características del motor

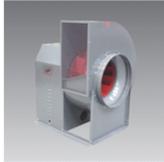
|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| Número de Polos             | 4                   |
| Potencia motor              | 10                  |
| Tensión                     | 3-208-230/460V-60Hz |
| Intensidad máxima absorbida | 23,9 A / 12,0 A     |
| Índice de protección        | IP54                |

#### Curva



# EQUIPO N° 2

## CM-I



### CMI-1400-7,5HP/4-400RPM-(208-230~3)

Gama de Equipos centrifugos de simple aspiración modelo **CM Clase I**, con dos opciones de rodete: de álabes atrasados o del tipo airfoil, marca S&P, modelo CMI-1400-7,5HP/4-400rpm-(208-230~3), con caudal 17.168 cfm y presión 2,00 Inwg. Ideales para la inyección o extracción de aire en aplicaciones comerciales e industriales.

### Punto requerido

|                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| Caudal           | 17.176 cfm              |
| Presión Estática | 2,00 Inwg               |
| Temperatura      | 20 °C                   |
| Altitud          | 0 m                     |
| Densidad         | 1,2 Kg / m <sup>3</sup> |
| Frecuencia       | 60 Hz                   |
| Tensión          | 208-230~3               |

### Punto de trabajo

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Caudal               | 17.168 cfm |
| Presión estática     | 2,00 Inwg  |
| Presión dinámica     | 0,057 Inwg |
| Presión total        | 2,05 Inwg  |
| Pot Elect absorbida  | 5,78 hp    |
| Rend Total           | 77,5 %     |
| Potencia útil        | 7,18 Hp    |
| Rend Estático        | 75,4 %     |
| Velocidad descarga   | 4,8 m/s    |
| Velocidad ventilador | 400 rpm    |
| Potencia específica  | 0,83 W/l/s |

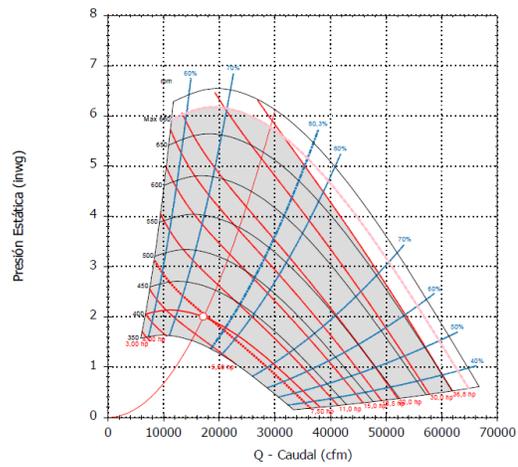
### Construcción

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| Tamaño ventilador | 1400      |
| Peso              | 647,73 kg |

### Características del motor

|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| Número de Polos             | 4                   |
| Potencia motor              | 7,5                 |
| Tensión                     | 3-208-230/460V-60Hz |
| Intensidad máxima absorbida | 18,1 A / 9,1 A      |
| Índice de protección        | IP54                |

### Curva



## ANEXO N° 2: GRADO DE PROTECCION IP

Es un sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionados por la envolvente contra el acceso a las partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua y para suministrar una información adicional unida a la referida protección. Este código IP esta formado por dos números de una cifra cada uno, situados inmediatamente después de las letras "IP" y que son independientes uno del otro.

- El número que va en primer lugar, normalmente denominado como "primera cifra característica", indica la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas (típicamente partes bajo tensión o piezas en movimiento que no sean ejes rotativos y análogos), limitando o impidiendo la penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto cogido por una persona y, garantizando simultáneamente, la protección del equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.

La primera cifra característica esta graduada desde 0 (cero) hasta 6 (seis) y a medida que va aumentando el valor de dicha cifra, éste indica que el cuerpo sólido que la envolvente deja penetrar es menor.

Tabla 1 - Grados de protección indicados por la primera cifra característica

| Cifra | Grado de protección                                   |   |
|-------|---|---|
|       | Descripción abreviada                                 | Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente   |
| 0     | No protegida  | Sin protección particular   |
| 1     | Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm  | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.   |
| 2     | Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm. | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.   |
| 3     | Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm.    | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm.  |
| 4     | Protegida contra cuerpos sólidos de mas de 1 mm.      | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.  |
| 5     | Protegida contra la penetración de polvo              | No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo. |
| 6     | Totalmente estanco al polvo                           | Ninguna entrada de polvo.   |

Tabla 2 - Grados de protección indicados por la segunda cifra característica

| Cifra | Grado de protección  |   |
|-------|--|---|
|       | Descripción abreviada  | Tipo de protección proporcionada por la envolvente  |
| 0     | No protegida   | Sin protección particular   |
| 1     | Protegida contra la caída vertical de gotas de agua                          | La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales   |
| 2     | Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15° | Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente está inclinada hasta 15° con respecto a la posición normal |
| 3     | Protegida contra la lluvia fina (pulverizada)                                | El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales                |
| 4     | Protegida contra las proyecciones de agua                                    | El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales   |
| 5     | Protegida contra los chorros de agua   | El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales                         |

### ANEXO N° 3: CUADRO DEL CATÁLOGO DEL DÁMPER DE ALIVIO

#### Barometric Relief (BR and SEBR Series) Quick Selection Guide

| Model   | Material         |               | Mounting Position   | Airflow Direction   | Flange    | Maximum Velocity<br>ft/min.<br>(m/s) | Maximum Back Pressure<br>in. wg<br>(kPa) | Start-Open Pressure*<br>in. wg<br>(kPa) |
|---------|------------------|---------------|---------------------|---------------------|-----------|--------------------------------------|--|---|
|         | Frame            | Blade         |                     |                     |           |                                      |  |   |
| BR-10   | Galvanized Steel | Aluminum      | H                   | Vertical Up         | No        | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| BR-11   |                  |               | H                   | Vertical Up         | Discharge | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| BR-12   |                  |               | H                   | Vertical Up         | Intake    | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| BR-30   |                  |               | V                   | H                   | No        | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| BR-31   |                  |               | V                   | H                   | Discharge | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| BR-32   |                  |               | V                   | H                   | Intake    | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| BR-40   |                  |               | H                   | Vertical Down       | No        | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| BR-41   |                  |               | H                   | Vertical Down       | Discharge | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| BR-42   |                  |               | H                   | Vertical Down       | Intake    | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| SEBR-10 |                  |               | 316 Stainless Steel | 316 Stainless Steel | H         | Vertical Up                          | No                                       | 2000 (10.2)                             |
| SEBR-11 | H                | Vertical Up   |                     |                     | Discharge | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| SEBR-12 | H                | Vertical Up   |                     |                     | Intake    | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| SEBR-30 | V                | H             |                     |                     | No        | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| SEBR-31 | V                | H             |                     |                     | Discharge | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| SEBR-32 | V                | H             |                     |                     | Intake    | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| SEBR-40 | H                | Vertical Down |                     |                     | No        | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| SEBR-41 | H                | Vertical Down |                     |                     | Discharge | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |
| SEBR-42 | H                | Vertical Down |                     |                     | Intake    | 2000 (10.2)                          | 2 (0.5)                                  | 0.05 (0.01)                             |

## ANEXO N° 4: CATÁLOGO DEL DETECTOR DE HUMO PARA DUCTO

### DESCRIPTION

The **SM-501 Series Duct Smoke Detectors** provide early detection of smoke and combustion products present in air moving through HVAC ducts. Air sampling is accomplished by intake sampling tubes, which are ordered separately. A standard length exhaust tube is provided with each detector. The **SM-501 Series** is designed to operate in duct widths from 6" to 10.0' (15 cm to 3.05m) with an air velocity from 500-4000 fpm (2.5-20.3 mps). Complete systems may be shut down in the event of smoke detection.

### OPERATION

The **SM-501 Series** will operate on any one of four input voltages: 24 VAC, 24 VDC, 115 VAC, or 230 VAC. It uses either photoelectric or ionization smoke detector heads. Each detector contains two alarm contacts, which transfer in the event of smoke, and one trouble contact, which supervises the presence of input power and removal of the detector head. A manual test/reset switch and visual indicators of pilot and alarm are provided on the front of the detector. Up to 30 **SM-501 Series** units may be wired to use a common test/reset function and to alarm simultaneously when a single unit alarms. If remote signal devices such as horns or



SM-501



### FEATURES

- **Universal voltage: 24 VAC, 24 VDC, 115 VAC, or 230 VAC**
- **Remote reset, alarm, and indication available**
- **Two alarm contacts and one trouble contact**
- **Interchangeable "plug-in" photoelectric or ionization heads**
- **Compatible with building automation and fire**

### SPECIFICATIONS

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <b>Power requirements<br/>50/60 Hz (without<br/>accessories)</b> | 24 VAC @ 35 mA standby,<br>74 mA alarm<br>24 VDC @ 15 mA standby,<br>56 mA alarm<br>115 VAC @ 25 mA standby,<br>32 mA alarm<br>230 VAC @ 12 mA standby,<br>16 mA alarm | <b>Agency approvals<br/>UL &amp; CUL listed</b> | UL268A; UROX, UROX7, File<br>#S2829   |
| <b>Relay contact rating<br/>Alarm</b>                            | 2-SPDT, 10A, 115 VAC,<br>resistive   | <b>CSFM listed</b>                              | 3240-1004:108   |
| <b>Trouble</b>   | 1-SPDT, 10A, 115 VAC,<br>resistive   | <b>MEA approved</b>                             | 73-92-E, Vol. 26  |
| <b>Radioactive element</b>                                       | For <b>SM-501-N</b> only<br>Americium 241, 0.9 $\mu$ Ci  | <b>Ambient temp</b>                             | <b>SM-501-N</b> 32° to 158°F (0° to 70°C)<br><b>SM-501-P</b> 32° to 140°F (0° to 60°C)            |
| <b>Air velocity</b>  | 500-4000 fpm (2.5-20.3 mps)  | <b>Humidity</b>                                 | 10% to 85% RH noncondensing   |
| <b>Wiring</b>  | Solid or stranded, 12 to 22<br>AWG terminals   | <b>Material</b>                                 | 18-gauge steel back box,<br>clear plastic cover (94V-0)   |
|  |  | <b>Finish</b>                                   | Gray paint with clear cover   |
|  |  | <b>Hardware</b>                                 | 7" (17.8 cm) exhaust tube, sampling<br>tube end cap, template and mount-<br>ing hardware supplied |
|  |  | <b>Dimensions</b>                               | 9.13"H x 7.25"W x 2.25"D<br>(23.19 x 18.42 x 5.72 cm)   |
|  |  | <b>Weight</b>                                   | 4.0 lb (1.8 kg)   |
|  |  | <b>Warranty</b>                                 | 1 year  |

# ANEXO N° 5: CATÁLOGO DEL SENSOR DE PRESION DWYER

PRESSURE



Series MS **Magnesense® Differential Pressure Transmitter**  
Monitors Pressure & Air Velocity



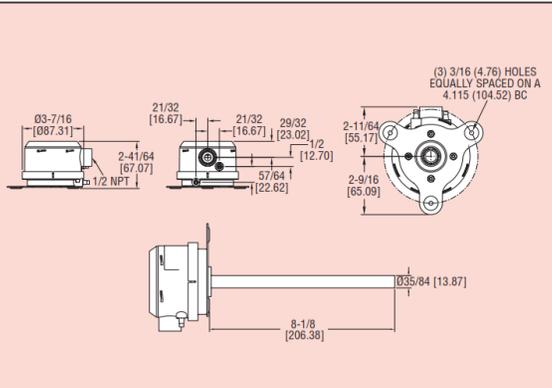
Differential Pressure Transmitters



**Standard MS with optional LCD**



**MS with optional LCD and static probe**



The Series MS Magnesense® Differential Pressure Transmitter is an extremely

### SPECIFICATIONS

versatile transmitter for monitoring pressure and air velocity. This compact package is loaded with features such as:

- Field selectable English or Metric ranges
- Field upgradeable LCD display
- Adjustable damping of output signal (with optional display)
- Ability to select a square root output for use with pitot tubes and other similar flow sensors

Along with these features, the patented magnetic sensing technology provides exceptional long term performance and enables the Magnesense® Differential Pressure Transmitter to be the single solution for your pressure and flow applications.

| Model   | Output  | Selectable Ranges                         |
|---------|---------|---|
| MS-121* | 4-20 mA | 0.1", 0.25", 0.5" w.c. (25, 50, 100 Pa)   |
| MS-321* | 0-10 V  | 0.1", 0.25", 0.5" w.c. (25, 50, 100 Pa)   |
| MS-721* | 0-5 V   | 0.1", 0.25", 0.5" w.c. (25, 50, 100 Pa)   |
| MS-111* | 4-20 mA | 1", 2", 5" w.c. (250, 500, 1250 Pa)       |
| MS-311* | 0-10 V  | 1", 2", 5" w.c. (250, 500, 1250 Pa)       |
| MS-711* | 0-5 V   | 1", 2", 5" w.c. (250, 500, 1250 Pa)       |
| MS-131  | 4-20 mA | 10" w.c. (2 kPa)                          |
| MS-141  | 4-20 mA | 15" w.c. (3 kPa)                          |
| MS-151  | 4-20 mA | 25" w.c. (5 kPa)                          |
| MS-331  | 0-10 V  | 10" w.c. (2 kPa)                          |
| MS-341  | 0-10 V  | 15" w.c. (3 kPa)                          |
| MS-351  | 0-10 V  | 25" w.c. (5 kPa)                          |
| MS-021  | 4-20 mA | ±0.1", 0.25", 0.5" w.c. (±25, 50, 100 Pa) |
| MS-221  | 0-10 V  | ±0.1", 0.25", 0.5" w.c. (±25, 50, 100 Pa) |
| MS-621  | 0-5 V   | ±0.1", 0.25", 0.5" w.c. (±25, 50, 100 Pa) |

**Service:** Air and non-combustible, compatible gases.

**Wetted Materials:** Consult factory.

**Accuracy:** ±1% for 0.25" (60 Pa), 0.5" (100 Pa), 2" (500 Pa), 5" (1250 Pa), 10" (2 kPa), 15" (3 kPa), 25" (5 kPa) ±2% for 0.1" (25 Pa), 1" (250 Pa) and all bi-directional ranges.

**Stability:** ±1% / year FSO.

**Temperature Limits:** 0 to 150°F (-18 to 66°C).

**Pressure Limits:** 1 psi maximum, operation; 10 psi, burst.

**Power Requirements:** 10 to 35 VDC (2-wire); 17 to 36 VDC or isolated 21.6 to 33 VAC (3-wire).

**Output Signals:** 4 to 20 mA (2-wire); 0 to 5 V, 0 to 10 V (3-wire).

**Response Time:** Adjustable 0.5 to 15 sec. time constant. Provides a 95% response time of 1.5 to 45 seconds.

**Zero & Span Adjustments:** Digital push button.

**Loop Resistance:** Current output: 0-1250 Ω max; Voltage output: min. load resistance 1 kΩ.

**Current Consumption:** 40 mA max.

**Display (optional):** 4 digit LCD.

**Electrical Connections:**

4-20 mA, 2-Wire: European style terminal block for 16 to 26 AWG.

0-10 V, 3-Wire: European style terminal block for 16 to 22 AWG.

**Electrical Entry:** 1/2" NPS thread.

Accessory (A-151): Cable gland for 5 to 10 mm diameter cable.

**Process Connections:** 3/16" ID tubing (5 mm ID). Maximum OD 9 mm.

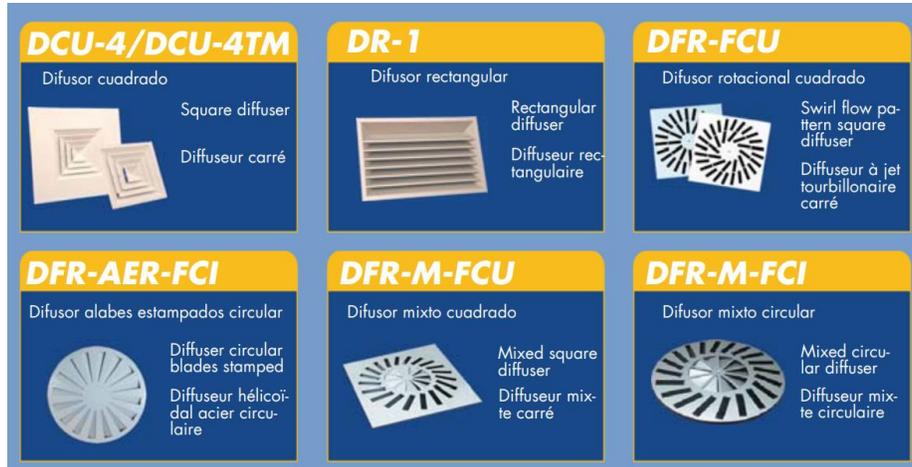
**Enclosure Rating:** NEMA 4X (IP66).

**Mounting Orientation:** Diaphragm in vertical position.

**Weight:** 8.0 oz (230 g).

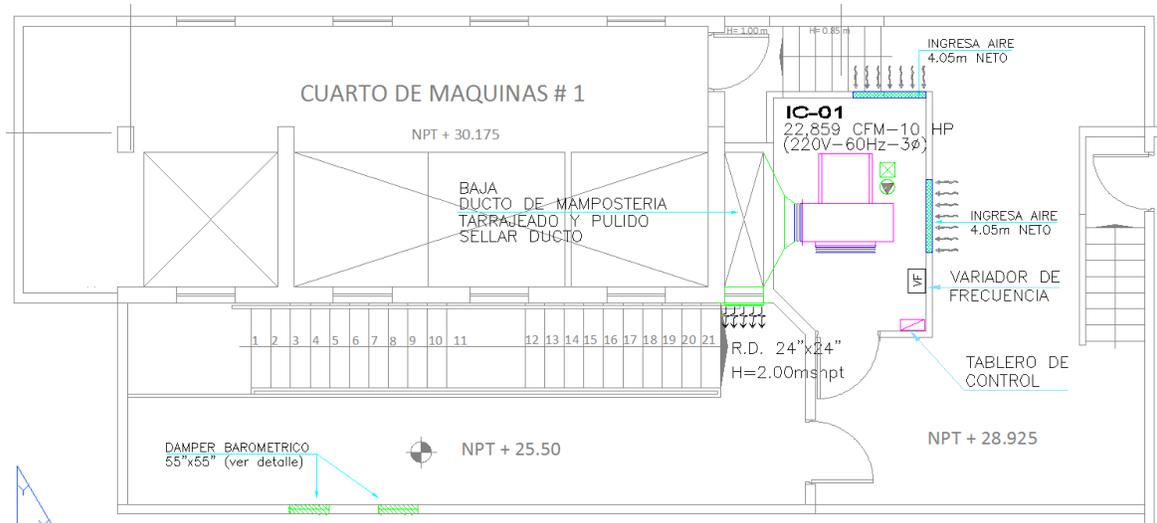
**Agency Approvals:** CE.

## ANEXO N° 6: CATÁLOGO DE REJILLAS DE DESCARGA

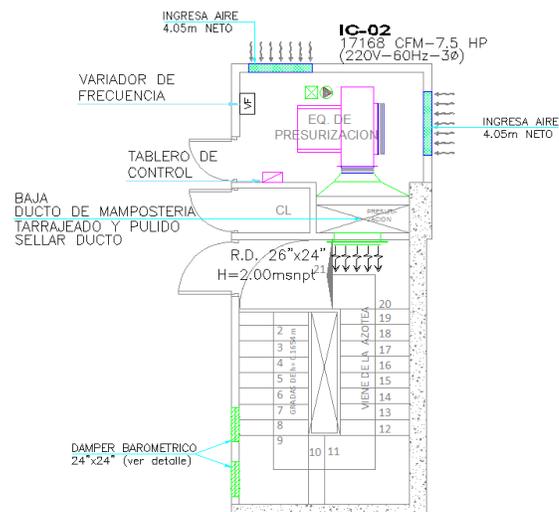


## ANEXO N° 7: PLANO DE ESCALERAS EN VISTA DE PLANTA

### EQUIPO N° 1



### EQUIPO N° 2



## ANEXO N° 8: COTIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN DE ESCALERAS



|   |   |
|---|---|
| <b>Señores :</b><br><b>Dirección :</b> Av. Los Faisanes esq. con la Calle Jiménez Chávez N° 220, distrito de Chorrillos<br><b>Ruc :</b> -<br><b>Atención :</b> -<br><b>Referencia :</b> SISTEMA DE PRESURIZACION DE ESCALERAS<br>Edificio el Comercio | <b>Presupuesto N°:</b> 049-18/HTR/RZH<br><b>Fecha :</b> 28-Feb-18<br><b>Fono / fax :</b><br><b>E-mail :</b> |
|---|---|

| ITEM       | CONCEPTO   | UNIDAD | CANT. | VALOR V. U.             | VALOR V. TOTAL      |
|------------|--|--------|-------|-------------------------|---------------------|
| <b>1.0</b> | <b>SISTEMA DE ESCALERAS PRESURIZADAS</b>   |        |       |                         |                     |
| <b>1.1</b> | <b>SUMINISTRO DE EQUIPOS DE VENTILACIÓN</b>  |        |       |                         |                     |
|            | INYECTOR CENTRIFUGO DE SIMPLE ENTRADA<br>Transmisión : Faja y polea<br>Código: VP-1<br>Marca: SOLER & PALAU ó SIMILAR<br>Caudal: 17,168 CFM@2.5" c.a.<br>Tensión: 380 Volt-3F-60Hz 7.5 HP<br><b>CERTIFICACION AMCA y UL705</b> | Unid.  | 1     | \$ 6,942.31             | \$ 6,942.31         |
|            | INYECTOR CENTRIFUGO DE SIMPLE ENTRADA<br>Transmisión : Faja y polea<br>Código: VP-2<br>Marca: SOLER & PALAU ó SIMILAR<br>Caudal: 22,859 CFM@2.5" c.a.<br>Tensión: 380 Volt-3F-60Hz 10 HP<br><b>CERTIFICACION AMCA y UL705</b>  | Unid.  | 1     | \$ 7,321.18             | \$ 7,321.18         |
| <b>1.2</b> | <b>SUMINISTRO E INSTALACION DE DUCTOS.</b>   |        |       |                         |                     |
|            | Suministro e instalacion de ductos fabricados en plancha galvanizada según norma internacional.  | Globo. | 1     | \$ 1,764.71             | \$ 1,764.71         |
|            | Suministro e instalacion de difusores y rejillas de retorno de plancha galvanizada y pintados de color a pedido del cliente.   | Globo. | 1     | \$ 1,065.18             | \$ 1,065.18         |
|            | Suministro e instalacion de filtros sinteticos fabricados en malla sintetica color azul de 1" de espesor.  | Unid.  | 2     | \$ 70.59                | \$ 141.18           |
|            | Suministro de dampers barométricos de 24" x 24", Marca GREENHECK   | Unid.  | 4     | \$ 529.41               | \$ 2,117.65         |
|            | Variador de frecuencia marca DANFOSS O SIMILAR (USA) ,220V/60Hz/3Ph; enclosure NEMA 1, con display.  | Unid.  | 2     | \$ 1,076.47             | \$ 2,152.94         |
|            | Suministro de sensores de Humo, marca KELEE.   | Unid.  | 2     | \$ 229.41               | \$ 458.82           |
|            | Suministro de transmisores diferenciales de presion de aire, marca DYWER.  | Unid.  | 4     | \$ 264.71               | \$ 1,058.82         |
| <b>1.3</b> | <b>INSTALACIÓN ELECTROMECAÁNICA</b>  |        |       |                         |                     |
|            | Instalación de equipos de ventilacion<br>Montaje de equipo incluye anclajes y soportería<br>Conexión eléctrica de control y fuerza (máx 1m)<br>Puesta en marcha, pruebas y ajustes.  | Globo. | 1     | \$ 1,235.29             | \$ 1,235.29         |
| <b>2.0</b> | <b>OTROS</b>   |        |       |                         |                     |
|            | Transporte de equipos, personal, materiales y herramientas, uso de equipos de proteccion personal, polizas de seguro, gastos administrativos.  | Globo. | 1     | \$ 235.29               | \$ 235.29           |
|            |  |        |       | <b>P. SUBTOTAL US\$</b> | <b>\$ 24,493.36</b> |
|            |  |        |       | <b>I.G.V. 18%</b>       | <b>\$ 4,408.81</b>  |
|            |  |        |       | <b>P. TOTAL US\$</b>    | <b>\$ 28,902.17</b> |

**Condiciones Generales:**

**1.0 : NOTA:**

- El cliente proporcionara el punto de energia electrica cerca al equipo a max. 1 metro de los equipos.
- Este presupuesto no incluye trabajos de obra civil como picados, resanes, pintado, corte de vidrio, metal o refuerzos, bases antivibratorias, tampoco el uso de canaletas, etc. Todo esto debera ser por cuenta del cliente o trabajo civil.
- Las bases flotantes para los equipos de aire acondicionado serán proporcionadas por el cliente y/o obra civil.
- El tiempo de entrega se contabiliza desde la aceptacion de los trabajos, es decir una vez emitida la Orden de Compra y efectuado el primer pago.
- El cliente debera proporcionar la carga electrica necesaria para el funcionamiento de los equipos, para entregar según fechas acordadas los trabajos.
- Este presupuesto se elabora con base en la información proporcionada por el cliente. Cualquier cambio en las especificaciones se deberá generar una cotización nueva.

Esperando que la Cotización haya sido de su agrado, quedamos a su entera disposición para servirlo.

*Creando un mundo de Confort...*