

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“DIMENSIONAMIENTO DE DUCTOS PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL ÁREA DE FOYER DEL CINE – ILO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

JACINTO PAREDES, JOE LEONARD

**Villa El Salvador**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, a mis hermanos y familiares; por su constante apoyo y motivación para esforzarme y mejorar día a día.

## **AGRADECIMIENTO**

Al ingeniero Paz, por su apoyo en la realización de este trabajo.

A Elida Paredes, mi madre, por su apoyo constante y nunca dejarme solo en cada momento de mi vida.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Delimitación del proyecto.....	2
1.3.1 Teórica .....	2
1.3.2 Temporal .....	3
1.3.3 Espacial.....	3
1.4 Formulación del problema .....	3
1.4.1 Problema general .....	3
1.4.2 Problemas específicos .....	3
1.5 Objetivos.....	3
1.5.1 Objetivo general .....	3
1.5.2 Objetivo específico .....	3
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Bases teóricas .....	5
2.2.1 Ventilación.....	5
2.2.2 Funciones de la ventilación .....	5
2.2.3 Tipos de ventilación.....	6
2.2.3.1 Ventilación natural .....	6
2.2.3.2 Ventilación mecánica.....	6
2.2.4 Ventiladores .....	7
2.2.5 Clasificación de Ventiladores .....	7
2.2.6 Caudal .....	8
2.2.7 Renovaciones por hora .....	8

2.2.8	Caudal de aire en ductos.....	9
2.2.9	Diámetro de conducto equivalente .....	10
2.2.10	Velocidad del aire en un ducto para el confort .....	10
2.2.11	Rejillas de retorno e impulsión. ....	11
2.2.12	Cuadro de cálculo de ductos. ....	12
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL</b>		<b>13</b>
3.1	Diseño del sistema de ventilación para el área de foyer de cines llo.....	13
3.1.1	Cálculo de caudal a renovar ( $Q_{total}$ ).....	13
3.1.2	Diseño y selección de rejilla de descarga y retorno. ....	14
3.1.2.1	Rejillas de descarga .....	14
3.1.2.2	Rejillas de entorno .....	15
3.1.3	Diseño de ductos de inyección.....	16
3.1.4	Diseño de ductos de extracción. ....	26
3.2	Resultados.....	36
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>40</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>41</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>44</b>

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ventilación natural.....	6
Figura 2. Ventilación mecánica .....	6
Figura 3. Sistema de ducto vista de planta área de foyer .....	37
Figura 4. Sistema ducto corte de sección .....	38

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Renovaciones de aire por hora. ....	9
Tabla 2. Velocidad de aire en ductos de impulsión. ....	11
Tabla 3. Velocidad de aire en ductos de captación ....	11
Tabla 4. Cuadro de cálculo.....	12
Tabla 5. Dimensionamiento de ductos de inyección ....	26
Tabla 6. Dimensionamiento de ductos de extracción. ....	36

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en el diseño de un sistema de inyección y extracción mecánica de aire para el área de foyer de cine Ilo, ubicado en el nuevo centro comercial Ilo, provincia de Ilo, departamento de Moquegua; con el fin de mantener una calidad de aire adecuado para el personal y clientes, cumpliendo las 6 renovaciones por hora, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Cabe mencionar que para el diseño de ductos se consideró la norma ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating And Air – Conditioning Engineer).

Cuando la inyección y extracción de aire no es la adecuada, las personas estarán respirando aire viciado los cuales pueden presentar daños en la salud de la persona. Del mismo modo una mala ventilación puede mantener malos olores en el ambiente, los cuales pueden llegar a niveles molestos para la persona.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

Un sistema de ventilación se realiza para mejorar la circulación del aire como estipula el reglamento nacional de edificación (RNE), para generar un ambiente saludable y libre de riesgos a través de la eliminación de aire viciado.

Por lo tanto, es necesario garantizar la renovación de aire para la comodidad de las personas en el local, generando un ambiente libre de elementos tóxicos perjudiciales para la salud de la persona.

Existen lugares que se ventilan solo usando ventilación natural, lo cual muchas veces genera la posibilidad de que no se controle adecuadamente la renovación de aire, generando un ambiente peligroso debido a la acumulación de aire contaminado o viciado, poniendo la salud y la seguridad de las personas en peligro.

### **1.2 Justificación del problema**

Las razones que motivaron a la implementación de un sistema de ventilación son:

- Evitar enfermedades en las personas debido a la inhalación de aire viciado.
- El área del foyer tenga un mejor confort para las personas.
- Contaminación del aire debido a la inhalación y exhalación de las personas.

### **1.3 Delimitación del proyecto**

#### **1.3.1 Teórica**

El desarrollo de este proyecto se realizó con la tabla de renovaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

### **1.3.2 Temporal**

El desarrollo de este proyecto se realizó en los meses de octubre hasta noviembre del 2019.

### **1.3.3 Espacial**

Este proyecto de desarrollo en el nuevo centro comercial Ilo. En la ciudad de Ilo, ubicado en la provincia de Ilo, departamento de Moquegua.

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema general**

¿Cómo realizar el dimensionamiento de ductos para el sistema de ventilación del área de foyer de cine Ilo?

### **1.4.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo calcular el caudal para el área de foyer del cine Ilo?
- b) ¿Cómo seleccionar rejillas para el área de foyer del cine Ilo?

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Realizar el dimensionamiento de ductos para el sistema de ventilación del área de foyer de cine Ilo.

### **1.5.2 Objetivo específico**

- a) Calcular el caudal para el área de foyer del cine Ilo.
- b) Seleccionar rejillas para el área de foyer del cine Ilo

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Ariza y Becerra (2018), en su estudio para optar el título de ingeniero mecánico, titulado, Diseño del sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado para el auditorio de la facultad tecnológica (Universidad Distrital Francisco José De Caldas), basado en la norma ansi/ashrae 62.1.

Mencionan que el calentamiento global y los cambios del clima que se van presentando en el planeta, son las causas de que el ser humano cree ambientes artificiales de confort.

Además concluyó que, para el diagnóstico de las condiciones ambientales del diseño, fue de importancia el análisis de la temperatura ambiente (máxima de 20.2 °C).

Abad (2017), en su estudio para optar el título profesional de ingeniero en geología y minas, el cual se titula, Diseño de un sistema óptimo de ventilación para la empresa minera Reina de Fátima (EMIREIFA S.A) en el cantón Zaruma, provincia de El Oro.

En donde menciona, que los valores críticos que se obtuvieron en la caracterización del aire en el interior de la mina son velocidad 11.41 m/min que es menor del indicado en normativas; de CO es 44 pm y de humedad un valor máximo de 77.59%.

Este estudio concluyó, que la caracterización del aire interior mina se determinó que: la velocidad promedio de aire que circula por las labores es de 33.63 m<sup>3</sup> /min, siendo la velocidad mínima 11.41 m/min perteneciente a puntos de mayor profundidad (>2000 m) en recta.

Valdivia (2018), en su estudio para optar al grado de bachiller en ingeniera de Minas, el cual se titula evaluación del sistema de ventilación de la mina consorcio minero horizonte – La Libertad – 2018.

En donde menciona, que uno de los más dificultosos problemas que afronta la minería subterránea según la profundidad de su labor es la falta de

aire, éste es un elemento vital para el personal, por lo que sin ella puede provocar accidentes fatales.

Este estudio concluyó que para evaluar el sistema de ventilación del consorcio minero horizonte se debe programar actividades de identificación de estaciones de monitoreo, instalación de equipo, reporte diario de información y elaborar informe final.

Sutty (2016), en su estudio para optar el título de ingeniero de minas, Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno.

En donde menciona, que la ventilación en minas y túneles subterráneos es importante y necesaria para obtener un contenido mínimo de oxígeno en la atmósfera, lo cual permitirá la respiración del personal así como también el funcionamiento de sus equipos.

Este estudio concluyó, que la ventilación mecánica si influye en nuestra operación el cual fue necesaria la colocación de dos ventiladores: uno con capacidad de 25000 cfm y el otro de 15000 cfm para cubrir la necesidad de aire.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Ventilación**

Soler (2012), lo definen como la sustitución de una porción de aire, que no se desea, por otra que aporta una mejor pureza, temperatura, humedad, etc.

Según Terreros (citado por Abad, 2017) es un proceso en la cual el aire necesario circula, brindando una atmosfera respirable.

### **2.2.2 Funciones de la ventilación**

La ventilación de máquinas o procesos industriales permite controlar el calor, la toxicidad de los ambientes o la explosividad potencial de los mismos, garantizando en muchos casos la salud de los operarios que se encuentran en dichos ambientes de trabajo. (Escoda, 2014).

### 2.2.3 Tipos de ventilación

La ventilación se puede clasificar en dos grupos:

- Ventilación natural.
- Ventilación mecánica.

#### 2.2.3.1 Ventilación natural

Es el flujo de aire que ingresa al interior de una labor sin necesidad de equipos de ventilación. Las cuales se produce debido a las siguientes causas, diferencias de presiones, entre la entrada y la salida. Diferencia de temperaturas durante las estaciones. (Mallqui, 1981)

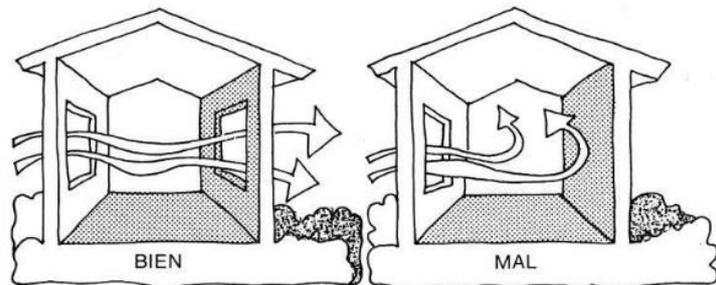


Figura 1. Ventilación natural

Fuente: <http://ebasl.es/ventilacion-natural/>

#### 2.2.3.2 Ventilación mecánica

Es ocasionado por la presión que realiza un ventilador sobre una masa de aire que inyecta o succiona aire el cual es realizado por un motor eléctrico, a una presión constante sobre el aire. (Zitron, 2007).

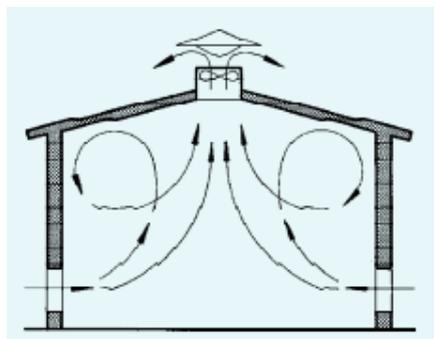


Figura 2. Ventilación mecánica

Fuente: (Manual práctico de ventilación. Escoda, 2014)

#### 2.2.4 Ventiladores

Se definen como máquinas rotatorias capaces de mover una determinada masa de aire, a la que comunican una cierta presión, suficiente para que pueda vencer las pérdidas de carga que se producirán en la circulación por los conductos. (Soler & Palau, 2012).

#### 2.2.5 Clasificación de Ventiladores

Según Soler (2012), refieren que pueden clasificarse de diferentes maneras:

- **Según su función**
  - **Ventiladores con envoltente:** Tienen como objetivo desplazar aire dentro de un conducto.
  - **Ventiladores Murales:** Sirven para el traslado de aire entre dos espacios distintos.
  - **Ventiladores de Chorro:** Se utilizan para una determinada velocidad de aire incidiendo sobre una persona o cosa.
  
- **Según la trayectoria del aire en el ventilador**
  - **Ventiladores centrífugos:** El aire ingresa con una trayectoria axial y sale en dirección perpendicular. En este caso los rodets pueden ser, álabes radiales, álabes adelante o álabes hacia atrás.
  - **Ventiladores Axiales:** El aire entra y sale con trayectorias a lo largo de superficies cilíndricas coaxiales al ventilador.
  - **Ventiladores Helicocentrífugos:** La trayectoria del aire es intermedia entre las del ventilador centrífugo y axial.
  - **Ventiladores Tengenciales:** La trayectoria del aire es sensiblemente normal al eje, tanto a la entrada como a la salida.

- **Según la presión del ventilador**
  - **Baja presión:** La presión del ventilador es inferior a 72 mm c.d.a.
  - **Mediana presión:** La presión del ventilador está comprendida entre 72 y 360 mm c.d.a.
  - **Alta presión:** La presión del ventilador es superior a 360 mm c.d.a.
  
- **Según las condiciones de funcionamiento**
  - **Ventiladores Corrientes:** Efectúan el movimiento de aire no saturado, no tóxico, no corrosivo, no inflamable, no cargado de partículas abrasivas y que la temperatura no sobrepasa 80° C o 40°C.
  - **Ventiladores especiales:** Diseñados para vehicular gases calientes, húmedos y corrosivos.

### 2.2.6 Caudal

Es el aire en movimiento, por lo cual hay que relacionar la cantidad con el tiempo en que circula. (Escoda, 2014).

$$Q = NV \quad (1)$$

Donde:

V: volumen del recinto a ventilar,  $m^3$ .

N: número de renovaciones por hora

### 2.2.7 Renovaciones por hora

Es las veces que se debe de renovar por hora todo el aire de un local. Para eso se debe identificar el tipo o función del local. (Escoda, 2014).

TIPO DE LOCAL	RENOVACIONES POR HORA (Cantidad)
Baños	
- públicos	10-15
- en fábricas	8-10
- en oficinas	5-8
- en viviendas	3-4
Locales de trabajo	3-8
Salas de Exposiciones	2-3
Bibliotecas, Archivos	4-8
Oficinas	4-8
Duchas	10-15
Guardarropas	4-6
Restaurantes	6-10
Piscinas cubiertas	3-5
Aulas	6-8
Cantinas	6-8
Grandes almacenes	6-10
Cines y teatros	
- con prohibición de fumar	4-6
- sin prohibición de fumar	5-8
Hospitales	
- Salas de reconocimiento y de tratamiento	3-5
- Salas de hospitalización	2-5
- Baños	5-8
- Aseos	8-15
Cocinas	
- Cocinas: h = 2,5 a 3,5 m	15-25
Tiendas	6-8
Escuelas	
- Aulas	4-5
- Pasillos, cajas de escaleras	2-3
- Aseos	5-8
- Gimnasios	2-3
- Piscinas de aprendizaje cubiertas	2-3
- Baños y lavados	5-8
Salas de actos	6-12
Salas de juntas	5-10

Tabla 1. Renovaciones de aire por hora.

Fuente: (Costos, 2006).

### 2.2.8 Caudal de aire en ductos

Escoda (2014), nos indica que el caudal de aire, es el volumen de aire que circula por el conducto.

$$Q = S \times V \quad (2)$$

Donde:

S: sección del ducto  $m^2, mm^2, in^2$ .

V: velocidad con la que atraviesa el aire el interior del ducto m/s, m/h.

También:

Por la geometría elemental, conocemos que para una sección rectangular.



$$S = W \times H \quad (3)$$

Donde:

S: sección del ducto  $m^2, mm^2, in^2$ .

W: Ancho m, mm, in.

H: Altura m, mm, in.

### 2.2.9 Diámetro de conducto equivalente

Ramos (2017), "Es el diámetro que tendría un ducto circular con el mismo coeficiente de fricción y caudal para mantener la pérdida de presión por unidad de longitud que el ducto rectangular que se diseñe".

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}} \quad (4)$$

Donde:

S: área de paso de la sección recta.

P: Perímetro interior de la sección recta.

### 2.2.10 Velocidad del aire en un ducto para el confort

La velocidad del aire en las personas influye principalmente por dos causas: por el ruido que produce y por el chorro sobre las mismas. (Escoda, 2014).

<b>VELOCIDAD DEL AIRE ATENDIENDO AL RUIDO</b>	
<b>Bocas de Captación</b>	<b>m/s</b>
Habitaciones de residencias y hoteles	1,2 a 2
Zonas públicas comerciales:	
A niveles de ocupantes en movimiento	3 a 4
Cerca de personas sentadas	2 a 3
Bocas en parte baja de puertas	3 a 3,5
Persinas en las paredes	2,5 a 5
Captaciones a nivel del techo	4 y más
Naves industriales	5 a 10
Sistemas de alta velocidad	2 a 4

Tabla 2. Velocidad de aire en ductos de impulsión.

Fuente: (Escoda, 2014).

<b>Bocas de impulsión</b>	<b>m/s</b>
Estudios de radiodifusion, cabinas grabación	1,5 a 2,5
Dormitorios de hotel	2,5 a 3
Residencias, salones regios, restaurantes lujo	2,5 a 3,5
Iglesias, antesalas importantes	2,5 a 3,5
Apartamentos, viviendas	2,5 a 4
Oficinas privadas tratadas acústicamente	2,5 a 4
Teatros	4
Oficinas particulares no tratadas	3,5 a 5
Salas de cine	5
Oficinas públicas, restaurantes	5 a 7
Almacenes comerciales, plantas altas	7,5
Sistemas de alta velocidad	3 a 8
Fábricas	5 a 10
Almacenes comerciales, planta baja	10

Tabla 3. Velocidad de aire en ductos de captación

Fuente: (Escoda, 2014).

### 2.2.11 Rejillas de retorno e impulsión.

#### Rejilla de retorno

Las rejillas de retorno sirven para extraer el aire viciado del ambiente.

#### Rejilla de inyección

Las rejillas de reinyección son usadas para impulsar aire hacia el ambiente de acuerdo a la necesidad.

$$Q_R = Q_v/n_{rejillas} \quad (5)$$

Donde:

$Q_R$ : Caudal de rejilla

$Q_v$ : Caudal del ventilador

$n_{rejillas}$ : Número de rejillas

### 2.2.12 Cuadro de cálculo de ductos.

Luego de realizar los cálculos para los ductos del sistema de inyección y extracción, se procederá a llenar el cuadro de cálculo.

TRAMO	Lr(m)	Q(m3/h)	V(m/s)	Dimensiones(mm)	D.eq(mm)

Tabla 4. Cuadro de cálculo.

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

### CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

#### 3.1 Diseño del sistema de ventilación para el área de foyer de cines Ilo.

##### 3.1.1 Cálculo de caudal a renovar ( $Q_{total}$ ):

Considerando las dimensiones del ambiente se determinara el volumen, ver anexo 4 y anexo 5.

Área de la edificación : 244 m<sup>2</sup>

Altura promedio de la edificación : 8 m

Número de renovaciones por hora : 7

$$V = 244 \text{ m}^2 \times 8 \text{ m}$$

$$V = 1952 \text{ m}^3$$

Caudal, considerando la tabla 2.1 y la ecuación 1.

$$SI:N = 7$$

$$Q = NV$$

$$Q = 7 \times 1952 \text{ m}^3$$

$$Q = 13664 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Expresamos el caudal en CFM, por la siguiente equivalencia.

$$1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0.5885 \text{ cfm}$$

$$Q = 8041.26 \text{ cfm}$$

Por temas de equipos se realizara el diseño con las siguientes consideraciones.

$$Q = 8000 \text{ cfm} \quad \text{O} \quad Q = 13594 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

### 3.1.2 Diseño y selección de rejilla de descarga y retorno.

#### 3.1.2.1 Rejillas de descarga

Para el sistema de inyección se utilizara 8 rejillas de impulsión de aire.

Considerando:

$$Q_{ventilador} = 13594 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para calcular el caudal de aire que debe de salir de cada rejilla, usaremos la ecuación 5.

$$Q_{cada\ rejilla} = Q_{ventilador} / n_{rejillas}$$

$$Q_{cada\ rejilla} = 13594 / 8$$

$$Q_{cada\ rejilla} = 1699 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx 1000\text{cfm}$$

Como cada rejilla impulsa  $1699 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ , se seleccionara la rejilla de 1100mm x 200mm, según la tabla de fabricante KOOLAIR, para el modelo 20-DH. Ver ANEXO 2.

Tabla de selección

Tamaño	Q (m³/h)	L <sub>w</sub> (dB(A))	ΔP <sub>r</sub> (Pa)	X (m)	V <sub>f</sub> (m/s)
200 x 100	160	24	8	2,7	4,5
	220	32	16	3,7	6,2
	310	40	31	5,2	8,8
300 x 100	220	24	7	3,0	4,2
	310	32	14	4,3	5,9
200 x 150	430	40	26	5,9	8,1
	310	24	6	3,5	3,9
	435	32	12	4,9	5,5
300 x 150	600	40	23	6,8	7,6
	390	24	5	3,8	3,7
400 x 150	540	32	10	5,3	5,1
	760	40	21	7,4	7,2
300 x 200	460	24	5	4,0	3,5
	650	32	10	5,7	4,9
	910	40	19	7,9	6,9
600 x 150	540	24	5	4,3	3,4
	760	32	9	6,1	4,8
	1050	40	17	8,4	6,6
600 x 200	720	24	4	4,8	3,2
	1000	32	8	6,7	4,5
	1350	40	14	9,0	6,0
1000 x 150	800	24	4	4,9	3,0
	1120	32	7	6,9	4,2
	1550	40	14	9,6	5,9
1100 x 200	1150	24	3	5,7	2,8
	1625	32	6	8,0	3,9
	2260	40	12	11,2	5,5
1200 x 250	1510	24	3	6,4	2,7
	2080	32	5	8,8	3,7
	2910	40	11	12,3	5,2

Entonces área de rejilla es:

$$1100\text{mm} \times 200\text{mm} = 220000\text{mm}^2 \approx 469\text{mm} \times 469\text{mm}$$

Las rejillas serán de: 469 mm x 469 mm.

### 3.1.2.2 Rejillas de entorno

$$Q_{\text{ventilador}} = 13594 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para calcular el caudal de aire que debe retornar por cada rejilla usaremos la ecuación 5.

Considerando 6 rejillas.

$$Q_{\text{cada rejilla}} = Q_{\text{ventilador}} / n_{\text{rejillas}}$$

$$Q_{\text{cada rejilla}} = 13594 / 6$$

$$Q_{\text{cada rejilla}} = 2266 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx 1333\text{cfm}$$

Como cada rejilla impulsa  $2266 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ , se seleccionara la rejilla de 1000mm x 600mm Según la tabla de fabricante KOOLAIR, para el modelo 25-H. Ver ANEXO 3.

Tabla de selección

Tamaño	Q (m <sup>3</sup> /h)	L <sub>eq</sub> (dB(A))	ΔP <sub>t</sub> (Pa)	V <sub>c</sub> (m/s)
200 x 100	42	24	8	2,2
	58	32	14	3,0
	82	40	29	4,2
250 x 100	52	24	7	2,1
	70	32	13	2,9
	100	40	27	4,1
300 x 100 200 x 150	60	24	7	2,1
	84	32	13	2,9
	115	40	25	3,9
400 x 100 200 x 200	77	24	6	2,0
	107	32	12	2,8
	148	40	23	3,8
500 x 100 250 x 200	94	24	6	1,9
	130	32	12	2,7
	175	40	21	3,6
600 x 100 400 x 150 300 x 200	140	24	5	1,8
	190	32	10	2,4
	260	40	18	3,3
500 x 150 400 x 200 300 x 250	170	24	5	1,7
	230	32	9	2,4
	320	40	18	3,3
600 x 150 450 x 200	200	24	5	1,7
	270	32	9	2,3
	370	40	16	3,2
600 x 200 400 x 300	275	24	4	1,6
	380	32	8	2,2
	520	40	15	3,0
800 x 200 400 x 400	360	24	4	1,6
	495	32	7	2,1
	685	40	14	3,0
1000 x 300 750 x 400	680	24	3	1,4
	930	32	6	1,9
	1290	40	11	2,6
900 x 400 600 x 600	850	24	3	1,3
	1160	32	5	1,8
	1650	40	11	2,5
1000 x 600	1340	24	2	1,2
	1840	32	5	1,7
	2540	40	9	2,4

Las rejillas de retorno serán de: Rejilla: 1000mm x 600mm

### 3.1.3 Diseño de ductos de inyección.

#### Dimensionamiento de sección (O-A)

Ahora se determinara las dimensiones del ducto de inyección, para lo cual se considera la tabla 2.2, que indica que áreas de cine se debe de considerar la velocidad del fluido  $V = 5 \frac{m}{s}$ , con la cual se evitara ruido en el interior del ducto.

De la ecuación 2.

$$Q_{total} = SV$$

$$13594 \frac{m^3}{h} = S \times 5 \frac{m}{s}$$

$$S = \frac{13594 \frac{m^3}{h}}{5 \frac{m}{s}}$$

$$S = \frac{13594 \frac{m^3}{h}}{5 \frac{m}{s} \times 3600 \frac{s}{h}}$$

$$S = 0.75522 m^2 \approx 755220 mm^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Se diseñara un ducto cuadrado para el primer tramo.

Por lo cual:

$$W=a$$

$$H=a$$

$$a = \frac{S}{a}$$

$$a^2 = s$$

$$a^2 = 0.75522 m^2$$

$$a = 0.8690 m \approx 869 mm$$

El tramo del ducto O-A será de.

$$W=869 mm.$$

$$H=869 mm.$$

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 755220^{0.625}}{(869 \times 2 + 869 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 952 \text{ mm}$$

### Dimensionamiento de sección (A-B)

Ahora se determinara las dimensiones del tramo A-B del ducto de inyección.

En el tramo A-B se cumple que:

$$Q_{A-B} = Q_{total} - Q_{O-A}$$

$$Q_{A-B} = 13594 - 1699$$

$$Q_{A-B} = 11895 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Una vez calculado el caudal del tramo A-B. Se procede a dimensionar.

$$Q = SV$$

$$11895 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = S \times 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$S = \frac{11895 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$S = \frac{11895 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}$$

$$S = 0.6608333 \text{ m}^2 \approx 660833 \text{ mm}^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Para el diseño asumiremos un lado para determinar el otro lado del ducto.

Por lo cual:

$$\begin{aligned} W &= 869 \text{ mm} \\ H &= ? \end{aligned}$$

$$H = \frac{660833}{869}$$

$$H = 760 \text{ mm}$$

El tramo del ducto A-B será de.

$$W = 869 \text{ mm.}$$

$$H = 760 \text{ mm.}$$

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 660833^{0.625}}{(869 \times 2 + 760 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 891 \text{ mm}$$

### **Dimensionamiento de sección (B-C)**

Ahora se determinara las dimensiones del tramo B-C del ducto de inyección.

En el tramo B-C se cumple que:

$$Q_{B-C} = Q_{total} - Q_{O-A} - Q_{A-B}$$

$$Q_{B-C} = 13594 - 1699 - 1699$$

$$Q_{B-C} = 10196 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Una vez calculado el caudal del tramo B-C. Se procede a dimensionar.

$$Q = SV$$

$$10196 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = S \times 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$S = \frac{10196 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$S = \frac{10196 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}$$

$$S = 0.566444 \text{ m}^2 \approx 566444 \text{ mm}^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Para el diseño asumiremos un lado para determinar el otro lado del ducto.

Por lo cual:

$$W=769 \text{ mm}$$

$$H=?$$

$$H = \frac{566444}{769}$$

$$H = 736.5 \text{ mm} \approx 737 \text{ mm}$$

El tramo del ducto B-C será de.

$$W=769 \text{ mm.}$$

$$H=737 \text{ mm.}$$

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 566444^{0.625}}{(769 \times 2 + 737 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 824.7 \text{ mm} \approx 825 \text{ mm}$$

### **Dimensionamiento de sección (C-D)**

Ahora se determinara las dimensiones del tramo C-D del ducto de inyección.

En el tramo C-D se cumple que:

$$Q_{C-D} = Q_{total} - Q_{O-A} - Q_{A-B} - Q_{B-C}$$

$$Q_{C-D} = 13594 - 1699 - 1699 - 3398$$

$$Q_{C-D} = 6798 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Una vez calculado el caudal del tramo C-D. Se procede a dimensionar.

$$Q = SV$$

$$6798 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = S \times 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$S = \frac{6798 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$S = \frac{6798 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}$$

$$S = 0.377666 \text{ m}^2 \approx 377666 \text{ mm}^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Para el diseño asumiremos un lado para determinar el otro lado del ducto.

Por lo cual:

$$W=569 \text{ mm}$$

$$H=?$$

$$H = \frac{377666}{569}$$

$$H = 663.7 \text{ mm} \approx 664 \text{ mm}$$

El tramo del ducto C-D será de.

$$W=569 \text{ mm.}$$

$$H=664 \text{ mm.}$$

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 377666^{0.625}}{(569 \times 2 + 664 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 673.01 \text{ mm} \approx 673 \text{ mm}$$

### Dimensionamiento de sección (D-E)

Ahora se determinara las dimensiones del tramo D-E del ducto de inyección.

En el tramo D-E se cumple que:

$$Q_{D-E} = Q_{total} - Q_{O-A} - Q_{A-B} - Q_{B-C} - Q_{C-D}$$

$$Q_{D-E} = 13594 - 1699 - 1699 - 3398 - 3398$$

$$Q_{D-E} = 3400 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Una vez calculado el caudal del tramo D-E. Se procede a dimensionar.

$$Q = SV$$

$$3400 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = S \times 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$S = \frac{3400 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$S = \frac{3400 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}$$

$$S = 0.188888 \text{ m}^2 \approx 188888 \text{ mm}^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Para el diseño asumiremos un lado para determinar el otro lado del ducto.

Por lo cual:

$$\begin{aligned} W &= 519 \text{ mm} \\ H &=? \end{aligned}$$

$$H = \frac{188888}{519}$$

$$H = 363.9 \text{ mm} \approx 364 \text{ mm}$$

El tramo del ducto D-E será de.

$$W = 519 \text{ mm.}$$

$$H = 364 \text{ mm.}$$

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 188888^{0.625}}{(519 \times 2 + 364 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 474.4 \text{ mm} \approx 474 \text{ mm}$$

### **Dimensionamiento de sección (E-F)**

Ahora se determinara las dimensiones del tramo E-F del ducto de inyección.

En el tramo E-F se cumple que:

$$Q_{E-F} = Q_{total} - Q_{O-A} - Q_{A-B} - Q_{B-C} - Q_{C-D} - Q_{D-E}$$

$$Q_{E-F} = 13594 - 1699 - 1699 - 3398 - 3398 - 1699$$

$$Q_{E-F} = 1701 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Una vez calculado el caudal del tramo E-F. Se procede a dimensionar.

$$Q = SV$$

$$1701 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = S \times 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$S = \frac{1701 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$S = \frac{1701 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}$$

$$S = 0.0945 \text{ m}^2 \approx 94500 \text{ mm}^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Para el diseño asumiremos un lado para determinar el otro lado del ducto.

Por lo cual:

$$W=469 \text{ mm}$$
$$H=?$$

$$H = \frac{94500}{469}$$

$$H = 201.49 \text{ mm} \approx 202 \text{ mm}$$

El tramo del ducto E-F será de

W=469 mm.

H=202 mm.

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 94500^{0.625}}{(469 \times 2 + 202 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 329.6 \text{ mm} \approx 330 \text{ mm}$$

A continuación se muestran los resultados que dio el dimensionamiento de ductos:

TRAMO	Lr(m)	Q(m3/h)	V(m/s)	Dimensiones(mm)	D.eq(mm)
O1-A		13594	5	869 x 869	952
A-B		11895	5	869 x 760	891
B-C		10196	5	769 x 737	825
C-D		6798	5	569 x 664	673
D-E		3400	5	519 x 364	474
E-F		1701	5	469 x 202	330
O2-G		1699	5	469 x 202	330
O3-H		1699	5	469 x 202	330
O4-I		1699	5	469 x 202	330

Tabla 5. Dimensionamiento de ductos de inyección

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

### 3.1.4 Diseño de ductos de extracción.

#### Dimensionamiento de sección (M - N):

Ahora se determinara las dimensiones del ducto de extracción, para lo cual se considera la tabla 2.3, que indica se debe de considerar la velocidad del fluido  $V = 5 \frac{m}{s}$ , con la cual se evitara ruido en el interior del ducto.

De la ecuación 2.

$$Q_{total} = SV$$

$$13594 \frac{m^3}{h} = S \times 5 \frac{m}{s}$$

$$S = \frac{13594 \frac{m^3}{h}}{5 \frac{m}{s}}$$

$$S = \frac{13594 \frac{m^3}{h}}{5 \frac{m}{s} \times 3600 \frac{s}{h}}$$

$$S = 0.75522 m^2 \approx 755220 mm^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Se diseñara un ducto cuadrado para el primer tramo.

Por lo cual:

$$W=a$$

$$H=a$$

$$a = \frac{S}{a}$$

$$a^2 = s$$

$$a^2 = 0.75522 m^2$$

$$a = 0.8690 m \approx 869 mm$$

El tramo del ducto M - N será de.

W=869 mm.

H=869 mm.

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 755220^{0.625}}{(869x2 + 869x2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 952 \text{ mm}$$

### Dimensionamiento de sección (N-O):

Ahora se determinara las dimensiones del tramo N-O del ducto de extracción.

En el **tramo** N - O se cumple que:

$$Q_{N-O} = Q_{total} - Q_{M-N}$$

$$Q_{N-O} = 13594 - 2266$$

$$Q_{N-O} = 11328 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Una **vez** calculado el caudal del tramo N -O. Se procede a dimensionar.

$$Q = SV$$

$$11328 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = S \times 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$S = \frac{11328 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$S = \frac{11328 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}$$

$$S = 0.629333 \text{ m}^2 \approx 629333 \text{ mm}^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizará la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Para el **diseño** asumiremos un lado para determinar el otro lado del ducto.

Por lo cual:

$$\begin{aligned} W &= 869 \text{ mm} \\ H &=? \end{aligned}$$

$$H = \frac{629333}{869}$$

$$H = 724 \text{ mm}$$

El tramo del ducto N-O será de.

$$W = 869 \text{ mm.}$$

$$H = 724 \text{ mm.}$$

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 629333^{0.625}}{(869 \times 2 + 724 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 868.6 \text{ mm} \approx 869 \text{ mm}$$

### **Dimensionamiento de sección (O - P):**

**Ahora** se determinará las dimensiones del tramo O-P del ducto de extracción.

En el tramo O-P se cumple que:

$$Q_{o-p} = Q_{total} - Q_{M-N} - Q_{N-o}$$

$$Q_{o-p} = 13594 - 2266 - 2266$$

$$Q_{o-p} = 9062 \frac{m^3}{h}$$

Una vez calculado el caudal del tramo O -P. Se procede a dimensionar.

$$Q = SV$$

$$9062 \frac{m^3}{h} = S \times 5 \frac{m}{s}$$

$$S = \frac{9062 \frac{m^3}{h}}{5 \frac{m}{s}}$$

$$S = \frac{9062 \frac{m^3}{h}}{5 \frac{m}{s} \times 3600 \frac{s}{h}}$$

$$S = 0.503444 m^2 \approx 503444 mm^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Para el diseño asumiremos un lado para determinar el otro lado del ducto.

Por lo cual:

$$W=769 \text{ mm}$$
$$H=?$$

$$H = \frac{503444}{769}$$

$$H = 655 \text{ mm}$$

El tramo del ducto O-P será de

W=769 mm.

H=655 mm.

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 503444^{0.625}}{(769 \times 2 + 655 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 776.9 \text{ mm} \approx 777 \text{ mm}$$

### **Dimensionamiento de sección (P - Q):**

Ahora se determinara las dimensiones del tramo P-Q del ducto de extracción.

En el tramo P-Q se cumple que:

$$Q_{P-Q} = Q_{total} - Q_{M-N} - Q_{N-O} - Q_{O-P}$$

$$Q_{P-Q} = 13594 - 2266 - 2266 - 2266$$

$$Q_{P-Q} = 6796 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Una vez calculado el caudal del tramo P -Q. se procede a dimensionar.

$$Q = SV$$

$$6796 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = S \times 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$S = \frac{6796 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$S = \frac{6796 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}$$

$$S = 0.377555 \text{ m}^2 \approx 377555 \text{ mm}^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Para el diseño asumiremos un lado para determinar el otro lado del ducto.

Por lo cual:

$$W=769 \text{ mm}$$

$$H=?$$

$$H = \frac{377555}{769}$$

$$H = 491 \text{ mm}$$

El tramo del ducto P-Q será de.

$$W=769 \text{ mm.}$$

$$H=491 \text{ mm.}$$

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 377555^{0.625}}{(769 \times 2 + 491 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 669.2 \text{ mm} \approx 669 \text{ mm}$$

### Dimensionamiento de sección (Q - R):

Ahora se determinara las dimensiones del tramo Q-R del ducto de extracción.

En el tramo Q-R se cumple que:

$$Q_{Q-R} = Q_{total} - Q_{M-N} - Q_{N-O} - Q_{O-P} - Q_{P-Q}$$

$$Q_{Q-R} = 13594 - 2266 - 2266 - 2266 - 2266$$

$$Q_{Q-R} = 4530 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Una vez calculado el caudal del tramo Q -R. se procede a dimensionar.

$$Q = SV$$

$$4530 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = S \times 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$S = \frac{4530 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$S = \frac{4530 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}$$

$$S = 0.251666 \text{ m}^2 \approx 251666 \text{ mm}^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Para el diseño asumiremos un lado para determinar el otro lado del ducto.

Por lo cual:

$$\begin{aligned} W &= 600 \text{ mm} \\ H &=? \end{aligned}$$

$$H = \frac{251666}{600}$$

$$H = 419 \text{ mm}$$

El tramo del ducto Q-R será de

$$W = 600 \text{ mm.}$$

$$H = 419 \text{ mm.}$$

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 251666^{0.625}}{(600 \times 2 + 419 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 547.7 \text{ mm} \approx 548 \text{ mm}$$

### **Dimensionamiento de sección (R - S):**

Ahora se determinara las dimensiones del tramo R-S del ducto de extracción.

En el tramo R-S se cumple que:

$$Q_{R-S} = Q_{total} - Q_{M-N} - Q_{N-O} - Q_{O-P} - Q_{P-Q} - Q_{Q-R}$$

$$Q_{R-S} = 13594 - 2266 - 2266 - 2266 - 2266 - 2266$$

$$Q_{R-S} = 2264 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Una vez calculado el caudal del tramo R -S. Se procede a dimensionar.

$$Q = SV$$

$$2264 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = S \times 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$S = \frac{2264 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$S = \frac{2264 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}$$

$$S = 0.125777 \text{ m}^2 \approx 125777 \text{ mm}^2$$

Una vez calculado la sección del conducto, se procederá a calcular los lados. Para lo cual se utilizara la ecuación 3.

$$W = \frac{S}{H}$$

Para el diseño asumiremos un lado para determinar el otro lado del ducto.

Por lo cual:

$$W=600 \text{ mm}$$

$$H=?$$

$$H = \frac{125777}{600}$$

$$H = 210 \text{ mm}$$

El tramo del ducto R-S será de.

W=600 mm.

H=210 mm.

Una vez calculado los lados del ducto se puede realizar el cálculo de ducto circular equivalente.

Para lo cual usamos la ecuación 4.

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times S^{0.625}}{P^{0.25}}$$

$$D_{eq} = \frac{1.55 \times 125777^{0.625}}{(600 \times 2 + 210 \times 2)^{0.25}}$$

$$D_{eq} = 376.01 \text{ mm} \approx 376 \text{ mm}$$

A continuación se muestran los resultados que dio el dimensionamiento de ductos:

TRAMO	Lr(m)	Q(m <sup>3</sup> /h)	V(m/s)	Dimensiones(mm)	D.eq(mm)
M-N		13594	5	869 x 869	952
N-O		11328	5	869 x 724	869
O-P		9062	5	769 x 655	777
P-Q		6796	5	769 x 491	669
Q-R		4530	5	600 x 419	548
R-S		2264	5	600 x 210	376

Tabla 6. Dimensionamiento de ductos de extracción.

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

### 3.2 Resultados.

De los cálculos realizados el sistema de ducto de la inyección y extracción será de la siguiente manera.

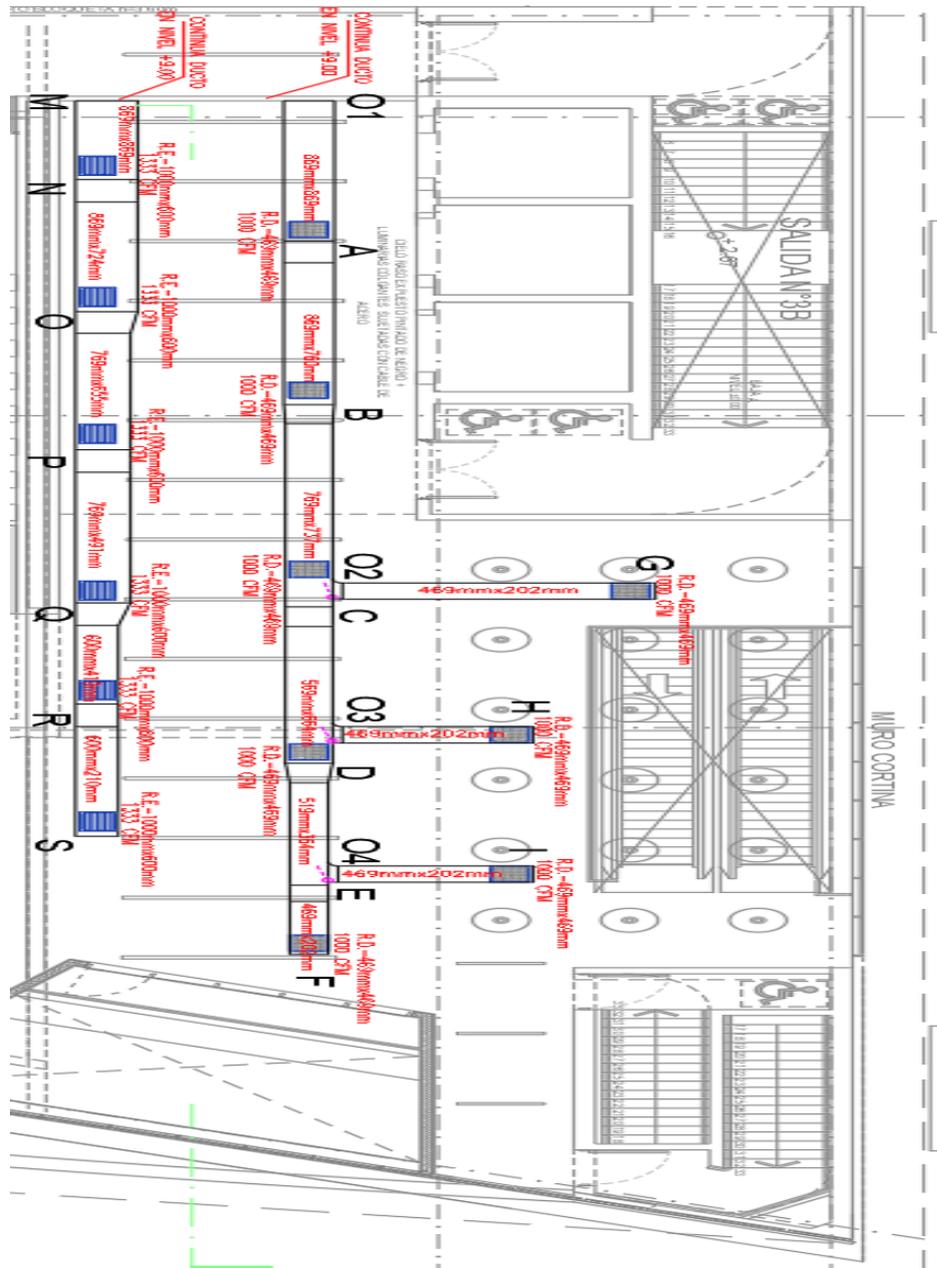


Figura 3. Sistema de ducto vista de planta área de foyer

Fuente: (Elaboración propia, 2019).



Figura 4. Sistema ducto corte de sección

Fuente: (Elaboración propia, 2019).

TRAMO	Lr(m)	Q(m3/h)	V(m/s)	Dimensiones(mm)	D.eq(mm)
O1-A	4.7 m	13594	5	869 x 869	952
A-B	4.7m	11895	5	869 x 760	891
B-C	6.2m	10196	5	769 x 737	825
C-D	5.0m	6798	5	569 x 664	673
D-E	3.4m	3400	5	519 x 364	474
E-F	1.8m	1701	5	469 x 202	330
O2-G	4.4m	1699	5	469 x 202	330
O3-H	2.7m	1699	5	469 x 202	330
O4-I	2.7m	1699	5	469 x 202	330

TRAMO	Lr(m)	Q(m3/h)	V(m/s)	Dimensiones(mm)	D.eq(mm)
M-N	2.6m	13594	5	869 x 869	952
N-O	3.6m	11328	5	869 x 724	869
O-P	4.0m	9062	5	769 x 655	777
P-Q	4.4m	6796	5	769 x 491	669
Q-R	2.6m	4530	5	600 x 419	548
R-S	3.7m	2264	5	600 x 210	376

## CONCLUSIONES

- a) Se calculó el caudal para el área de foyer del cine Ilo, considerando el volumen y las renovaciones por hora que indica el RNE, según el tipo de ambiente que corresponde el área de foyer.
- b) Se seleccionó las rejillas de descarga y retorno para el área de foyer de cine Ilo, considerando el caudal de cada una de ellas.

## RECOMENDACIONES

- a) Para el cálculo de caudal se necesita tener información previa como, el plano de arquitectura de donde se obtendrá la información para el cálculo del volumen del ambiente; así como también, el tipo de ambiente para poder definir las renovaciones que le corresponde por hora, según el RNE.
  
- b) Para la fabricación de ductos se recomienda seguir con las normas ANSI, pues el caudal está ligado directamente con las dimensiones, y para cierta dimensión de ducto corresponde un determinado espesor de plancha galvanizada.
  
- c) Se recomienda usar tablas de fabricantes de renombre para la selección de rejillas, ya que las velocidades que estos indican por cada tipo y dimensión de rejilla, han sido sometido a pruebas y no sobrepasan el confort sonoro de las personas.

## BIBLIOGRAFIA

- Abad Abad, Enith Isabel. (2017). *Diseño de un sistema óptimo de ventilación para la empresa minera Reina de Fátima (EMIREIFA S.A) en el cantón Zaruma, provincia de El Oro. Ecuador.* (Trabajo de titulación de Geología y Minas). Recuperado de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/20673>
- Ariza Gabalan, E. Y Becerra Almanza M. (2018). *Diseño del sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado para el auditorio de la facultad tecnológica (Universidad Distrital Francisco José De Caldas), basado en la norma ansi/ashrae 62.1.* (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico). Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14187>
- Costos, S. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones.*
- Escoda, S. (2014). *Manual práctico de ventilación.* Barcelona. Soler & Palau.
- Mallqui, Aníbal. (2006). *Ventilación de minas.*
- Ramos, P. (2017). *Metodología de diseño de un sistema todo-aire para el control de humedad en un almacén* (Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico-Eléctrico). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Piura, Perú. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3309>
- Soler, Y. P. (2012). *Manual práctico de Ventilación.*
- Suty V., Jesús (2016). *Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno.* (Tesis

para optar el título profesional de Ingeniero de Minas). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3539>

- Valdivia H., Gilberto (2018). Evaluación del sistema de ventilación de la mina consorcio minero horizonte – La Libertad – 2018. (Tesis para optar el grado académico de bachiller). Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/21331>
- Zitron, (2007). Conferencia de ventilación de Minas, Lima Perú.

## ANEXOS

**Anexo 1. Tabla de diametro equivalente circular de ductos rectangular**

Medida del ducto	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000
100	109	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
150	133	164	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
200	152	189	219	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
250	169	210	244	273	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
300	183	229	266	299	328	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
350	195	245	286	322	354	383	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
400	207	260	305	343	378	409	437	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
450	217	274	321	363	400	433	464	492	--	--	--	--	--	--	--	--	--
500	227	287	337	381	420	455	488	518	547	--	--	--	--	--	--	--	--
550	236	299	352	398	439	477	511	543	573	601	--	--	--	--	--	--	--
600	245	310	365	414	457	496	533	567	598	628	656	--	--	--	--	--	--
650	253	321	378	429	474	515	553	589	622	653	683	711	--	--	--	--	--
700	261	331	391	443	490	533	573	610	644	677	708	737	765	--	--	--	--
750	268	341	402	457	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820	--	--	--
800	275	350	414	470	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	--	--
900	--	367	435	494	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984	--
1000	--	384	454	517	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037	1093
1100	--	399	473	538	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086	1146
1200	--	413	490	558	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1033	1066	1133	1196
1300	--	--	506	577	642	701	757	808	857	904	945	990	1031	1069	1107	1177	1244
1400	--	--	522	595	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220	1289
1500	--	--	536	612	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260	1332
1600	--	--	551	629	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	129	1373
1700	--	--	--	644	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335	1413
1800	--	--	--	660	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371	1451
1900	--	--	--	674	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405	1488
2000	--	--	--	688	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438	1523
2100	--	--	--	--	782	857	927	993	1055	1115	1172	1226	1279	1329	1378	1470	1558
2200	--	--	--	--	797	874	945	1013	1076	1137	1195	1251	1305	1356	1406	1501	1591
2300	--	--	--	--	812	890	963	1031	1097	1159	1218	1275	1330	1383	1434	1532	1623
2400	--	--	--	--	826	905	980	1050	1116	1180	1241	1299	1355	1409	1461	1561	1655
2500	--	--	--	--	--	920	996	1068	1136	1200	1262	1322	1379	1434	1488	1586	1685
2600	--	--	--	--	--	935	1012	1085	1154	1220	1283	1344	1402	1459	1513	1617	1715
2700	--	--	--	--	--	950	1028	1102	1173	1240	1304	1366	1425	1483	1538	1644	1744
2800	--	--	--	--	--	964	1043	1119	1190	1259	1324	1387	1447	1506	1562	1670	1772
2900	--	--	--	--	--	--	1058	1135	1208	1277	1344	1408	1469	1529	1586	1696	1800
3000	--	--	--	--	--	--	1076	1154	1228	1299	1366	1431	1494	1555	1613	1725	1831

Medida del ducto	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000
100	109	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
150	133	164	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
200	152	189	219	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
250	169	210	244	273	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
300	183	229	266	299	328	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
350	195	245	286	322	354	383	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
400	207	260	305	343	378	409	437	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
450	217	274	321	363	400	433	464	492	--	--	--	--	--	--	--	--	--
500	227	287	337	381	420	455	488	518	547	--	--	--	--	--	--	--	--
550	236	299	352	398	439	477	511	543	573	601	--	--	--	--	--	--	--
600	245	310	365	414	457	496	533	567	598	628	656	--	--	--	--	--	--
650	253	321	378	429	474	515	553	589	622	653	683	711	--	--	--	--	--
700	261	331	391	443	490	533	573	610	644	677	708	737	765	--	--	--	--
750	268	341	402	457	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820	--	--	--
800	275	350	414	470	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	--	--
900	--	367	435	494	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984	--
1000	--	384	454	517	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037	1093
1100	--	399	473	538	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086	1146
1200	--	413	490	558	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1033	1066	1133	1196
1300	--	--	506	577	642	701	757	808	857	904	945	990	1031	1069	1107	1177	1244
1400	--	--	522	596	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220	1289
1500	--	--	536	612	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260	1332
1600	--	--	551	629	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	129	1373
1700	--	--	--	644	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335	1413
1800	--	--	--	660	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371	1451
1900	--	--	--	674	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405	1488
2000	--	--	--	688	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438	1523
2100	--	--	--	--	782	857	927	993	1055	1115	1172	1226	1279	1329	1378	1470	1558
2200	--	--	--	--	797	874	945	1013	1076	1137	1195	1251	1305	1356	1406	1501	1591
2300	--	--	--	--	812	890	963	1031	1097	1159	1218	1275	1330	1383	1434	1532	1623
2400	--	--	--	--	826	905	980	1050	1116	1180	1241	1299	1355	1409	1461	1561	1655
2500	--	--	--	--	--	920	996	1068	1136	1200	1262	1322	1379	1434	1488	1586	1685
2600	--	--	--	--	--	935	1012	1085	1154	1220	1283	1344	1402	1459	1513	1617	1715
2700	--	--	--	--	--	950	1028	1102	1173	1240	1304	1366	1425	1483	1538	1644	1744
2800	--	--	--	--	--	964	1043	1119	1190	1259	1324	1387	1447	1506	1562	1670	1772
2900	--	--	--	--	--	--	1058	1135	1208	1277	1344	1408	1469	1529	1586	1696	1800
3000	--	--	--	--	--	--	1076	1154	1228	1299	1366	1431	1494	1555	1613	1725	1831

**Anexo 2. Tabla de selección de rejilla de impulsión 20-DH. KOOLAIR**

Tamaño	Q (m <sup>3</sup> /h)	L <sub>WA</sub> [dB(A)]	ΔP <sub>t</sub> (Pa)	X (m)	V <sub>a</sub> (m/s)
200 x 100	160	24	8	2,7	4,5
	220	32	16	3,7	6,2
	310	40	31	5,2	8,8
300 x 100 200 x 150	220	24	7	3,0	4,2
	310	32	14	4,3	5,9
	430	40	26	5,9	8,1
300 x 150	310	24	6	3,5	3,9
	435	32	12	4,9	5,5
	600	40	23	6,8	7,6
600 x 100 400 x 150 300 x 200	390	24	5	3,8	3,7
	540	32	10	5,3	5,1
	760	40	21	7,4	7,2
500 x 150	460	24	5	4,0	3,5
	650	32	10	5,7	4,9
	910	40	19	7,9	6,9
600 x 150 300 x 300	540	24	5	4,3	3,4
	760	32	9	6,1	4,8
	1050	40	17	8,4	6,6
600 x 200 500 x 250 400 x 300	720	24	4	4,8	3,2
	1000	32	8	6,7	4,5
	1350	40	14	9,0	6,0
1000 x 150 600 x 250 500 x 300	800	24	4	4,9	3,0
	1120	32	7	6,9	4,2
	1550	40	14	9,6	5,9
1100 x 200	1150	24	3	5,7	2,8
	1625	32	6	8,0	3,9
	2260	40	12	11,2	5,5
1200 x 250 1000 x 300	1510	24	3	6,4	2,7
	2080	32	5	8,8	3,7
	2910	40	11	12,3	5,2

### Anexo 3. Tabla de selección de rejilla de captacion 25-H. KOOLAIR

Tamaño	Q (m <sup>3</sup> /h)	L <sub>max</sub> [dB(A)]	ΔP <sub>t</sub> (Pa)	V <sub>h</sub> (m/s)
200 x 100	42	24	8	2,2
	58	32	14	3,0
	82	40	29	4,2
250 x 100	52	24	7	2,1
	70	32	13	2,9
	100	40	27	4,1
300 x 100 200 x 150	60	24	7	2,1
	84	32	13	2,9
	115	40	25	3,9
400 x 100 200 x 200	77	24	6	2,0
	107	32	12	2,8
	148	40	23	3,8
500 x 100 250 x 200	94	24	6	1,9
	130	32	12	2,7
	175	40	21	3,6
600 x 100 400 x 150 300 x 200	140	24	5	1,8
	190	32	10	2,4
	260	40	18	3,3
500 x 150 400 x 200 300 x 250	170	24	5	1,7
	230	32	9	2,4
	320	40	18	3,3
600 x 150 450 x 200	200	24	5	1,7
	270	32	9	2,3
	370	40	16	3,2
600 x 200 400 x 300	275	24	4	1,6
	380	32	8	2,2
	520	40	15	3,0
800 x 200 400 x 400	360	24	4	1,6
	495	32	7	2,1
	685	40	14	3,0
1000 x 300 750 x 400	680	24	3	1,4
	930	32	6	1,9
	1290	40	11	2,6
900 x 400 600 x 600	850	24	3	1,3
	1160	32	5	1,8
	1650	40	11	2,5
1000 x 600	1340	24	2	1,2
	1840	32	5	1,7
	2540	40	9	2,4

