



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MECÁNICA**

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA EL DISEÑO DE  
SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE GASES DE PROCESOS  
INDUSTRIALES, CON EL FIN DE OBTENER UNA  
CONFIGURACIÓN ADECUADA Y SU COSTO FINAL**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTORES:**

**EDISON PATRICIO VELATA ILBAY**

**CARLOS ANDRES LÓPEZ GÓMEZ**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MECÁNICA**

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA EL DISEÑO DE  
SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE GASES DE PROCESOS  
INDUSTRIALES, CON EL FIN DE OBTENER UNA  
CONFIGURACIÓN ADECUADA Y SU COSTO FINAL**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTORES: EDISON PATRICIO VELATA ILBAY**

**CARLOS ANDRES LÓPEZ GÓMEZ**

**DIRECTOR: Ing. LUIS SANTIAGO CHOTO CHARIGUAMÁN**

Riobamba – Ecuador

2024

**©2024, Edison Patricio Velata Ilbay & Carlos Andrés López Gómez**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

Nosotros, Edison Patricio Velata Ilbay y Carlos Andrés López Gómez, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de junio 2024



**Carlos Andrés López Gómez**

**C.I.: 150083832-9**






**Edison Patricio Velata Ilbay**

**C.I.: 060510182-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MECÁNICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto Técnico, **DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE GASES DE PROCESOS INDUSTRIALES, CON EL FIN DE OBTENER UNA CONFIGURACIÓN ADECUADA Y SU COSTO FINAL**, realizado por los señores: **CARLOS ANDRÉS LÓPEZ GÓMEZ** y **EDISON PATRICIO VELATA ILBAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud que el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Socrates Miguel Aquino Arroba <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2024-06-26
Ing. Luis Santiago Choto Chariguamán <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-06-26
Ing. Blanca Faustina Hidalgo Ponce <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-06-26

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a quien, con su apoyo inquebrantable, sus cuidados y sacrificios durante todo el proceso de mi formación profesional, ha moldeado y ha hecho de mí lo que soy hoy, su amor siempre ha estado presente, brindándome su respaldo, querida madre, Rosita Ilbay, esto es gracias a usted. De la misma manera a mi padre, Gonzalo Velata, los quiero profundamente y espero se sientan orgullosos de mí. A mi hermana Dayana, por estar siempre presente y permitirme compartir con esa personita especial que es mi sobrina Lizbeth, ambas son una motivación más en mi vida y gracias por hacerme feliz. A mis tías Paty, Amparito, Mayra y Jessica, por brindarme su apoyo y cariño siempre que lo necesité. A mis abuelos José Ilbay y Vicenta Remache, gracias por ese amor puro y mantener siempre sus brazos abiertos para mí. A mi leal compañera de cuatro patas, Tina, por ser mi fiel amiga en este trayecto. A ti querida Cristina por el amor y cariño brindado en este largo camino y no permitir rendirme, lo estamos logrando.

Edison

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por permitirme llegar a este momento tan esperado en mi vida, también a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Mecánica, a su personal docente y administrativo que, gracias a su ayuda, logramos el sueño de ser profesionales, también agradezco a mis padres, Rosa y Gonzalo, los cuales han sido un pilar fundamental en mi desarrollo profesional, gracias de todo corazón por todo lo que han hecho por mí. Al Ing. Santiago Choto por ser el mentor y guía para el desarrollo del presente trabajo, a su vez a la Ing. Blanca Hidalgo por el apoyo brindado en este tiempo.

Edison

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
SUMMARY.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. <i>Justificación técnica</i> .....	3
1.3.2. <i>Justificación económica</i> .....	3
1.3.3. <i>Justificación social</i> .....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. Sistemas de extracción.....	5
2.2. Sistemas de extracción general.....	5
2.2.1. <i>Sistema de extracción focalizado</i> .....	6
2.2.1.1. <i>Emisión</i> .....	8
2.2.1.2. <i>Recolección</i> .....	8
2.2.1.3. <i>Conducción</i> .....	9
2.2.1.4. <i>Filtración</i> .....	9
2.3. Extracción de material particulado.....	9
2.3.1. <i>Ciclones</i> .....	10
2.3.2. <i>Colectores de procesos húmedos</i> .....	10
2.3.3. <i>Precipitadores electrostáticos</i> .....	12



2.3.4.	<i>Filtros de mangas</i> .....	13
2.4.	<b>Equipo de vacío o ventilador</b> .....	15
2.4.1.	<i>Ventiladores axiales</i> .....	16
2.4.2.	<i>Ventiladores helicoidales</i> .....	17
2.4.3.	<i>Ventiladores tubulares y turbo axiales</i> .....	18
2.4.4.	<i>Ventiladores centrífugos</i> .....	18
2.5.	<b>Campanas.de captación</b> .....	19
2.5.1.	<i>Campana simple</i> .....	19
2.5.2.	<i>Simple con pestaña</i> .....	20
2.5.3.	<i>Elevada</i> .....	21
2.5.4.	<i>Rendijas múltiples dos o más rendijas</i> .....	21
2.5.5.	<i>Cabina</i> .....	21
2.6.	<b>El gas ideal</b> .....	25
2.7.	<b>Comportamiento de gases reales</b> .....	25
2.8.	<b>Velocidad de captación</b> .....	26
2.9.	<b>Velocidad de transporte en el ducto</b> .....	26
2.10.	<b>Caudal</b> .....	27
2.11.	<b>Presión (P)</b> .....	27
2.11.1.	<i>Presión estática (PE)</i> .....	28
2.11.2.	<i>Presión dinámica (Pd)</i> .....	28
2.11.3.	<i>Presión total (Pt)</i> .....	29
2.12.	<b>Pérdidas de carga</b> .....	29
2.13.	<b>Perdidas en tramos rectos</b> .....	29
2.13.1.	<i>Ductos</i> .....	30
2.13.1.1.	<i>Ducto de sección circular</i> .....	30
2.13.1.2.	<i>Ducto de sección rectangular</i> .....	30
2.13.2.	<i>Perdidas por accesorios</i> .....	31
2.13.2.1.	<i>Accesorios</i> .....	32
2.13.2.2.	<i>Entrada de ductos</i> .....	33
2.13.2.3.	<i>Salida de ductos</i> .....	33
2.13.2.4.	<i>Codos</i> .....	34
2.13.2.5.	<i>Anemómetro</i> .....	36
2.14.	<b>Lenguaje de programación C#</b> .....	37
2.14.1.	<i>Características del lenguaje C#</i> .....	38
2.15.	<b>Base de datos</b> .....	38
2.15.1.	<i>Tipos de base de datos que se pueden usar bajo C#</i> .....	38
2.15.1.1.	<i>Bases de datos relacionales</i> .....	39

2.15.1.2. Bases de datos orientadas a objetos.....	39
2.15.1.3. Bases de datos gráficas .....	39
2.16. Salarios mínimos por ley 2024 .....	39

### CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO .....	41
3.1. Diseño de la investigación .....	41
3.2. Procesamiento de datos .....	41
3.3. Diseño del software .....	41
3.3.1. <i>Diseño de la interfaz de usuario</i> .....	41
3.3.2. <i>Algoritmo</i> .....	42
3.4. Desarrollo del software.....	42
3.4.1. <i>Configuración de los parámetros para el desarrollo del software</i> .....	42
3.4.1.1. <i>Determinación de la velocidad de captación</i> .....	42
3.4.1.2. <i>Canalización del transporte</i> .....	43
3.4.1.3. <i>Presión dinámica</i> .....	44
3.4.1.4. <i>Sistema de captación</i> .....	45
3.4.1.5. <i>Determinación del diámetro del ducto</i> .....	46
3.4.1.6. <i>Normalización de los diámetros para construcción</i> .....	48
3.4.1.7. <i>Pérdidas de carga</i> .....	49
3.4.1.8. <i>Selección del ventilador</i> .....	54
3.4.2. <i>Diseño de la base de datos</i> .....	55
3.4.2.1. <i>Funcionamiento de la base de datos</i> .....	58
3.4.3. <i>Costos</i> .....	59
3.4.3.1. <i>Costos directos</i> .....	59
3.4.3.2. <i>Costos indirectos</i> .....	70
3.4.4. <i>Reporte de los resultados</i> .....	70
3.5. Aspectos administrativos.....	71
3.5.1. <i>Análisis de costos</i> .....	71
3.5.1.1. <i>Costos Directos</i> .....	71
3.5.2. <i>Costos indirectos</i> .....	73
3.5.3. <i>Costos totales</i> .....	73

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>
<b>4.1.</b>	<b>Validación del software mediante pruebas.....</b>	<b>74</b>
<b>4.1.1.</b>	<i>Velocidad de captación .....</i>	<i>74</i>
<b>4.1.2.</b>	<i>Velocidad de aire en el conducto.....</i>	<i>75</i>
<b>4.1.3.</b>	<i>Presión dinámica .....</i>	<i>76</i>
<b>4.1.4.</b>	<i>Caudal mediante la selección de la campana .....</i>	<i>77</i>
<b>4.1.5.</b>	<i>Diámetro del conducto circular.....</i>	<i>77</i>
<b>4.1.5.1.</b>	<i>Diámetro equivalente de un conducto rectangular con igual pérdida de carga .....</i>	<i>80</i>
<b>4.1.6.</b>	<i>Pérdida de Carga .....</i>	<i>80</i>
<b>4.1.6.1.</b>	<i>Pérdida de carga en tramos rectos.....</i>	<i>80</i>
<b>4.1.6.2.</b>	<i>Pérdidas de carga en campanas y codos.....</i>	<i>81</i>
<b>4.1.6.3.</b>	<i>Pérdida de carga total .....</i>	<i>84</i>
<b>4.1.7.</b>	<i>Selección del ventilador .....</i>	<i>84</i>
<b>4.1.8.</b>	<i>Costos .....</i>	<i>85</i>
<b>4.1.8.1.</b>	<i>Costos directos .....</i>	<i>85</i>
<b>4.1.8.2.</b>	<i>Costos ductos.....</i>	<i>85</i>
<b>4.1.8.3.</b>	<i>Costos indirectos .....</i>	<i>88</i>
<b>4.2.</b>	<b>Guía de usuario.....</b>	<b>89</b>
<b>4.2.1.</b>	<i>Descarga de SQL server y SQL Sever Management Studio.....</i>	<i>89</i>
<b>4.2.2.</b>	<i>Ejecución de instaladores.....</i>	<i>91</i>
<b>4.2.3.</b>	<i>Inicialización del código fuente. ....</i>	<i>94</i>
<b>4.2.4.</b>	<i>Calculo Velocidad de captación y velocidad en el conducto “Sección Velocidad”..</i>	<i>98</i>
<b>4.2.5.</b>	<i>Cálculo presión dinámica “sección Presión” .....</i>	<i>100</i>
<b>4.2.6.</b>	<i>Cálculo caudal “Sección Caudal” .....</i>	<i>101</i>
<b>4.2.7.</b>	<i>Cálculo del diámetro “Sección Geométrica” .....</i>	<i>102</i>
<b>4.2.7.1.</b>	<i>Determinación lados del ducto L1 y L2.....</i>	<i>103</i>
<b>4.2.8.</b>	<i>Sección pérdidas y carga .....</i>	<i>104</i>
<b>4.2.9.</b>	<i>Sección “perdidas por accesorios”.....</i>	<i>106</i>
<b>4.2.9.1.</b>	<i>Aumento .....</i>	<i>110</i>
<b>4.2.9.2.</b>	<i>Salidas .....</i>	<i>111</i>
<b>4.2.9.3.</b>	<i>Salidas tipo C.....</i>	<i>111</i>
<b>4.2.9.4.</b>	<i>Salida tipo T.....</i>	<i>111</i>
<b>4.2.10.</b>	<i>Sección costos .....</i>	<i>112</i>

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>122</b>
<b>5.2.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>122</b>
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>124</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Tipos de campanas y su caudal de extracción.....	22
<b>Tabla 3-1:</b>	Dimensiones estándar de las planchas.....	49
<b>Tabla 3-2:</b>	Sección de ductos normalizados para la construcción.....	49
<b>Tabla 3-3:</b>	Costos materiales.....	60
<b>Tabla 3-4:</b>	Trazo de la plantilla de codos circulares. ....	64
<b>Tabla 3-5:</b>	Costos de materiales.....	72
<b>Tabla 3-6:</b>	Costos de equipos y herramientas. ....	72
<b>Tabla 3-7:</b>	Costos de mano de obra y transporte.....	72
<b>Tabla 3-8:</b>	Costos directos .....	73
<b>Tabla 3-9:</b>	Costos indirectos .....	73
<b>Tabla 3-10:</b>	Costos totales.....	73

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Diagrama de control de emisiones .....	7
<b>Ilustración 2-2:</b>	Diagrama del ciclón .....	10
<b>Ilustración 2-3:</b>	Diagrama del ciclón .....	11
<b>Ilustración 2-4:</b>	Precipitador electrostático .....	12
<b>Ilustración 2-5:</b>	Precipitador electrostático .....	14
<b>Ilustración 2-6:</b>	Filtración exterior .....	14
<b>Ilustración 2-7:</b>	Filtros de mangas de sacudido .....	15
<b>Ilustración 2-8:</b>	Filtros de mangas de aire reverso .....	15
<b>Ilustración 2-9:</b>	Ventiladores axiales .....	17
<b>Ilustración 2-10:</b>	Gráfico de presión de corriente .....	17
<b>Ilustración 2-11:</b>	Ventilador centrífugo .....	18
<b>Ilustración 2-12:</b>	Configuración campana elevada .....	23
<b>Ilustración 2-13:</b>	Velocidades de captura sugeridas de acuerdo al tipo de emisión .....	23
<b>Ilustración 2-14:</b>	Campana elevada .....	24
<b>Ilustración 2-15:</b>	Error cometido al considerar el vapor de agua como un gas ideal .....	26
<b>Ilustración 2-16:</b>	Movimiento del aire a través de un conducto .....	27
<b>Ilustración 2-17:</b>	Presión dinámica .....	28
<b>Ilustración 2-18:</b>	Diagrama de Moody para la estimación del factor de fricción .....	30
<b>Ilustración 2-19:</b>	Diámetro equivalente de un conducto rectangular igual pérdida de carga .....	31
<b>Ilustración 2-20:</b>	Variación del factor KI para una entrada redondeada .....	33
<b>Ilustración 2-21:</b>	Coefficiente de pérdidas para una expansión repentina .....	34
<b>Ilustración 2-22:</b>	Coefficiente de pérdidas para una contracción repentina .....	34
<b>Ilustración 2-23:</b>	Coefficiente de pérdidas codos y uniones .....	35
<b>Ilustración 2-24:</b>	Coefficiente de pérdidas codos y uniones .....	36
<b>Ilustración 2-25:</b>	Anemómetro de lectura analógica .....	37
<b>Ilustración 2-26:</b>	Tabla salarios mínimos por ley 2024 .....	40
<b>Ilustración 3-1:</b>	Interfaz de usuario .....	42
<b>Ilustración 3-2:</b>	Interfaz velocidad de captación .....	43
<b>Ilustración 3-3:</b>	Interfaz velocidad en el ducto .....	44
<b>Ilustración 3-4:</b>	Interfaz presión dinámica .....	44
<b>Ilustración 3-5:</b>	Pestaña selección tipo de campana .....	45
<b>Ilustración 3-6:</b>	Pestaña ingreso de datos de la campana .....	46
<b>Ilustración 3-7:</b>	Interfaz selección del diámetro del ducto .....	47
<b>Ilustración 3-8:</b>	Interfaz del diámetro del ducto .....	48

<b>Ilustración 3-9:</b>	Interfaz selección del diámetro del ducto.....	50
<b>Ilustración 3-10:</b>	Perdidas en codos sección circular.....	51
<b>Ilustración 3-11:</b>	Selección perdidas en codos de sección rectangular.....	52
<b>Ilustración 3-12:</b>	Selección para perdidas en campanas de captación.....	53
<b>Ilustración 3-13:</b>	Calculo pérdidas de carga total.....	53
<b>Ilustración 3-14:</b>	Tabla de representación de pérdidas por longitud de tubería.....	54
<b>Ilustración 3-15:</b>	Tabla de representación de pérdidas por accesorios.....	54
<b>Ilustración 3-16:</b>	Selección del ventilador en el software.....	55
<b>Ilustración 3-17:</b>	Diseño de la base de datos en Sql Server Management Studio.....	56
<b>Ilustración 3-18:</b>	Ingreso de datos de los tipos de ventiladores.....	56
<b>Ilustración 3-19:</b>	Modelos de los ventiladores.....	57
<b>Ilustración 3-20:</b>	Ingreso de costos de los ventiladores.....	58
<b>Ilustración 3-21:</b>	Pestaña costos ductos.....	60
<b>Ilustración 3-22:</b>	División de la campana en áreas.....	61
<b>Ilustración 3-23:</b>	División de la campana en áreas vista inferior.....	62
<b>Ilustración 3-24:</b>	Pestaña costo de campana.....	62
<b>Ilustración 3-25:</b>	Parámetros cabina.....	63
<b>Ilustración 3-26:</b>	Pestaña costo cabina.....	63
<b>Ilustración 3-27:</b>	Diseño del codo circular.....	64
<b>Ilustración 3-28:</b>	Curva sección 15°.....	65
<b>Ilustración 3-29:</b>	Curva sección 30°.....	66
<b>Ilustración 3-30:</b>	Pestaña costos codos circulares.....	67
<b>Ilustración 3-31:</b>	Pestaña costos codos cuadrados.....	68
<b>Ilustración 3-32:</b>	Tabla costos mano de obra.....	69
<b>Ilustración 3-33:</b>	Tabla costos de equipos y herramientas.....	69
<b>Ilustración 3-34:</b>	Etiqueta para ingresar el valor del transporte.....	69
<b>Ilustración 3-35:</b>	Interfaz costo ventilador.....	70
<b>Ilustración 3-36:</b>	Costos indirectos.....	70
<b>Ilustración 4-1:</b>	Selección para la velocidad de captación.....	74
<b>Ilustración 4-2:</b>	Velocidad ingresada en la interfaz principal.....	75
<b>Ilustración 4-3:</b>	Selección de la velocidad de aire en el conducto.....	75
<b>Ilustración 4-4:</b>	Selección de la presión dinámica mediante la Figura.....	76
<b>Ilustración 4-5:</b>	Calculo de la presión dinámica en el software.....	76
<b>Ilustración 4-6:</b>	Cálculo del caudal de absorción mediante Excel.....	77
<b>Ilustración 4-7:</b>	Ingreso del caudal de absorción en el software.....	77
<b>Ilustración 4-8:</b>	Determinación del conducto circular rectilíneo.....	78
<b>Ilustración 4-9:</b>	Selección del diámetro del conducto circular.....	79

<b>Ilustración 4-10:</b>	Diámetro del conducto circular normalizado.....	79
<b>Ilustración 4-11:</b>	Dimensión de los lados del ducto rectangular.....	80
<b>Ilustración 4-12:</b>	Perdida de carga y longitud en tramos rectos.....	80
<b>Ilustración 4-13:</b>	Perdidas por longitud de tubería.....	81
<b>Ilustración 4-14:</b>	Suma total de pérdidas por longitud de tubería.....	81
<b>Ilustración 4-15:</b>	Selección del coeficiente n para campanas.....	81
<b>Ilustración 4-16:</b>	Coeficiente n para pérdidas para campanas.....	82
<b>Ilustración 4-17:</b>	Selección coeficiente n para campanas de captación.....	82
<b>Ilustración 4-18:</b>	Coeficiente n de pérdida para codos.....	82
<b>Ilustración 4-19:</b>	Selección del coeficiente n de codos en el software.....	83
<b>Ilustración 4-20:</b>	Perdida de carga en campana y codos.....	83
<b>Ilustración 4-21:</b>	Tabla de pérdidas por accesorios generadas en el software.....	84
<b>Ilustración 4-22:</b>	Suma total de pérdidas por accesorios.....	84
<b>Ilustración 4-23:</b>	Calculo de las pérdidas totales en el software.....	84
<b>Ilustración 4-24:</b>	Selección del ventilador en el software.....	85
<b>Ilustración 4-25:</b>	Pestaña costo ductos.....	86
<b>Ilustración 4-26:</b>	Pestaña costo campana.....	86
<b>Ilustración 4-27:</b>	Pestaña costos codos.....	87
<b>Ilustración 4-28:</b>	Tabla de costos de material total.....	87
<b>Ilustración 4-29:</b>	Costos mano de obra.....	88
<b>Ilustración 4-30:</b>	Costos equipos, herramientas y transporte.....	88
<b>Ilustración 4-31:</b>	Sección costos indirectos.....	89
<b>Ilustración 4-32:</b>	Interfaz costo total de la validación.....	89
<b>Ilustración 4-33:</b>	Búsqueda de SQL server en el navegador.....	89
<b>Ilustración 4-34:</b>	Descarga de SQL server express.....	90
<b>Ilustración 4-35:</b>	Búsqueda de SQL Sever Management Studio en el navegador.....	90
<b>Ilustración 4-36:</b>	Descarga de SQL Sever Management Studio.....	90
<b>Ilustración 4-37:</b>	Ejecución de instaladores.....	91
<b>Ilustración 4-38:</b>	Inicio de aplicación.....	91
<b>Ilustración 4-39:</b>	Iniciación para la base de datos.....	91
<b>Ilustración 4-40:</b>	Archivo para inicialización de base de datos.....	92
<b>Ilustración 4-41:</b>	Archivo base de datos.....	92
<b>Ilustración 4-42:</b>	Contenido seleccionado para SQL server.....	93
<b>Ilustración 4-43:</b>	Proceso ejecución.....	93
<b>Ilustración 4-44:</b>	Server name.....	94
<b>Ilustración 4-45:</b>	Inicialización del cogido fuente.....	94
<b>Ilustración 4-46:</b>	Explorador de soluciones.....	95



<b>Ilustración 4-47:</b>	Nombre del servidor.....	95
<b>Ilustración 4-48:</b>	Cambio de nombre de servidor .....	96
<b>Ilustración 4-49:</b>	Ruta de archivos .....	96
<b>Ilustración 4-50:</b>	Cambio de ruta de archivos .....	97
<b>Ilustración 4-51:</b>	Iniciación del proyecto .....	97
<b>Ilustración 4-52:</b>	Iniciación del proyecto .....	97
<b>Ilustración 4-53:</b>	Interfaz proyecto. ....	98
<b>Ilustración 4-54:</b>	Ingreso de datos de velocidad de captación y velocidad en el ducto .....	98
<b>Ilustración 4-55:</b>	Selección de los parámetros para el cálculo de la velocidad de captación... ..	99
<b>Ilustración 4-56:</b>	Selección de los parámetros para el cálculo de la velocidad en el ducto. ....	99
<b>Ilustración 4-57:</b>	Ingreso de datos presión dinámica “Pd”.....	100
<b>Ilustración 4-58:</b>	Calculo de la presión dinámica “Pd”.....	100
<b>Ilustración 4-59:</b>	Selección del tipo de campana “A.C.G.I.H”. .....	101
<b>Ilustración 4-60:</b>	Cálculo del caudal. ....	101
<b>Ilustración 4-61:</b>	Determinación del diámetro del conducto circular. ....	102
<b>Ilustración 4-62:</b>	Determinación de las dimensiones del conducto rectangular.....	103
<b>Ilustración 4-63:</b>	Ingreso de datos sección geométrica. ....	104
<b>Ilustración 4-64:</b>	Pestaña de pérdida de carga .....	104
<b>Ilustración 4-65:</b>	Pérdida de carga por tramos rectos.....	105
<b>Ilustración 4-66:</b>	Interfaz sección pérdidas y carga. ....	105
<b>Ilustración 4-67:</b>	Tabla representativa de pérdidas por longitud de tubería. ....	106
<b>Ilustración 4-68:</b>	Pérdidas de entradas a ductos.....	106
<b>Ilustración 4-69:</b>	Selección coeficiente n para bocas acampanadas.....	107
<b>Ilustración 4-70:</b>	Ingreso del coeficiente n. ....	107
<b>Ilustración 4-71:</b>	Tabla representativa de pérdidas por accesorios. ....	108
<b>Ilustración 4-72:</b>	Pestaña pérdidas por codos .....	108
<b>Ilustración 4-73:</b>	Ventana pérdidas de codos sección circular.....	108
<b>Ilustración 4-74:</b>	Tabla pérdidas por accesorios .....	109
<b>Ilustración 4-75:</b>	Pestaña cambios graduales de sección. ....	109
<b>Ilustración 4-76:</b>	Ventana cambio gradual de sección disminución. ....	110
<b>Ilustración 4-77:</b>	Ventana cambio de sección aumento. ....	110
<b>Ilustración 4-78:</b>	Pestaña accesorios salidas. ....	111
<b>Ilustración 4-79:</b>	Ventana salida de conductos tipo C. ....	111
<b>Ilustración 4-80:</b>	Ventana salida por el tejado. ....	112
<b>Ilustración 4-81:</b>	Pestaña Costos.....	112
<b>Ilustración 4-82:</b>	Ventana costos ductos. ....	113
<b>Ilustración 4-83:</b>	Interfaz principal “sección costos”.....	113

<b>Ilustración 4-84:</b>	Interfaz principal tabla “A. Costos Materiales”.	114
<b>Ilustración 4-85:</b>	Ventana “Costo campana”.	115
<b>Ilustración 4-86:</b>	Ventana “Costo Cabina”.	116
<b>Ilustración 4-87:</b>	Ventana “Costo Codos”.	117
<b>Ilustración 4-88:</b>	Ventana “Costo Adicional”.	118
<b>Ilustración 4-89:</b>	Ventana “Ventiladores”.	119
<b>Ilustración 4-90:</b>	Características del Ventilador en la interfaz principal.	119
<b>Ilustración 4-91:</b>	Tabla “Costos mano de obra” interfaz principal.	120
<b>Ilustración 4-92:</b>	Tabla “Costos mano de obra” interfaz principal.	120
<b>Ilustración 4-93:</b>	Costo total interfaz principal.	121

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** REPORTE FINAL CASO PRÁCTICO.
- ANEXO B:** CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EXTRACTORES AXIALES HXBT-T 400,500 Y 630.
- ANEXO C:** DIMENSIONES DE LOS EXTRACTORES AXIALES HXBT-T 400,500 Y 630.
- ANEXO D:** CURVAS DE LOS EXTRACTORES AXIALES HXBT-T 400,500 Y 630.
- ANEXO E:** CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EXTRACTORES TUBULARES CON MOTOR EXTERIOR TAT 560,630,710,800,900 Y 1000.
- ANEXO F:** CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS EXTRACTORES TUBULARES CON MOTOR EXTERIOR TAT 560,630,710,800,900 Y 1000.
- ANEXO G:** DIMENSIONES DE LOS EXTRACTORES TUBULARES CON MOTOR EXTERIOR TAT 560,630,710,800,900 Y 1000.
- ANEXO H:** DIMENSIONES DE LOS EXTRACTORES TUBULARES CON MOTOR EXTERIOR TAT 560,630,710,800,900 Y 1000.
- ANEXO I:** PROFORMA DE LA EMPRESA MEGRAFRÍO DE QUITO.
- ANEXO J:** PROFORMA DE LA EMPRESA MEGRAFRÍO DE AMBATO.
- ANEXO K:** SALARIOS MÍNIMOS POR LEY 2024.

## RESUMEN

La contaminación atmosférica industrial en Ecuador presenta serios riesgos ecológicos y de salud pública, a pesar de la existencia de normativas nacionales y acuerdos internacionales como el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París. Las industrias locales, especialmente en los sectores de energía, petróleo, minería, cemento y metalmecánica, frecuentemente superan los límites permisibles de emisiones, lo que resalta la necesidad de herramientas informáticas para el diseño eficiente de sistemas de extracción de gases contaminantes. Este proyecto de tesis se enfoca en desarrollar un software específico para el diseño óptimo de sistemas de extracción de gases industriales. El objetivo es garantizar configuraciones adecuadas y costos finales optimizados, abordando tanto el dimensionamiento como el sobredimensionamiento que actualmente resultan en sanciones económicas y elevados costos operativos. Esto se lo realizó con una herramienta de software llamada C#, lo cual facilitó el desarrollo mediante códigos de programación. La implementación del software se basó en el manual de Soler & Palau y la norma ACGIH, debido a su información detallada para el diseño de sistemas de extracción lo cual permite una validación de datos reales. Finalmente, el desarrollo de este software ofrece una solución técnica integral para el diseño de sistemas de extracción de gases, mejorando la eficiencia y competitividad industrial en Ecuador, y contribuyendo a la protección del medio ambiente y la salud pública.

**Palabras clave:** <GASES CONTAMINANTES> <SALUD PÚBLICA> <DESARROLLO DE SOFTWARE> <CÓDIGOS DE PROGRAMACIÓN> < PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE >.

1132-DBRAI-UPT-2024



## SUMMARY

Industrial air pollution in Ecuador presents severe ecological and public health risks despite national regulations and international agreements such as the Kyoto Protocol and the Paris Agreement. Local industries, especially in the energy, oil, mining, cement, and metalworking sectors, frequently exceed permissible emissions limits, highlighting the need for computer tools to design polluting gas extraction systems efficiently. This thesis project focuses on developing specific software for the optimal design of industrial gas extraction systems. The goal is to ensure proper configurations and optimized final costs, addressing both sizing and oversizing that currently result in financial penalties and high operating costs. It was possible to do this with a software tool called C#, which facilitated development using programming codes. The implementation of the software was based on the Soler & Palau manual and the ACGIH standard due to its detailed information for the design of extraction systems, which allows for the validation of accurate data. Finally, the development of this software offers a comprehensive technical solution for the design of gas extraction systems, improving industrial efficiency and competitiveness in Ecuador and contributing to the protection of the environment and public health.

**Keywords:** <POLLUTANT GASES> <PUBLIC HEALTH> <SOFTWARE DEVELOPMENT> <PROGRAMMING CODES> <ENVIRONMENTAL PROTECTION >.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

## **INTRODUCCIÓN**

Es relevante contar con aire limpio, libre de contaminantes en el trabajo industrial. Pequeñas cantidades de contaminantes son emitidos en gran parte de procesos industriales los cuales son perjudiciales. Además, son desagradables e incómodos para los trabajadores de la misma manera para la comunidad cercana. Para disminuir esta problemática es necesario implementar sistemas de extracción eficientes para lo cual es necesario contar con un diseño acorde a los parámetros establecidos por la normativa.

En el primer capítulo se establece el diagnóstico general del problema, donde se plantea de forma clara y precisa la problemática existente de emisión de gases industriales al medio ambiente, también se dan a conocer los motivos por los cuales se desea realizar la investigación y por último los objetivos que se espera alcanzar al realizar la investigación.

En el segundo capítulo se establece el estado del arte donde se describe las normativas de trabajo y fundamentos teóricos, científicos y técnicos, que sustentan el proyecto que, a desarrollarse, como lo son Sistemas de Extracción.

En el tercer capítulo será donde se establece la metodología que se debe seguir para cumplir con los objetivos planteados, también los instrumentos de recolección de datos, el diseño de investigación que se debe usar para realizar la aplicación de sistemas de extracción de gases de procesos Industriales.

El cuarto capítulo se muestra la validación del proyecto donde se establece los resultados finales del mismo, dejando constancia de una aplicación práctica que cumpla con los estándares nacionales e internacionales al momento de realizar cálculos de extracción de gases, guía de usuario y reporte de resultados.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

Los gases contaminantes que provocan actualmente las grandes comunidades urbanas en la escena pública e internacional abordan un tema complicado, que tiene importantes consecuencias ecológicas, así como un enorme riesgo para la salud de la población. En este sentido, es fundamental buscar la reducción de contaminantes dentro del sistema para asegurar una calidad de aire óptima para el trabajo.

A escala mundial ha sido posible llegar a acuerdos en materia de regulación contra el cambio ambiental, como el Convenio de Kyoto, al que otros países se adhirieron en 1997 y que pretende reducir los principales gases responsables del impacto ambiental. Si bien el número de países atribuidos no fue tan alto como se desearía, la preocupación por este motivo ha ido en aumento y recientemente se ha firmado el Acuerdo de París, que constituye el principal acuerdo legal general para el control de las emanaciones contra el cambio ambiental. Este acuerdo fue ideado en 2015 y sancionado el año siguiente, tiene como objetivo reducir las emanaciones mundiales de sustancias nocivas para el ozono en más de un 70% para 2030 (tomando las descargas de 1990 como fuente de perspectiva) y aumentar su sencillez.

La industria en Ecuador, incluyendo sectores como energía, petróleo, minería, cemento y metalmecánica, genera elevadas emisiones de contaminantes atmosféricos, principalmente material articulado, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos (Consejo Nacional de Electricidad, 2019).

La Norma de Calidad del Aire Ambiente o de Emisión de Ecuador establece límites máximos permisibles para proteger la salud de la población y los ecosistemas (Ministerio del Ambiente, 2015). Sin embargo, varios estudios demuestran un incumplimiento generalizado de estos límites en zonas industriales (Acuerdo-50-NCA, 2011).

En este contexto, uno de los problemas detectados es la necesidad de contar con herramientas informáticas específicas en el sector industrial ecuatoriano para el diseño de sistemas de extracción y tratamiento de gases contaminantes, lo cual sería de utilidad para agilizar procesos, disminución de costos y análisis de eficiencias (Ecuador, 2014).

Por consecuencia, se requiere el desarrollo de un software de diseño óptimo de sistemas de extracción de gases, que permita automatizar estos cálculos considerando las particularidades de los procesos contaminantes en Ecuador y los requerimientos normativos del país.

## **1.2. Planteamiento del problema**

En Ecuador, la Norma de Calidad del Aire Ambiente o de Emisión establece los límites máximos permisibles para las concentraciones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes fijas como industrias (Acuerdo-50-NCA, 2011).

El inadecuado dimensionamiento de los sistemas de extracción de gases en industrias ecuatorianas puede provocar el incumplimiento de dichos límites, resultando en sanciones económicas significativas.

Asimismo, el sobredimensionamiento de estos sistemas incrementa los costos de implementación y operación. Por lo tanto, una herramienta de diseño óptimo de sistemas de extracción de gases contaminantes industriales en Ecuador tendría grandes beneficios ambientales y económicos.

## **1.3. Justificación**

### ***1.3.1. Justificación técnica***

Actualmente no se posee registro de la existencia de programas computacionales específicos para el dimensionamiento de extractores de gases industriales en Ecuador (Ecuador, 2014).

Un software de estas características es de gran utilidad para ingenieros y empresas, entregando diseños óptimos de forma rápida y precisa.

### ***1.3.2. Justificación económica***

Se estima que el desarrollo de este software permite reducir significativamente los costos y tiempos asociados al diseño de los sistemas de extracción de gases en la industria ecuatoriana. Actualmente, el dimensionamiento inadecuado genera sobrecostos por sobre extracción de gases o por incumplimiento de normativas y multas (Cámara de Industrias y Producción de Ecuador, 2021).

Adicionalmente, al apoyar el cumplimiento de normativas ambientales, se evitarían gastos por multas e impactos en productividad. Sólo en 2021 se registraron multas por 4 millones de dólares a industrias contaminantes (El Universo, 2022).



En conclusión, el desarrollo de este software tiene una muy favorable relación costo-beneficio.

### ***1.3.3 Justificación social***

Al garantizar el cumplimiento de las normativas de emisiones contaminantes, este software informático contribuye a mejorar la calidad del aire y salud de comunidades aledañas a industrias (MASSAL, 2011). Además, la optimización de costos incrementaría la competitividad del sector

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Desarrollar un programa para el diseño de sistemas de extracción de gases de procesos industriales con el fin de obtener una configuración adecuada y su costo final.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Determinar las variables necesarias que influyen en el cálculo del volumen de gases a extraer, cumpliendo las normativas y regulaciones de diseño que rigen un correcto funcionamiento.
- Parametrizar el diseño de sistemas de extracción de gases de procesos industriales.
- Crear una interfaz que permita ingresar y seleccionar los datos requeridos para el diseño del sistema de extracción.
- Generar dentro del programa las restricciones necesarias para que el sistema sea funcional acorde a las normativas establecidas.
- Crear una base de datos que contenga las características de los equipos que conforman los sistemas de extracción.
- Agregar al programa la función que permita ingresar los parámetros necesarios para calcular los costos, tanto directos como indirectos del sistema.
- Generar un reporte que contenga la memoria de cálculo mediante un documento donde se plasme los resultados y costos finales.
- Generar una guía de usuario del programa para un correcto uso de este.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Sistemas de extracción

Un sistema de extracción es un conjunto de elementos diseñados para eliminar o reducir la concentración de contaminantes presentes en un ambiente cerrado, cuyo principal objetivo es mejorar la calidad del aire en el interior de un recinto, protegiendo la salud de las personas que lo ocupan.

#### 2.2. Sistemas de extracción general

Los sistemas de extracción se basan en el principio de la ventilación forzada, en el que un ventilador crea una presión negativa en el espacio donde se encuentra el contaminante suspendido en el aire, provocando que este sea movilizado hacia el exterior. Las partículas en suspensión, los vapores inflamables y otros gases combustibles, así como el humo y los gases tóxicos son consideradas como contaminantes que deben ser removidos.

En este sentido, en los espacios industriales, la ventilación forzada ayuda a controlar los riesgos laborales, como la exposición a gases tóxicos o al polvo, así como el riesgo de asfixia o explosión, al mismo tiempo que puede mejorar el confort térmico y acústico del recinto.

Por otra parte, su correcto diseño e instalación puede ayudar a reducir el consumo de energía. Debido a que la ventilación forzada ayuda a mantener una temperatura uniforme en el interior del espacio, lo que reduce la necesidad de utilizar sistemas de climatización o disminuye la carga de trabajo de los mismos.

Generalmente, los sistemas de extracción suelen estar formados por los siguientes componentes:

- El ventilador: es el elemento que crea la presión negativa en el espacio donde se encuentra el contaminante.
- Los conductos: usados para transportar el aire contaminado desde el interior del espacio hacia el exterior.
- Los filtros: retienen los contaminantes antes de que sean expulsados al exterior.
- Los dispositivos de control y accesorios: permiten regular el funcionamiento del sistema de extracción y mejorar su acción.

El tipo de ventilación adecuado dependerá de varios factores, como el tamaño y la configuración del espacio interior, el tipo de contaminantes del aire y las necesidades de los ocupantes, pudiendo escoger entre los diferentes tipos que se conocen descritos como: (Aire Limpio Global,2018)

- Ventilación por extracción: Se basa en la extracción del aire interior contaminado a través de aberturas, como rejillas y conductos. Este tipo de ventilación se utiliza para eliminar contaminantes del aire interior, como humo, gases tóxicos, polvo, etc.
- Ventilación por inyección: Se basa en la inyección de aire exterior limpio en el espacio interior por aberturas, usada para aumentar la cantidad de aire fresco en el interior.
- Ventilación mixta: Combina la ventilación por extracción y la ventilación por inyección para mejorar la calidad del aire interior de un recinto.

### ***2.2.1. Sistema de extracción focalizado***

Los sistemas de extracción focalizados son dispositivos que capturan el material contaminante en su punto de emisión, antes de que se disperse por el espacio. Se basan en el principio de ventilación forzada, creando una presión negativa en el espacio donde se encuentra el contaminante, provocando que el aire contaminado se aspirara al exterior mediante un sistema de conductos.

Los sistemas de extracción focalizados suelen estar formados por los siguientes componentes:

- Campana de captación: Es el elemento que captura el contaminante en el punto de emisión.
- Conductos de transporte: Transportan el aire contaminado desde la campana de captación hasta el depurador.
- Depurador: Elimina los contaminantes del aire antes de que sea expulsado al exterior.
- Ventilador: Genera la presión negativa necesaria para que el aire contaminado sea aspirado hacia el exterior.
- Chimenea: Expulsa el aire contaminado al exterior.

Es importante tener en cuenta que no existe un sistema de extracción focalizado que sea 100 % eficiente. Siempre habrá un porcentaje de partículas que se quedarán en el ambiente. Por ello, es importante diseñar el sistema de forma óptima para minimizar la dispersión de contaminantes. En el diagrama de la ilustración 2-1 se puede visualizar de forma muy simple la problemática del control de emisiones.



**Ilustración 2-1:** Diagrama de control de emisiones

Fuente: (Carpio,2014)

El diagrama muestra que el objetivo del sistema de extracción focalizado es capturar el contaminante en el punto de emisión, antes de que se disperse por el espacio. Para ello, la campana de captación debe estar colocada de forma adecuada, de manera que capture la mayor cantidad posible de contaminante.

El conducto de transporte debe ser tan grande como para transportar el aire contaminado sin obstrucciones. El depurador debe eliminar los contaminantes del aire de forma eficaz. El ventilador debe generar la presión negativa necesaria para que el aire contaminado sea aspirado hacia el exterior. La chimenea debe ser tan alta como para dispersar los contaminantes de forma segura.

El diseño óptimo de un sistema de extracción focalizado debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de contaminante: El tipo de contaminante a eliminar determinará el diseño del sistema.
- Cantidad de contaminante: La cantidad de contaminante a eliminar determinará el tamaño del sistema.
- Ubicación del contaminante: La ubicación del contaminante determinará la ubicación de la campana de captación.
- Costo: el costo del sistema debe ser considerado en el diseño.

Los sistemas de extracción focalizados son una forma eficaz de eliminar contaminantes del aire interior. Su principal ventaja es que capturan el contaminante en el punto de emisión, lo que reduce la cantidad de aire contaminado que debe ser ventilado. Esto puede ayudar a ahorrar energía y a reducir los costes de ventilación. Algunas aplicaciones típicas de los sistemas de extracción focalizados son:

- Industria: Eliminación de humos, gases tóxicos, polvo, etc.
- Comercio: Eliminación de humos, olores, etc.
- Vivienda: Eliminación de humo del tabaco, olores de la cocina, etc.

Los sistemas de extracción focalizados son una herramienta importante para mejorar la calidad del aire interior y proteger la salud de las personas (Carpio,2014).

#### *2.2.1.1. Emisión*

Las emisiones corresponden a la liberación de sustancias, energía y materia al medio ambiente, provenientes de una gran variedad de fuentes, como actividades humanas, procesos naturales o fenómenos meteorológicos. En este sentido, las emisiones pueden clasificarse en función de su origen, su composición y sus efectos.

Según su origen, las emisiones pueden ser, antropogénicas, es decir, producidas por las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la agricultura, la industria o el transporte. Por otro lado, pueden ser Naturales o producidas por la naturaleza, como los volcanes, los incendios forestales, las erosiones o los procesos biológicos.

Según su composición, las emisiones pueden ser, gases: como dióxido de carbono, metano, ozono, óxidos de nitrógeno, etc. Partículas, como polvo, humo, cenizas, etc. o Sustancias líquidas como aceites, hidrocarburos, etc. Desde este punto de vista, el control de las emisiones es una tarea importante para proteger el medio ambiente y la salud humana (Carpio,2014).

#### *2.2.1.2. Recolección*

La recolección de emisiones es un proceso fundamental en el control de la contaminación ambiental. Se trata de la captación y transporte de los contaminantes desde el punto de emisión hacia un sistema de tratamiento o eliminación.

La recolección de emisiones puede realizarse de diferentes maneras, dependiendo del tipo de contaminante y de la fuente de emisión. Los métodos de recolección más comunes incluyen:

- Captura en el punto de emisión: este método consiste en capturar los contaminantes en el lugar donde se generan utilizan campanas extractoras para capturar los humos y gases de los procesos industriales, o filtros para capturar las partículas de los procesos de combustión.
- Captura remota: se centra en capturar los contaminantes después de que se hayan dispersado en el medio ambiente utilizando filtros para capturar las partículas del aire, o sistemas de depuración de aguas residuales para capturar los contaminantes del agua.
- Recuperación: se utiliza para la captura de los contaminantes para su reutilización o reciclaje. Por ejemplo, se utilizan sistemas de recuperación de azufre para capturar el azufre de los gases de combustión, o sistemas de recuperación de solventes para capturar los solventes de los procesos industriales.

La recolección es una parte esencial de cualquier estrategia de control de la contaminación ambiental. Permite reducir la cantidad de contaminantes que se liberan al medio ambiente, lo que contribuye a proteger la salud humana y su entorno.

Desde el punto de vista de la problemática del control de la contaminación ambiental, la recolección es importante por los siguientes motivos:

- Permite reducir la cantidad de contaminantes que se liberan al medio ambiente. Esto es importante porque los contaminantes pueden causar una serie de problemas, como la contaminación del aire, el agua y el suelo, el cambio climático, etc.
- Permite recuperar los contaminantes para su reutilización o reciclaje. Esto contribuye a reducir el consumo de recursos naturales y a proteger el medio ambiente.
- Permite mejorar la eficiencia de los sistemas de control de la contaminación ambiental. Por ejemplo, la recolección en el punto de emisión puede ayudar a reducir la necesidad de ventilar el espacio, lo que puede ahorrar energía y costes.

La recolección es una tecnología madura y bien desarrollada. Sin embargo, existen oportunidades para mejorar su eficiencia y eficacia. Por ejemplo, se están desarrollando nuevos métodos de recolección más eficientes, económicos y respetuosos con el medio ambiente.

#### *2.2.1.3. Conducción*

Una estructura de conducción es un dispositivo que dirige un material a través de un conducto desde una fuente hasta el sitio de disposición final. El servomecanismo, que es un punto de control, se conoce como estructura de filtración. Las estructuras de conducción pueden ser de alta o baja velocidad, y pueden ser inamovibles o móviles, dependiendo del material a separar. (García,2014)

#### *2.2.1.4. Filtración*

El tamizado es una técnica de separación de fases sólidas y gaseosas que se utiliza para eliminar contaminantes del aire. El equipo responsable, conocido como tamiz, puede ser el factor más importante para la eficiencia de la limpieza, ya que determina el tamaño de las partículas que pueden ser capturadas. Otros equipos, como los filtros y los precipitadores electrostáticos, también pueden utilizarse para atrapar impurezas dentro de una corriente de gas. (Morales,2003)

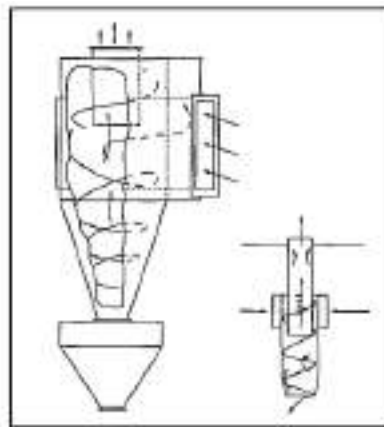
### **2.3. Extracción de material particulado**

### 2.3.1. Ciclones

Los ciclones centrífugos son dispositivos de separación de fases sólido-gas que se basan en la fuerza centrífuga para separar partículas de un gas. El aire contaminado entra por la parte superior del ciclón y se dirige hacia el centro, donde gira a alta velocidad. La fuerza centrífuga hace que las partículas se separen del aire y se depositen en las paredes del ciclón, mientras el aire limpio sale por la parte superior del mismo, como se encuentra en la ilustración 2-2.

Estos representan una tecnología eficaz para la separación de material particulado de tamaño medio a grueso pudiendo alcanzar eficiencias de separación del 65 % al 90 %, dependiendo del tamaño de las partículas y de las condiciones de operación. Comúnmente los ciclones se introducen en regiones donde se mueven o liberan enormes cantidades de partículas, para disminuir la cantidad de material que va al canal de carga. (Rojano,2016).

Entre las principales desventajas que poseen se considera el desgaste de los componentes móviles y la necesidad de un soporte de gastos mínimos para operarlos. Sin embargo, son una tecnología relativamente económica y fácil de instalar y mantener.



**Ilustración 2-2:** Diagrama del ciclón

Fuente: (Lodoño,2006)

### 2.3.2. Colectores de procesos húmedos

Son dispositivos de separación de partículas sólidas de una corriente gaseosa que utilizan agua para promover la separación, como puede verse en la ilustración 2-3. Existen dos tipos principales de colectores de procesos húmedos:

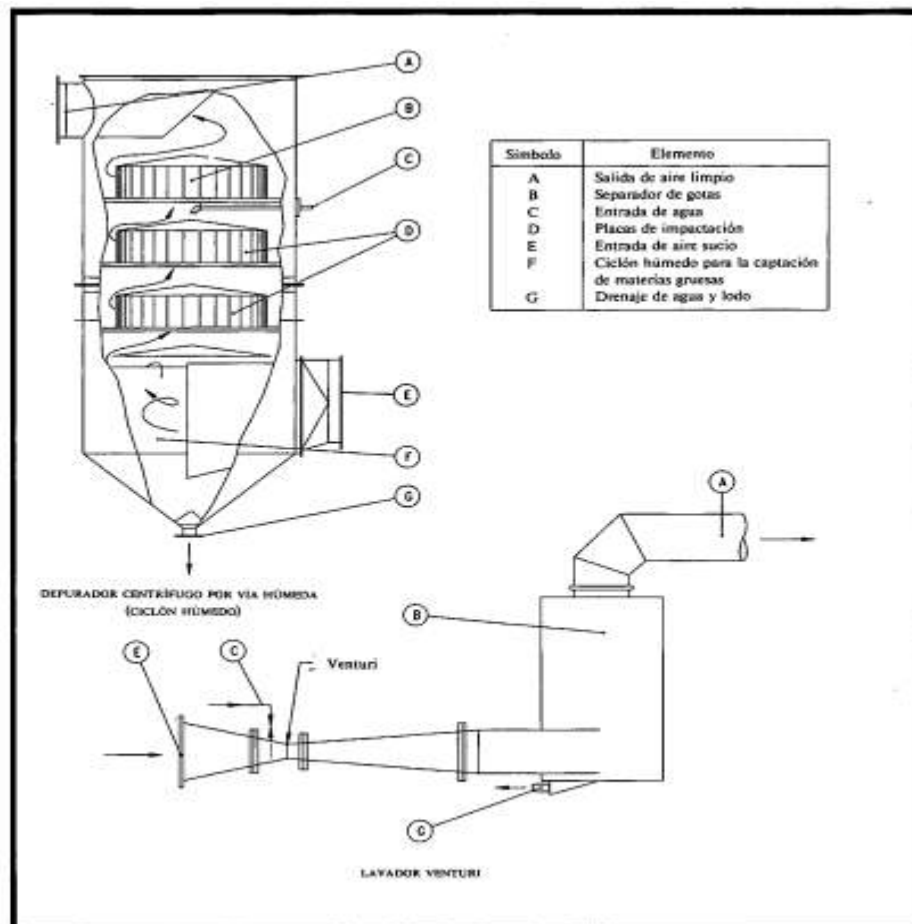
- Filtros húmedos: utilizan un medio filtrante, como una tela o una malla, para atrapar las partículas. El aire contaminado entra por un extremo del filtro y las partículas se adhieren al medio filtrante mientras el aire limpio sale por el otro extremo del filtro.
- Precipitadores electrostáticos húmedos: utilizan un campo eléctrico para atraer las partículas a placas metálicas ionizadas.

Los colectores de procesos húmedos presentan una serie de ventajas, como:

- Alta eficiencia en la separación de partículas de pequeño tamaño.
- Capacidad de capturar una amplia gama de partículas, incluyendo partículas sólidas, líquidas y gaseosas.
- Capacidad de operar a altas temperaturas y presiones.

Sin embargo, estos también presentan algunas desventajas, como:

- Producción de un exceso de lodo, que debe ser tratado adecuadamente.
- Costo de instalación y mantenimiento relativamente elevado. (Casal,1989)



**Ilustración 2-3:** Diagrama del ciclón

Fuente: (Higyenists,1992)



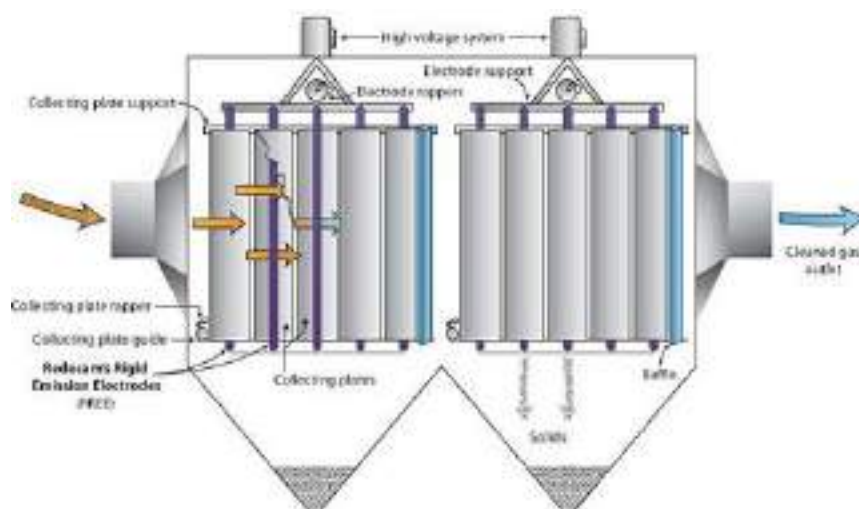
### 2.3.3. *Precipitadores electrostáticos*

Estos equipos son dispositivos de separación de partículas sólidas de una corriente gaseosa que utilizan un campo eléctrico para atraer las partículas a placas metálicas. El aire contaminado entra por un extremo del precipitador cargando eléctricamente las partículas suspendidas para luego ser atraídas a las placas metálicas, donde se depositan permitiendo que el aire limpio salga por el otro extremo del precipitador.

Los precipitadores electrostáticos se basan en el principio de que las partículas sólidas pueden cargarse eléctricamente principalmente por ionización. Esta carga eléctrica ionizante puede ser generada por diferentes métodos, como la ionización por corona, por impacto o por difusión. Cuando las partículas se han cargado, se atraen a las placas metálicas del precipitador. Las placas metálicas están conectadas a un alto voltaje, lo que crea un campo eléctrico, atrayendo las partículas cargadas y depositándolas en las placas metálicas.

La tecnología y el principio activo de los separadores electrostáticos resultan eficaz para la separación de partículas sólidas de una corriente gaseosa y pueden alcanzar eficiencias de separación del 99 % o más, dependiendo del tamaño de las partículas y de las condiciones de operación.

Entre sus ventajas hay alta eficiencia en la separación de partículas de pequeño tamaño, capacidad de capturar muchas partículas, incluyendo partículas sólidas, líquidas y gaseosas, y gran capacidad de operar a altas temperaturas y presiones. Sin embargo, los costos de instalación y mantenimiento son relativamente elevados. (Higyenists,1992).



**Ilustración 2-4:** Precipitador electrostático

**Fuente:** (Higyenists,1992)

#### **2.3.4. Filtros de mangas**

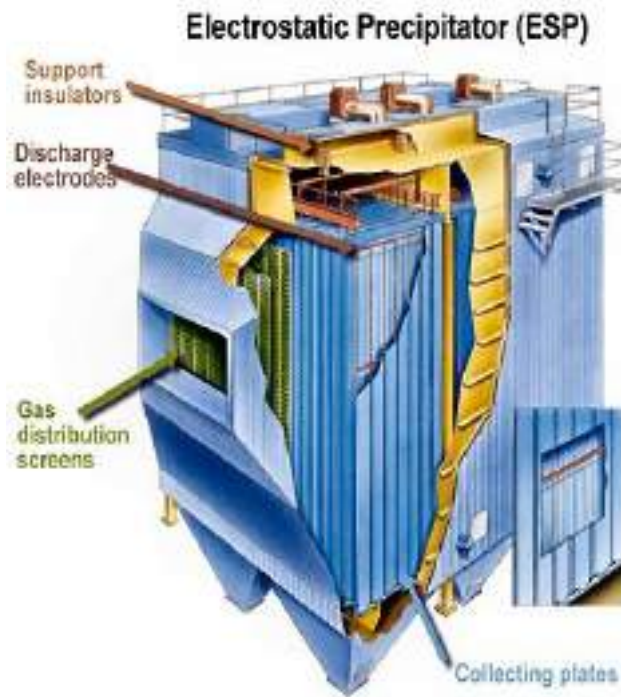
Los filtros de mangas son un tipo de colector de polvo que utiliza un medio filtrante, generalmente de tejido, para retener las partículas suspendidas en una corriente de gas. Este tipo de filtración es probablemente el más antiguo, simple y eficaz procedimiento de separación de polvo de una corriente de gas empleados en la industria cuando las partículas a eliminar son de pequeño tamaño o se requiere una gran eficacia en el proceso y es deseable recoger el polvo seco, haciendo forzar el paso de la corriente de gas a través del medio filtrante.

El tejido del filtro o manga produce un cierto efecto filtrante, pero su principal misión es servir de soporte para la capa de polvo (torta) que se acumula rápidamente sobre él. Esta capa de polvo es la responsable de la alta eficacia de filtración de partículas de pequeño tamaño.

A medida que el filtro se carga de partículas exteriormente, la pérdida de carga del gas a través del mismo aumenta. Esto se debe a que el polvo dificulta el paso del gas por lo que llegará un momento en el que, por razones de seguridad y eficiencia, hay que parar y proceder a la limpieza del filtro con el objeto de comenzar un nuevo ciclo de filtración.

Las superficies filtrantes tienen forma de bolsa o manga y, en general, un filtro contiene varias celdas o compartimentos de estancamiento cada uno con una serie de mangas. Así, mientras las mangas de una celda están en fase de limpieza o mantenimiento, las demás pueden estar en servicio.

Los filtros de mangas se clasifican según el tipo de tejido utilizado, el método de limpieza y la disposición de las mangas. Los tejidos más utilizados son los de fibras naturales, como el algodón o el lino, y los de fibras sintéticas, como el poliéster o el nylon. Los métodos de limpieza más comunes son la limpieza neumática, la limpieza mediante impulsos de aire y la limpieza mediante vibración. Mientras que la disposición de las mangas puede ser vertical u horizontal (Melo, 2022).

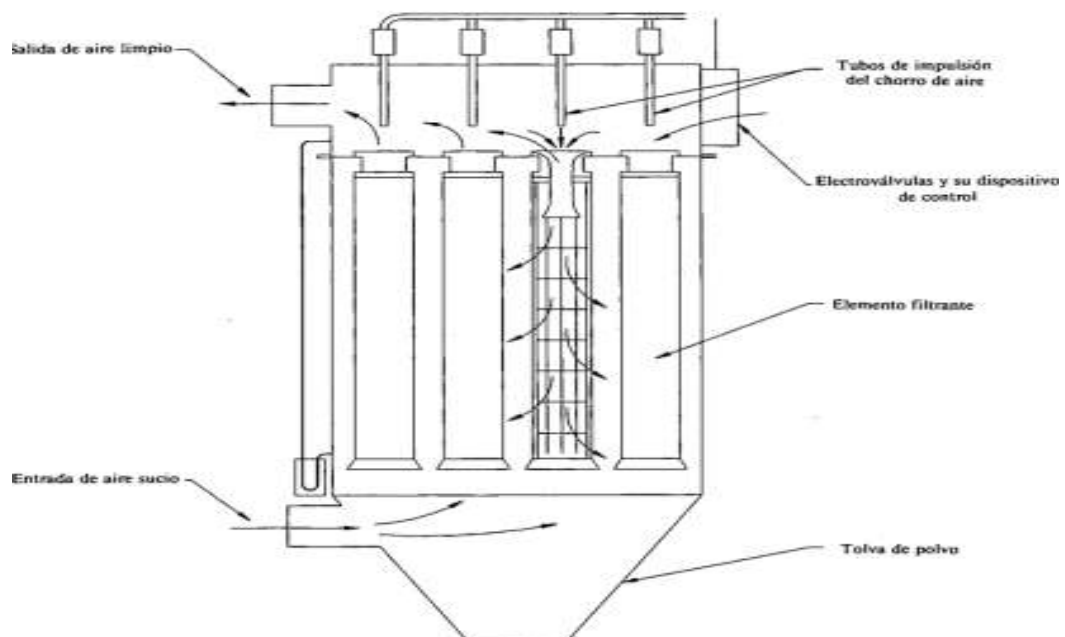


**Ilustración 2-5:** Precipitador electrostático

Fuente: (Higyenists,1992)

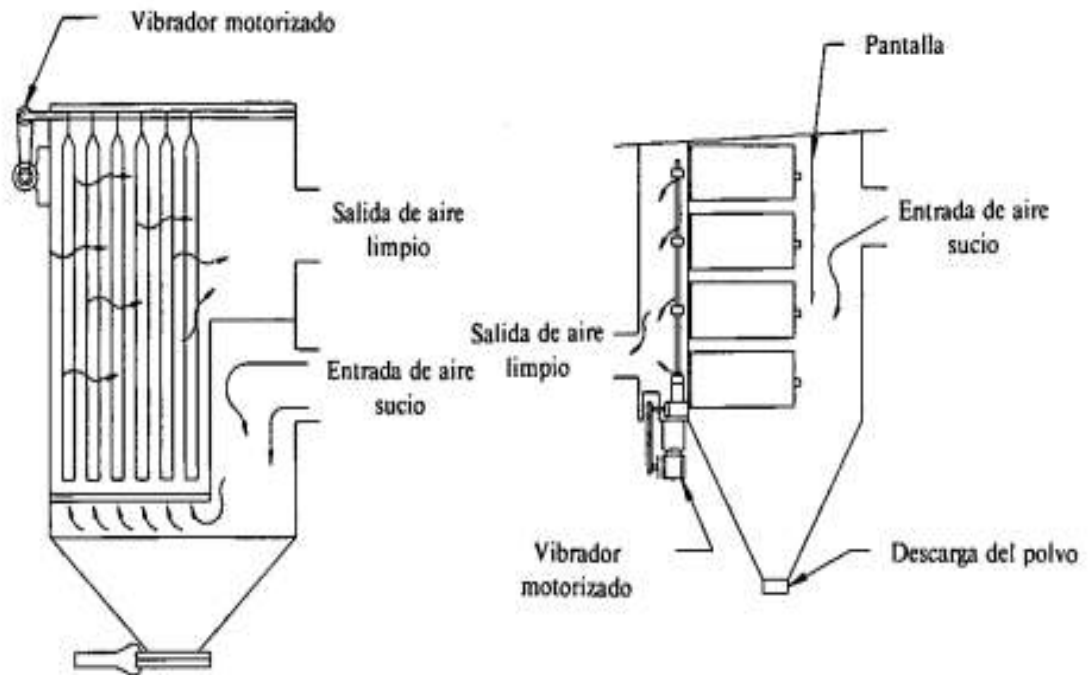
Los filtros de mangas se clasifican por su sistema de filtración en:

1. Filtración exterior (ilustración 2-6)
2. Filtros de mangas de sacudido (ilustración 2-7)
3. Filtros de mangas de aire reverso (ilustración 2-8)



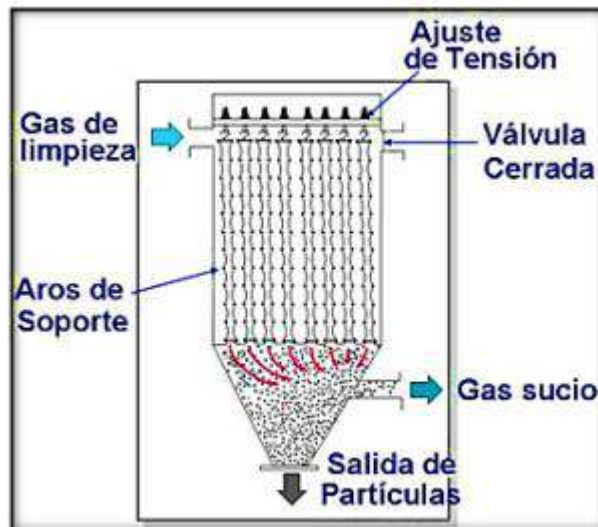
**Ilustración 2-6:** Filtración exterior

Fuente: (Higyenists,1992)



**Ilustración 2-7:** Filtros de mangas de sacudido

Fuente: (Higyenists,1992)



**Ilustración 2-8:** Filtros de mangas de aire reverso

Fuente: (Higyenists,1992)

#### 2.4. Equipo de vacío o ventilador

Son dispositivos que usan la fuerza electromecánica aplicada a una hélice o rodete para generar una corriente de aire que puede usarse para diferentes propósitos, como limpieza, ventilación, transporte de materiales o control de procesos industriales. Estos equipos se clasifican según dos

criterios operativos enfocados en el desplazamiento del aire: el sistema de corriente que utilizan y su rumbo.

Según el sistema de corriente que utilizan, los equipos de vacío y ventilación se pueden clasificar en dos grandes grupos, alta y baja presión. Los equipos de corriente de viento de baja presión utilizan un ventilador o soplador para generar una corriente de aire cuya presión de trabajo puede variar desde 100 mmH<sub>2</sub>O 1000 mmH<sub>2</sub>O, según el tipo de equipo. Por otra parte, los equipos de corriente de alta presión utilizan un turbocompresor para generar una corriente de aire que puede superar los 2500 mmH<sub>2</sub>O. (Manual de ventilación industrial, 2022)

Según el rumbo de la corriente, se pueden clasificar en tres tipos denominados, focal, semipivotal y espiral. En los equipos de corriente focal, el aire se dirige a un punto concreto y se utilizan, para la limpieza de superficies o para la aspiración de polvo o partículas. Mientras que un sistema de corriente semipivotal se caracterizan por dirigir la corriente de aire a un plano concreto y se utilizan para la ventilación de espacios o para el transporte de materiales y finalmente, un sistema de corriente espiral se emplea para dirigir la corriente de aire a un espacio concreto y utilizan, para la ventilación de conductos o para el transporte de fluidos.

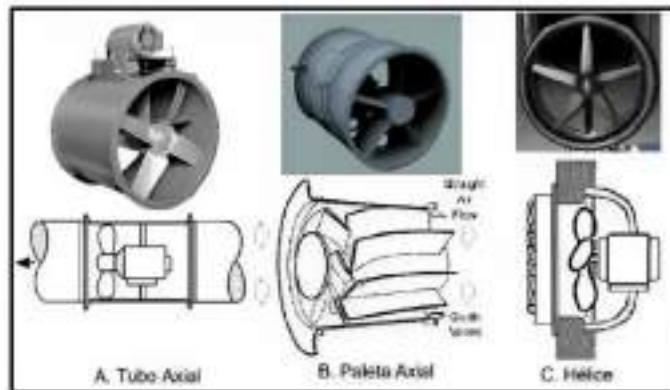
#### **2.4.1. Ventiladores axiales**

Un ventilador axial (ilustración 2-9) es un dispositivo que genera un flujo de aire (o gas) a lo largo de un eje común. Se caracteriza por impulsar el aire de forma paralela al eje de rotación conectado a una hélice, la cual consta de un número variable de aspas unidas al centro del eje.

Los ventiladores axiales se caracterizan por su capacidad para mover grandes cantidades de aire a presiones relativamente bajas, por lo que se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, como la ventilación, la climatización, el transporte de materiales y la extracción de polvo.

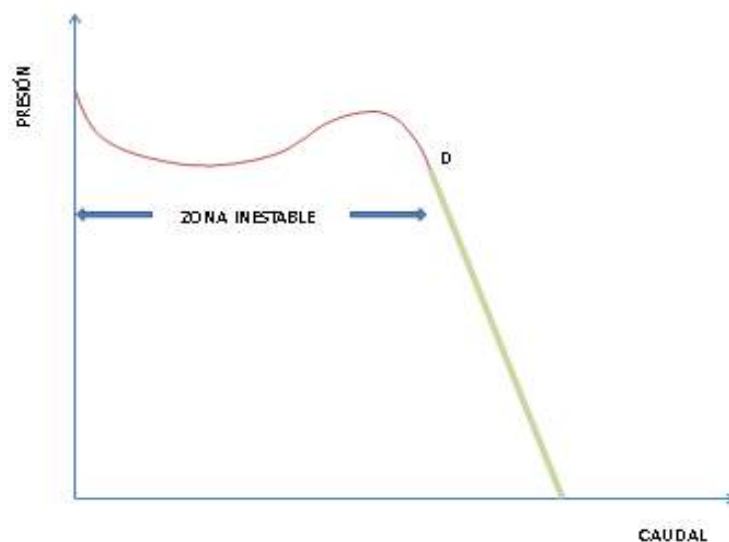
La curva característica de un ventilador axial, mostrado en la ilustración 2-10, es una representación gráfica de la relación entre la presión y el caudal del flujo de aire. En la región de funcionamiento adecuada del ventilador (zona verde de la curva), el flujo de aire es laminar, es decir, las partículas de aire se mueven en capas paralelas, mientras que en la región de funcionamiento inadecuado (zona roja de la curva), el flujo de aire es turbulento, en que las partículas de aire se mueven de forma caótica.

La zona roja de la curva característica se produce cuando el ventilador está operando a un caudal demasiado elevado. En esta condición, el flujo de aire no puede seguir el perfil de las aspas de la hélice, lo que provoca un aumento de la turbulencia y la pérdida de eficiencia. (Soler y Palau, 2017)



**Ilustración 2-9:** Ventiladores axiales

Fuente: (Soler y Palau, 2017)



**Ilustración 2-10:** Gráfico de presión de corriente

Fuente: (Soler y Palau, 2017)

#### 2.4.2. Ventiladores helicoidales

Los ventiladores helicoidales son un tipo de ventilador axial versátil que ofrece una serie de ventajas sobre otros tipos de ventiladores, ya que son capaces de mover grandes cantidades de aire a presiones relativamente bajas, lo que los hace adecuados para una amplia gama de aplicaciones. En estos dispositivos se usan una hélice con forma de espiral para generar un flujo de aire, dirigido a través de álabes perfilados, que crean un conducto de baja resistencia. Los ventiladores helicoidales se componen de un cilindro o estructura circular que sostiene la hélice que genera el flujo de aire, al accionarse directamente por un mecanismo o motor. Así, los álabes de estos

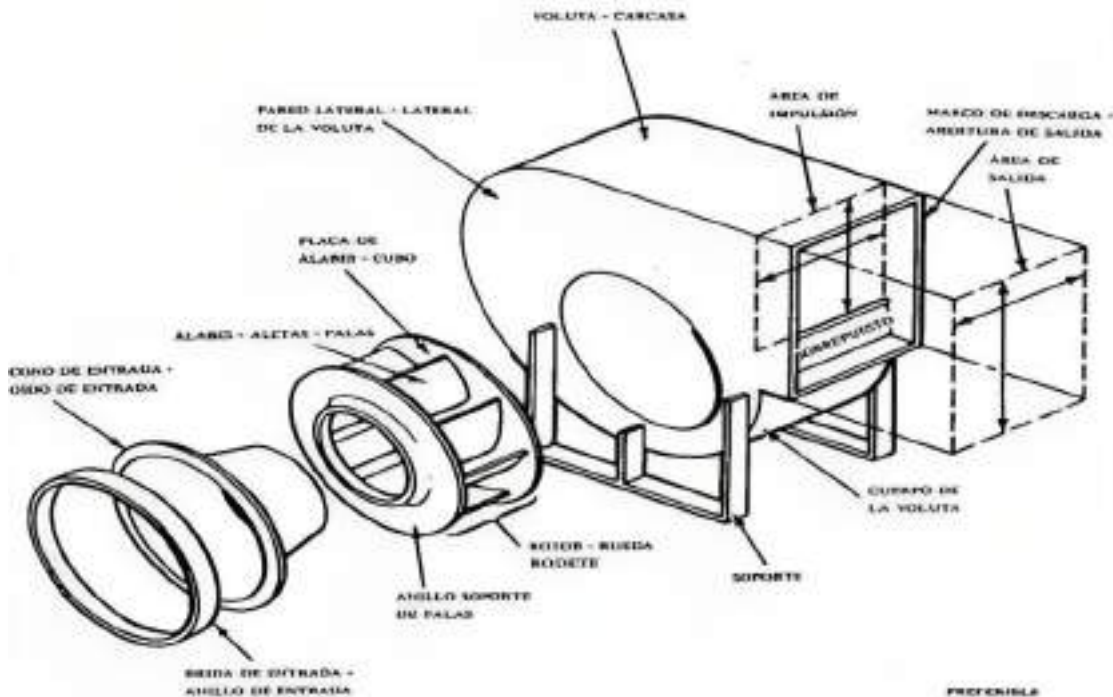
ventiladores pueden diseñarse para funcionar sin conducto a baja presión o vencer presiones elevadas de hasta 25 mm H<sub>2</sub>O.

#### 2.4.3. Ventiladores tubulares y turbo axiales

Los ventiladores tubulares o turbo axiales son un tipo de ventilador axial que se caracteriza por su construcción tubular, en el que la hélice del ventilador está montada rodeada por una serie de palas de guía. Estas palas ayudan a dirigir el flujo de aire a través de la hélice, lo que permite generar presiones más altas que otros tipos de ventiladores axiales. Hasta de 600 mm H<sub>2</sub>O

#### 2.4.4. Ventiladores centrífugos

El ventilador centrífugo, es un tipo de ventilador que genera flujo de aire por la acción centrífuga de la rotación de un rotor, que está compuesto por un número variable de aspas, las cuales están curvadas de forma que, cuando el rotor gira, el aire que ingresa al centro del ventilador se ve obligado a seguir su trayectoria, acelerando en su camino hasta alcanzar una velocidad mayor que la de entrada. El aire acelerado sale del ventilador por la periferia, con una presión más alta que la presión de entrada, como se muestra en la ilustración 2-11.



**Ilustración 2-11:** Ventilador centrífugo

Fuente: (Higyenists,1992)

## **2.5. Campanas.de captación**

Un sistema de captación es un conjunto de elementos que se utilizan para recoger y transportar un contaminante de un lugar a otro. La campana de captación, o simplemente campana, es el elemento que se encarga de evitar que el contaminante se disperse por el resto del local. En el contexto de la ventilación, una campana de succión es una abertura que permite la entrada de aire al sistema de conductos. Esta abertura puede tener cualquier forma, tamaño o ubicación, siempre y cuando cumpla su función de retirar los contaminantes del aire mediante la creación de un flujo que los dirija hacia su interior.

Por consideraciones generales, el dispositivo de captación debe ser lo suficientemente grande para capturar todo el contaminante, además de poseer una forma que facilite la captación del mismo y estar fabricado con un material que sea resistente a la corrosión y a la abrasión. Es por ello que la elección de la campana es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema ya que una mala elección puede provocar que el sistema no sea capaz de captar correctamente el contaminante, lo que puede suponer un riesgo para la salud y el medio ambiente.

El dispositivo de captación es la parte más importante de la instalación y una mala concepción del mismo puede provocar que el sistema no sea capaz de captar correctamente los contaminantes o que requiera de un caudal, un coste de funcionamiento y de instalación excesivos. Esto se debe a que el dispositivo debe ser lo suficientemente grande y eficaz para capturar todo el contaminante, pero sin ser demasiado grande o costoso.

Las campanas de captación se pueden clasificar en dos tipos principales: cabinas y campanas exteriores. El tipo de campana que se elija dependerá de factores como el tipo de contaminante que se genere, la ubicación del equipo o instalación y la posición del trabajador (Manual de ventilación industrial, 1992).

### **2.5.1. Campana simple**

Las campanas simples son un tipo de dispositivo de captación de contaminantes que se utiliza para capturar la emisión de los mismos de un punto específico. Estos equipos son el tipo más sencillo de campana exterior y se utilizan en una gran variedad de aplicaciones industriales y comerciales. Las campanas de captación de este estilo se caracterizan por tener una forma sencilla, generalmente rectangular o circular y estar fabricadas con un material resistente, como acero inoxidable o aluminio revestidas en su interior con un material que facilita la limpieza, como un filtro de acero inoxidable perforado o malla metálica (Manual de ventilación industrial, 1992).



Su funcionamiento es relativamente sencillo, el contaminante se genera en un punto específico y se dirige hacia la campana por la acción del flujo de aire generado, la cual lo captura y lo transporta a través de un conducto hasta un sistema de depuración. Es por ello que, dependiendo de la forma en la atrapan el contaminante, estas pueden ser de dos formas, frontal o lateral. Las campanas de captación frontal, se colocan frente al foco de emisión, por lo que el contaminante se dirige hacia ella por la acción de la gravedad. Mientras que, por otro lado, las campanas de captación lateral se colocan a un lado del foco de emisión, el cual se dirige hacia la campana por acción del flujo de aire.

Las campanas de captación simple son una herramienta esencial para la seguridad y la salud en el trabajo. Evitan que los trabajadores se expongan a contaminantes peligrosos, como humos, gases, vapores y polvos. Son una solución eficaz para la captación de contaminantes en una amplia variedad de aplicaciones. Son fáciles de instalar y de mantener, y son relativamente económicas (ACGIH 1988).

### **2.5.2. Simple con pestaña**

Las campanas de captación simple con pestañas son una variación de las campanas que se caracterizan por tener una pestaña o barrera en la parte exterior de la misma, que ayuda a evitar que el contaminante escape, fungiendo como una barrera física, como se muestra en la ilustración 2.12. En términos de eficiencia, la colocación de este tipo de barreras, disminuye el caudal requerido por la campana en un 25% lo que aumenta la eficiencia del sistema. El funcionamiento de las campanas de captación simple con pestañas es similar al de las campanas simples sin pestañas.

Desde el punto de vista de operación, las principales ventajas de las campanas simples con pestañas se centran en:

- **Eficiencia de captación:** La pestaña ayuda a evitar que el contaminante escape de la campana y reduce el caudal requerido para ello, lo que mejora la eficiencia de captación.
- **Seguridad y salud en el trabajo:** La pestaña ayuda a reducir el riesgo de contaminación del aire ambiente, lo que mejora la seguridad y la salud en el trabajo.

Mientras que entre sus desventajas se suelen enumerar el costo de adquisición y la dificultad de instalación de las mismas.

### **2.5.3. Elevada**

Las campanas de captación elevadas son un tipo de dispositivo de captación de contaminantes que se instala por encima de la fuente de emisión (ver imagen 2-12) ya que son una opción eficaz para la captación de contaminantes en aplicaciones donde este es susceptible de dispersarse por el aire muy rápidamente. Como puede verse en la ilustración 2-12 la efectividad de este tipo de campana dependerá de la altura de captación y es directamente proporcional a la misma, por lo que su ubicación sobre la fuente de emisión es muy importante.

### **2.5.4. Rendijas múltiples dos o más rendijas**

Las campanas de captación de rendijas múltiples corresponden a un tipo de dispositivo de captación de contaminantes caracterizado por tener una serie de rendijas que permiten que el contaminante entre en la campana de una forma ordenada y laminar, garantizando una total captura del mismo.

El principio de funcionamiento es muy similar a los tipos anteriores de campanas ya que el contaminante que se genera en un área focalizada, se dirige hacia la campana a través de las rendijas, laminarizando el flujo y haciéndolo pasar hacia la campana donde captura el contaminante y lo transporta a través de un conducto hasta un sistema de depuración.

Por una parte, la velocidad de extracción de las campanas de captación de rendijas múltiples debe ser suficiente para garantizar que el contaminante no se disperse por el aire ambiente, ya que la velocidad de captura debe ser mucho mayor a la velocidad de caída de las partículas. Mientras que, por otra, la densidad de rendijas debe ser suficiente para garantizar la eficiencia de captación del contaminante.

### **2.5.5. Cabina**

Las cabinas son una herramienta esencial para la protección de los trabajadores y el medio ambiente en entornos en los que se generan contaminantes, y su uso puede ayudar a prevenir la exposición a sustancias tóxicas, peligrosas o irritantes, así como a proteger el aire de la contaminación.

Las cabinas se clasifican en dos tipos principales, completas y parciales, las cabinas completas encierran totalmente el proceso o punto de generación del contaminante garantizando que el contaminante no pueda escapar al ambiente de trabajo. Mientras que las cabinas parciales



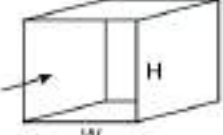
encierran solo una parte del proceso o punto de generación del contaminante, haciendo necesario que exista una corriente de aire que penetre en la cabina a través de su abertura.

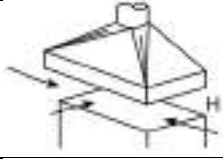

Las cabinas completas suelen utilizarse en procesos en los que se generan contaminantes peligrosos o tóxicos. Por ejemplo, se utilizan en laboratorios para contener los gases y vapores que se generan en las reacciones químicas, o en plantas industriales para contener los humos y gases que se generan en la combustión de combustibles fósiles. Mientras las cabinas parciales suelen utilizarse en procesos en los que es difícil o imposible encerrar totalmente el contaminante. Por ejemplo, se utilizan en cabinas de pintura para contener las partículas de pintura que se generan al pulverizar la pintura, o en talleres de reparación de automóviles para contener los humos y gases que se generan al soldar o cortar metal.

La velocidad en el frente de las cabinas y campanas es una variable totalmente dependiente del proceso o foco de emisión del contaminante, el cual determina las condiciones de dispersión, toxicidad y velocidad de emisión. Es por ello que el caudal a ser aspirado por un dispositivo de captación está definido por la ecuación 1. donde  $A_f$  corresponde al área de frente abierto de la campana y  $v_a$  es la velocidad de captura requerida. El valor de la velocidad de captura puede estimarse a través de la ilustración 2-13 mientras que los caudales definidos por cada tipo de dispositivo de captura pueden observarse en la ilustración 2-12.

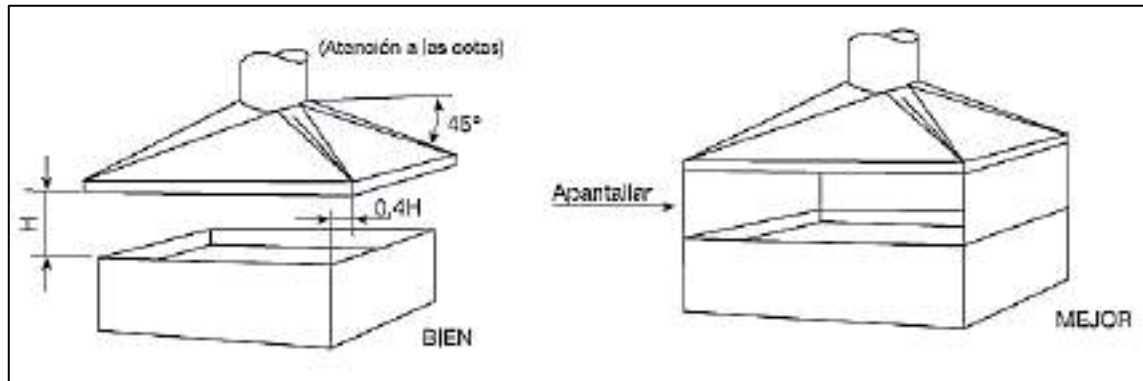
$$Q = v_a \cdot A_f \quad (2.1)$$

**Tabla 2-1:** Tipos de campanas y su caudal de extracción

Tipo de campana	Descripción	Caudal
	Campana simple	$Q = V(10 * 2 + A)$
	Campana simple con pestaña	$Q = 0,75V(10 * 2 + A)$
	Cabina	$Q = VA = VWH$


	Campana elevada	$Q = 1,4PVH$
	Rendija múltiple, 2 o más rendijas	$Q = V(10 * 2 + A)$

Fuente: Soler y Palau, 2012



**Ilustración 2-12:** Configuración campana elevada

Fuente: Soler y Palau, 2012

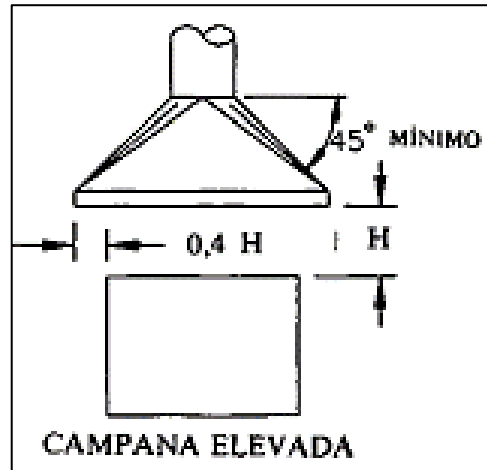
	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación m/s		
 <p>Únicamente gases y vapores</p>	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto.	Cocinas. Evaporación en tanques. Desengrasado.	0,25 - 0,5		
	Desprendimientos a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura. Decapado. Talleres galvanotecnía.	0,5 - 1		
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cabinas de pintura.	1 - 2,5		
 <p>Con partículas sólidas en suspensión</p>	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Trituradoras.	1 - 2,5		
	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire.	Esmerinado. Rectificada.	2,5 - 10		
<p>Se adoptarán valores en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:</p> <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p><b>Inferior</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pocas corrientes de aire en el local.</li> <li>2. Contaminantes de baja toxicidad.</li> <li>3. Intermitencia de las operaciones.</li> <li>4. Campanas grandes y caudales elevados.</li> </ol> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p><b>Superior</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Corrientes turbulentas en el local.</li> <li>2. Contaminantes de alta toxicidad.</li> <li>3. Operaciones continuas.</li> <li>4. Campanas de pequeño tamaño.</li> </ol> </td> </tr> </table>				<p><b>Inferior</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pocas corrientes de aire en el local.</li> <li>2. Contaminantes de baja toxicidad.</li> <li>3. Intermitencia de las operaciones.</li> <li>4. Campanas grandes y caudales elevados.</li> </ol>	<p><b>Superior</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Corrientes turbulentas en el local.</li> <li>2. Contaminantes de alta toxicidad.</li> <li>3. Operaciones continuas.</li> <li>4. Campanas de pequeño tamaño.</li> </ol>
<p><b>Inferior</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pocas corrientes de aire en el local.</li> <li>2. Contaminantes de baja toxicidad.</li> <li>3. Intermitencia de las operaciones.</li> <li>4. Campanas grandes y caudales elevados.</li> </ol>	<p><b>Superior</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Corrientes turbulentas en el local.</li> <li>2. Contaminantes de alta toxicidad.</li> <li>3. Operaciones continuas.</li> <li>4. Campanas de pequeño tamaño.</li> </ol>				

**Ilustración 2-13:** Velocidades de captura sugeridas de acuerdo al tipo de emisión

Fuente: Soler y Palau, 2012

Los límites superior e inferior del intervalo dependerán de las características y naturaleza del gas, por lo que es necesario seguir las consideraciones de la ilustración 2-13.

En ciertos casos se estandarizan ciertos valores para la velocidad de captación en campanas fijas para vapores y gases enfatizando las características de la fuente de contaminación.



**Ilustración 2-14:** Campana elevada

Fuente: (ACGIH, 1988)

Para el cálculo del caudal de este tipo de campana se utiliza la siguiente ecuación.

$$Q = 1,4 PHV \quad (2.2)$$

Donde:

P: Perímetro de la cuba [m]

H: Altura [m]

V: Velocidad [m/s]

Para este caso no es recomendable para casos donde los trabajadores deben inclinarse sobre el foco, y los intervalos varían entre 0,25 y 2,5 m/s en base a las corrientes de aire transversales.

También existen tres configuraciones diferentes de la misma campana que son las siguientes

- Campana sin laterales

$$Q = 1,4 PHV \quad (2.3)$$

Donde:

P: Perímetro de la cuba [m]

H: Altura [m]

V: Velocidad [m/s]

- Campana con dos laterales cerrados

$$Q = (W + L) * H * V \quad (2.4)$$

Donde:

W y L: Laterales cerrados [m]

H: Altura [m]

V: Velocidad [m/s]

- Campana con tres laterales cerrados

$$Q = W * H * V \quad (2.5)$$

Donde:

W: Laterales cerrados [m]

H: Altura [m]

V: Velocidad [m/s]

El valor de la velocidad de captación puede estimarse de acuerdo a la ilustración 2-13.

Las ecuaciones fueron sacadas de la norma (ACGIH, 1988).

## 2.6. El gas ideal.

Diversos autores, como Van Wylen et al. (2002) y Jones y Dugan (1997), definen el gas ideal como aquel que sigue la ecuación de estado presentada en la Ecuación 2.6.

$$P * v = \bar{R} * T \quad (2.6)$$

Desde un punto de vista microscópico, esta ecuación se obtiene cuando las moléculas del gas están muy separadas unas de otras, lo que significa que no hay fuerzas intermoleculares significativas. El gas ideal es un modelo razonable del comportamiento de los gases reales a muy baja densidad, es decir, a bajas presiones y altas temperatura.

## 2.7. Comportamiento de gases reales

La ecuación de gas ideal es una herramienta simple y conveniente, pero no es precisa en estados cercanos a la región de saturación y el punto crítico. Como se muestra en la ilustración 2-14, los gases reales se desvían del comportamiento de gas ideal en estas condiciones.

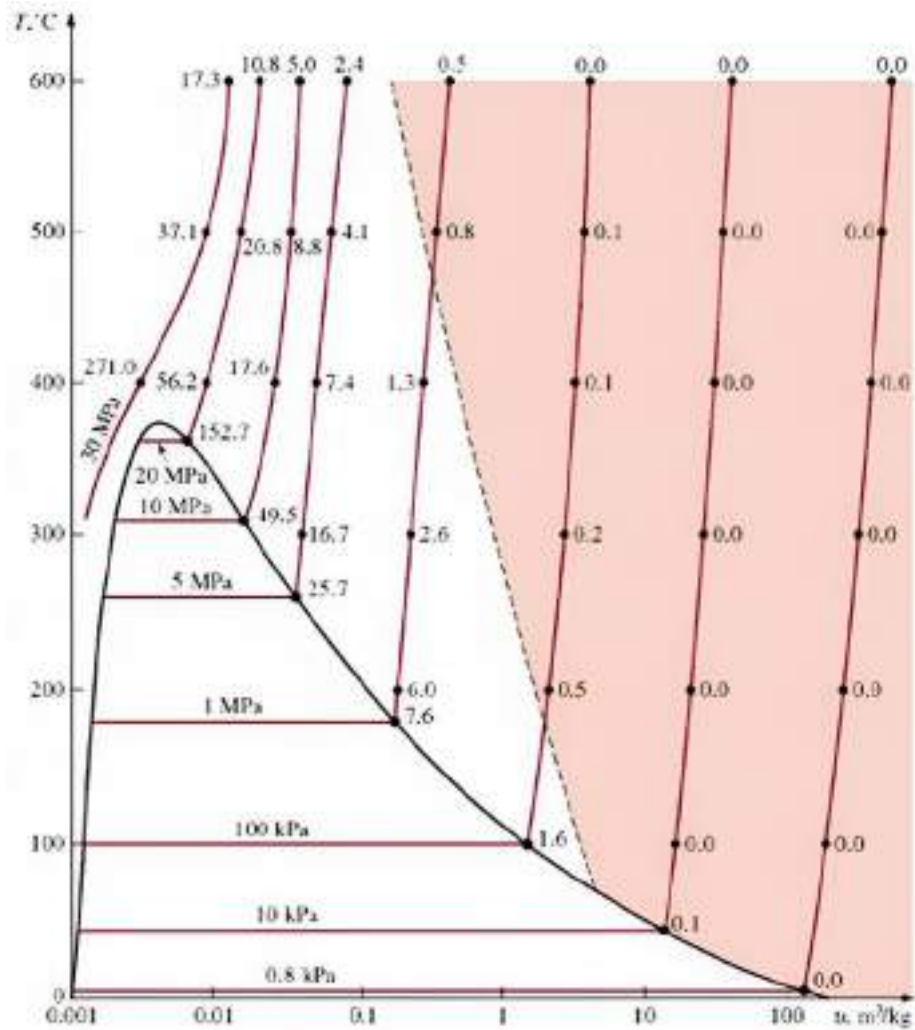
Es por ello que la ecuación de estado de Van der Waals (Ecuación 2.7) subsana esta desviación mediante la introducción de un factor de corrección conocido como factor de compresibilidad Z, el cual depende de la temperatura, la presión y las propiedades específicas del gas.

$$Z = \frac{P * v}{\bar{R} * T} \quad (2.7)$$

Este factor también se puede expresar como lo señala la Ecuación 2.8.

$$Z = \frac{V_{Real}}{V_{Ideal}} \quad (2.8)$$

Cuanto más lejos se encuentra Z de la unidad, mayor es la desviación que el gas presenta respecto al comportamiento de gas ideal.



**Ilustración 2-15:** Error cometido al considerar el vapor de agua como un gas ideal.

Fuente: (Yunus A, 2013)

## 2.8. Velocidad de captación

Corresponde a la velocidad del aire en un punto genérico ubicado frente a la boca de admisión de la campana, la cual es necesaria para superar la oposición de las corrientes de aire y capturar al contaminante dirigiéndolo hacia la campana (Manual de ventilación industrial, 1992).

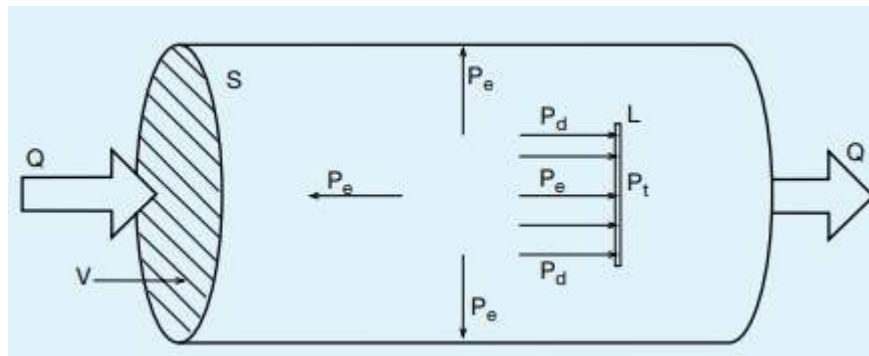
## 2.9. Velocidad de transporte en el ducto

Es la velocidad media de las partículas de aire en la sección del ducto de la campana. Generalmente se puede considerar como el promedio de las velocidades medidas en puntos particulares dentro del área del ducto. Cuando existen partículas sólidas en suspensión en la corriente de aire, la velocidad de transporte en el ducto debe ser igual o superior a la velocidad de arrastre mínima de la partícula en cuestión (Manual de ventilación industrial, 1992).

Las velocidades de transporte en los conductos no deben superar los 30 m/s, debido a que, se incrementan las pérdidas de carga, aumentando la potencia requerida para la circulación del aire. Observándose igualmente un aumento en la acción abrasiva de los polvos, que actúa en el desgaste de los conductos y sus accesorios, incrementando los gastos de mantenimiento del sistema de ventilación. Al mismo tiempo se incrementa el ruido producido por el aire y los polvos que éste transporta, presentado mayor índice de vibraciones de los conductos, obligando a una sujeción más costosa de los mismos. (Programa de formación de gestores energéticos e industrias, 2018)

## 2.10. Caudal

El caudal se define como la cantidad de un fluido que pasa a través de una sección transversal de un conducto en un tiempo determinado y mide en unidades de volumen por unidad de tiempo, como metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), litros por segundo (L/s) o galones por minuto (gpm).



**Ilustración 2-16:** Movimiento del aire a través de un conducto.

**Fuente:** Soler y Palau, 2012

El caudal se puede determinar con la siguiente ecuación:

Donde:

Q: Es el caudal de la cantidad de aire que circula  $m^3/h$

V: Volumen del aire ( $m^3$ )

t: El tiempo (s)

## 2.11. Presión (P)

El aire, para circular, necesita de una determinada fuerza que le empuje. Esta fuerza, por unidad de superficie, es lo que se llama Presión. Hay tres clases de presión, que son, estática, dinámica y total (Soler y Palau, 2012).



### 2.11.1. Presión estática ( $P_E$ )

Es la que ejerce en todas las direcciones dentro del conducto o sobre las paredes del mismo, producto del peso del fluido en cuestión. Si el conducto fuese cerrado, como un recipiente con el aire en reposo, también se manifestaría este tipo de Presión. La Presión Estática puede ser positiva, si es superior a la atmosférica o bien negativa, si está por debajo de ella (Soler y Palau, 2012).

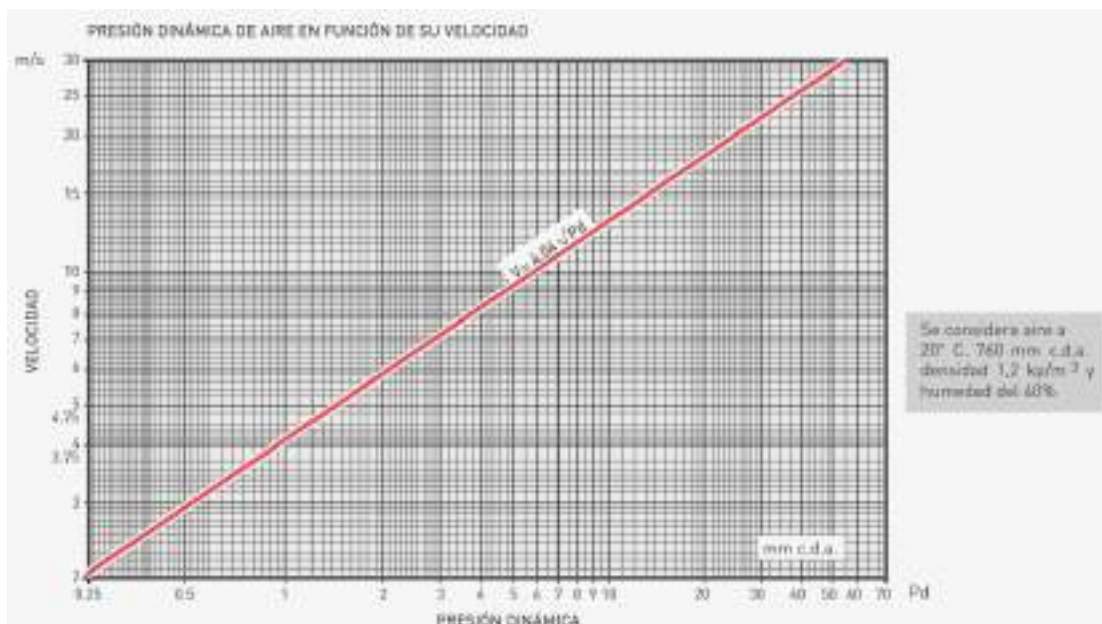
### 2.11.2. Presión dinámica ( $P_d$ )

Es la presión que se deriva de la aceleración de una masa de fluido desde cero hasta la velocidad de régimen. Se manifiesta sólo en la dirección del flujo y viene relacionada con la velocidad del mismo, aproximadamente por las fórmulas: (Soler y Palau, 2012).

$$P_d = \frac{v^2}{16} \text{ (mm c. d. a)} \quad (2.9)$$

$$v = 4 \sqrt{P_d \left( \frac{m}{s} \right)} \quad (2.10)$$

La gráfica de la ilustración 2-16 se relacionan ambas magnitudes, la Velocidad del aire  $v$  y su correspondiente Presión Dinámica  $P_d$ . Se debe tener en cuenta que la Presión Dinámica es siempre positiva (Soler y Palau, 2012).



**Ilustración 2-17:** Presión dinámica.

Fuente: (Soler y Palau, 2012)

### **2.11.3. Presión total ( $P_t$ )**

Es la presión que ejerce el aire sobre un cuerpo que se opone a su movimiento. En la ilustración 2-16 sería la presión sobre una lámina L opuesta a la dirección del aire. Esta presión es suma de las dos anteriores (Soler y Palau, 2012).

$$P_t = P_e + P_d \quad (2.7)$$

En hidráulica esta expresión recibe el nombre de Ecuación de Bernoulli.

### **2.12. Pérdidas de carga**

La pérdida de carga es la presión que debe ejercer un ventilador para que el aire fluya a través de un conducto. Se calcula teniendo en cuenta la longitud del conducto, el diámetro hidráulico, la velocidad y densidad del aire, y la rugosidad de las paredes.

La pérdida de carga es un factor importante a tener en cuenta en el diseño de sistemas de ventilación. Una pérdida de carga excesiva puede provocar un aumento del consumo de energía del ventilador, así como una reducción del rendimiento del sistema.

En instalaciones importantes, es necesario calcular con precisión la pérdida de carga para garantizar un funcionamiento eficiente del sistema. En instalaciones de poca importancia, se puede realizar un cálculo aproximado, pero siempre teniendo en cuenta la pérdida de carga como un factor importante (Munson, Okiishi and Huebsch, 2009).

### **2.13. Pérdidas en tramos rectos**

La caída de presión y la pérdida de carga en una tubería, está estrechamente ligada con la rugosidad de la misma, ya que influye directamente en el esfuerzo cortante que se da en la interacción entre el fluido y la pared del ducto. De esta forma, la caída de presión para un flujo turbulento, incompresible y estable es una función de la velocidad del fluido, la longitud del ducto, así como su diámetro y la rugosidad de las paredes, interactuando con la densidad y la viscosidad del fluido que circula por este (Munson, Okiishi and Huebsch, 2009).

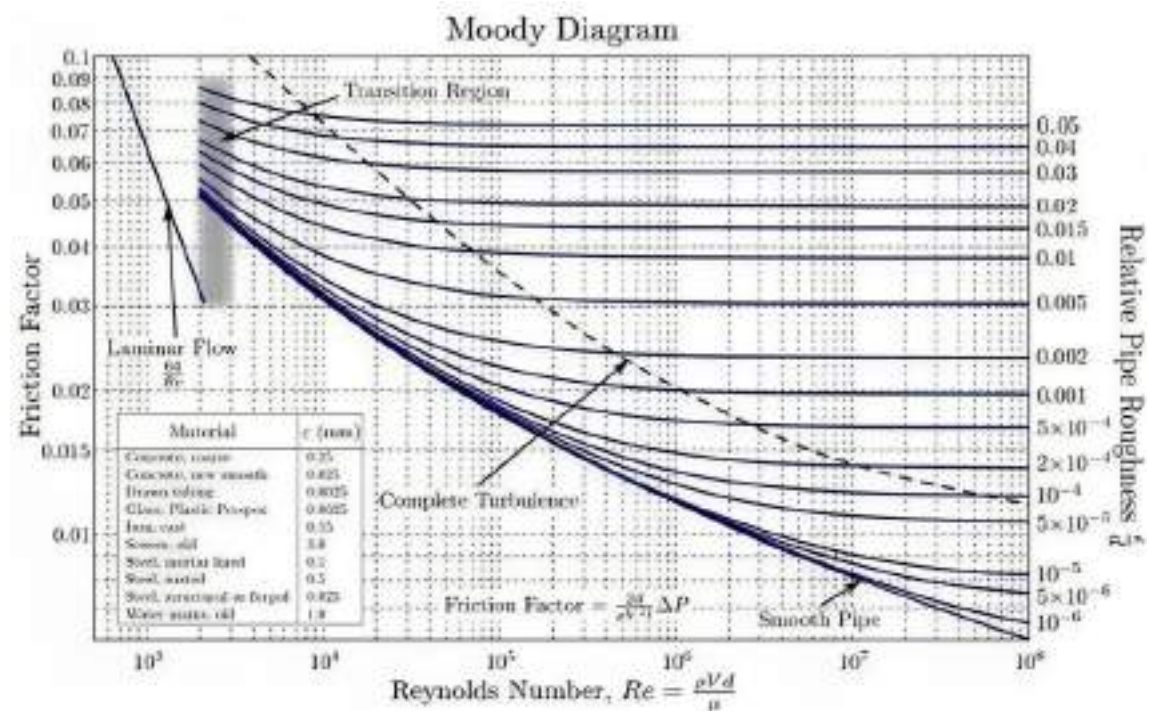
### 2.13.1. Ductos

#### 2.13.1.1. Ducto de sección circular

Para un ducto de sección transversal circular, la caída de presión está definida por el diámetro característico de esta y su expresión viene representada por la ecuación de Darcy-Weisbach (ecuación 2.8), siempre y cuando el flujo sea estable, incompresible y totalmente desarrollado en conductos sin importar su orientación.

$$\Delta p = f \frac{l}{D} \frac{\rho V^2}{2} \quad (2.11)$$

Donde  $f$ , representa el factor de fricción relativo dentro de la tubería. La fricción es un elemento característico de la tubería, sin embargo, en la industria, es imposible adquirir un ducto con una rugosidad uniforme o bien definida, por lo que la medida de rugosidad puede acercarse mediante los diagramas de Moody, descritos en la ilustración 2-17.



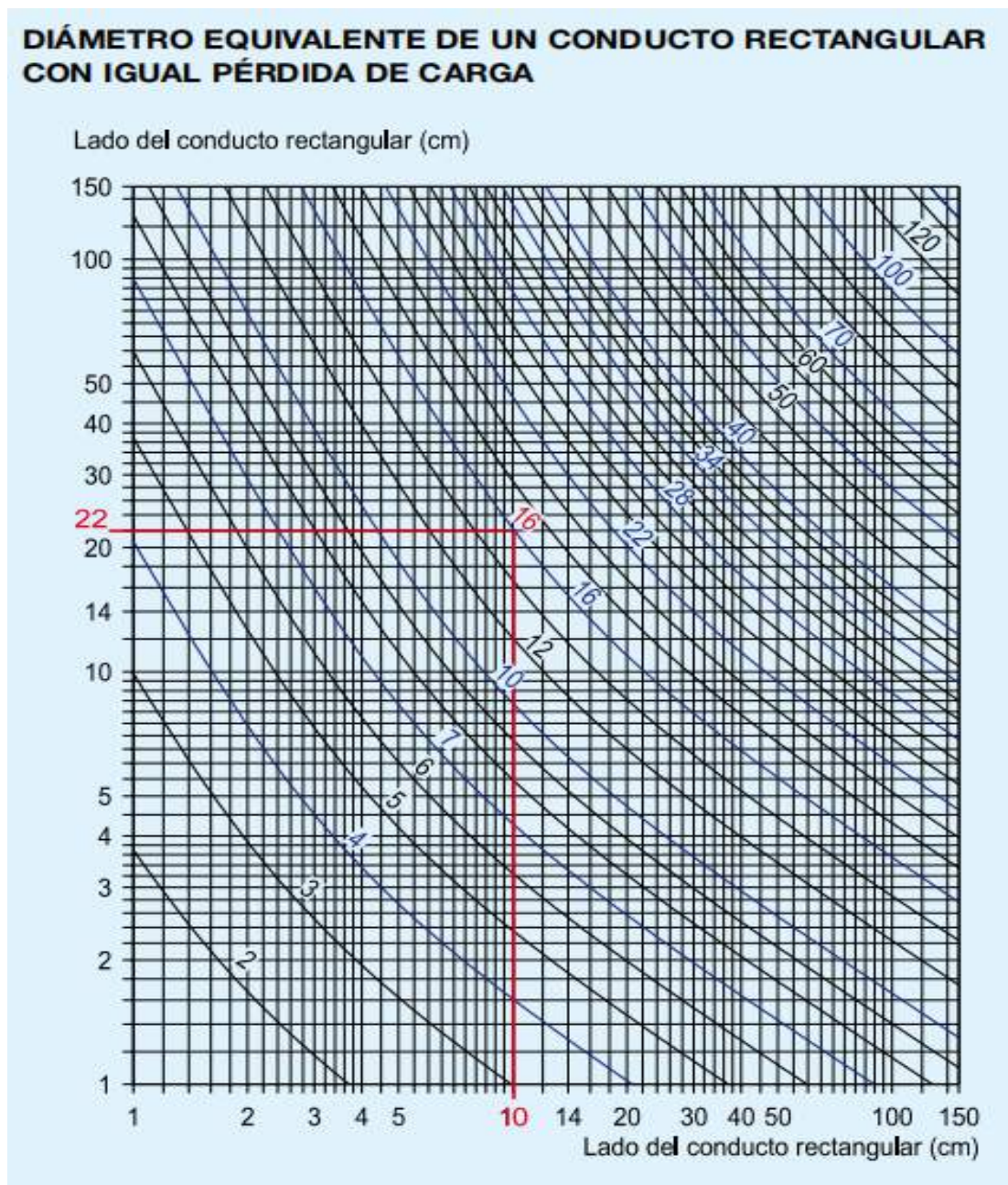
**Ilustración 2-18:** Diagrama de Moody para la estimación del factor de fricción.

Fuente: (Munson, Okiishi and Huebsch, 2009)

#### 2.13.1.2. Ducto de sección rectangular

Si la sección del conducto no es circular, caso frecuente en instalaciones de ventilación en donde se presentan formas rectangulares o cuadradas, es necesario determinar antes la sección circular equivalente, esto es, aquella que presenta la misma pérdida de carga que la circular considerada.

El diámetro equivalente puede determinarse de forma práctica por medio de la ilustración 2-19 y estimar sus pérdidas mediante la ecuación 2.11.



**Ilustración 2-19:** Diámetro equivalente de un conducto rectangular con igual pérdida de carga

Fuente: (Soler y Palau, 2012)

### 2.13.2. Pérdidas por accesorios

El común de los sistemas de transporte de fluidos, además de tuberías, está conformado por secciones curvas y complementos denominados accesorios, los cuales, a pesar de representar una pérdida o caída menor de presión, se hacen críticos si sumamos la cantidad de estos complementos



que pueden existir en un sistema bien definido y contribuyen a la pérdida de presión global del mismo. Estas pérdidas se denominan pérdidas menores ya que solo se asocian a los componentes, mientras que las asociadas a las tuberías se consideran pérdidas mayores.

### 2.13.2.1. Accesorios

Los accesorios de tuberías son elementos esenciales para el diseño, construcción y mantenimiento de redes de tuberías. En una red de tuberías, los accesorios se denominan a los elementos que se utilizan para unir, desviar, controlar o cerrar el flujo de fluidos, aunque también estos se utilizan para conectar tuberías de diferentes diámetros, materiales o materiales de unión. Los tipos de accesorios se dividen en:

- Accesorios de unión: Estos accesorios se utilizan para unir dos o más tuberías. Los tipos más comunes de accesorios de unión son las uniones, las bridas y las soldaduras.
- Accesorios de derivación: se utilizan para desviar el flujo de fluido de una tubería a otra. Los tipos más comunes de accesorios de derivación son las uniones tipo T y las crucetas.
- Accesorios de control: Los tipos más comunes de accesorios de control son las válvulas, los reguladores y los limitadores.
- Accesorios de cierre: Los tipos más comunes de accesorios de cierre son las tapas, los tapones y las válvulas de cierre.

Las pérdidas que ocurren este tipo de elementos pueden ser consideradas a partir de dos métodos independientes, conocidos como, el método de la presión dinámica y método de la longitud equivalente. El método de la presión dinámica se basa en la estimación de un coeficiente de pérdida característico de cada accesorio multiplicado por la presión dinámica presente en el conducto, como se muestra en la ecuación 2.9.

$$h_{Lmenor} = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (2.12)$$

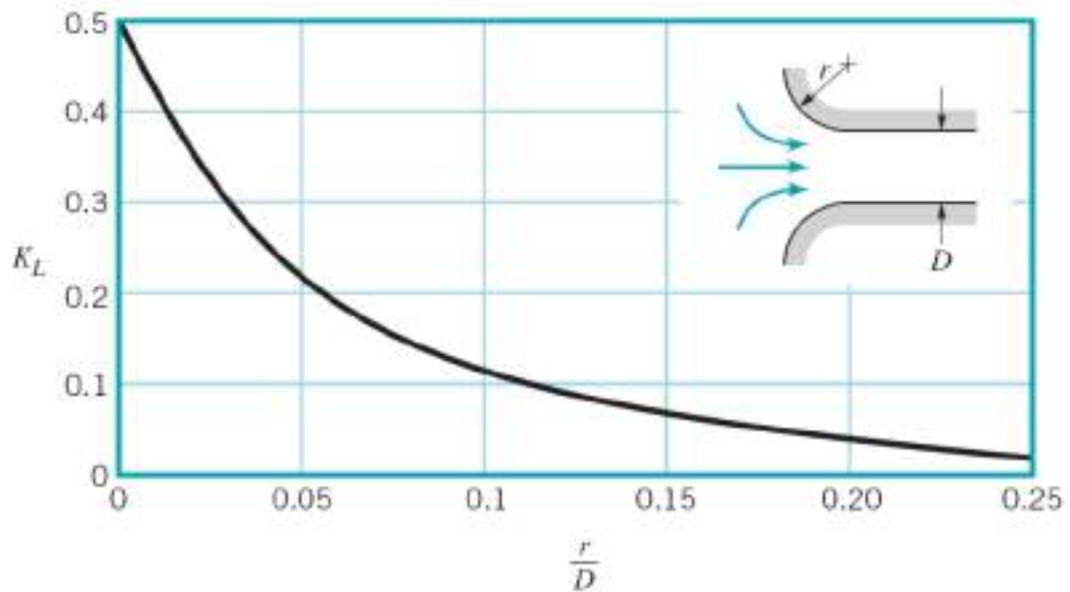
Por otra parte, el método de la longitud equivalente, considera que el accesorio en cuestión es equivalente a un tramo de conducto recto, que produciría una pérdida similar de carga. De este modo la pérdida será una función del tamaño del accesorio y de la presión dinámica en el conducto como se aprecia en las ecuaciones 2.13 y 2.14 (Munson, Okiishi and Huebsch, 2009).

$$h_{Lmenor} = l_{eq} \frac{V^2}{2g} \quad (2.13)$$

$$l_{eq} = \frac{K_L D}{f} \quad (2.14)$$

### 2.13.2.2. Entrada de ductos

Las pérdidas pueden aumentar aún más si el fluido se encuentra en su camino con cambios abruptos de sección, como lo es el caso de una entrada de un ramal o sección de tubería, de modo que cualquier cambio de sección contribuye a pérdidas no explicadas por la ecuación 2.11 ni por los conocidos factores de fricción por lo que, en su defecto, cada tipo de apertura posee su patrón característico definido y visualizado en la ilustración 2-20.



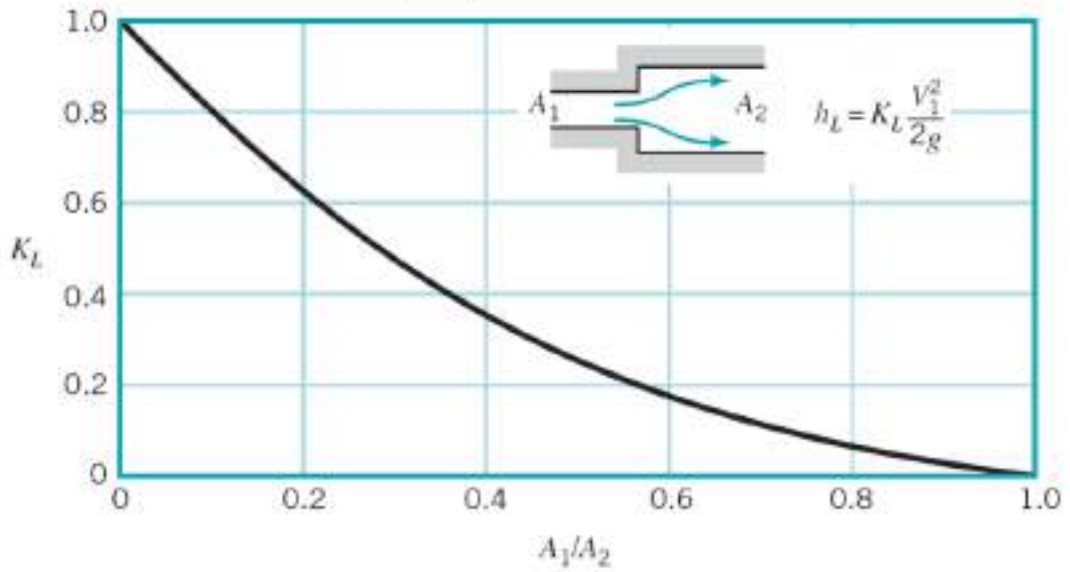
**Ilustración 2-20:** Variación del factor  $K_L$  para una entrada redondeada.

Fuente: (Munson, Okiishi and Huebsch, 2009).

### 2.13.2.3. Salida de ductos

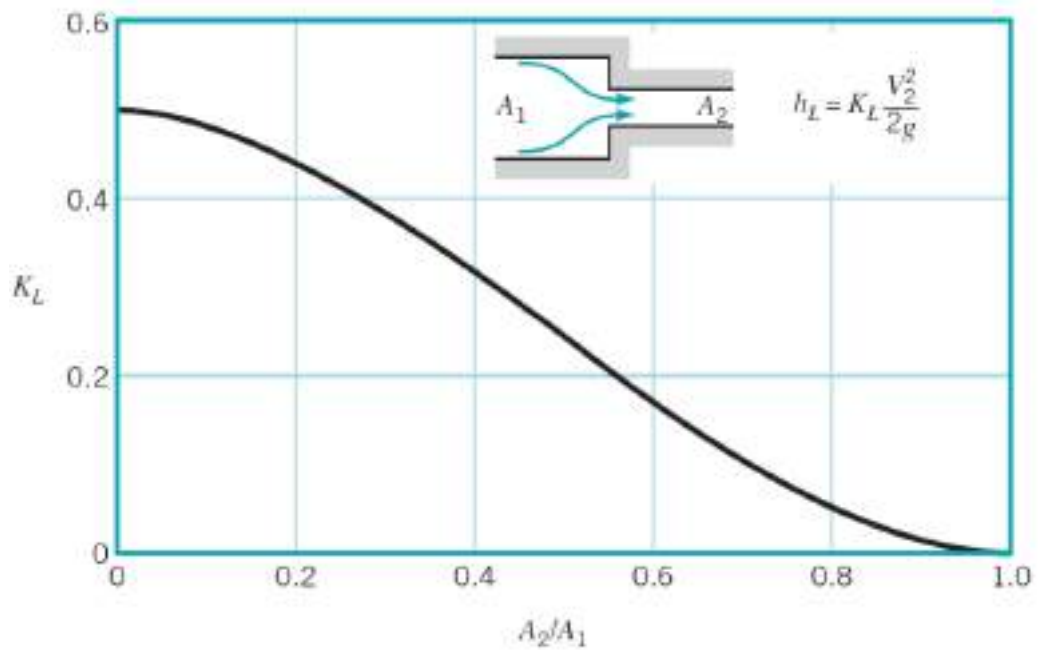
En estos casos, el flujo en una expansión repentina dentro de una tubería es similar al flujo desarrollado en una salida, generando una estructura, tipo chorro que se expande y se desarrolla nuevamente corriente abajo de la apertura. De esta manera, es posible generar una función analítica que permite describir las pérdidas de presión debido a la expansión del fluido. Esta ecuación está resumida en 2.15, y es una función que dependerá de la interrelación entre el área de flujo y salida del fluido. Una ilustración de este comportamiento puede ser apreciado en las ilustraciones 2-21 y 2-22.

$$K_L = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \quad (2.15)$$



**Ilustración 2-21:** Coeficiente de pérdidas para una expansión repentina.

Fuente: (Munson, Okiishi and Huebsch, 2009).



**Ilustración 2-22:** Coeficiente de pérdidas para una contracción repentina.

Fuente: (Munson, Okiishi and Huebsch, 2009).

#### 2.13.2.4. Codos

Los codos son secciones elementos en la tubería destinados a cambiar la orientación del flujo, es por lo que, debido a su configuración son capaces de presentar pérdidas de carga mayores a los de una sección recta. Esto se debe a que en el codo existen regiones de separación del flujo que producen un espacio vacío que arremolina el resto del flujo aumentando el coeficiente de fricción

y por ende los factores  $K_L$  utilizadas para estimar dichas pérdidas, como se puede apreciar en la ilustración 2-23.

■ **TABLE 8.2**

Loss Coefficients for Pipe Components ( $h_L = K_L \frac{V^2}{2g}$ ) (Data from Refs. 5, 10, 27)

Component	$K_L$
<b>a. Elbows</b>	
Regular 90°, flanged	0.3
Regular 90°, threaded	1.5
Long radius 90°, flanged	0.2
Long radius 90°, threaded	0.7
Long radius 45°, flanged	0.2
Regular 45°, threaded	0.4
<b>b. 180° return bends</b>	
180° return bend, flanged	0.2
180° return bend, threaded	1.5
<b>c. Tees</b>	
Line flow, flanged	0.2
Line flow, threaded	0.9
Branch flow, flanged	1.0
Branch flow, threaded	2.0
<b>d. Union, threaded</b>	
	0.08
<b>e. Valves</b>	
Globe, fully open	10
Angle, fully open	2
Gate, fully open	0.15
Gate, $\frac{1}{2}$ closed	0.26
Gate, $\frac{1}{3}$ closed	2.1
Gate, $\frac{2}{3}$ closed	17
Swing check, forward flow	2
Swing check, backward flow	$\infty$
Ball valve, fully open	0.05
Ball valve, $\frac{1}{2}$ closed	5.5
Ball valve, $\frac{2}{3}$ closed	210



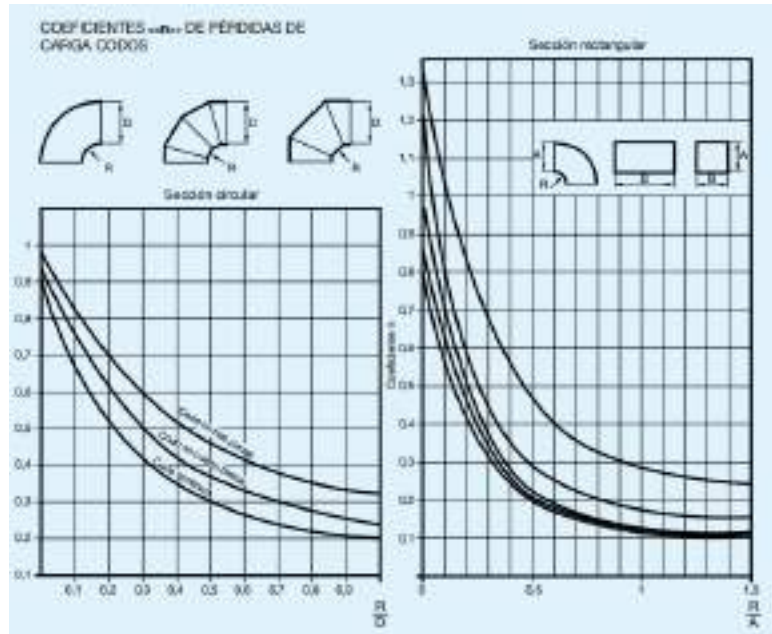
**Ilustración 2-23:** Coeficiente de pérdidas codos y uniones.

**Fuente:** (Munson, Okiishi and Huebsch, 2009).

Sin embargo, como en la mayoría de las aplicaciones de flujo de aire y extracción, las tuberías no son de sección transversal circular, si no cuadradas o rectangulares, existe una correlación entre el comportamiento de codos como accesorios de sección circular o codos de sección cuadrada como la descrita en la ilustración 2-24, la que se puede observar el comportamiento del coeficiente  $K_L$  para ambos casos. Por regla general los codos de sección transversal cuadrada o rectangular presentan un mayor coeficiente de pérdida que los codos circulares, esto se debe a la aparición de



sectores vacíos en el flujo del fluido que aumenta el coeficiente de fricción asociado al movimiento del flujo.



**Ilustración 2-24:** Coeficiente de pérdidas codos y uniones.

Fuente: (Munson, Okiishi and Huebsch, 2009).

### Conformación de codos circulares

La conformación de codos circulares en ductos es una técnica fundamental en la industria de la construcción y el mantenimiento de sistemas de extracción. Estos codos permiten cambiar la dirección del flujo dentro del ducto de manera suave y eficiente, evitando turbulencias y pérdidas de presión. Para calcular y diseñar adecuadamente estos codos, se deben considerar diversos factores, como el radio del tubo, el radio del codo y los ángulos de inclinación del mismo.

#### 2.13.2.5. Anemómetro

Un anemómetro es un instrumento científico que se utiliza para medir la velocidad del viento en múltiples aplicaciones, como la meteorología, la ingeniería y la aviación. Hay muchos tipos de anemómetros, pero todos funcionan con el mismo principio básico, el cual consiste en generar una fuerza proporcional a la fuerza del viento que se utilizará para medir su velocidad. Existen varios tipos diferentes de anemómetros, cada uno con sus propias ventajas y desventajas, entre los que se conocen:

- Anemómetros de molinete: utilizan la fuerza del viento para girar una hélice o molinete, con la que se determina la velocidad midiendo la velocidad de rotación del molinete. Un ejemplo del mismo lo encontramos en la ilustración 2-25.
- Anemómetros de copa: se basan en el principio del anemómetro de molinete, pero se utiliza la fuerza del viento para hacer girar una serie de copas. La velocidad del viento se determina midiendo la velocidad de rotación de las copas.
- Anemómetros de filamento caliente: Estos anemómetros utilizan la diferencia de temperatura entre un filamento caliente y el aire circundante para medir la velocidad del viento.

Anemómetros Doppler: Estos anemómetros utilizan el efecto Doppler para medir la velocidad del viento.

El tipo de anemómetro que se utilice dependerá de la aplicación específica. Por ejemplo, los anemómetros de molinete y de copa son relativamente baratos y fáciles de usar, pero son menos precisos que los anemómetros de filamento caliente y Doppler. Los anemómetros de filamento caliente y Doppler son más precisos, pero son también más caros y complejos.



**Ilustración 2-25:** Anemómetro de lectura analógica.

Fuente: (Soler y Palau, 2012).

## 2.14. Lenguaje de programación C#

Un lenguaje de programación es un conjunto de reglas gramaticales que se utilizan para comunicar instrucciones a un ordenador. Estas instrucciones se denominan código, y se pueden utilizar para crear todo tipo de software, desde aplicaciones web hasta juegos y sistemas operativos.

La elección del lenguaje de programación adecuado para un proyecto depende de una serie de factores, como el tipo de aplicación que se va a desarrollar, las necesidades del usuario y las preferencias del programador.

Para el desarrollo de este proyecto, se utilizó el lenguaje de programación C#. el cual es un lenguaje de programación versátil, principalmente orientado a objetos puros, pero que es capaz de admitir diferentes enfoques, lo cual es muy útil para el desarrollo de software. Este fue desarrollado por Microsoft como parte de su plataforma .NET y se puede utilizar para crear una amplia gama de aplicaciones, desde aplicaciones industriales

#### ***2.14.1. Características del lenguaje C#***

C# tiene una serie de características que lo hacen un lenguaje de programación potente y versátil, entre las que se incluyen:

- Orientación a objetos: Esto significa que las aplicaciones de C# se construyen a partir de objetos que interactúan entre sí.
- Sintaxis concisa: C# tiene una sintaxis más intuitiva que lo hace más fácil de aprender y usar.
- Biblioteca de clases más completa: C# tiene una biblioteca de clases más grande y completa que proporciona funcionalidad para una amplia gama de tareas.
- Soporte para múltiples plataformas: C# es un lenguaje de programación multiplataforma. Esto significa que las aplicaciones de C# se pueden ejecutar en una variedad de sistemas operativos, incluidos Windows, macOS y Linux.

#### **2.15. Base de datos**

La elección del tipo de base de datos adecuada para una aplicación depende de los requisitos de la misma, por ejemplo, si se necesita almacenar datos estructurados, como información de clientes o productos, una base de datos relacional es una buena opción. Sin embargo, si una aplicación necesita almacenar datos no estructurados, como imágenes o documentos, una base de datos NoSQL es lo más recomendable.

#### ***2.15.1. Tipos de base de datos que se pueden usar bajo C#***

Para el desarrollo del software requerido por este proyecto, se pueden implementar varios tipos de bases de datos de manera única o entrelazadas de manera que se pueda explotar todo el potencial de la aplicación. Entre las principales bases de datos que se pueden aplicar basándose

en el lenguaje C# se tienen las bases de datos relacionales, las orientadas a objetos y las bases de datos gráficas.

#### *2.15.1.1. Bases de datos relacionales*

Las bases de datos relacionales son el tipo de base de datos más común. Se basan en el modelo relacional, que organiza los datos en tablas. Cada tabla tiene una serie de columnas, que representan los atributos de los datos, y una serie de filas, que representan las instancias de los mismos.

Las bases de datos relacionales se caracterizan por su alto rendimiento, escalabilidad y flexibilidad. Son adecuadas para una amplia gama de aplicaciones, desde sistemas de gestión de inventario hasta sitios web de comercio electrónico.

Algunos ejemplos de bases de datos relacionales son MySQL, PostgreSQL y Oracle.

#### *2.15.1.2. Bases de datos orientadas a objetos*

Las bases de datos orientadas a objetos son bases de datos que organizan los datos en bloques con características definidas denominadas objetos. Los objetos son entidades que tienen propiedades y métodos asignados por el diseñador.

Las bases de datos orientadas a objetos se utilizan en aplicaciones que requieren un alto rendimiento para operaciones de acceso a datos complejos.

Algunos ejemplos de bases de datos orientadas a objetos son MongoDB, CouchDB y Neo4j.

#### *2.15.1.3. Bases de datos gráficas*

Las bases de datos gráficas son bases de datos que organizan los datos en relaciones entre entidades y cuyas relaciones se representan mediante gráficos. Las bases de datos gráficas se utilizan en aplicaciones que requieren un alto rendimiento para operaciones de búsqueda y análisis de datos.

Algunos ejemplos de bases de datos gráficas son Neo4j, GraphDB y TigerGraph.

## **2.16. Salarios mínimos por ley 2024**

De acuerdo con la cámara de industrias de construcción dentro del Ecuador establece la siguiente tabla de remuneración básica unificada para la construcción, servicios técnicos y arquitectónicos.

La cual nos presenta de manera detallada los costos de horario de acuerdo a las categorías correspondientes de los trabajadores como se aprecia en la ilustración



## SALARIOS MÍNIMOS POR LEY 2024

CATEGORÍAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DÉCIMO TERCERO	DÉCIMO CUARTO	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO	
Remuneración básica unificada mínima Construcción y servicios técnicos y arquitectónicas	\$400.00							Jornal diario \$400 - 7PMD	
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL 02 (PRIMERA Y SEGUNDA CATEGORÍA)</b>									
<b>PRIMERA Y SEGUNDA CATEGORÍA</b>	Pala	\$ 471.96	471.96	400.00	888.12	471.96	7.755.54	33.14	4.14
	Ayudante de Albañil	\$ 471.96	471.96	400.00	888.12	471.96	7.755.54	33.14	4.14
	Ayudante de Carpintero	\$ 471.96	471.96	400.00	888.12	471.96	7.755.54	33.14	4.14
	Ayudante de Electricista	\$ 471.96	471.96	400.00	888.12	471.96	7.755.54	33.14	4.14
	Ayudante de Ferreiro	\$ 471.96	471.96	400.00	888.12	471.96	7.755.54	33.14	4.14
	Ayudante de Plomero	\$ 471.96	471.96	400.00	888.12	471.96	7.755.54	33.14	4.14
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL 02</b>									
<b>TERCERA CATEGORÍA</b>	Ayudante de marcenaria	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Albañil	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Operador de equipo fijo	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Pala	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Pintor de interiores	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Pintor empapelador	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Plomero	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Carpintero	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Trabajador e carpintero de obra	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Plomero	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Electricista o trabajador de mantenimiento general	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Ayudante de cerrador	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Cadenero	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19
	Marcenaria	\$ 478.11	478.11	400.00	897.08	478.11	7.850.60	33.55	4.19

**Ilustración 2-26:** Tabla salarios mínimos por ley 2024.

Fuente: (Salarios Mínimos Por Ley, 2024)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Diseño de la investigación

Dentro de los principios para el diseño de un sistema de extracción se debe considerar un diseño experimental que permita la manipulación de variables y condiciones definidas para el diseño y evaluación de las diferentes formas de construcción de los sistemas de extracción de gases, el cual permite la determinación de su costo final.

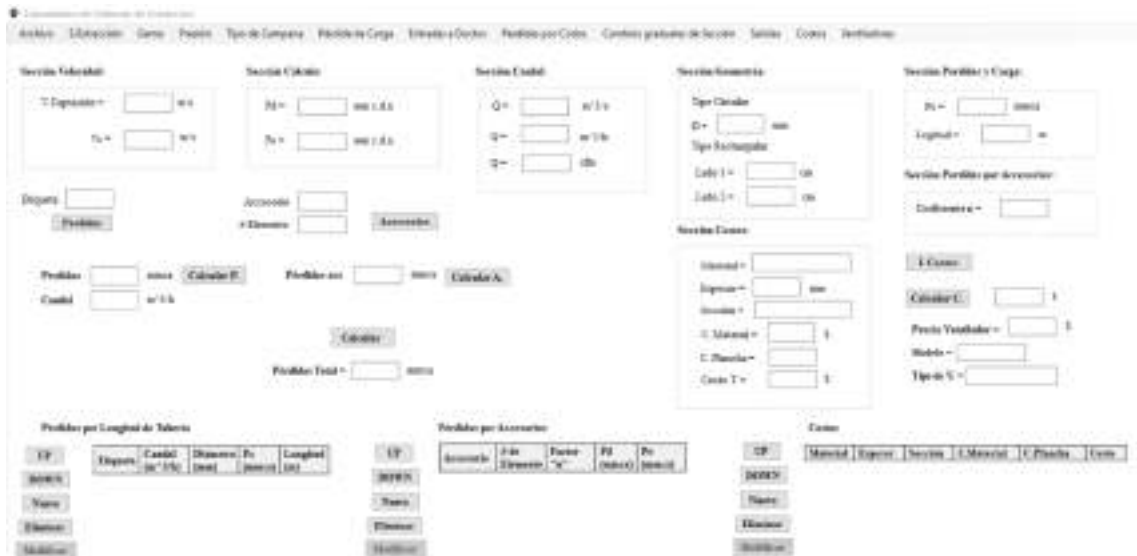
#### 3.2. Procesamiento de datos

Una vez obtenido los cálculos teóricos se deben ingresar los datos resultantes al Software, siguiendo las especificaciones técnicas, con la finalidad de obtener el costo final del sistema de extracción acorde al diseño previsto.

#### 3.3. Diseño del software

##### 3.3.1. *Diseño de la interfaz de usuario*

La interfaz de usuario juega un papel crucial en la aceptación y utilidad del software. En el diseño de la interfaz para un sistema de extracción de gases, se priorizó que sea intuitivo y amigable, para que los usuarios puedan interactuar con el sistema de manera eficiente, comprendiendo rápidamente las funciones y visualizando la información relevante. La disposición de controles, la presentación de datos y la navegación se diseñó de manera secuencial y lógica. La creación de etiquetas de ayudas facilita la optimización de la interfaz, asegurando que sea accesible incluso para aquellos usuarios con menos experiencia técnica, tal como se muestra en la siguiente ilustración 3-1.



**Ilustración 3-1:** Interfaz de usuario.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

### 3.3.2. Algoritmo

En esta etapa crucial de la investigación, nos enfocamos en el desarrollo de algoritmos eficientes destinados a la extracción de gases. La complejidad de este proceso implica la consideración de diversos factores, tales como la cantidad de gases presentes, la presión y la temperatura del entorno. La tarea consiste en diseñar algoritmos capaces de gestionar estos parámetros de manera precisa y rápida, contribuyendo así al rendimiento óptimo del sistema.

## 3.4. Desarrollo del software

### 3.4.1. Configuración de los parámetros para el desarrollo del software

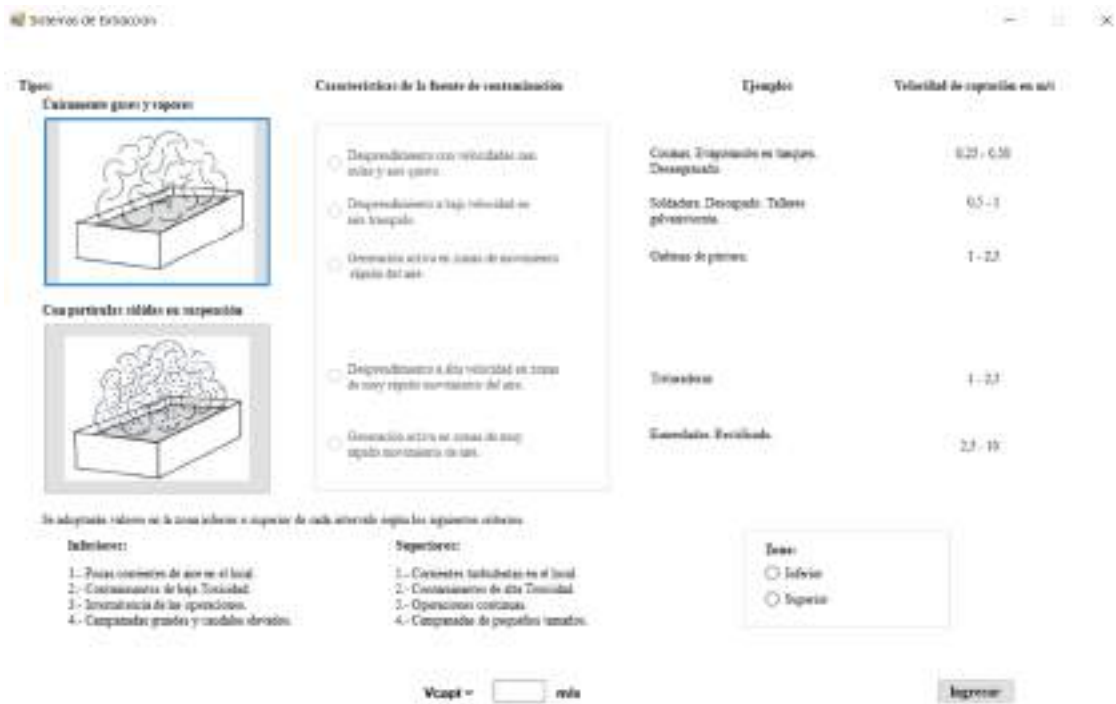
#### 3.4.1.1. Determinación de la velocidad de captación

Para determinar la velocidad que debe tener el aire para arrastrar los vapores, gases, humos y polvo en el punto más distante de la campana es necesario conocer la característica de la fuente contaminación los cuales se clasifican en dos grandes grupos tal y como especifica en la ilustración 2-13. Existen dos maneras de obtener la velocidad de captación.

- La caracterización de la fuente de contaminación.
- Ejemplificación de procesos.

Cabe recalcar que el rango de valores que tomara la velocidad de captación tiene un límite inferior y superior de acuerdo a las especificaciones de la ilustración 2-13. Para el software presentado se

dispone de una pestaña en la cual se debe identificar el grupo al que pertenece la fuente de contaminación tal y como se representa a continuación. Dentro de la cual se selecciona el grupo al que pertenece, la fuente de contaminación o se puede tomar como referencia los ejemplos citados dentro de la interfaz, finalmente se decide los límites inferior o superior de acuerdo a las especificaciones deseadas.



**Ilustración 3-2:** Interfaz velocidad de captación.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024

Una vez obtenido la velocidad de captación es necesario determinar o encontrar la velocidad de transporte dentro del sistema de ductos.

### 3.4.1.2. Canalización del transporte

Una vez completada la fase de captación, es crucial mantener un flujo lo bastante rápido en los conductos para evitar que las partículas sólidas suspendidas se depositen y se acumulen. Este es un punto importante para el dimensionamiento del sistema de ductos el cual depende del tipo de material a extraer, tal como se representa en la ilustración. Se selecciona una opción de grupo de gases y vapores de acuerdo a lo requerido, lo recomendable en el mayor de los casos de 10m/s.



<b>Gases, vapores</b>		5 a 6(*)
<b>Humos</b>	Humos de óxido de zinc y de aluminio.	7 a 10(*)
<b>Polvos muy finos y ligeros</b>	Felpas muy finas de algodón	10 a 13
<b>Polvos secos y pólvoras</b>	Polvos finos de caucho, de baquelita, felpas de yute, polvos de algodón, de jabón.	15 a 18
<b>Polvos industriales medios</b>	Abrasivo de lijado en seco; polvos de amolar; polvos de yute, de grafito; corte de briquetas, polvos de amilla, de calcáreo, embalaje	18 a 20
<b>Polvos pesados</b>	Polvo de tonales de enameado y desmoldes, de chomado, de escariado.	20 a 23
<b>Polvos pesados o húmedos</b>	Polvos de cemento húmedo, de corte de tubos de amianto-cemento, de cal viva.	>23 o transporte neumático húmedo

Selección:   m/s

- Gases, vapores
- Humos
- Polvos muy finos y ligeros
- Polvos secos y pólvoras
- Polvos industriales medios
- Polvos pesados
- Polvos pesados o húmedos

**Ilustración 3-3:** Interfaz velocidad en el ducto.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

### 3.4.1.3. Presión dinámica

Una determinada la velocidad de captación en el ducto, se procede a obtener la presión dinámica de aire en función de su velocidad en la cual se debe tener como valor de ingreso la velocidad en el ducto, mediante una lectura del diagrama que se presenta. Sin embargo, se lo puede obtener mediante la siguiente ecuación de una manera más precisa.

Presión Dinámica

Se considera aire a 20° C, 101 325 Pa, densidad 1,2 kg/m<sup>3</sup> y viscosidad del aire.

$V_c = 12$  m/s  Presión Dinámica =

Presión Dinámica =

**Ilustración 3-4:** Interfaz presión dinámica.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

$$d = \left( \frac{v_c}{4.04} \right)^2 \quad (3.1)$$

Donde:

$v_c$ : Velocidade de captacion del ducto

$Pd$ : Presion dinámica

#### 3.4.1.4. Sistema de captación

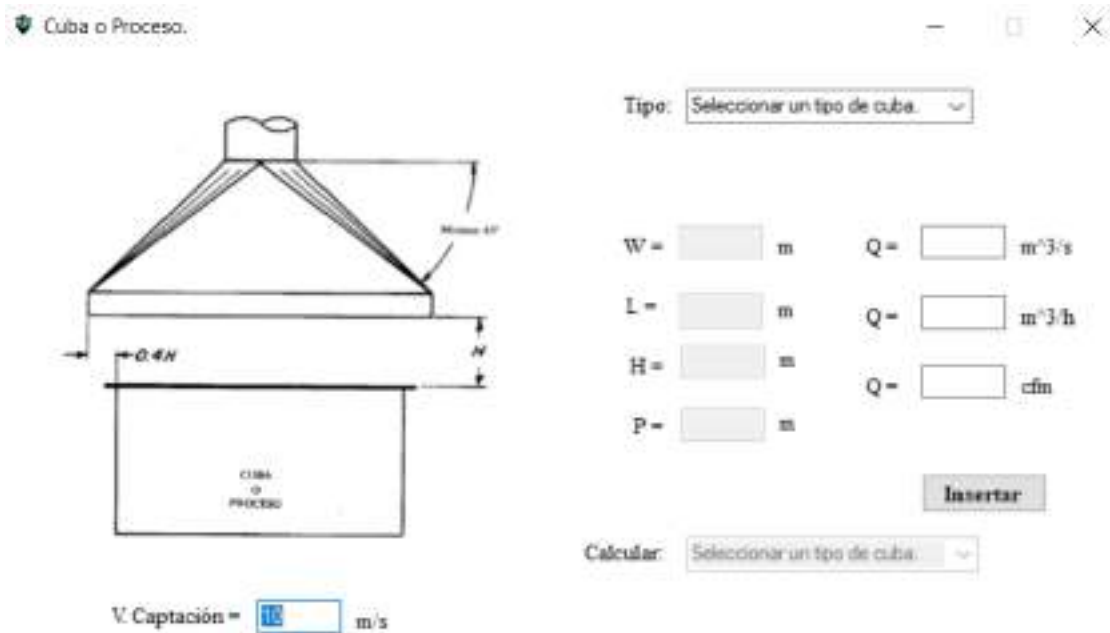
El artefacto de recolección, comúnmente llamado campana, tiene como objetivo evitar la dispersión de la sustancia contaminante en el resto del área. Este componente es crucial en la instalación, ya que, si no se diseña correctamente, puede obstaculizar la captación efectiva de los contaminantes. Además, una mala elección inicial puede resultar en la necesidad de usar flujos de aire más altos, lo que aumenta los costos de operación y de instalación. Este dispositivo puede presentarse en diferentes formas, como se muestra en la ilustración 3-5. Donde sus variables de entrada son la velocidad y el área de la campana, hay que tomar en cuenta que existen cinco tipos de campanas en la cual cada una de estas está representada por una ecuación que ayuda a determinar el caudal.

Tipo de Campana	Pérdida de Carga
Campana Simple	Ctrl-1
Campana S.C.P	Ctrl-2
Cabina	Ctrl-3
Campana Elevada	Ctrl-4
Rendija Multiple	Ctrl-5
A.C.G.I.H	Ctrl-6

**Ilustración 3-5:** Pestaña selección tipo de campana

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Para el tipo de campana se muestra una pestaña en la cual se puede seleccionar las diferentes configuraciones a usar, de igual manera se debe ingresar los datos requeridos como se puede apreciar en la ilustración 3-6 con el fin de obtener el cálculo del caudal el cual se realizó en base las ecuaciones de la tabla 2-1.



**Ilustración 3-6:** Pestaña ingreso de datos de la campana

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

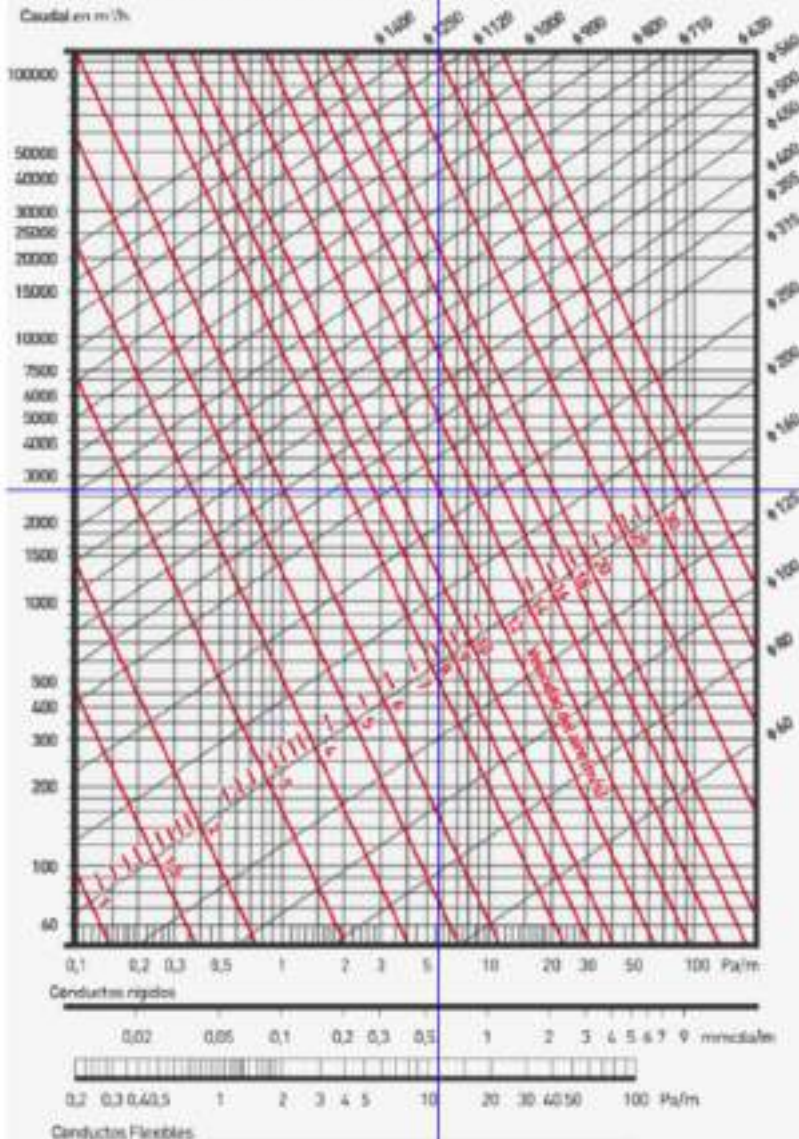
#### 3.4.1.5. Determinación del diámetro del ducto

- *Ductos circulares rectilíneos*

Para determinar el diámetro del ducto es necesario contar con las variables de caudal y velocidad de aire en el ducto encontradas anteriormente.

Dentro del software se despliega la imagen la cual facilita la lectura, mediante la intersección de las líneas correspondientes a las variables detalladas, una vez que estas se intersequen darán como resultado el valor del diámetro.

**CONDUCTOS CIRCULARES RECTILÍNEOS  
PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE**



Vc =  m/s

Q =  m³/h

D =  mm

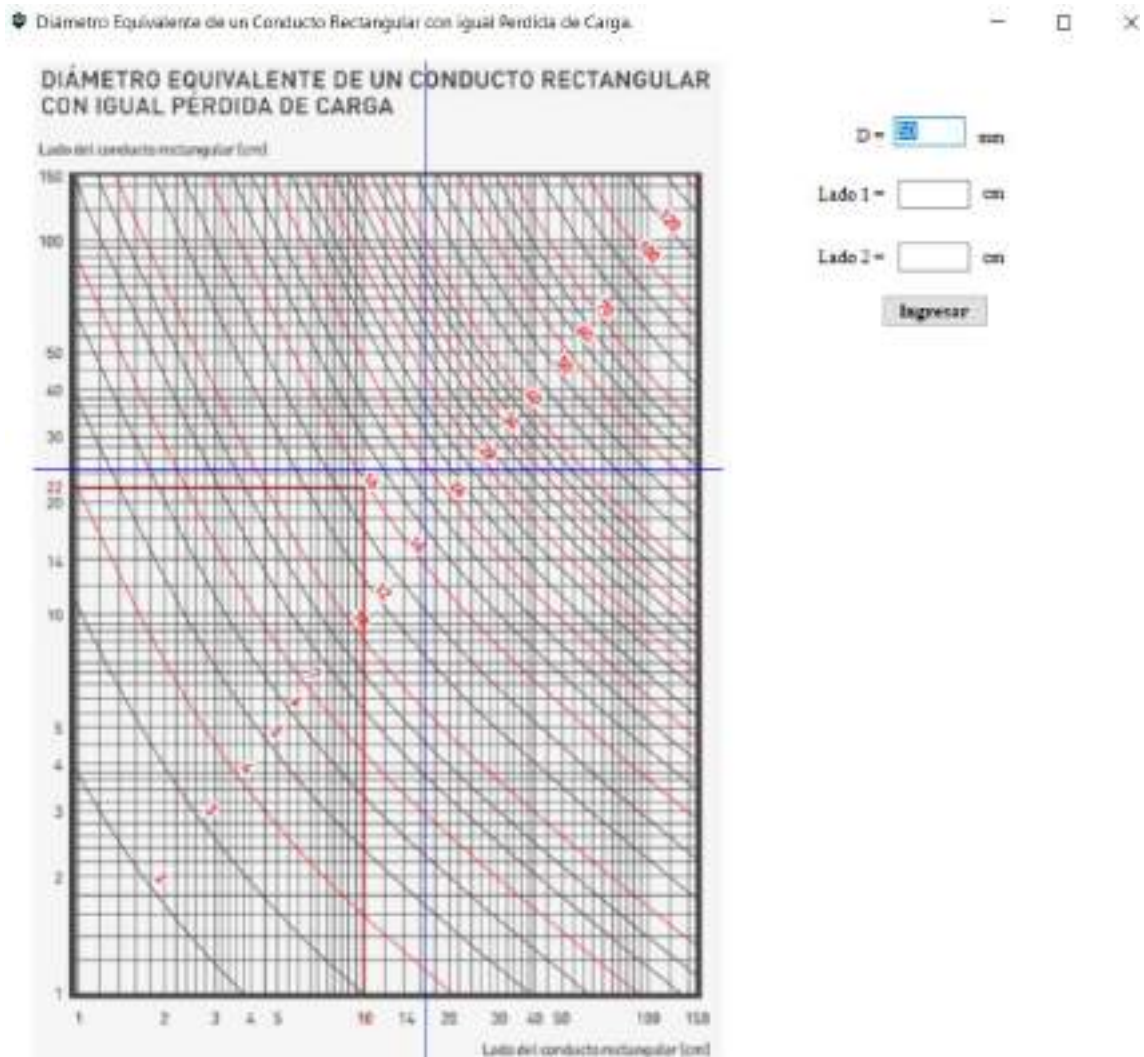
**Ilustración 3-7:** Interfaz selección del diámetro del ducto

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Ducto rectangular con diámetro equivalente e igual perdida de carga*

De ser necesario un ducto rectangular se debe tomar inicialmente el análisis de un ducto circular con la finalidad de encontrar un diámetro equivalente de una sección rectangular.

Dentro del software se despliega la imagen la cual facilita la lectura, mediante la intersección de las líneas correspondientes a las variables de caudal calculado en la tabla anterior y velocidad, una vez que estas se intersequen darán como resultado el valor del diámetro.



**Ilustración 3-8:** Interfaz del diámetro del ducto.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024

Con el diámetro obtenido de la tabla anterior es necesario intersecar la curva mediante una línea horizontal y otra vertical para determinar los valores de la sección rectangular, la cual se la debe presentar en mm.

#### 3.4.1.6. Normalización de los diámetros para construcción

El presente estudio se enfoca en optimizar el costo de construcción de ductos. Para lograr este objetivo, se propuso aprovechar al máximo las planchas de material disponibles, todas ellas con dimensiones estándar de largo y ancho tal y como se muestra en la siguiente tabla 3-1.

**Tabla 3-1:** Dimensiones estándar de las planchas

Longitud del ducto (m)	2,44
Longitud útil (m)	2,42
Ancho (m)	1,22

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Se tiene una longitud útil ya que se considera el 25% de la longitud del ducto inicial para uso de pestañas de unión y cortes.

La estrategia consiste en utilizar estas planchas para la fabricación de los ductos, minimizando así el desperdicio de material y reduciendo los costos asociados con la adquisición de material adicional. Se ha desarrollado una tabla que muestra la cantidad exacta de planchas requeridas para la construcción de ductos de diversos diámetros, datos que se obtuvieron con las siguientes ecuaciones.

$$\text{Ducto (circular)} = \text{Cant plancha} * \frac{\text{Ancho} - 0,02}{\pi * 100} \quad (3.1)$$

$$\text{Ducto (rectangular)} = \text{Cant plancha} * \frac{\text{Ancho} - 0,02}{4 * 100} \quad (3.2)$$

Este enfoque no solo implica una gestión más eficiente de los recursos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir el desperdicio de material en el proceso de construcción.

**Tabla 3-2:** Sección de ductos normalizados para la construcción

Circular		Rectangular	
Cantidad plancha	Diámetro (cm)	Cantidad Plancha	Diámetro (cm)
0,5	19	0,5	15
1	38	1	30
1,5	56	1,5	44
2	75	2	59
2,5	92	2,5	72
3	110	3	87

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

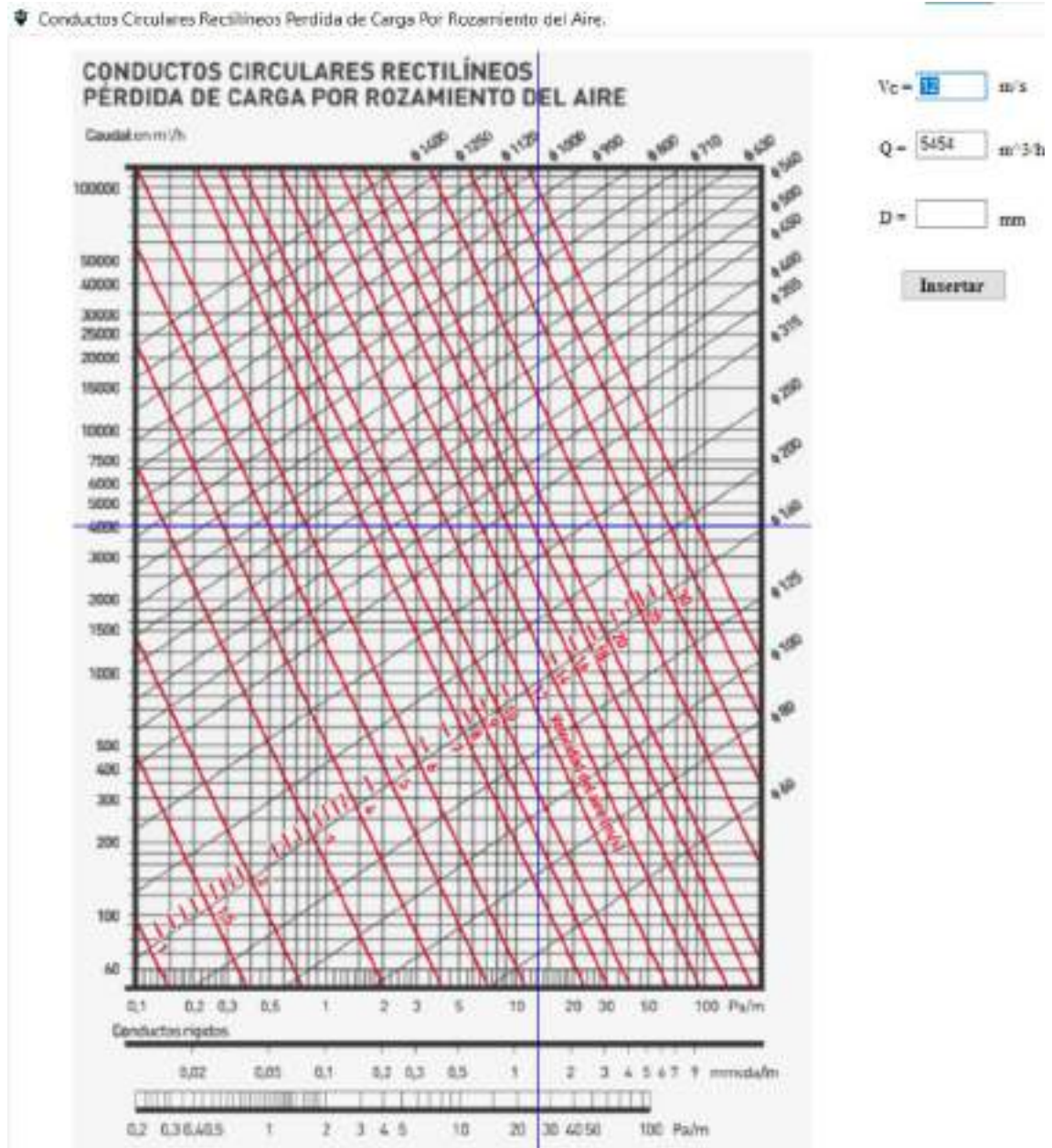
#### 3.4.1.7. Pérdidas de carga

- *Tramos rectos*

Para obtener las pérdidas de carga que se generan en los tramos rectos es necesario tener el caudal mínimo que absorbe la campana el cual fue calculado anteriormente y la velocidad de aire en el



conducto. Con estos dos parámetros, accedemos a la representación gráfica de la pérdida de carga causada por la fricción del aire. En el punto donde se cruzan los valores del caudal y la velocidad del aire en el conducto, trazamos una línea vertical que se dirige hacia el eje horizontal inferior, donde encontramos los datos de pérdida expresados en unidades de  $\frac{Pa}{m}$ .



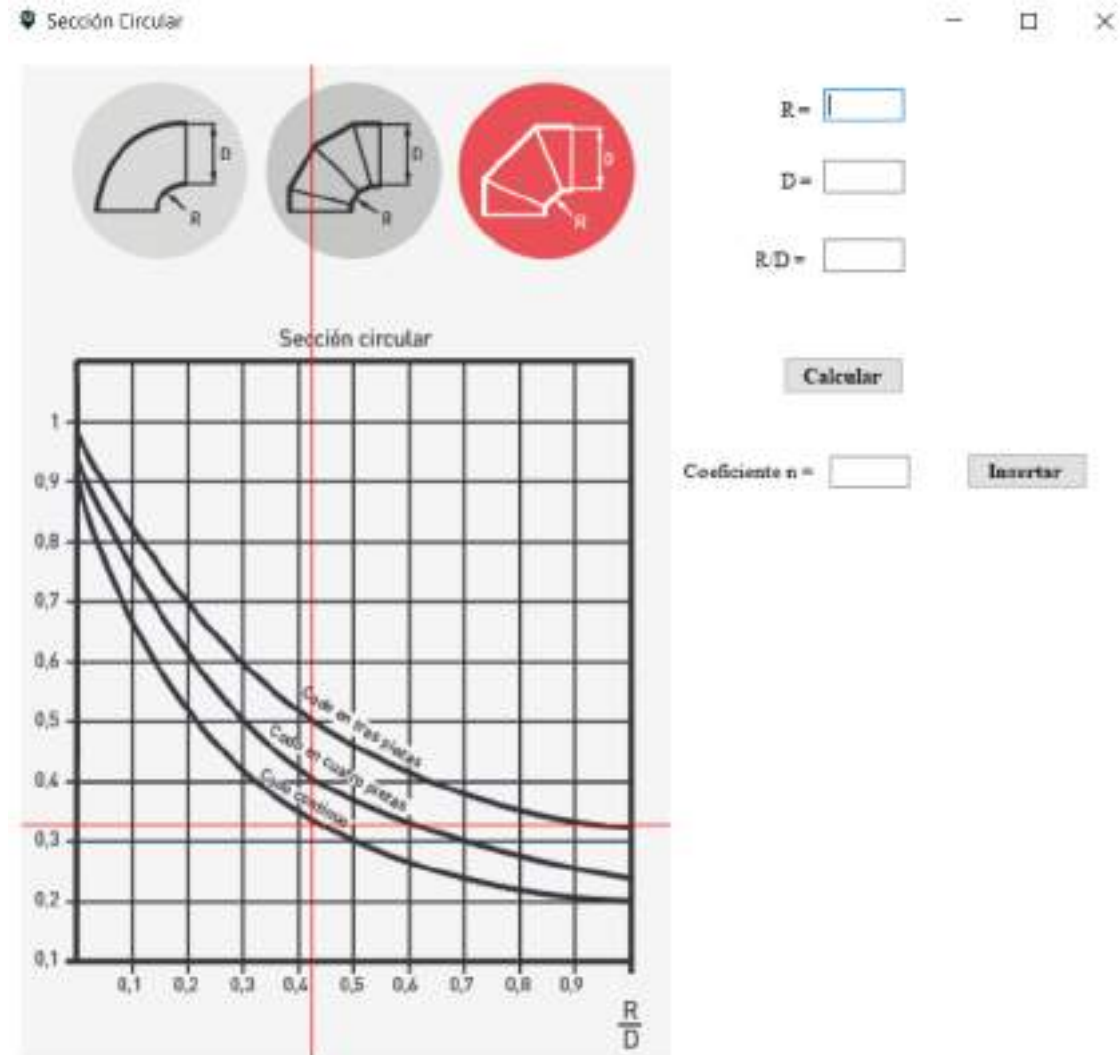
**Ilustración 3-9:** Interfaz selección del diámetro del ducto.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024

Es necesario que el valor de pérdidas de carga se lo exprese en mm.c.a por lo que el software esa conversión lo va a realizar de manera automática.

- *Codos circulares*

En los codos circulares para hallar las pérdidas es necesario tener el radio de curvatura R y el diámetro del conducto D, con eso seleccionamos en calcular y nos da la relación que existe entre estas dos variables los cuales vienen dados en cm.



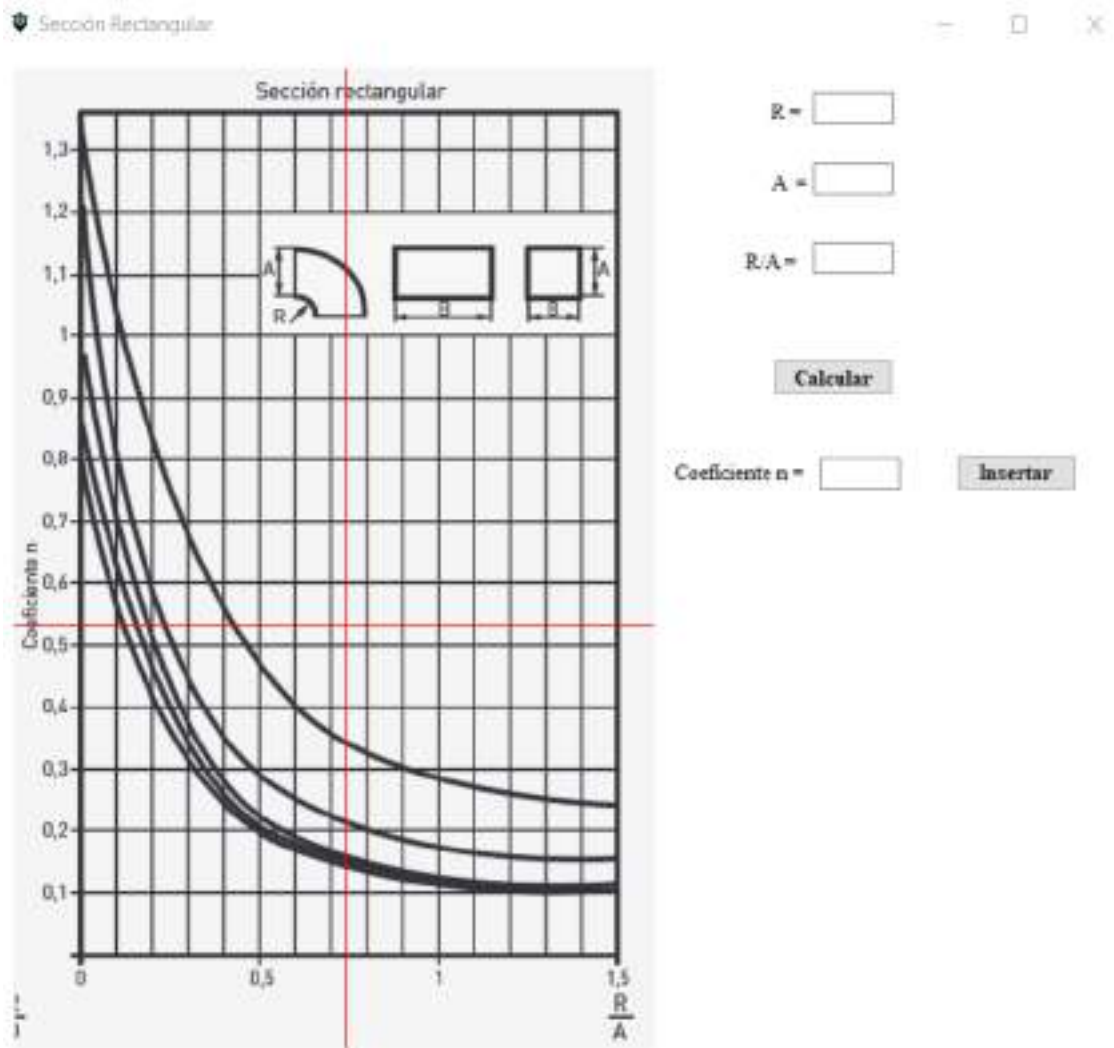
**Ilustración 3-10:** Pérdidas en codos sección circular

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Codos rectangulares*

En las pérdidas de codos rectangulares, es importante tener la geometría de la sección transversal, los lados de la sección transversal y el radio de curvatura del codo. Se hace una relación de los lados horizontal y vertical además del radio de curvatura R con el lado menor A. Nos ubicamos en la figura para secciones rectangulares, ingresamos dichos valores y seleccionamos en calcular para tener la relación y así hacer la lectura, con ayuda de las líneas guía que se programaron buscamos el valor de la intersección e ingresamos.



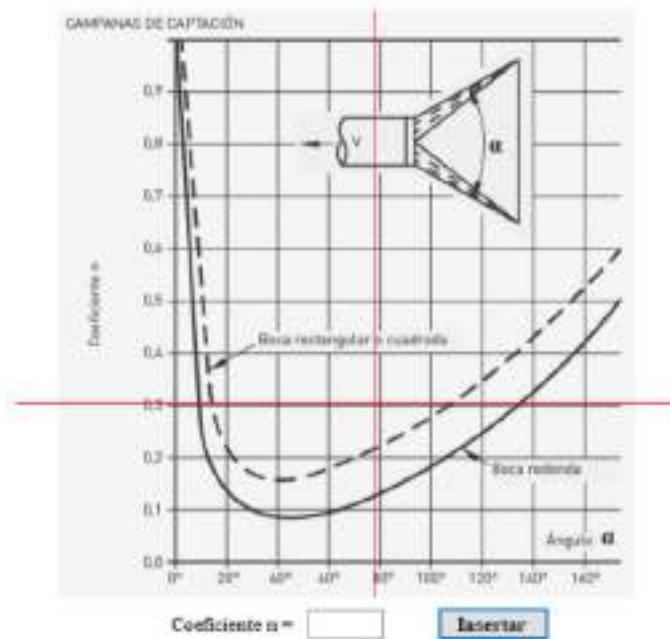


**Ilustración 3-11:** Selección pérdidas en codos de sección rectangular.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024

- *Campaña de captación*

Para el caso de la campana es necesario tener el ángulo el cual es el encargado de cambiar el sentido de ingreso del flujo de aire hacia los ductos, también es importante conocer la geometría de la boca de la campana, para la selección de las pérdidas se lo hizo mediante unas líneas guías las cuales siguen el movimiento del mouse lo cual facilita la lectura, una vez seleccionado ingresamos el valor de pérdidas manualmente como se muestra en la ilustración 3-11.



**Ilustración 3-12:** Selección para pérdidas en campanas de captación.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Pérdidas de carga total*

Una vez obtenido las pérdidas por tramo y accesorios, se realizó una suma entre estas dos la cual al seleccionar en el botón calcular nos dará el resultado final de la carga total en mm.c.a., además se agregó una opción para que se refleje el caudal promedio el cual se calculó mediante el sistema de captación.

Pérdidas  mmca       Pérdidas acc  mmca

Caudal  m<sup>3</sup>/h

Pérdidas Total =  mmca

**Ilustración 3-13:** Calculo pérdidas de carga total.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Además, se programó para que se pueda ir agregando tramo por tramo y así poder registrar los datos de una forma ordenada, también se puede editar algún valor en la tabla en caso de que se haya ingresado de forma incorrecta, esto funciona tanto para pérdidas por longitud de tubería como para accesorios.

**Pérdidas por Longitud de Tubería**

Etiqueta	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Diámetro (mm)	Pc (mmca)	Longitud (m)
----------	-------------------------------	------------------	--------------	-----------------

**Ilustración 3-14:** Tabla de representación de pérdidas por longitud de tubería

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

**Pérdidas por Accesorios**

Accesorio	# de Elemento	Factor "n"	Pd (mmca)	Pe (mmca)
-----------	---------------	------------	--------------	--------------

**Ilustración 3-15:** Tabla de representación de pérdidas por accesorios.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

#### 3.4.1.8. Selección del ventilador

Después de haber obtenido el caudal promedio y la pérdida de carga total, con ayuda del catálogo de Soler & Palau hay que revisar cada una de las gráficas y ver cuál es el ventilador a seleccionar según los datos que se obtuvieron, se programó unas líneas guía para poder intersecar de manera sencilla el valor del caudal y pérdidas.



**Ilustración 3-16:** Selección del ventilador en el software.

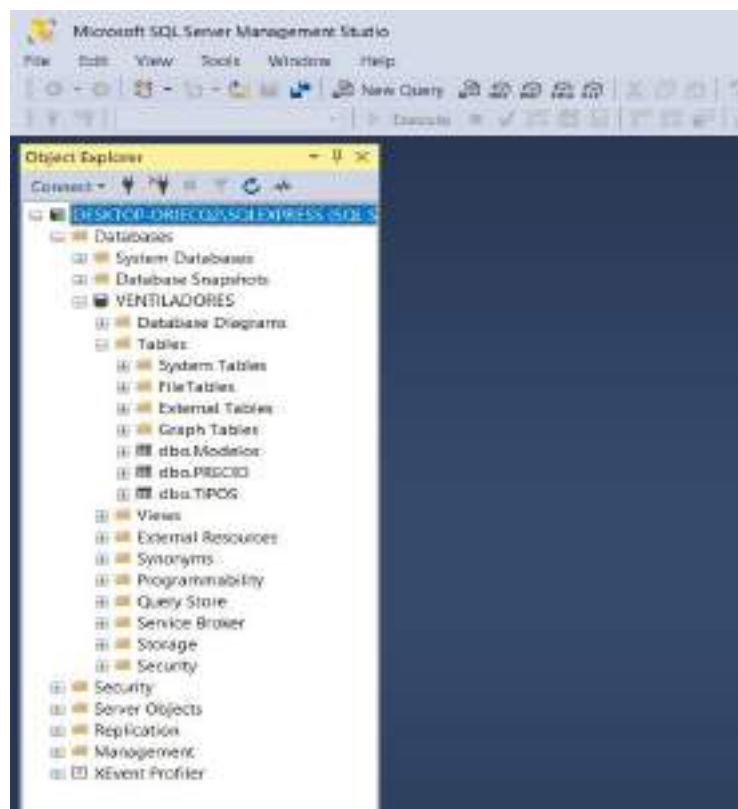
Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

En el software se cargó una base de datos con la información de cada ventilador que se encuentra disponible en el Ecuador, para la selección se agregó una lista desplegable con el tipo de ventilador y modelo, una vez que se seleccione las dos opciones automáticamente nos arrojará el precio actual en el mercado Anexo K como se mostró en la ilustración 3-16.

Además, se agregó un botón de “descargar” el cual al seleccionar nos descarga automáticamente la ficha técnica del ventilador seleccionado.

### 3.4.2. Diseño de la base de datos

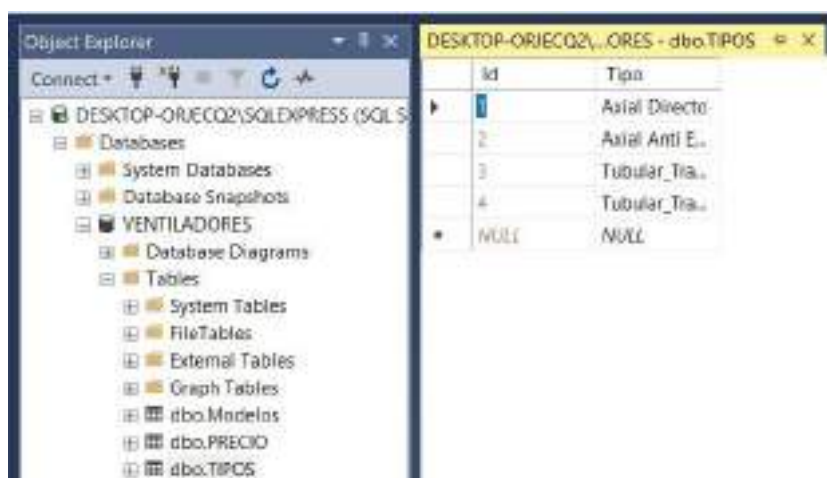
Para la creación de la base de datos se utilizó una aplicación externa llamada SQL Server, perteneciente a Microsoft. En ella se realizaron varias tablas, las cuales nos permiten contener todas las características de los ventiladores. Después de la investigación previa que se realizó, donde se encontró todas las características, se hicieron tres tablas que contienen toda esta información.



**Ilustración 3-17:** Diseño de la base de datos en Sql Server Management Studio

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Estas tres tablas se comunican entre sí, en este caso tenemos la tabla de tipos, precios y modelos. En la tabla tipos es la cual se encuentra la tabla matriz o tabla madre, la cual permite relacionar a las otras dos. Esto se lo hace mediante ID, lo que quiere decir es que dependiendo del equipo que se quiere realizar la consulta, va a llamar a su relación o a su correspondencia de la siguiente tabla o de la otra tabla, en este caso de la tabla precios y de la tabla denominada modelos.



**Ilustración 3-18:** Ingreso de datos de los tipos de ventiladores

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Id_modelo	Id_tipo	Modelo
1	1	HXB-400/L
2	1	HXB-400/H
3	1	HXB-500/L
4	1	HXB-500/H
5	1	HXT-400/H
6	1	HXT-500/L
7	1	HXT-500/H
8	1	HXT-630/L
9	1	HXT-630/H
10	1	HXT/6-630/L
11	1	HXT/6-630/H
12	2	HEP-400
13	2	HEP-500
14	2	HEP-600
15	3	TTB-250
16	3	TTB-315
17	3	TTB-400
18	3	TTT-400
19	3	TTB-500
20	3	TTT-500
21	4	TAT-560/L
22	4	TAT-560/H
23	4	TAT-630/L
24	4	TAT-630/H
25	4	TAT-710/L
26	4	TAT-710/H
27	4	TAT-800/L
28	4	TAT-800/H
29	4	TAT-900/L

**Ilustración 3-19:** Modelos de los ventiladores.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Id_precio	Id_Modelo	Precio
1	1	260
2	2	368
3	3	Modelo no ...
4	4	Modelo no ...
5	5	Modelo no ...
6	6	Modelo no ...
7	7	Modelo no ...
8	8	658,4
9	9	733,6
10	10	Modelo no ...
11	11	Modelo no ...
12	12	Modelo no ...
13	13	728
14	14	797,6
15	15	Modelo no ...
16	16	Modelo no ...
17	17	645
18	18	Modelo no ...
19	19	752
20	20	804
21	21	Modelo no ...
22	22	Modelo no ...
23	23	1588
24	24	Modelo no ...
25	25	Modelo no ...
26	26	Modelo no ...
27	27	1985
28	28	1788
29	29	Modelo no ...

**Ilustración 3-20:** Ingreso de costos de los ventiladores

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

### 3.4.2.1. Funcionamiento de la base de datos

La base de datos funciona de la siguiente manera. Desde la tabla matriz se permiten relacionar las otras dos tablas, pero a su vez estas dos tablas se pueden relacionar entre sí o a su vez también con la tabla madre, es decir las tres se encuentran interconectadas entre sí mismas. La tabla madre, es la cual permite la integración de los PDF que se encuentran para cada modelo o para cada tipo de ventilador, esta tabla a su vez se desarrolló ya netamente en el programa, utilizando C-Sharp.

Por lo tanto, desde estas tres tablas vamos a relacionarla con nuestra cuarta tabla, es importante recalcar que en esa cuarta tabla podemos encontrar las direcciones para descargar los PDF de cada uno de los ventiladores (características técnicas). Así es como funciona la base de datos, mediante línea de código, que al ser una aplicación externa la base no se puede conectar, a menos que se lo haga manualmente como es en este caso, es decir necesitamos que el programa llame remotamente o automáticamente. Para ello se implementó unas líneas de código que permiten realizar esta función, donde en los despegables se encuentran las características que se desee consultar, la integración entre las tablas permite que se pueda interactuar de manera muy sencilla o para saber una característica puntual.

### 3.4.3. *Costos*

Para la programación de los costos, se requiere de unos parámetros de entrada, los cuales varían dependiendo de lo que se ha requerido. Por ese motivo se ha dividido en costos directos e indirectos donde dentro de los costos directos tenemos: costos de materiales, costos de mano de obra, equipos – herramientas y de transporte mientras que en los costos indirectos se toma en cuenta el costo ingenieril, utilidad e imprevistos.

$$\text{Costos directos} = CM + CO + CH + CE$$

Donde

CM: Costo de material [\$].

CO: Costo mano de obra [\$].

CH: Costo herramientas [\$].

CO: Costo equipo [\$].

#### 3.4.3.1. *Costos directos*

- *Costos de material*

Para los costos de material se tuvo en cuenta ciertas consideraciones:

- El tipo de material y espesor con los cuales se va a trabajar.
- Qué tipo de sección se va a realizar.
- Longitud del ducto



**Tabla 3-3:** Costos materiales

		Acero inoxidable			
Galvanizado		Acero brillante		Acero 304	
Espesor (mm)	Costo \$	Espesor (mm)	Costos \$	Espesor (mm)	Costos \$
0,5	14,06	0,5	23,88	0,5	54,5
0,6	16,86	0,6	28,52	0,6	63,5
0,7	19,65	0,7	38,36	0,7	70
0,8	22,45	0,8	42,74	0,8	83,33
0,9	25,25	0,9	47,12	0,9	96,66
1	28,05	1	51,5	1	110
1,1	30,85	1,1	58,5	1,1	117
1,2	33,65	1,2	65,5	1,2	124

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Con esto se encontró las dimensiones para secciones rectangulares y circulares, cada una de estas secciones tienen unos diámetros normalizados para la construcción tabla 3-2.

- *Costos ductos*

Tomando en cuenta todas las consideraciones anteriores el programa se encarga de darnos las partes que se van a necesitar y la cantidad de planchas necesarias para crear dicha sección. Finalmente, muestra el costo total una vez seleccionado los campos necesarios para el cálculo de este, de acuerdo con la tabla 3-3.



**Ilustración 3-21:** Pestaña costos ductos.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Para el armado la longitud de los ductos es de 2,44m y con el traslape llega a formarse un ducto útil de 2,42m.

- *Costos de campanas*

En el caso de costos de las campanas es muy importante la simetría, de la misma manera, tenemos un material y una aplicación específica, criterios que tienen ya un valor y costo registrado en la programación.

Para hallar los costos de fabricación es necesario relacionar las áreas que se forman en la campana, ya que con esos datos se puede llegar a un cálculo del costo. Para el cálculo del área se partió de la siguiente ecuación.

$$L_1 = \frac{L - W_1}{2} \quad (3.3)$$

Donde:

W: Ancho de la campana [cm]

L: Altura de la campana [cm]

$L_1$ : Altura de la campana [cm]

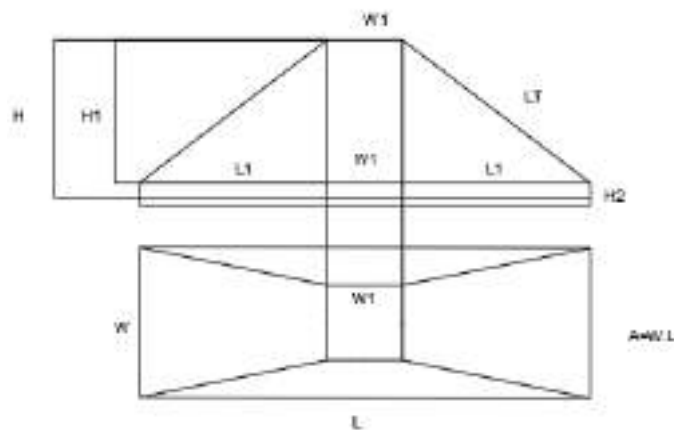
$W_1$ : Ancho de la campana [cm]

$H_1$ : Altura de la campana [cm]

$LT_1$ : Altura del trapecio 1 [cm]

$LT_2$ : Altura del trapecio 2 [cm]

Se partió de la siguiente ilustración, donde se puede apreciar las áreas en las cuales se separó para realizar el análisis.



**Ilustración 3-22:** División de la campana en áreas.

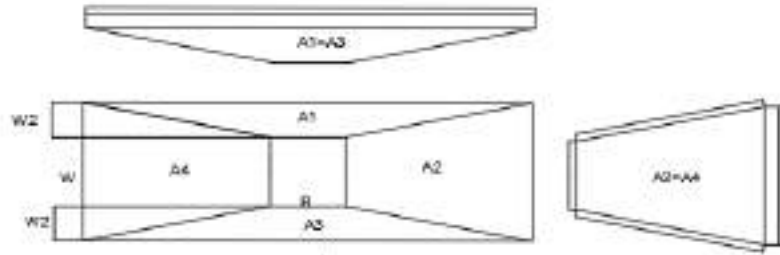
Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Partimos de la siguiente igualdad

$$L_1 = H_1$$

Se realizó una relación con el teorema de Pitágoras para hallar la altura del trapecio  $LT_1$ .

$$LT_1 = \sqrt{H_1^2 + L_1^2}$$



**Ilustración 3-23:** División de la campana en áreas vista inferior.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Para este cálculo se aplicó la fórmula del área de un trapecio.

$$W_2 = \frac{W - W_1}{2}$$

De igual manera se realizó una relación con el teorema de Pitágoras para hallar la altura del trapecio  $LT_2$ .

$$LT_2 = \sqrt{W_2^2 + H_1^2}$$

Al tener áreas diferentes se igualó el  $A_1$  con el  $A_3$  y el  $A_2$  con el  $A_4$ .

$$A_1 = A_3 = 0,5 * (L + W_1) * LT_2$$

$$A_2 = A_4 = 0,5 * (W + W_1) * LT_1$$

Una vez que tenemos las áreas, calculamos un área total con la siguiente ecuación.

$$A_T = 2 * (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) * 1,25$$

El valor del área total dividimos entre el área real que es el área de la plancha que viene dada por 122cm x 244cm, para calcular la cantidad de planchas necesarias. Finalmente, muestra el costo total una vez seleccionado los campos necesarios para el cálculo de este, de acuerdo con la tabla 3-3.

**Costo Campana**

Material:  Espesor:  C. material  \$

Sección Rectangular:  Sección Circular:  W:  cm

W1:  L:  cm

L1:  LT1:  A1 = A3:  W2:

H2:  A2 = A4:  AT:  Areal:

Cant. de Planchas  Costo Total  \$

**Ilustración 3-24:** Pestaña costo de campana.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

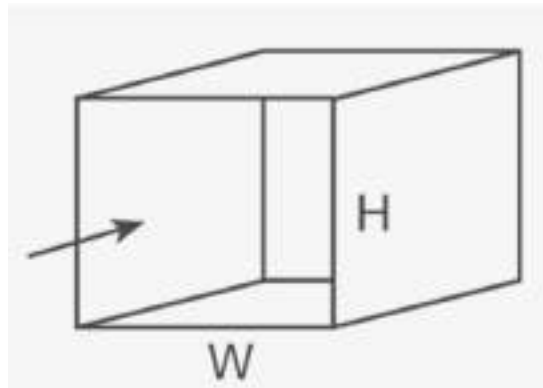
También podemos encontrar costos de cabina, donde tenemos secciones rectangulares y circulares. Con los parámetros de entrada W, H y P en centímetros se pudo encontrar los parámetros de material, espesor y su costo.

Donde

W: Ancho [cm].

H: Altura [cm].

P: Profundidad [cm]



**Ilustración 3-25:** Parámetros cabina.

Fuente: (Soler y Palau, 2012)

El software se programó para mostrar la cantidad de planchas para su producción. Finalmente, muestra el costo total una vez seleccionado los campos necesarios para el cálculo de este, de acuerdo con la tabla 3-3.

Costo Cabina

Material:  Esesor:  C. material  \$

Sección Rectangular:  W:  cm

P:  cm H:  cm

Sección Circular:  W1:  A1 = A3:  A5:

A2 = A4:  A7:  Areal:

Cant. de Planchas  Costo Total  \$

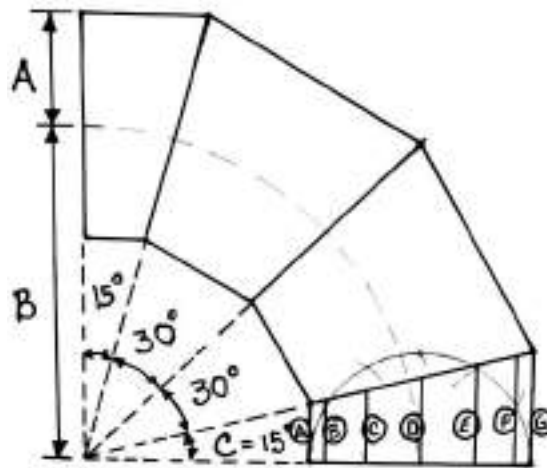
**Ilustración 3-26:** Pestaña costo cabina.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Costos de codos*

Para calcular el costo de codos circulares, se analizaron cuatro aspectos relevantes: el radio del tubo, radio del codo, grados del codo y la frecuencia de uso. El radio del tubo influye directamente en el costo del material empleado mientras que la curvatura del codo, determinada por su radio, afecta la complejidad de fabricación. El ángulo de la curva, medido en grados, impacta la cantidad de material requerido. Además, la frecuencia de uso del codo en la instalación es un factor clave, ya que, a mayor frecuencia, mayores serán los gastos de mantenimiento y reemplazo a lo largo del tiempo. Todos estos factores fueron evaluados minuciosamente para calcular los costos totales asociados a la implementación de codos en el proyecto.

Para el costo de un codo de 90° se realizó en tres sectores: un sector dividido en dos de 30° cada uno, y un sector dividido en dos de 15° grados cada uno. Para realizar estos cálculos, se necesitó los siguientes datos: el radio del tubo, considerando que el diámetro es de 500mm; el radio del codo; y los grados de cada sección, que son 15° tal como se muestra en la ilustración 3-11.



**Ilustración 3-27:** Diseño del codo circular.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Finalmente, se divide el desarrollo, que se obtiene multiplicando el diámetro del tubo por la ordenada en 12 partes iguales para obtener las distancias lo cual sirve para llenar la plantilla de la ilustración 3-12. La frecuencia se encuentra en un intervalo de (0 – 360) con paso de 30.

**Tabla 3-4:** Trazo de la plantilla de codos circulares.

Frecuencia (°)	0	30	60	90	120
	A	B	C	D	E
L15 Grados +	10,1820693	10,8641386	12,7275866	15,273104	17,8186213
L15 Grados -	-10,1820693	-10,8641386	-12,7275866	-15,273104	-17,8186213
Punto cero del tubo	0				
Longitud del tubo	119,380521				
Paso de la longitud	9,94837674				

Frecuencia	150	180	210	240	270
	F	G	F	E	D
L15 Grados +	19,6820693	20,3641386	19,6820693	17,8186213	15,273104
L15 Grados -	-19,6820693	-20,3641386	-19,6820693	-17,8186213	-15,273104

Frecuencia	300	330	360
	C	B	A
L15 Grados +	12,7275866	10,8641386	10,1820693
L15 Grados -	-12,7275866	-10,8641386	-10,1820693

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Con la siguiente ecuación se pudo obtener los cálculos de la longitud a 15° en la coordenada positiva.

Donde:

A: Radio tubo [cm].

B: Radio codo [cm].

C: Grados [°].

D: Frecuencia [°].

$$L_{15 \text{ grados}+} = \left( B - \cos\left(\frac{D\pi}{180}\right) * A \right) * \text{tg}\left(\frac{C\pi}{180}\right) \quad (3.4)$$

El largo o desarrollo de la plantilla se la obtuvo con la ecuación 3.5.

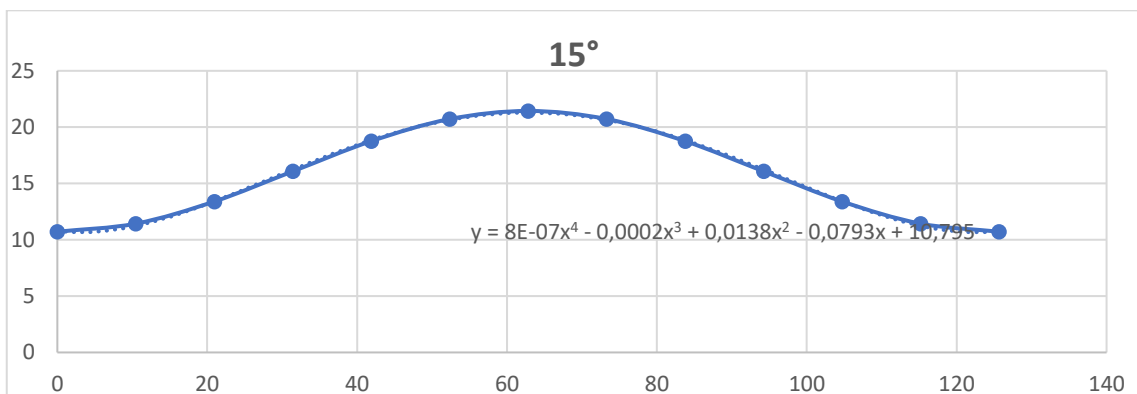
Donde:

L: Largo o desarrollo [cm].

∅: Diámetro del tubo [cm].

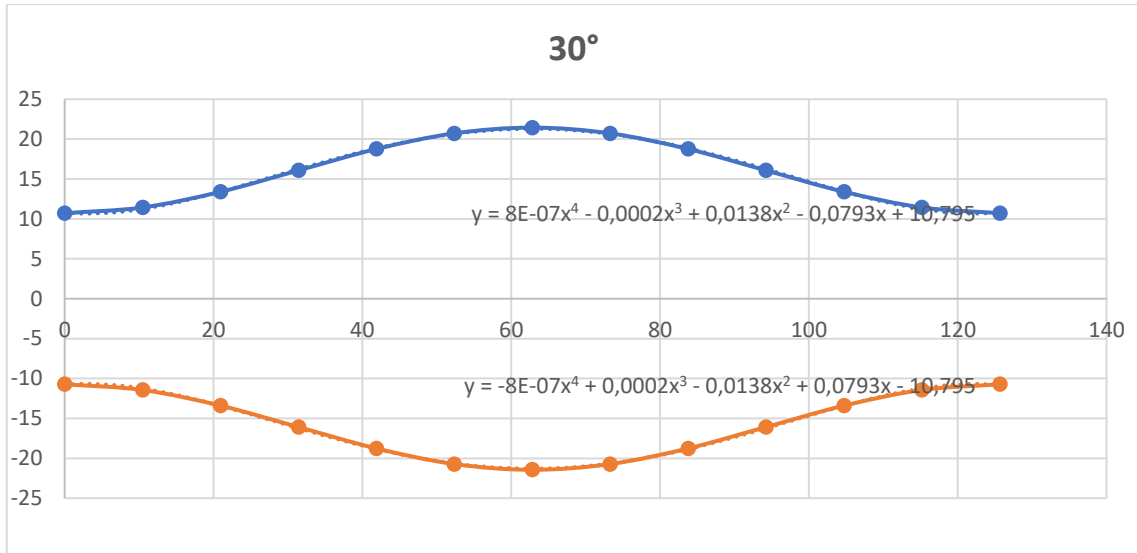
$$L = \pi * \emptyset \quad (3.5)$$

El largo del tubo se lo dividió en 12 partes iguales, donde la sección de 15° quedo representando por la ilustración 3-13 y la sección de 30° por la ilustración 3-14.



**Ilustración 3-28:** Curva sección 15°.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024



**Ilustración 3-29:** Curva sección 30°.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024

Una vez que se obtuvo los datos necesarios para la plantilla, fue necesario usar los datos de ancho  $W$  y altura  $H$  dado que vienen dados en cm por el punto más alto que en este caso fue a los 180°. Los cuales sirvieron de ayuda para determinar el área a cortar, se tuvo un área de 15° y otra de 30° que se calcularon con las siguientes ecuaciones.

$$A_{15^\circ} = W * H$$

$$A_{30^\circ} = 2 * (W * H)$$

Con estas áreas obtuvimos el área real en  $\text{cm}^2$ .

$$A_{real} = (2 * A_{15^\circ}) + (2 * A_{30^\circ})$$

Finalmente se calculó el número de planchas con la división del área real sobre el área total que viene dado por las dimensiones estándar de la plancha 122cmx244cm.

$$N_{planchas} = \frac{A_{real}}{A_{total}}$$

Al término del cálculo se obtuvo el costo total una vez seleccionado los campos necesarios para este, de acuerdo con la tabla 3-3.

Costos Codos

Material:  Espesor:  C. material  \$

Sección Rectangular:  Sección Circular:

D:  AT1:  LA1:

LA2:  AT2:  AT3:

AT:  Areal:

Cant. de Planchas  Costo Total  \$

C.Mano  \$

**Ilustración 3-30:** Pestaña costos codos circulares.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

En los codos cuadrados para el costo se partió del diámetro D seleccionado lo cual con la siguiente área hallamos el  $A_1$ .

$$A_1 = 0,75 * \pi * D^2$$

Además, fue necesario calcular la longitud de arco interna  $L_{T1}$  y externa  $L_{T2}$

$$L_{arco1} = 0,5 * \pi * D$$

$$L_{arco2} = \pi * D$$

Una vez obtenido esos valores se pudo determinar el  $A_2$  y  $A_3$ .

$$A_2 = L_{arco1} * D$$

$$A_3 = L_{arco2} * D$$

Luego se determinó el área total con la siguiente ecuación.

$$A_{total} = 1,25 * (2 * A_1 + A_2 + A_3)$$

Finalmente se calculó el número de planchas con la división del área total sobre el área real que viene dado por las dimensiones estándar de la plancha 122cmx244cm.

$$N_{planchas} = \frac{A_{total}}{A_{real}}$$

Al término del cálculo se obtuvo el costo total una vez seleccionado los campos necesarios para este, de acuerdo con la tabla 3-3.



Costos Codos

Material:  Espesor:  C. material  \$

Sección Rectangular:  Sección Circular:

D:  AT1:  LA1:

LA2:  AT2:  AT3:

AT:  Areal:

Cant. de Planchas  Costo Total  \$

C.Mano  \$



**Ilustración 3-31:** Pestaña costos codos cuadrados.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Mano de obra*

Para los costos de mano de obra se programó como una hoja de cálculo es decir mediante una tabla editable con el fin de que se pueda modificar los valores de horas – hombre y costo x hora, ya que con el tiempo van variando, los datos que se tomaron actualmente fueron sacados de “Salarios mínimos por ley 2024”. Además, la descripción se puede ir añadiendo según la necesidad del usuario.

### B. Costos Mano de Obra

	Descripción	Horas-Hombre	Costo x Hora	Sub Total
▶	Maestro de Obra	160	4,42	707,2
	Ayudante	160	2	320
	Soldador	80	4,65	372
	Doblador	4	2	8
*				

**Ilustración 3-32:** Tabla costos mano de obra

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

La tabla al ser programada como una hoja de cálculo se hizo que cada celda dependa de un parámetro de ingreso, el cual permitió variar ese valor. En este caso se va a sumar y multiplicar automáticamente para su correcta ejecución.

- *Costos de herramientas*

En este apartado se usó la misma programación que la de los costos de mano de obra, con el fin de que se pueda modificar los valores de acuerdo a lo requerido.

### C. Costos de Equipos y Herramientas

	Descripción	Horas-Hombre	Costo x Hora	Sub Total
▶	Remachadora	40	1	40
	Dobladora	10	1,25	12,5
	Cortadora	4	1,25	5
	LLaves	5	0,5	2,5
	Soldadora	40	2,5	100

**Ilustración 3-33:** Tabla costos de equipos y herramientas.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Costos de transporte*

Esta opción se programó para que se pueda llenar manualmente según los requerimientos de cada usuario.

D. Transporte  \$

**Ilustración 3-34:** Etiqueta para ingresar el valor del transporte.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Costo ventilador*

El costo del equipo con el que va a traajar el sistema de extracción se lo obtiene de la base de datos una vez seleccionado el tipo y modelo de ventilador, de esta manera se carga automáticamente a los costos directos

Precio Ventilador = 368 \$  
Modelo = HXB-400/H  
Tipo de V. = Axial Directo  
Longitud = 25,525 m  
P.Cantidad = 18,23 m

**Ilustración 3-35:** Interfaz costo ventilador.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

### 3.4.3.2. *Costos indirectos*

En lo que respecta a costos indirectos, el costo ingenieril es un porcentaje de los costos directos del sistema. Ya que el programa se encarga de calcular dicho costo una vez ingresado el porcentaje de forma manual. También podemos encontrar los imprevistos de las utilidades de su total. Que al final nos va a dar un total de todos los costos necesarios para la producción. De esta forma siempre el programa está direccionado y cada sección depende de unos parámetros de ingreso. Los cuales nos ayudará a tener un valor total entre los costos directos e indirectos.

Costos Ingenieril % 10  
Costo Ingenieril 0  
Imprevistos 0  
Utilidad 0  
Sub Total  
Total

**Ilustración 3-36:** Costos indirectos.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

### 3.4.4. *Reporte de los resultados*

El reporte se lo ha realizado mediante librerías externas que nos permitió modificar o la crear archivos PDF mediante líneas de código, utilizando C-Sharp en este caso. Lo que permitieron estas librerías externas fue la intercomunicación o sacar los valores necesarios para plasmar en el documento. Para imprimir el PDF necesitamos que todos los parámetros sean llenados

correctamente y el programa se encarga de decirnos arrojarnos un aviso en caso de que falte un parámetro que es necesario llenar para que se genere el reporte.

En el reporte se va a presentar todo lo que refiere a los cálculos, cómo el programa realiza los cálculos para llegar al producto final. Por lo que, es muy importante tener en cuenta todas esas tablas y dimensiones ya que se encuentran normalizadas. También podemos encontrar en el documento PDF los costos, todos los costos que se van a necesitar para su implementación, además de los perfiles de corte y también de las secciones rectangulares o circulares que se encuentran presentes. Entonces, de esa manera se encuentra realizada la programación del PDF o del reporte en este caso.

La librería que se utilizó para la creación del PDF se llama itext-share, que es muy importante, ya que nos permite la integración de las líneas de código con la creación de un documento PDF.

### **3.5. Aspectos administrativos**

#### **3.5.1. Análisis de costos**

A continuación, se mencionan los aspectos administrativos de mayor relevancia en el presente trabajo:

##### *3.5.1.1. Costos Directos*

Los costos directos son una parte importante de cualquier proyecto. Al estimar y monitorear los costos directos cuidadosamente, se puede garantizar que el proyecto se complete dentro del presupuesto. Estos costos incluyen los recursos que se utilizan directamente para la ejecución del proyecto, como la mano de obra, los materiales y los servicios.

- *Costos de materiales*

Los costos de materiales son aquellos asociados con la adquisición de materiales para su uso en un proyecto. Estos costos pueden incluir el costo de los materiales en sí, así como los costos de transporte, almacenamiento y manipulación de los mismos. Estos costos se reflejan en la tabla 3-5.

**Tabla 3-5:** Costos de materiales.

Descripción	Und.	Precio unitario	Cantidad	Subtotal
➤ Artículos generales de oficina	-	5\$	5	25\$
➤ Libros especializados sobre el tema	-	25\$	4	100\$
➤ Bibliotecas de programación	-	100\$	1	100\$
➤ Normas	Doc	100\$	3	300\$
<b>Subtotal</b>				<b>525\$</b>

Realizado por: López C. & Velata E. 2024.

- *Costos de equipos y herramientas*

Los costos de herramientas y equipos pueden tener un impacto significativo en el presupuesto de un proyecto. Por lo tanto, es importante estimarlos con precisión para poder desarrollar un presupuesto realista. Estos costos pueden incluir la adquisición en sí de los equipos y herramientas necesarios para el proyecto, así como los costos de mantenimiento, reparación y reemplazo de los mismos. En la tabla 3-2 se detalla dichos costos.

**Tabla 3-6:** Costos de equipos y herramientas.

Descripción	Und.	Precio unitario	Cantidad	Subtotal
➤ Computadora	equipo	1200\$	1	1200\$
➤ Códigos fuentes de programación	-	500\$	1	500\$
<b>Subtotal</b>				<b>1700\$</b>

Realizado por: López C. & Velata E. 2024.

- *Costos de mano de obra y transporte*

Los costos de mano de obra son aquellos asociados con la contratación y el empleo de trabajadores así como su movilización para realizar las tareas necesarias para completar un proyecto. Se detalla a continuación los costos por mano de obra y transporte en la tabla 3-3

**Tabla 3-7:** Costos de mano de obra y transporte

Descripción	Und.	Precio unitario	Cantidad	Subtotal
➤ Mano de obra	hora	1.875\$	240	450\$
➤ Transporte	viaje	1.20\$	30	36\$
<b>Subtotal</b>				<b>486\$</b>

Realizado por: López C. & Velata E. 2024.

- *Costo total directo*

Los costes totales directos se obtienen sumando los subtotales de los apartados anteriores y se encuentran resumidos en la tabla 3-4.

**Tabla 3-8:** Costos directos

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Materiales	525\$
Equipos y herramientas	1700\$
Mano de obra y transporte	486\$
<b>TOTAL</b>	<b>2711\$</b>

Realizado por: López C. & Velata E. 2024.

### 3.5.2. *Costos indirectos*

Los costos indirectos son aquellos que no se pueden identificar o atribuir directamente a un proyecto en particular. Esto significa que no se pueden asignar a un producto, servicio o actividad específica, estos costos se detallan a continuación en la tabla 3-5.

**Tabla 3-9:** Costos indirectos

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Tecnología	100\$
Diseño	120\$
Imprevistos	200\$
<b>TOTAL</b>	<b>420\$</b>

Realizado por: López C. & Velata E. 2024.

### 3.5.3. *Costos totales*

El costo del trabajo de integración curricular se estima en 3131 dólares, incluyendo los costos de mano de tecnología, diseño e imprevistos como se resume en la tabla 3-6

**Tabla 3-10:** Costos totales

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Costos directos	2711\$
Costos indirectos	420\$
<b>TOTAL</b>	<b>3131\$</b>

Realizado por: López C. & Velata E. 2024.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Validación del software mediante pruebas

Para validar el funcionamiento de la “Calculadora de costos de sistemas de extracción de gases” se utiliza los datos proporcionados por la investigación del autor Gallegos (2023), titulada “Desarrollo de hojas de cálculo mediante Excel para la selección de ventiladores industriales de tipo extractores centrífugos de tejado”, con los cuales se va a poner a prueba el funcionamiento del software para validar los resultados con la información proporcionada, la misma que se debe ingresar en los diferentes apartados del software, según sea necesario para la obtención de resultados.

##### 4.1.1. Velocidad de captación

La velocidad de captación se determina a partir de la ilustración 2-12. Este dato se incorpora en el software y el valor calculado de acuerdo con la selección realizada es de 0.25, como se aprecia en la ilustración 4-1.

Tipo	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación en m/s
<b>Exhausto gases y vapores</b> 	<input checked="" type="radio"/> Desprendimiento con velocidades variables y aire quieto. <input type="radio"/> Desprendimiento a baja velocidad en aire tranquilo. <input type="radio"/> Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cocinas, Evaporación en tanques, Desgranado.	0.25 - 0.50
<b>Con partículas sólidas en suspensión</b> 	<input type="radio"/> Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire. <input type="radio"/> Generación activa en zonas de muy rápido movimiento de aire.	Trituración, Ventiladores Rotoriales.	1 - 2.5

Se asignarán valores en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:

<b>Inferiores:</b> 1 - Focos corrientes de aire en el local. 2 - Contaminación de baja Toxicidad. 3 - Intermitencia de las operaciones. 4 - Campanas grandes y móviles elevadas.	<b>Superiores:</b> 1 - Corrientes turbulentas en el local. 2 - Contaminación de alta Toxicidad. 3 - Operaciones continuas. 4 - Campanas de pequeños tamaños.
--	--

Zonas:  
 Inferior  
 Superior

Velocidad =  m/s

**Ilustración 4-1:** Selección para la velocidad de captación.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Sección Velocidad:

V. Captación =  m/s

**Ilustración 4-2:** Velocidad ingresada en la interfaz principal.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

El rango de la velocidad de captación se limita a un intervalo de 0,25 a 0,50 (m/s). De este rango, se puede seleccionar un valor inferior o superior, según las condiciones o criterios del sistema de estudio.

**4.1.2. Velocidad de aire en el conducto**

El valor de la velocidad de aire en el conducto es de 10m/s, en el software se muestra una gama de valores mínimos de la velocidad, la cual se realizó en base a la tabla 9 de la página 21 del “Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau”.

gama

Gasas, vapores		5 a 6(*)
Humos	Humos de óxido de zinc y de aluminio.	7 a 10(*)
Polvos muy finos y ligeros	Felpas muy finas de algodón	10 a 13
Polvos secos y pólvoras	Polvos finos de caucho, de baquelita; felpas de yute; polvos de algodón, de jabón.	13 a 18
Polvos industriales medios	Abrasive de lijado en seco; polvos de amolar; polvos de yute, de grafito; corte de briquetas, polvos de arcilla, de calcáreo, embalaje	18 a 20
Polvos pesados	Polvo de toneles de enarenado y desmoldeo, de chorreado, de acarado.	20 a 23
Polvos pesados o húmedos	Polvos de cemento húmedo, de corte de tabos de amianto-cemento, de cal viva.	>23 o transporte neumático húmedo

Selección:   m/s

Vc =  m/s

**Ilustración 4-3:** Selección de la velocidad de aire en el conducto.

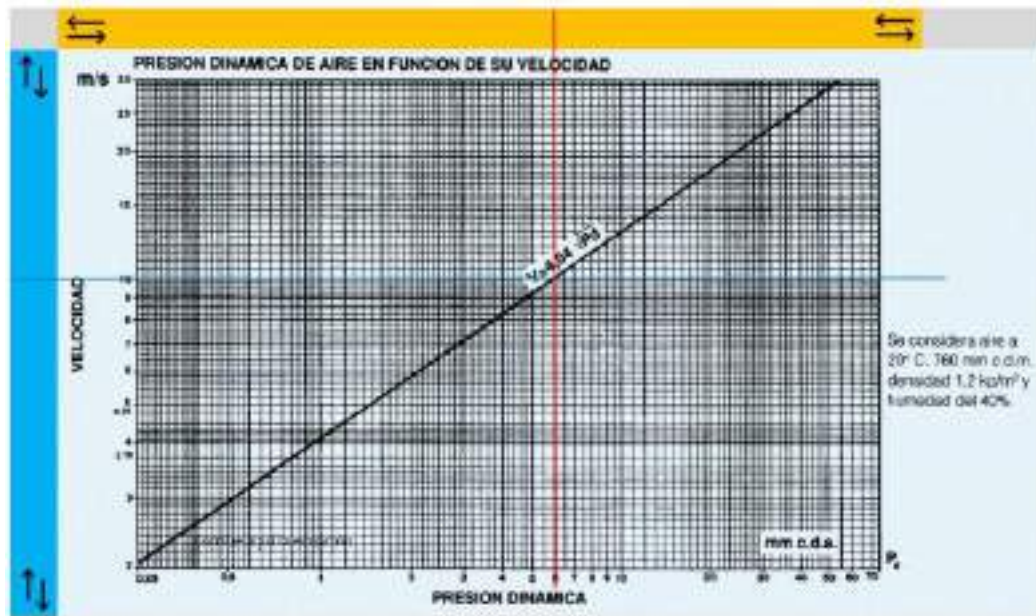
Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Al tratarse de humos el valor se genera automáticamente como se aprecia en la ilustración 4-3.



### 4.1.3. Presión dinámica

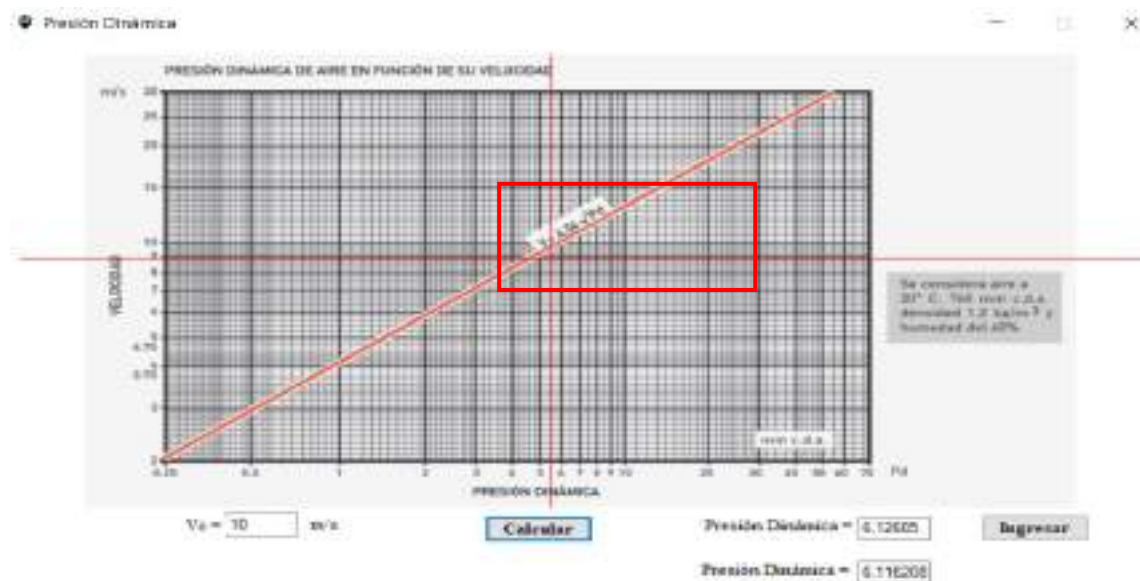
La presión dinámica en este caso de estudio es de 6,127mm.c.a. que se determinó en base a la Figura 3 de la página 7 del “Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau”, como muestra la ilustración 4-4.



**Ilustración 4-4:** Selección de la presión dinámica mediante la Figura.

Fuente: (Gallegos, 2023)

Con el software se puede validar el resultado y se calcula con la siguiente ecuación  $V = 4,04\sqrt{Pd}$ , donde Pd es la presión dinámica y V velocidad del aire en el conducto, además se obtiene el resultado de manera gráfica.



**Ilustración 4-5:** Cálculo de la presión dinámica en el software.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

El resultado que se obtiene en el software es de 6,12685 mm.c.a hay una variación debido al uso de más decimales, pero es mínima.

#### 4.1.4. Caudal mediante la selección de la campana

La campana seleccionada es de tipo adosada que sirve para el cálculo del caudal de absorción y tiene las siguientes variables.

H: altura desde el punto de emisión de gases (cocina industrial) hasta la campana.

M: Lado menor de la campana.

L: Lado mayor de la campana.

Seleccione que tipo de Campana dispone:		Campana Adosada	
H (m) =	0,9		
L (m) =	2,2		
M (m) =	0,846		
El valor del Caudal calculado es:		$Q_{min} =$	3152,52 $\frac{m^3}{h}$

**Ilustración 4-6:** Cálculo del caudal de absorción mediante Excel.

Fuente: (Gallegos, 2023)

En el software es necesario seleccionar el tipo de campana, posterior a eso se ingresa los datos necesarios para el cálculo de caudal.

Sección Caudal:		
Q =	<input type="text" value=""/>	m³/s
Q =	3152,52	m³/h
Q =	<input type="text" value=""/>	cfm

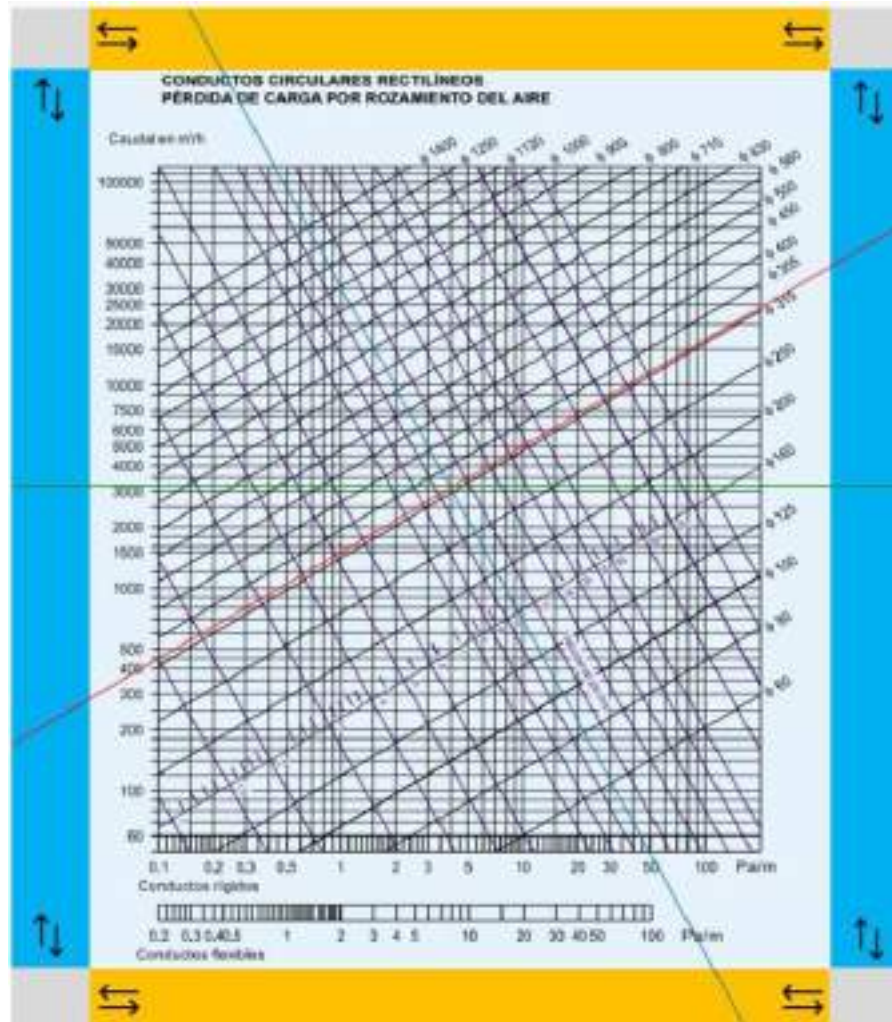
**Ilustración 4-7:** Ingreso del caudal de absorción en el software.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

#### 4.1.5. Diámetro del conducto circular

Con el valor del caudal de 3152,52 m<sup>3</sup>/s y la velocidad de aire en el conducto se usa la Figura 39 de la página 28 del “Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau”, donde en el vertical

izquierdo están los valores del caudal se traza una línea recta horizontal, el valor de la velocidad se representa con líneas de pendiente negativa y luego al intersecar se tiene los valores del diámetro.

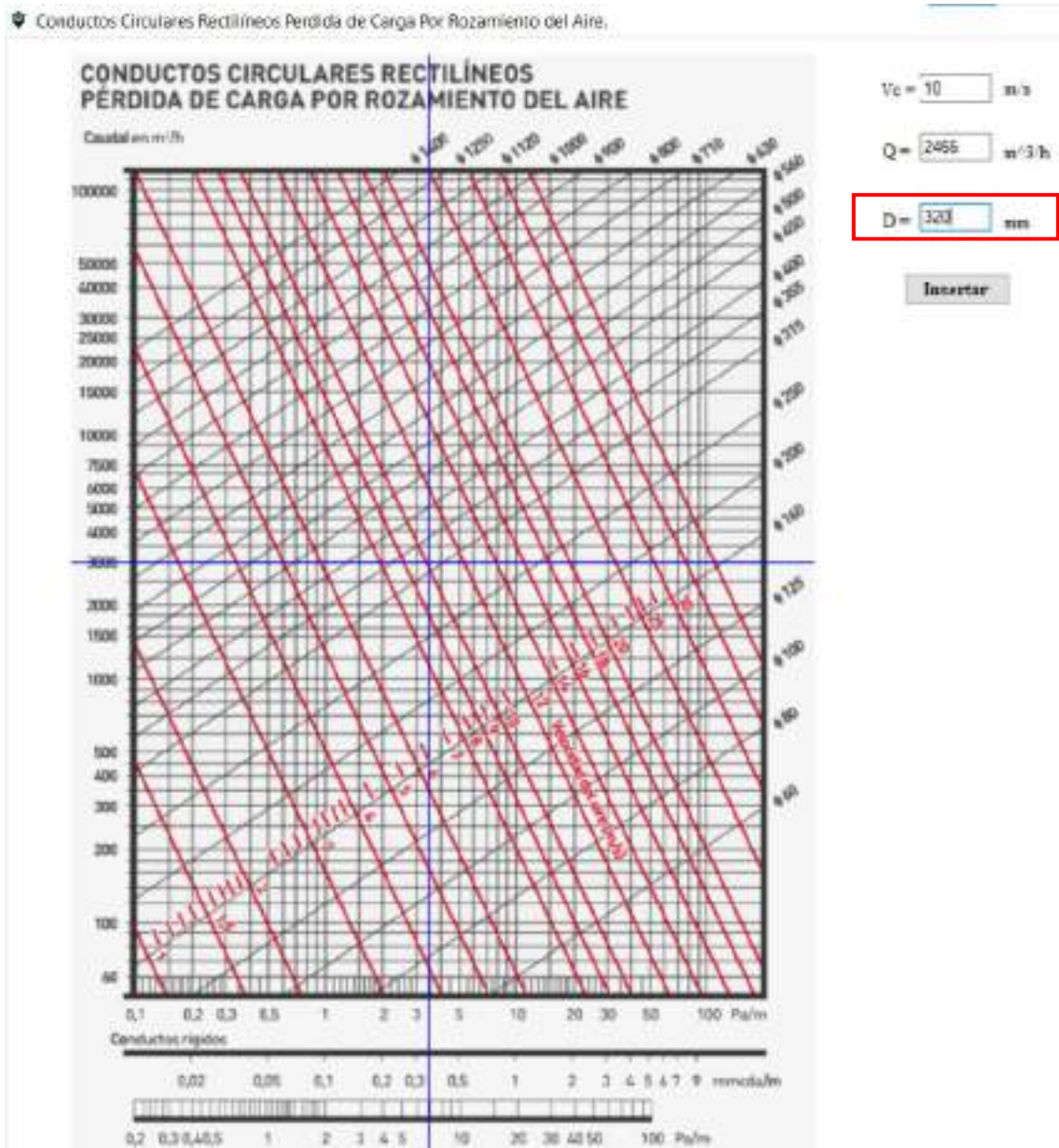


**Ilustración 4-8:** Determinación del conducto circular rectilíneo.

Fuente: (Gallegos, 2023)

Al intersecar se obtiene el diámetro de forma visual que es de 320mm, en el software se tiene unas líneas guías las cuales se pueden mover con lo que facilita la selección del diámetro ilustración 4-9.





**Ilustración 4-9:** Selección del diámetro del conducto circular.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

El valor del diámetro se lo estandariza con el fin de obtener diámetros comerciales para la construcción los cuales se muestran en la tabla 3-2.

El diámetro seleccionado es de 330mm.

**Sección Geometría:**

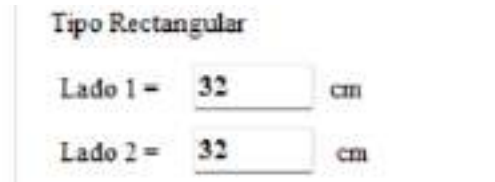
Tipo Circular  
 $D = 330$  mm

**Ilustración 4-10:** Diámetro del conducto circular normalizado.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

#### 4.1.5.1. Diámetro equivalente de un conducto rectangular con igual pérdida de carga

Para la construcción se normalizo los diámetros circulares a rectangulares con el fin de aprovechar el material para la construcción.



Tipo Rectangular	
Lado 1 =	32 cm
Lado 2 =	32 cm

**Ilustración 4-11:** Dimensión de los lados del ducto rectangular

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Las medidas de los lados del conducto rectangular se establecieron de acuerdo al espacio disponible de trabajo, garantizando que el área dentro del conducto sea igual que la del diámetro del conducto circular calculado anteriormente.

#### 4.1.6. Pérdida de Carga

Las pérdidas de carga se las realiza en base a la Figura 39 de la página 28 del “Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau”.

##### 4.1.6.1. Pérdida de carga en tramos rectos

Para el cálculo es necesario el valor del caudal que se está representado en el eje vertical izquierda y el aire en el conducto que está representado con pendiente negativo en la figura del catálogo de Soler & Palau, en la intersección se traza una vertical y se encuentra la pérdida de carga.



Sección Pérdidas y Carga:	
Pc =	5,99 mmca
Longitud =	14,675 m

**Ilustración 4-12:** Perdida de carga y longitud en tramos rectos

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Para determinar el valor total de pérdida de carga en tramos rectos, es importante sumar el total de distancia entre los tramos. El software se lo programó para que vaya guardando los tramos necesarios con su respectiva etiqueta, caudal, diámetro, pérdida y longitud.

### Perdidas por Longitud de Tubería

Etiqueta	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Diámetro (mm)	Pc (mmca)	Longitud (m)
T1	3152,52	330	0,286	0,7
T2	3152,52	330	0,851	2,085
T3	3152,52	330	2	4,9
T4	3152,52	330	1,292	3,165
T5	3152,52	330	5,99	14,675

**Ilustración 4-13:** Perdidas por longitud de tubería.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

**Perdidas**  mmca

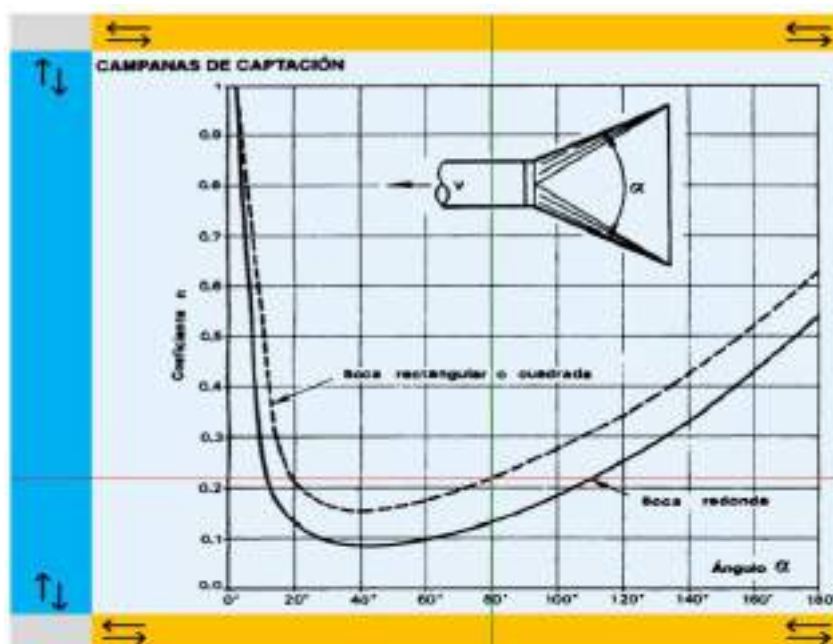
**Caudal**  m<sup>3</sup>/h

**Ilustración 4-14:** Suma total de pérdidas por longitud de tubería.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

#### 4.1.6.2. Pérdidas de carga en campanas y codos

La campana de captación al tener un ángulo de 80° de geometría rectangular en la superficie de la boca con ayuda de la Figura 43 en la página 31 del “Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau” se traza una línea vertical hasta la curva de la boca rectangular con el fin de hallar el punto de intersección, para trazar una horizontal con dirección hacia la izquierda donde se ubicar el coeficiente para campanas de captación.



**Ilustración 4-15:** Selección del coeficiente n para campanas.

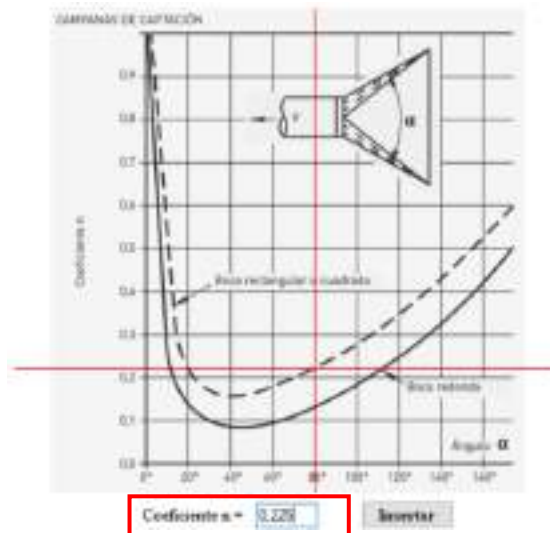
Fuente: (Gallegos, 2023)

El Coeficiente $n$ de la Campana es:	$n_1 =$	0,225
--------------------------------------	---------	-------

**Ilustración 4-16:** Coeficiente  $n$  para pérdidas para campanas.

Fuente: (Gallegos, 2023)

En el software para la lectura del coeficiente  $n$  de la campana se lo hace mediante unas líneas guías que se mueven con el cursor del mouse para facilitar la selección de un valor exacto.



**Ilustración 4-17:** Selección coeficiente  $n$  para campanas de captación.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

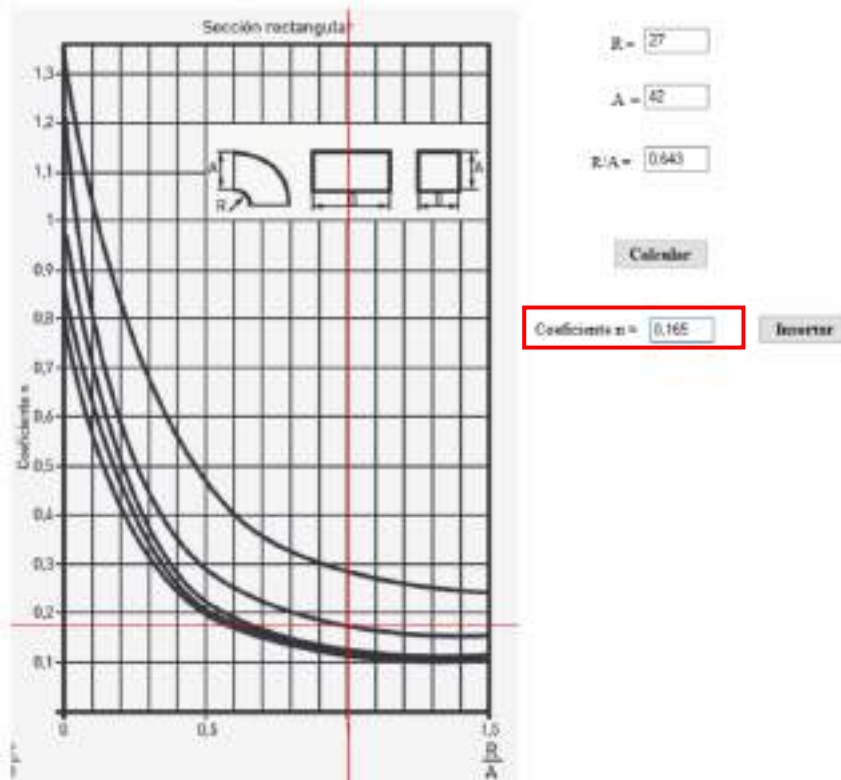
Para determinar el coeficiente de pérdida de los codos, es importante saber los valores de cada lado de la sección rectangular y el radio de curva, posteriormente mediante las ecuaciones marcadas en la Figura 44 en la Sección Rectangular, página 32 del “Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau” determinar el valor de pérdida de codos.

El Coeficiente $n$ de los Codos es:	$n_2 =$	0,165
-------------------------------------	---------	-------

**Ilustración 4-18:** Coeficiente  $n$  de pérdida para codos.

Fuente: (Gallegos, 2023)

Para determinar el coeficiente  $n$  de los codos en el software se lo hace mediante las líneas guías que se las puede mover con el mouse y así seleccionar.



**Ilustración 4-19:** Selección del coeficiente n de codos en el software.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Al sumar los coeficientes existentes se lo multiplica por la presión dinámica que se calculó anteriormente.

Por lo tanto, las pérdidas por accesorios dan lo siguiente.

La Pérdida de Carga en Campana y Codos es:	$Pt_2 =$	2,38947162	mm. c. a.
--	----------	------------	-----------

**Ilustración 4-20:** Perdida de carga en campana y codos.

Fuente: (Gallegos, 2023)

Mientras que en el software se hizo una memoria en la cual vaya guardando los accesorios ingresados como se muestra en la siguiente ilustración



**Pérdidas por Accesorios**

UP

DOWN

Nuevo

Eliminar

Modificar

Accesorio	# de Elemento	Factor "n"	Pd (mmca)	Pe (mmca)
CASPA	1	0,225	6,116...	1,3761...
CODO	1	0,165	6,116...	1,0091...

**Ilustración 4-21:** Tabla de pérdidas por accesorios generadas en el software.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Pérdidas acc:  mmca

**Ilustración 4-22:** Suma total de pérdidas por accesorios

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

#### 4.1.6.3. Pérdida de carga total

Para este cálculo se toma en cuenta la sumatoria de las pérdidas existentes en todo el sistema, es decir las pérdidas por accesorios y longitud de tubería. Donde en la tesis del autor Gallegos, (2023), titulada “Desarrollo de hojas de cálculo mediante Excel para la selección de ventiladores industriales de tipo extractores centrífugos de tejado” se obtuvo el siguiente resultado.

$$\Delta P_c = 12,76 \text{ mm. c. a.}$$

Esto se debe a que se usó la presión estática, y según las recomendaciones del Manual de ventilación práctico de Soler & Palau se recomienda usar la presión total, con esa presión el resultado de las pérdidas totales da el siguiente resultado.

Pérdidas Total =  mmca

**Ilustración 4-23:** Cálculo de las pérdidas totales en el software.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

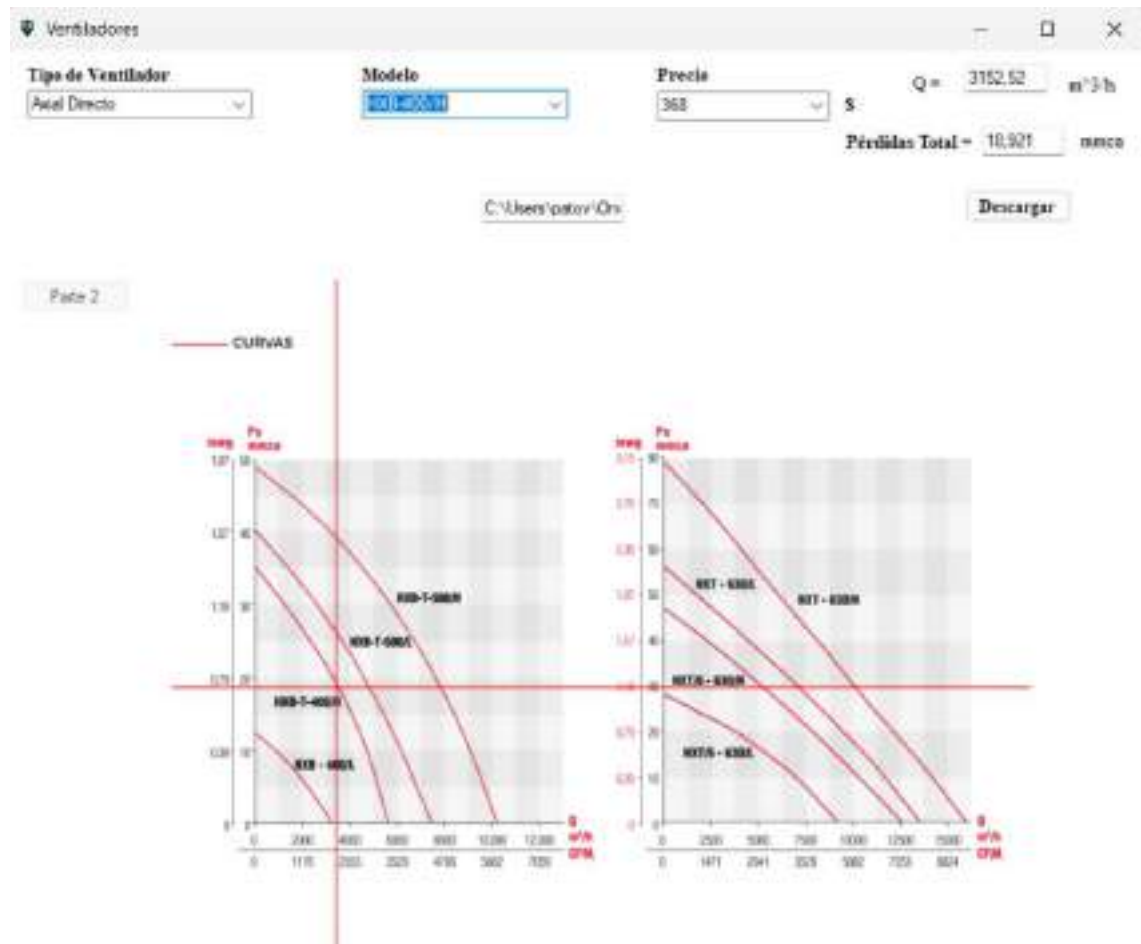
#### 4.1.7. Selección del ventilador

Para la selección se utiliza una base de datos la cual está vinculada con el software, los datos para la selección son los siguientes: el caudal de absorción y pérdidas totales.

$$Q = 3152,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_t = 18,921 \text{ mm. c. a.}$$

Con estos datos podemos interpretar las curvas que se encuentran en la interfaz de ventiladores, donde en el eje vertical tenemos las pérdidas y el eje horizontal representa el caudal, en la intersección podemos ver qué modelo de ventilador es recomendable usar, una vez seleccionado el tipo y modelo automáticamente nos da el valor total del ventilador elegido.



**Ilustración 4-24:** Selección del ventilador en el software.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

#### 4.1.8. Costos

##### 4.1.8.1. Costos directos

##### 4.1.8.2. Costos ductos

Para determinar el costo de los ductos su uso la tabla 3-2 y 3-3, ya que al tomar todas las consideraciones se puede normalizar el diámetro del ducto ya sea rectangular o circular, en este caso es rectangular y se puede seleccionar el material, espesor, diámetro y longitud. Además, se

puede agregar la mano de obra y automáticamente se puede obtener el costo del material, número de planchas y costo total.

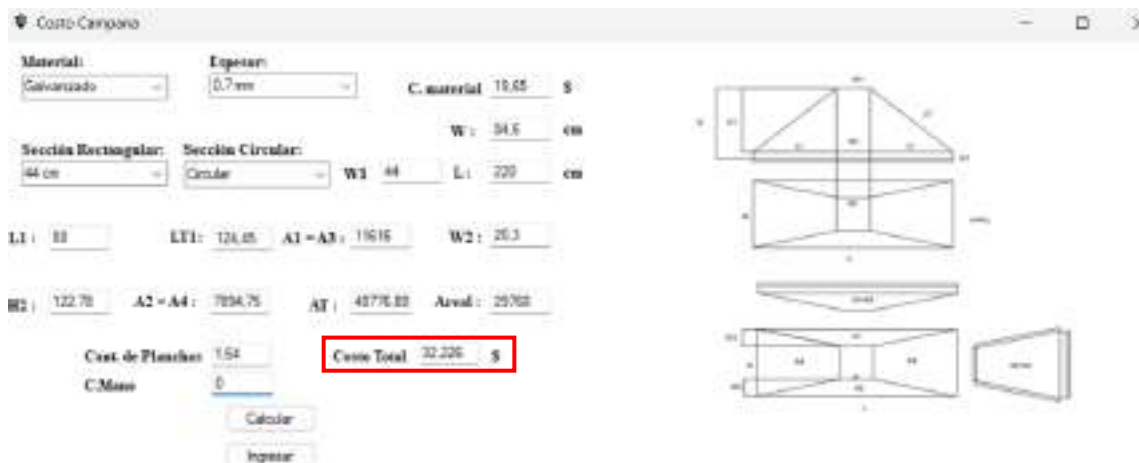


**Ilustración 4-25:** Pestaña costo ductos.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Costo campana*

Para determinar el costo de la campana tipo adosada se toma las consideraciones de la geometría y se ingresa en la pestaña costo campana, además de elegir el material, espesor y sección, tal como se aprecia en la ilustración.



**Ilustración 4-26:** Pestaña costo campana.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Costo codos*

En los codos las variables a seleccionar son el tipo de material, espesor y el diámetro de la sección rectangular, luego seleccionamos en el botón calcular y automáticamente se muestra el valor del costo total.

Costos Codos

Material: Galvanizado    Espesor: 0,7mm    C. material: 19,65 \$

Sección Rectangular: 44 cm    Sección Circular: Circular

D: 44    AT1: 4961,58    LA1: 69,12

LA2: 138,23    AT2: 3041,26    AT3: 6082,12

AT: 22006,26    Areal: 29766

Cant. de Planchas: 0,77    Costo Total: 15,13 \$

C.Mano: 0 \$

Calcular    Ingresar



**Ilustración 4-27:** Pestaña costos codos.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

En el software se tiene una tabla en la cual se van guardando los equipos y accesorios seleccionados, donde se especifica las características y costos de cada elemento.

**A. Costos Materiales**

Material	Espesor	Sección	Longitud m	C.Material	C.Plancha	Costo \$
DUCT	0,7	Rectangu...	25,525	19,65	15,82	310,96
CAMP	0,7	Rectangu...	0	19,65	1,64	32,226
CODO	0,7	Rectangu...	0	19,65	0,77	15,13

Calcular C.    358,316 \$

**Ilu Ilustración 4-28:** Tabla de costos de material total

- *Costos mano de obra*

Para los costos se toma en cuenta el maestro de la obra, ayudante, soldador y doblador que son los ítems más importantes a considerar y en base al documento “Salarios mínimos por ley 2024”.

### B. Costos Mano de Obra

	Descripción	Horas-Hombre	Costo x Hora	Sub Total
	Maestro de Obra	80	4,42	353,6
	Ayudante	80	2	160
	Soldador	40	4,65	186
	Doblador	4	2	8

Sub Total = 707,6                      \$

**Ilustración 4-29:** Costos mano de obra.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Costos de equipos y herramientas*

En los costos se toma en cuenta el remachadora, dobladora, cortadora, llaves y soldadora que son equipos y herramientas básicos a tomar en cuenta, además es necesario tomar en cuenta el costo de transporte.

### C. Costos de Equipos y Herramientas

	Descripción	Horas-Hombre	Costo x Hora	Sub Total
	Remachadora	20	1	20
	Dobladora	5	1,25	6,25
	Cortadora	3	1,25	3,75
	LLaves	5	0,5	2,5
	Soldadora	20	2,5	50

Sub Total = 90,5                      \$

D. Transporte    75                      \$

**Ilustración 4-30:** Costos equipos, herramientas y transporte.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

#### 4.1.8.3. Costos indirectos

Dentro del costo ingenieril se ha tomado un 10% de los costos directos, para los imprevistos y utilidades no se ha propuesto ningún valor debido a que es una ejemplificación.

Costos Ingenieril %	10
Costo Ingenieril	159,942
Imprevistos	0
Utilidad	0

**Ilustración 4-31:** Sección costos indirectos.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

- *Costo total*

Para el costo total se tomaron en consideración los costos directos e indirectos calculados anteriormente lo cual nos da como resultado final el valor de la ilustración 4-32.

Sub Total	159,942
<b>Total</b>	<b>1759,362</b>

**Ilustración 4-32:** Interfaz costo total de la validación.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

## 4.2. Guía de usuario

### 4.2.1. Descarga de SQL server y SQL Sever Management Studio

Los softwares necesarios para la instalación de la base de datos con la que funcionara el software se lo puede descargar del navegador, como se detalla en la ilustración 4-33.



**Ilustración 4-33:** Búsqueda de SQL server en el navegador

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Se descarga la edición Express, como se detalla en la ilustración 4-34.

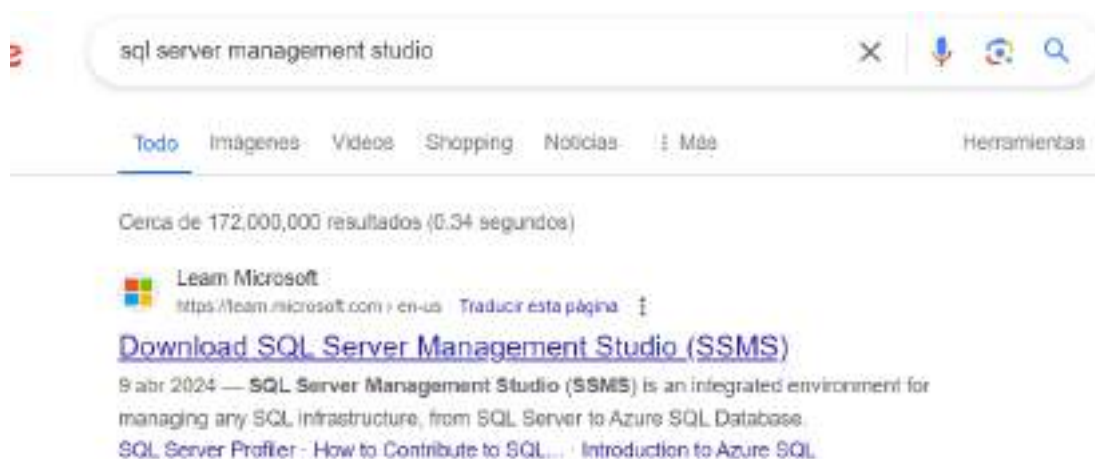
O bien, descarga una edición especializada gratuita.



The image shows two download options for Microsoft SQL Server. On the left is the 'Developer' edition, described as a free edition with all features for development and testing. On the right is the 'Express' edition, described as a free edition ideal for development and production of desktop, web, and server applications. Both options include a 'Descargar ahora' (Download now) button.

**Ilustración 4-34:** Descarga de SQL server express

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024



The image shows a Google search result for 'sql server management studio'. The search bar contains the text 'sql server management studio'. Below the search bar, there are tabs for 'Todo', 'Imágenes', 'Videos', 'Shopping', 'Noticias', 'Más', and 'Herramientas'. The search results show approximately 172,000,000 results in 0.34 seconds. The top result is from 'Learn Microsoft' with the URL 'https://learn.microsoft.com/en-us'. The title of the result is 'Download SQL Server Management Studio (SSMS)'. The snippet below the title states: '9 abr 2024 — SQL Server Management Studio (SSMS) is an integrated environment for managing any SQL infrastructure, from SQL Server to Azure SQL Database. SQL Server Profiler - How to Contribute to SQL... Introduction to Azure SQL'.

**Ilustración 4-35:** Búsqueda de SQL Sever Management Studio en el navegador.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

Se descarga por medio de la opción Download SQL Server, como se detalla en la ilustración 4-36.





The image shows the Microsoft Learn page for downloading SQL Server Management Studio (SSMS). The page title is 'Download SQL Server Management Studio (SSMS)'. There is a 'Download SSMS' button. The page also includes a 'Download SQL Server' button. The page content includes a search bar, a 'Download SSMS' button, and a 'Download SQL Server' button. The page also includes a 'Download SQL Server' button.

**Ilustración 4-36:** Descarga de SQL Sever Management Studio.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

#### 4.2.2. Ejecución de instaladores.

Para la ejecución de los instaladores descargados, buscamos el lugar de descarga y ejecutamos como administradores ambos instaladores, como se detalla en la ilustración 4-37.

 SSMS-Setup-ENU	26/02/2024 9:39	Aplicación
 SQL2022-SSEI-Expr	26/02/2024 9:26	Aplicación

**Ilustración 4-37:** Ejecución de instaladores.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024

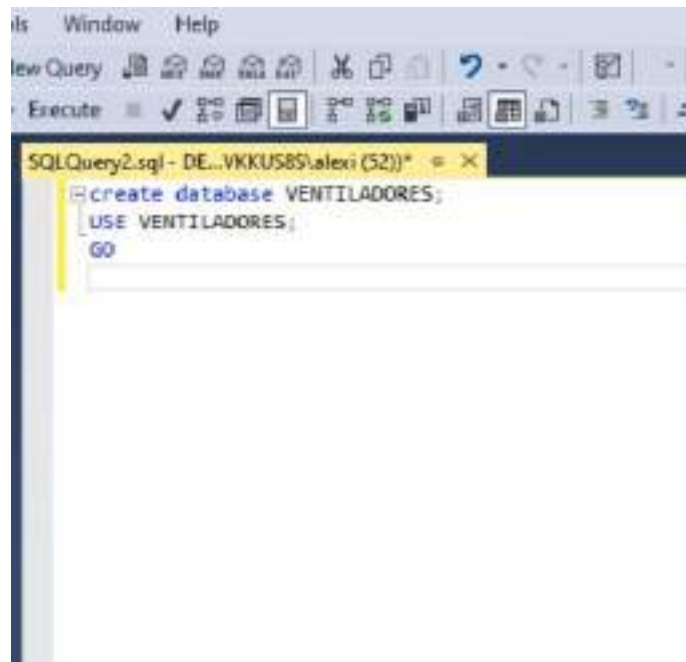
Una vez terminada la instalación, podemos abrir la aplicación SQL server Management, cómo se detalla en la ilustración 4-38.



**Ilustración 4-38:** Inicio de aplicación.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024

Al iniciar la aplicación debemos escribir el código, cómo se detalla en la ilustración 4-39.

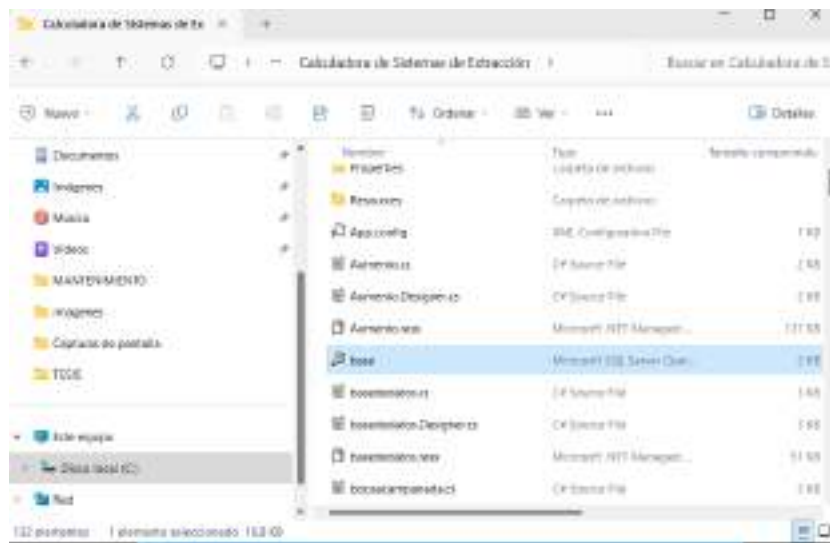


**Ilustración 4-39:** Iniciación para la base de datos.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024



Una vez iniciado el código, debemos identificar el archivo que corresponde a la base de datos, cómo se detalla en la ilustración 4-40.



**Ilustración 4-40:** Archivo para inicialización de base de datos.

Realizado por: Lopez C. & Velata E. 2024.

Al identificar el archivo correspondiente, se debe abrir con el Bloc de notas y copiar el contenido del mismo, para posterior a ello pegarlo después de las líneas de código escritas en la aplicación de SQL server, cómo se detalla en la ilustración 4-41 y 4-2.

```

Archivo  Editar  Ver
INSERT [dbo].[PRECIO] ([Id_precio], [Id_Modelo], [Precio]) VALUES (21, 31, N'Modelo no disponible en ECUADOR')
INSERT [dbo].[PRECIO] ([Id_precio], [Id_Modelo], [Precio]) VALUES (22, 32, N'1242')
SET IDENTITY_INSERT [dbo].[PRECIO] OFF
GO
SET IDENTITY_INSERT [dbo].[TIPOS] ON
INSERT [dbo].[TIPOS] ([Id], [Tipo]) VALUES (1, N'Axial Directo')
INSERT [dbo].[TIPOS] ([Id], [Tipo]) VALUES (2, N'Axial Anti Explosión')
INSERT [dbo].[TIPOS] ([Id], [Tipo]) VALUES (3, N'Tubular Trama Banda Polea 250-500')
INSERT [dbo].[TIPOS] ([Id], [Tipo]) VALUES (4, N'Tubular Trama Banda Polea 500-1000')
SET IDENTITY_INSERT [dbo].[TIPOS] OFF
GO
ALTER TABLE [dbo].[Modelos] WITH CHECK ADD CONSTRAINT [FK_Modelos_TIPOS] FOREIGN KEY([Id_Tipos])
REFERENCES [dbo].[TIPOS] ([Id])
GO
ALTER TABLE [dbo].[Modelos] CHECK CONSTRAINT [FK_Modelos_TIPOS]
GO
ALTER TABLE [dbo].[PRECIO] WITH CHECK ADD CONSTRAINT [FK_PRECIO_Modelos] FOREIGN KEY([Id_Modelo])
REFERENCES [dbo].[Modelos] ([Id_modelo])
GO
ALTER TABLE [dbo].[PRECIO] CHECK CONSTRAINT [FK_PRECIO_Modelos]
GO

```

**Ilustración 4-41:** Archivo base de datos.

Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024.

```

create database VENTILADORES;
USE VENTILADORES;
GO
***** Subject: [dba].[Models]   Script Date: 11/27/2024 11:11:38 *****
SET ANSI_NULLS ON;
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON;
GO
CREATE TABLE [dbo].[Models]
(
    [Id_modelo] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Id_tipo] [int] NOT NULL,
    [Modelo] [nvarchar](60) NOT NULL,
    PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [Id_modelo] ASC
)
WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, INDEX_CREATE = OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON, OPTIMIZE_FOR_SEQUENTIAL_KEY = ON [PRIMARY])
)
GO
***** Subject: [dba].[Precios]   Script Date: 11/27/2024 11:11:38 *****
SET ANSI_NULLS ON;
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON;
GO
CREATE TABLE [dbo].[Precios]
(
    [Id_producto] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Id_modelo] [int] NOT NULL,
    [Precio] [nvarchar](60) NOT NULL,
    PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [Id_producto] ASC
)
WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, INDEX_CREATE = OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON, OPTIMIZE_FOR_SEQUENTIAL_KEY = ON [PRIMARY])
)

```

**Ilustración 4-42:** Contenido seleccionado para SQL server

Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024

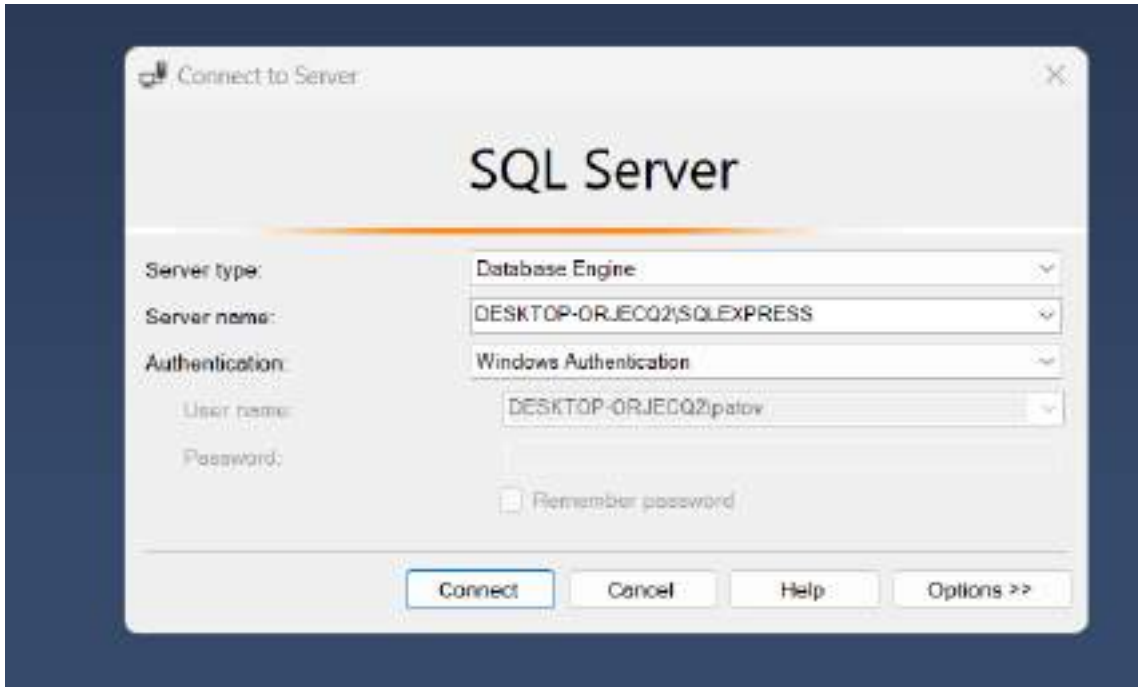
Al finalizar la acción anterior, ejecutamos mediante Execute y posterior a ello mediante connect, cómo se detalla en la ilustración 4-43.



**Ilustración 4-43:** Proceso ejecución.

Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024

Al finalizar la acción anterior, se presenta una ventana con la información de interés principalmente el nombre del servidor (server name), cómo se detalla en la ilustración 4-44.

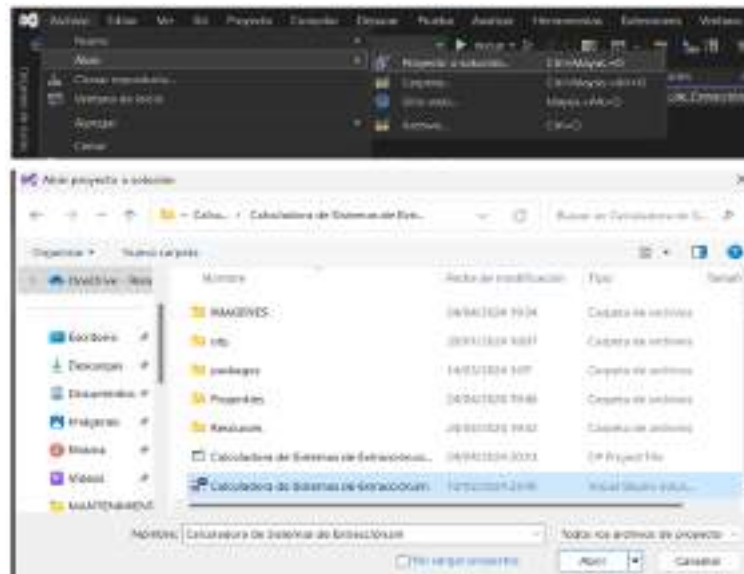


**Ilustración 4-44:** Server name

Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024

#### 4.2.3. Inicialización del código fuente.

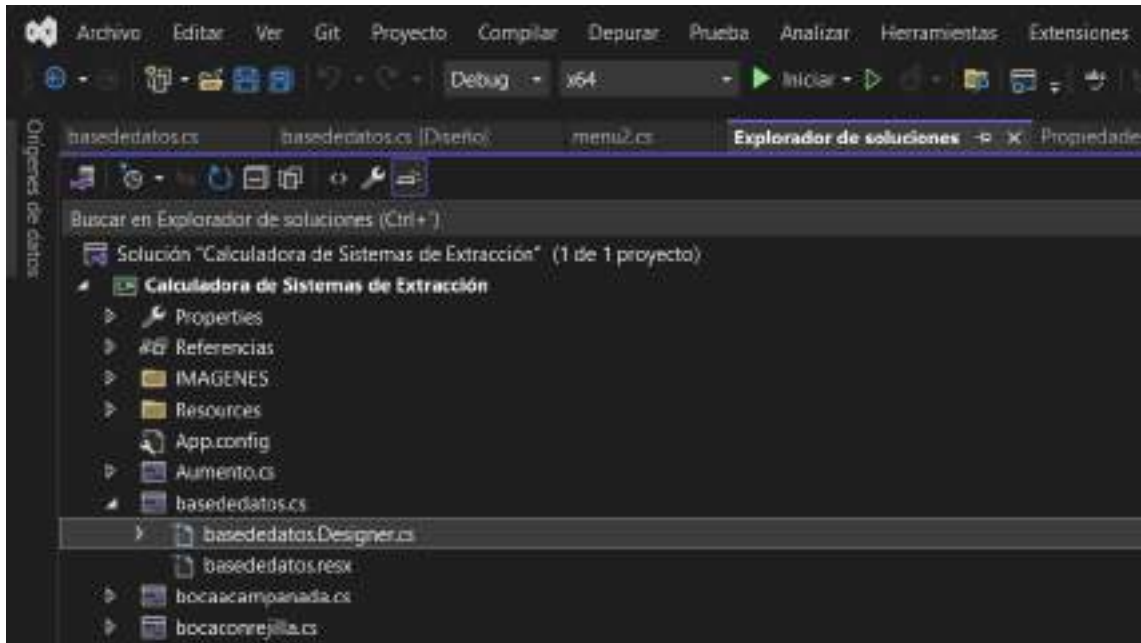
Al finalizar la conexión de la base de datos, se inicia el código fuente para ello identificamos el archivo.sln, el cual se lo abrirá desde la aplicación de Visual Studio como una solución, cómo se detalla en la ilustración 4-45.



**Ilustración 4-45:** Inicialización del código fuente.

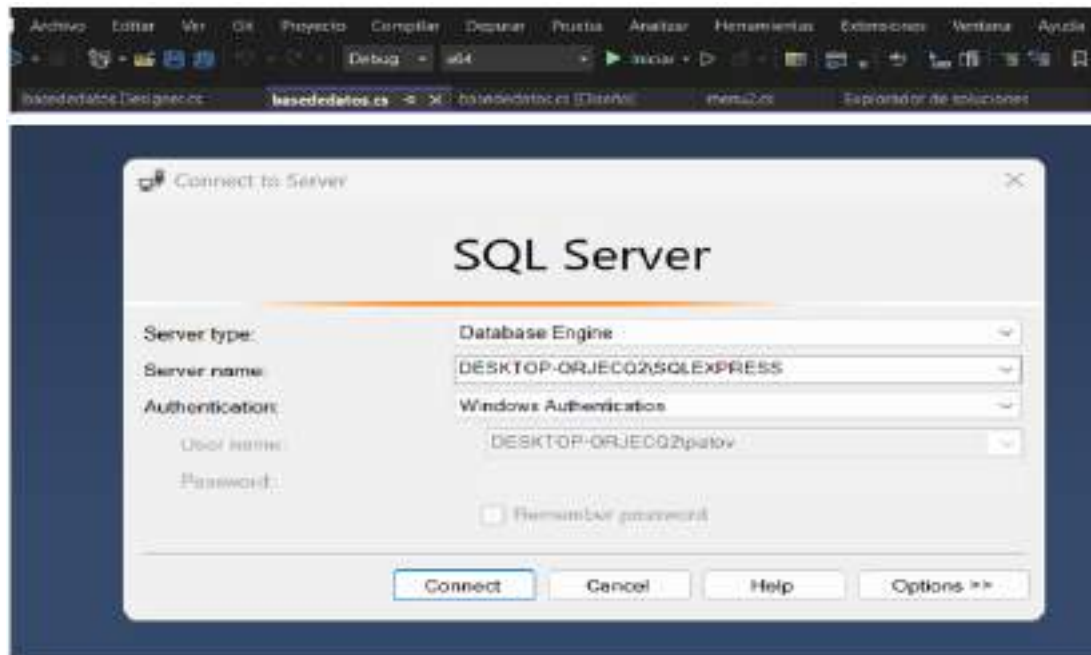
Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024

Al abrir el proyecto o solución, antes de ejecutar es necesario cambiar el nombre del servidor y la ruta de archivos para que la base de datos sea funcional, para ello ingresamos a explorador de soluciones y siguiente a base de datos en donde se identificara las líneas de código a modificar, para ello se presenta las siguientes ilustraciones 4-46 y 4-47.



**Ilustración 4-46:** Explorador de soluciones.

Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024



**Ilustración 4-47:** Nombre del servidor.

Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024

El nombre del servidor se cambiará en el lugar indicado mediante un comentario en las líneas de código, como se muestra en la ilustración 4-48.

```

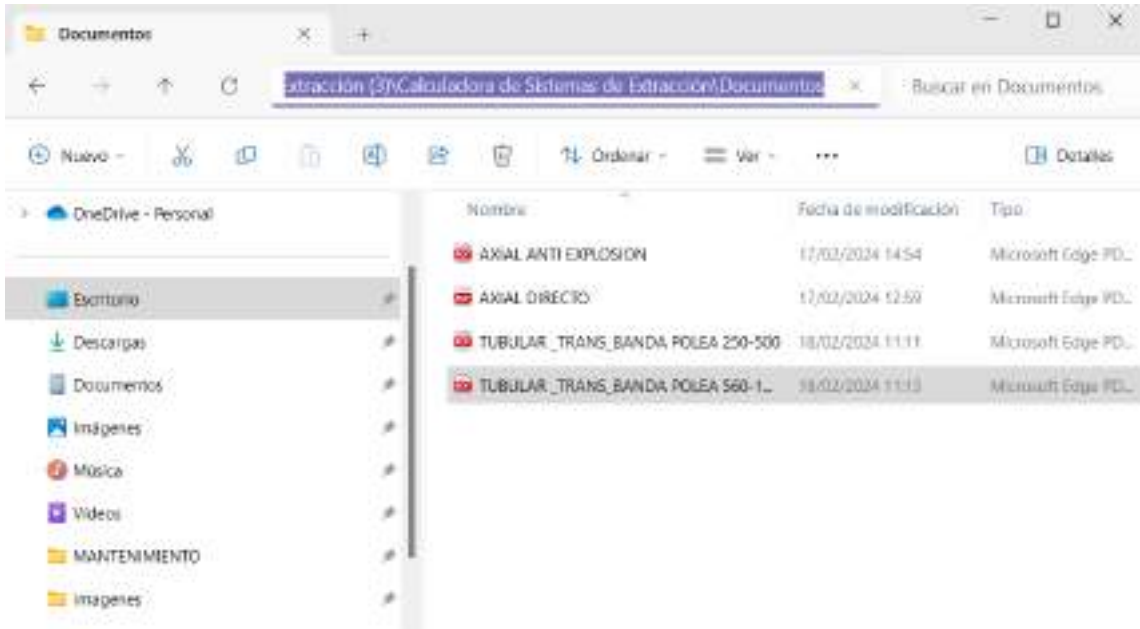
23 // Actualizar el nombre del servidor de SQL para utilizar el nuevo servidor
24 (Actualizar Servidor);
25
26
27
28
29
30
31
32
33 // Actualizar el nombre del servidor de SQL para utilizar el nuevo servidor
34 (Actualizar Servidor);
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

**Ilustración 4-48:** Cambio de nombre de servidor

Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024

Al término del paso anterior, es necesario copiar la ruta de archivos de documentos del proyecto, la cual se cambiará en el lugar indicado mediante un comentario en las líneas de código, como se muestra en la ilustración 4-49 y 4-50.



**Ilustración 4-49:** Ruta de archivos

Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024

```

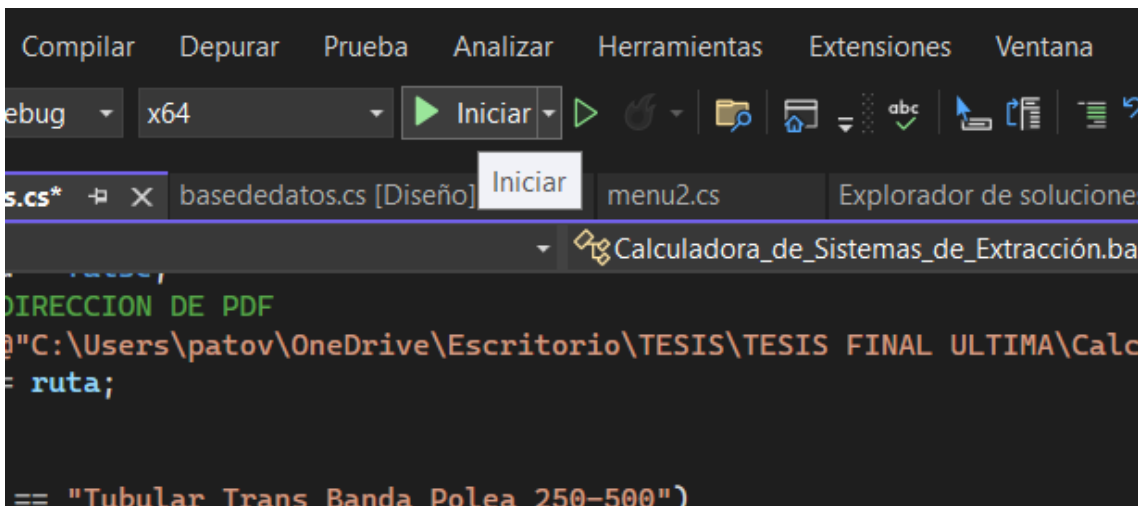
111 |
112 |
113 |
114 |
115 |
116 |
117 |
118 |
119 |
120 |
121 |
122 |
123 |
124 |
125 |
126 |
127 |
128 |
129 |
130 |
131 |
132 |
133 |
134 |
135 |
136 |
137 |
138 |
139 |
140 |
141 |
142 |
143 |
144 |
145 |
146 |
147 |
148 |
149 |
150 |
151 |
152 |
153 |
154 |
155 |
156 |
157 |
158 |
159 |
160 |
161 |
162 |
163 |
164 |
165 |
166 |
167 |
168 |
169 |
170 |
171 |
172 |
173 |
174 |
175 |
176 |
177 |
178 |
179 |
180 |
181 |
182 |
183 |
184 |
185 |
186 |
187 |
188 |
189 |
190 |
191 |
192 |
193 |
194 |
195 |
196 |
197 |
198 |
199 |
200 |
201 |
202 |
203 |
204 |
205 |
206 |
207 |
208 |
209 |
210 |
211 |
212 |
213 |
214 |
215 |
216 |
217 |
218 |
219 |
220 |
221 |
222 |
223 |
224 |
225 |
226 |
227 |
228 |
229 |
230 |
231 |
232 |
233 |
234 |
235 |
236 |
237 |
238 |
239 |
240 |
241 |
242 |
243 |
244 |
245 |
246 |
247 |
248 |
249 |
250 |
251 |
252 |
253 |
254 |
255 |
256 |
257 |
258 |
259 |
260 |
261 |
262 |
263 |
264 |
265 |
266 |
267 |
268 |
269 |
270 |
271 |
272 |
273 |
274 |
275 |
276 |
277 |
278 |
279 |
280 |
281 |
282 |
283 |
284 |
285 |
286 |
287 |
288 |
289 |
290 |
291 |
292 |
293 |
294 |
295 |
296 |
297 |
298 |
299 |
300 |
301 |
302 |
303 |
304 |
305 |
306 |
307 |
308 |
309 |
310 |
311 |
312 |
313 |
314 |
315 |
316 |
317 |
318 |
319 |
320 |
321 |
322 |
323 |
324 |
325 |
326 |
327 |
328 |
329 |
330 |
331 |
332 |
333 |
334 |
335 |
336 |
337 |
338 |
339 |
340 |
341 |
342 |
343 |
344 |
345 |
346 |
347 |
348 |
349 |
350 |
351 |
352 |
353 |
354 |
355 |
356 |
357 |
358 |
359 |
360 |
361 |
362 |
363 |
364 |
365 |
366 |
367 |
368 |
369 |
370 |
371 |
372 |
373 |
374 |
375 |
376 |
377 |
378 |
379 |
380 |
381 |
382 |
383 |
384 |
385 |
386 |
387 |
388 |
389 |
390 |
391 |
392 |
393 |
394 |
395 |
396 |
397 |
398 |
399 |
400 |
401 |
402 |
403 |
404 |
405 |
406 |
407 |
408 |
409 |
410 |
411 |
412 |
413 |
414 |
415 |
416 |
417 |
418 |
419 |
420 |
421 |
422 |
423 |
424 |
425 |
426 |
427 |
428 |
429 |
430 |
431 |
432 |
433 |
434 |
435 |
436 |
437 |
438 |
439 |
440 |
441 |
442 |
443 |
444 |
445 |
446 |
447 |
448 |
449 |
450 |
451 |
452 |
453 |
454 |
455 |
456 |
457 |
458 |
459 |
460 |
461 |
462 |
463 |
464 |
465 |
466 |
467 |
468 |
469 |
470 |
471 |
472 |
473 |
474 |
475 |
476 |
477 |
478 |
479 |
480 |
481 |
482 |
483 |
484 |
485 |
486 |
487 |
488 |
489 |
490 |
491 |
492 |
493 |
494 |
495 |
496 |
497 |
498 |
499 |
500 |
501 |
502 |
503 |
504 |
505 |
506 |
507 |
508 |
509 |
510 |
511 |
512 |
513 |
514 |
515 |
516 |
517 |
518 |
519 |
520 |
521 |
522 |
523 |
524 |
525 |
526 |
527 |
528 |
529 |
530 |
531 |
532 |
533 |
534 |
535 |
536 |
537 |
538 |
539 |
540 |
541 |
542 |
543 |
544 |
545 |
546 |
547 |
548 |
549 |
550 |
551 |
552 |
553 |
554 |
555 |
556 |
557 |
558 |
559 |
560 |
561 |
562 |
563 |
564 |
565 |
566 |
567 |
568 |
569 |
570 |
571 |
572 |
573 |
574 |
575 |
576 |
577 |
578 |
579 |
580 |
581 |
582 |
583 |
584 |
585 |
586 |
587 |
588 |
589 |
590 |
591 |
592 |
593 |
594 |
595 |
596 |
597 |
598 |
599 |
600 |
601 |
602 |
603 |
604 |
605 |
606 |
607 |
608 |
609 |
610 |
611 |
612 |
613 |
614 |
615 |
616 |
617 |
618 |
619 |
620 |
621 |
622 |
623 |
624 |
625 |
626 |
627 |
628 |
629 |
630 |
631 |
632 |
633 |
634 |
635 |
636 |
637 |
638 |
639 |
640 |
641 |
642 |
643 |
644 |
645 |
646 |
647 |
648 |
649 |
650 |
651 |
652 |
653 |
654 |
655 |
656 |
657 |
658 |
659 |
660 |
661 |
662 |
663 |
664 |
665 |
666 |
667 |
668 |
669 |
670 |
671 |
672 |
673 |
674 |
675 |
676 |
677 |
678 |
679 |
680 |
681 |
682 |
683 |
684 |
685 |
686 |
687 |
688 |
689 |
690 |
691 |
692 |
693 |
694 |
695 |
696 |
697 |
698 |
699 |
700 |
701 |
702 |
703 |
704 |
705 |
706 |
707 |
708 |
709 |
710 |
711 |
712 |
713 |
714 |
715 |
716 |
717 |
718 |
719 |
720 |
721 |
722 |
723 |
724 |
725 |
726 |
727 |
728 |
729 |
730 |
731 |
732 |
733 |
734 |
735 |
736 |
737 |
738 |
739 |
740 |
741 |
742 |
743 |
744 |
745 |
746 |
747 |
748 |
749 |
750 |
751 |
752 |
753 |
754 |
755 |
756 |
757 |
758 |
759 |
760 |
761 |
762 |
763 |
764 |
765 |
766 |
767 |
768 |
769 |
770 |
771 |
772 |
773 |
774 |
775 |
776 |
777 |
778 |
779 |
780 |
781 |
782 |
783 |
784 |
785 |
786 |
787 |
788 |
789 |
790 |
791 |
792 |
793 |
794 |
795 |
796 |
797 |
798 |
799 |
800 |
801 |
802 |
803 |
804 |
805 |
806 |
807 |
808 |
809 |
810 |
811 |
812 |
813 |
814 |
815 |
816 |
817 |
818 |
819 |
820 |
821 |
822 |
823 |
824 |
825 |
826 |
827 |
828 |
829 |
830 |
831 |
832 |
833 |
834 |
835 |
836 |
837 |
838 |
839 |
840 |
841 |
842 |
843 |
844 |
845 |
846 |
847 |
848 |
849 |
850 |
851 |
852 |
853 |
854 |
855 |
856 |
857 |
858 |
859 |
860 |
861 |
862 |
863 |
864 |
865 |
866 |
867 |
868 |
869 |
870 |
871 |
872 |
873 |
874 |
875 |
876 |
877 |
878 |
879 |
880 |
881 |
882 |
883 |
884 |
885 |
886 |
887 |
888 |
889 |
890 |
891 |
892 |
893 |
894 |
895 |
896 |
897 |
898 |
899 |
900 |
901 |
902 |
903 |
904 |
905 |
906 |
907 |
908 |
909 |
910 |
911 |
912 |
913 |
914 |
915 |
916 |
917 |
918 |
919 |
920 |
921 |
922 |
923 |
924 |
925 |
926 |
927 |
928 |
929 |
930 |
931 |
932 |
933 |
934 |
935 |
936 |
937 |
938 |
939 |
940 |
941 |
942 |
943 |
944 |
945 |
946 |
947 |
948 |
949 |
950 |
951 |
952 |
953 |
954 |
955 |
956 |
957 |
958 |
959 |
960 |
961 |
962 |
963 |
964 |
965 |
966 |
967 |
968 |
969 |
970 |
971 |
972 |
973 |
974 |
975 |
976 |
977 |
978 |
979 |
980 |
981 |
982 |
983 |
984 |
985 |
986 |
987 |
988 |
989 |
990 |
991 |
992 |
993 |
994 |
995 |
996 |
997 |
998 |
999 |
1000 |

```

**Ilustración 4-50:** Cambio de ruta de archivos

Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024

Al término de los pasos descritos, iniciamos el proyecto.



**Ilustración 4-51:** Iniciación del proyecto

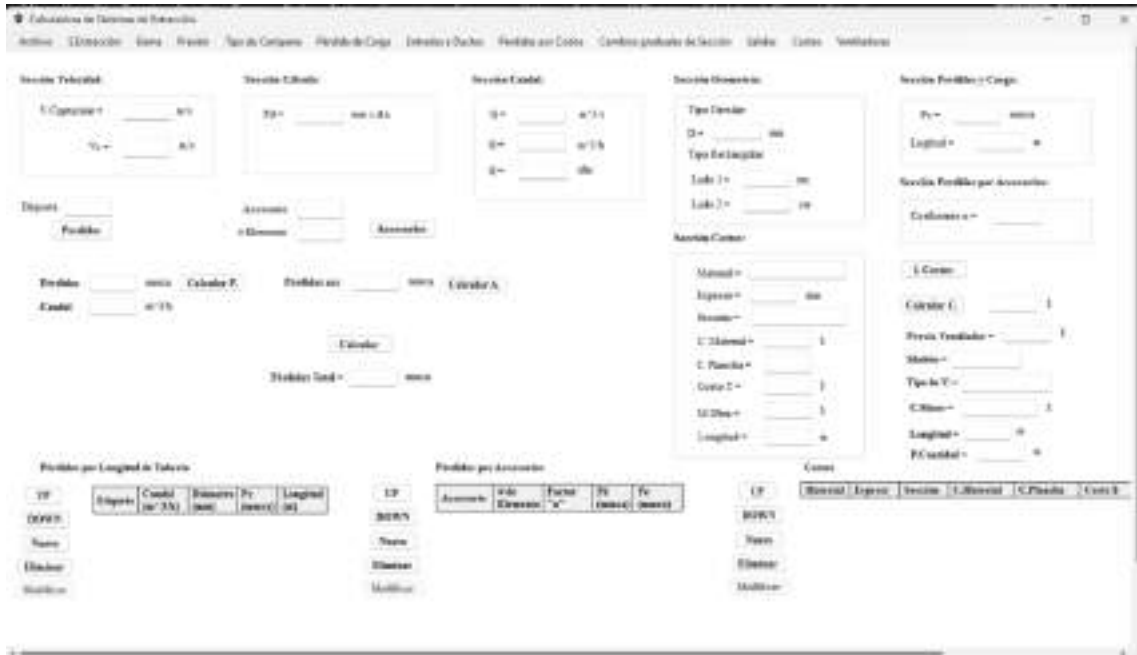
Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024



**Ilustración 4-52:** Iniciación del proyecto

Elaborado por: Lopez C. & Velata E. 2024





**Ilustración 4-53:** Interfaz proyecto.

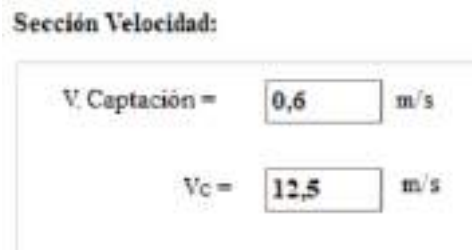
Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

#### 4.2.4. *Calculo Velocidad de captación y velocidad en el conducto “Sección Velocidad”*

El software está configurado con las diferentes condiciones de lugar de trabajo lo cual es importante para obtener la velocidad de captación, como se detalla en la ilustración 4-54, que fue desarrollada en base al “Manual Práctico de Ventilación De Soler & Palau”.

Para calcular la velocidad de captación se lo puede realizar de cuatro formas distintas que se muestran a continuación:


- Ingresar manualmente
- Presionando las teclas Ctrl + S
- Seleccionando en la barra de herramientas “S. Extracción.
- Dando Clic en “V. Captación”.




**Ilustración 4-54:** Ingreso de datos de velocidad de captación y velocidad en el ducto

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024

**Tipo:** **Captación gases y vapores**



**Con partículas sólidas en suspensión**



Las siguientes opciones en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:

**Inferior:**

- 1.- Pocas volutas de aire en el local
- 2.- Concentraciones de baja Toxicidad
- 3.- Intermitencia de las operaciones
- 4.- Compuestos grandes y volátiles estables

**Superior:**

- 1.- Concentraciones reducidas en el local
- 2.- Concentraciones de alta Toxicidad
- 3.- Operaciones continuas
- 4.- Compuestos de pequeñas moléculas

**Zona:**

Inferior

Superior

**Características de la fuente de contaminación**

Degradamiento a baja velocidad (así como y una gases)

Degradamiento a baja velocidad en aire tranquilo

Operación por un zona de movimiento rápido del aire

Degradamiento a alta velocidad en zona de muy rápido movimiento del aire

Operación por un zona de muy rápido movimiento de aire

**Ejemplos:**

Cocinas: Degradación en tiempo Desagradado: 0,25 - 0,50

Soldadura: Degradado: Tuberos polvos pesados: 0,5 - 1

Olefinas de gomas: 1 - 2,5

Tintorerías: 1 - 2,5

Embalaje: Especificado: 2,5 - 10

Vccept =  m/s

**Ilustración 4-55:** Selección de los parámetros para el cálculo de la velocidad de captación.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

En el caso de la velocidad en el ducto se lo puede realizar de la siguiente manera:

- Ingresar manualmente
- Presionando las teclas Ctrl + G
- Seleccionando en la barra de herramientas “Gama” y seleccionar “Gama de velocidades”.
- Dando Clic en “Vc”.

**GAMA**

<b>Gases, vapores</b>		5 a 6( <sup>4</sup> )
<b>Humos</b>	Hueros de óxido de zinc y de aluminio	7 a 10( <sup>4</sup> )
<b>Polvos muy finos y ligeros</b>	Falpas muy finas de algodón	10 a 13
<b>Polvos secos y polvoros</b>	Polvos finos de caucho, de bascalita, falpas de yute; polvos de algodón, de jaba.	13 a 18
<b>Polvos industriales medios</b>	Alcorno de líquido en seco; polvos de amolar; polvos de yute, de grafita; corte de brupatas, polvos de arcilla, de calciano, embalaje	18 a 20
<b>Polvos pesados</b>	Pulvo de tonelas de empuñado y desmolida, de chocrosita, de encariado.	20 a 23
<b>Polvos pesados o húmedos</b>	Polvos de cemento húmedo, de corte de telas de amantamiento, de cal viva.	>23 o transporte automático húmedo

Seleccionar:

**Vc =**  m/s

**Ilustración 4-56:** Selección de los parámetros para el cálculo de la velocidad en el ducto.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.



#### 4.2.5. Cálculo presión dinámica “sección Presión”

Para el cálculo de la presión dinámica es necesario utilizar el valor de la velocidad de aire en el conducto. El valor de la presión dinámica se obtuvo mediante el software al presionar el botón calcular, el cual está programado en base a la siguiente ecuación  $V = 4,04\sqrt{Pd}$ , como se muestra en la ilustración 4-5.

se lo puede realizar de las siguientes formas:

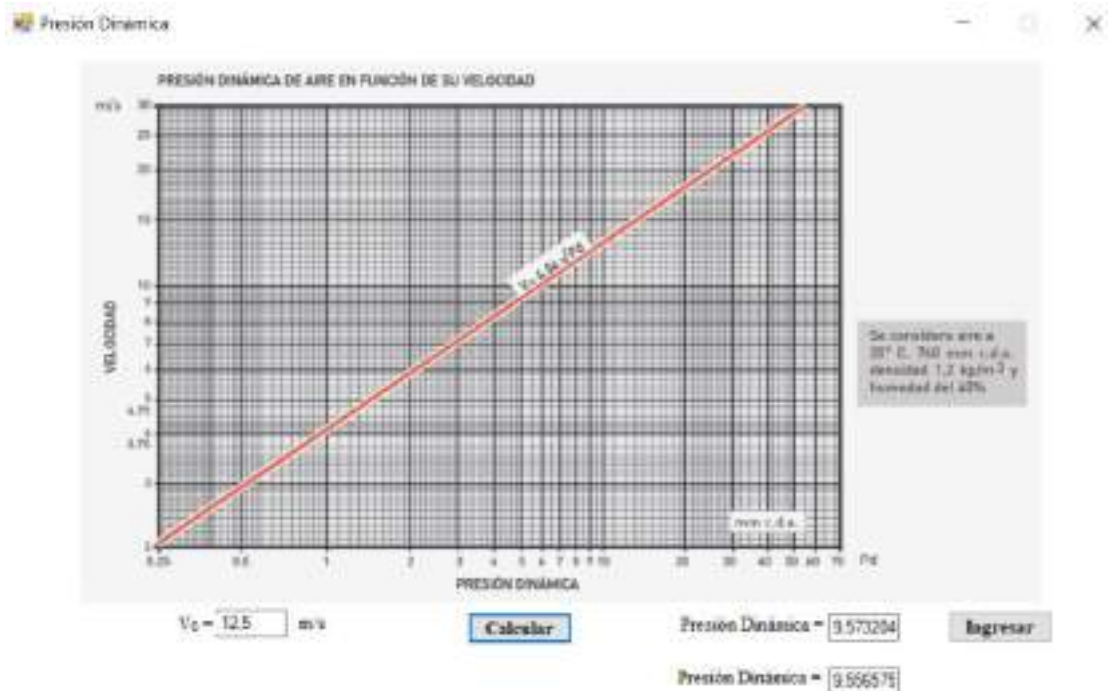
- Ingresar manualmente.
- Presionando las teclas Ctrl + D.
- Seleccionando en la barra de herramientas “Presión” y seleccionar “P. Dinámica”.
- Dando Clic en “Pd”.



**Ilustración 4-57:** Ingreso de datos presión dinámica “Pd”

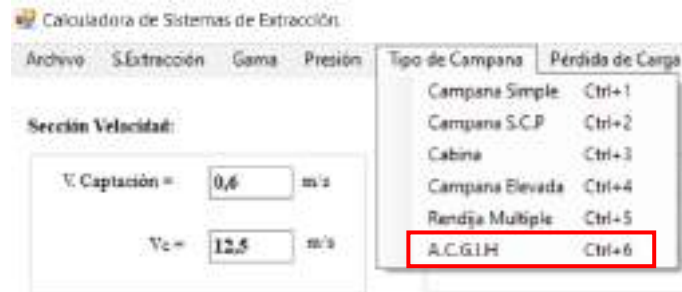
Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

A continuación, se representa el cálculo de la presión dinámica en la Ilustración 4-58.



#### 4.2.6. Cálculo caudal “Sección Caudal”

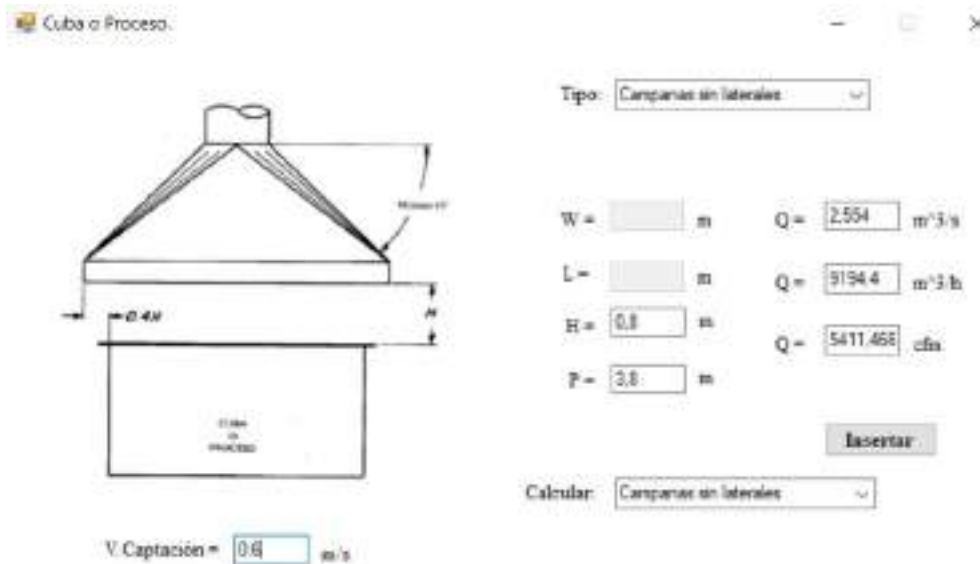
Para esto es necesario seleccionar “Tipo de Campana” que se encuentra en la barra de herramientas, lo cual despliega varias opciones a elegir según la necesidad del usuario, en este caso de estudio seleccionamos “A.C.G.I.H”,



**Ilustración 4-59:** Selección del tipo de campana “A.C.G.I.H”.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Una vez seleccionado se despliega una ventana la cual permite seleccionar el tipo de cuba o proceso, para lo cual trabajamos con “Campanas sin laterales” opción que admite el ingreso de la altura y perímetro, con lo cual al seleccionar en “Calcular” la opción del tipo de campana, genera el valor correspondiente al caudal en diferentes unidades de medida, posteriormente se selecciona en el botón “Insertar” para mostrar el caudal en la interfaz principal.

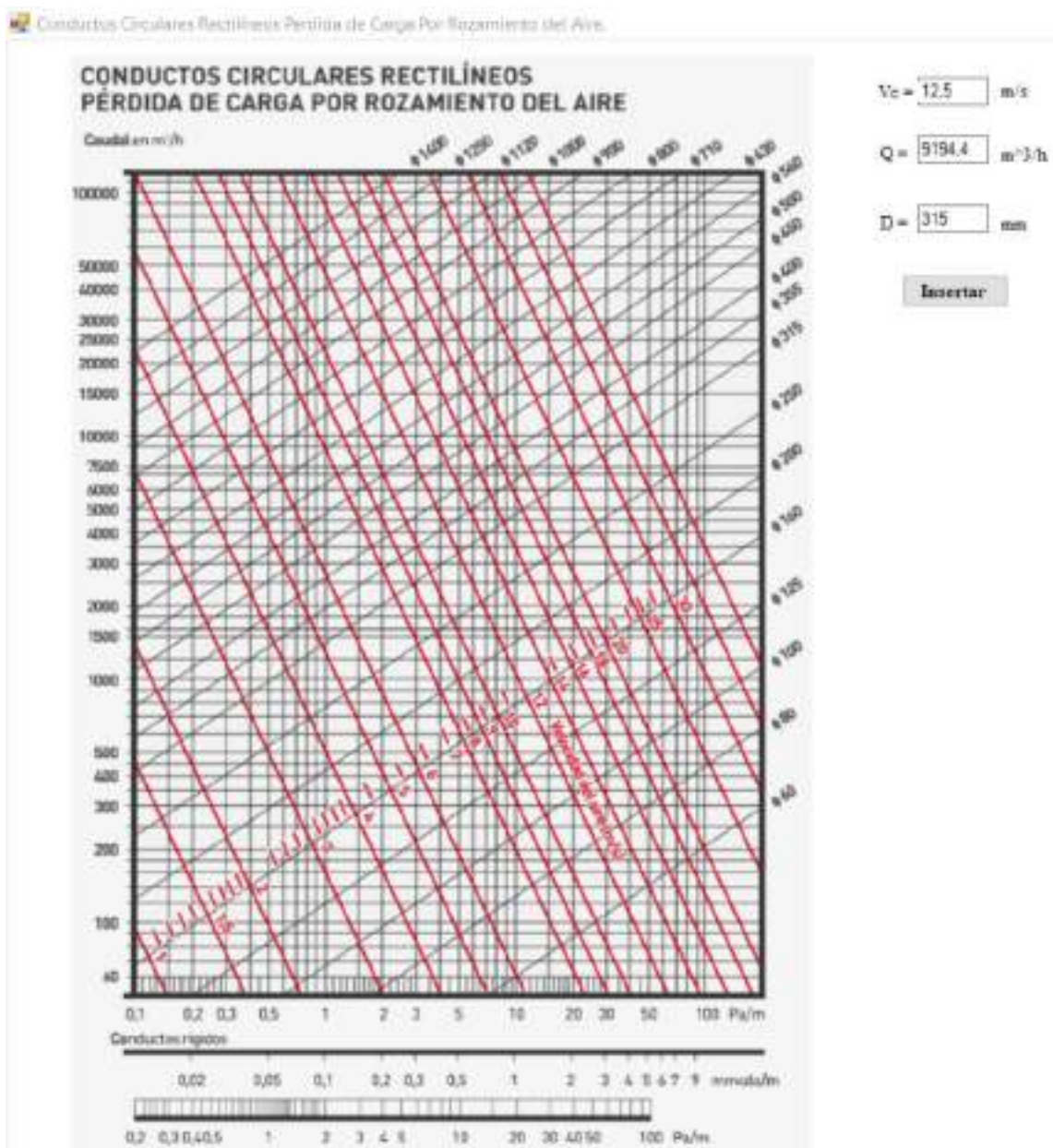


**Ilustración 4-60:** Cálculo del caudal.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

#### 4.2.7. Cálculo del diámetro “Sección Geométrica”

Para este punto es necesario tener en cuenta los valores calculados de velocidad del conducto y caudal, con los cuales se hace la lectura de la ilustración 3-5 página 41. Donde en el eje izquierdo se tiene el caudal y se dibuja una recta horizontal, el valor de la velocidad del aire en el ducto representadas por las líneas rojas debe intersectar con la línea horizontal del caudal, donde la intersección de las mismas permite encontrar el diámetro representado por las líneas diagonales con pendiente positiva. Posterior a ello ingresamos el dato en el cuadro establecido, como último paso seleccionamos en el botón “Insertar” para mostrar el diámetro en la interfaz principal.

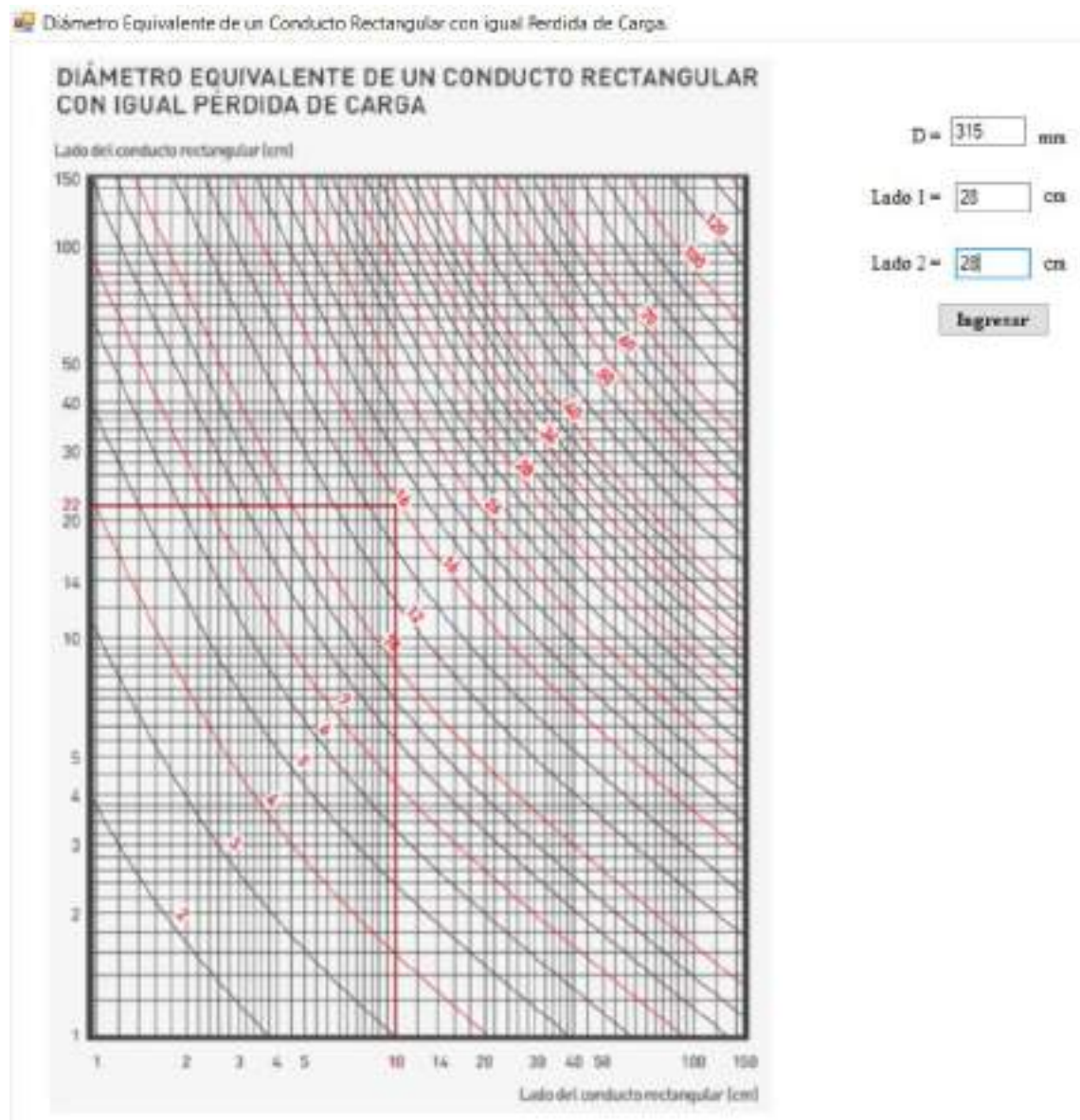


**Ilustración 4-61:** Determinación del diámetro del conducto circular.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

#### 4.2.7.1. Determinación lados del ducto L1 y L2

Para este caso de estudio se han empleado ductos de sección rectangular ya que son los más usados para la construcción debido a su adaptabilidad a superficies y bajo costo, para lo cual se debe determinar las longitudes de cada lado mediante la lectura de la ilustración 3-6 de la página 42, donde es necesario utilizar el diámetro de conducto circular que se calculó con anterioridad.



**Ilustración 4-62:** Determinación de las dimensiones del conducto rectangular.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024.

Como paso final seleccionamos en el botón “Insertar” para mostrar las longitudes en la interfaz principal.

Sección Geometría:

Tipo Circular  
D =  mm

Tipo Rectangular  
Lado 1 =  cm  
Lado 2 =  cm

**Ilustración 4-63:** Ingreso de datos sección geométrica.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

#### 4.2.8. Sección perdida y carga

Para ingresar las perdidas según los requerimientos se debe buscar la pestaña perdidas de carga donde se despliega las diferentes opciones con sus respectivos comandos de acceso directo.

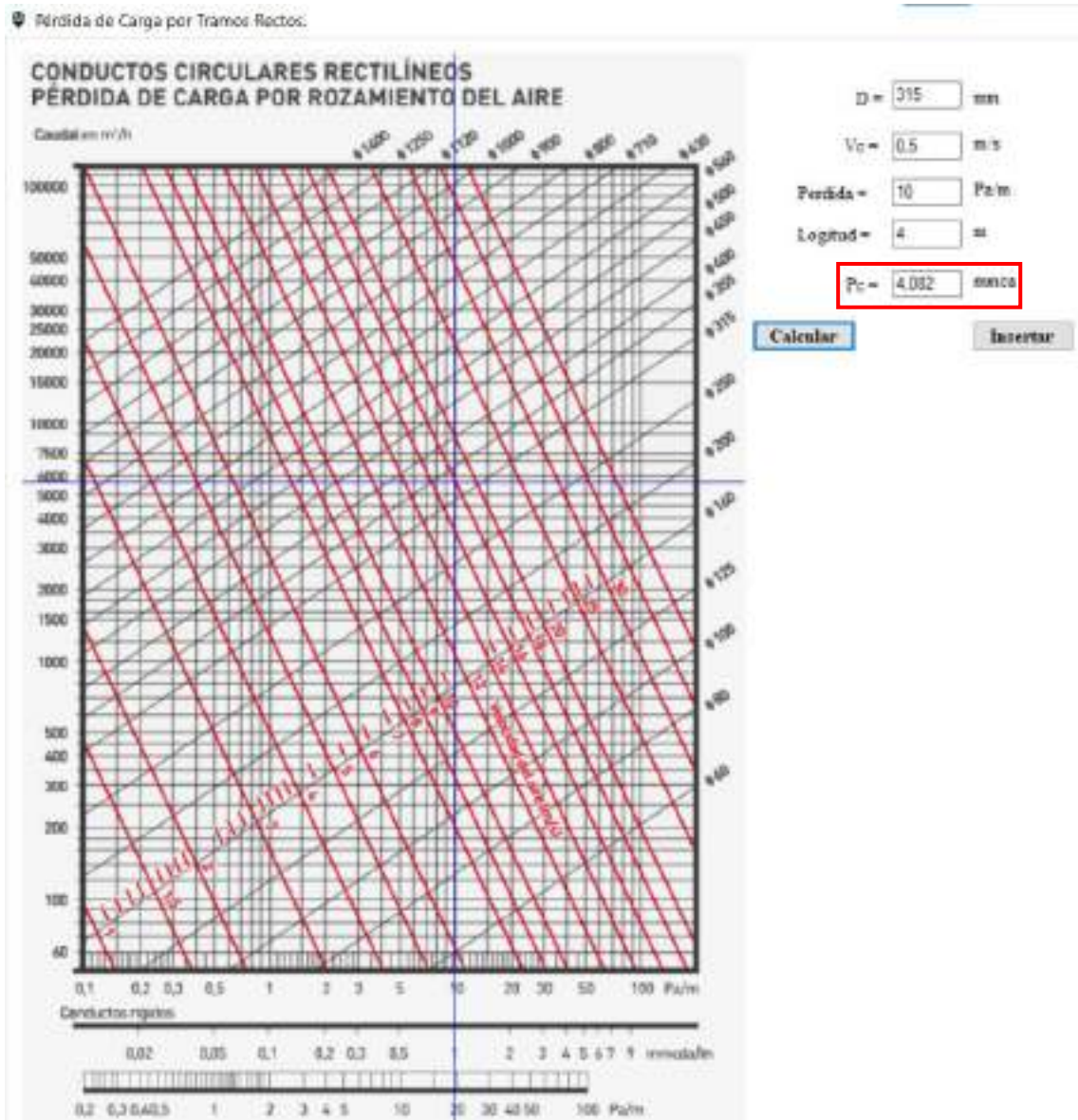
Pérdida de Carga	Entradas a Ductos
Circulares Rectilíneos	Ctrl+7
Diámetro Equivalente	Ctrl+8
Conductos Rectos	Ctrl+9

**Ilustración 4-64:** Pestaña de pérdida de carga

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Para pérdidas de conductos rectos ingresamos ya sea con el comando Ctrl+9 o seleccionando en la interfaz principal Pc que se encuentra en la sección “Perdidas y carga”, al seleccionar se despliega una interfaz en la cual con ayuda las líneas guía debemos hacer una lectura y buscar la intersección según los datos de D y Vc al intersecar vamos a encontrar el valor de “perdida” y se lo ingresa, la longitud se la inserta de manera manual según el tramo que se esté analizando, finalmente seleccionamos en calcular y automáticamente nos arroja el valor de pérdida





**Ilustración 4-65:** Pérdida de carga por tramos rectos.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Luego seleccionamos insertar, el valor se reflejará en la interfaz principal. Si ya se tienen los datos se puede insertar de manera manual sin la necesidad de la lectura de la ilustración 4-65.

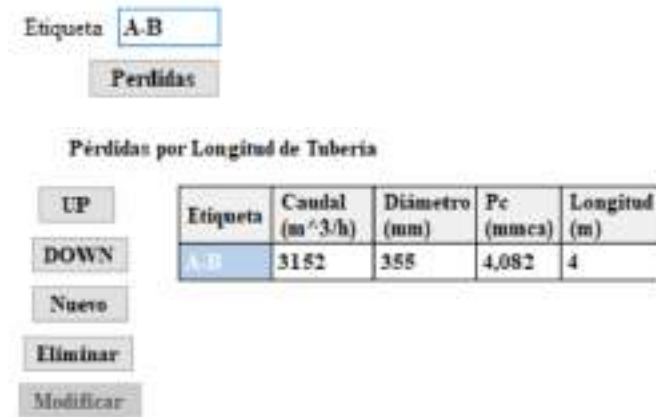
Sección Pérdidas y Carga:

$P_c = 4.082$  mmca  
 Longitud = 4 m

**Ilustración 4-66:** Interfaz sección pérdidas y carga.

Fuente: Lopez C. & Velata E. 2024.

Una vez obtenido las pérdidas de tramo de estudio, tenemos una interfaz en la cual podemos agregar el nombre del tramo y al seleccionar en el botón “perdidas” se agrega automáticamente a la tabla donde se registrarán todos los tramos que el usuario necesite.



**Ilustración 4-67:** Tabla representativa de pérdidas por longitud de tubería.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Así podemos ir ingresando diferentes tramos con las especificaciones que el usuario requiera, además se puede, subir con el botón “UP”, bajar con el botón “DOWN”, se puede agregar un nuevo tramo con el botón “Nuevo”, eliminar con el botón “Eliminar”, y si queremos modificar algún valor manualmente lo podemos hacer con el botón “Modificar”.

#### 4.2.9. Sección “perdidas por accesorios”

Para las perdidas por accesorios tenemos varias pestañas las cuales son las siguientes.

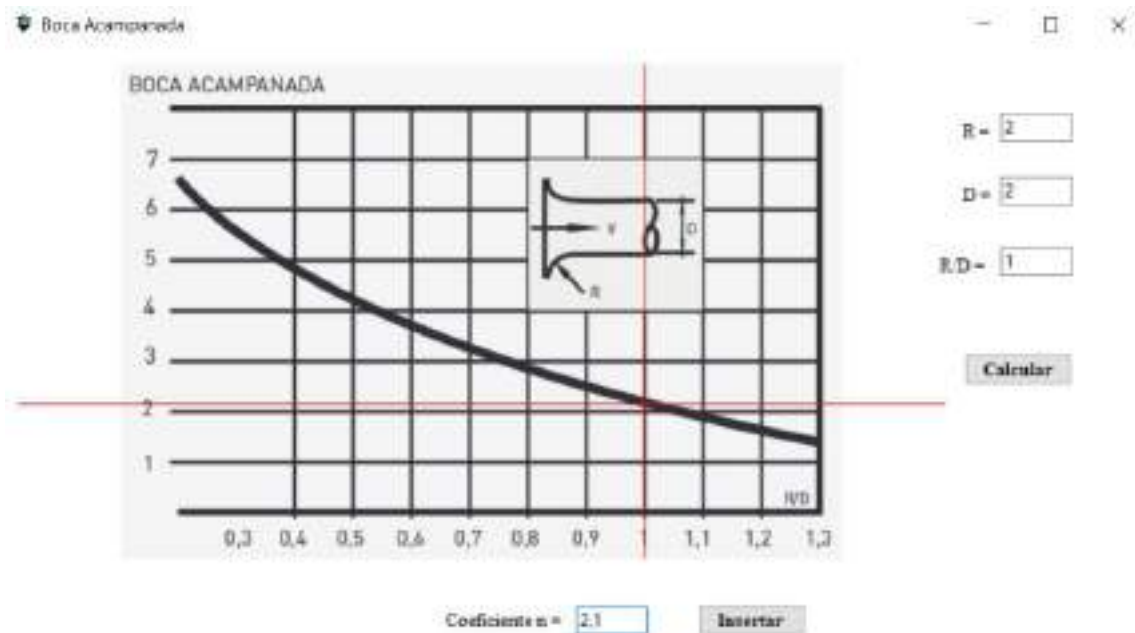
- Entradas a ductos.
- Perdidas por codos.
- Cambios graduales de sección.
- Salidas.

Entradas a Ductos	Perdidas por Codos	Ci
Boca Acampanada	Ctrl+F	
Boca con Rejilla	Ctrl+F1	
Jerpos	Ctrl+F2	
Campanas de Captación	Ctrl+F3	

**Ilustración 4-68:** Perdidas de entradas a ductos.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Tenemos varios accesorios los cuales al seleccionar se nos abre una interfaz para la selección el coeficiente “n” como se muestra en la ilustración 4-69.



**Ilustración 4-69:** Selección coeficiente n para bocas acampanadas.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024.

Es necesario ingresar de manera manual el valor de R y D, luego seleccionamos en el botón “calcular” para tener el valor de R/D y con esos datos podemos ver el valor del coeficiente n con ayuda de las líneas guía que se pueden mover con ayuda del mouse, luego ingresamos el valor del coeficiente y seleccionamos en insertar para que el valor nos aparezca en la sección “perdidas por accesorios”.



**Ilustración 4-70:** Ingreso del coeficiente n.

**Realizado por:** Lopez C., Velata E., 2024.

De igual manera para agregar el nombre del accesorio se tiene un espacio con el fin de que el usuario ponga la etiqueta que desee, también puede ingresar el número de elementos existentes en el tramo, luego seleccionamos en el botón “Accesorios” para que se añada a la tabla.

Así podemos ir ingresando diferentes tramos con las especificaciones que el usuario requiera, además se puede, subir con el botón “UP”, bajar con el botón “DOWN”, se puede agregar un nuevo tramo con el botón “Nuevo”, eliminar con el botón “Eliminar”, y si queremos modificar algún valor manualmente lo podemos hacer con el botón “Modificar”.



Accesorio: boca

# Elemento: 1

Accesorios

Pérdidas por Accesorios

Accesorio	# de Elemento	Factor "n"	Pd (mmca)	Pe (mmca)
boca	1	2,1	0,015...	0,0321...

UP

DOWN

Nuevo

Eliminar

Modificar

**Ilustración 4-71:** Tabla representativa de pérdidas por accesorios.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

También tenemos perdidas por codos la cual se encuentra en la barra de herramientas, al seleccionar podemos apreciar que hay dos configuraciones sección circular y sección rectangular, los cuales funcionan de la misma manera al seleccionar cualquiera de las dos opciones se abrirá una ventana con una gráfica la cual debe ser analizada con los datos que se necesiten.

Perdidas por Codos

Cambios graduales de Sec

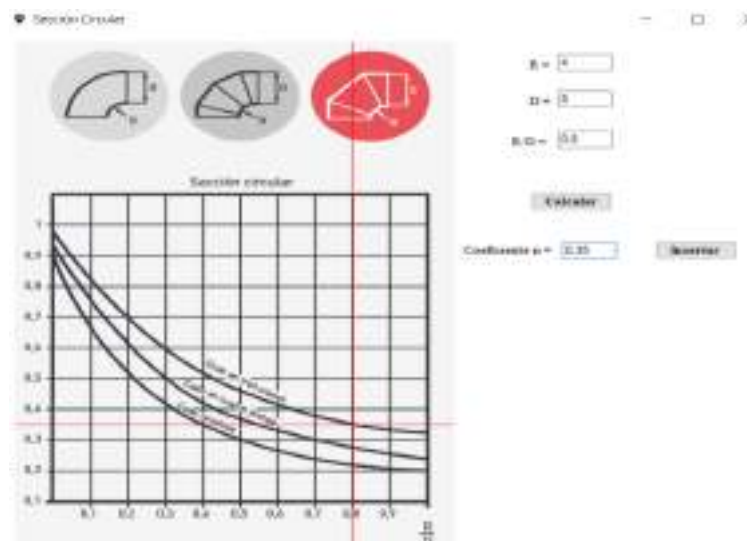
Sección Circular Ctrl+Mayús.+C

Sección Rectangular Ctrl+Mayús.+R

**Ilustración 4-72:** Pestaña perdidas por codos

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Los datos que se deben ingresar son el R y D con el fin de calcular la relación R/D, luego con ayuda de la gráfica buscamos el valor del coeficiente n y lo insertamos.



**Ilustración 4-73:** Ventana perdidas de codos sección circular.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Al seleccionar en insertar vamos a darle un nombre al accesorio y al presionar el botón “Accesorios”, automáticamente se agrega a la tabla de pérdidas por accesorios.

**Pérdidas por Accesorios**

UP

DOWN

Nuevo

Eliminar

Modificar

Accesorio	# de Elemento	Factor "n"	Pd (mmca)	Pe (mmca)
Weca	1	2,1	0,015...	0,0321...
Codo C	1	0,35	0,015...	0,0053...

**Ilustración 4-74:** Tabla perdidas por accesorios

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

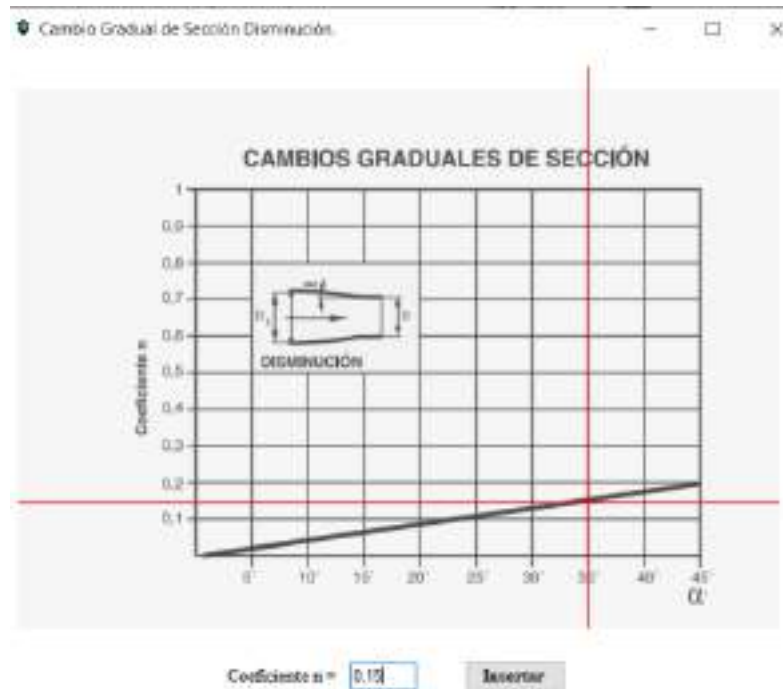
Luego existe la pestaña “cambios graduales de sección” la cual al dar clic se desglosa las diferentes configuraciones, igual a lado de cada accesorio tenemos el acceso rápido.

Cambios graduales de Sección		Salidas
Disminución	Ctrl+Mayús.+D	
Aumento	Ctrl+Mayús.+A	
Conductos	Ctrl+Mayús.+C	
Constante	Ctrl+Mayús.+E	

**Ilustración 4-75:** Pestaña cambios graduales de sección.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Al seleccionar el accesorio disminución, se abre una ventana con una gráfica la cual debe ser interpretada para hallar el valor del coeficiente n, para esto es necesario contar con el ángulo que tiene la disminución.

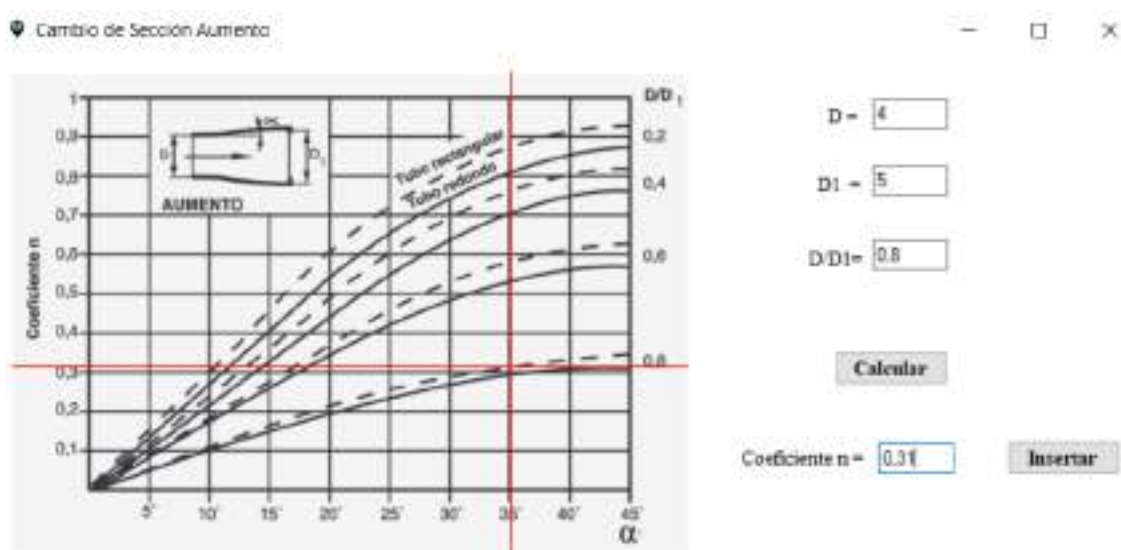


**Ilustración 4-76:** Ventana cambio gradual de sección disminución.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

#### 4.2.9.1. Aumento

Al seleccionar el accesorio aumento se despliega la ventana de la ilustración 4-77, donde los datos de ingreso son el  $D$  y  $D_1$ , luego al seleccionar el botón “Calcular” tenemos la relación de  $D/D_1$ , con estos valores podemos interpretar la gráfica con la intersección de las líneas guía para hallar el coeficiente  $n$  que, al ingresarlo, podemos presionar el botón “Insertar” para que se muestre en la interfaz principal.

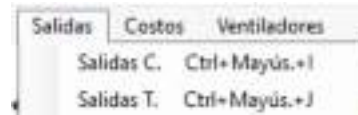


**Ilustración 4-77:** Ventana cambio de sección aumento.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

#### 4.2.9.2. Salidas

En las salidas tenemos tipo C y tipo T, igual al presionar en la pestaña salidas se despliega una lista con sus respectivos accesos rápidos.

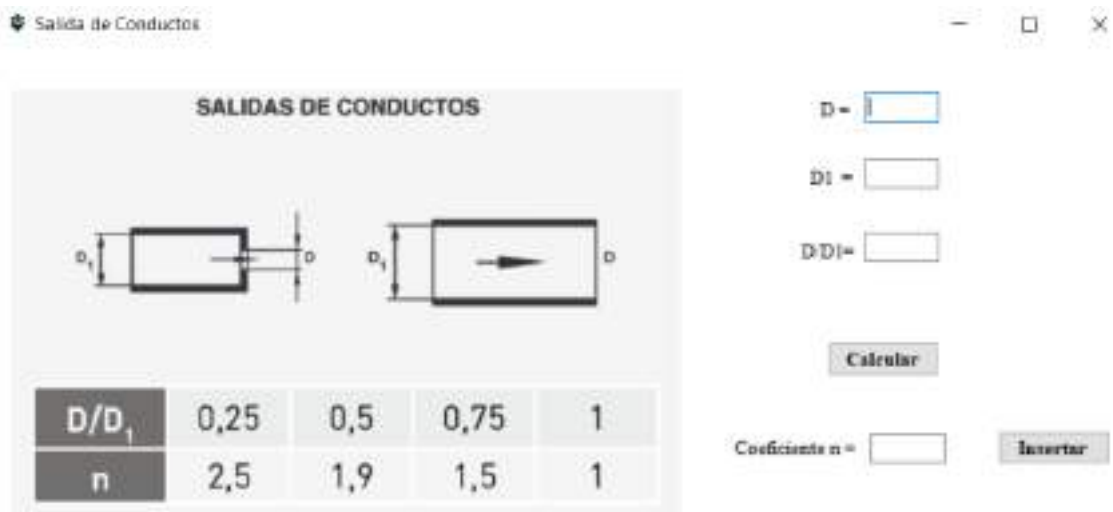


**Ilustración 4-78:** Pestaña accesorios salidas.

Fuente: Lopez C. & Velata E. 2024.

#### 4.2.9.3. Salidas tipo C

Al dar clic en “Salidas C”, se abre una ventana la cual tiene una gráfica, para seleccionar el coeficiente es necesario tener el diámetro D y D1 e ingresarlos, luego se debe presionar el botón de “Calcular” para que nos de la relación D/D1 y seleccionamos el coeficiente n.



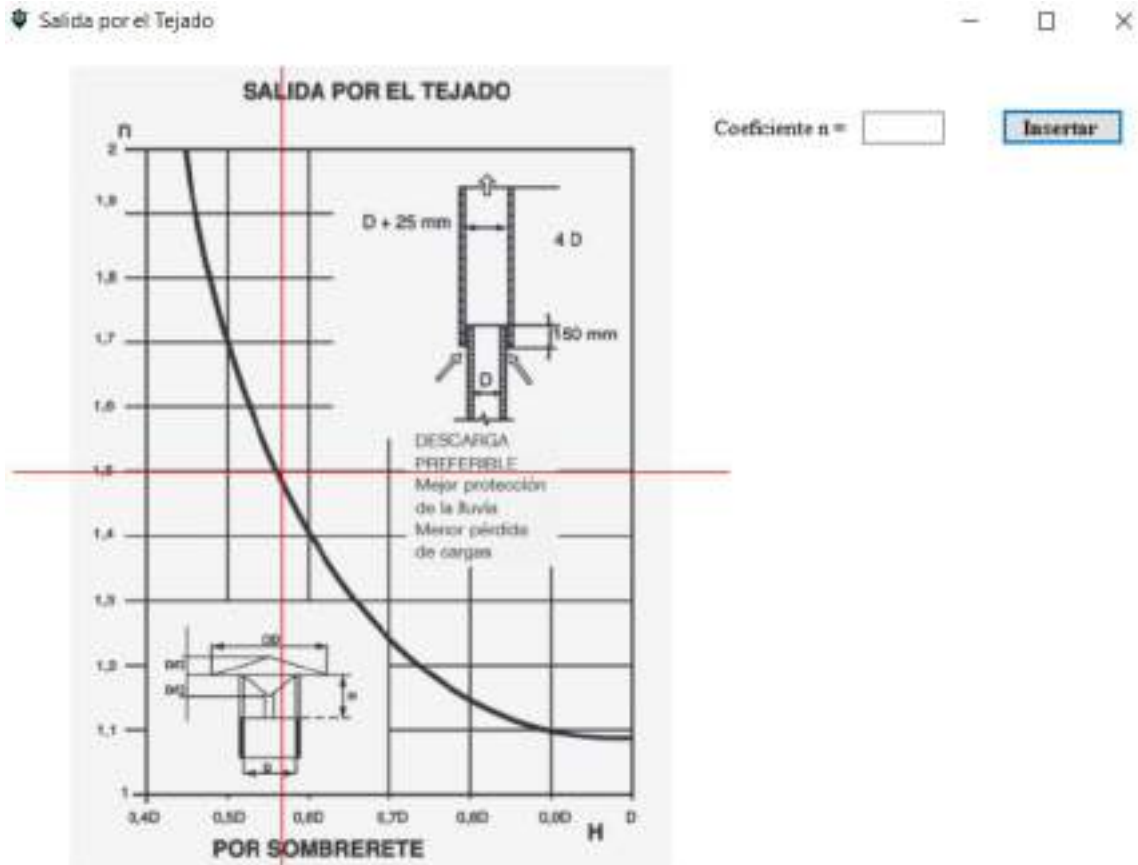
**Ilustración 4-79:** Ventana salida de conductos tipo C.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Una vez que se tiene el valor del coeficiente n se ingresa y seleccionamos el botón “Insertar” para que se refleje en la interfaz principal.

#### 4.2.9.4. Salida tipo T

Al dar clic en “Salidas T”, se abre una ventana la cual tiene una gráfica, es necesario tener el valor de D para poder intersecar y seleccionar el valor del coeficiente n.



**Ilustración 4-80:** Ventana salida por el tejado.

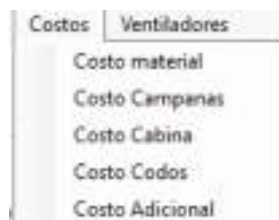
Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Una vez que se tiene el valor del coeficiente n se ingresa y seleccionamos el botón “Insertar” para que se refleje en la interfaz principal.

#### 4.2.10. Sección costos

- **Costos de material**

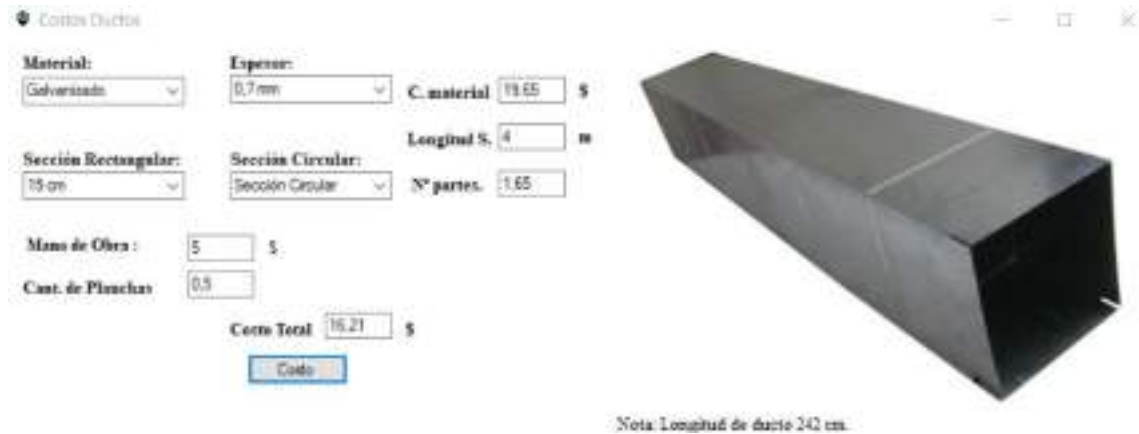
Para calcular los costos de material es necesario ir a la pestaña costos y seleccionar “Costo material”.



**Ilustración 4-81:** Pestaña Costos.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

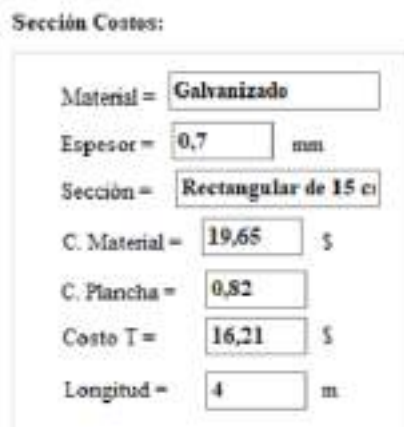
Al dar clic se despliega una ventana llamada “costos ductos” ilustración 4-82, donde hay que seleccionar el material y espesor mediante una lista desplegable automáticamente se calcula el valor del costo del material, además se debe ingresar la longitud del tramo y costos de mano de obra de manera manual, luego seleccionamos la sección que se desea ya sea rectangular o circular para determinar la cantidad de planchas necesarias y el número de partes.



**Ilustración 4-82:** Ventana costos ductos.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Una vez obtenido el costo vamos a la interfaz principal donde en la “sección costos” se plasma los resultados seleccionados.



**Ilustración 4-83:** Interfaz principal “sección costos”.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

Finalmente seleccionamos en el botón “I. Costos” para que estos valores se ingresen en la tabla “A. Costos Materiales”.

**L Costos**

**A. Costos Materiales**

Material	Espesor	Sección	Longitud m	C.Material	C.Plancha	Costo S
Galvani...	0,7	Rectan...	4	19,65	0,82	16,21

UP  
DOWN  
Nuevo  
Eliminar  
Modificar

**Ilustración 4-84:** Interfaz principal tabla “A. Costos Materiales”.

Realizado por: Lopez C., Velata E., 2024.

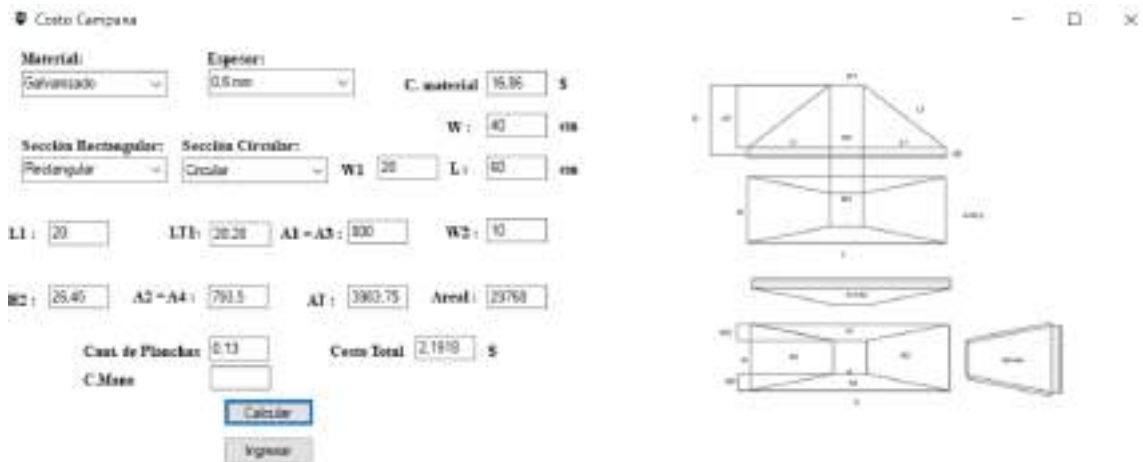
En la tabla podemos usar los botones para subir, bajar, ingresar nuevo, eliminar y modificar en caso de que se desee cambiar algún valor.

Al dar clic se despliega una ventana llamada “costos campana” ilustración 4-82, donde hay que seleccionar el material y espesor mediante una lista desplegable automáticamente se calcula el valor del costo del material, además se debe ingresar la longitud del tramo y costos de mano de obra de manera manual, luego seleccionamos la sección que se desea ya sea rectangular o circular para determinar la cantidad de planchas necesarias y el número de partes.

- **Costo campana**

Para calcular los costos de la campana es necesario ir a la pestaña “costos” y seleccionar “Costo campana”.

Al dar clic se despliega una ventana llamada “costos campana” ilustración 4-85, donde hay que seleccionar el material y espesor mediante una lista desplegable automáticamente se calcula el valor del costo del material, además se debe ingresar el alto de la sección W, ancho de la sección L y Wl este valor se lo ingresa de acuerdo a la gráfica que se tiene en la ventana la longitud del tramo y costos de mano de obra de manera manual, luego presionamos el botón “Calcular” y automáticamente se calcula el costo total y cantidad de planchas.



**Ilustración 4-85:** Ventana “Costo campana”.

**Realizado por:** Lopez C. & Velata E. 2024.

Una vez obtenido el costo vamos a la interfaz principal donde en la “sección costos” se plasma los resultados seleccionados.

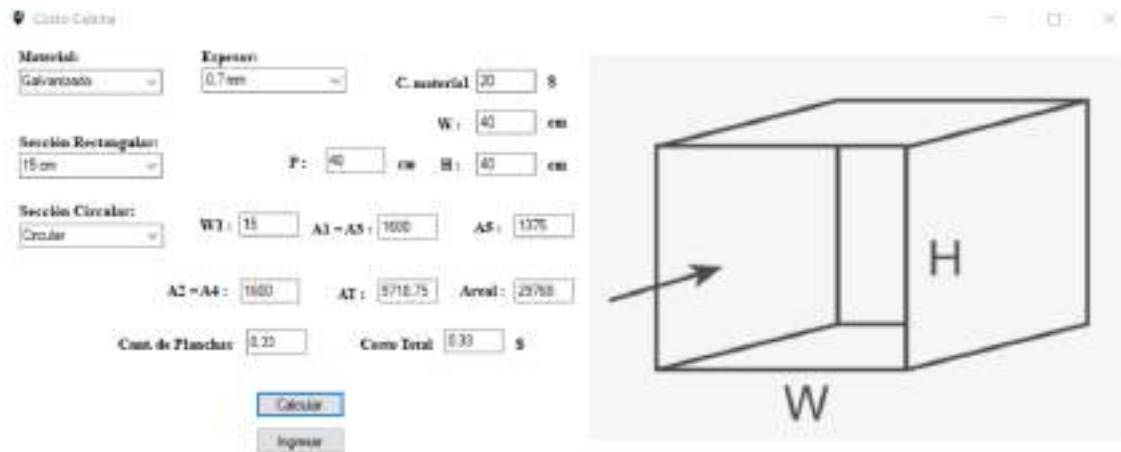
Finalmente seleccionamos en el botón “I. Costos” para que estos valores se ingresen en la tabla “A. Costos Materiales” ilustración 4-84.

- **Costo cabina**

Para calcular los costos de la cabina es necesario ir a la pestaña “costos” y seleccionar “Costo cabina”.

Al dar clic se despliega una ventana llamada “costos cabina” ilustración 4-86, donde hay que seleccionar el material y espesor, es necesario seleccionar la sección rectangular o circular, además se debe ingresar el alto de la sección W, ancho de la sección L y la profundidad P en cm este valor se lo ingresa de acuerdo a la gráfica que se tiene en la ventana, el costo de material se lo ingresa de manera manual, luego presionamos el botón “Calcular” y automáticamente se calcula el costo total y cantidad de planchas.





**Ilustración 4-86:** Ventana “Costo Cabina”.

**Realizado por:** Lopez C. & Velata E. 2024.

Una vez obtenido el costo vamos a la interfaz principal donde en la “sección costos” se plasma los resultados seleccionados.

Finalmente seleccionamos en el botón “I. Costos” para que estos valores se ingresen en la tabla “A. Costos Materiales” ilustración 4-84.

- **Costo codos**

Para calcular los costos de la cabina es necesario ir a la pestaña “costos” y seleccionar “Costo Codos”.

Al dar clic se despliega una ventana llamada “costos codos” ilustración 4-87, donde hay que seleccionar el material y espesor, es necesario seleccionar la sección rectangular o circular mediante una lista desplegable y automáticamente se calcula el valor del costo del material, el costo de mano de obra se lo ingresa de manera manual, luego presionamos el botón “Calcular” y automáticamente se calcula el costo total y cantidad de planchas.

Costo Codos

Material: Galvanizado      Espesor: 0,5 mm      C. material: 16,85 \$

Sección Rectangular: 15 cm      Sección Circular: Circular

D: 15      AT1: 530,14      LA1: 23,95

LA2: 47,12      AT2: 252,4      AT3: 706,8

AT: 2950,5      Área: 29768

Cant. de Planchas: 0,05      Costo Total: 1,52 \$

C.Masa:      \$

Calcular

Insertar



**Ilustración 4-87:** Ventana “Costo Codos”.

Realizado por: Lopez C. & Velata E. 2024.

Una vez obtenido el costo vamos a la interfaz principal donde en la “sección costos” se plasma los resultados seleccionados.

Finalmente seleccionamos en el botón “I. Costos” para que estos valores se ingresen en la tabla “A. Costos Materiales” ilustración 4-84.

- **Costo adicional**

Para calcular los costos adicionales es necesario ir a la pestaña “costos” y seleccionar “Costo Adicional”.

Al dar clic se despliega una ventana llamada “Costo adicional” ilustración 4-88, donde tenemos costos directos e indirectos los campos existentes hay que llenarlos manualmente, una vez ingresados, damos clic en el botón “Calcular” y automáticamente se calcula el valor del costo, finalmente seleccionamos en el botón “Insertar” y se agrega estos valores a la interfaz principal.

The screenshot shows a window titled "Costo Adicional" with two columns of input fields. The left column is labeled "Costo Directo" and contains "Herramientas : 40 \$" and "Transporte : 50 \$". The right column is labeled "Costo Indirecto" and contains "Ingenieril : 40 \$" and "Impreistos : 50 \$". Below these is a "Utilidad : 40 \$" field. At the bottom, there is a "Costo : 220 \$" field. Buttons for "Calcular" and "Ingresar" are visible.

**Ilustración 4-88:** Ventana “Costo Adicional”.

Realizado por: Lopez C. & Velata E. 2024.

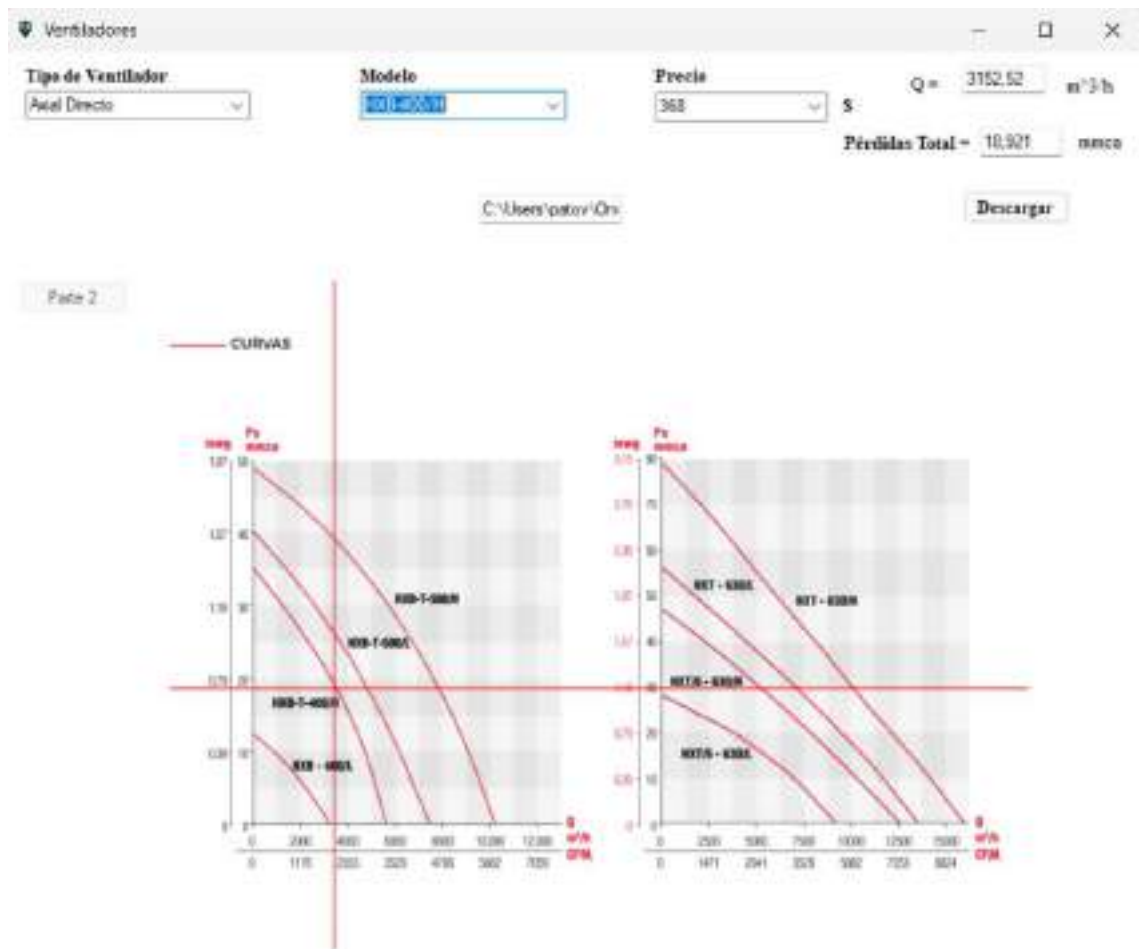
Finalmente seleccionamos en el botón “I. Costos” para que estos valores se ingresen en la tabla “A. Costos Materiales” ilustración 4-84.

- **Costo ventiladores**

Para calcular el costo del ventilador es necesario ir a la pestaña “Ventiladores” y seleccionar “Costo Ventiladores”.

Al dar clic se despliega una ventana llamada “Costo ventiladores” ilustración 4-89, donde es necesario contar con los valores de caudal promedio y pérdidas totales los cuales ya estarán cargados en esta ventana, con estos valores hay que interpretar la gráfica donde en el eje horizontal tenemos los valores del caudal y en el eje vertical las pérdidas totales, estos valores se los debe intersecar para ello es necesario usar las líneas guías que se mueven con el mouse.

Una vez intersecado seleccionamos el ventilador, posterior a eso elegimos el tipo y modelo de ventilador para obtener el costo de manera automática, además podemos descargar el Data Sheet dando clic en el botón “Descargar” el cual se descargará en formato PDF.



**Ilustración 4-89:** Ventana “Ventiladores”.

Realizado por: Lopez C. & Velata E. 2024.

Al seleccionar el ventilador automáticamente se registrarán las características del ventilador y el precio en la interfaz principal.

Precio Ventilador = 368 \$  
 Modelo = HXB-400/H  
 Tipo de V. = Axial Directo

**Ilustración 4-90:** Características del Ventilador en la interfaz principal.

Realizado por: Lopez C. & Velata E. 2024.

- **Costos mano de obra**

En este apartado se puede agregar varias descripciones según las necesidades, se puede modificar los ítems descripción, horas-hombre y costo x hora dando un clic en la celda que desee editar, de manera automática se calcula el Sub total.

	Descripción	Horas-Hombre	Costo x Hora	Sub Total
	Maestro de Obra	160	4,42	707,2
✓	Ayudante	20	2	320
	Soldador	80	4,65	372
	Doblador	4	2	8
*				

Sub Total = 1407,2 2 5

**Ilustración 4-91:** Tabla “Costos mano de obra” interfaz principal.

Realizado por: Lopez C. & Velata E. 2024.

- **Costos de equipos y herramientas**

En este apartado al igual que la tabla de costos de mano de obra se puede agregar varias descripciones según las necesidades, se puede modificar los ítems descripción, horas-hombre y costo x hora dando un clic en la celda que desee editar, de manera automática se calcula el Sub total.

	Descripción	Horas-Hombre	Costo x Hora	Sub Total
▶	Remachadora	40	1	40
	Dobladora	10	1,25	12,5
	Cortadora	4	1,25	5
	LLaves	5	0,5	2,5
	Soldadora	40	2,5	100

Sub Total = 160 5 Costos Ingenieril % 10

**Ilustración 4-92:** Tabla “Costos mano de obra” interfaz principal.

Realizado por: Lopez C. & Velata E. 2024.

El valor de transporte también se lo puede agregar de manera manual en la interfaz principal.

- **Costos totales**

En este caso se debe ingresar el porcentaje del valor ingenieril según los requerimientos de cada usuario, el valor del costo ingenieril se calcula automático dependiendo del porcentaje que se ingresó el cual oscila entre 10% y 12%, la celda imprevistos y utilidad se los llena de manera manual, finalmente la celda sub total y total se llenan automáticamente.

Costos Ingenieril %	10
Costo Ingenieril	340,72
Imprevistos	0
Utilidad	0
Sub Total	340,72
Total	3747,92

**Ilustración 4-93:** Costo total interfaz principal.

Realizado por: Lopez C. & Velata E. 2024

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.2. Conclusiones

Mediante un análisis investigativo se determinó que el manual de Soler & Palau junto con la norma ACGIH se ajustan de mejor manera al cálculo de sistemas para extracción de gases industriales, debido a que cuenta con información detallada y precisa de cómo se realiza el cálculo para el diseño de sistemas de extracción, por lo cual se ha tomado de estas la información necesaria para la implementación del software.

Se tomaron en cuenta para la parametrización del diseño del software, ecuaciones, tablas y gráficas importantes en el cálculo de sistemas de extracción, los cuales se llevaron a una interfaz en la cual se denotaron las restricciones pertinentes, mediante el ingreso manual o mediante una selección ya predeterminada de valores de acuerdo con las normativas establecidas anteriormente con la finalidad de que el software sea amigable con el usuario y a su vez funcional.

Para la optimización de materiales que conforman ductos, campanas y accesorios, se lo realizó una estandarización de dimensiones con la cual los fabricantes pueden trabajar de manera más eficiente y rápida, tomando en cuenta que toda campana o elemento de ductilería se construye desde una plancha estandarizada la cual cuenta con dimensiones 1,22 x 2,44 m, cabe recalcar que dentro de la industria ecuatoriana el proceso de manufactura de ductos cuadrados resulta ser más sencilla y económica, por lo tanto, dentro de nuestro trabajo hemos estandarizado las secciones de los ductos con diferentes configuraciones para evitar desperdicios innecesarios y reducir el costo de los mismos.

Mediante la aplicación SQL SERVER de Microsoft, se creó una base de datos con la finalidad de establecer tres tablas que contengan las características de los equipos las cuales se comunican entre sí, entre las cuales tenemos tipos, precio y modelo, siendo la tabla tipos contiene la tabla matriz, la cual permite la relación entre las demás tablas. A su vez las tres se encuentran interconectadas entre sí mismas. Además, se adicionó una tabla extra que se encuentra en el programa mediante líneas de código una vez terminado el proceso de selección gracias a la interacción de las tres tablas ya mencionadas, la cual busca la dirección de los documentos denominados data sheet para poder ser impresos posteriormente.

Dentro del programa se a dividido la sección de costos en dos grupos directos e indirectos, tomando en cuenta que en los costos directos involucran los costos de materiales, mano de obra, equipos, herramientas y transporte, los costos indirectos involucran el costo ingenieril, los imprevistos y la utilidad para lo cual se implementó una tabla de ingreso de datos para cada una de las especificaciones que pertenecen a dichos costos. El costo total es la suma de los costos directos e indirectos.

El reporte se generó a partir librerías externas que permiten tomar los valores del programa que deseamos que consten en el mismo, por lo tanto, se obtuvo la creación y modificación de archivos PDF mediante líneas de código. En este documento se encuentran los resultados relevantes calculados por el programa, resumidos en tablas, gráficos de fácil interpretación.



## **5.2. Recomendaciones**

Para lograr un software más eficiente se puede incrementar la base de datos que está conectada al programa, con la finalidad de tener más opciones de ventiladores tanto en precio como en especificaciones técnicas.

Es necesario la actualización de datos correspondiente a la remuneración horas/hombre y costo/hora, tanto en mano de obra como en equipos y herramientas que se establece anualmente para mejorar los análisis de costos.

Es necesario tener una esquematización de las dimensiones del sistema de extracción, para lo cual se recomienda apoyarse de un software CAD así tendremos una acertada distribución de las cotas del sistema de ductos, cabe recalcar que se implementó la opción VISOR, con el fin de cargar varias imágenes que servirán como guía poder disminuir los errores de ingreso de los datos para el análisis.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ACGIH.** *Manual de ventilación industrial.* [en línea]. Disponible en: [https://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/doc\\_ergo\\_higiene/VENTILACION\\_INDUSTRIAL%20acgih%20esp.pdf](https://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/doc_ergo_higiene/VENTILACION_INDUSTRIAL%20acgih%20esp.pdf)
2. **AIRE LIMPIO GLOBAL.** Ventilación. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sistemas-ventilacion/>
3. **BUHELLI, Ulises & SÁNCHEZ, Rodrigo.** Ingenius. *Revista de Ciencia y Tecnología.* Politécnica Salesiana Ecuador. [en línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=505554818002>.
4. **GALLEGOS, Fabián.** Desarrollo de hojas de cálculo mediante excel para la selección de ventiladores industriales de tipo extractores centrífugos de tejado. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022.
5. **MELO, Sandra.** *Anexo 8. Filtro de Mangas.* Disponible en: <https://www.studocu.com/gt/document/universidad-de-san-carlos-de-guatemala/quimica-general-1/anexo-8-descripcion-de-filtro-de-mangas/18912419>
6. **MUNSON, Bruno & OKIISHI, Teodoro.** (Theodore H. y HUEBSCH, W.W., 2009. *Fundamentals of fluid mechanics.* S.l.: J. Wiley & Sons. ISBN 9780470262849.
7. **PROYECTO RETC EN ECUADOR.** Proyecto Retc Monitoreo, Reporte y Difusión de Contaminantes Orgánicos Persistentes COPs a través de un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes RETC. Disponible en: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/10.RETC\\_.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/10.RETC_.pdf)
8. **SOLER, Roger & PALAU, Ana.** *Sistemas de Ventilación.* [en línea]. Disponible en: [www.solerpalau.es](http://www.solerpalau.es). 2012.
9. **YUNUS, Andrés.** Transferencia de Calor y Masa. *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 1, no. 9, 2013. ISSN 1098-6596.

Total 9 referencias bibliográficas

**ANEXOS**

**ANEXO A: REPORTE FINAL CASO PRÁCTICO.**

## **Escuela Superior Politécnica de Chimborazo**




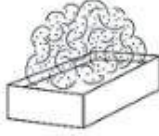
**Autores:**

**Ándres López, Edison Velata**

**Calculadora de Sistemas de Extracción.**

**Riobamba - Ecuador.**

## 1.- Velocidad de Captación:

Únicamente gases y vapores	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación m/s
	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto.	Cocinas, Evaporación en tanques, Desengrasado.	0,25 - 0,5
	Desprendimientos a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura, Decapado, Talleres galvanotecnia.	0,5 - 1
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cabinas de pintura.	1 - 2,5
Con partículas sólidas en suspensión 	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Trituradoras.	1 - 2,5
	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire.	Esmerilado, Rectificado.	2,5 - 10

Se adoptarán valores en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:

<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
1. Pocas corrientes de aire en el local.	1. Corrientes turbulentas en el local.
2. Contaminantes de baja toxicidad.	2. Contaminantes de alta toxicidad.
3. Intermitencia de las operaciones.	3. Operaciones continuas.
4. Campanas grandes y caudales elevados.	4. Campanas de pequeño tamaño.

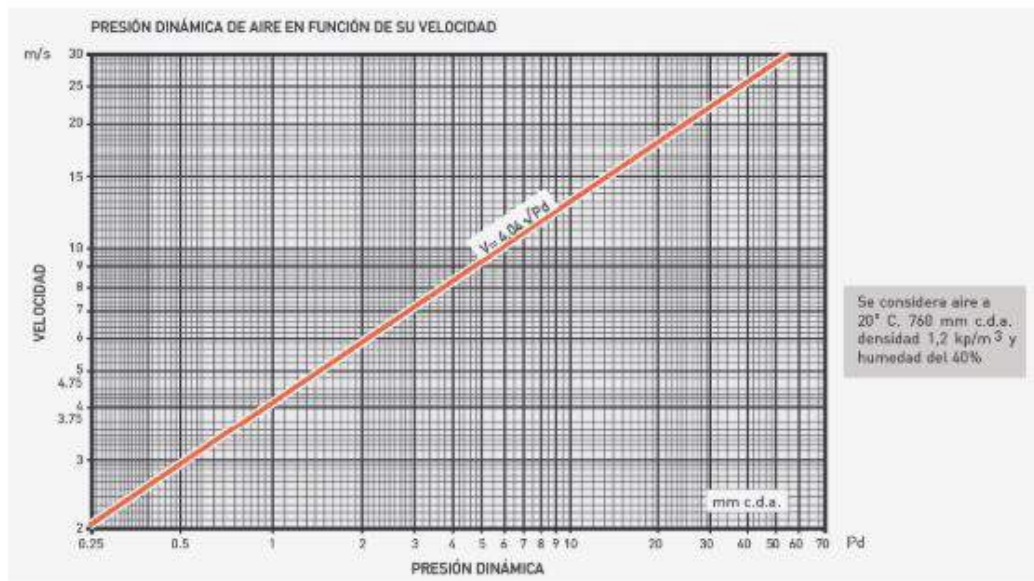
La velocidad de Captación seleccionada es: 0,25 m/s

## 2.- Gama de los valores mínimos de las velocidades de transporte de aire contaminado en las conducciones

Gases, vapores		5 a 6[*]
Humos	Humos de óxido de zinc y de aluminio.	7 a 10[*]
Polvos muy finos y ligeros	Felpas muy finas de algodón.	10 a 13
Polvos secos y pólvoras	Polvos finos de caucho, de baquelita; felpas de yute; polvos de algodón, de jabón.	13 a 18
Polvos industriales medios	Abrasivo de lijado en seco; polvos de amolar; polvos de yute, de grafito; corte de briquetas, polvos de arcilla, de calcáreo; embalaje o pesada de amianto en las industrias textiles.	18 a 20
Polvos pesados	Polvo de tonetes de enarenado y desmoldeo, de chorreado, de escariado.	20 a 23
Polvos pesados o húmedos	Polvos de cemento húmedo, de corte de tubos de amianto-cemento, de cal viva.	>23 o transporte neumático húmedo

La velocidad de Vc (V. conducción) seleccionado es: 10 m/s

### 3.- Presión Dinámica



La presión Dinámica resulta de la ecuación:  $Pd = (Vc/4.04)^2$

$$Pd = ((10)^2)/((4.04)^2)$$

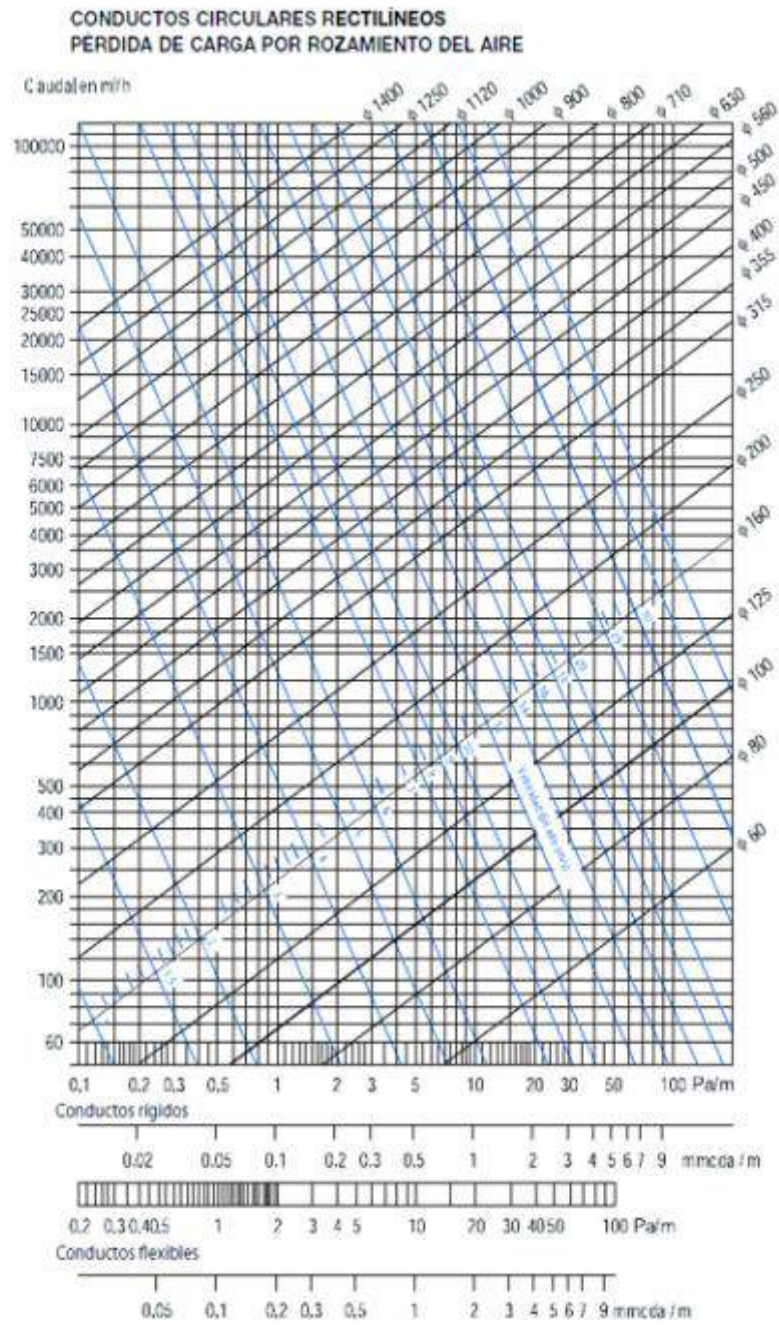
$$Pd = 6,116208 \text{ mm c.d.a.}$$

### 4.- Tipo de Campana

Tipo de campana	Descripción	Caudal
 A = WL	Campana simple	$Q = V(10x2+A)$
	Campana simple con pestaña	$Q = 0,75V(10x2+A)$
	Cabina	$Q = VA = VWH$
	Campana elevada	$Q = 1,4 PVH$ P = perímetro H = altura sobre la operación
	Rendija múltiple. 2 ó más rendijas.	$Q = V(10x2+A)$

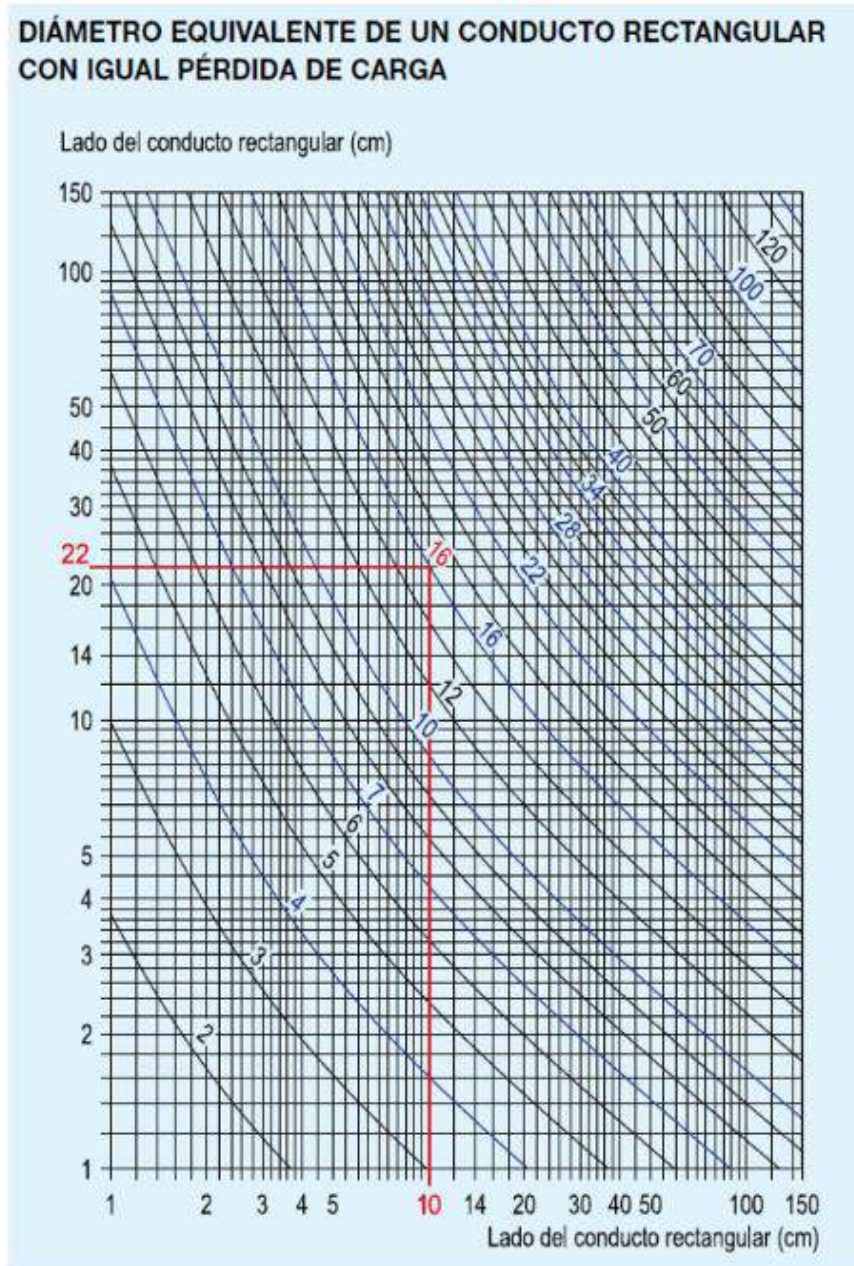
El caudal resultante al seleccionar un tipo de campana es: 3152,52 m<sup>3</sup>/h.

### 5.- Conductos circulares rectilíneos pérdida de carga por rozamiento del aire



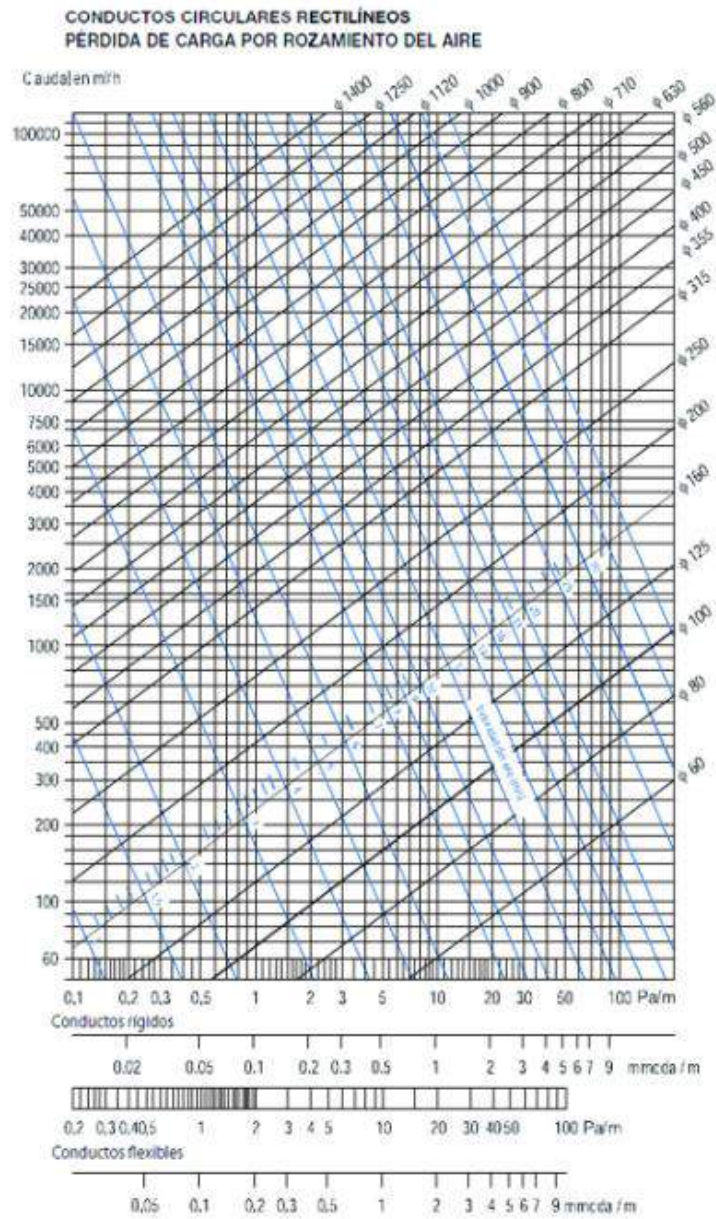


6.- Diámetro equivalente de un conducto rectangular con igual pérdida de carga.



El diámetro equivalente de un conducto rectangular corresponde a las siguientes medidas: Lado 1: 32 cm, Lado 2: 32 cm.

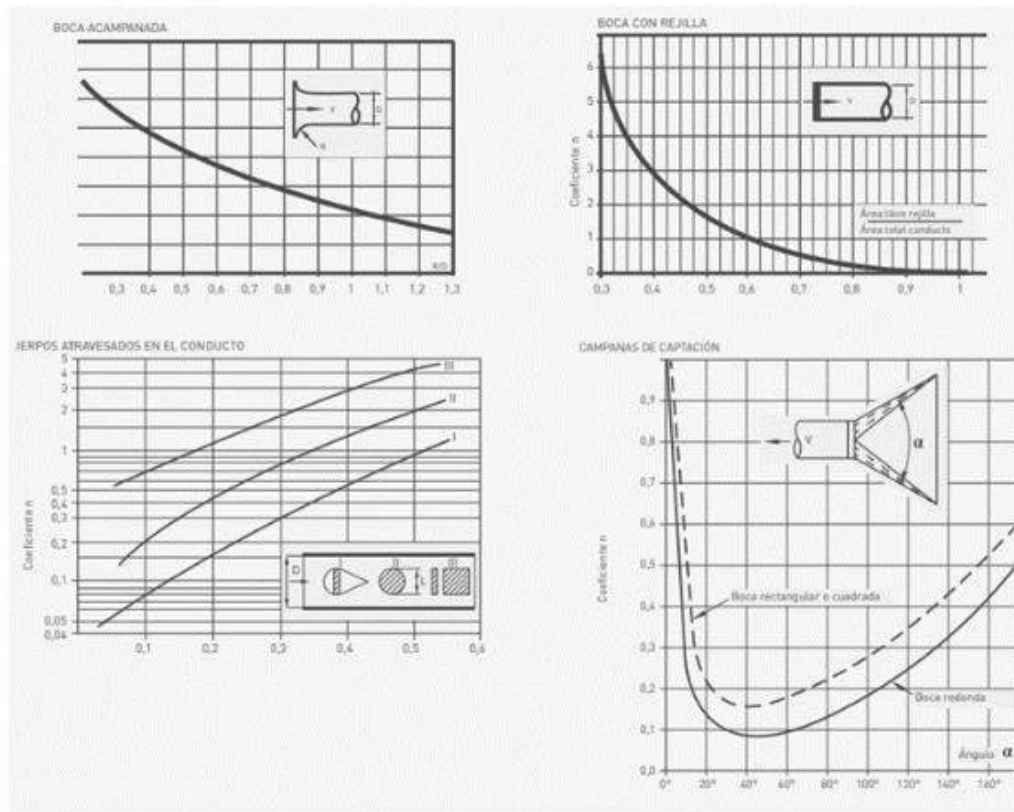
## 7.- Pérdidas por Longitud de Tubería.



Todas las pérdidas por longitud de tubería se detalla en la tabla 'Pérdidas por longitud de tubería', donde se encuentra la longitud de cada sección y su pérdida por carga.



## 8.- Entradas a conductos.



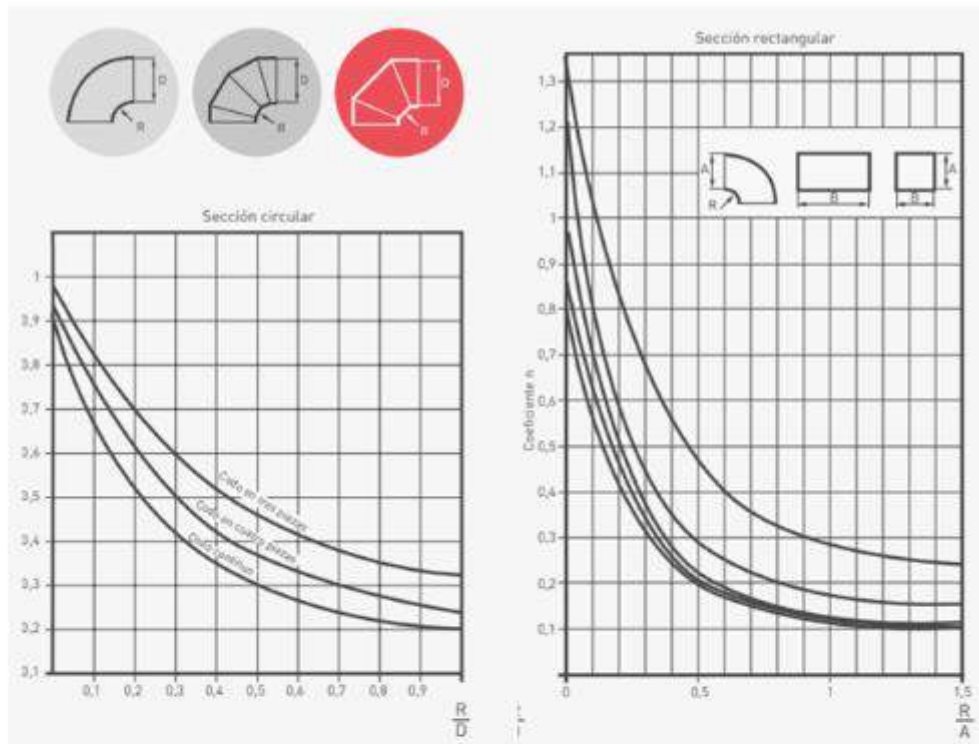
El coeficiente  $n$  perteneciente a las entradas a conductos se detalla en la tabla 'Pérdidas por accesorios' para cada una de las entradas seleccionadas.

## 9.- Presión Estática.

La presión estática viene definido por la ecuación  $Pe = \rho \cdot g \cdot h$ , donde se calcula con una densidad del aire de  $1.2 \text{ kg/m}^3$ , una aceleración de  $9.81 \text{ m/s}^2$ , además con una altura del ducto establecida por el usuario y transformando a mm d.c.a equivale a:

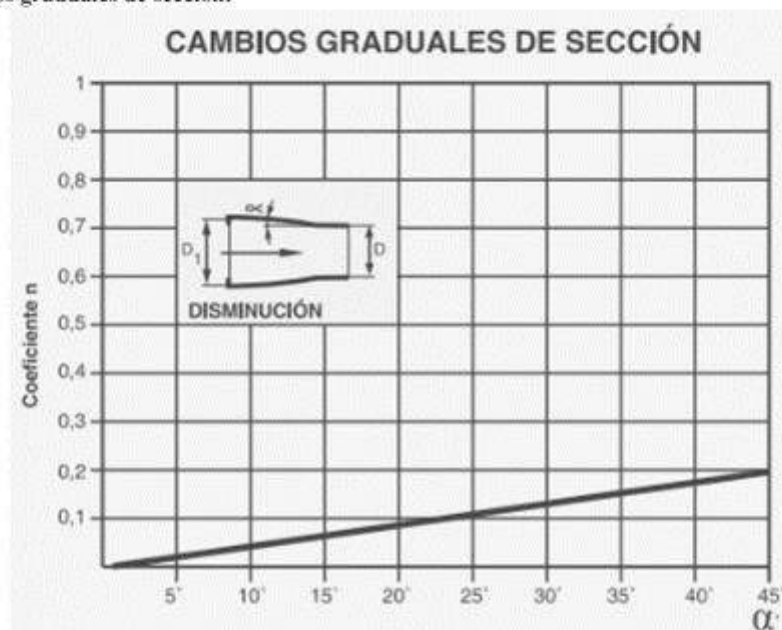
$$Pe = \text{mm c.d.a}$$

10.- Coeficiente 'n' de pérdidas de carga por codos.

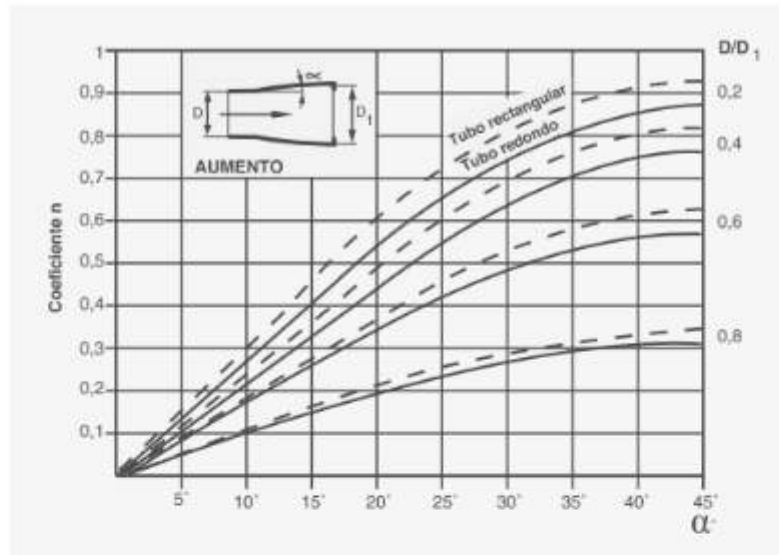


El coeficiente n perteneciente a los codos se detalla en la tabla 'Pérdidas por accesorios' para cada uno de los codos seleccionadas.

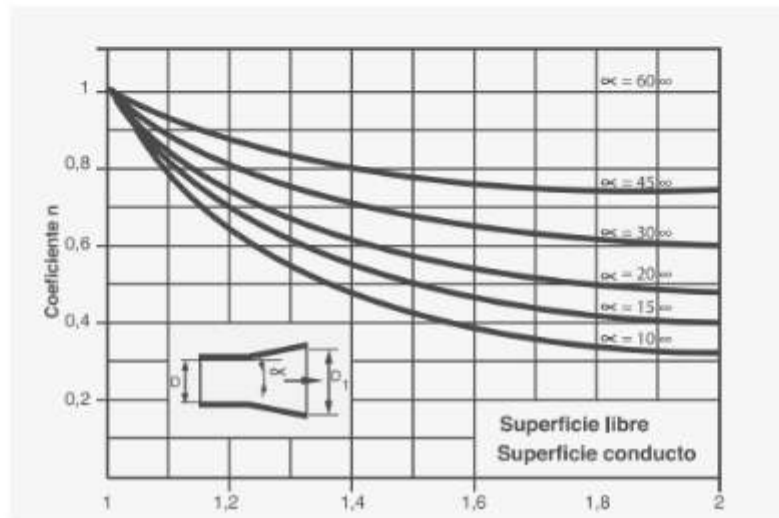
11.- Cambios graduales de sección.



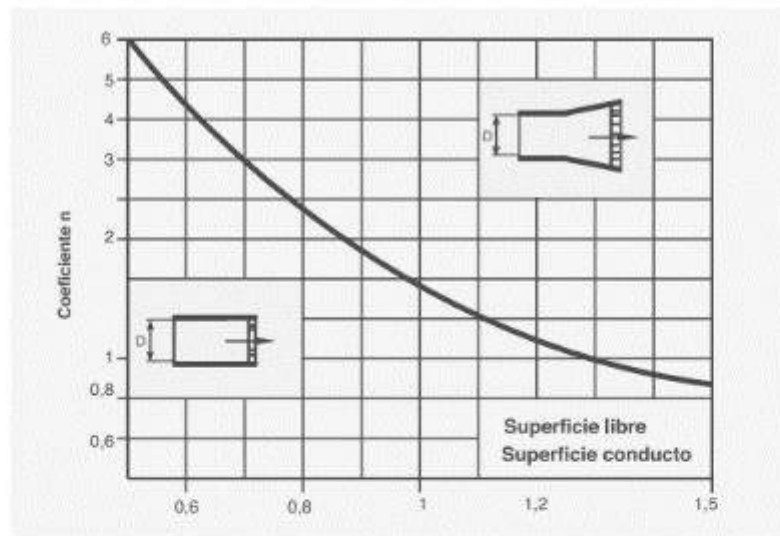
11.1.- Cambios graduales de sección: Aumento.



11.2.- Cambios graduales de sección: Aumento parte 2.

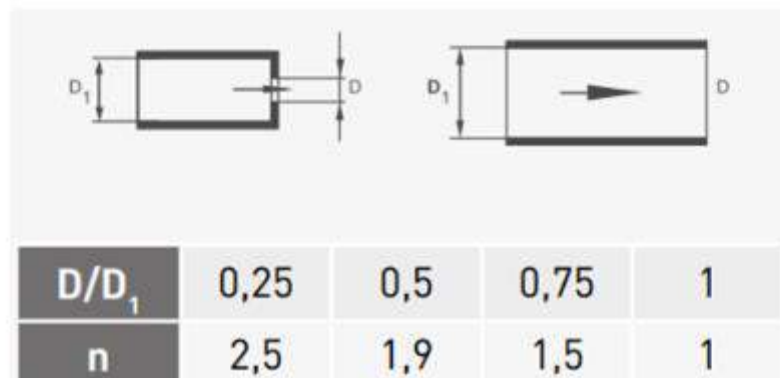


### 11.3.- Cambios graduales de sección: Recto.

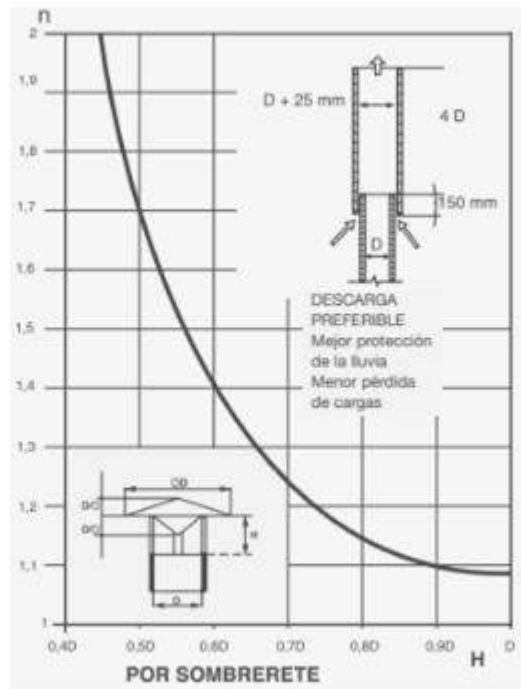


El coeficiente  $n$  perteneciente a los cambios de sección se detalla en la tabla 'Pérdidas por accesorios' para cada cambio de sección seleccionado.

### 12.- Salida de conductos



### 12.1.- Salida por el tejado



El coeficiente  $n$  perteneciente de la salida del conducto se detalla en la tabla 'Pérdidas por accesorios' para cada una de las salidas seleccionadas.

### 13.- Pérdidas por Longitud de Tubería

Pérdidas por longitud de tubería = 10,419 mm c.d.a

Etiqueta	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Diámetro (mm)	Pe (mmca)	Longitud (m)
T1	3152,52	330	0,286	0,7
T2	3152,52	330	0,851	2,085
T3	3152,52	330	2	4,9
T4	3152,52	330	1,292	3,165
T5	3152,52	330	5,99	14,675

### 14.- Pérdidas por Accesorios

Pérdidas por accesorios = 2,38532112 mm c.d.a

Accesorio	# de Elemento	Factor "n"	Pd (mmca)	Pe (mmca)
CAMPA	1	0,225	6,116208	1,3761468
CODO	1	0,165	6,116208	1,00917432

### 15.- A. Costo de Materiales

Sub Total = 358,316

Longitud Total = 25,525

Cantidad de Planchas presentes = 18,23

Material	Espesor	Sección	Longitud m	C.Material	C.Plancha	Costo S
Galvanizado	0,7	Rectangular de 44,25 cm	25,525	19,65	15,82	310,96
Galvanizado	0,7	Rectangular de 44 cm	0	19,65	1,64	32,226
Galvanizado	0,7	Rectangular de 44 cm	0	19,65	0,77	15,13

### 16.- B. Costos de Mano de Obra

16.1 Subtotal = 707,65

Descripción	Horas-Hombre	Costo y Hora	Sub Total
Maestro de Obra	80	4,42	353,6
Ayudante	80	2	160
Soldador	40	4,65	186
Doblador	4	2	8

### 17.- C. Costos de Equipos y Herramientas

17.1 Subtotal = 90,5 \$

Descripción	Horas-Hombre	Costo x Hora	Sub Total
Remachadora	20	1	20
Dobladora	5	1,25	6,25
Cortadora	3	1,25	3,75
LLaves	5	0,5	2,5
Soldadora	20	2,5	50
Taladro	8	1	8

### 18.- D. Costos Transporte

18.1 Subtotal = 75 \$

### 19.- Características Ventiladores

19.1 Tipo de Ventilador = Axial Directo

19.2 Modelo del Ventilador = HXB-400/H

19.3 Precio del Ventilador = 368.

### 20.- Costos Directos (A+B+C+D+VENTILADOR) = 1599,42 \$

### 21.- Costos Indirectos

21.1.- Costo Ingenieril del 20% -30% = 10 % Costo Ingenieril = 159,942 \$

21.2 Imprevistos = 0 \$

21.3 Utilidad = 0 \$

21.4 Subtotal = 159,942 \$

**22.- Total = 1759,362 \$**

### 23.- Resumen

Caudal = 3152,52 m<sup>3</sup>/h

Pérdidas por longitud de tubería = 10,419 mm c.d.a

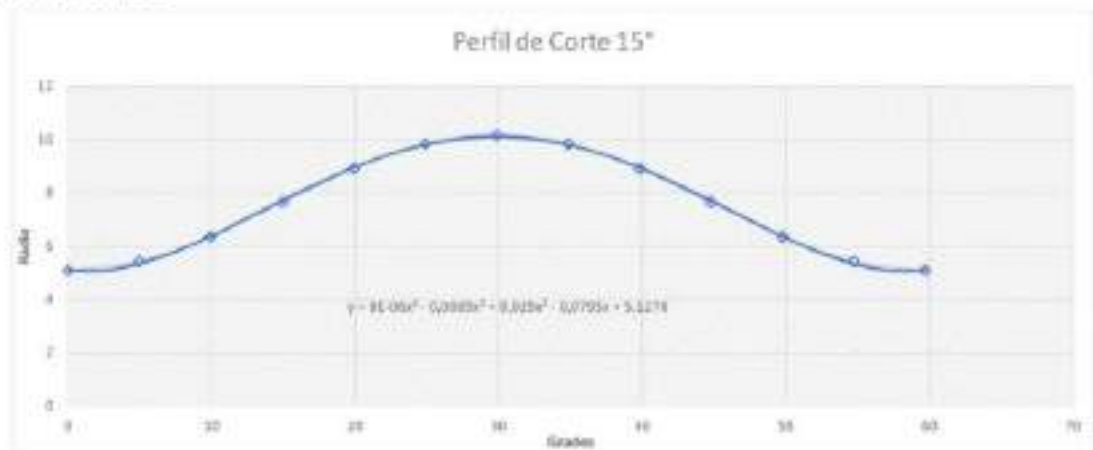
Pérdidas por accesorios = 2,38532112 mm c.d.a

Pérdidas Totales del sistema = 18,921 mm c.d.a

Pérdidas Totales del sistema = 18,921 mm c.d.a

## 25.- Secciones Circulares: Perfiles

Sección 19 cm, 15°

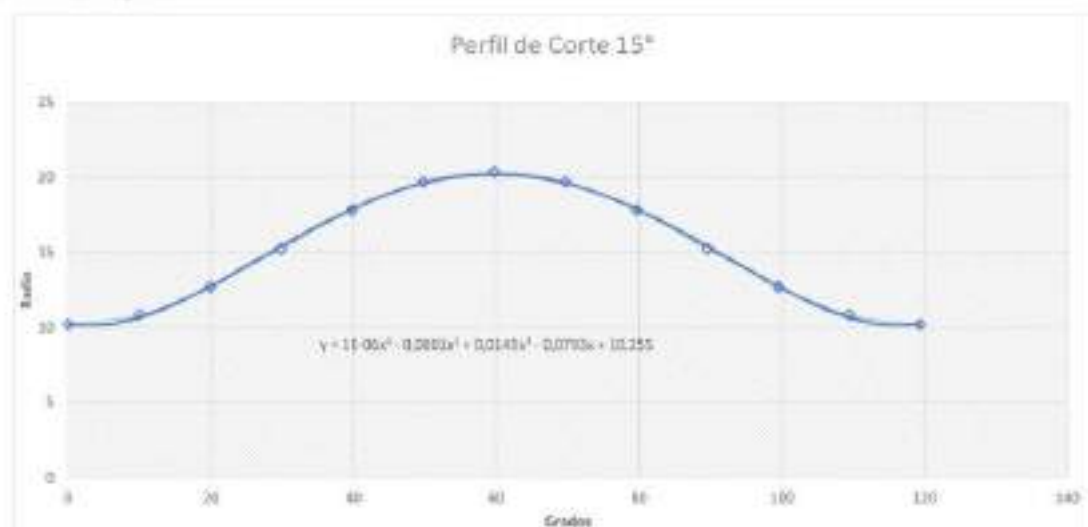


Sección 19 cm, 30°

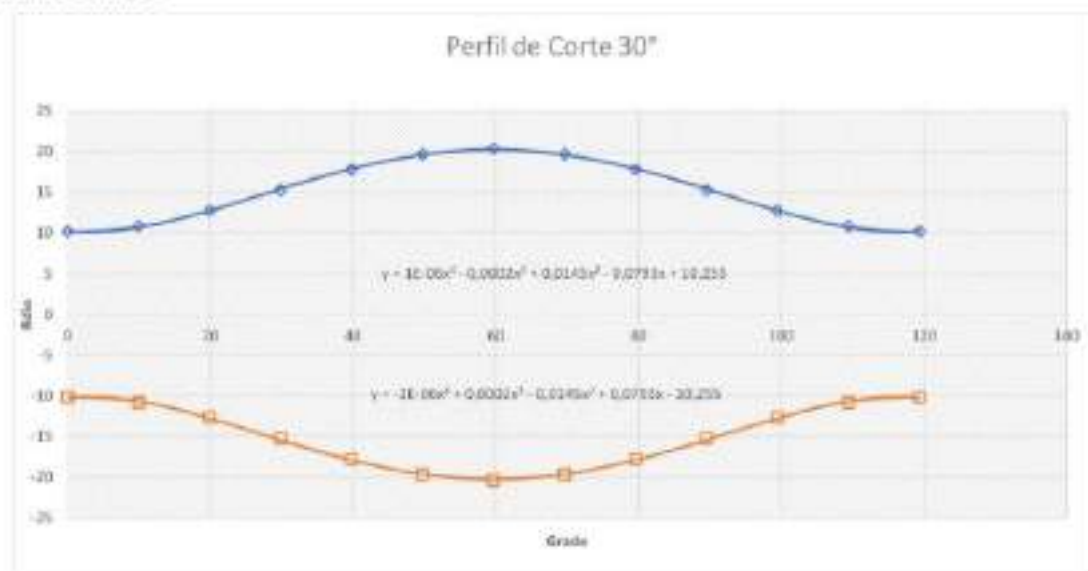




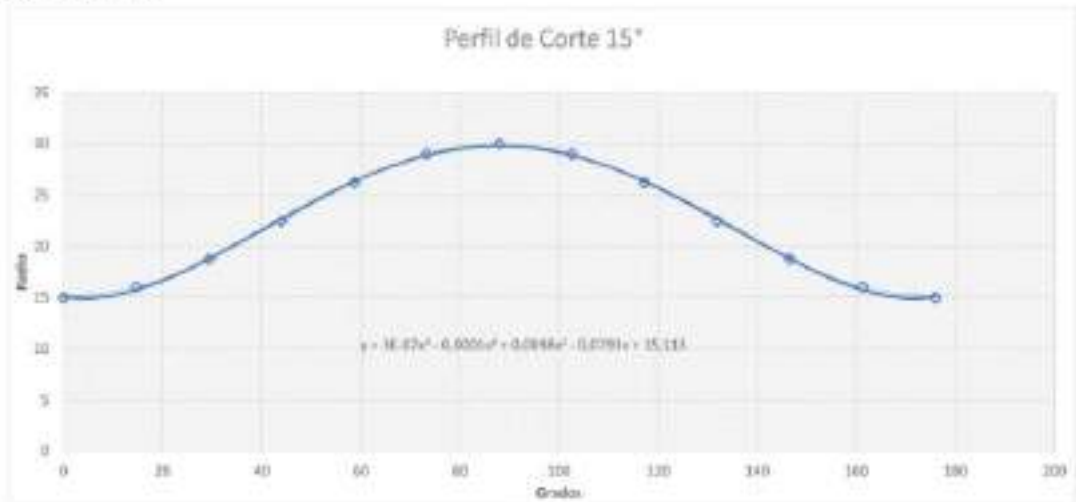
Sección 38 cm, 15°



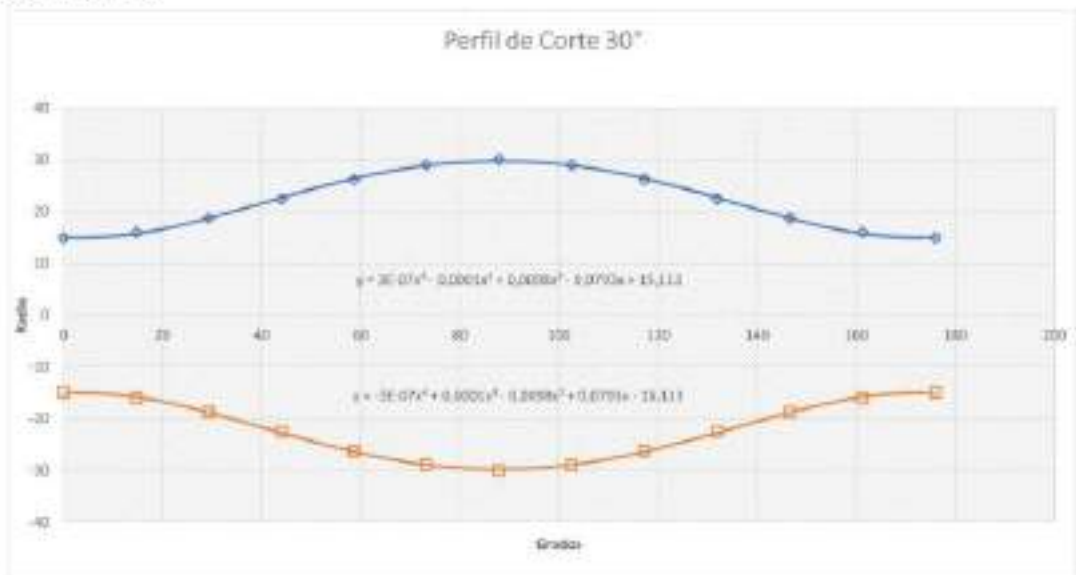
Sección 38 cm, 30°



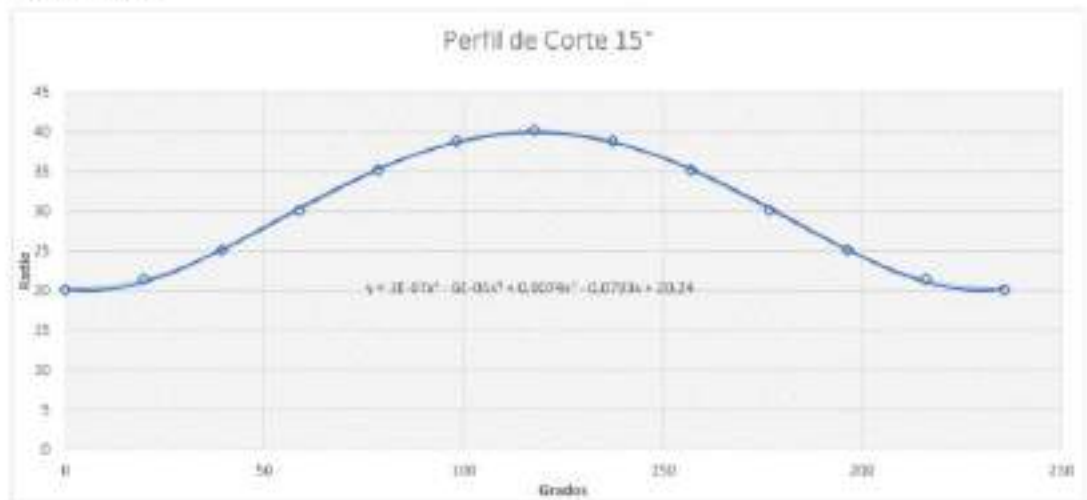
Sección 56 cm, 15°



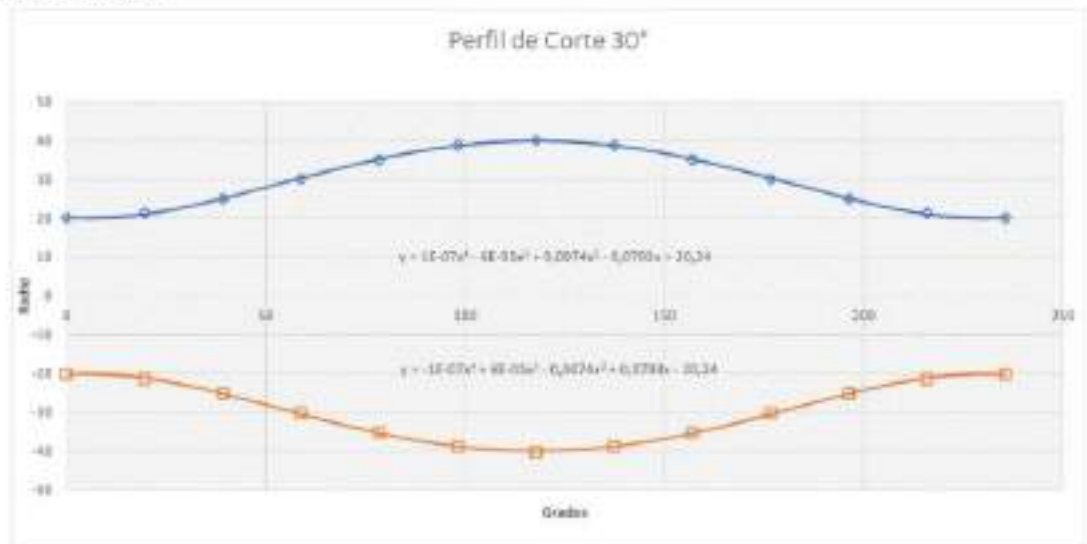
Sección 56 cm, 30°



Sección 75 cm, 15°



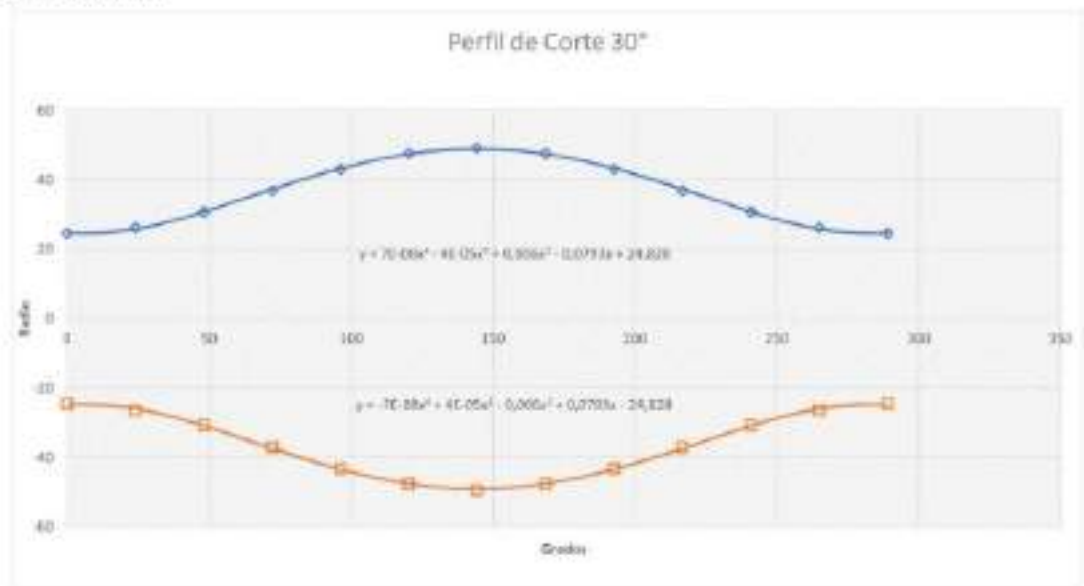
Sección 75 cm, 30°



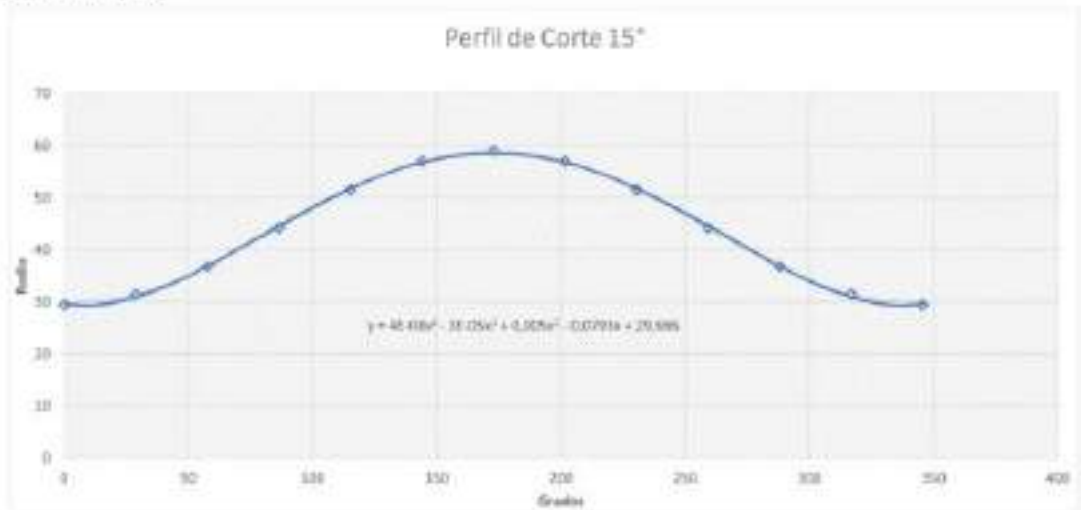
Sección 92 cm, 15°



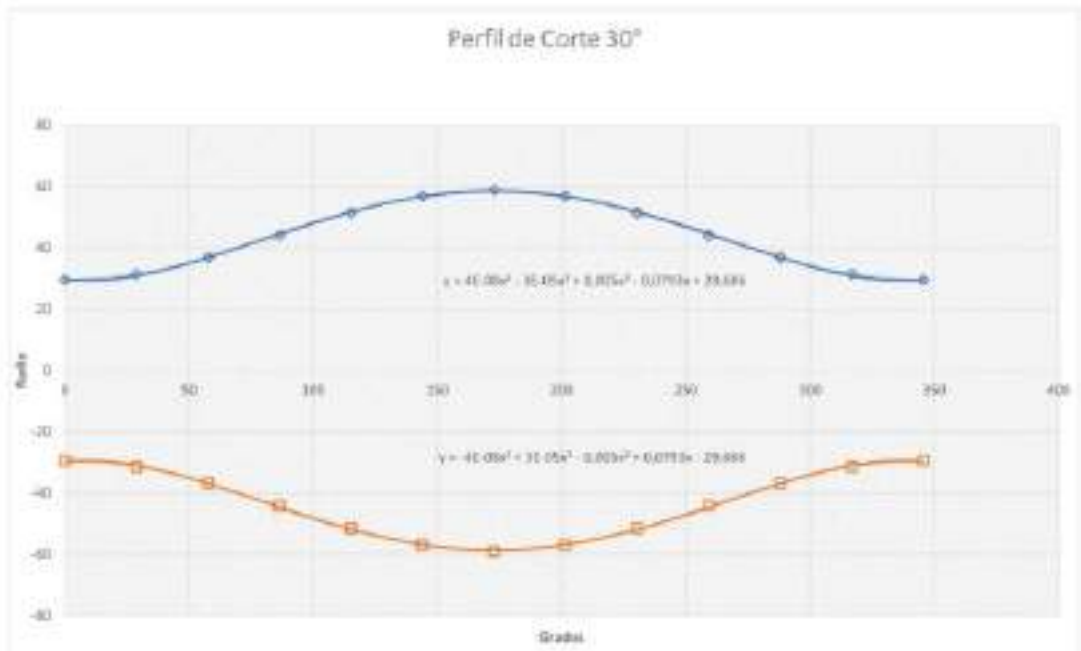
Sección 92 cm, 30°



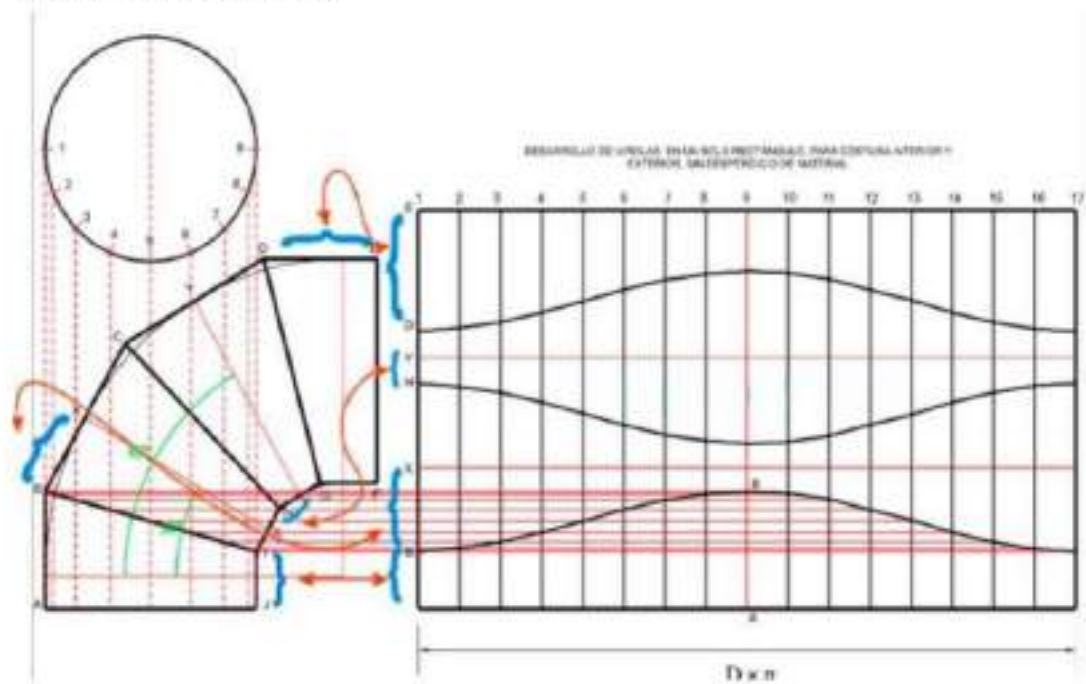
### Sección 110 cm, 15°



### Sección 110 cm, 30°



## 26.- Despliegue del perfil circular



## ANEXO B: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EXTRACTORES AXIALES HXBT-T 400,500 Y 630

\*Nivel sonoro medido de acuerdo con las normas AENOR 33005 y 33105

Modelo	Velocidad RPM	Potencia HP	Tensión Volts	Caudal a descarga litro m <sup>3</sup> /hr / CFM	Presión sonora dB (A)*	Peso aprox. kg
HXB - 400 / L	1625	1/8	127	3.190 / 1.076	60	14
HXB - 400 / H	1625	1/4	127	5.450 / 3.206	64	15
HXB - 500 / L	1525	1/2	127	7.630 / 4.488	68	19
HXB - 500 / H	1625	1/2	127	10.180 / 5.988	71	18
HXT - 400 / H	1725	1/4	206-230 / 460	5.450 / 3.206	64	16
HXT - 500 / L	1650	1/2	230 / 460	7.630 / 4.488	68	19
HXT - 500 / H	1650	1/2	230 / 460	10.180 / 5.988	71	18
HXT - 630 / L	1700	1	206-230 / 460	13.500 / 7.941	77	29
HXT - 630 / H	1760	1 1/2	206-230 / 460	15.530 / 9.071	78	29
HXT / 0-630 / L	1130	1/2	206-230 / 460	9.180 / 5.400	70	30
HXT / 0-630 / H	1130	1/4	206-230 / 460	12.500 / 7.400	73	26

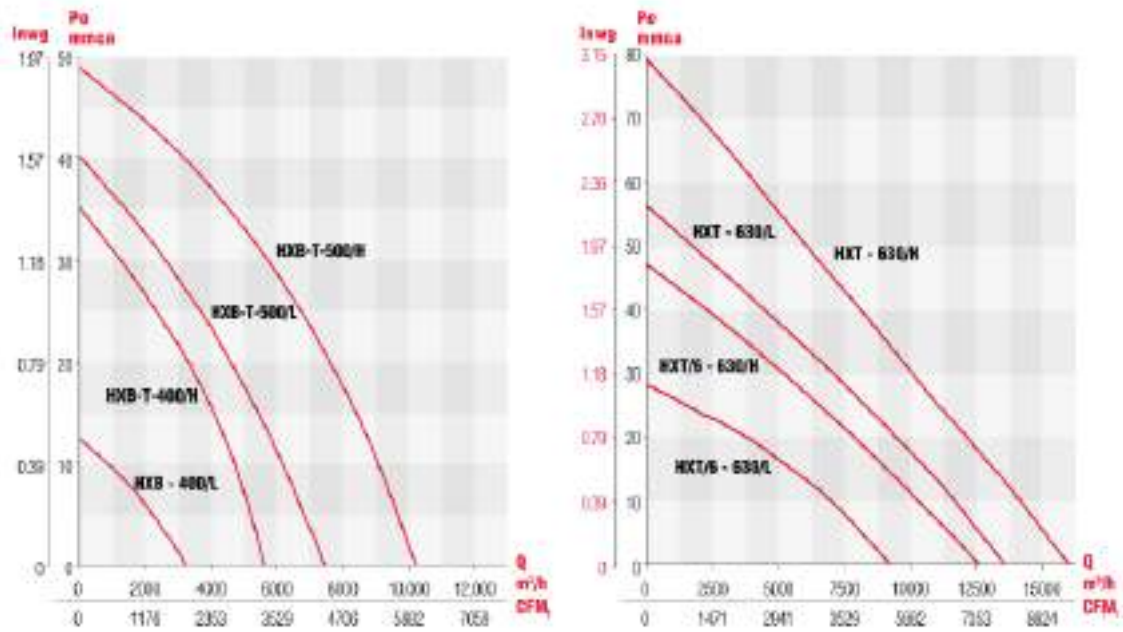
\*L: Mallas con ángulo de menor ataque

\*H: Mallas con ángulo de mayor ataque

## ANEXO C: DIMENSIONES DE LOS EXTRACTORES AXIALES HXBT-T 400,500 Y 630.



**ANEXO D: CURVAS DE LOS EXTRACTORES AXIALES HXBT-T 400,500 Y 630.**



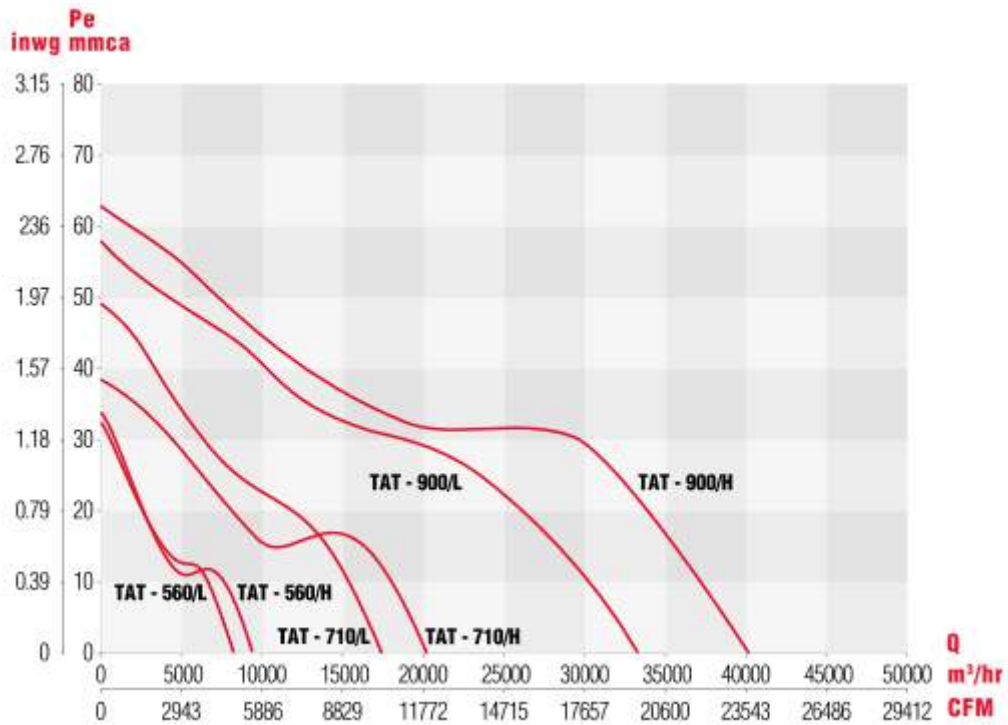
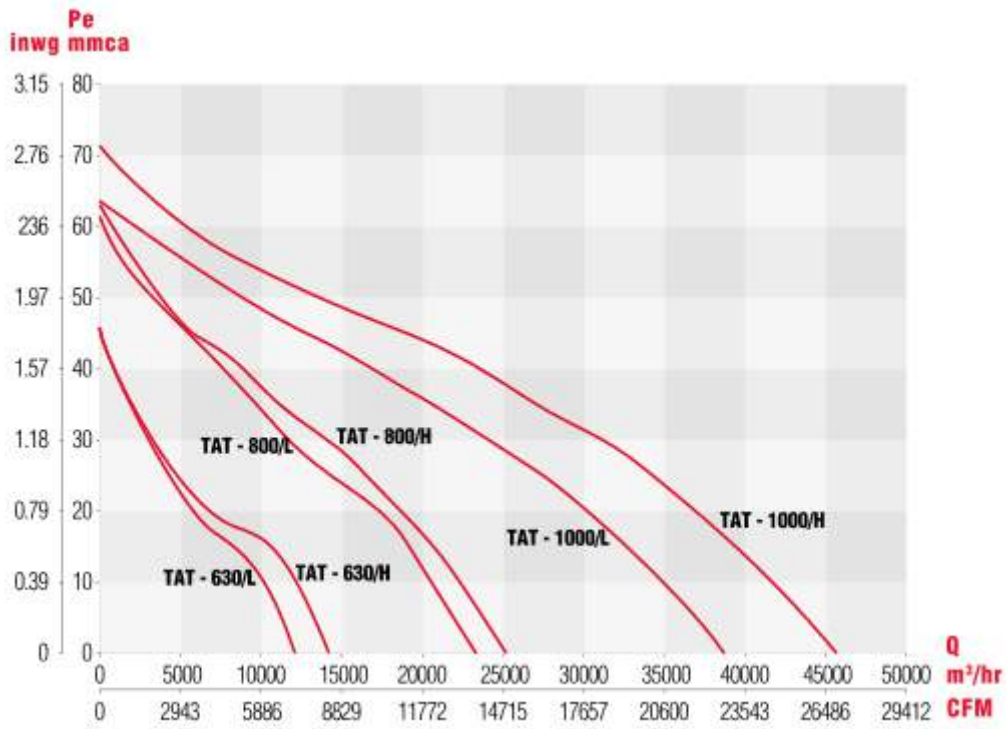
**ANEXO E: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EXTRACTORES TUBULARES CON MOTOR EXTERIOR TAT 560,630,710,800,900 Y 1000.**

\*Los valores de velocidad, potencia, voltaje e intensidad son nominales

Modelo	Velocidad RPM	Potencia HP	Tensión Volts	Intensidad A	Caudal a descarga l/min / CFM	Potencia sonora LwB	Peso aprox. kg
TAT-560L	1430	3/4	208-230 / 460	2.8-3.2/1.8	8,229 / 4,843	87	48
TAT-560H	1380	1	230 / 490	3.00 / 1.50	9,395 / 5,512	88	50
TAT-630L	1300	1	230 / 490	3.0 / 1.5	12,061 / 7,099	91	57
TAT-630H	1300	2	230 / 490	5.70 / 2.80	14,285 / 8,438	92	62
TAT-710L	1475	2	230 / 490	5.70 / 2.80	17,390 / 10,235	96	71
TAT-710H	1325	3	208-230 / 460	8.6 / 3.9	20,180 / 11,870	97	80
TAT-800L	1400	3	230 / 490	5.70 / 2.80	23,254 / 13,746	99	88
TAT-800H	1400	5	230 / 490	12.50 / 6.20	25,223 / 14,846	100	103
TAT-900L	1380	5	230 / 490	12.99 / 6.20	33,190 / 19,535	102	116
TAT-900H	1450	7.5	230 / 490	18.10 / 9.10	40,040 / 23,567	105	141
TAT-1000L	1400	5	230 / 490	12.93 / 6.20	38,880 / 22,894	105	145
TAT-1000H	1400	7.5	230 / 490	18.10 / 9.10	48,880 / 27,004	106	166

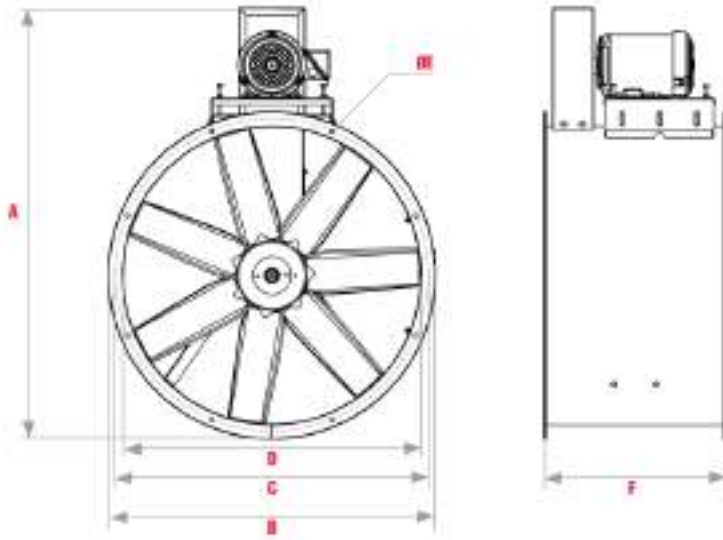


**ANEXO F: CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS EXTRACTORES TUBULARES CON MOTOR EXTERIOR TAT 560,630,710,800,900 Y 1000.**





**ANEXO G: DIMENSIONES DE LOS EXTRACTORES TUBULARES CON MOTOR EXTERIOR TAT 560,630,710,800,900 Y 1000.**



Nota: La dimensión A puede variar dependiendo de la marca y modelo de motor.

Modelo	A	B	C	D	EE	F	No. de barridos
TAT-560	640	640	600	590	11	450	6
TAT-630	641	790	670	630	11	450	6
TAT-710	1087	790	750	710	11	490	6
TAT-800	1158	880	840	830	11	450	6
TAT-900	1258	980	940	930	13.4	600	6
TAT-1000	1370	1000	1040	1000	13.4	722	6

(Dimensiones en mm)

Modelo	A	B	C	D	EE	F	No. de barridos
TAT-560	33.19	25.29	23.62	22.25	0.43	17.72	6
TAT-630	32.06	27.95	26.38	24.80	0.43	17.72	6
TAT-710	42.01	31.13	29.52	27.95	0.43	19.29	6
TAT-800	45.02	34.65	33.07	31.90	0.43	18.29	6
TAT-900	49.52	38.54	37.01	35.42	0.43	23.67	6
TAT-1000	63.64	42.26	40.84	39.17	0.51	28.41	6

(Dimensiones en in)

**ANEXO H: ACCESORIOS DE LOS EXTRACTORES TUBULARES CON MOTOR EXTERIOR TAT 560,630,710,800,900 Y 1000.**

**MALLAS DE PROTECCIÓN**

Para resguardo del equipo en su interior y evitar el contacto con las piezas en movimiento.

**SOPORTE CARGASA**

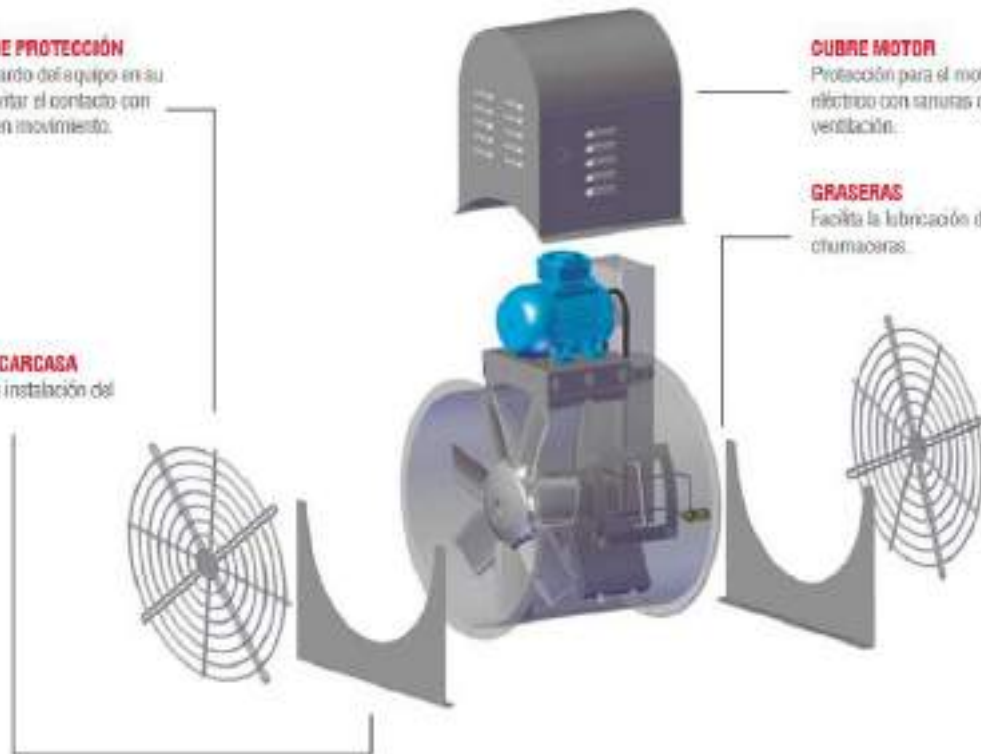
Favorece la instalación del equipo.

**CUBRE MOTOR**

Protección para el motor eléctrico con ranuras de ventilación.

**GRASERAS**

Facilita la lubricación de las chumaceras.



**ANEXO I: PROFORMA DE LA EMPRESA MEGAFRÍO DE QUITO.**



MEGAFRÍO SA  
RUC: 179146331001  
Cont. Esp. 00636

CLIENTE: C090001 CONSUMIDOR FINAL  
CONTACTO: Tel: Email:facturacion@megafriosa.com  
CI - RUC: 0999999999999  
DIRECCIÓN: AV. 10 ACOGTO N39-235 Y AV. AMÉRICA CC LA Y  
FECHA: 19/2/2024

**PROFORMA N°  
3016862**



QUITO: SUR Av. Rodrigo de Chávez 424 y Pedro de Alvarado



TEL: (02) 5004 600

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN // MARCA // MODELO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	DESCUENTO	VALOR TOTAL
00001812	EXT. AXIAL DIRECTO 1HP 220VCFM 119V // SOLEXPALAU // 1003-4001	1,00	\$ 388,00	\$ 119,40	\$ 278,60
00000903	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 1HP 220V CFM 110X220V // SOLEXPALAU // TT8-600	1,00	\$ 045,00	\$ 100,50	\$ 45,50
00000907	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 3HP 1185 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TAT-800L	1,00	\$ 1885,00	\$ 583,50	\$ 1301,50
00000908	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 5HP 1794 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TAT-800H	1,00	\$ 2205,00	\$ 676,50	\$ 1528,50
00000908	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 5HP 7-30 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TAT-800L	1,00	\$ 1985,00	\$ 595,50	\$ 1389,50

**CONDICIONES DE LA OFERTA:**  
Validez de la oferta:  
Forma de pago: contado / comest.  
Entrega: inmediata según stock.  
Productos de importación:  
de 4 a 12 semanas según el producto  
**TRABAJAMOS CON:** PasaPasa  
Todos los TC 3/0 meses sin interés y 24 cuotas interés

SUBTOTAL:	\$ 7248,60
DESCUENTO:	\$ 2174,40
SUBTOTAL ARTICULOS:	\$ 5074,20
SERVICIO LOGÍSTICA:	\$ 0,00
SERVICIO INSTALACION:	\$ 0,00
SERVICIO PERIFERIA:	\$ 0,00
ELAB. CAJA VENTILADOR:	\$ 3,90
SUBTOTAL:	\$ 5078,10
IVA 12%:	\$ 609,63
VALOR TOTAL:	\$ 5687,73

SUR - William Vallejo  
Celular: 0980357524  
ventas2@megafriosa.com

**ANEXO J: PROFORMA DE LA EMPRESA MEGAFRÍO DE AMBATO**



MEGAFRÍO SA  
RUC: 179146331001  
Cont. Esp. 00636

CLIENTE: L002811 TAMAYO FRANCISCO  
CONTACTO: Tel: Email:  
CI - RUC: 60666666666  
DIRECCIÓN:  
FECHA: 16/2/2024

**PROFORMA N°  
5910**



AMBATO: Km 2 1/2 Hoashi Choc. Av. Julia Jaramilla s/n y Av. Sa Ochoagui



TEL: (02) 5004 600

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN // MARCA // MODELO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	DESCUENTO	VALOR TOTAL
00001824	EXT. AXIAL ANTIEXPLOSION 1HP 220VCFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // 1003-4001	1,00	\$ 397,36	\$ 124,48	\$ 272,88
00000903	EXT. AXIAL ANTIEXPLOSION 1HP 240CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // 1003-4001	1,00	\$ 918,36	\$ 283,88	\$ 634,48
00001811	EXT. AXIAL DIRECTO 1HP 1810 CFM 119V // SOLEXPALAU // 1003-400L	1,00	\$ 325,36	\$ 45,00	\$ 280,36
00000907	EXT. AXIAL DIRECTO 1HP 8311 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TAT-800H	1,00	\$ 917,36	\$ 283,48	\$ 633,88
00000907	EXT. AXIAL DIRECTO 1HP 8211 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TAT-800H	1,00	\$ 917,36	\$ 283,48	\$ 633,88
00000904	EXT. AXIAL DIRECTO 1HP 7841 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TAT-800L	1,00	\$ 623,36	\$ 194,30	\$ 429,06
00001817	EXT. AXIAL DIRECTO 1HP 8211 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TAT-800H	1,00	\$ 917,36	\$ 283,48	\$ 633,88
00000904	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 3HP 3125 CFM 110V/220V // SOLEXPALAU // TT8-600	1,00	\$ 540,36	\$ 166,30	\$ 374,06
00000908	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 3HP 3125 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TT8-600	1,00	\$ 1205,36	\$ 361,30	\$ 844,06
00000904	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 1HP 7100 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TAT-800L	1,00	\$ 1883,36	\$ 573,30	\$ 1310,06
00000908	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 5HP 1794 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TAT-800H	1,00	\$ 2233,36	\$ 674,30	\$ 1559,06
00000908	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 7HP 3125 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TAT-1000H	1,00	\$ 1593,36	\$ 483,30	\$ 1110,06
00000908	EXT. TUBULAR TRANS. BANDA POLEA 3HP 3125 CFM 220V/400V-3 // SOLEXPALAU // TT8-600	1,00	\$ 1805,36	\$ 541,30	\$ 1264,06

**CONDICIONES DE LA OFERTA:**  
Validez de la oferta:  
Forma de pago: contado / comest.  
Entrega: inmediata según stock.  
Productos de importación:  
de 4 a 12 semanas según el producto  
**TRABAJAMOS CON:** PasaPasa  
Todos los TC 3/0 meses sin interés y 24 cuotas interés



SUBTOTAL:	\$ 14320,60
DESCUENTO:	\$ 2965,36
SUBTOTAL ARTICULOS:	\$ 11355,24
SERVICIO LOGÍSTICA:	\$ 0,00
SERVICIO INSTALACION:	\$ 0,00
SERVICIO PERIFERIA:	\$ 0,00
ELAB. CAJA VENTILADOR:	\$ 0,00
SUBTOTAL:	\$ 11355,24
IVA 12%:	\$ 1362,63
VALOR TOTAL:	\$ 12717,87

AMB - Elizabeth Sanchez  
Celular: 0967350404  
megambato@megafriosa.com



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 26/06/2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Carlos Andrés López Gómez Edison Patricio Velata Ilbay
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Mecánica
<b>Carrera:</b> Mecánica
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Mecánico
 <b>Luis Santiago Choto Chariguaman</b> <b>Director del Trabajo de Titulación</b>  <b>Blanca Faustina Hidalgo Ponce</b> <b>Asesora del Trabajo de Titulación</b>