

**Diseño de un Sistema para la Captura y Filtro del Polvo, Generado por una Máquina de
Chipiado en la Empresa REFOENERGY BITA S.A.S E.S.P**

German G. Gomez García

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Pamplona

Trabajo de Grado

Ingeniería Mecatrónica

MSc(c), Abelardo M. Bugallo

Ingeniero electrónico

Mayo 25, 2022

Dedicatoria

Quiero dedicarle este trabajo a todas aquellas personas que contribuyeron en la formación académica especialmente a mí familia, puesto que sin ellos no habría sido posible llegar a el nivel académico que me encuentro ahora. El apoyo económico y emocional que mi familia me han dado ha sido de gran importancia para mi proceso, ya que la vida nos coloca obstáculos y si no tenemos una mentalidad ganadora probablemente perdamos ante ella. Quiero de antemano agradecer a la universidad de pamplona por darme la oportunidad de pertenecer a esta gran institución, darles el agradecimiento a todos los docentes que compartieron su conocimiento conmigo, a la empresa Refoenergy Bitá les agradezco de corazón por la oportunidad maravillosa que me dieron, al permitir poder realizar mis prácticas empresariales.

Resumen

En el presente libro de trabajo de grado se habla del diseño y cálculo de un filtro de mangas tipo pulse jet, aplicado en una planta electrificadora de energías limpias; se hace unas respectivas comparaciones de los diferentes medios filtrantes eligiendo el que mayor eficiencia brinde. Se realiza una extracción de muestra con el fin de obtener datos de entradas preliminares para el respectivo diseño, posteriormente se diseña el filtro en el software CAD SOLIDWORKS donde se visualiza el montaje final de la estructura del mismo, bajo normativas establecidas se hace elección de la instrumentación y de los materiales requeridos para el sistema, se hace uso del software ANSYS con el fin de ver los resultados obtenidos de la simulación y así mismo ver si el filtro cumple con la respectiva tarea. Para la realización del proyecto se hizo apoyo de diferentes teorías definidas para estos sistemas e incluso se obtuvo apoyo de personal experimentado en el área de filtros de polvo seco con el fin de obtener un buen análisis de diseño.

Palabras claves: Filtro de mangas, SolidWorks, Tia portal, HMI, materiales, instrumentación, polvo.

Contenido

Resumen.....	3
Figuras.....	13
Tablas	14
Figuras del Apéndice A	15
Tablas del Apéndice B	16
Tablas del Apéndice C	17
Ecuaciones	18
Abreviaturas	19
Introducción	21
1. Objetivos	22
1.1. Objetivo General.....	22
1.2. Objetivos específicos	22
1.2.1. Realizar un estudio para determinar el tipo de sistema de recolección y filtrado de polvo generado por la máquina de chipiado en la empresa REFOENERGY bita S.A.S.E.S.P.	22
1.2.2. Diseñar el sistema de recolección y filtrado de polvo haciendo uso de una herramienta CAD que cumpla con las especificaciones técnicas.	22
1.2.3. Diseñar/esquematizar una interfaz gráfica de usuario que permita la visualización y control del sistema de recolección y filtrado de polvo generado por la máquina de chipiado en la empresa REFOENERGY bita S.A.S.E.S.P.....	22

1.2.4. Validar el sistema de recolección y filtrado de polvo generado por la máquina de chipiado haciendo uso de un software óptimo para el sistema.....	22
2. Capítulo I. Generalidades.....	23
2.1. Energía Limpia	23
2.1.1. Tipos de Energía Limpia.....	23
2.2. Producción de Energía Eléctrica a partir de Biomasa	24
2.2.1. Chapiado de la Madera	25
2.2.2. Generación de Vapor.....	25
2.2.3. Zona de Enfriamiento.....	25
2.3. Justificación del Filtro.	25
2.4. Control Ambiental, Decreto 02 de 1982.....	26
2.4.1. Artículo 3. Derogado por el art. 138, Decreto Nacional 948 de 1995.	
Definición de Contaminación del aire.	26
2.4.2. Artículo 31. Normas de Calidad del Aire.....	26
3. Capítulo II. Polvo de Madera y Medios Filtrantes.....	27
3.1. Polvo de Madera.....	27
3.2. Medios Filtrantes	27
3.3. Colectores de Polvo	28
3.4. Colectores de Polvo Seco	29
3.4.1. Ciclones.....	29

3.5.	Filtros de Mangas	31
3.5.1.	Filtro de Mangas Jet-Pulse	33
3.6.	Filtro de Cartuchos	34
4.	Capítulo III. Preliminares de Diseño	37
4.1.	Muestra	37
4.1.1.	Concentración.....	38
4.1.2.	Densidad.....	38
4.2.	Velocidad de Asentamiento.....	39
4.3.	Relación Aire-Tela	39
4.4.	Área neta de filtración	40
4.5.	Mangas.....	40
4.5.1.	Dimensión de la Manga.....	41
4.5.2.	Área de la manga.....	41
4.5.3.	Número de mangas.....	41
4.6.	Velocidad ascendente	41
4.7.	Área	42
4.7.1.	Área Libre	42
4.7.2.	Dimensiones de a y b	42
4.8.	Factor K2	42
4.9.	Pérdida de Carga en el Filtro	42

4.10.	Sección de Tubería	43
4.10.1.	Diámetro de Tubería.....	43
4.11.	Pérdida de Carga en Ductos Lineales	43
4.12.	Presión Dinámica.....	44
4.13.	Pérdidas de Carga ocasionada por los Accesorios.....	44
4.14.	Pérdidas Totales de Todo el Sistema.....	44
4.15.	Tolva.....	45
4.15.1.	Capacidad de Almacenamiento en Tolva.....	45
4.16.	Potencia del Ventilador	45
4.17.	Campana	46
4.18.	Tela para el Filtro	46
4.19.	Dámper	47
5.	Capítulo IV. Diseño de un Filtro de Mangas Pulse-Jet.....	48
5.1.	Filtro de Mangas Pulse-Jet	50
5.1.1.	Etapas del Filtro.	51
5.2.	Velocidad de asentamiento.....	52
5.3.	Relación Aire-Tela	52
5.4.	Área neta de filtración	53
5.5.	Mangas.....	53
5.5.1.	Dimensión de la manga.....	53

5.5.2. Área de manga.....	54
5.6. Número de mangas	54
5.7. Velocidad ascendente	54
5.8. Área	54
5.8.1. Área Libre	54
5.8.2. Dimensiones de a y b	55
5.9. Factor K2	55
5.10. Pérdida de Carga en el filtro	56
5.11. Sección de tubería.....	56
5.11.1. Diámetro de tubería.....	57
5.12. Pérdida de Carga en Ductos Lineales	57
5.13. Presión Dinámica.....	58
5.14. Pérdidas de Carga Ocasionada por los Accesorios.....	58
5.15. Pérdidas Totales de todo el Sistema	58
5.16. Tolva.....	59
5.16.1. Capacidad de Almacenamiento en Tolva.....	59
5.17. Potencia del Ventilador	60
5.18. Campana	60
5.19. Tela para el Filtro	60
5.20. Dámper	61

5.21.	Sistema de Control de Incendio	61
6.	Capítulo V. Modelado CAD y Simulación	62
6.1.	Ensamblaje del Cuerpo del Filtro	62
6.2.	Ensamblaje del Sistema General del Filtro.....	62
6.3.	Simulación	63
6.3.1.	Simulación de los Ductos.....	63
7.	Capítulo VI. Cálculo de Material Requerido	67
7.1.	Cálculo del Material para el Filtro.....	67
7.2.	Compartimiento de las Mangas	67
7.3.	Compartimiento Limpio	68
7.4.	Tolva.....	68
7.5.	Cálculo de Estructura.....	69
7.5.1.	Soportes Verticales.....	69
7.5.2.	Soportes Horizontales.	70
7.5.3.	Soportes Diagonales y Horizontales.	71
7.6.	Cálculo de Soporte de Lámina Superior.....	71
7.7.	Cálculo de Soporte de Lámina Inferior.	71
7.8.	Barandas y Escaleras	71
7.9.	Lámina Antideslizante Superior.....	72
7.10.	Lámina Antideslizante Inferior.....	73

8.	Capítulo VII. Actuadores, Sensores, Tecnología y Materiales.	74
8.1.	Actuadores.	74
8.2.	Sensores.	74
8.3.	Tecnología.	75
8.4.	Materiales.	75
9.	Capítulo IX. Programación	77
9.1.	Programación	77
9.1.1.	Arranque del sistema.	77
9.1.2.	Descarga de la tolva.	77
9.1.3.	Limpieza de mangas.	77
9.1.4.	Control de emergencia.	78
9.1.5.	Alarmas	78
10.	Conclusiones	79
11.	Referencias.....	81
12.	Apéndice A. Imágenes de Muestras.....	84
13.	Apéndice B. Tablas de Referencia.....	89
14.	Apéndice C. Cotización	95
14.1.	Costo/Beneficio	97
14.1.1.	Ventilador Centrifugo	97
14.1.2.	Válvula	97

14.1.3.	Compresor.	98
14.1.4.	Electroválvula.....	99
14.1.5.	Electroválvula de Emergencia.....	100
14.1.6.	Sensor de Presión.	100
14.1.7.	Sensor de humo.	102
14.1.8.	Sensor de llama.	102
14.1.9.	Sensor de temperatura.	103
14.1.10.	Pulsador Descarga.....	104
14.1.11.	Pulsador Desactiva Descarga	104
14.1.12.	Pulsador de paro	104
14.1.13.	HMI	104
14.1.14.	PLC.....	105
14.1.15.	Fuente.....	106
14.1.16.	Lámina Antideslizante.....	107
14.1.17.	Lámina galvanizada.....	107
14.1.18.	Tela.....	108
14.1.19.	Ducto rígido.....	108
14.1.20.	Codo.	109
14.1.21.	Ducto flexible.....	109
14.1.22.	Campana.....	110

14.1.23.	Dámper.	110
14.1.24.	Viga.	111
14.1.25.	Tubo Rectangular.	111
14.1.26.	Tubo Circular.	111
15.	Apéndice D. Planos.....	113
16.	Apéndice E. Programación e HMI.....	120
16.1.	Programación.....	120
16.2.	HMI	128

Figuras

Figura 3.1. Esquema Colector de Polvo	28
Figura 3.2. Clasificación de los Colectores	29
Figura 3.3. Separador Ciclón	30
Figura 3.4. Imagen de un Filtro de Mangas tipo Jet-Pulse	34
Figura 3.5. Filtro de Cartucho Instalado Verticalmente	36
Figura 7.1. Lids	63
Figura 7.2. Valores de Entrada	64
Figura 7.3: Dato a Analizar	64
Figura 7.4: Reajuste de Malla.....	65
Figura 7.5: Velocidad	65
Figura 7.6: Velocidad Ilustrada mediante Líneas	66
Figura 8.1. Compartimiento de las Mangas.....	67
Figura 8.2. Compartimiento Limpio.....	68
Figura 8.3. Tolva.....	69
Figura 8.4. Estructura.....	70
Figura 8.5. Barandas de Seguridad	72

Tablas

Tabla 3.1. Relación Aire-Tela.....	32
Tabla 5.1. Comparación de Colectores de Polvo	48
Tabla 5.2. Pérdida de Carga en Ductos Lineales	57
Tabla 5.3: Pérdida de Carga en Accesorios	58

Figuras del Apéndice A

Figura A 1. Tamizado	84
Figura A 2. Muestra	85
Figura A 3. Muestra de la Lona	86
Figura A 4. Partículas de Polvo	87
Figura A 5. Corteza Separada	88

Tablas del Apéndice B

Tabla B1. Propiedades del Aire	89
Tabla B 2. Factor de A y B	90
Tabla B 3. Caudal de acuerdo a la Aplicación	91
Tabla B 4. Pérdida en Codos.....	93
Tabla B 5. Pérdida en Campana.....	93
Tabla B 6. Comparación entre Telas.....	94

Tablas del Apéndice C

Tabla C1. Costo Total de la Instrumentación 95

Tabla C2. Costo Total de los Materiales..... 96

Ecuaciones

Ecuación 10.1: Velocidad de Asentamiento	39
Ecuación 10.2: Relación Aire-Tela.....	40
Ecuación 10.3: Área Neta de Filtración.....	40
Ecuación 10.4: Dimensión de la Manga	41
Ecuación 10.5: Área de la Manga	41
Ecuación 10.6: Numero de Mangas.....	41
Ecuación 10.7: Área Libre	42
Ecuación 10.8: Dimensiones de A y B	42
Ecuación 10.9: Factor K2	42
Ecuación 10.10: Pérdida de Carga en el Filtro	43
Ecuación 10.11: Sección de tubería.....	43
Ecuación 10.12: Diámetro de Tubería	43
Ecuación 10.13: Pérdida en Ductos Lineales.....	44
Ecuación 10.14: Presión Dinámica.....	44
Ecuación 10.15: Pérdida en Accesorios.....	44
Ecuación 10.16: Pérdidas Totales en el Sistema.....	45
Ecuación 10.17: Capacidad de Almacenamiento	45
Ecuación 10.18: Potencia del Ventilador.....	46
Ecuación 10.19: Campana	46

Abreviaturas

V_t : Velocidad de Asentamiento ($\frac{m}{s}$)

g : Aceleración gravitacional ($\frac{m}{s^2}$)

ρ_p : Densidad de la partícula ($\frac{Kg}{m^3}$):

d_p : Diámetro de la partícula (m).

μ_g : Viscosidad absoluta del aire a temperatura de trabajo ($\frac{Kg}{m*s}$).

$\mu_{g,70°F}$: Viscosidad absoluta del aire a temperatura ambiente ($\frac{Kg}{m*s}$).

V_f : Velocidad de filtración (relación Aire-Tela) ($\frac{m}{s}$)

Q_e : Caudal de entrada ($\frac{m^2}{min}$).

A_n : Área neta de filtración (m^2)

L_m : Longitud de la manga (m).

D_m : Diámetro de la manga(m).

A_m : Área de la manga (m^2)

N_m : Numero de mangas

V_a : Velocidad ascendente ($\frac{m}{s}$)

A_i : Área libre de filtración (m^2)

C_m : Cantidad de mangas en el filtro

P_j : Presión del pulso de limpieza

K_2 : Coeficiente de resistencia específico del polvo (cm H₂O / m/s-Kg/m²)

C_e : Concentración de polvo a la entrada del filtro ($\frac{Kg}{m^3}$)

t_f : Tiempo de filtración (min).

$d_{g,masa}$: Diámetro medio geométrico de la masa (m).

A_s : Área de sección de tubería (m^2).

L : Longitud de tubería (m).

D : Diámetro de tubería (m).

V : Velocidad media del fluido ($\frac{m}{s}$).

h_f : Pérdida de carga debida a la fricción (m).

P_t : Pérdida de carga en unidades de presión total ($mm\ H_2O$).

n : Coeficiente n.

P_d : Presión dinámica ($mm\ H_2O$).

ΔP_T : Pérdidas totales de todo el sistema ($mm\ H_2O$).

ΔP : Caída de presión total del filtro ($mm\ H_2O$).

P_{ac} : Pérdida por ductos y accesorios ($mm\ H_2O$).

Introducción

En la actualidad unas de las mayores problemáticas es la contaminación del medio ambiente, especialmente relacionadas con la industria. Lo que se busca hoy en día es crear estrategias y proyectos que ayuden controlar la contaminación. La empresa REFOENERGY BITA S.A.S es una electrificadora catalogada como energías limpias, pero se está viendo afectada y por ende está causando contaminación ambiental debido a un proceso indispensable de la planta, el contaminante es polvo de madera y como ya se sabe esta contaminación suele ser muy perjudicial para la salud humana e incluso para la instrumentación empleada en la planta. El contenido de este libro busca una estrategia que permita mejorar esta acción y así poder evitar la esparción de las partículas de madera al aire libre. Con la implementación de una estrategia que controle esta problemática tanto la empresa como el medio ambiente tendrán impacto positivo y así quedará contribuyendo netamente al medio ambiente.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Diseñar un sistema para la captura y filtro del polvo, generado por una máquina de chipiado en la empresa REFOENERGY BITA S.A.S. E.S.P.

1.2. Objetivos específicos

1.2.1. Realizar un estudio para determinar el tipo de sistema de recolección y filtrado de polvo generado por la máquina de chipiado en la empresa REFOENERGY bita S.A.S.E.S.P.

1.2.2. Diseñar el sistema de recolección y filtrado de polvo haciendo uso de una herramienta CAD que cumpla con las especificaciones técnicas.

1.2.3. Diseñar/esquematizar una interfaz gráfica de usuario que permita la visualización y control del sistema de recolección y filtrado de polvo generado por la máquina de chipiado en la empresa REFOENERGY bita S.A.S.E.S.P.

1.2.4. Validar el sistema de recolección y filtrado de polvo generado por la máquina de chipiado haciendo uso de un software óptimo para el sistema.

2. Capítulo I. Generalidades.

2.1. Energía Limpia

Las energías limpias o energías verdes consisten en un sistema que sea capaz de crear energía eléctrica excluyendo la contaminación ambiental principalmente por emisiones de gases, siendo estos uno de los factores más influyente en el cambio climático. (Iberdrola, 2022)

2.1.1. Tipos de Energía Limpia.

2.1.1.1. Energía Eólica

Se obtiene al transformar en electricidad la energía cinética del viento. Puede ser de dos tipos, en función de dónde se sitúen los aerogeneradores:

Energía eólica terrestre: aprovecha las corrientes de aire producidas en tierra.

Energía eólica marina: aprovecha la fuerza del viento que se produce en alta mar, donde este alcanza una velocidad mayor y más constante. (Iberdrola, 2022)

2.1.1.2. Energía Fotovoltaica.

Se produce al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico. (Iberdrola, 2022)

2.1.1.3. Energía Hidroeléctrica.

Aprovecha la fuerza del agua al caer por un salto o desnivel para producir electricidad. Dentro de este tipo de generación, se encuentran las centrales hidroeléctricas de bombeo, el método de almacenamiento energético a gran escala más eficiente que existe en la actualidad. (Iberdrola, 2022)

2.1.1.4. Energía de Hidrogeno Verde.

Este método utiliza la corriente eléctrica para separar el hidrógeno del oxígeno que hay en el agua, por lo que, si esa electricidad se obtiene de fuentes renovables, producirá energía sin emitir dióxido de carbono a la atmósfera. (Iberdrola, 2022)

2.1.1.5. Energía de Biomasa.

Es una fuente de generación limpia y renovable que produce electricidad mediante la combustión de materia orgánica procedente de la naturaleza o de residuos orgánicos procedentes de las actividades humanas. (Iberdrola, 2022)

2.1.1.6. Energía Geométrica.

Aprovecha el calor que irradia el centro de la tierra mediante centrales situadas en yacimientos. Estos yacimientos pueden ser de agua caliente, si el calor procede de capas de agua caliente que circulan bajo la superficie, o secos, en los que el calor proviene de la piedra. (Iberdrola, 2022)

2.1.1.7. Energía Mareomotriz.

Convierte en electricidad la fuerza de las mareas. (Iberdrola, 2022)

2.1.1.8. Energía Nuclear.

Esta energía se obtiene de dos formas: fusión y fisión nucleares. En la primera de ellas, la energía se libera cuando los núcleos de los átomos se combinan o fusionan entre sí para crear un núcleo más grande. En la segunda, los núcleos se separan formando otros más pequeños y, a su vez, liberando energía. (Iberdrola, 2022)

2.2. Producción de Energía Eléctrica a partir de Biomasa

“El pasado 12 de noviembre 2021, se llevó a cabo la inauguración de la planta Refoenergy Bita, el primer proyecto de energía 100% renovable y sostenible de biomasa, que suministrara

electricidad para más de 18 mil habitantes de Puerto Carreño (Vichada)”, la energía es suministrada mediante biomasa es decir energía creada mediante vapor donde la materia prima es la madera. (bluradio, 2021)

2.2.1. *Chipiado de la Madera*

La madera llega en trozos cilíndricos con envergadura de 2-3 m, seguidamente se le realiza un proceso de chipiado donde el trozo de madera se convierte en chip de madera, para posteriormente alimentar la caldera.

2.2.2. *Generación de Vapor*

El chip es suministrado a la caldera donde allí es consumido por el fuego, esto hace que el agua pase de un estado líquido a gaseoso, creando un vapor de agua en alta presión donde este hace girar la turbina generadora de energía eléctrica.

2.2.3. *Zona de Enfriamiento.*

El vapor de agua vuelve a su estado líquido donde se le aplica un proceso de enfriamiento mediante ventiladores y ventilación natural, esta agua vuelve a la caldera repitiéndose el ciclo.

2.3. *Justificación del Filtro.*

El chipiado de la madera es una acción inevitable dejar de funcionar o tratar de sustituir por medio de otra alternativa, la ubicación de esta máquina se encuentra en un espacio bastante libre, debido a que allí se encuentra la madera encarrada para el suministro de la chipeadora, este proceso se realiza mediante una herramienta móvil llamada trineumatico que se encarga de alimentar a la misma, motivo que se hace complejo cubrir la zona.

Una vez entra en funcionamiento la chipeadora se genera una gran concentración de polvo de madera y más cuando se trata de época de verano; este polvo afecta a la planta en general tanto en instrumentación como en la salud de los obreros, además en tiempo de verano debido a la gran

ventilación ambiental se esparce a distancias lejanas afectando a la población aledaña. Se tuvieron en cuenta otras alternativas para evitar que se esparza el polvo, pero debido a las actividades que se realizan cerca del área se fue imposible, llegando a la conclusión de necesitar un filtro para ello.

2.4. Control Ambiental, Decreto 02 de 1982.

Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.

DECRETA:

2.4.1. Artículo 3. Derogado por el art. 138, Decreto Nacional 948 de 1995. Definición de Contaminación del aire.

De conformidad con el artículo 8 literal b) del Decreto Ley 2811 de 1974, entiéndese por CONTAMINACIÓN DEL AIRE la presencia o acción de los contaminantes, en condiciones tales de duración, concentración o intensidad, que afecten la vida y la salud humana, animal o vegetal; los bienes materiales del hombre o de la comunidad, o interfieran su bienestar.

2.4.2. Artículo 31. Normas de Calidad del Aire.

Las normas de calidad del aire señaladas en el presente artículo comprenden:

a. **PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN.** El promedio geométrico de los resultados de todas las muestras, diarias recolectadas en forma continua durante 24 horas, en un intervalo de 12 meses, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 mg/m³). La máxima concentración de una muestra recolectada en forma continua durante 24 horas que se puede, sobrepasar, por una sola vez en un período de 12 meses, es de cuatrocientos microgramos por metros cúbico (400 mg/m³).

3. Capítulo II. Polvo de Madera y Medios Filtrantes

3.1. Polvo de Madera

El polvo de madera se crea cuando se usan máquinas o herramientas para cortar o moldear madera. Se producen grandes cantidades de polvo de madera en aserraderos, industrias de fabricación de muebles, ebanistería y carpintería. Las personas que usan maquinaria o herramientas para cortar o moldear madera están expuestas al polvo de madera. Cuando se inhala el polvo, este se deposita en la nariz, la garganta u otras vías respiratorias (Instituto Nacional del Cáncer, 2015).

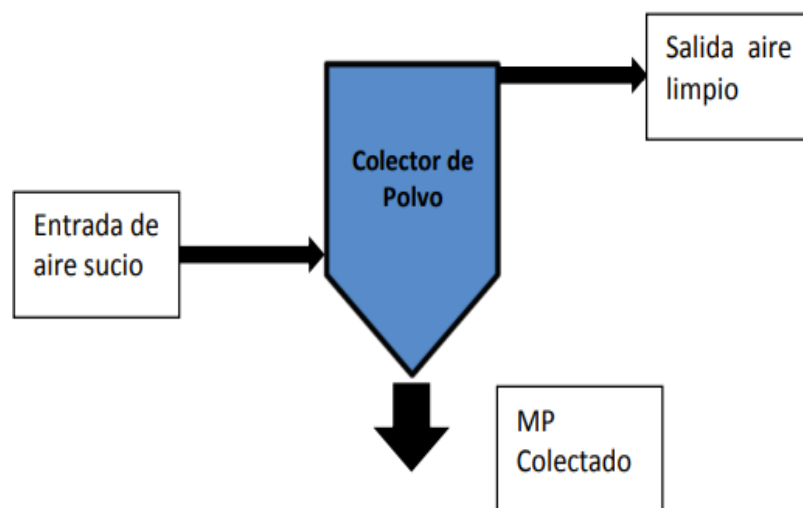
3.2. Medios Filtrantes

Antes de elegir un dispositivo de control de partículas se deben considerar muchos factores. Usualmente, las partículas son recogidas y encauzadas por un canal o chimenea. Las características de la corriente de partículas afectan la elección del dispositivo de control. Estas características incluyen la variedad del tamaño de las partículas en la corriente de escape, la tasa de flujo del escape, temperatura, contenido de humedad y propiedades químicas del flujo de la corriente de escape como capacidad explosiva, acidez, alcalinidad e inflamabilidad (Galíndez, 2018).

Los dispositivos de control más usados para controlar la emisión de partículas son: Precipitadores electrostáticos, Filtros, Lavadores Venturi, Cámaras de sedimentación, Ciclones, Filtros de Papel, Filtros de Tela (Galíndez, 2018).

Los equipos de control de contaminación del aire operan en una corriente continua de aire o gas contaminado. El flujo polvoriento de gas fluye dentro del dispositivo, y la mayor parte de las partículas son separadas de la corriente del gas y coleccionadas como sólidos, mientras que el gas aparentemente limpio continúa a través del dispositivo, tal como se observa en la Fig. 3.1

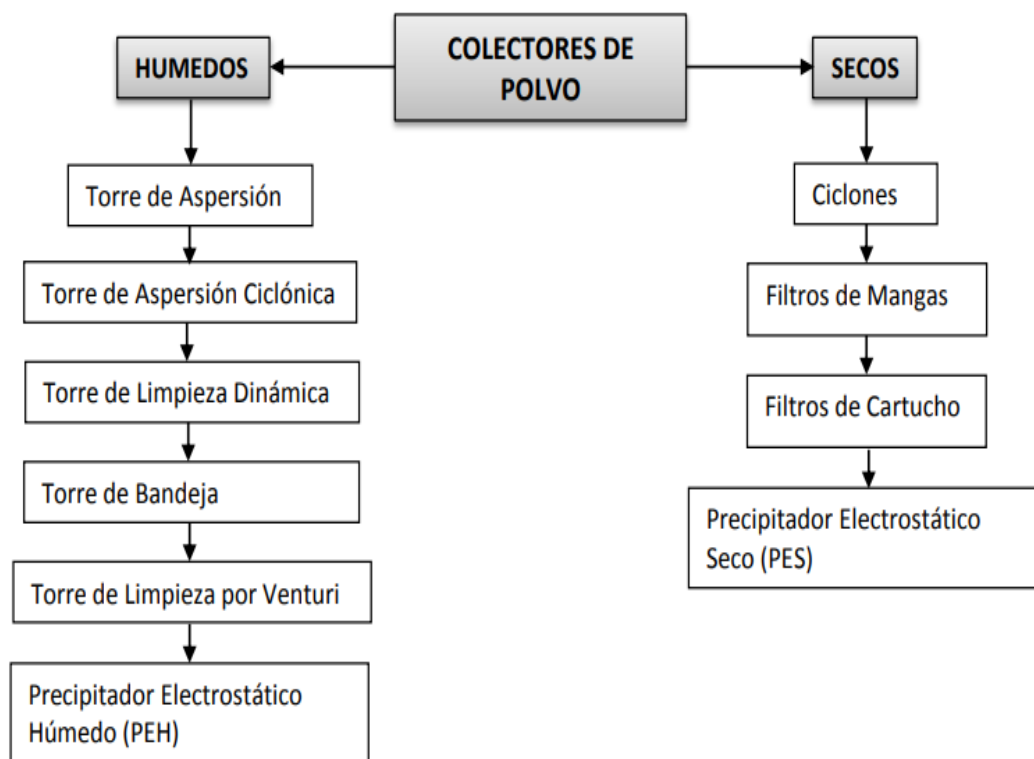
Figura 3.1. Esquema Colector de Polvo



3.3. Colectores de Polvo

El colector de polvo es un sistema que mejora la calidad del aire liberado por procesos industriales o comerciales mediante la recolección de polvo y otras impurezas de un gas o aire (Galíndez, 2018).

Los colectores de polvo se pueden dividir en dos grandes grupos, húmedos y secos tal como se indica en la Fig. 3.2

Figura 3.2. Clasificación de los Colectores

Para este caso aremos énfasis en los colectores de polvo secos debido a la aplicación en la planta.

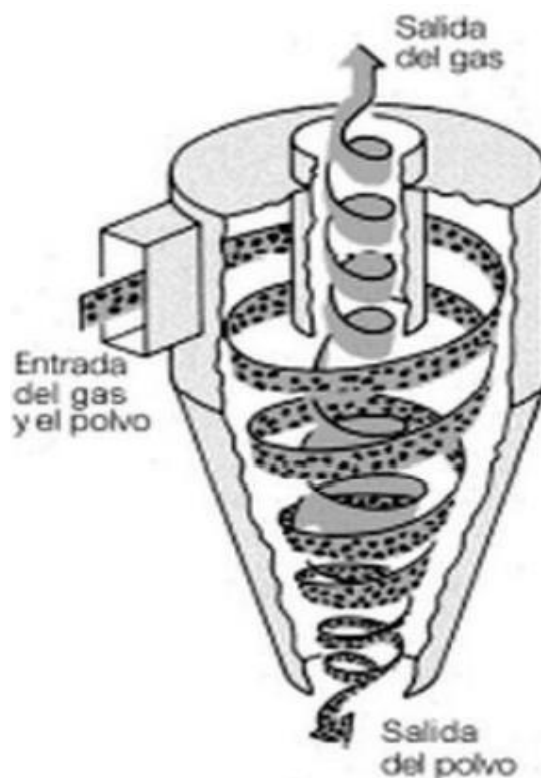
3.4. Colectores de Polvo Seco

3.4.1. Ciclones

Los ciclones son adecuados para separar partículas con diámetros mayores a $5\mu\text{m}$. Las eficiencias de recolección para este tipo de equipos son tan altas como de 95% para partículas mayores de $5\mu\text{m}$ y de 60% a 75% para partículas submicrométricas. El ciclón de entrada tangencial y descarga axial es el más comúnmente usado. En este tipo de ciclón, el gas entra en la cámara superior tangencialmente y descende en espirales hasta el ápice de la sección cónica; luego asciende en una segunda espiral, con diámetro más pequeño, y sale por la parte superior a través de un ducto vertical centrado. Los sólidos se mueven radialmente hacia las paredes, se deslizan

por las paredes, y son recogidos en la parte inferior (Galíndez, 2018). El funcionamiento de este tipo de aparatos podemos verlo en la Fig. 3.3

Figura 3.3. *Separador Ciclón*



Nota. Ilustración de un filtro ciclón. Tomada de (Galíndez, 2018)

Ventajas:

- Baja inversión inicial.
- Bajísimos costos de operación.
- De fácil construcción.
- Instalación rápida y económica.
- De fácil mantenimiento (no contienen piezas móviles).
- Pueden alcanzar hasta 99% de eficiencia, dependiendo del tamaño de las partículas.
- Operan con gases en temperaturas elevadas.

- Pueden ser contruidos con materiales resistentes a la abrasi3n y corrosi3n.
- Su eficiencia es constante a lo largo de su vida 3til.
- Separan una gran variedad de materiales.
- P3rdida de carga siempre constante.
- Facilidad de remoci3n del material recolectado.
- Proyectado para el mejor desempe3o de acuerdo con el perfil granulom3trico de las part3culas.

Desventajas:

- Baja eficiencia de colecci3n con part3culas muy finas (menores a 5µm).
- Elevada ca3da de presi3n (hasta 2.5 kPa - 250 mil3metros de columna de H₂O) para alcanzar altas eficiencias de colecci3n alrededor del 95%.

3.5. Filtros de Mangas

Un colector de polvo que utiliza bolsas de tela o mangas, consiste de uno o m3s compartimientos aislados que contienen hileras de bolsas de tela, en la forma de tubos redondos generalmente colgados de forma vertical. El gas cargado de part3culas pasa generalmente a lo largo del 3rea de las bolsas y luego radialmente a trav3s de la tela. Las part3culas son retenidas en la cara de las bolsas corriente arriba y el gas limpio es ventilado hacia la atm3sfera. El filtro es operado c3clicamente, alternando entre per3odos de filtrados relativamente largos y per3odos cortos de limpieza. Durante la limpieza, el polvo que se ha acumulado sobre las bolsas de tela es removido del 3rea de la tela y depositado en una tolva para su disposici3n posterior. El paso del aire a trav3s del filtro, se logra mediante el “tiro inducido” de un ventilador.

Los filtros de mangas recolectan part3culas de tama3os que van desde las submicras hasta varios cientos de micras de di3metro, con eficiencias generalmente en exceso al 99 o 99.9%. La capa de

polvo o plasta recolectada sobre la tela es la razón principal de esta alta eficiencia. La plasta es una barrera con poros tortuosos que atrapan las partículas a medida que viajan por la plasta. En algunas configuraciones pueden acomodarse rutinariamente temperaturas de gas hasta cerca de 260°C, con picos de hasta cerca de 290°C. La mayor parte de la energía utilizada para operar el sistema aparece como caída de presión a través de las bolsas, y de las partes y conductos asociados. Los valores típicos de la caída de presión del sistema varían desde cerca de 1.25 hasta 5 kPa (130 a 500 milímetros de columna de H₂O).

Las variables importantes del proceso incluyen las características de la partícula, las características del gas y las propiedades de la tela. El parámetro de diseño más importante es la relación aire-tela o cantidad de gas en metros cúbicos por minuto (o pies cúbicos por minuto) que penetra un metro cuadrado (o un pie cuadrado de tela), y el parámetro de operación de interés por lo general es la caída de presión a través del sistema de filtro. La característica de operación principal de los filtros de mangas, que los distingue de otros filtros de gas, es la capacidad de renovar la superficie de filtración periódicamente por medio de limpiezas. Las bolsas filtrantes, por lo general se construyen con telas tejidas o, más comúnmente, perforadas con aguja y cosidas en la forma deseada, montadas en una estructura, y usadas en un amplio rango de concentraciones de polvo (Galíndez, 2018).

En la tabla 3.1 se observa la relación aire-tela dependiendo del tipo de limpieza.

Tabla 3.1. *Relación Aire-Tela*

Tipo de Limpieza del Colector	Típico de Aire/Tela
	En No-normales $m^3/min/m^2$
Sacudido Mecánico	0.76 a 0.91
Aire Inverso	0.61 a 0.76

Plenum-Pulse	1.07 a 1.22
Jet-Pulse	1.52 a 1.83

En nuestro caso nos enfocamos en el filtro de mangas de limpieza JET-PULSE debido al mayor valor de relación aire-tela.

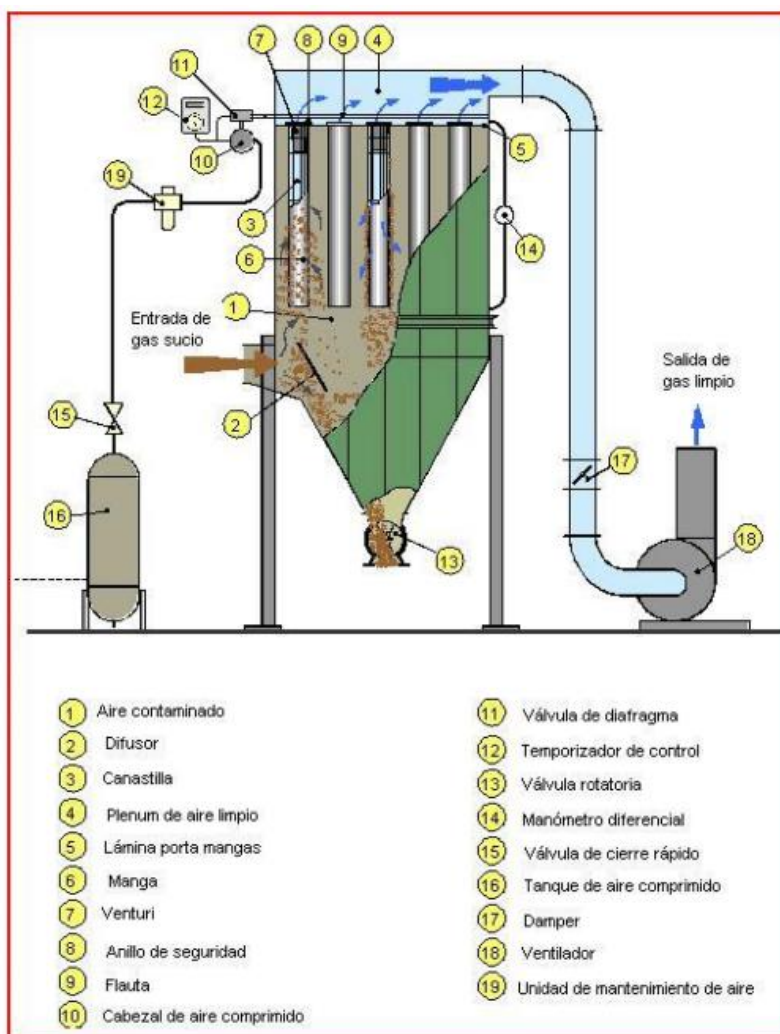
3.5.1. Filtro de Mangas Jet-Pulse

El filtro de mangas pulse-jet tiene una alta acción filtrante y funcionamiento por mangas que llevan jaulas, estando equipado con enganche rápido y venturis internos para inyección de aire, además está optimizado para asegurar la alta durabilidad de las mangas a través de un dispositivo electrónico que controla la descarga de válvulas para limpieza automática de las mangas. (Coppi, s.f.)

Ventajas:

- Alta eficiencia de separación para la purificación del aire;
- Facilidad de instalación, operación y mantenimiento;
- Las mangas generan un sellado 100% eficiente del equipo;
- Disponibilidad con fondo plano y fondo cónico, evitando así atascos en la descarga;
- Posee un sistema de enganche rápido para las mangas, facilitando su intercambio;
- Para garantizar la integridad y limpieza de las mangas, los filtros cuentan con un depósito de aire que garantiza su alta durabilidad;
- Disponibilidad para diferentes capacidades de áreas de filtrado;
- Cumplir con NR 12 y NR 13.

Figura 3.4. Imagen de un Filtro de Mangas tipo Jet-Pulse



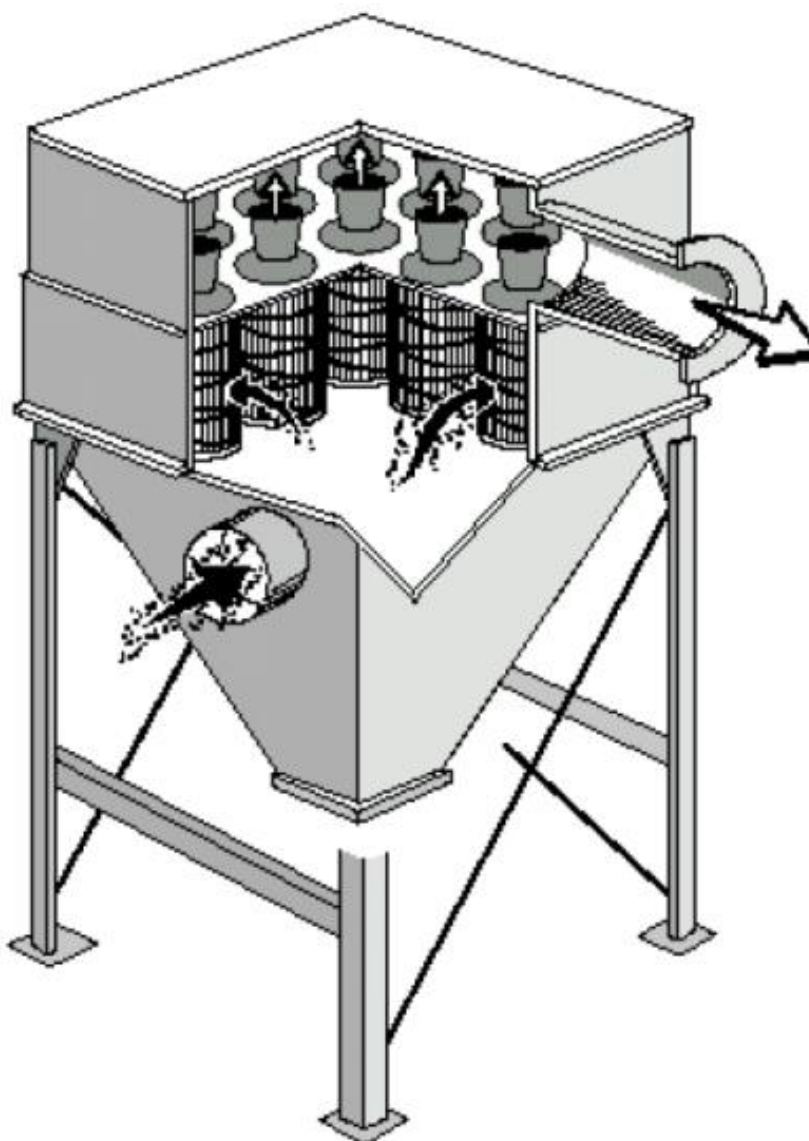
Nota. Descripción y partes de un filtro de mangas tipo pulse-jet. Tomada de (Galíndez, 2018)

3.6. Filtro de Cartuchos

Los colectores de cartucho típicamente se usan en procesos industriales pequeños con flujos menores a 11,8 m³/s. Los cartuchos pueden ser limpiados por pulso, y algunos tipos pueden ser lavados y reutilizados. Sin embargo, este tipo de filtro de tela se ha limitado a aplicaciones con bajas velocidades de flujo y bajas temperaturas. Los nuevos materiales para filtros y diseños de recolectores están incrementando las aplicaciones de los filtros de cartucho. La limpieza de los diseños antiguos de filtros compactos es por medio de un único equipo de pulsación. El medio de

filtración para los cartuchos puede ser papel, plásticos de monofilamento unidos por hilado (predomina el poliéster), o telas no tejidas. Los cartuchos pueden ser de 6 a 14 pulg. de diámetro y 16 a 36 pulg. de longitud. La superficie de filtración es alrededor de 25 a 50 pies cuadrados para cartuchos con telas no tejidas, alrededor de tres a cuatro veces más con los unidos por hilado, y más. Un cartucho típico puede tener 36 pies cuadrados de tela no tejida, 153 pies cuadrados de tela unida por hilado, o 225 pies cuadrados de papel. El espacio entre los pliegues es importante por dos razones: un distanciamiento menor aumenta la superficie de filtrado para un volumen de cartucho específico, pero el menor distanciamiento aumenta la probabilidad de que el polvo forme un puente permanente entre los fondos de los pliegues y reduzca la superficie de filtrado disponible. Para polvos no aglomerantes de tamaños pequeños de partículas (hasta de unas pocas micras) y características benignas para el papel, el cartucho puede tener de 12 a 16 pliegues por pulgada. Las telas no tejidas bajo las condiciones más difíciles pueden tener de 4 a 8 pliegues por pulgada. La profundidad del pliegue es de 1 a 3 pulgadas, el arreglo de los pliegues y el volumen de aire para limpieza disponible determinan la capacidad de limpieza del medio para un polvo específico. Una ventaja de los medios de papel es su capacidad de recolectar partículas menores de 2.5 μm de diámetro con alta eficiencia. La eficiencia total puede ser del 99.999%. Los medios no tejidos pueden ser menos eficientes por una orden de magnitud. Sin embargo, aún las bolsas de fibra de vidrio en filtros con aire inverso en fuentes de combustión pueden recolectar partículas de 2.5 μm con eficiencias del 99.9%. Los filtros cartucho están limitados en temperatura por los adhesivos que sellan los medios a las tapas de fondo a las tapas extremas. Las temperaturas de operación de 93°C son comunes, aunque algunos diseños llegan hasta 177°C (Galíndez, 2018).

Figura 3.5. *Filtro de Cartucho Instalado Verticalmente*



Nota. Funcionamiento de un filtro tipo cartucho con instalación de mangas verticales. Tomada de (Galíndez, 2018)

4. Capítulo III. Preliminares de Diseño

En este capítulo se revisó la parte teórica respecto al análisis físico que estudia el comportamiento de una partícula suspendida en un gas, y posterior a ello se extrajo las ecuaciones a utilizar en el diseño del filtro. También se revisó la teoría de cómo obtener un dato de muestra, debido a que no se tenía el apoyo de un equipo medidor de concentración de partículas.

4.1. Muestra

El procedimiento que se llevó a cabo es el método de extracción de muestra. Consiste en extraer una porción de muestra (Mr. Kenneth Woodard, 1998), luego de hacer un tamizado se logra separar la corteza del polvo a filtrar dando un porcentaje del 35% de polvo, ver figura A1 en apéndice A.

Se recoge el residuo generado del chipiado de 80 Toneladas durante 4 horas continuas mediante una lona, donde en ella había corteza y polvo, el peso de esta lona fue de 15Kg ver figura A2 en apéndice A, seguidamente se extrajo una muestra de esta lona ver figura A3 en apéndice A, donde después de realizar el tamizado se logra separar la corteza del polvo. El peso de la corteza al ser separado es de 235.9 gr y del polvo 131.370 gr ver figura A4 en apéndice A, teniendo un peso de muestra de 375.370 gr.

Seguidamente se hace una regla de tres para hallar el porcentaje de polvo siendo 375.370 gr el 100% de la muestra,

$$\%_p = \frac{131.370[gr]}{375.370[gr]} * 100 = 35\%$$

Sabiendo el porcentaje de polvo se procede a calcular el peso del mismo por unidad de lona, sabiendo que el peso de una lona es de 15Kg

$$m_p = 15[Kg] * 0.35 = 5.25[Kg]$$

$$m_p = 5.25[Kg]$$

Como la muestra se realizó en tiempo de lluvia la cantidad de polvo disminuye a comparación del verano, Sabiendo la cantidad de lonas recogidas en 8 horas continuas de 160 Toneladas chipiadas, se logra saber la cantidad de polvo en un día de trabajo en el verano.

El total de lonas recogida es de aproximadamente de 20 lonas de 15 Kg, generando una cantidad de polvo de,

$$m_{Kghora} = \frac{20 \cdot 5.25 [Kg]}{8 [horas]} = 13.12 \left[\frac{Kg}{hora} \right].$$

Esta muestra es recogida de la que logra quedarse en el suelo suspendida por gravedad y peso de la misma, se le agrega un 50% a la masa final que representa las partículas que se van junto con el aire, dando una masa final de,

$$m_{Kghrfinal} = 13.12 \left[\frac{Kg}{hora} \right] + 13.12 \left[\frac{Kg}{hora} \right] \cdot 0.50 = 19.68 \left[\frac{Kg}{hora} \right]$$

4.1.1. Concentración

Para hallar la concentración es la fracción de la masa del polvo generado por hora sobre el caudal de entrada,

$$C_e = \frac{m_{Kghora}}{Q_e} = \frac{19.68 \left[\frac{Kg}{hora} \right]}{5250 \left[\frac{m^3}{hora} \right]} = 0.00374 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

$$C_e = 3.74 \left[\frac{gr}{m^3} \right]$$

4.1.2. Densidad

Para hallar la densidad se hizo apoyo del principio de Arquímedes, donde se extrajo una pequeña muestra del polvo se le registró el peso en una gramera y se insertó en un recipiente con agua se tomaron los siguientes datos:

$$\text{Polvo} + \text{recipiente} = 160 \text{ [gr]}$$

$$\text{Recipiente} = 15 \text{ [gr]}$$

Recipiente con agua + polvo = 1200 [ml]

Recipiente con agua = 1000 [ml]

$$m_{polvo} = (160 - 15)gr = 145[gr]$$

$$v_{polvo} = (1200 - 1000) = 200[ml]$$

$$\rho_p = \frac{m_{polvo}}{v_{polvo}} = \frac{145[gr]}{200[ml]} = 0.725 \frac{[gr]}{[ml]}$$

$$\rho_p = 725 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

4.2. Velocidad de Asentamiento

En el diseño de filtro es de gran importancia la velocidad de asentamiento ya que es la velocidad mínima o terminal que tiene una partícula para que no se genere asentamiento. (Galíndez, 2018)

El diámetro de la partícula se establece de acuerdo a valores experimentales de laboratorios donde el rango de una partícula de polvo esta entre 0,1 a 100µm (Kochevar, 2006)

La viscosidad absoluta del aire a temperatura ambiente está definida mediante tabla de propiedad del aire a diferentes temperaturas (Claudio, 1982-86), ver tabla B1 en apéndice B.

La densidad de la partícula es hallada experimentalmente donde se recoge una pequeña masa de polvo en un determinado volumen de la misma y mediante definición se halla la misma.

Ecuación 4.1: Velocidad de Asentamiento

$$V_t = \frac{g * \rho_p * d_p^2}{18 * \mu_{g,70^{\circ}F}} \text{ (Galíndez, 2018).}$$

4.3. Relación Aire-Tela

Los fabricantes junto con los equipos, ecuaciones y monogramas permiten obtener la relación aire-tela para filtros pulse jet, donde relaciona la temperatura de operación, tamaño de la

partícula, carga de polvo y la indicación de la aplicabilidad según el material a filtrar. (Owen et al, 1985).

Los valores A y B se obtienen a partir de tabla según la tela de filtración establecida.

El factor A se establece mediante una comparación del polvo de madera con respecto al polvo de roca y minerales, el factor B se establece de acuerdo a la aplicación de trabajo, Ver tabla B2 en apéndice B.

La temperatura de trabajo se define a través de la temperatura máxima marcada en los informes del IDEAM, puesto a que el polvo va estar expuesto a temperatura ambiente de la región.

La velocidad de filtración se recomienda estar dentro de un rango de velocidades 0.005 a 0.060 m/s (Echeverri Londoño, 2008).

Ecuación 4.2: Relación Aire-Tela

$$V_f \left[\frac{ft}{min} \right] = 2.878 * A * B * T^{-0.2335} [^{\circ}F] * C_e^{-0.06021} \left[\frac{gr}{ft^3} \right] (0.7471 + 0.0853 Lnd_p [\mu m]).$$

(Galíndez, 2018)

4.4. Área neta de filtración

Existen estándares recomendados de acuerdo a la aplicación al aire ambiente, haciendo uso de la tabla B3 en apéndice B y de acuerdo a la aplicación y posición de captura se establece un caudal de entrada, para este caso la aplicación consta de una banda transportadora que le suministra la madera a la chipeadora con un ancho de banda de 850mm.

Ecuación 4.3: Área Neta de Filtración

$$A_n [ft^2] = \frac{Q_e \left[\frac{ft^3}{min} \right]}{V_f \left[\frac{ft}{min} \right]}. \text{ (Galíndez, 2018)}$$

4.5. Mangas

Las mangas son el medio filtrante con geometría cilíndrica, compuesta por un conjunto de canastilla, tela y Venturi.

4.5.1. Dimensión de la Manga

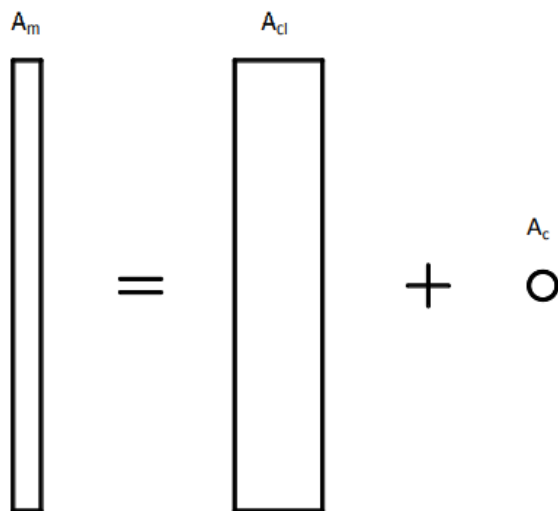
El dimensionamiento de las mangas debe de estar bajo un rango establecido, el diámetro debe estar entre 120 y 160mm, debe cumplir con la relación:

Ecuación 4.4: Dimensión de la Manga

$$\frac{L}{D} \leq 25. \text{ (Orrala Reyes, 2010)}$$

4.5.2. Área de la manga

Para hallar el área de la manga será la suma del área del cilindro más el área del círculo.



Ecuación 4.5: Área de la Manga

$$A_m = (\pi * D_m) * L_m + \frac{(\pi * D_m^2)}{4}. \text{ (Galíndez, 2018)}$$

4.5.3. Número de mangas

El número de mangas es la cantidad requerida para que el sistema, se halla a partir del área neta partido con el área de la manga. (Galíndez, 2018)

Ecuación 4.6: Numero de Mangas

$$N_m = \frac{A_n}{A_m}. \text{ (Galíndez, 2018)}$$

4.6. Velocidad ascendente

Es la que experimenta la mezcla del aire con el polvo luego de haber entrado al compartimiento de las mangas en el filtro, esta velocidad es recomendada entre 1 a 1.3 m/s. (Galíndez, 2018)

4.7. Área

4.7.1. Área Libre

Es el área libre requerida para dicha filtración, siendo la relación del caudal de entrada/velocidad ascendente,

Ecuación 4.7: Área Libre

$$A_i[m^2] = \frac{Q[\frac{m^3}{s}]}{V_a[\frac{m}{s}]} \cdot (\text{Galíndez, 2018})$$

4.7.2. Dimensiones de a y b

Se halla a partir del área libre de filtrado, siendo a y b las longitudes laterales del filtro.

Ecuación 4.8: Dimensiones de A y B

$$a * b = A_i[m^2] + C_m * (\frac{\pi D_m^2}{4}). (\text{Galíndez, 2018})$$

4.8. Factor K2

El factor K2 es la permeabilidad de la capa de polvo una vez esté en funcionamiento el filtro;

Ecuación 4.9: Factor K2

$$K_2[\text{cm H}_2\text{O}/\text{m/s} - \text{Kg}/\text{m}^2] = \frac{0.00304}{(d_{g,masa}[m])^{1.1}} \left(\frac{\mu_g[\frac{Kg}{ms}]}{\mu_{g,70^\circ F}[\frac{Kg}{ms}]} \right) \left(\frac{2600}{\rho_p[\frac{Kg}{m^3}]} \right) \left(\frac{V_f[\frac{m}{s}]}{0.0152} \right)^{0.6}. (\text{Arturo, 2010})$$

4.9. Pérdida de Carga en el Filtro

La caída de presión en el filtro está dada mediante la caída de presión de la tela limpia, de la capa de polvo formada en la tela y de la estructura. La caída de presión en la estructura puede

considerarse despreciable una vez el filtro esté en funcionamiento siempre y cuando se tenga un buen mantenimiento de las mangas. (Galíndez, 2018)

Ecuación 4.10: Pérdida de Carga en el Filtro

$$\Delta P[\text{Pulg H}_2\text{O}] = 6.08 * V_f \left[\frac{ft}{min} \right] * P_j^{-0.65} [\text{psi}] + K_2 \left[\frac{\text{Pulg} \frac{\text{H}_2\text{O}}{ft}}{min} - \frac{\text{Lb}}{ft^2} \right] * V_f^2 \left[\frac{ft}{min} \right] * C_e \left[\frac{lb}{ft^3} \right] * t_f [\text{min}]. \text{ (Galíndez, 2018)}$$

4.10. Sección de Tubería

La sección de la tubería es el valor del área requerida de la tubería para la continuidad de la mezcla de aire con polvo para un caudal y velocidad de transporte definidos. (Orrala Reyes, 2010)

De acuerdo a la aplicación industrial existe unas velocidades de transporte establecidas dentro de un rango (Márquez Quizhpi & Ulloa Montero, 2018),

Ecuación 4.11: Sección de tubería

$$A_s [m^2] = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right]}{V_t \left[\frac{m}{s} \right]}$$

4.10.1. Diámetro de Tubería

Diámetro requerido del ducto para poder cumplir con el transporte del polvo de acuerdo al caudal de entrada.

Ecuación 4.12: Diámetro de Tubería

$$D_t [m] = \sqrt{\frac{4 * A_s [m^2]}{\pi}}$$

4.11. Pérdida de Carga en Ductos Lineales

Para calcular las pérdidas lineales en los ductos se hace apoyo mediante la ecuación de Darcy (Galíndez, 2018), para simplificar los cálculos se hace uso del nomograma válidos para las rugosidades más comunes en el mercado, ver nomograma en apéndice B.

$$h_f[Pa] = f * \frac{L[m]}{D[m]} * \frac{v^2[\frac{m^2}{s^2}]}{2 * g[\frac{m}{s^2}]} \text{ (Galíndez, 2018)}$$

Una vez obtenida la pérdida lineal por unidad de longitud se ajusta el dato de la siguiente manera,

Ecuación 4.13: Pérdida en Ductos Lineales

$$h_f = L_t * D_{ob}$$

Donde:

L_t , es la longitud del ducto.

D_{ob} , es el valor obtenido por el nomograma ver apéndice B.

4.12. Presión Dinámica

Es la presión ejercida por el aire cuando este se encuentra con obstáculos, la presión debida por la velocidad es conocida como presión dinámica. (Orrala Reyes, 2010)

Ecuación 4.14: Presión Dinámica

$$P_d[mmH_2O] = \frac{v^2[\frac{m^2}{s^2}]}{16.3} \text{ (Claudio, 1982-86)}$$

4.13. Pérdidas de Carga ocasionada por los Accesorios

Las pérdidas generadas por accesorios se calculan mediante el “método de coeficiente n” donde “n” es hallado mediante tablas establecida para diferentes tipos de codos (Sodeca, s.f.), ver tablas B4 y B5 en apéndice B, sabiendo que se debe cumplir la relación de curvatura en los codos de:

$\frac{r}{D} \geq 1.5$, siendo D el diámetro de la tubería y r el radio de curvatura de los codos.

Ecuación 4.15: Pérdida en Accesorios

$$P_t[mmH_2O] = n * P_d[mmH_2O]$$

4.14. Pérdidas Totales de Todo el Sistema

Las pérdidas totales del filtro están determinadas por la suma de las pérdidas del filtro de mangas, las pérdidas de los ductos y accesorios (Galíndez, 2018),

Ecuación 4.16: Pérdidas Totales en el Sistema

$$\Delta P_T [mmH_2O] = \Delta P [mmH_2O] + \Delta P_{Ducac} [mmH_2O]. \text{ (Galíndez, 2018)}$$

4.15. Tolva

Para el diseño de la tolva se tiene en cuenta las dimensiones del área del filtro y se le asigna una altura conveniente, el ángulo de inclinación de la tolva no debe ser mayor a 50° con respecto a la vertical.

4.15.1. Capacidad de Almacenamiento en Tolva

Sabiendo las dimensiones de la tolva se halla la capacidad de almacenamiento particulado del polvo, teniendo en cuenta que la tolva tiene geometría similar a una pirámide truncada,

Ecuación 4.17: Capacidad de Almacenamiento

$$V_{Tolva} = \frac{h(A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM}A_{Bm}})}{3}$$

4.16. Potencia del Ventilador

Para la elección del ventilador se debe hacer una comparación de las curvas características de cada ventilador teniendo en cuenta el punto de trabajo, el ventilador seleccionado por el diseñador debe de cumplir con las siguientes características:

- Tipo centrífugo
- De aspas hacia atrás
- Operación con aire limpio
- Caída de presión total
- Caudal
- Temperatura de operación

- Eficiencia mecánica
- Potencia requerida

Estas características deben cumplir el ventilador para una mayor eficiencia (Orrala Reyes, 2010),

Ecuación 4.18: Potencia del Ventilador

$$P_V [KW] = \frac{Q_e \left[\frac{m^3}{h} \right] * \Delta P_T [mmH_2O]}{3600 * 75 * e_f}. \text{ (Orrala Reyes, 2010)}$$

4.17. Campana

La velocidad de captura del polvo debe ser la mínima posible hacia el ducto.

Ecuación 4.19: Campana

$$V_c = \frac{Q_e \left[\frac{m^3}{h} \right]}{60(10 * X[m]^2 + A[m^2])}$$

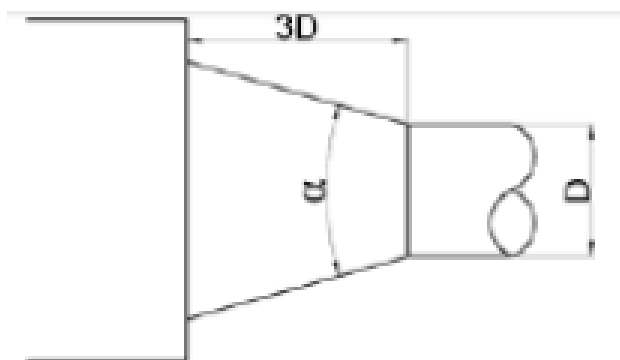
Donde:

Q_e : caudal de entrada

X^2 : distancia desde la cara del ducto hacia el punto más lejano de la fuente

A : área de la entrada de la campana.

Sabiendo el diámetro del ducto se procede a diseñar la campana, donde la longitud de la misma debe ser igual o mayor a 3 veces el diámetro del ducto, teniendo en cuenta el ángulo de reducción que genera pérdidas conforme este varía.



4.18. Tela para el Filtro

Para la elección de tela se hace una comparación de telas especiales que funciona como medio filtrante del polvo y se elige la que mejor prestación ofrezca, ver tabla B6 en apéndice B.

Para este caso se elige una tela de polipropileno ya que es excelente en los diferentes escenarios. Esta posee un peso (540 g/m^2). (Donaldson, s.f.)

4.19. Dámper

El uso de dámper se puede dar en dos escenarios un antes y un después del ventilador. Para este caso se ubica antes del ventilador con el fin de graduar el caudal suministrado por el mismo.

5. Capítulo IV. Diseño de un Filtro de Mangas Pulse-Jet

Tabla 5.1. Comparación de colectores de Polvo

Medio Filtrante	Descripción	Eficacia
Ciclón	El gas entra en la cámara superior tangencialmente y desciende en espirales hasta el ápice de la sección cónica; luego asciende en un segundo espiral, con diámetro más pequeño, y sale por la parte superior a través de un ducto vertical centrado. Los sólidos se mueven radialmente hacia las paredes, se deslizan por las paredes, y son recogidos en la parte inferior.	Las eficiencias de recolección para este tipo de equipos son tan altas como de 95% para partículas mayores de 5 μm y de 60% a 75% para partículas submicrométricas.
Filtro de Cartucho	Típicamente se usan en procesos industriales pequeños con flujos menores a 11,8 m ³ /s. Los cartuchos pueden ser limpiados por pulso, y algunos tipos pueden ser lavados y reutilizados.	Una ventaja de los medios de papel es su capacidad de recolectar partículas menores de 2.5 μm de diámetro con alta eficiencia. La eficiencia total puede ser del 99.999%.

Filtro de Mangas	tiene una alta acción filtrante y funcionamiento por mangas que llevan jaulas, estando equipado con enganche rápido y venturis internos para inyección de aire, además está optimizado para asegurar la alta durabilidad de las mangas a través de un dispositivo electrónico que controla la descarga de válvulas para limpieza automática de las mangas.	Elevada eficiencia de filtración (superior al 99.9%)
Electroestático	Los precipitadores descontaminadores electrostáticos son dispositivos que se utilizan para atrapar partículas mediante su ionización, atrayéndolas por una carga electrostática inducida.	Eficiencia. Mantiene una alta eficiencia de recolección (generalmente mayor al 99.9%) en partículas de todos los tamaños, incluyendo sub-micras.

Nota. Para la elección del filtro a diseñar se tuvo en cuenta la eficiencia de trabajo y las características que ofrece cada medio filtrante, para nuestro caso filtro de mangas.

5.1. Filtro de Mangas Pulse-Jet

Los filtros de manga es un medio filtrante de polvos secos con una eficiencia de hasta el 99.9%, estos filtros se diseñan de acuerdo a la necesidad requerida donde una de las variables primordiales a saber es: caudal, tipo de polvo, concentración y el punto de extracción.

Este filtro consta de dos niveles, un estancamiento con una única entrada de aire del proceso y un compartimiento saliente del aire filtrado.

En el estancamiento de entrada se tiene lo siguiente:

- Filtro tipo manga
- Entrada de aire contaminado
- Tolla de almacenamiento
- Canastillas para soporte de las mangas
- Venturi para guía de la entrada del aire comprimido.
- En cuanto al compartimiento de salida del aire limpio se tiene lo siguiente:
- Aire de limpieza de las mangas
- Ventilador extractor

Este filtro funciona de la siguiente manera:

Una entrada de aire contaminado captado por medio de una campana, dirigiendo el fluido mediante un ducto resistente a la corrosión hasta llegar al compartimiento de estancamiento.

El fluido es dirigido gracias a la succión del ventilador centrifugo. Una vez estando allí el aire contaminado, este empezará a filtrarse a través de las mangas saliendo el aire por medio del ventilador centrifugo.

Cuando el aire se filtra las partículas de polvo se adhieren a la tela provocando un atascamiento en la superficie de la misma, esto se da a saber mediante un sensor de presión diferencial que indicará el momento que se debe hacer la limpieza de las mangas.

La limpieza de las mangas se da a través de la entrada de un chorro de aire a presión por un instante de tiempo. Las partículas por medio de gravedad se descargan quedando almacenada en la tolva de almacenamiento. La descarga de la tolva se da mediante una válvula rotativa por periodos de tiempo o por medio de pulsadores, esto con el fin de evitar aglomeraciones en la tolva por exceso de partículas estancadas.

Como sistema de seguridad, cuenta con un sistema antiincendios propio del filtro y como apoyo el sistema de la planta en general.

5.1.1. Etapas del Filtro.

Etapas 1. El principal factor de diseño es la corrosión a los materiales, los materiales seleccionados deben estar bajo estándares definidos.

Etapas 2. La elección de instrumentación garantiza el funcionamiento adecuado a la aplicación y está aprobada por la normatividad de seguridad.

Etapas 3. El sistema de seguridad antincendios está bajo la ISO 7240-14 versión 2013, “Diseño, Instalación, Puesta en marcha y mantenimiento de sistema de detección de incendios en edificaciones.”

Datos a tener en cuenta. Estos datos son establecidos de acuerdo a la teoría vista en el capítulo III mediante tablas y datos hallados por ecuaciones:

- Diámetro medio geométrico de Partícula ($100\ \mu\text{m}$).
- Velocidad de Captura (2 m/s).
- Velocidad en Ductos (20 m/s).

- Concentración de Partículas ($9.84 \left[\frac{gr}{m^3} \right] = 0.278 \left[\frac{gr}{ft^3} \right]$).
- Temperatura máxima de trabajo ($35^{\circ}C$).
- Densidad de partícula ($725 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$).
- Viscosidad Dinámica del aire a temperatura de trabajo ($\mu_{g,70^{\circ}F} = 1.85 * 10^{-5} \frac{Kg}{m*s}$).
- Viscosidad absoluta del aire a temperatura ambiente ($\mu_{g,68^{\circ}F} = 1.81 * 10^{-5} \frac{Kg}{m*s}$)
- Tela Filtrante (Polipropileno)
- Tiempo de Limpieza (60s)
- Presión de pulso de aire (5.516 Bar 0.55MPa)

5.2. Velocidad de asentamiento

Haciendo uso de la Ec. 4.1 se calcula la velocidad de asentamiento. El valor de la viscosidad del aire es establecido a partir de la tabla B1 en apéndice B, el diámetro de la partícula es definido por criterio de diseño.

$\mu_{g,70^{\circ}F} = 1.81 * 10^{-5} \frac{Kg}{m*s}$; viscosidad del aire

$d_p = 100 \mu m$; diámetro de la partícula

$g = 9,806 \frac{m}{s^2}$; gravedad

$$V_t = \frac{9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right] * 725 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] * (100 * 10^{-6} [m])^2}{18 * 1.81 * 10^{-5} \left[\frac{Kg}{m*s} \right]} = 0.218 \left[\frac{m}{s} \right]$$

5.3. Relación Aire-Tela

Haciendo uso de la Ec. 4.2 se halla la velocidad de filtración. Los valores de A y B son establecidos mediante tabla de acuerdo a la aplicación, ver tabla B2 en apéndice B,

$A = 10$; factor del material

$B = 0.9$; factor de aplicación

$T = 35^{\circ}C = 95^{\circ}F$; temperatura de trabajo

$C_e = 0.105 \left[\frac{gr}{ft^3} \right]$; concentración

$$V_f = 2.878 * 10 * 0.9 * 95^{-0.2335} * 0.105^{-0.06021} (0.7471 + 0.0853 \ln(100)) = 11.67 \left[\frac{ft}{min} \right]$$

$$V_f = 11.67 \left[\frac{ft}{min} \right] = 0.059 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$V_f = 0.059 \left[\frac{m}{s} \right]$$

5.4. Área neta de filtración

Haciendo uso de la Ec. 4.3 se halla el área necesaria para dicha función. El valor del caudal es definido mediante la tabla B3 del apéndice de acuerdo al ancho de la banda.

$$Q_e = 5250 \frac{m^3}{h} = 1.458 \frac{m^3}{s}; \text{caudal de entrada}$$

$$V_f = 0.059 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$A_n = \frac{1.458 \left[\frac{m^3}{s} \right]}{0.059 \left[\frac{m}{s} \right]} = 24.71 [m^2]$$

5.5. Mangas

5.5.1. Dimensión de la manga

Debe cumplir con la relación de la Ec. 4.4. El diámetro de la manga se establece dentro del rango estándar y la longitud se define bajo la relación a cumplir,

$$L_m = 800mm$$

$$D_m = 150mm$$

$$\frac{850}{150} \leq 25; \quad 5.666 \leq 25$$

5.5.2. Área de manga

Haciendo uso de la Ec. 4.5 se puede hallar el área de la manga.

$$L_m = 800mm$$

$$D_m = 150mm$$

$$A_m = (\pi * 150 * 10^{-3}) * 850 * 10^{-3} + \frac{(\pi * (150 * 10^{-3})^2)}{4} = 0.418[m^2]$$

$$A_m = 0.418[m^2]$$

5.6. Número de mangas

El número de mangas se halla a partir del área neta partido con el área de la manga, ver Ec.

4.6.

$$A_n = 24.71[m^2]$$

$$A_m = 0.418[m^2]$$

$$N_m = \frac{24.71[m^2]}{0.418[m^2]} = 59.11$$

Haciendo un arreglo de 8*8 aproximamos en $N_m = 64$

5.7. Velocidad ascendente

Para este caso se establece una velocidad ascendente dentro del rango recomendado de:

$$V_a = 1.3 \left[\frac{m}{s} \right].$$

5.8. Área

5.8.1. Área Libre

Es el área libre requerida para dicha filtración, siendo la relación del caudal de entrada/velocidad ascendente, haciendo uso de la Ec. 4.7 se obtiene:

$$Q = 1.458 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$V_a = 1.3 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$A_i = \frac{1.458 \left[\frac{m^3}{s} \right]}{1.3 \left[\frac{m}{s} \right]} = 1.121 [m^2]$$

$$A_i = 1.121 [m^2]$$

5.8.2. Dimensiones de a y b

Se halla a partir del área libre de filtrado, siendo a y b las longitudes laterales del filtro.

Haciendo uso de la Ec. 4.8 se obtiene:

$$A_i = 1.121 [m^2]$$

$$C_m = 64$$

$$D_m = 150 mm$$

$$a * b = 1.121 [m^2] + 64 * \left(\frac{\pi * (150 * 10^{-3} [m])^2}{4} \right) + 18(0.08 [m]) = 3.69 [m^2]$$

Estableciendo un área cuadrada del cuerpo a=b se halla las dimensiones,

$$a = \sqrt{3.69 [m^2]} = 1.92 [m] \approx 2 [m]$$

$$b = 2 [m]$$

5.9. Factor K2

Con la Ec. 4.9 se obtiene la permeabilidad. El diámetro medio geométrico de la partícula es igual al diámetro de la partícula.

$$d_{g,masa} = 100 \mu m$$

$$\rho_p = 725 \left[\frac{Kg}{m^3} \right].$$

$$\mu_{g,70^\circ F} = 1.85 * 10^{-5} \frac{Kg}{m * s}$$

$$\mu_{g,70^\circ F} = 1.81 * 10^{-5} \frac{Kg}{m * s}$$

$$V_f = 0.059 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$K_2 = \frac{0.00304}{(100 \cdot 10^{-6})^{1.1}} \left(\frac{1.85 \cdot 10^{-5}}{1.81 \cdot 10^{-5}} \right) \left(\frac{2600}{725} \right) \left(\frac{0.059}{0.0152} \right)^{0.6} = 631.549 \frac{cmH_2O}{\frac{mKg}{s \cdot m^2}}$$

$$K_2 = 6.257 \frac{PulgH_2O}{\frac{ft \cdot lbf}{min \cdot ft^2}}$$

5.10. Pérdida de Carga en el filtro

El aire comprimido requerido para la limpieza de las mangas debe de estar en un rango de 4 a 10 bares ajustables (H.I.T., s.f.).

Haciendo uso de la Ec. 4.10 se halla la pérdida en el filtro,

$$V_f = 11.67 \left[\frac{ft}{min} \right]$$

$$P_j = (5.516 \text{ Bar } 80 \text{ PSI})$$

$$C_e = 3.74 \left[\frac{gr}{m^3} \right] = 2.334 \cdot 10^{-4} \left[\frac{lb}{ft^3} \right]$$

$$K_2 = 6.257 \frac{PulgH_2O}{\frac{ft \cdot lbf}{min \cdot ft^2}}$$

$$t = 35 [minutos]$$

$$\Delta P = 6.08 \cdot 11.67 \cdot 80^{-0.65} + 5.99 \cdot 11.67^2 \cdot 2.334 \cdot 10^{-4} \cdot 35 = 10.77 [PulgH_2O]$$

$$\Delta P = 10.77 [PulgH_2O] = 273.470 [mmH_2O]$$

5.11. Sección de tubería

Haciendo uso de la Ec. 4.11 se halla la sección transversal del ducto.

$$V_t = 20 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$A_s [m^2] = \frac{1.458 \left[\frac{m^3}{s} \right]}{20 \left[\frac{m}{s} \right]} = 0.0729 [m^2]$$

$$A_s = 0.0729[m^2]$$

5.11.1. Diámetro de tubería

Con la sección de la tubería calculada se procede hallar el diámetro de la misma, ver ecuación 13.12

$$D_t[m] = \sqrt{\frac{4 * A_s[m^2]}{\pi}}$$

$$D_t = \sqrt{\frac{4 * 0.0729[m^2]}{\pi}} = 0.304[m]$$

$$D_t = 304[mm]$$

5.12. Pérdida de Carga en Ductos Lineales

Para simplificar los cálculos se hace uso del nomograma válidos para las rugosidades más comunes en el mercado, ver nomograma en apéndice A.

Como el diámetro de la tubería, el caudal y la velocidad de transporte es la misma en toda la trayectoria, se obtiene el siguiente dato:

$$D_{ob} = 14 \frac{Pa}{m};$$

Una vez obtenida la pérdida lineal por unidad de longitud se ajusta el dato con la Ec. 4.13,

Tramo A-B

$$h_f = 7[m] * 14 \left[\frac{Pa}{m} \right] = 98[Pa]$$

Tramo B-C

$$h_f = 5[m] * 14 \left[\frac{Pa}{m} \right] = 70[Pa]$$

Tabla 5.2. Pérdida de Carga en Ductos Lineales

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/h)	Pérdida (Pa)
A-B	7	300	20	5250	98

B-C	5	300	20	5250	70
Total	12				168

$$P_{Duc} = 17.142 \text{ mm H}_2\text{O}$$

5.13. Presión Dinámica

La presión debida por la velocidad es conocida como presión dinámica (Orrala Reyes, 2010), ver Ec. 4.14.

$$P_d = \frac{20^2}{16.3} = 24.53 \text{ mm H}_2\text{O}$$

5.14. Pérdidas de Carga Ocasionada por los Accesorios

Las pérdidas generadas por accesorios se calculan mediante el “método de coeficiente n”
Ver Ec. 4.15,

$$P_d = 24.53 [\text{mm H}_2\text{O}]$$

$$P_t [\text{mmH}_2\text{O}] = n * P_d [\text{mmH}_2\text{O}]$$

Tabla 5.3: Pérdida de Carga en Accesorios

Punto	Accesorio	Diámetro (mm)	α (°)	n	Pérdida (mmH ₂ O)
D	Campana		107	0.3	7.359
B	Codo (90°)	300		0.39	9.566
C	Codo (90°)	300		0.39	9.566
Total					26.491

$$P_{ac} = 26.491 [\text{mm H}_2\text{O}]$$

5.15. Pérdidas Totales de todo el Sistema

Las pérdidas totales del filtro están determinadas por la suma de las pérdidas del filtro de mangas, las pérdidas de los ductos y accesorios (Galíndez, 2018), haciendo uso de la Ec. 4.16 se obtiene;

$$\Delta P_{Ducac} = 17.142 [\text{mm H}_2\text{O}] + 26.49 [\text{mm H}_2\text{O}]$$

$$\Delta P_{Ducac} = 43.632 [mm H_2O]$$

$$\Delta P = 273.470 [mmH_2O]$$

$$\Delta P_T = 273.470 [mmH_2O] + 43.632 [mm H_2O]$$

$$\Delta P_T = 317.102 [mmH_2O]$$

5.16. Tolva

5.16.1. Capacidad de Almacenamiento en Tolva

Sabiendo las dimensiones de la tolva se calcula el volumen de la misma haciendo uso de la Ec. 4.17, sabiendo que tiene forma geométrica de una pirámide truncada.

Donde,

h : Altura de la tolva

A_{BM} : Área de base mayor

A_{Bm} : Área de base menor

$$A_{Bm} = (0.36 * 0.36)m = 0.1296m^2$$

$$A_{BM} = (2 * 2)m = 4m^2$$

$$h = 1.2m$$

$$V_{Tolva} = \frac{1.2(4 + 0.1296 + \sqrt{4 * 0.1296})}{3} = 1.939m^3$$

Con la densidad del polvo y el volumen de la tolva se procede hallar la capacidad de carga de la tolva.

$$\rho_p = 725 \left[\frac{Kg}{m^3} \right].$$

$$C_{Tolva} = V_{Tolva} * \rho_p$$

$$C_{Tolva} = 1.9339m^3 * 725 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] = 1406.384 [Kg]$$

$$C_{Tolva} = 1.406 [Toneladas]$$

El porcentaje de humedad permitido en los filtros de mangas debe ser menor e igual a 10%

$$C_{Tolva} = 1.406 [Toneladas] * 0.0 = 1.265 [Toneladas]$$

5.17. Potencia del Ventilador

Para hallar la potencia requerida del ventilador se hace uso de la Ec. 4.18.

$$P_V = \frac{5250 \left[\frac{m^3}{h} \right] * 315.141 [mmH_2O]}{3600 * 75 * 0.8} = 7.659 [KW]$$

$$P_V = 10.270 [HP]$$

5.18. Campana

Sabiendo el diámetro del ducto se procede a diseñar la campana, donde la longitud de la misma debe ser igual o mayor a 3 veces el diámetro del ducto, teniendo en cuenta el ángulo de reducción que genera pérdidas conforme este varía.

Eligiendo un área cuadrada con una longitud de 1 m y ángulo α de aproximadamente 107° se halla el área de la campana.

$$A = 2[m] * 1.5[m] = 3[m^2]$$

Con la Ec. 4.19 se obtiene la velocidad de captura;

$$V_c = \frac{5250 \left[\frac{m^3}{h} \right]}{60(10 * 1.5[m]^2 + 3[m^2])} = 3.431 \left[\frac{m}{h} \right]$$

5.19. Tela para el Filtro

Para la elección de tela se hace una comparación de telas especiales que funciona como medio filtrante del polvo y se elige la que mejor prestación ofrezca, ver tabla B6 en apéndice B.

Para este caso se elige una tela de polipropileno ya que es excelente en los diferentes escenarios. Esta posee un peso (540 g/m^2). (Donaldson, s.f.)

5.20. Dámper

El uso de dámper se puede dar en dos escenarios un antes y un después del ventilador. Para este caso se ubica antes del ventilador con el fin de graduar el caudal suministrado por el mismo.

5.21. Sistema de Control de Incendio

El filtro cuenta con un sistema control de incendio propio basado en la ISO 7240-14 Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 14 “*Diseño, instalación, puesta en servicio y servicio de sistemas de detección y alarma de incendios en edificios y sus alrededores.*” (ISO, 2013), el medio de extinción del fuego es mediante agua ya que si llegase a ocurrir dicha emergencia sería distinto al fuego por combustión. según la (AT-0116, 2014) “*el agua actúa por sofocación debido a que la formación de vapor desplaza al oxígeno del aire*”. con salida libre bajo efecto de la presión ejercida por la gravedad, si la emergencia no es controlada por el sistema del filtro, se hará a cargo el sistema de control de la planta la cual trabaja con agua a presión elevada.

6. Capítulo V. Modelado CAD y Simulación

SOLIDWORKS es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. (solid-bi, s.f.)

Una vez obtenido las dimensiones principales se realizó el diseño del filtro en el software SOLIDWORKS versión 2017, teniendo en cuenta el lugar y la disponibilidad del espacio en la planta, este tipo de filtro da la posibilidad de ajustar el tamaño del mismo siempre y cuando se cumpla con el área mínima de filtración, se realizó dos tipos de ensamblaje, en uno está la versión definitiva del sistema en general y en el otro está el ensamblaje del cuerpo del filtro.

El diseño de las barandas y escaleras están basados en las siguientes normas.

- UNE-EN ISO 14122-4. “*Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales. Parte 4: Escaleras fijas*” (UNE, 2005)
- OSHA 29 CFR 1910.36 & 37, “*Vías de salida*”. (Brady, 2015)

6.1. Ensamblaje del Cuerpo del Filtro

Allí se encuentra todo lo relacionado con la parte de filtrado, se encuentra las canastillas, venturis, tolva entre otras piezas, esto se hace debido a la hora de realizar la simulación tener ahorro computacional para ello.

6.2. Ensamblaje del Sistema General del Filtro

Allí se encuentra la versión final del sistema con todas las piezas principales para el respectivo funcionamiento, inicialmente se hizo una simulación con el complemento de SOLIDWORKS, FLOW SIMULATION con el fin de estudiar las partículas dentro del sistema, pero no se logró un buen resultado.

En el apéndice D se encuentra el ensamble del sistema general del filtro.

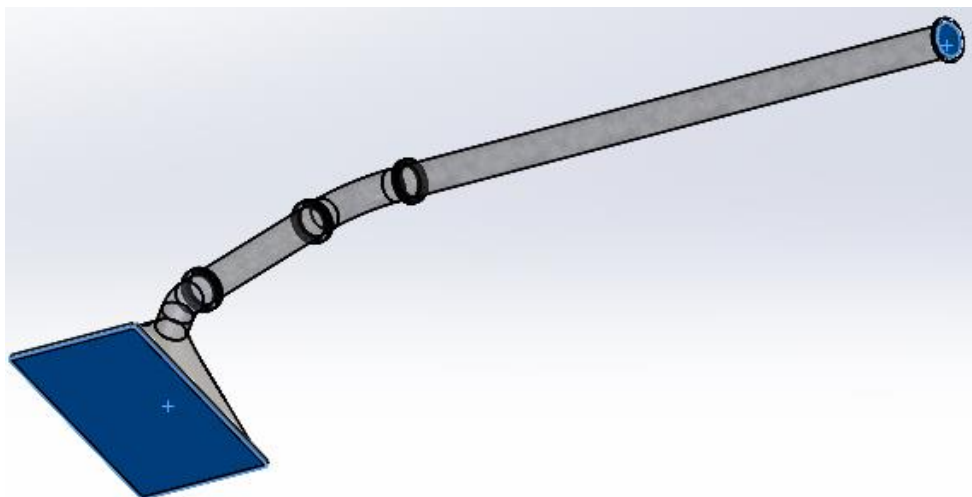
6.3. Simulación

La simulación se realizó en el software de SOLIDWORK con el complemento de FLOW SIMULATION, este complemento se basa en análisis de fluidos, ya sea gases o líquidos. Este estudio se realiza para observar el comportamiento de las partículas una vez entra en succión el sistema.

6.3.1. Simulación de los Ductos

Se configura los lids que representan las condiciones de fronteras, esto permite indicar al software la entrada y salida del fluido.

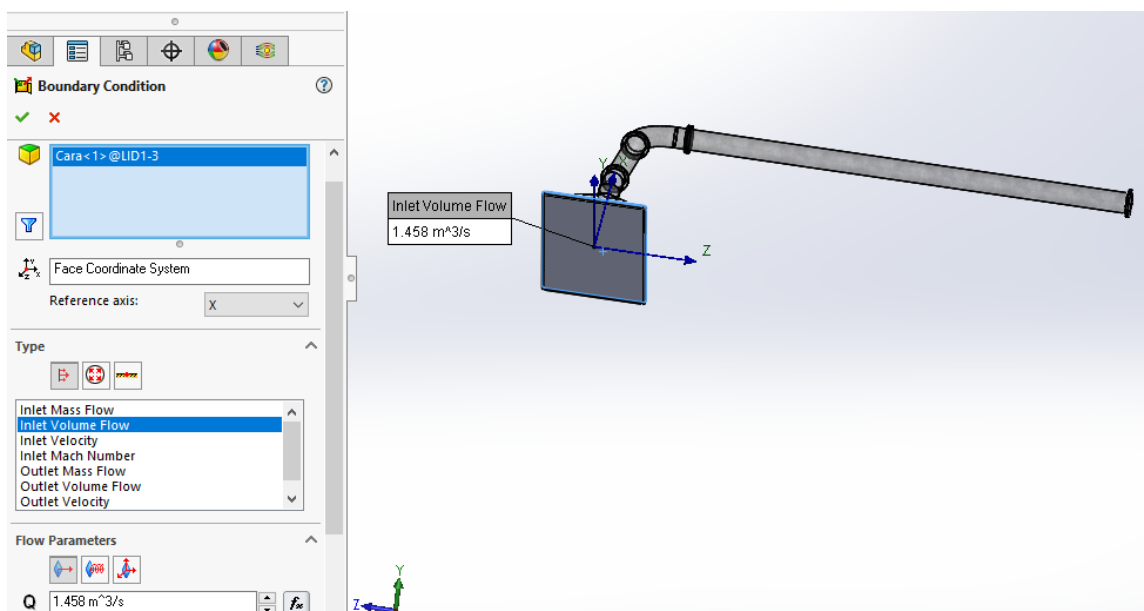
Figura 6.1. Lids



Nota. Antes de iniciar la configuración de los parámetros de simulación lo primero que se debe hacer es definir la entrada y salida del fluido.

Seguidamente se establecen los valores de entrada y la dirección del mismo, para este caso se indicó un caudal de $1.458 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondiente a lo calculado.

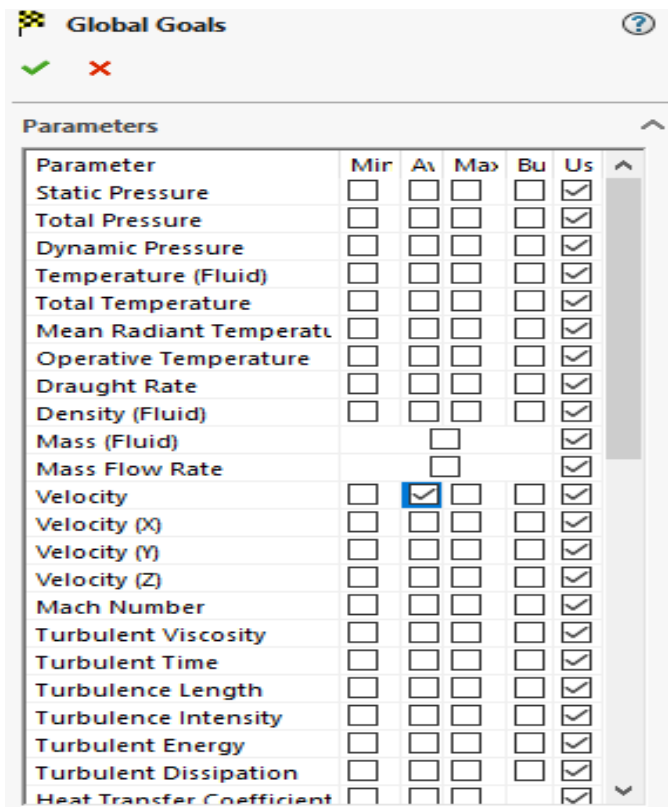
Figura 6.2. Valores de Entrada



Nota. Se establecen los datos de entrada como o son: presión, temperatura y caudal de entrada.

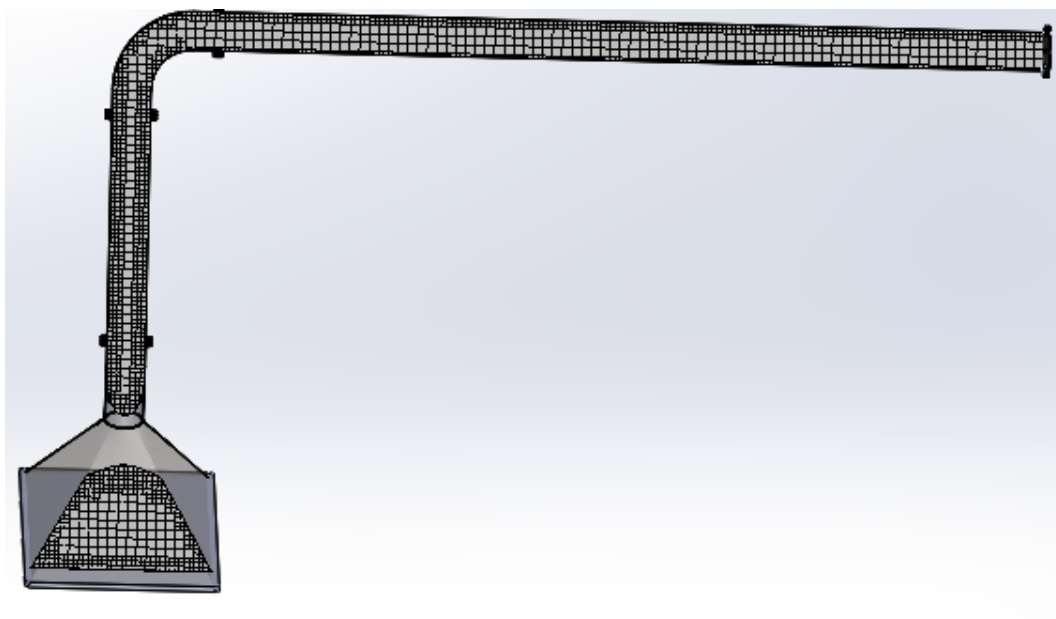
Seleccionando la salida del fluido, se define los datos que se desea observar,

Figura 6.3: Dato a Analizar



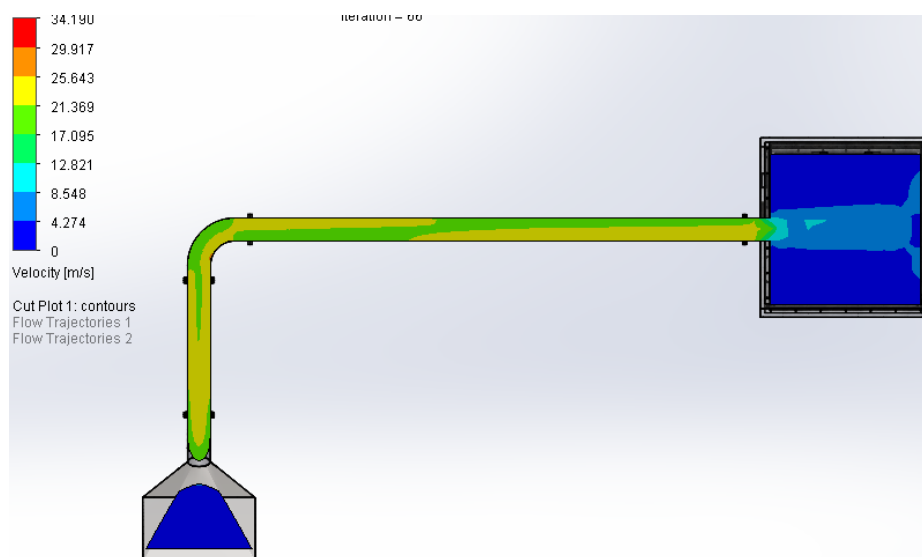
Se reajusta la malla para tener un mejor análisis de simulación,

Figura 6.4: Reajuste de Malla



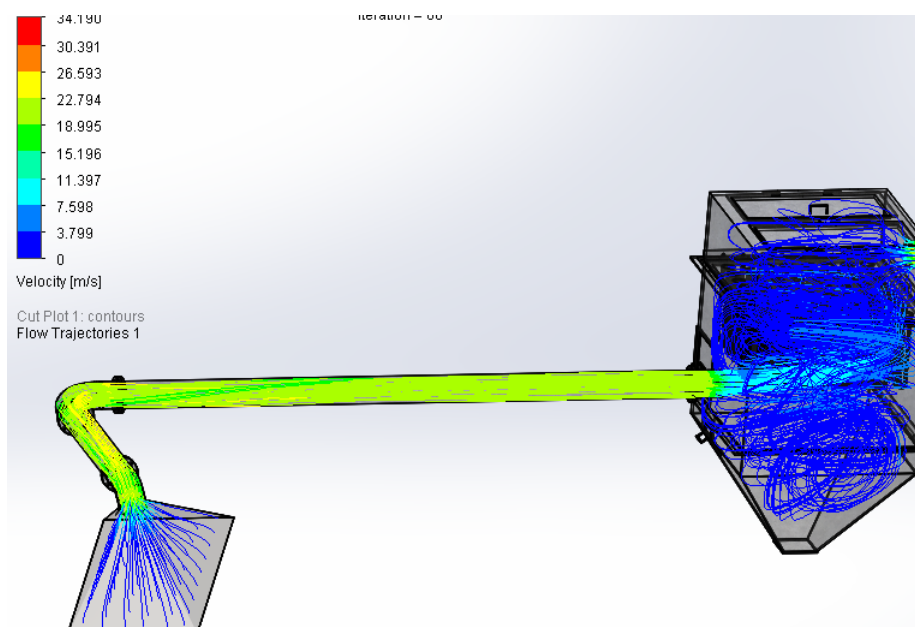
Por último, se ejecuta la simulación y se muestra el dato de interés,

Figura 6.5: Velocidad



Nota. Se crea un plano xy con el fin de poder visualizar el comportamiento del fluido dentro de la tubería.

Figura 6.6: *Velocidad Ilustrada mediante Líneas*



Nota. Se crean líneas representativas del fluido para ver el comportamiento del mismo.

7. Capítulo VI. Cálculo de Material Requerido

7.1. Cálculo del Material para el Filtro

Como ya se sabe las dimensiones del cuerpo del filtro, se procede hallar la cantidad de lámina a utilizar, para ello se realizaron los siguientes cálculos.

7.2. Compartimiento de las Mangas

Es el espacio donde se encuentran ubicadas las mangas filtrantes, las dimensiones laterales a, b son halladas en el capítulo (IV),

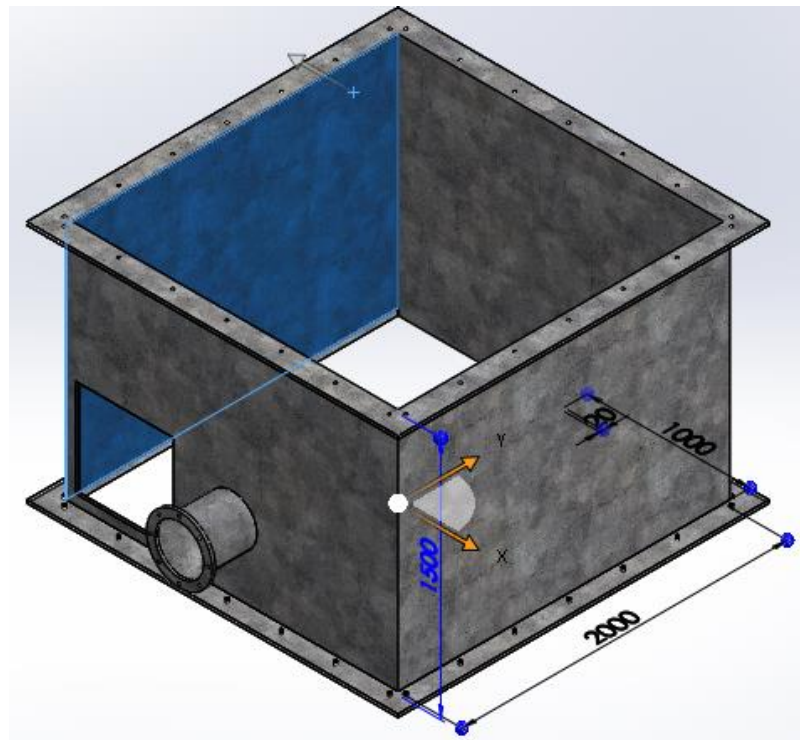
$$M_{lámina} = hc[m] * a, b[m]$$

Donde, hc : es la altura del cuerpo del compartimiento del filtro,

$$M_{lámina} = 1.5[m] * 2.05[m] = 3.075 [m^2]$$

$$M_{total} = 3.075 [m^2] * 4 = 12.3[m^2]$$

Figura 7.1. *Compartimiento de las Mangas*



7.3. Compartimiento Limpio

Allí es donde se encuentra el sistema de limpieza y en donde sale el aire filtrado. Teniendo las dimensiones del mismo se procede hallar los $[m^2]$ necesario para la aplicación;

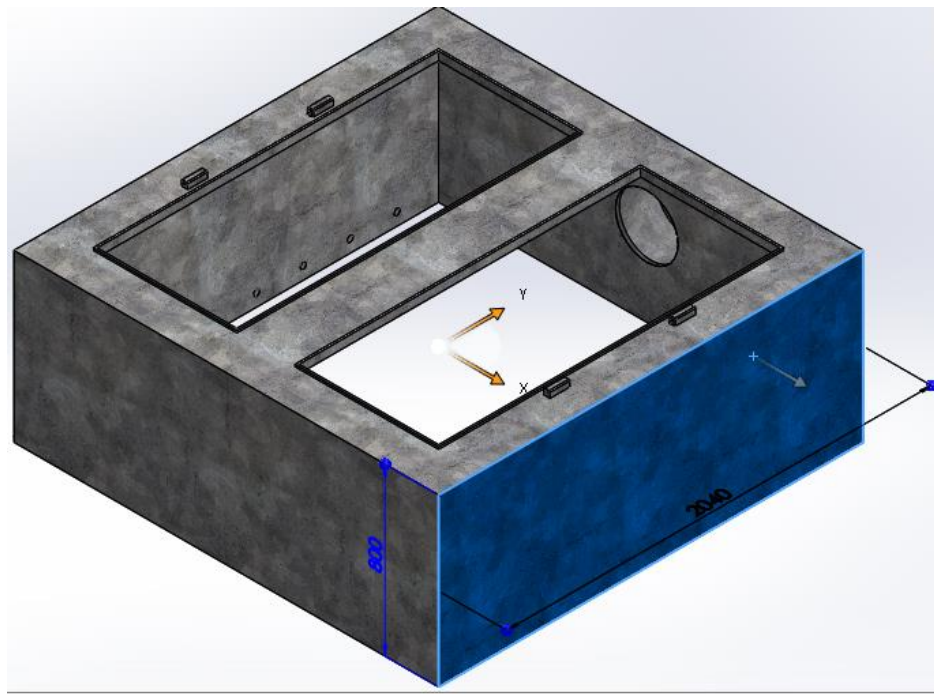
$$M_{lámina} = hl[m] * a, b[m]$$

Donde, hl : es la altura del cuerpo del compartimiento limpio,

$$M_{lámina} = 0.8[m] * 2.05[m] = 1.64[m^2]$$

$$M_{total} = 1.64 [m^2] * 5 = 8.2[m^2]$$

Figura 7.2. *Compartimiento Limpio.*



7.4. Tolva

Es el recipiente donde se va ir alojando las partículas conforme se desprenden por gravedad, sabiendo la longitud máxima de un lado de la base mayor se puede saber los $[m^2]$ requeridos para la aplicación se procede a lo siguiente,

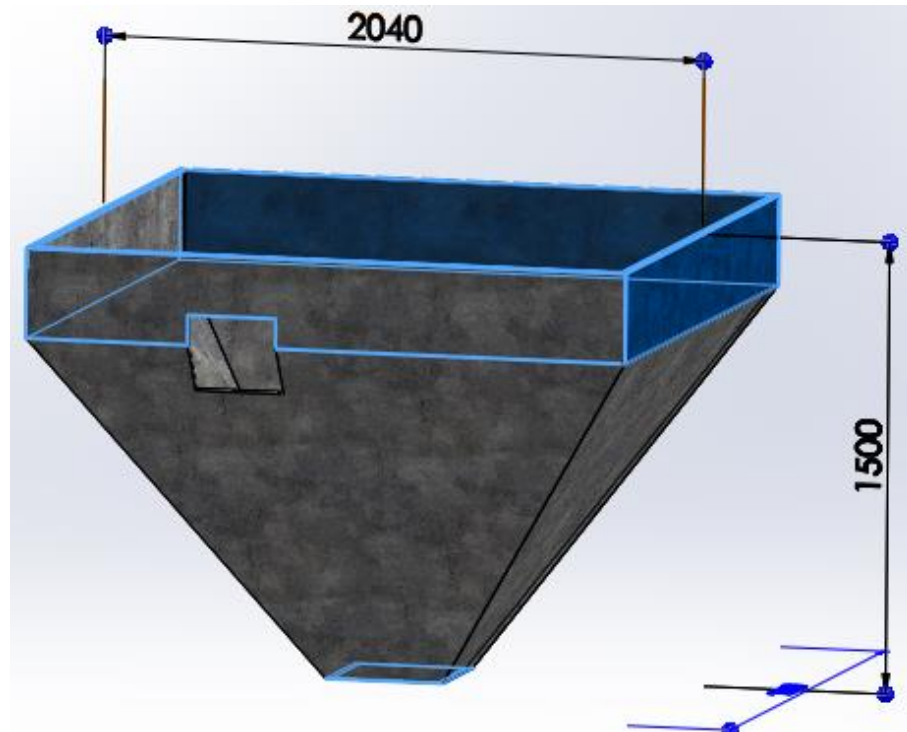
$$M_t = Lm[m] * 1.7[m]$$

Donde, L_m : es la longitud de un lado de la base mayor

$$M_t = 2[m] * 1.7[m] = 3.4[m^2]$$

$$M_{total} = 3.4[m^2] * 4 = 13.6[m^2]$$

Figura 7.3. Tolva



7.5. Cálculo de Estructura

Para el soporte del filtro se diseña una estructura adecuada que resista el peso del sistema y sea resistente a la corrosión.

7.5.1. Soportes Verticales.

El material elegido para soporte verticales son vigas tipo HEA, sabiendo la altura de la estructura, se realiza los cálculos en metros lineales requeridos para dicha construcción;

$$C_{sv} = h[m] * 4$$

Donde h: es la altura de la estructura

$$C_{sv} = 3[m] * 4 = 12[m].$$

7.5.2. Soportes Horizontales.

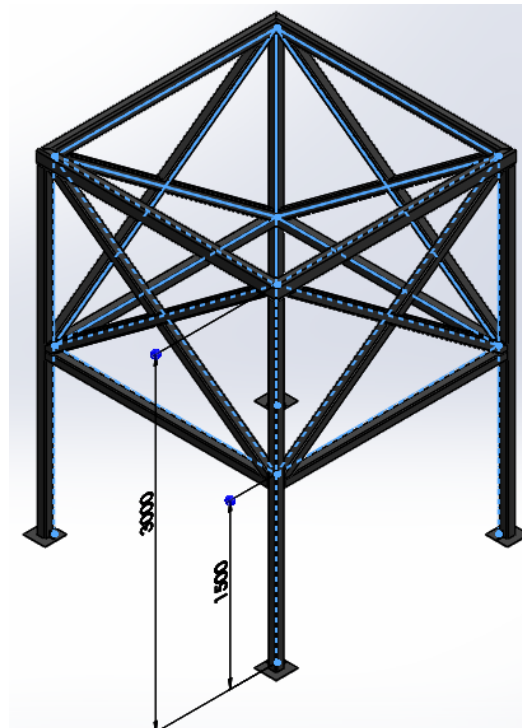
Los soportes horizontales que se encuentran en la parte superior de la estructura es de viga HEA debido a que es donde está sujeto el filtro, para calcular la longitud requerida se calcula de la siguiente manera,

$$C_{shs} = x[m] * 4$$

Donde x: es la longitud horizontal de la estructura,

$$C_{shs} = 2.05[m] * 4 = 8.2[m]$$

Figura 7.4. Estructura



7.5.3. Soportes Diagonales y Horizontales.

El material elegido para los soportes diagonales es de tubo rectangular IPAC, se procede calcular los metros lineales a partir de,

$$C_{sd} = d[m] * 8$$

Donde sd: es la longitud diagonal de la estructura,

$$C_{sd} = 2.5[m] * 8 = 20[m].$$

Para saber los metros lineales horizontales se procede a partir de,

$$C_{shi} = 2[m] * 4 = 8[m]$$

7.6. Cálculo de Soporte de Lámina Superior.

El material elegido para los soportes de la lámina superior, es de tubo rectangular IPAC, se hallan los metros lineales necesarios para dicha aplicación,

$$C_{sl} = sl[m] * 4$$

Donde sl: es la longitud diagonal del soporte,

$$C_{shs} = 1.25[m] * 8 = 10[m]$$

7.7. Cálculo de Soporte de Lámina Inferior.

El material elegido para los soportes de la lámina inferior, es de tubo rectangular IPAC, se hallan los metros lineales necesarios para dicha aplicación,

$$C_{sl} = sl[m] * 4$$

Donde sl: es la longitud diagonal del soporte,

$$C_{shs} = 1.2[m] * 4 = 4.8[m]$$

7.8. Barandas y Escaleras

El material seleccionado para las barandas y escaleras de protección es tubo circular IPAC. Para hallar los metros lineales requeridos se utilizó la siguiente ecuación;

$$C_{bv} = Bv[m] * 12$$

Donde Bv: es la longitud de los tubos verticales utilizados.

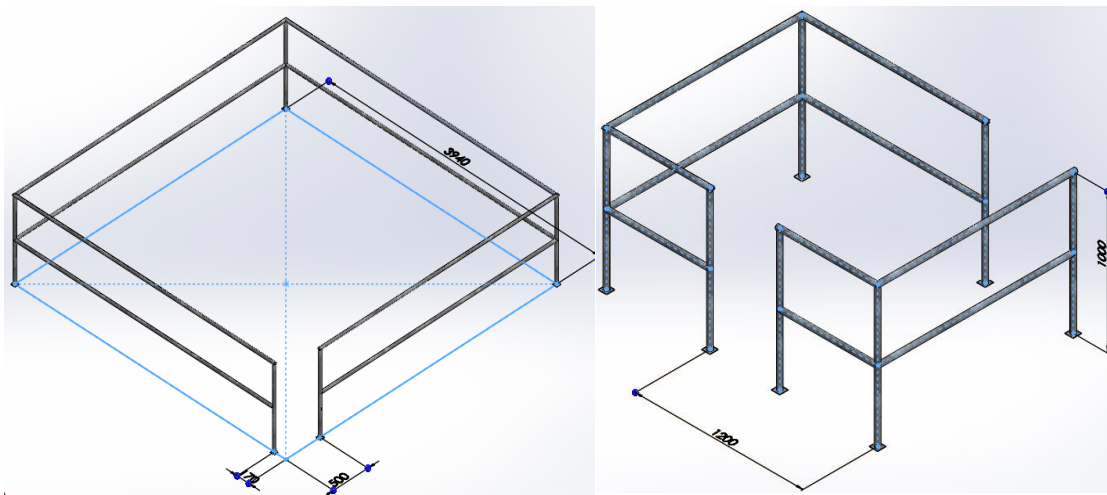
$$C_{bv} = 1[m] * 12 = 12[m]$$

$$C_{bh} = Bh[m] * 16$$

Donde Bh: es la longitud de los tubos horizontales utilizados.

$$C_{bh} = 4[m] * 16 = 64[m]$$

Figura 7.5. Barandas de Seguridad



Para escaleras:

$$C_{ev} = ev[m] * 6$$

Donde ev: es la longitud de los tubos verticales utilizados.

$$C_{ev} = 3.5[m] * 6 = 21[m]$$

7.9. Lámina Antideslizante Superior.

Se procede calcular los $[m^2]$ requeridos para la aplicación,

$$C_{ms} = Ap * 4[m]$$

Donde Ap: es el ancho de la lámina superior.

$$C_{ms} = 0.920[m] * 4[m] = 3.68[m^2]$$

$$C_{totals} = 3.68[m^2] * 4 = 14.72[m^2]$$

7.10. Lámina Antideslizante Inferior

se procede calcular los $[m^2]$ requeridos para la aplicación,

$$C_{mi} = Ap * 4[m]$$

Donde Ap: es el ancho de la lámina inferior.

$$C_{mi} = 2[m] * 2[m] = 4[m^2]$$

8. Capítulo VII. Actuadores, Sensores, Tecnología y Materiales.

Los materiales e instrumentación seleccionados para la elaboración del filtro se encuentran en el apéndice B, allí se hace el análisis de costo beneficio y bajo de ese criterio se procede con la selección de dichos materiales e instrumentación.

8.1. Actuadores.

Para saber la cantidad requerida de los actuadores se realizó un inventario acorde a la aplicación.

- 1 ventilador centrífugo
- 1 válvula de descarga
- 1 compresor neumático
- 8 electroválvulas de limpieza.
- 2 electroválvulas de control de emergencia

8.2. Sensores.

Para saber la cantidad requerida de los sensores se realizó un inventario acorde a la aplicación.

- 1 sensor diferencial de presión.
- 1 sensor detector de humo.
- 1 sensor detector de llama.
- 1 sensor de temperatura.
- 1 pulsador para activar la descarga.
- 1 pulsador para desactivar la descarga.
- 1 pulsador de paro.

8.3. Tecnología.

Para la elección de los dispositivos de tecnología se obtuvo en cuenta el número de entradas y salidas requeridas en el sistema.

- 1 HMI.
- 1 PLC.
- 1 fuente de alimentación.

8.4. Materiales.

Para la elección de los materiales se obtuvo en cuenta la cantidad requerida en [m] y [m²] para el funcionamiento del sistema.

- 6.5[m²] lámina antideslizante
- 12.3[m²] de lámina para la construcción del compartimiento de las mangas.
- 8.2[m²] de lámina para la construcción del compartimiento limpio.
- 13.6[m²] de lámina para la construcción de la tolva.
- 4[m²] de lámina para soporte de las mangas.
- 64 mangas de (tela + canastilla + Venturi).
- 2 dámper.
- 7.6 [m] de ducto rígido.
- 1 codo de 90°.
- 3.2[m] de ducto flexible.
- 1 campana.
- 4 viga de 3[m] para soportes verticales.
- 4 viga de 2.05[m] para soportes horizontales.
- 8 tubos rectangulares de 2.5[m] para soportes diagonales.

- 4 tubos rectangulares de 2[m] para soportes horizontales inferiores.
- 8 tubos rectangulares de 1.5[m] para soportes de lámina superior.
- 4 tubos rectangulares de 1.2[m] para de lámina inferior.
- 12 tubos circulares de 1[m] para barandas.
- 16 tubos circulares de 4[m] para barandas.
- 6 tubos circulares de 3.5 [m] para escaleras.

9. Capítulo VIII. Programación

9.1. Programación

La programación se realizó mediante el software de Tia Portal V16 haciendo uso del lenguaje Ladder, el cual nos permite hacer sistema SCADA con el fin de tener visualización y control del filtro; el sistema cuenta con la combinación de accionamiento manual y automática, donde la parte manual es manipulada mediante pulsadores y la automática es controlada mediante HMI. En el apéndice E se encuentra la programación del sistema junto con la visualización grafica en el HMI.

9.1.1. Arranque del sistema.

El arranque del sistema esta sincronizado con el arranque de la maquina chipeadora, una vez que ésta está activa el ventilador extractor se activa haciendo la succión del aire contaminado hasta que haya una orden de paro o de emergencia, la orden de paro se da siempre y cuando haya un atascamiento en la máquina de chipeado.

9.1.2. Descarga de la tolva.

La tolva cuenta con una ventana de inspección donde será el medio de supervisión del operario que considera el momento adecuado de descargar la tolva, esta descarga se da mediante una válvula rotatoria será activada y desactivada mediante una orden ya sea de forma manual o automática.

9.1.3. Limpieza de mangas.

La limpieza se da por medio de aire comprimido donde la salida de dicho aire se da mediante electroválvulas, estas se activan mediante un sensor de presión diferencial, para caso de simulación este sensor se asume como entrada digital. Una vez que se acciona el sensor, se activan las electroválvulas por un instante de tiempo que estarán controladas por un temporizador.

9.1.4. Control de emergencia.

El sistema de control de emergencia cuenta con dos sensores: un sensor detector de humo y un sensor detector de fuego. Cuando alguno de los dos o los dos se activa(n) el sistema general del filtro se desactiva por completo, pero a su vez se activa la electroválvula de control de emergencia durante un tiempo ajustable, tiempo estimado que puede durar la emergencia en ser controlada, si el sistema de control de emergencia no atiende o no logra controlar dicha situación entrará en uso el sistema de control de incendio de la planta. El sistema general de la planta estará prevenido minutos antes de que ocurra a mayor escala mediante una advertencia.

9.1.5. Alarmas

La alarma se muestra en la pantalla del HMI cuando ocurre un incremento de temperatura superior al establecido de lo normal, este dirá un mensaje de advertencia en dicha pantalla alertando sobre la emergencia en el filtro lo cual permite preparar el sistema general de incendios de la planta por si el sistema de emergencia del filtro falla.

10. Conclusiones

- Se observó que existen diferentes medios de filtrados para polvo, cada uno con características diferentes, pero cumpliendo el mismo objetivo. De acuerdo a la eficiencia de trabajo se estableció el respectivo diseño del filtro, en este caso es el filtro de mangas pulse-jet.
- De acuerdo al modelado matemático y a formulas empíricas creada por diseñadores, se hallaron los respectivos datos para la elección de la instrumentación y materiales, se pudo observar que el tamaño del filtro puede variar siempre y cuando cumpla con el área requerida para la aplicación.
- Al realizar el chequeo de costo/beneficio se observó que sale relativamente costoso la fabricación del proyecto, pero a su vez tanto la instrumentación como los materiales son de alta calidad, lo cual prolonga el tiempo de funcionamiento del sistema.
- El diseño del filtro fue creado con la posibilidad de incrementar el área de filtración por si se llegase a tener otras entradas de aire a filtrar. En dicho caso sería solamente aumentar la longitud de las mangas, ya que el diseño tiene un porcentaje por encima del calculado con el fin de dicha posibilidad.
- Si al filtro se le amplía el área de filtración debido a más puntos de extracción, estas entradas se deben añadir a la tubería principal, mas no al cuerpo del filtro para evitar producir contra corrientes dentro del compartimiento de filtrado.
- Una vez de haber analizado la Fig. 6.5 del capítulo V, se aprecia que la velocidad de entrada es relativamente baja de acuerdo con la establecida en el diseño y al transcurrir con el tiempo e ir profundizándose dentro de la tubería esta aumenta la

velocidad aproximándose a la velocidad de transporte establecida para el diseño de la tubería.

Datos de diseño.

3 m/s ; velocidad de captura

20 m/s ; velocidad de transporte

Datos de simulación.

[0 – 4.274 m/s]; velocidad de captura

[17.095 – 25.643 m/s]; velocidad de transporte

- Se realizó la interfaz gráfica en una pantalla HMI donde se logra tener visualización y control del sistema, esto ayuda a la economía de la empresa debido a que se puede monitorear el sistema desde el centro de operaciones de la planta.

11. Referencias

- Arturo, D. B. (2010). *“Pruebas Experimentales en un Filtro de Mangas Tipo Pulse .* Obtenido de [PDF]: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31464>
- AT-0116. (2014). *Los Agentes Extintores.* Obtenido de cej: <https://www.cej.es/portal/asesoramientopr1/pdf/p8.pdf>
- bluradio. (18 de noviembre de 2021). *Refoenergy Bitá, el primer proyecto de energía 100% renovable en Colombia.* Obtenido de valorem: <https://valorem.com.co/refoenergy-bitá-el-primer-proyecto-de-energía-100-renovable-en-colombia/>
- Brady. (2015). *RESBALONES, TROPIEZOS Y CAÍDAS: MEJORE SU PROGRAMA DE SEGURIDAD.* Obtenido de [PDF]: https://d37iyw84027v1q.cloudfront.net/Common/Slips_Trips_Falls_Guidebook_Latin_America.pdf
- Calidad, A. E. (2019). *NORMAS ASTM.* Obtenido de aec: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/normas-astm#:~:text=Las%20normas%20de%20ASTM%20International,competitivas%20de%20hoy%20en%20d%C3%ADa.>
- Claudio, M. (1982-86). *MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS.* Madrid: Ediciones del castillo, S.A.
- Coppi. (s.f.). *Coppi.* Obtenido de FILTRO PULSE-JET: <https://www.coppi.ind.br/es/productos/industria/aspiracion-y-desempolvamiento/filtro-pulse-jet>
- Donaldson. (s.f.). *Polipropileno.* Obtenido de donaldson: <https://www.donaldson.com/es-es/industrial-dust-fume-mist/filters-parts/baghouse-filters/fabric/standard/polypropylene/>

Echeverri Londoño, C. A. (2008). DISEÑO DE FILTRO DE TALEGAS. *UNIVERSIDAD DE MEDELLIN*, 44-60.

Galíndez, M. H. (2018). *CÁLCULO Y DISEÑO DE FILTRO DE*. Villa María Cba. , Argentina.

H.I.T. (s.f.). *SISTEMA DE LIMPIEZA PARA MANGAS FILTRANTES “JAEGER DUAL CORE”*.

Obtenido de pricast:

<https://www.pricast.es/files/6249/upload/CATALOGO%20LIMPIEZA%20FILTROS.pdf>

Iberdrola, S. (2022). *ENERGÍAS LIMPIAS*. Obtenido de iberdrola:

<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/energias->

[limpias#:~:text=Las%20energ%C3%ADas%20limpias%20consisten%20en,CO2%2C%20causantes%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.](https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/energias-limpias#:~:text=Las%20energ%C3%ADas%20limpias%20consisten%20en,CO2%2C%20causantes%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.)

Instituto Nacional del Cáncer, d. l. (20 de Marzo de 2015). *Polvo de madera*. Obtenido de

cancer: <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/polvo-de-madera>

Kochevar, S. D. (2006). *Guia básico para a tecnologia departículas*. Obtenido de scribd:

<https://es.scribd.com/document/260231681/Guia-Basico-Para-Tecnologia-de-Particulas-Sтивен-D-kochevar-2006>

Márquez Quizhpi, A. A., & Ulloa Montero, J. P. (junio de 2018). *Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera para la carpintería de la Fundación Salesiana "PACES"*. Obtenido de [PDF]:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16106/1/UPS-CT007799.pdf>

Mr. Kenneth Woodard, I. P.-1. (Octubre de 1998). *Documento de Técnicas de Control de Materia Particulada Fina*. Obtenido de [PDF]:

<https://www3.epa.gov/ttnecatc1/dir1/pmcontech2.pdf>

NTC. (22 de 03 de 2017). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1985*. Obtenido de scribd:

<https://es.scribd.com/document/406517119/NTC-1985>

Orrala Reyes, A. G. (mayo de 2010). "*Diseño de un sistema de extracción de material particulado de una planta de arena (Trituración y Clasificación de polvo.)*". Obtenido de

[PDF]: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4856>

Sodeca. (s.f.). *Cálculo y Diseño de Sistemas de Ventilación*. Obtenido de SODECA:

https://www.sodeca.com/Content/img/InformacioTecnica_02.pdf

solid-bi. (s.f.). *SOLIDWORKS. Qué es y para qué sirve*. Obtenido de solid-bi: [https://solid-](https://solid-bi.es/solidworks/)

[bi.es/solidworks/](https://solid-bi.es/solidworks/)

UNE. (2005). *Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas e*

instalaciones industriales. . Obtenido de une: [https://www.une.org/encuentra-tu-](https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0034537)

[norma/busca-tu-norma/norma?c=N0034537](https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0034537)

12. Apéndice A. Imágenes de Muestras

Figura A 1. *Tamizado*



Nota. Cantidad de polvo generado de una lona de 15 [Kg].

Figura A 2. Muestra



Nota. Muestra recogida en lona la cual contiene la mezcla de corteza viruta y partículas de polvo.

Figura A 3. *Muestra de la Lona*



Nota. Tamizado de la muestra para extraer las partículas de polvo.

Figura A 4. Partículas de Polvo



Nota. Peso de las partículas de polvo de la muestra extraída de la lona.

Figura A 5. *Corteza Separada*



Nota. Corteza y viruta de la muestra extraída de la lona.

13. Apéndice B. Tablas de Referencia

Tabla B1. *Propiedades del Aire*

<i>Temperatura</i> <i>t</i> (°C)	<i>Viscosidad dinámica</i> $\eta \cdot 10^{-6}$ (Ns/m ²)	<i>Viscosidad cinemática</i> $\nu \cdot 10^{-6}$ (m ² /s)
0	17,16	13,28
10	17,68	14,18
20	18,19	15,10
30	18,67	16,03
40	19,15	16,98
50	19,62	17,94
60	20,08	18,92
80	20,98	20,92
100	21,85	23,04
200	25,87	34,65
300	29,60	48,00
400	33,00	62,90
500	36,20	79,20

Nota. La tabla muestra la viscosidad dinámica y cinemática del aire a diferentes temperaturas. Adaptada de (Claudio, 1982-86)

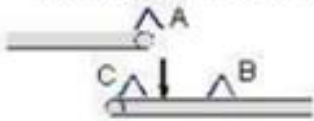
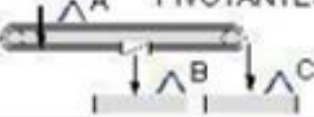
Tabla B 2. *Factor de A y B*

FACTORES PARA LA RELACIÓN GAS - TELA EN SISTEMA PULSE - JET				
FACTOR DE MATERIAL: A				
15	12	10	9	6
Mezcla de pastel	Asbesto	Alúmina	Amonio	Carbón activado
Polvo de cartón	En pulición	Aspirina	Fertilizantes fosfáticos	Carbón negro (molecular)
Cocoa	Celuloso	Carbón negro	Petroquímicas secas	Detergentes y otros dispersantes
Harina	Fundición	Cemento	Tintura	Productos directos de reacción de polvo de tocador, leche y jabón
Granos	Perlita	Pigmentos	Ceniza volátil	
Polvo de cuero	Caucho	Cerámica	Óxidos metálicos	
Polvo en acerrios	Arena	Arcillas	Pigmentos metálicos y sintéticos	
Tabaco	Sal	Ladrillo	Plásticos	
	Talco	Carbón de piedra	Resinas	
		Polvo de rocas y minerales	Silicatos	
		Sílica	Almidones	
		Acido sórbico	Acido tánico	
		Azúcar		
FACTOR DE APLICACIÓN: B				
Refiere a puntos de transferencia, estaciones de parqueo, etc.				1,00
Colección de Productos: transporte de aire, molinos, clasificadores, conducción rápida				0,90
Filtración de gas: conducción de spray, hornos, reactores, etc.				0,80

Nota. Valores de A y B de acuerdo al factor del material y de la aplicación para un filtro de manga de pulse-jet.

Adaptada de (Galíndez, 2018)

Tabla B 3. Caudal de acuerdo a la Aplicación

Equipo	Tam. (mm)	m³/h	Valores/consideraciones				
BANDAS TRANSPORTADORAS 	650	4250	A	B	C	m³/h	
	850	5250	1500	1750	1000		
	1000	6500	2000	2250	1000		
	1200	7750	2500	2750	1250		
	1400	8750	3000	3250	1500		
	1600	9750	3500	3750	1500		
	1600	10'000	4000	4250	1750		
ALIMENTADORES DE PLACAS 	800	6500	A	B	C	m³/h	
	1000	7500	3500	2000	1000		
	1200	8750	4000	2500	1000		
	1400	9750	4500	3000	1250		
	1600	10'000	5000	3500	1500		
	1600	10'000	5500	4000	1500		
ALIMENTADORES PIVOTANTES 	800		A	B	C	m³/h	
	1000		2500	9000	9000		
	1200		3000	10'000	10'000		
	1400		3500	11'000	11'000		
	1400		4000	12'000	12'000		
ELEVADORES 	400		CADENA m³/h		BANDA m³/h		m³/h
	500		A	B	A	B	
	630		1250	1000	2000	1000	
	800		1500	1000	2250	1000	
	1000		2000	1250	2500	1250	
	1250		2500	1250	3000	1250	
	1600		3000	1500	3500	1500	
	1600		3500	1500	4500	1500	
	1600		4000	1500	6000	1500	
	RASCADORES Y TORNILLOS SIN FIN	200	500	POR CADA 10 METROS			
250		500					
315		500					
400		750					
500		750					
630		1000					
800		1000					
1000		1250					
DESLIZADORES			120% DEL SOPLADOR				
MALLA CLASIFICADORA		50	POR TON/H ABIERTO				
ZARANDA VIBRATORIA		450	POR M2 CERRADO				
MALLA GIRATORIA		600	POR M2 CERRADO				

Nota. Describe distintos caudales de acuerdo a la aplicación y a la ubicación del punto de generación de la fuente.

Adaptada de (Orrala Reyes, 2010)

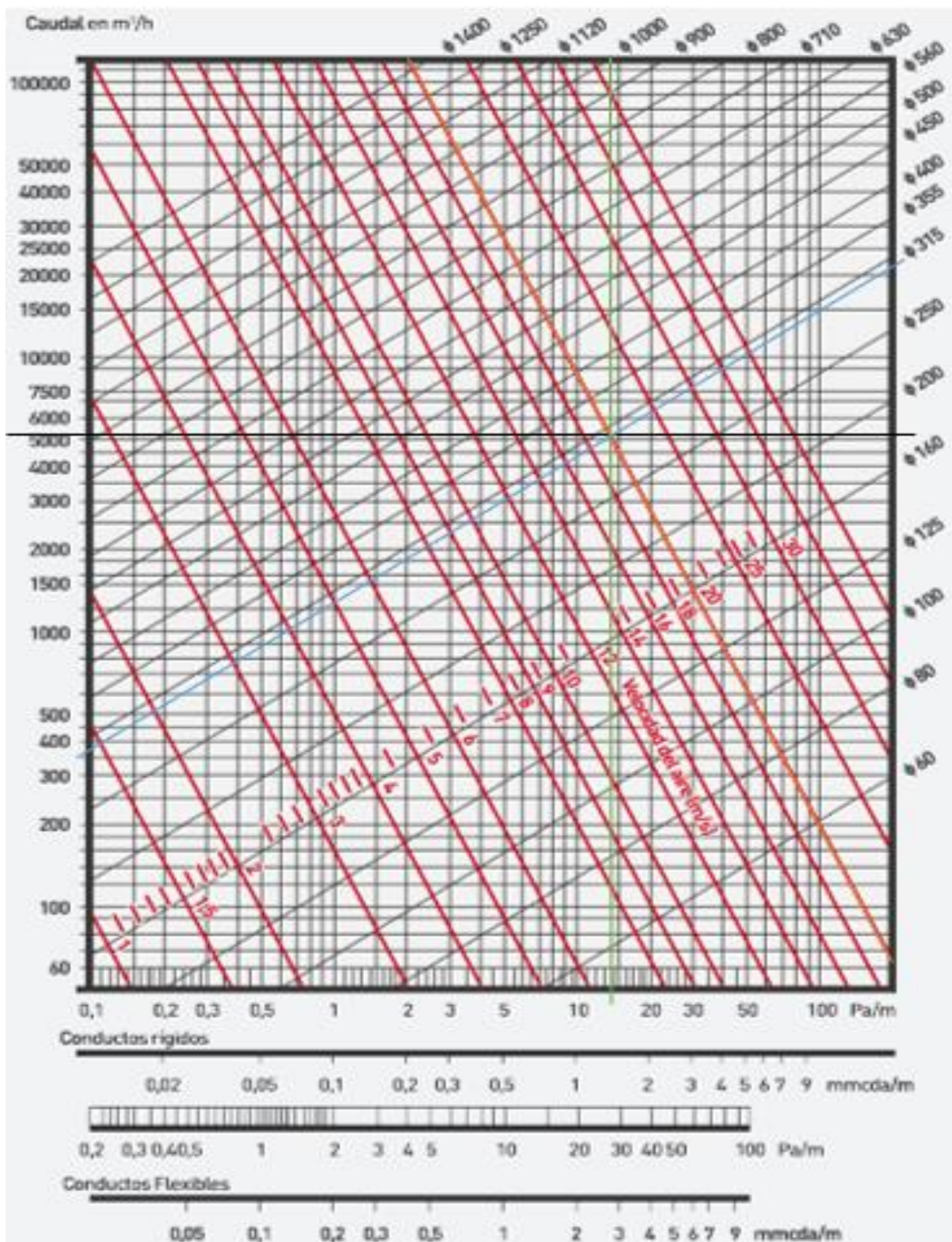
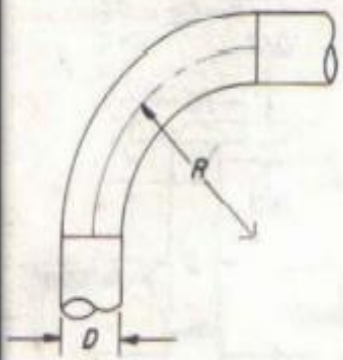
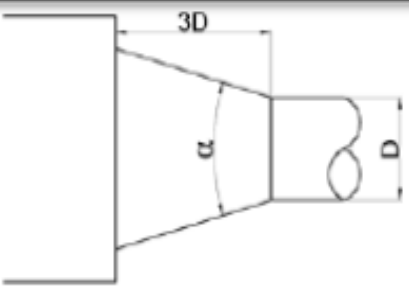
Monograma B1. Pérdida en Ductos Lineales


Tabla B 4. Pérdida en Codos


R , No. of Diameters	Loss Fraction of VP
2.75 D	0.26
2.50 D	0.22
2.25 D	0.26
2.00 D	0.27
1.75 D	0.32
1.50 D	0.39
1.25 D	0.55

Nota. Pérdida en codos circulares en relación al radio. Adaptada de (Sodeca, s.f.)

Tabla B 5. Pérdida en Campana


α	PERDIDA DE ENTRADA		COEFICIENTE DE ENTRADA	
	CIRCULAR	RECTANGULAR	CIRCULAR	RECTANGULAR
15°	0.15VP	0.25VP	0.93	0.88
30°	0.08VP	0.16VP	0.96	0.93
45°	0.06VP	0.15VP	0.97	0.93
60°	0.08VP	0.17VP	0.96	0.92
90°	0.15VP	0.25VP	0.93	0.89
120°	0.26VP	0.35VP	0.89	0.86
150°	0.40VP	0.40VP	0.84	0.82

Nota. Pérdida en campanas de acuerdo al ángulo de abertura. Adaptada de (Sodeca, s.f.)

Tabla B 6. Comparación entre Telas

TEJIDO	TEMPERATURA °F	RESISTENCIA ACIDA	RESISTENCIA ALCALINA	ABRASIÓN FLEXIBLE
Algodón	180	Pobre	Muy bueno	Muy bueno
Dacrón (polyester)	275	Buena con minerales ácidos	Bueno; regular en alcalinidad fuerte	Muy bueno
Fiberglas	500	Mas o menos a bueno	Regular a bueno	Regular
Nextel	1400	Muy bueno	Bueno	Bueno
Nomex	375	Regular	Excelente a baja temp.	Excelente
Nylon	200	Regular	excelente	Excelente
Orlon	260	Bueno a excelente	Regular a bueno en baja alcalinidad	Bueno
P84*	475	Bueno	Bueno	Bueno
Polipropileno	200	Excelente	Excelente	Excelente
Ryton	375	Excelente	Excelente	Bueno
Teflon	450	Inerte excepto para fluor	Inerte excepto para trifluoruro, cloruro y metales alcalinos	Regular
Lana	200	Muy bueno	Pobre	Regular a bueno

Nota. Características de diferentes telas de acuerdo a los factores a tener en cuenta para una buena elección de acuerdo al polvo a filtrar. Adaptada de (Galíndez, 2018)

14. Apéndice C. Cotización

La elección de la instrumentación está basada en las siguientes normativas:

- Sociedad Internacional de Automatización ISA.

La elección de los materiales está basada en las siguientes normativas:

- Norma Técnica Colombiana NTC 1985, “*aceros de calidad estructural de alta resistencia baja aleación al niobio(columbio) - vanadio*”. (NTC, 2017)
- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales ASTM, “*se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo*”. (Calidad, 2019)
- Instituto Nacional Estadounidense de Estándares ANSI A1264.2-2006, “*Resistencia a deslizamientos en superficies para caminar o de trabajo*”. (Brady, 2015)
- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional OSHA 29 CFR 1910.22, “*Superficies para caminar/trabajar*”. (Brady, 2015)

Tabla C1. Costo Total de la Instrumentación

CANT.	INSTRUMENTACIÓN	MODELO	VLR. UNITARIO	TOTAL
1	VENTILADOR CENTRIFUGO	Y6-51-4.5A	\$ 9.798.319,72	\$ 9.798.319,72
1	VÁLVULA DESCARGA	YJD26	\$ 2.500.000,00	\$ 2.500.000,00
1	COMPRESOR	5HCD-101T-M550NGX	\$ 12.884.509,81	\$ 12.884.509,81
8	ELECTROVÁLVULAS LIMPIEZA	VXF24AAA	\$ 719.171,13	\$ 5.753.369,04
4	ELECTROVÁLVULAS DE EMERGENCIA	2WB-25	\$ 122.088,90	\$ 488.355,60
1	SENSOR DE PRESIÓN	Magnehelic Dwyer – Serie 2006	\$ 16.638,04	\$ 16.638,04
1	SENSOR DE HUMO	MQ-2	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00
1	SENSOR DE LLAMA	AS-E501-IR3	\$ 1.616.748,00	\$ 1.616.748,00

1	SENSOR DE TEMPERATURA	MBT 5250	\$ 521.758,00	\$ 521.758,00
1	PULSADOR DESCARGA	Siemens	\$ 51.517,73	\$ 51.517,73
1	PULSADOR DESACTIVA DESCARGA	Siemens	\$ 51.517,73	\$ 51.517,73
1	PULSADOR PARO	Siemens	\$ 51.517,73	\$ 51.517,73
1	HMI	6AV2 123- 2DB03-0AX0	\$ 1.664.507,52	\$ 1.664.507,52
1	PLC	6ES7212- 1AE40-0XB0	\$ 2.780.735,30	\$ 2.780.735,30
1	FUENTE	FA S7-1200 2,5.	\$ 474.122,46	\$ 474.122,46
TOTAL				\$ 38.665.616,68

Nota. En la tabla se registra los precios acordes a la cantidad de instrumentación y actuadores requeridos.

Tabla C2. *Costo Total de los Materiales*

CANT.	MATERIALES	DIMENSIONES	VLR. UNITARIO	TOTAL
6,5	LÁMINA ANTIDESLIZANTE	1X3 [m]	\$ 492.150,00	\$ 3.198.975,00
15	LÁMINA GALVANIZADA CAL. 12	1.22X2.44 [m]	\$ 459.500,00	\$ 6.892.500,00
3,5	VIGA HEA	6[m]	\$ 1.519.392,00	\$ 5.317.872,00
7,5	TUBO RECTANGULAR	6[m]	\$ 553.000,00	\$ 4.147.500,00
16,5	TUBO CIRCULAR	6[m]	\$ 500.000,00	\$ 8.250.000,00
64	TELA+CANASTILLA+VENTURI	150x850[mm]	\$ 88.786,72	\$ 5.682.350,08
2	DÁMPER	200[mm]	\$ 200.804,00	\$ 401.608,00
6	DUCTO RÍGIDO	1[m]	\$ 82.380,00	\$ 494.280,00
1	CODO 90°		\$ 102.145,36	\$ 102.145,36
1	DUCTO FLEXIBLE	10[m]	\$ 1.506.644,10	\$ 1.506.644,10
1	CAMPANA	1.5x2x1[m]	\$ 1.913.600,61	\$ 1.913.600,61
12	COLLARIN	300 [mm]	\$ 33.495,17	\$ 401.942,04
3	Tubo de limpieza 2"	6.4[m]	\$ 997.557,24	\$ 2.992.671,72
3	Tubo de emergencia de 1/2"	6.4[m]	\$ 235.556,08	\$ 706.668,24
TOTAL				\$ 42.008.757,15

Nota. En la tabla se registra los precios acordes a la cantidad de materiales requeridos.

14.1. Costo/Beneficio

14.1.1. Ventilador Centrifugo

MODELO	VELOCIDAD	POTENCIA	TENSIÓN	INTENSIDAD	CAUDAL
Y6-51-4.5A	2900 (RPM)	10 (HP)	380 V	4.5A	3918-9386 m ³ /h
PRECIO	\$ 9.798.319,72				

Características:

- rodete tipo álabes curvados hacia atrás
- opción de motor a prueba de explosión clase I grupo D.
- bajo nivel sonoro
- motor estándar cerrado con protección IP55
- temperatura máxima de servicio 87.7 °C

Beneficio.

- De acuerdo a comparaciones de costo de diferentes fabricantes y teniendo en cuenta las mismas prestaciones de servicio se eligió el ventilador más económico en el mercado.
- El material del impulsor está fabricado en acero inoxidable SS304.
- El material de la carcasa está fabricado en acero inoxidable SS304/SS316 lo cual lo hace resistente a la corrosión.

14.1.2. Válvula

MODELO	TENSIÓN	TEMPERATURA	CAPACIDAD	CONEXIÓN
YJD26	380V AC	ALTA	4-62 m ³ /h	BRIDA
PRECIO	\$ 2.500.000,00			

Características:

- Alimentación del material y la descarga de forma continua.
- La velocidad de alimentación puede ser controlada por el ajuste de la velocidad de rotación de los impulsores.

- Alguna estanqueidad, material adecuado para el desempeño bajo la presión diferencial.
- Puede utilizarse para la alimentación y descarga de material de alta temperatura.
- Una estructura simple, fácil mantenimiento.

Beneficio.

- Material de hierro fundido
- Diversos tipos de aplicación
- Es capaz de descarga partículas pequeñas de: polvo, raro o fibra continuamente por la presión diferencial de material.
- El material puede descargarse de forma continua.

14.1.3. Compresor.

MODELO	TENSIÓN	INTENSIDAD	PRESIÓN	TANQUE
5HCD-101T-M550NGX	115/230V	14/7A	100 PSI	2 GALONES
PRECIO	\$ 12.884.509,81			

Características:

- Numero de etapas 1
- Potencia $\frac{3}{4}$ HP
- Tamaño del tanque 2 galones
- Tipo de tanque salchicha
- Arranque y parada automático
- Ancho 13", alto 22", largo 18"
- Libre de aceite
- Fase eléctrica 1.

Beneficio.

- La unidad tiene un interruptor de presión ajustable en el campo y un innovador depósito que puede proporcionar una ráfaga de alta presión.
 - El depósito amortigua la pulsación del compresor de pistón.
 - Incluye un tanque codificado ASME, un interruptor de presión, un drenaje manual, una válvula de seguridad de presión (ASME), un manómetro y una válvula de globo.
- Certificado por la CSA (LR37697)

14.1.4. Electroválvula

MODELO	TAMAÑO	TENSIÓN	INTENSIDAD	PRESIÓN MÁX.	MODELO DE CONEXIÓN
VFX24AAA	2"	24 VDC	50 A	0.7 MPa	DIRECTA
PRECIO	\$ 719.171,13				

Características:

- Tamaño de orificio 53 mm
- Tamaño de conexión 2"
- Fluido aire
- Presión mínima de trabajo 0.1 MPa
- Presión máxima de trabajo 0.7 MPa
- Temperatura máxima de trabajo 60°C
- Tipo de aislamiento de la bobina clase B
- Protección IP65
- Válvula normalmente cerrada

Beneficio.

- La familia VXP/VXR/VXF son electroválvulas de 2 vías utilizadas para filtro de mangas debido a la resistencia que tiene a la corrosión y al nivel de seguridad contra riesgo de incendio.

- Material de válvula principalmente membrana NBR/POM
- Tiempo de activación 150 mseg

14.1.5. Electroválvula de Emergencia

MODELO	TAMAÑO	TENSIÓN	INTENCIDAD	PRESIÓN MÁX.	MODELO DE CONEXIÓN
2WB-25	1/2"	24 VDC	25 A	0.5 MPa	DIRECTA
PRECIO	\$ 122.088,90				

Características:

- Tamaño de orificio 12 mm
- Tamaño de conexión 1/2"
- Fluido agua
- Presión mínima de trabajo 0.1 MPa
- Presión máxima de trabajo 0.5 MPa
- Temperatura máxima de trabajo 80°C
- Protección IP65
- Válvula normalmente cerrada

Beneficio.

- Material de válvula principalmente membrana NBR, EPDM o VITON

14.1.6. Sensor de Presión.

MODELO	TEMPERATURA	PRESIÓN	PRECIO
Magnehelic Dwyer – Serie 2006	20 a 60 °C	(-0.677 bar a 1.034 bar)	\$ 16.638,04

Características.

- La opción de alta precisión es el doble de precisa que el medidor Magnehelic estándar.
- La escala de precisión, impresa con litografía, es exacta y fácil de leer.

- El puntero con punta roja fabricado con tubería de aluminio tratada térmicamente, es fácil de ver. Se monta de manera rígida en el eje helicoidal.
- Los topes del puntero están hechos de caucho moldeado para evitar que el puntero se mueva excesivamente y se dañe.
- El movimiento del diafragma está limitado para evitar daños causado por presiones excesivas.
- El tapón de prevención de reventones está hecho de caucho de silicona y protege contra la presión excesiva en los modelos homologados para 15 psi. Se abre a aproximadamente 25 psi
- Corte de fuego bajo asegurado.
- Salidas de 4 a 20 mA definidas por el usuario.
- Cableado mínimo para protección de flama.
- Ajuste opcional mediante sonda de O₂

Beneficio.

- La carátula de plástico transparente es muy resistente a rupturas. Permite ver el puntero y la escala sin distorsión.
- Medidor de fácil lectura a través de una carátula de plástico sin distorsión que permite la visualización a gran distancia.
- Carcasa duradera y robusta combinada con componentes de alta calidad para brindar una larga vida de servicio y minimizar los tiempos improductivos.
- Interfaz SD (Secure Digital) para copia de seguridad y restauración.
- Comunicaciones Modbus-RTU a través de RS485 con capacidad de lectura / escritura.
- Operación PID para un control preciso del proceso.

- Compatible con Burner Logix, Burner Pro, Flame Monitor
- Función de rastreo de modulación, la cual permite seguir la modulación mediante un dispositivo externo.

14.1.7. Sensor de humo.

MODELO	TEMPERATURA	SALIDA	PRECIO
MQ-2	20 °C ~ +55 °C	ANALOGA Y DIGITAL	\$ 12.000

Características:

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Respuesta rápida y alta sensibilidad
- Rango de detección: 300 a 10000 ppm
- Gas característico: 1000ppm, Isobutano
- Resistencia de censado: 1K Ω 50ppm Tolueno a 20K Ω in
- Tiempo de Respuesta: $\leq 10s$
- Tiempo de recuperación: $\leq 30s$
- Temperatura de trabajo: -20 °C ~ +55 °C
- Humedad: $\leq 95\%$ RH
- Contenido de oxígeno ambiental: 21%
- Consume menos de 150mA a 5V.

14.1.8. Sensor de llama.

MODELO	TEMPERATURA	TENSIÓN	PRECIO
AS-E501-IR3	-10 a +55 °C	18-30VDC	\$ 1.616.748,00

Características:

- 4-20 mA y salidas de relé como estándar.

- Construido en 16 bits de alta velocidad, de baja potencia, de alto rendimiento y alta precisión de chip de procesamiento de datos.
- Aprobar los sensores infrarrojos de banda estrecha.
- Tiene multinivel de sensibilidad en el fin de satisfacer más ocasiones.
- El ángulo de detección puede ser capaz de llegar a 110 grados.
- Detección de rango puede ser capaz de llegar a 50m.
- El algoritmo perfecto combina de forma óptima la detección de llamas y las capacidades de falsas alarmas.
- Se aplican a la industria pesada de las aplicaciones.

Beneficio.

- Bajo coste de mantenimiento, fácil de actualizar y mejorar. Diseños a prueba de explosión puede ser utilizado en la zona de peligro de los polígonos industriales.
- Protección IP66.

14.1.9. Sensor de temperatura.

MODELO	TEMPERATURA	CONEXIÓN PROCESO	PRECIO
MBT 5250	-50 a 200°C	1/2" NPT	\$ 521.758,00

Características:

- Elemento de Resistencia Pt100 o Pt1000
- Puede utilizarse con conexiones de 2 o 3 cables
- Conector macho y hembra bañado en oro
- Disponible con todas las autorizaciones relevantes de instalaciones marinas
- Diámetro del bulbo; 8 mm
- Versión Sensor Intercambiable (MBT 5250), versión sensor fijo (MBT 5260)

- Resistencia del elemento sensor 100K Ω

Beneficio.

- MBT 5250- SENSOR DE TEMPERATURA PT 100 DANFOSS
- Todas las partes en contacto con el medio están fabricadas en acero inoxidable AISI 316 Ti.
- Conector DIN 43650 de serie
- Para medios líquidos o gaseosos como, por ejemplo, aire, gas, vapor, agua o aceite
- Conexión a proceso 1/2" NPT
- Protección IP65
- Tolerancia del sensor EN 60751 Clase B: $\pm (0.3 + 0.005 \times t)$
- Tubo de protección: $\varnothing 8 \times 1$ mm
- Tipo de elemento sensor PT
- Material de protección de las tuberías AISI 316 Ti, Conexión eléctrica.

14.1.10. Pulsador Descarga

MODELO	COLOR	SEGURIDAD	PRECIO
3SB3501-0AA41	VERDE	IP67	\$ 51.517,73

14.1.11. Pulsador Desactiva Descarga

MODELO	COLOR	SEGURIDAD	PRECIO
3SB3501-0AA31	AMARILLO	IP67	\$ 51.517,73

14.1.12. Pulsador de paro

MODELO	COLOR	SEGURIDAD	PRECIO
3SB3501-0AA21	ROJO	IP67	\$ 51.517,73

14.1.13. HMI

MODELO	TENSIÓN	TAMAÑO	PRECIO
6AV2 123-2DB03-0AX0	24V DC	4.3"	\$ 1.664.507,52

Características:

- Pantalla TFT Widescreen, retroiluminación con LED
- Diagonal de la pantalla 4,3 pulgadas
- Número de colores 65 536
- Resolución de imagen horizontal 480 píxeles
- Resolución de imagen vertical 272 píxeles
- Teclas de función 4
- Pantalla táctil Sí
- Posición de montaje Horizontal Vertical
- Interfaces ethernet 1
- Voltaje de línea de entrada 24V

14.1.14. PLC.

MODELO	ENTRADAS	SALIDAS	PRECIO
6ES7212-1AE40-0XB0	8 DI DC 24V, 2 AI 0-10V DC	6 DO 24V DC	\$ 2.780.735,30

Características.

- Designación del tipo de producto CPU 1212C DC/DC/DC
- Versión de firmware V4.4
- Tensión de alimentación
- Valor nominal (DC)
- 24 V DC Sí
- Rango admisible, límite inferior (DC) 20,4 V

- Rango admisible, límite superior (DC) 28,8 V
- Protección contra inversión de polaridad Sí
- Valor nominal (DC) 24 V
- Rango admisible, límite inferior (DC) 20,4 V
- Rango admisible, límite superior (DC) 28,8 V
- Entradas digitales.
- Valor nominal (DC) 24 V
- para señal "0" -5 V DC, con 1 mA
- para señal "1" -15 V DC at 2,5 mA
- Salidas digitales.
- para señal "0", máx. -0,1 V, con 0,1 mA con carga de 10 K Ω
- para señal "1", mín. -20 V, con 0,5 A

14.1.15. *Fuente*

MODELO	ENTRADAS	SALIDA	PRECIO
FA S7-1200 2,5.	120/230V AC	24VDC	\$ 474.122,46

Características.

- SIEMENS. S7-1200 PM1207
- Entrada AC monofásica
- Tensión de alimentación / 1 / con AC / valor nominal 120 V
- Tensión de alimentación / 2 / con AC / valor nominal 230 V
- Salida tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
- Tensión nominal 24 V DC

Beneficio.

- Protección sobretensión en salida < 33 V
- Propiedades de la salida / resistente a cortocircuitos
- Protección contra cortocircuito
- Aislamiento galvánico
- Clase de protección I
- Grado de protección (EN 60529) IP20

14.1.16. Lámina Antideslizante.

MODELO	DIMENSIONES	ESPESOR	PRECIO
Lamina H.R Alfajor	1X3 m	2.mm	\$ 492.150,00

Características:

- Lámina antideslizante
- Posee resaltes o taches en la superficie.

Beneficio.

- La lámina en caliente Hot Rolled o HR, se obtiene mediante un proceso de laminación en caliente que da como resultado un acero con excelentes propiedades estructurales y de gran formato.

14.1.17. Lámina galvanizada

MODELO	DIMENSIONES	ESPESOR	PRECIO
Lámina galvanizada	1.22X2.44 m	2.5 mm	\$ 459.500,00

Características:

- 59.22Kg
- Calibre 12

Beneficio.

- Recubierto por una capa de zinc que los hace resistentes a la corrosión.

- Calidad ASTM A653 (NTC 4011).

14.1.18. *Tela.*

MODELO	DIMENSIONES	PESO	PRECIO
MARKWIND	Longitud: 85 [cm] Diámetro: 15 cm	1.5 [Kg]	\$ 88.755

Características:

- Artesanía fina: El diámetro de la fibra derretida-soplada puede alcanzar 1 ~ 2 micras, que pertenece a la fibra no tejida ultra fina.
- Práctico en uso: la tela cuenta con el peso de 0.88 oz (aproximadamente), que satisfará sus necesidades.
- Amplia aplicación: el tejido de filtro fundido es universal, lo que hace que la eficiencia de filtrado sea superior al 95%.

Beneficio.

- Material de primera calidad: el tejido fundido de tela cuenta con una nueva generación de materiales respetuosos con el medio ambiente, que es transpirable, flexible, ligero, no quema, fácil de descomponer, no tóxico, no irritante, reciclable, etc.
- La manga incluye canastilla más Venturi.

14.1.19. *Ducto rígido.*

MODELO	DÍAMETRO	LONGITUD	PRECIO
T-300-AG	300 mm	1000 mm	\$ 82.380

Características:

- Categoría tubos 1000
- Tubo de acero galvanizado de 300 mm diámetro
- 0,8 mm de espesor
- Largo total de 1000 mm,

- Pestaña de 0,5 mm para el montaje mediante collarines.

Beneficio.

- Resistente a la corrosión

14.1.20. Codo.

MODELO	DÍAMETRO	ÁNGULO	PRECIO
CD-300-AG-90°	300 mm	90°	\$ 102.145,36

Características:

- Categoría codos 90°
- Codo de acero galvanizado
- 0,8 mm de espesor
- 300 mm Ø, 90 °,
- fabricados con cinco gajos, con pestaña de 0,5 mm para el montaje mediante collarines.

Beneficio.

- Resistente a la corrosión

14.1.21. Ducto flexible.

MODELO	DÍAMETRO	LONGITUD_C	PRECIO
LISFORM	300 mm	10 m LINEAL	\$ 1.506.644,10

Características:

- Lámina exterior reforzada mediante nervios transversales.
- Lámina interior lisa para disminuir la pérdida de carga y evitar la acumulación de condensados y hollines en el tubo.
- Superficie exterior corrugada y superficie interior lisa.
- Reacción al fuego M-0
- Radio de curvatura $r = 2-3 \times \varnothing$ (respecto al eje medio)

- Temperatura de uso hasta 400 °C

Beneficio.

- Tubo fabricado con doble hoja de acero inoxidable AISI 304, acabado brillo.
- Debido a su gran flexibilidad permite el entubado de cualquier conducto de obra que presente problemas de condensación o rotura de paredes interiores.
- Fácil limpieza y montaje.
- Se puede cortar y adaptar a la conexión deseada.

14.1.22. Campana

MODELO	DÍAMETRO	DIMENSIONES	PRECIO
LISFORM	300 mm	2*1.5*1 [m]	\$ 1.913.600,61

Características.

- Campana de acero de 1.5 mm de grosor
- Sin embellecedor cuadrado la campana dispone de casquillo redondo para colocar tubo de 300 mm diámetro.

Beneficio.

- Cuenta con pintura anti calórica resistente a temperatura de 200°C

14.1.23. Dámper.

MODELO	DÍMENSIONES	DÍAMETRO	PRECIO
Válvula reguladora de volumen de aire	Longitud: 200mm Espesor: 5mm	300mm	\$200,804.43

Características:

- Nombre: válvula reguladora de volumen de aire
- Material: hierro galvanizado
- Aplicación: sistema de ventilación de aire

- Ángulo de ajuste: 0-90 °
- Certificación: CE

14.1.24. *Viga.*

MODELO	PESO	LONGITUD	PRECIO
Viga HEA 160	182.4kg	6 m	\$ 1.519.392

Características:

- Alto 152mm
- Ancho 160mm
- Grosor del alma 6mm
- Espesor de aleta 9mm

Beneficio.

- Vigas de acero para uso en columnas en construcción metálica
- Norma NTC 1985 / ASTM A572 G50.

14.1.25. *Tubo Rectangular.*

MODELO	PESO	LONGITUD	PRECIO
Rectangular IPAC	8.59kg/m	6 m	\$ 553.000

Características:

- Recubrimiento: Negro o Galvanizado

Beneficio.

- Tubo estructural rectangular IPAC fabricado bajo norma ASTM A500 Grado C - Construcción metálica, estructuras, industria metalmecánica.
- Se elige el recubrimiento galvanizado con el fin de soportar la corrosión.

14.1.26. *Tubo Circular.*

MODELO	PESO	LONGITUD	PRECIO
Redonda IPAC	4.62kg/m	6 m	\$ 500.000

Características

- Recubrimiento: Negro o Galvanizado

Beneficio.

- Duradero: al ser fabricado en acero se prolonga la vida útil respecto a los demás tubos convencionales.
- Tubos estructurales redondos IPAC fabricados bajo norma ASTM A500 Grado C - Construcción metálica, barandas, estructuras.
- Se elige el recubrimiento galvanizado con el fin de soportar la corrosión.

15. Apéndice D. Planos

Figura D15.1. Vista Isométrica

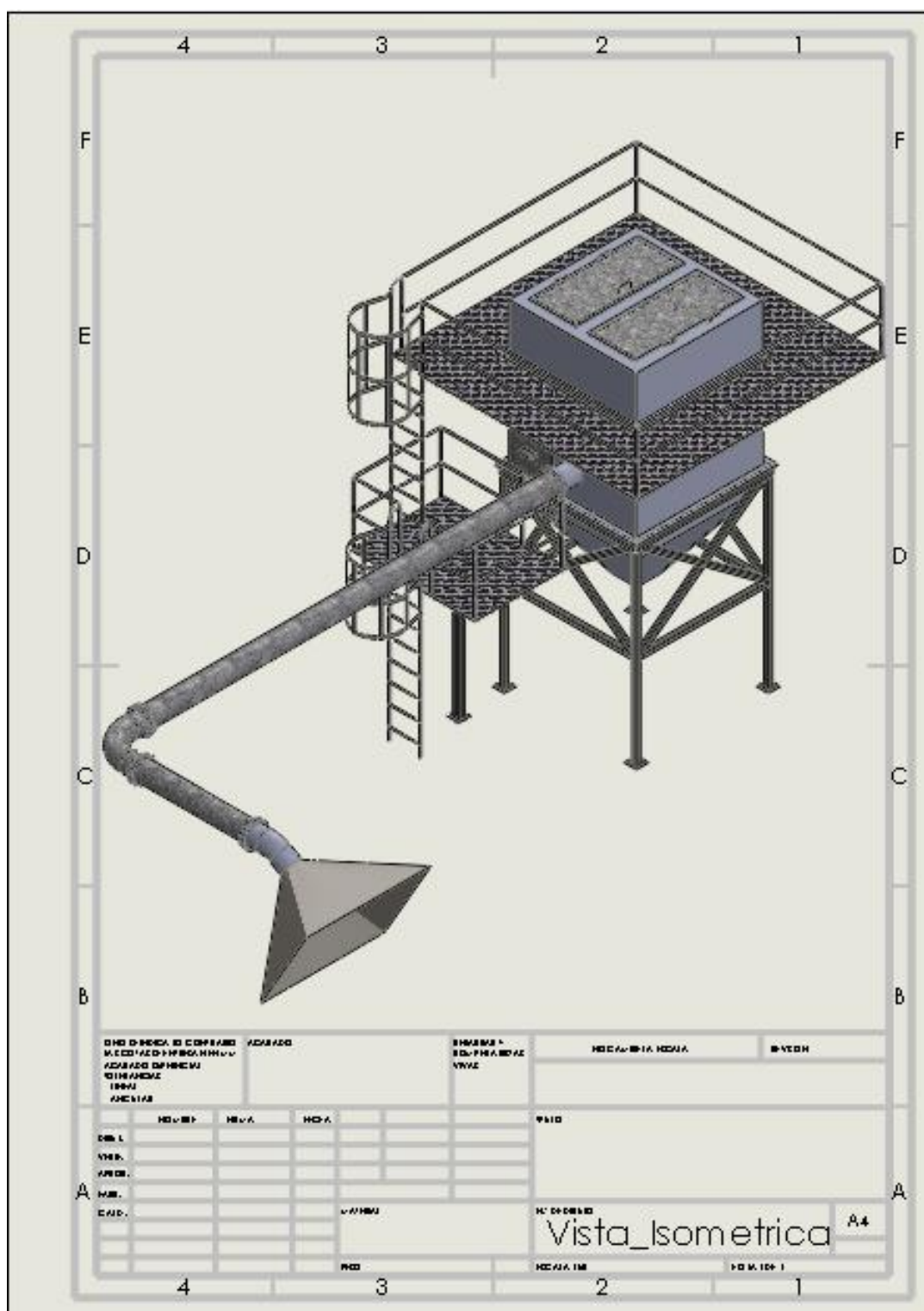


Figura D 15.2. Vista Frontal

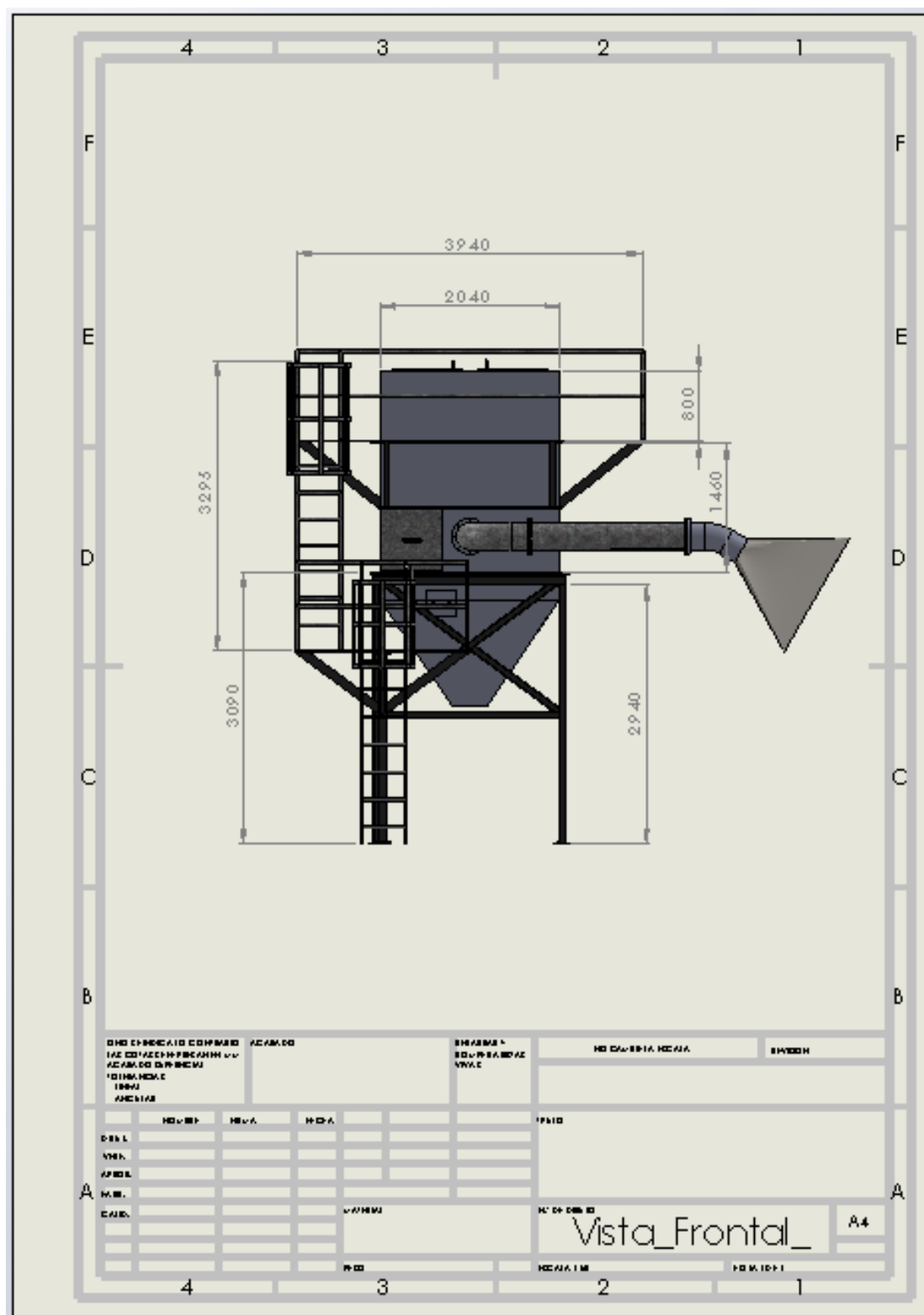


Figura D 15.3. Vista Posterior

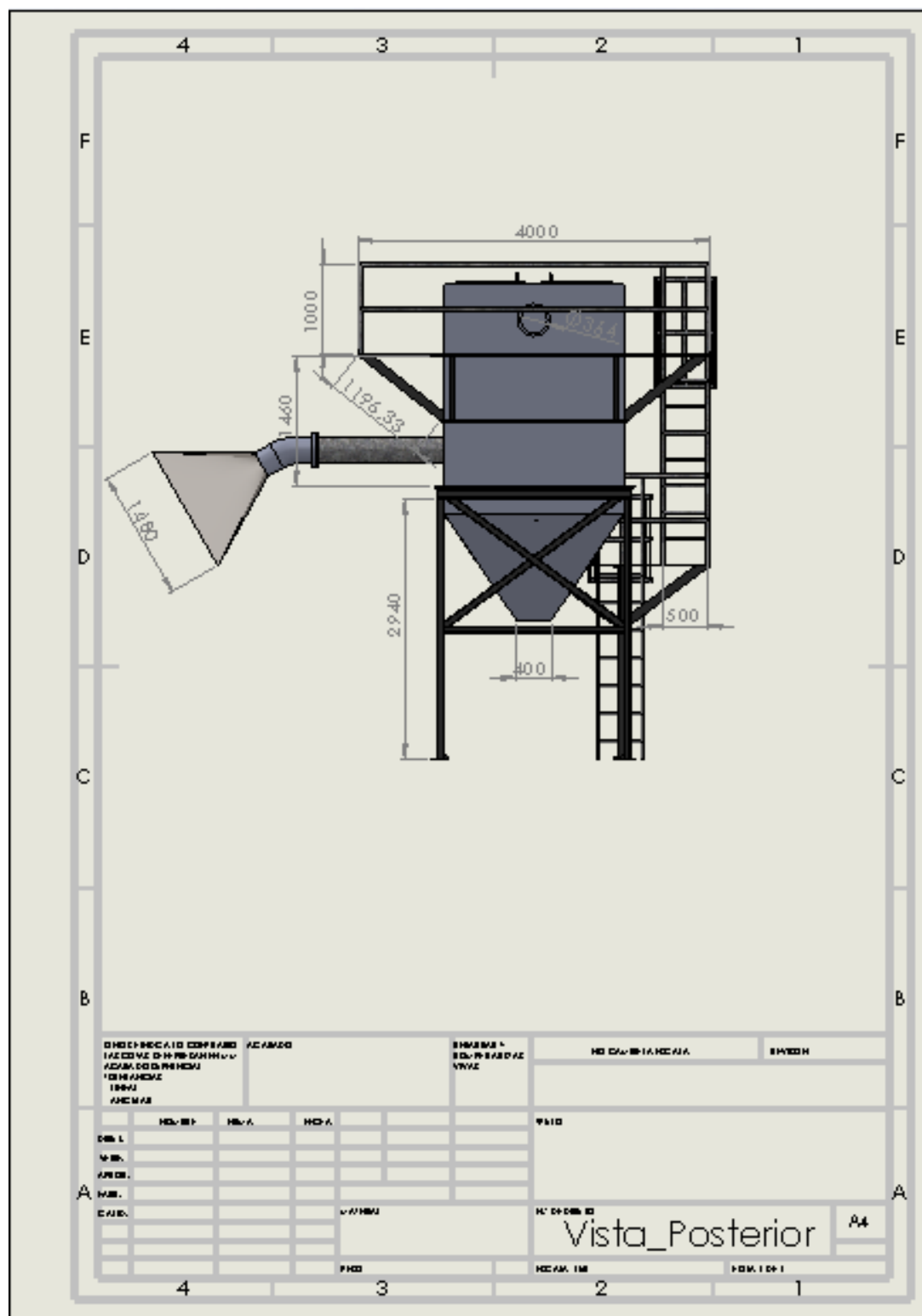


Figura D 15.4. Vista Lateral Derecha

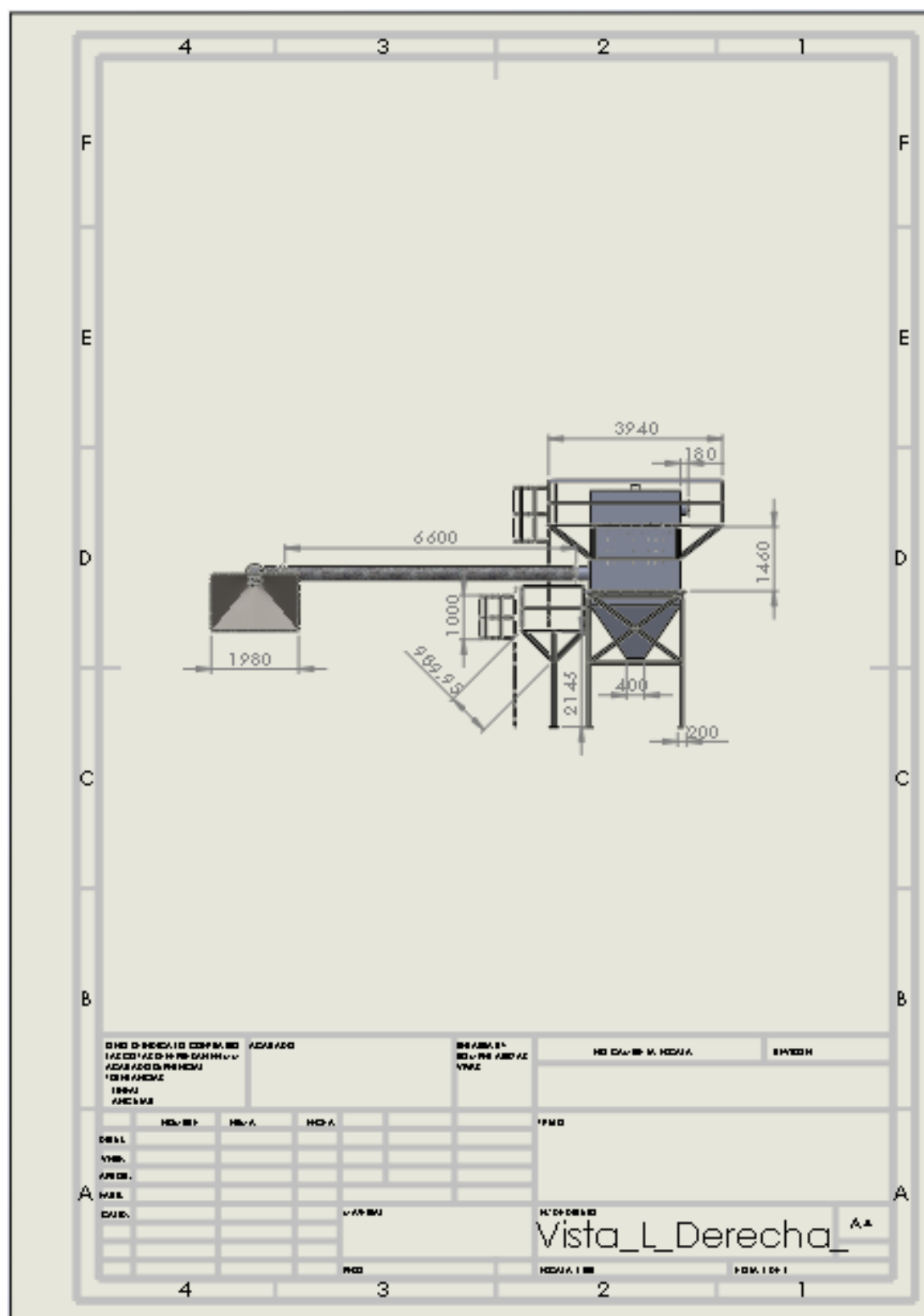


Figura D 15.5. Vista Lateral Izquierda

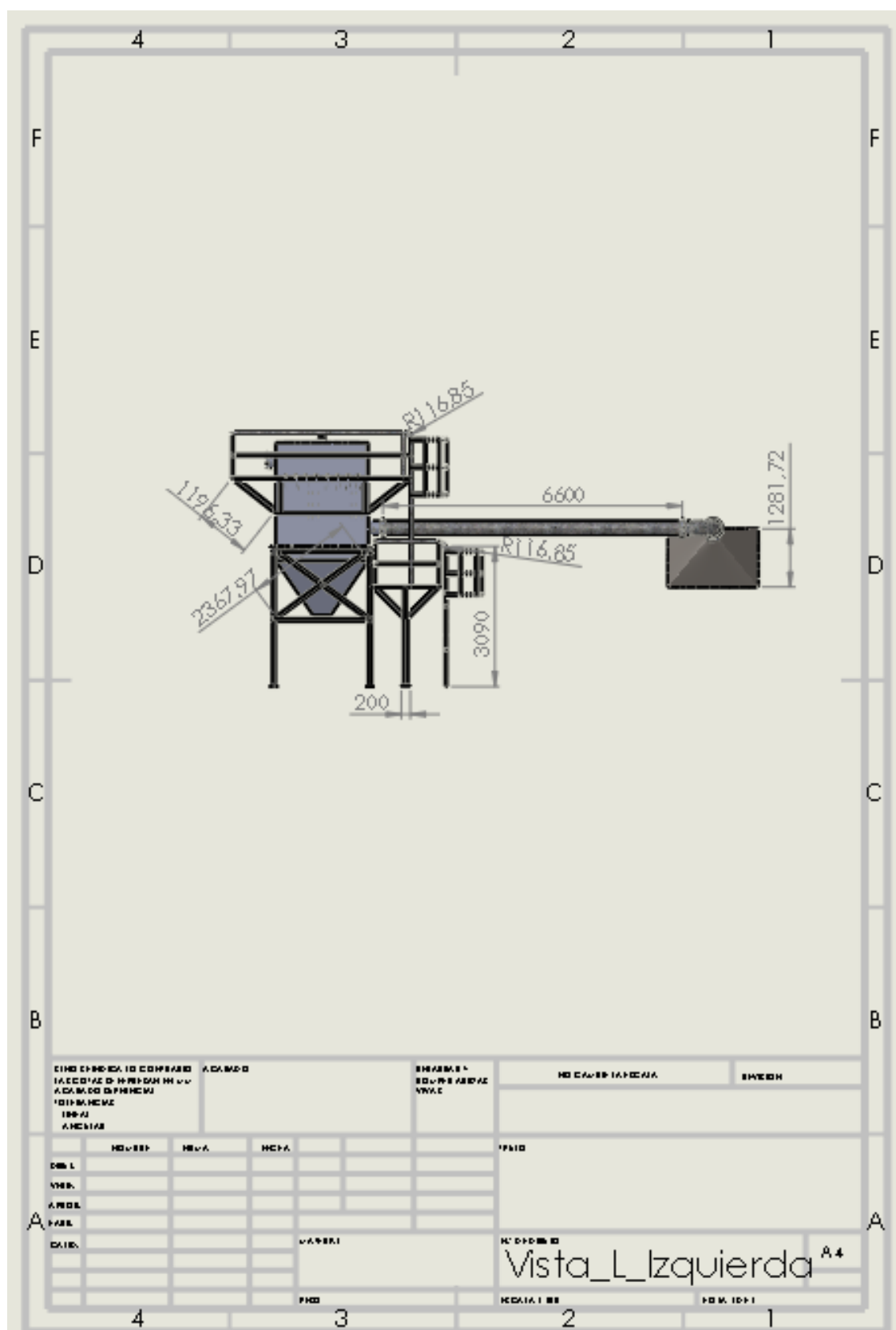


Figura D 15.6. Vista Superior

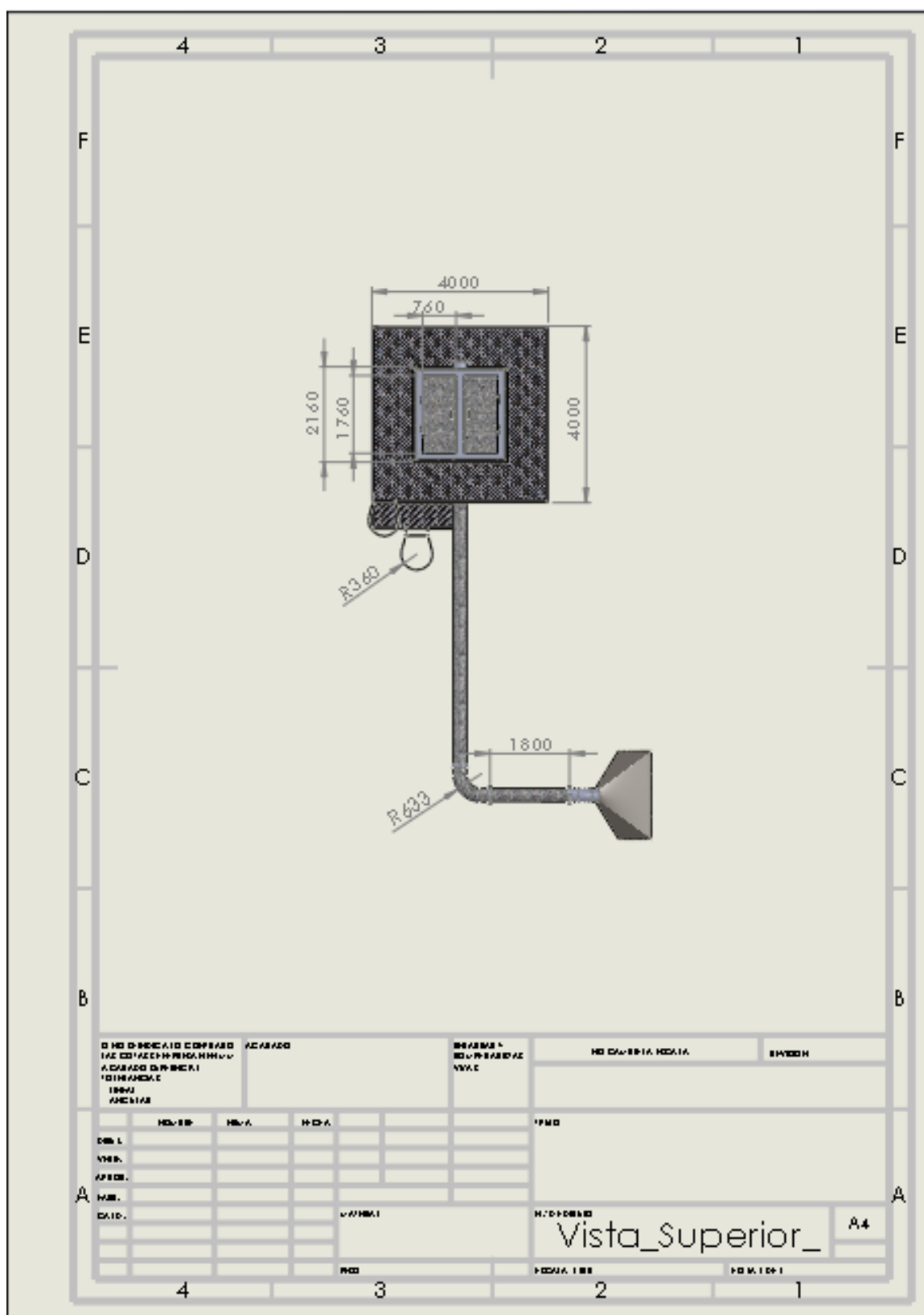
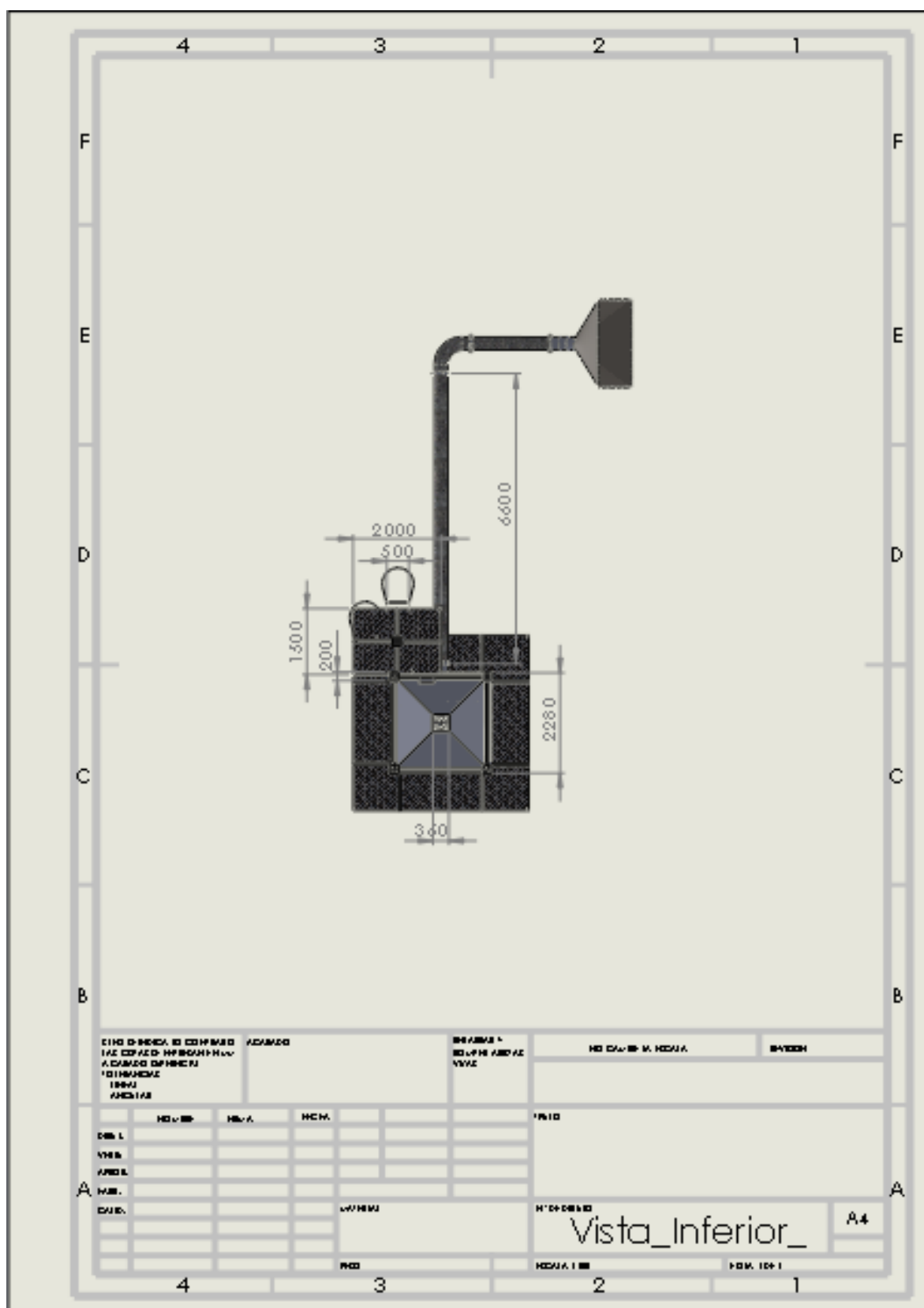


Figura D 15.7. Vista Inferior



16. Apéndice E. Programación e HMI

16.1. Programación

Totally Integrated Automation Portal

Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades

General

Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP
--------	------	--------	---	------	----	--------	-----

Numeración Automático

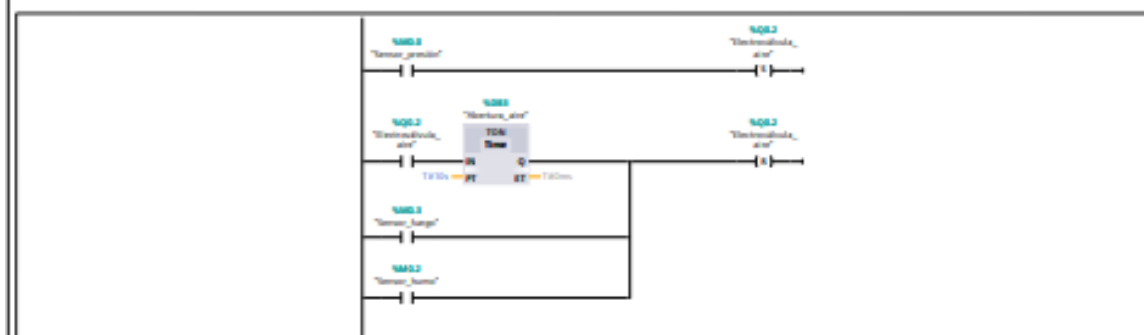
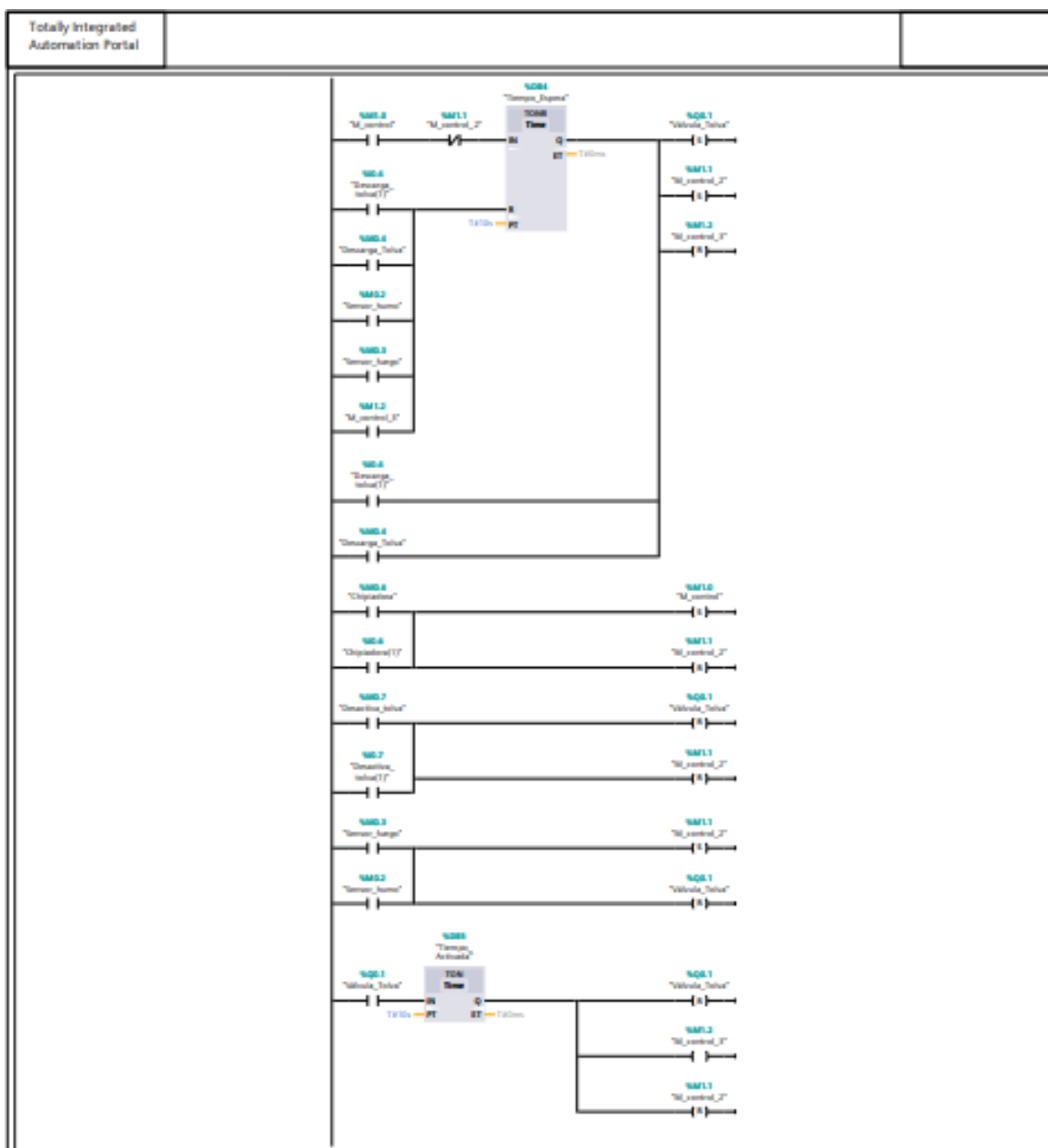
Información

Título	Main Program Sweep (Cycle)	Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

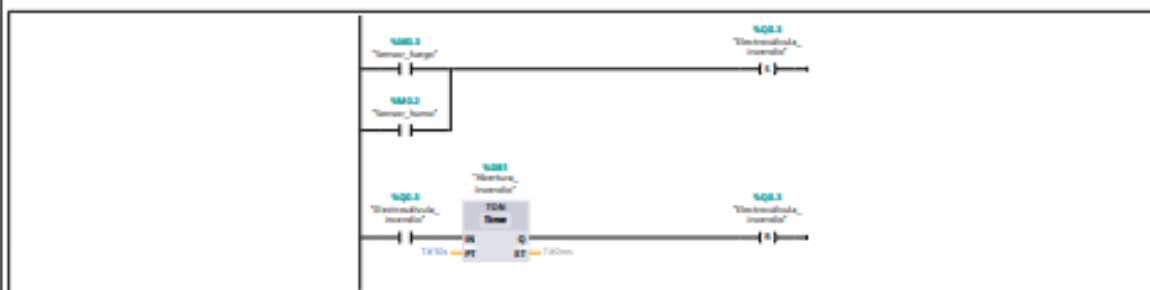
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
▼ Input		
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
▼ Temp		
M_Control	Bool	
Constant		

Segmento 1: Activa ventilador

Segmento 2: Descarga de tolva



Segmento 4: Control de emergencia



Segmento 5: Llamar funcion de alarmas



Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Bloques de programa

Alarma_Avisos [FC1]

Alarma_Avisos Propiedades

General							
Nombre	Alarma_Avisos	Número	1	Tipo	FC	Idioma	XOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
Return		
Alarma_Avisos	Void	

Segmento 1: Activalarma

```

graph LR
    S1["NOR 1 Sensor temperatura"] --- S2["NOR 2 ENVIAR Alarma_Incidente"]
  
```

Totally Integrated Automation Portal

Bloques de programa / Bloques de sistema / Recursos de programa

Abertura_Incendio [DB1]

Abertura_Incendio Propiedades

General

Nombre	Abertura_Incendio	Número	1	Tipo	DB	Idioma	DB
Numeración	Automático						

Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC
Versión	1.0	ID personalizado	IEC_TMR				

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
PT	Time	T#0ms	False
ET	Time	T#0ms	False
IN	Bool	false	False
Q	Bool	false	False

Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa / Bloques de sistema / Recursos de programa					
Abertura_aire [D83]					
Abertura_aire Propiedades					
General					
Nombre	Abertura_aire	Número	0	Tipo	DB
Numeración	Automático				
Información					
Título		Autor	Simatic	Comentario	
Versión	1.0	ID personalizado	EC_TMR	Familia	IEC
Nombre	Tipo de datos		Valor de arranque		Remanencia
▼ Static					
PT	Time		T#0ms		False
ET	Time		T#0ms		False
IN	Bool		false		False
Q	Bool		false		False

Totally Integrated Automation Portal					
--------------------------------------	--	--	--	--	--

Bloques de programa / Bloques de sistema / Recursos de programa

Tiempo_Espera [DB4]

Tiempo_Espera Propiedades					
General					
Nombre	Tiempo_Espera	Número	4	Tipo	DB
Numeración	Automático				
Información					
Título		Autor	Simatic	Comentario	
Versión	1.0	ID personalizado	EC_TMR	Familia	EC

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
PT	Time	T#0ms	False
ET	Time	T#0ms	False
IN	Bool	false	False
Q	Bool	false	False

Totally Integrated Automation Portal					
Bloques de programa / Bloques de sistema / Recursos de programa Tiempo_Activada [DB5]					
Tiempo_Activada Propiedades					
General					
Nombre	Tiempo_Activada	Número	5	Tipo	DB
Numeración	Automático				
Información					
Título		Autor	Simatic	Comentario	
Versión	1.0	ID personalizado	EC_TMR	Familia	EC
Nombre		Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	
▼ Static					
PT		Time	T#0ms	False	
ET		Time	T#0ms	False	
IN		Bool	false	False	
Q		Bool	false	False	

16.2. HMI

Totally Integrated
Automation Portal

HMI_1 [KTP400 Comfort] / Imágenes

Imagen raíz

Copia impresa de imagen raíz

SIEMENS
SIMATIC HMI

Imagen raíz

31/12/2008
00:54:28

TEMPERATURA
DESCARGA
DESCARGA

100% KGM
Acumula 5 Niveles
0 NIVELES
5 NIVELES

General

Nombre	Imagen raíz	Color de fondo	21, 21, 21	Color Cuadrícula	0, 0, 0
Número	1	Plantilla	Plantilla_1	Estilo	

Simbolos

Nivel activo	0
--------------	---

Nivel_0	Activo
Nivel_1	Activo
Nivel_2	Activo
Nivel_3	Activo
Nivel_4	Activo
Nivel_5	Activo
Nivel_6	Activo
Nivel_7	Activo
Nivel_8	Activo
Nivel_9	Activo
Nivel_10	Activo
Nivel_11	Activo
Nivel_12	Activo
Nivel_13	Activo
Nivel_14	Activo
Nivel_15	Activo
Nivel_16	Activo
Nivel_17	Activo
Nivel_18	Activo
Nivel_19	Activo
Nivel_20	Activo
Nivel_21	Activo
Nivel_22	Activo
Nivel_23	Activo
Nivel_24	Activo
Nivel_25	Activo
Nivel_26	Activo
Nivel_27	Activo
Nivel_28	Activo
Nivel_29	Activo
Nivel_30	Activo
Nivel_31	Activo

Dispositivos/Eventos

Nombre de evento	Cerrar
------------------	--------

Lista de funciones/Definir variable

Variable	Número_Imagen_variable	Valor	0
----------	------------------------	-------	---

Circulo_1

Tipo	Círculo				
Apariencia					
Color de fondo	211, 211, 211	Patron de relleno fondo	Compuerta	Ancho Bordo	0
Borde de línea	Compuerta	Color Bordo	255, 255, 255		
Representación					
Posición X	0	Posición Y	0	Ancho	11
Altura	11	Radio	0		
Respaldo					
Parpadeo	Desactivado				
Estilización					
Utilizar estilo/linde	Desactivado	Apariencia del elemento de estilo			
Notificación					
Nombre	Circulo_1	Nivel	0 - Nivel_0		

Totally Integrated Automation Portal					
Disminuciones/Apariencia					
Variable - Lado	Controlador -	Tipos de datos	Rango	Rango	0-2
Color de primer plano	255, 0, 0	Color de fondo	0, 15, 0	Períodos	No
Rango	0-1	Color de primer plano	255, 0-1	Color de fondo	0-255, 0
Períodos	No				
Botón_1					
Tipo Botón					
General					
Modo	Texto	Texto de acceso directo	Imagen	Texto OFF	MANUAL
Texto ON	Text	Texto de texto		Gráfico OFF	
Gráfico ON		Texto de gráfico		Valor de proceso	
Número de ID	0				
Apariencia					
Color de fondo	00, 100, 110	Patrón de relleno Fondo	Gradiente vertical	Radio angular (Borde)	0
Color de primer plano	255, 255, 255	Ancho Borde	0	Radio de Bono	Compartido
Color Borde	255, 255, 00	Color de fondo borde	100, 100, 100		
Patrón de relleno					
Color de fondo Gradiente (Patrón de relleno)	00, 100, 110	Gradiente 1 (Patrón de relleno)	Arriba	Color Gradiente 1 (Patrón de relleno)	110, 110, 100
Ancho Gradiente 1 (Patrón de relleno)	10	Gradiente 2 (Patrón de relleno)	Arriba	Color Gradiente 2 (Patrón de relleno)	00, 00, 100
Ancho Gradiente 2 (Patrón de relleno)	10				
Argumento					
Ancho Foco	0	Color Foco	100, 100, 255		
Representación					
Posición X	100	Posición Y	50	Ancho	50
Alto	20	Adaptar gráfico al tamaño del objeto	Extender imagen	Almuerzo horizontal del gráfico	Centrado
Almuerzo vertical del gráfico	Centro	Adaptar objeto al cuadrado	Desactivado	Margen izquierdo del texto (Representar solo)	0
Margen superior del texto (Representar solo)	0	Margen derecho del texto (Representar solo)	0	Margen inferior del texto (Representar solo)	0
Margen izquierdo del gráfico (Representar solo)	0	Margen superior del gráfico (Representar solo)	0	Margen derecho del gráfico (Representar solo)	0
Margen inferior del gráfico (Representar solo)	0				
Formato de texto					
Formato	Caracteres, Tipo, style:bold	Orientación	Horizontal	Almuerzo horizontal del texto	Centrado
Almuerzo vertical del texto	Centro				
Períodos					
Períodos	Desactivado				
Utilidades					
Utilizar múltiples	Desactivado	Apariencia del elemento de estilo			
Identificación					
Nombre	Botón_1	Nivel	0-Nivel_0	Función	
Sequencial					
Períodos		Período apariencia	Arriba		
Disminuciones/Eventos					
Nombre de evento	Pulsar				
Lista de funciones(Activo/00)					
Variable	Chiquitona				
Disminuciones/Eventos					
Nombre de evento	Pulsar				
Lista de funciones(Desactivado/00)					
Variable	Chiquitona				
Botón_2					
Tipo Botón					
General					
Modo	Texto	Texto de acceso directo	Imagen	Texto OFF	MANUAL
Texto ON	Text	Texto de texto		Gráfico OFF	
Gráfico ON		Texto de gráfico		Valor de proceso	
Número de ID	0				
Apariencia					
Color de fondo	00, 100, 110	Patrón de relleno Fondo	Gradiente vertical	Radio angular (Borde)	0
Color de primer plano	255, 255, 255	Ancho Borde	0	Radio de Bono	Compartido
Color Borde	255, 255, 00	Color de fondo borde	100, 100, 100		

Totally Integrated Automation Portal					
Patrón de refrena					
Color de fondo Gradiente (Patrón de refrena)	64; 50; 111	Coordenada X (Patrón de refrena)	Activado	Color Gradiente X (Patrón de refrena)	111; 110; 110
Ancho Gradiente 1 (Patrón de refrena)	10	Coordenada Z (Patrón de refrena)	Activado	Color Gradiente Z (Patrón de refrena)	64; 50; 100
Ancho Gradiente 2 (Patrón de refrena)	10				
Apertura					
Ancho Foco	0	Color Foco	110; 100; 200		
Representación					
Posición X	0	Posición Y	00	Ancho	07
Alura	07	Adaptar gráfico al tamaño del objeto	Color de imagen	Alineación horizontal del gráfico	Centrado
Alineación vertical del gráfico	Centrado	Adaptar objeto al tamaño	Desactivado	Margen izquierdo del texto (Representación)	0
Margen superior del texto (Representación)	0	Margen derecho del texto (Representación)	0	Margen inferior del texto (Representación)	0
Margen izquierdo del gráfico (Representación)	0	Margen superior del gráfico (Representación)	0	Margen derecho del gráfico (Representación)	0
Margen inferior del gráfico (Representación)	0				
Formato de texto					
Fonte	Tahoma, Tahoma, Arial, Helvetica	Orientación	Horizontal	Alineación horizontal del texto	Centrado
Alineación vertical del texto	Centrado				
Parámetros					
Parámetros	Desactivado				
Utilizabilidad					
Utilizar utilidades	Desactivado	Apariencia del elemento de estilo			
Modos					
Nombre	Botón_2	Nivel	0 - Nivel_0	Teclatp	
Sequencial					
Permisos		Permitir operación	Activado		
Dimensionaciones/Evento					
Nombre de evento	Julian				
Lista de Funciones/Activar/Off					
Variable	[Carga_Tela]				
Dimensionaciones/Evento					
Nombre de evento	Julian				
Lista de Funciones/Desactivar/Off					
Variable	[Carga_Tela]				
Círculo_2					
Tipos					
Tipos	Círculo				
Apariencia					
Color de fondo	211; 211; 211	Patrón de refrena Fondo	Compartido	Ancho Borda	0
Índice de línea	Compartido	Color Borda	211; 200; 00		
Representación					
Posición X	211	Posición Y	110	Ancho	00
Alura	00	Ardo	0		
Parámetros					
Parámetros	Desactivado				
Utilizabilidad					
Utilizar utilidades	Desactivado	Apariencia del elemento de estilo			
Modos					
Nombre	Círculo_2	Nivel	0 - Nivel_0		
Dimensionaciones/Apariencia					
Variable - Color	[Carga_Tela -	Tipos de datos	Rango	Rango	0-0
Color de primer plano	211; 0; 0	Color de fondo	0; 111; 0	Parámetros	No
Rango	0 - 1	Color de primer plano	211; 0; 0	Color de fondo	0; 200; 0
Parámetros	No				
Botón_3					
Tipos					
Tipos	Botón				
General					
Modo	Tecla	Tecla de acceso directo	Ninguna	Tecla OFF	HALTO
Tecla ON	Tecla	Tecla de función		Gráfico OFF	
Gráfico ON		Tecla de gráfico		Valor de proceso	
Número de bits	0				
Apariencia					
Color de fondo	64; 50; 111	Patrón de refrena Fondo	Gradiente vertical	Radio angular (Borda)	0
Color de primer plano	211; 200; 200	Ancho Borda	0	Índice de línea	Compartido