

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de un sistema de colector de polvo en el  
área de chancado de la planta de  
preconcentrado de estaño**

Gelberth Ernesto Mogrovejo Segura  
Marco Alonzo Palomino Lopez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Dr. Felipe Nestor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Roberto Belarmino Quispe Cabana  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 10 de Diciembre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE COLECTOR DE POLVO EN EL ÁREA DE CHANCADO DE LA PLANTA DE PRECONCENTRADO DE ESTAÑO", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Gelberth Ernesto Mogrovejo Segura y Marco Alonzo Palomino Lopez, de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

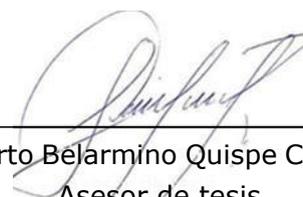
- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores  
(Nº de palabras excluidas: ) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



---

Roberto Belarmino Quispe Cabana  
Asesor de tesis

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Ernesto Gelberth Mogroverjo Segura , identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 45632782, de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE COLECTOR DE POLVO EN EL ÁREA DE CHANCADO DE LA PLANTA DE PRECONCENTRADO DE ESTAÑO", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

10 de Diciembre de 2023.



---

Ernesto Gelberth Mogroverjo Segura

DNI. No. 45632782

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Marco Alonzo Palomino Lopez, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70162149, de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "Diseño de un sistema de colector de polvo en el área de chancado de la planta de Pre-Concentrado de estaño ", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

10 de Diciembre de 2023.



---

Marco Alonzo Palomino Lopez

DNI. No. 70162149

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE COLECTOR DE POLVO EN EL ÁREA DE CHANCADO DE LA PLANTA DE PRECONCENTRADO DE ESTAÑO

## ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

18%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://www.dspace.espol.edu.ec">www.dspace.espol.edu.ec</a> Internet Source	2%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Internet Source	2%
3	<a href="http://www.irma-ps.com">www.irma-ps.com</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://cupdf.com">cupdf.com</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Internet Source	1%
7	Submitted to Universidad Continental Student Paper	1%
8	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Internet Source	1%

[tesis.ucsm.edu.pe](http://tesis.ucsm.edu.pe)

9	Internet Source	1 %
10	repositorio.uss.edu.pe Internet Source	1 %
11	repositorio.espe.edu.ec Internet Source	<1 %
12	1library.co Internet Source	<1 %
13	repositorio.uct.edu.pe Internet Source	<1 %
14	pdfcookie.com Internet Source	<1 %
15	idoc.pub Internet Source	<1 %
16	Submitted to Tecsup Student Paper	<1 %
17	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
18	cybertesis.unmsm.edu.pe Internet Source	<1 %
19	qdoc.tips Internet Source	<1 %
20	repositorio.unac.edu.pe Internet Source	<1 %

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la voluntad y la fortaleza para guiarme y seguir este proceso de realización personal.

A mis padres por forjarme la persona que soy hoy en día, ya que muchos de mis logros son gracias al apoyo incondicional ya que fueron los pilares fundamentales de nuestro desarrollo profesional.

También agradezco a mis hermanas y familiares por la motivación y consejos que me ayudaron al cumplimiento y culminación con éxito esta meta de estudiar en la universidad.

Se agradece universidad y catedráticos por darnos todas las herramientas necesarias para nuestro desarrollo profesional.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a Dios por darme siempre fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

También a mis padres, hermanas y familiares quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional, la confianza y la estabilidad para poder seguir adelante.

Y un agradecimiento a la Universidad Continental, y en especial a la facultad de Ingeniería Mecánica por acogerme y brindarme todos los conocimientos necesarios para desarrollarme como profesional.

## Contenido

RESUMEN .....	x
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I .....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PLAN DE ESTUDIO .....	13
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	13
1.1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Formulación del problema .....	15
1.2.1 Problema general .....	15
1.2.2 Problemas específicos .....	15
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos específico.....	15
1.4 Justificación e importancia .....	16
1.4.1 Justificación teórica .....	16
1.4.2 Justificación práctica.....	16
1.4.3 Justificación metodológica .....	16
CAPÍTULO II .....	17
2. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1 Antecedentes del problema .....	17
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	17
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	18
2.2 Bases teóricas .....	19
2.2.1 Diseño de Ingeniería .....	19
2.2.2 Colector de polvo.....	20
2.2.3 Polvo .....	20
2.2.4 Filtro de mangas .....	20
2.2.5 Criterios de diseño.....	22
2.2.6 Caudal de aire requerido .....	22
2.2.7 Velocidad de captura.....	24

2.2.8	Velocidad de transporte .....	24
2.2.9	Estaño .....	26
2.2.10	Extracción de estaño .....	26
2.2.11	El estaño en el Perú .....	27
2.3	Definición de términos básicos .....	27
CAPÍTULO III .....		28
3.	METODOLOGÍA.....	28
3.1	Tipo de investigación .....	28
3.2	Metodología aplicada para el desarrollo de la solución .....	28
3.3	Comprensión de la solicitud .....	29
3.3.1	Inicio de diseño .....	29
3.3.2	Asumir el problema en forma crítica.....	30
3.3.3	Averiguar el estado de tecnología.....	30
3.3.4	Colocar prioridades cuantificarlas y ordenarlas .....	30
3.3.5	Organizar el desarrollo del proyecto .....	30
3.4	Conceptos de solución.....	31
3.4.1	Estructura de función .....	31
3.4.2	Representar la estructura de funcionamiento .....	32
3.4.3	Análisis técnico y económico del concepto de solución.....	32
3.5	Elaboración del proyecto.....	32
3.6	Elaboración de detalles .....	33
CAPÍTULO IV .....		34
4.	ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....	34
4.1	Identificación de requerimientos .....	34
4.1.1	Estado del arte.....	34
4.1.2	Tipos de Colectores .....	35
4.1.3	Lista de exigencias .....	39
4.2	Determinar las funciones y sus estructuras .....	42
4.2.1	Caja negra (Black Box) .....	42
4.2.2	Caja blanca.....	44
4.3	Matriz morfológica .....	44
4.4	Determinación de la solución óptima .....	47

4.5	Propuesta de solución .....	50
4.6	Toma de datos iniciales .....	51
4.7	Diseño .....	52
4.7.1	Selección de Material .....	52
4.7.2	Análisis estructural .....	54
4.7.3	Cálculo de diámetros de los conductos y de las pérdidas de carga .....	101
4.8	Plan de mantenimiento .....	103
4.9	Plan de implementación de mediciones .....	104
4.10	Metrado y costos del diseño .....	105
4.10.1	Formula de actualización de precios. ....	106
CAPÍTULO V .....		108
CONSTRUCCIÓN .....		108
5.1	Lista de piezas.....	108
5.2	Simulación y resultados .....	109
CONCLUSIONES.....		114
RECOMENDACIONES.....		115
BIBLIOGRAFÍA.....		116
Anexos.....		118

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de colector de polvo .....	14
Figura 2: Ventilación de faja transportadora.....	23
Figura 3: Etapas del proceso de diseño segun norma VDI 2221 .....	29
Figura 4: Block box (caja negra) .....	31
Figura 5: Evolución del colector de polvo .....	35
Figura 6: Colector de cartucho.....	36
Figura 7: Colector de bolas .....	37
Figura 8: Colector de ciclon.....	37
Figura 9: Colector de neblina.....	38
Figura 10: Colector portátil.....	39
Figura 11: Caja negra ( black box).....	43
Figura 12: Estructura de funciones (caja blanca).....	44
Figura 13:Primera propuesta de solucion.....	46
Figura 14: Segunda propuesta se solución.....	46
Figura 15: Tercera propuesta de solucion .....	47
Figura 16: Representacion lineal valorativa del aspecto tenico y el aspecto economico .....	50
Figura 17: Sistema de colector de polvo .....	50
Figura 18: Campana de captura 1 .....	57
Figura 19: Tramo 1-D del colector de polvo.....	60
Figura 20: Campana de captura 3 .....	64
Figura 21: Tramo 3-A del colector de polvo.....	67
Figura 22: Tramo 4-A del colector de polvo.....	70
Figura 23: Tramo 2-C del colector de polvo.....	74
Figura 24: Tramo 5-C del colector de polvo.....	77
Figura 25: Tramo A-B del colector de polvo.....	80
Figura 26: Tramo B-C del colector de polvo .....	84
Figura 27:Tramo B-D del colector de polvo.....	87
Figura 28: Tramo D-E del colector de polvo .....	91
Figura 29: Tramo F-G del colector de polvo .....	94
Figura 30: Colector de cartuchos .....	97
Figura 31:Dimensiones de colector de polvo.....	97

Figura 32: Ventilador del sistema de colector .....	100
Figura 33: Troncales y ramales del sistema de colector .....	102

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios de diseño de control de polvo .....	24
Tabla 2: Velocidad mínima en ductos .....	24
Tabla 3: Recomendaciones de velocidad de captura .....	25
Tabla 4: Lista de exigencias (14) .....	30
Tabla 5: Metodología de planificación del desarrollo del proyecto.....	31
Tabla 6: Matriz morfológica .....	32
Tabla 7: Modelo técnico del concepto de solución.....	32
Tabla 8: lista de exigencias .....	40
Tabla 9: Matriz morfológica .....	45
Tabla 10: Evaluación de la lista de exigencias .....	48
Tabla 11: Evaluación preliminar del valor técnico .....	49
Tabla 12: Evaluación preliminar del valor económico .....	49
Tabla 13: Límites máximos permisibles respirables de polvo de acuerdo con el decreto supremo .....	51
Tabla 14: Límites adoptados para la fracción respirable por metro cúbico .....	51
Tabla 15: Evaluación: Comparación promedio de resultados del límite máximo permisible y de del estándar permitido .....	52
Tabla 16: Propiedades químicas ASTM A36 .....	53
Tabla 17: Propiedades mecánicas ASTM A36 .....	53
Tabla 18: Propiedades químicas SC .....	54
Tabla 19: Propiedades mecánicas SCH 40/ASTM A53 .....	54
Tabla 20: Composición química ASTM A992 GR 50.....	54
Tabla 21: Composición mecánica ASTM A992 GR 50. ....	54
Tabla 22: Resumen de los 5 puntos de colección de polvo .....	74
Tabla 23: Datos de selección de colector.....	98
Tabla 24: Datos de colector de bolas. ....	99
Tabla 25: Datos de colector de cartucho.....	99
Tabla 26: Datos de selección de ventilador .....	100
Tabla 27: Parámetros de selección de equipos.....	100
Tabla 28: Resumen de campanas y tramos del colector .....	101
Tabla 29: Resumen de ductos por tramo y parámetros.....	102
Tabla 30: Consolidación de memoria de cálculos del colector de polvo.....	103

Tabla 31: Plan de mantenimiento de los extractores de aire.....	103
Tabla 32: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire .....	104
Tabla 33: Costos aproximados de recursos para el desarrollo del colector de polvo	106
Tabla 34: Listado de piezas que conforma el colector de polvo,.....	108
Tabla 35:Listado de piezas que conforma el colector de polvo,.....	108

## RESUMEN

El propósito de esta investigación consiste en abordar la problemática relacionada con el aumento de la producción de concentrado y la expansión de la planta. En este contexto, se ha observado que el sistema de colectores existente ha perdido eficiencia debido a su tamaño insuficiente, lo que ha ocasionado un aumento en la contaminación dentro de la planta. Este incremento en la contaminación tiene un impacto directo en la salud y el bienestar ergonómico de los trabajadores.

El objetivo central de este estudio es desarrollar un diseño para un nuevo sistema de colectores de polvo en la sección de chancado de la planta de pre-concentrado. La investigación adopta un enfoque tecnológico y se basa en la metodología de VDI 2221 y VDI 2225. Estos modelos permiten recopilar información y condiciones relevantes, lo que proporciona un profundo entendimiento de las nuevas condiciones operativas. Esto a su vez facilita la reevaluación del diseño existente y la identificación de nuevas exigencias. El resultado es la creación de un prototipo que cumple cabalmente con las necesidades específicas de la planta de concentrado.

Se diseñó un sistema de recolección de polvo que cumple con las normas y condiciones requeridas, con una capacidad de 17,000 CFM para 1,845 pies cuadrados, demostrando resultados óptimos en la simulación además se identificaron los requisitos para dimensionar el colector de polvo, optando por el Modelo DFO 3-18 con una capacidad de 19,500 CFM y una eficiencia de filtración del 99.999% a 0.5 micrones y se seleccionaron los materiales adecuados, se eligió un ventilador con una capacidad de 18,000 CFM, que a una altitud de 4,600 metros mostró una caída de presión de 21.00 in wg y un motor efectivo de 100 HP.

**PALABRAS CLAVES:** Sistema de colector, ductos, campanas, ductos tipo Y, bridas, colector, Potencia de motor y simulación del sistema de colector.

## ABSTRACT

The purpose of this research is to address the problems related to increasing concentrate production and plant expansion. In this context, it has been observed that the existing collector system has lost efficiency due to its insufficient size, which has caused an increase in pollution within the plant. This increase in pollution has a direct impact on the health and ergonomic well-being of workers.

The central objective of this study is to develop a design for a new dust collector system in the crushing section of the preconcentrate plant. The research adopts a technological approach and is based on the methodology of VDI 2221 and VDI 2225. These models allow relevant information and conditions to be collected, providing a deep understanding of the new operating conditions. This in turn facilitates the re-evaluation of the existing design and the identification of new requirements. The result is the creation of a prototype that fully meets the specific needs of the concentrate plant.

A dust collection system was designed that meets the standards and required conditions, with a capacity of 17,000 CFM for 1,845 square feet, demonstrating optimal results in the simulation. In addition, the requirements for sizing the dust collector were identified, opting for the Model . DFO 3-18 with a capacity of 19,500 CFM and a filtration efficiency of 99.999% at 0.5 microns and the appropriate materials are selected, a fan with a capacity of 18,000 CFM was chosen, which at an altitude of 4,600 meters showed a drop of pressure of 21.00 in wg and an effective motor of 100 HP

## INTRODUCCIÓN

El proyecto para desarrollar se encuentra en la planta concentradora, de estaño, dentro del área de influencia de la zona de chancado, a una elevación aproximada de 5,200 m.s.n.m. Debido al funcionamiento deficiente del sistema de colector de polvo, se requiere modificar todo el sistema del proceso que está conformado por fajas transportadoras, que alimentan a la planta modular de chancado. Los equipos descritos cuentan con un sistema de colector de polvo conformado por un colector de polvo, red de ductos y campanas extractoras, que están ubicadas dentro de la planta de chancado. Debido al incremento de producción de concentrado, a la expansión de la planta y la falta de mantenimiento ha perdido eficiencia ya que se encuentra sub-dimensionado. Por tales factores la polución se ha generado mayor cantidad de polvo, donde la calidad del aire muestra que la cantidad de polvo promedio en el ambiente es 130000 microgramos por metro cubico, una cantidad nociva para la salud del personal que trabajan en la empresa por lo cual esto repercute directamente en la salud y condiciones ergonomías de los trabajadores.

Debido al funcionamiento deficiente del sistema de colector de polvo, se requiere modificar todo el sistema de ductos, campanas de extracción, soportes, soportes temporales y la plataforma de acceso a las campanas, compuertas de regulación, de los colectores de ya existentes.

Por tal motivo se ha decidido implementar un plan de mejora del sistema de colector de polvos y manejo de materiales, que permita lograr la mitigación de polvo, mejorando las condiciones ambientales y mejorando las condiciones de trabajo de los colaboradores que laboran a diario en dicha área y cumpliendo las normas y leyes vigentes (Decreto Supremo N° 074-2001-PCM).

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PLAN DE ESTUDIO**

#### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

##### **1.1.1 Planteamiento del problema**

En relación a la calidad del aire (1), se incorporaron resultados de 10 estaciones de muestreo en condiciones iniciales (2006, 2013, 2015); de 06 estaciones de la red de monitoreo para control y seguimiento (2007 - 2017) y de 02 estaciones de los monitoreos puntuales ubicados en la región de San Germán. Se llevaron a cabo mediciones de los parámetros de PM10, PM2,5, As, Pb, Hg, SO2 y gases (CO, NO2, O3 y H2S). Las concentraciones registradas fueron contrastadas con los Estándares de Calidad Ambiental para el aire (Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, Decreto Supremo N°069-2003-PCM), así como con la Resolución Ministerial N°315-96-EM/VMM, y de manera referencial con los Estándares de Calidad Ambiental actuales (Decreto Supremo N°003-2017-MINAM). Se observaron excesos puntuales para el PM10 en los años 2007, 2008, 2015 y 2016, durante la época de sequía, debido a la mayor generación de partículas en suspensión; y también para el PM2,5 en las estaciones E-2 y E-3 durante el año 2014, como indicó el responsable, a causa de su proximidad a las operaciones mineras.

Se requiere implementar un plan de mejoras del sistema de control de polvo y manejo de materiales, que pueda lograr la mitigación del polvo y mejorar el ambiente de trabajo.

El proceso está conformado por las siguientes fajas transportadoras que alimenta a la planta Modular de Chancado. Los equipos descritos cuentan con un sistema de recolección de polvo que está compuesto por un Colector de Polvo, red de ductos y campanas extractoras, que están ubicados dentro de la Planta de Chancado, esto hará que la unidad minera se beneficie con esta nueva implementación. Como se muestra en la siguiente figura 1.

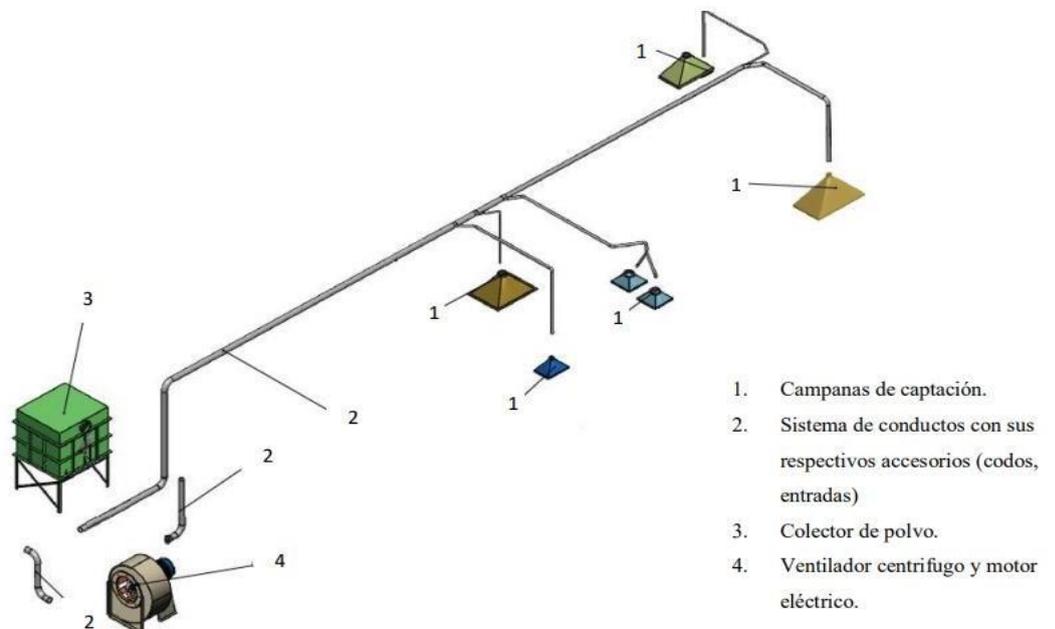


Figura 1: Sistema de colector de polvo, Tomado de David Pilamunga (25)

Por incremento de producción de concentrado y expansión de la planta y la falta de mantenimiento adecuado, ha perdido eficiencia ya que se encuentra sub dimensionado. Por tales factores la polución en la planta se ha incrementado, lo que repercute directamente en el bienestar físico y condiciones ergonómicas de los trabajadores.

Debido a esta problemática se plantea proponer un nuevo sistema de colector de polvo para tal magnitud de incremento de producción

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Será posible el diseño de un sistema de colector de polvo en el área de chancado de la planta de pre-concentrado de estaño?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo se identificarán los requerimientos vitales para el correcto dimensionamiento del sistema colector de polvo?
- b) ¿Qué material y que propiedades se requerirá para los ductos y campanas?
- c) ¿Qué dimensiones y características tendrán las campanas y ductos del colector de polvo?
- d) ¿Cómo se realizará el modelamiento del sistema de colector de polvo?
- e) ¿Cómo se realizará la simulación y optimización del sistema de colector de polvo?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema colector de polvo en el área de chancado de la planta de pre-concentrado de estaño.

### **1.3.2 Objetivos específico**

- a) Identificar los requerimientos necesarios para el dimensionamiento correcto del sistema colector de polvo
- b) Definir los materiales y sus propiedades a usarse para los ductos y campanas.
- c) Calcular las dimensiones y características de las campanas y ductos del colector de polvo.
- d) Realizar el modelamiento del sistema de colector de polvo.
- e) Realizar la simulación con los cálculos realizados y optimización del sistema colector de polvo

## **1.4 Justificación e importancia**

### **1.4.1 Justificación teórica**

El propósito de esta investigación es evidenciar la disminución de la contaminación ambiental y la exposición personal a partículas de polvo. Las operaciones mineras y las instalaciones de concentración de minerales generan diversos contaminantes atmosféricos en distintas cantidades. Actualmente, la exposición promedio a partículas de polvo respirable es de  $4.5 \text{ mg/m}^3$ , superando los límites de exposición para partículas respirables, y llegando a  $500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  en promedio, que es el estándar de calidad ambiental. Estos valores deben ser controlados a través de la implementación de un diseño de sistema de recolección de polvo.

### **1.4.2 Justificación práctica**

El presente trabajo del diseño del colector de polvo beneficiará a la unidad minera donde se trabaja y puede ser replicado en diferentes empresas que cuenta con similitudes en cuanto a la morfología del diseño; este cuenta con diversas campanas de extracción haciendo un mejor uso de la captación de las partículas suspendidas en el aire y además contará con un recubrimiento de enjebado haciendo aún más duradero el tiempo de vida útil de los materiales, pudiendo darte un mantenimiento solo con el cambio del enjebado reduciendo también el costo de mantenimiento

### **1.4.3 Justificación metodológica**

El punto de partida fue la alta contaminación que se encuentra en el área de chancado haciendo así un análisis de la situación y ver la forma de reducir e implementar un nuevo diseño para la mejora del ambiente de trabajo, luego de esto se hizo un estudio de que materiales convendría utilizar dando una mejora de diseño para un resultado favorable; teniendo en cuenta también un mantenimiento del equipo sencillo y económico.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema**

##### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

Andreina Meléndez (2), en su investigación “Diseño de un sistema para minimización de polvo en los silos de harina de maíz terminada del proceso productivo de Demaseca”, tiene como objetivo crear un sistema que minimice la emisión de polvo en los silos que almacenan harina de maíz . Utilizó un enfoque experimental como método de investigación. Los resultados obtenidos revelaron que al utilizar un flujo de alimentación de harina de maíz de 12,000 Kg/h, se logró una reducción del 98.32% en la concentración de polvo en el entorno, lo que sugiere que esta alternativa es recomendable para mitigar la emisión de polvo.

David Patricio Pilamunga Rigchag (3), en su tesis denominada “Diseño de un sistema de absorción de polvos para la planta de pisos de la empresa Ecuaceramica de la ciudad de Riobamba”, tiene como objetivo desarrollar un sistema que capture las partículas de polvo en la planta de producción de pisos de la empresa Ecuacerámica en Riobamba. Se basó en la metodología establecida por la ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales), una norma internacional. Esta metodología determinó las dimensiones de cada componente del

sistema de recolección de polvo. La modelación y simulación se llevaron a cabo mediante el uso del software SolidWorks. Los resultados obtenidos proporcionaron las dimensiones necesarias para todos los componentes del sistema de recolección de polvo de tipo manga, que puede alcanzar una eficiencia de filtrado del 90% y reducir la liberación de contaminantes al medio ambiente.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Luis Enrique López Morales (4) en su estudio titulado "Aplicación de la metodología Racmen en el colector de polvo de una empresa cementera para mejorar su fiabilidad", tiene como propósito aumentar la fiabilidad en el uso de los filtros de tipo Jet pulse en una empresa productora de cemento. A lo largo de este proyecto, se desarrolló la metodología RCM con meticulosidad, considerando aspectos técnicos, económicos, ambientales y de seguridad en relación con el funcionamiento del Filtro Colector Jet Pulse 3424 en el edificio del Molino UBE de la empresa Cementera S.A. El enfoque es mejorar los aspectos de mantenimiento. Al final, se empleará el modelo de Weibull para estimar la confiabilidad actual y compararla con los nuevos parámetros determinados después del proceso. Los resultados ampliarán nuestra comprensión sobre la implementación de RCM y el mantenimiento predictivo, primero en todos los filtros de la planta y luego en equipos de otras secciones del proceso productivo.

Alexis Gustavo Chipana Calderón (5) lleva a cabo una investigación titulada "Diseño de un sistema centralizado de captura de polvo para mitigar el impacto ambiental en la sociedad minera CORONA". Su objetivo es desarrollar un sistema de captura centralizado para reducir el impacto ambiental en la sociedad minera Corona. Utiliza una metodología de investigación cuantitativa que abarca la recopilación de datos y se ajusta a las normativas y procedimientos tales como ACGHI, AMCA, ASME, ASTM y SMACNA. El diseño permitirá la recolección de 2400 kg/día de polvo que anteriormente se dispersaba en la atmósfera, logrando así un entorno laboral más saludable.

Fabricio Javier Sarmiento Bolaños (6) en su investigación titulada "Diseño de un sistema de recolección de polvo para el proceso de chancado secundario en una planta concentradora de cobre", tiene como objetivo reducir los niveles de polvo en el aire de  $140,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mediante la implementación de un sistema de colector de polvo. Emplea una metodología de investigación cuantitativa que implica la recopilación de datos conforme a las normas VDI 2221 y ACGHI. Se logra reducir la cantidad de partículas suspendidas a un valor de  $50 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$  garantizando el cumplimiento D.S. 074-2001-PCM (reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire).

## **2.2 Bases teóricas**

En este capítulo se desarrollará las bases teóricas, sobre el diseño del colector de polvo, modos de captación de las partículas suspendidas y los materiales que se usaran al fabricar.

Con el fin de alcanzar la gestión óptima de las partículas en suspensión, se elaboran sistemas destinados al control y la mitigación del polvo. El propósito fundamental consiste en evitar la dispersión del polvo en el entorno. Con el propósito de ampliar el ámbito de control de partículas, se propondrán reflexiones acerca de los conceptos forjados en este proyecto.

### **2.2.1 Diseño de Ingeniería**

La disciplina de la ingeniería mecánica (7) se dedica en gran cabalidad al cálculo de componentes y sistemas mecánicos. A pesar de su importancia crucial, este aspecto representa apenas una etapa dentro del proceso global de diseño. La incorporación de un enfoque holístico en el proceso permite a los estudiantes obtener una comprensión más precisa del diseño, amalgamar los conocimientos adquiridos y aplicar un enfoque metódico. Para el diseñador, esta aproximación proporciona la oportunidad de apartarse de enfoques empíricos, frecuentemente empleados al abordar problemas de diseño, en favor de un método más fiable.

### **2.2.2 Colector de polvo**

Un dispositivo de recolección de partículas (8) es un sistema diseñado para depurar el aire al eliminar partículas de polvo u otras sustancias similares presentes en el flujo, con el fin de lograr su purificación. Su propósito radica en la purificación de considerables volúmenes de aire y en la acumulación de los residuos resultantes. Esta herramienta es ampliamente utilizada en sectores como la industria minera y química, y su funcionamiento es un proceso directo, eficaz y económico.

### **2.2.3 Polvo**

Según la fuente (8), el polvo consiste en un conjunto de partículas sólidas que se encuentran fragmentadas en una forma muy fina, pudiendo dispersarse en el entorno sin experimentar alteraciones físicas o químicas. Estas partículas tienen tamaño pequeño y en general, el polvo posee dimensiones inferiores a 500 micrómetros en promedio.

### **2.2.4 Filtro de mangas**

Los sistemas de filtración de manga (9), también conocidos como unidades de bolsas, constituyen los equipos más eficaces en la separación entre sólidos y gases. Estos filtros tienen la capacidad de capturar elevadas cargas de partículas generadas por diversos procesos industriales en sectores como la minería, la energía, la siderurgia, el amianto, la madera y la industria papelera, así como las áreas farmacéutica, química y petroquímica. Este tipo de sistema de recolección de polvo se emplea cuando se busca lograr una filtración altamente eficiente para eliminar partículas que tienen dimensiones que varían desde el submicrónico hasta varios cientos de micrómetros de diámetro, con una eficiencia que alcanza el 99,99%. El rango de temperaturas convencional para la operación del filtro de manga es de hasta 260°C, y para los valores comunes de la caída de presión oscilan entre 1200 a 5000 Pa.

#### **2.2.4.1 Dimensiones básicas y criterios de selección**

El diseño modular del filtro de mangas de tipo Pulse-Jet (9) permite su adaptación sencilla a las necesidades específicas del cliente. Es

capaz de operar en diversas condiciones y ofrece la capacidad de controlar concentraciones elevadas de gases en volúmenes considerables. Las dimensiones del filtro están principalmente determinadas por el propósito y las condiciones técnicas requeridas. Para comprender mejor el proceso de dimensionamiento del filtro de mangas, aquí se detallan las características básicas de un modelo estándar:

- Área efectiva de filtración: 70 m<sup>2</sup>
- Capacidad del flujo de aire: hasta 10,000 m<sup>3</sup>/h de gas, con una carga promedio de polvo de 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h.
- Dimensiones de la base del módulo: 2500 x 1200 mm.
- Altura del módulo: 6500 mm.

Cada módulo estándar contiene uniformemente distribuidas 45 bolsas de filtro en 5 filas, con 9 bolsas por fila. Cada fila está equipada con una válvula de diafragma de pulso.

La dimensión del filtro se relaciona directamente con el área efectiva de la superficie de la tela, que se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$A=Q/q \text{ [m}^2\text{]}$$

en la que:

A: área específica de la tela [m<sup>2</sup>]

Q: flujo volumétrico de gas [m<sup>3</sup>/h]

q: carga específica de la superficie de filtro [m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h]

#### **2.2.4.2 Principio de funcionamiento del filtro de mangas**

De acuerdo con la fuente citada (9), el gas que transporta partículas de polvo ingresa a la tolva del filtro mediante un conducto de entrada ubicado en la parte inferior de la estructura prismática. El flujo gaseoso colisiona con una cubierta protectora, lo que provoca la caída de las partículas de polvo en la tolva. Este fenómeno se debe a la acción de la fuerza centrífuga y, en parte, al propio peso de las

partículas. De esta manera, se efectúa la separación de las partículas de mayor tamaño. La limpieza del gas involucra distintos mecanismos (como la intercepción, la difusión y la sedimentación), los cuales varían según el tamaño y el tipo de partículas presentes. La fase de limpieza continúa a través de las bolsas de filtro, estableciendo una capa de polvo sobre las superficies de las mismas que se desecha en la tolva durante la etapa de regeneración. En esencia, el proceso de limpieza se lleva a cabo mayormente mediante la filtración del gas. Tras atravesar la boquilla Venturi y el conducto de salida, el gas fluye hacia el ventilador y luego se libera en la atmósfera.

El filtro de mangas está equipado con cámaras de entrada y salida, que cuentan con puertas de inspección para simplificar la instalación, revisión visual y reemplazo de las bolsas de filtro.

Ráfagas regulares de aire comprimido, con una presión que varía entre 0,4/ y 0,8 MPa, son inyectadas tangencialmente en intervalos muy cortos (0,1 ÷ 0,2 s) mediante una boquilla Venturi. Esto provoca vibraciones necesarias para una limpieza completa. La duración de estas ráfagas determina el consumo de aire comprimido, típicamente representando entre 0,1 ÷ 0,2% del flujo de gas limpio, es decir, una fracción de la energía total. El polvo separado se acumula en tolvas equipadas con un sistema de transporte para transferir el polvo hacia los puntos de recolección desde donde es descargado.

#### **2.2.5 Criterios de diseño**

El criterio de diseño (10) para la selección el caudal de extracción en los puntos de generación de polvo es el recomendado en el Industrial Ventilation Handbook

#### **2.2.6 Caudal de aire requerido**

Para el cálculo del caudal requerido se realizará tomando la recomendación con mayor aceptación, del manual de ventilación industrial.

En la siguiente figura 2, se establecen los siguientes parámetros o datos de entrada para su evaluación y criterios de diseño de la posición de las campanas extractoras

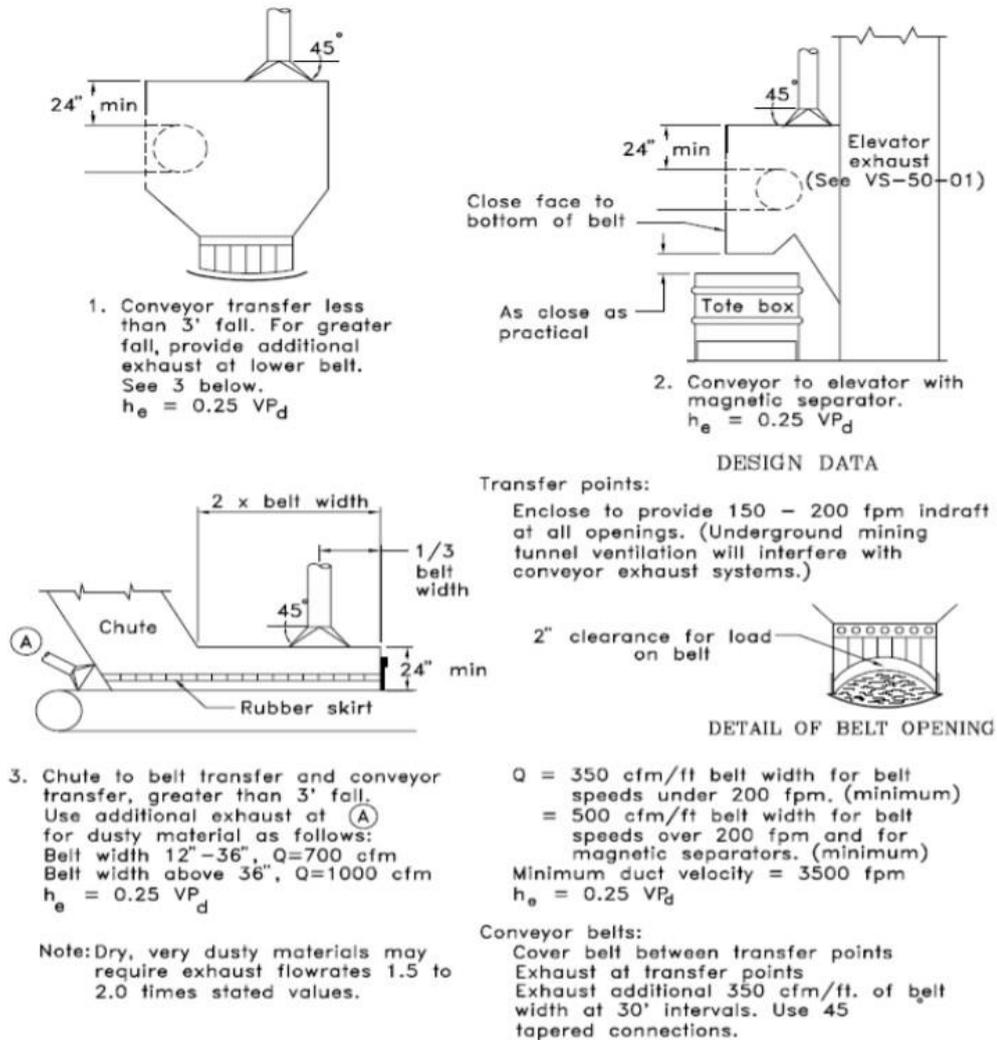


Figura 2: Ventilación de faja transportadora. (10)

De la figura 2 se establecen los siguientes parámetros o datos de entrada para su evaluación, en la tabla 1 se muestran los criterios y parámetros que se evaluará para el diseño de colector de polvo como se indican a continuación en la tabla 1.

Tabla 1: Criterios de diseño de control de polvo

critério	parametros a evaluar	referencia
velocidad y ancho de faja transportadora	velocidad - fpm y ancho de faja -ft	ACGHI-manual de ventilacion
altitud de la caidad de material de transporte de faja	altitud de caida de >3 ft.	ACGHI-manual de ventilacion
velocidad en area abierta de encapsulado y cobertura	200 a 400 fpm	ACGHI-manual de ventilacion

Tomado de Carlos Alberto Ech varri (11)

### 2.2.7 Velocidad de captura

La velocidad de captura se establece como la velocidad mínima requerida para apresar y conducir el agente contaminante hacia el interior de una campana. Los valores recomendados según las directrices del manual de ventilación se encuentran especificados en la tabla 2 a continuación.:

Tabla 2: Velocidad mínima en ductos

condiciones de dispersion del contaminante	ejemplo	velocidad de captura (fpm)
liberacion con velocidad practicamente nula en el aire quieto	evapotacion de tanques de sangrase, etc	50-100
liberacion de baja velocidad en aire en movimiento moderado	soldadura, baños electroliticos, decapado	100-200
generacion activa en una zona de rapido movimiento	aplicación de pintiura a pistola, llenado de recipientes	200-400
liberacion con alta velocidad inicial en zona de movimiento de aire muy rapido	pulido, operaciones de abracion en general. Esmerilado, chorro abrasivo	500-2000

Tomado de Carlos Alberto Ech varri (11)

La velocidad de captura a utilizar para el dimensionamiento de las campanas de extracción será de 400 fpm con la finalidad de ubicarnos dentro del rango de 200 y 500 fpm. (400) fpm.

### 2.2.8 Velocidad de transporte

La velocidad de transporte se manifiesta en los conductos justo después de la campana de extracción. En la tabla 3 que sigue, se elige la velocidad de tal manera que se reduzca al mínimo la fricción y se evite energicamente cualquier acumulación o deposición de partículas sólidas en el sistema de conductos.

Tabla 3: Recomendaciones de velocidad de captura

Naturaleza de contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño
Vapores, gases, humo	Todos los vapores, gases y humos	Cualquier velocidad deseada (óptimo económica velocidad usualmente 1000-2000 fpm)
Vapores	Soldadura	2000-2500
Polvo ligero muy fino	Pelusa de algodón, harina de madera, polvo litográfico	2500-3000
Polvos y polvos secos	Polvo fino de caucho, polvo de moldeo de baquelita, pelusa, polvo de algodón, virutas (ligeras), polvo de jabón, cuero virutas	3000-4000
Polvo industrial medio	Polvo de pulido, pelusa pulidora (seca), polvo de yute de lana (agitador residuos), granos de café, polvo de zapatos, polvo de granito, sílice harina, manipulación general de materiales, corte de ladrillos, polvo de arcilla, fundición (general), polvo de piedra caliza, embalajes y Pesaje de polvo de amianto en industrias textiles.	3500-4000
Polvos pesados	Serrín (pesado y húmedo), virutas de metal, fundición barriles volteadores y sacudidas, polvo de chorro de arena, madera bloques, desechos porcinos, virutas de latón, perforación de hierro fundido polvo, polvo de plomo	4000-4500

Pesado o húmedo	Polvos de plomo con pequeñas virutas, polvo de cemento húmedo, trozos de amianto de las máquinas cortadoras de tubos transite, pelusa pulidora (pegajosa), polvo de cal viva	4500 and u
-----------------	--	------------

Tomado de Carlos Alberto Echévarri (11)

La velocidad de transporte utilizada para el pre-dimensionamiento de los ductos es de 4000 fpm, una vez predefinido el diámetro del ducto se procede a establecer el diámetro con la finalidad de que la velocidad deba estar en el rango de 3500 a 4000 fpm tal como se muestra en la Tabla 3. Utilizamos 4000 fpm.

### 2.2.9 Estaño

El estaño es un metal blando de color azul plateado derivado del mineral casiterita. Es un metal base que comúnmente se mezcla con otros metales para crear aleaciones. Las aleaciones de estaño comunes incluyen bronce y peltre.

Este tipo de metal se usa generalmente como metal base conocido agregarles resistencia anticorrosiva las latas de acero utilizadas como envases de alimentos, es en realidad un componente vital de la cuarta revolución de la industria. Por el lado de la soldadura, el metal fundido que se utiliza para unir chips semiconductores a placas de circuitos y dispositivos electrónicos representa hoy en día aproximadamente la mitad de la demanda mundial de estaño es decir la mitad del estaño que se extrae actualmente se destina a la electrónica.

### 2.2.10 Extracción de estaño

El estaño se extrae de depósitos de vetas y estaño diseminado, que son menos comunes, y se extraen mediante métodos similares de extracción de roca dura que se utilizan para otros minerales no ferrosos como el zinc. El mineral se rompe mediante perforación y voladura, se transporta a una planta de procesamiento donde se tritura y se muele y luego se concentra utilizando métodos de gravedad. El concentrado suele ser de

una ley inferior (alrededor del 50% de estaño) que el concentrado de otros minerales debido al tamaño de grano fino de la casiterita (que es la forma mineral del óxido de estaño) y la dificultad de eliminar todos los minerales de sulfuro asociados

### **2.2.11 El estaño en el Perú**

La demanda mayor de componentes electrónicos ha generado a su vez una mayor demanda de estaño esto es una tremenda noticia para los pocos productores primarios de estaño. En el Perú se encuentra el productor de estaño más grande del hemisferio occidental y el tercero más grande del mundo, produciendo aproximadamente el 12% del estaño del mundo.

## **2.3 Definición de términos básicos**

**Diseño:** Conjunto de procesos necesarios para obtener la titulación de diseñador y ejercer esa profesión (12).

**Colector de polvo:** Un sistema de recolección de polvo es un dispositivo que mejora la calidad del aire liberado por actividades industriales o comerciales mediante la captura de partículas de polvo y otras impurezas presentes en un gas o aire (12).

**Ductos:** Un conducto es una estructura tubular utilizada para diversos propósitos. Cuando se emplea para transportar gases, se le conoce como gasoducto. Por lo general, es un conducto de acero que se instala en el suelo y permite el flujo de gas natural a alta presión. En cambio, un oleoducto es un conducto empleado para trasladar petróleo y sus derivados (12).

**Filtro:** Un filtro es un mecanismo que retiene ciertos elementos mientras permite el paso de otros. A menudo, se refiere a un material poroso que permite que un líquido fluya a través de él, pero bloquea las partículas que el fluido lleva en suspensión (12).

**Pórtico estructural:** Un pórtico es una estructura compuesta por pilares y vigas que interactúan entre sí. Las vigas se apoyan sobre los pilares, transfiriéndoles la carga. Si la unión entre la viga y el pilar es móvil, la viga solo transmite una carga vertical. En esta situación, los pilares operan en compresión simple (solo axial) (12)..

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación será investigación tecnológica no experimental, según Cegarra Sánchez, José (13) la investigación tecnológica tiene como objetivo la creación e invención de artefactos, maquinas, mecanismos, que ofrezcan al mercado un beneficio económico

Nuestro proyecto busca reducir la polución favoreciendo así un ambiente grato para el trabajador evitando exponer su salud y tener una mejor respuesta al realizar trabajos dentro de la zona afectada en centro minero

#### **3.2 Metodología aplicada para el desarrollo de la solución**

Para el trabajo de investigación en curso, para poder realizar el presente diseño de forma satisfactoria se usarán las normas VDI 2221 que lleva por título metodología de diseño en ingeniería mecánica. Para el diseño se utilizará software SolidWorks y simulación.

Lo método de diseño se desarrollan en 4 fases: como se muestra en la figura 3:

- Fase I: definir el problema
- Fase II: desarrollar conceptos y soluciones
- Fase III: desarrollar diseño
- Fase IV: elaboración de detalles de diseño

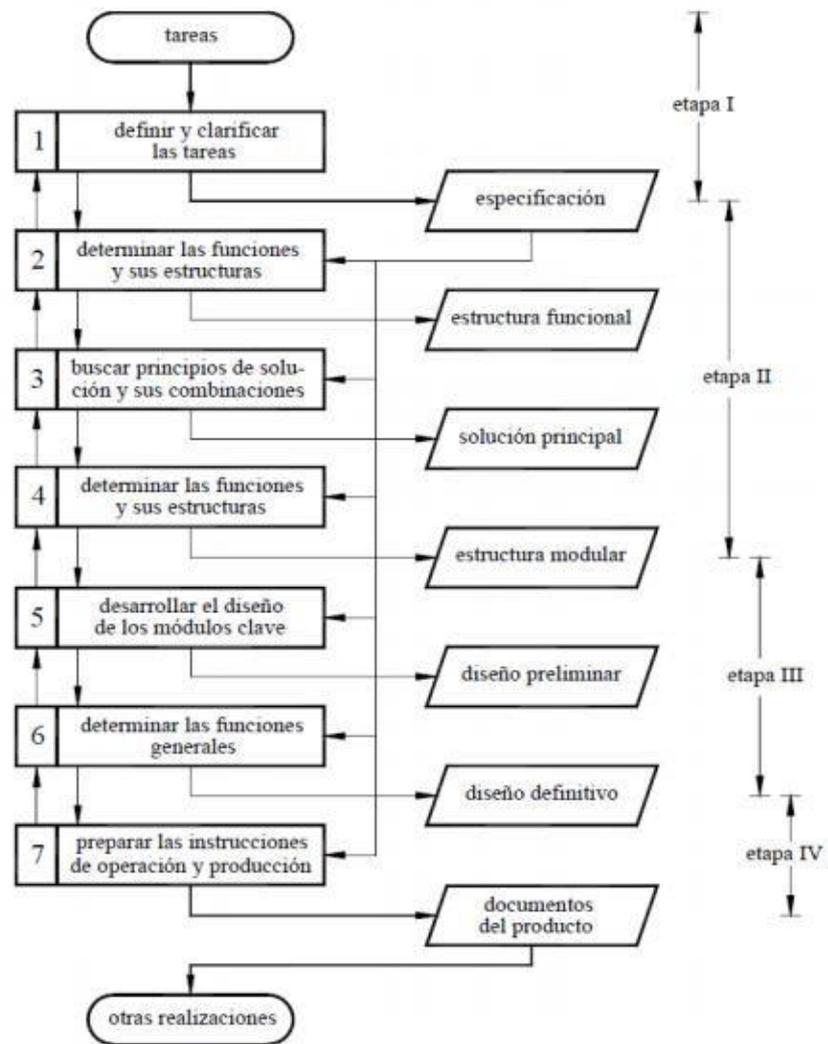


Figura 3: Etapas del proceso de diseño según norma VDI 2221, (14)

### 3.3 Comprensión de la solicitud

#### 3.3.1 Inicio de diseño

El diseño se desarrollará mediante una necesidad existente en el entorno de trabajo, una exigencia del problema que hay en la minería

### 3.3.2 Asumir el problema en forma crítica

En esta etapa se debe aclarar todos los inconvenientes, en la revisión de la información esta completa y no sea difícil de entender para los diseñadores para no incurrir en el incumplimiento de plazos y cause malos entendidos para evitar sanciones legales y económicas.

### 3.3.3 Averiguar el estado de tecnología

En esta etapa se trata de reunir toda la información concerniente al proyecto ya sean catálogos, revistas, patentes, tesis, libros, etc. Con la información encontrada se atacará el problema y esta tendrá un grado de conocimiento que nos permita el desarrollo del diseño.

### 3.3.4 Colocar prioridades cuantificarlas y ordenarlas

En esta etapa se clasificar la información recopilada y se llenará un formulario llamada lista de exigencias, esta comprende la información recibida por parte del cliente con las cuales se podrá distinguir las características de exigencia y deseos, para desarrollar el diseño deseado como se muestra en la siguiente tabla 4.

Tabla 4: Lista de exigencias (14)

LISTA DE EXIGENCIAS		EDICION	Pág: de:
PROYECTO:		CLIENTE:	Fecha: Redactado por:
Características	DE	Exigencias	Responsable

Tomado de Benjamín Barriga (14)

### 3.3.5 Organizar el desarrollo del proyecto

Comprende el desarrollo con mayor orden y exactitud de las actividades que se desarrollaran en plazos fijados determinado por semanas como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5: Metodología de planificación del desarrollo del proyecto

ACTIVIDAD	SEMANA									OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Tomado de Benjamín Barriga (14)

### 3.4 Conceptos de solución

#### 3.4.1 Estructura de función

En esta fase se encuentran las siguientes funciones:

- Black-box o caja negra: el proceso nos permite representar todo el diseño con una serie de funciones. Como se muestra en la figura 4



Figura 4: Block box (caja negra), (14)

- Secuencia de operación: nos permite visualizar la secuencia desde el encendido hasta el apagado.
- Fijar el proceso: nos permite ver el proceso antes, durante y después del funcionamiento del diseño.
- Caja blanca: en esta etapa se define las funciones que tendrá el diseño y nos muestra el proceso netamente interno del diseño.

### 3.4.2 Representar la estructura de funcionamiento

En esta etapa se detallan las funciones parciales divididas en la caja blanca, la combinación de parciales de la máquina diseñar y características constituyen el concepto de solución que nos dará 3 conceptos de solución de los cuales uno de ellos será elegido de acuerdo a la tabla 6.

Tabla 6: Matriz morfológica

FUNCIONES PARCIALES	PORTADORES DE FUNCIONES (características o principios de solución)			
	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
CONCEPTO DE SOLUCION				
	SOLUCION 1	SOLUCION 2	SOLUCION 3	SOLUCION 4

Tomado de Benjamín Barriga (14)

### 3.4.3 Análisis técnico y económico del concepto de solución

Se debe considerar las distintas opciones como la seguridad, la calidad y la ergonomía. Que se pueden suscitar en la elección de la solución como se muestra en la siguiente tabla 7.

Tabla 7: Modelo técnico del concepto de solución

CRITERIO ECONOMICO	VARIANTES				
	A	B	C	D	E
<b>TOTAL</b>					

Tomado de Benjamín Barriga (14)

## 3.5 Elaboración del proyecto

Al seleccionar la solución óptima se desarrolla el proyecto definitivo, en esta etapa se divide en:

- Proyecto preliminar.
- Proyecto definitivo.

### **3.6 Elaboración de detalles**

En esta etapa se realizará la elaboración del diseño esto incluye memoria de cálculos, dimensiones, planos y simulación.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

#### **4.1 Identificación de requerimientos**

##### **4.1.1 Estado del arte**

Los sistemas de recolección de partículas (15) tienen sus inicios alrededor de 1886, con su inventor, el ingeniero Wilhelm Friedrich Beth. Beth, identificó la necesidad de controlar los polvos generados durante los procesos de molienda de esa época. A partir de esta necesidad, ideó un sistema de aspiración que involucraba el uso de medios filtrantes para capturar los polvos. En 1887, fundó su propia empresa llamada WFL Beth Maschinenfabrik, que se convertiría en la pionera de una importante industria mundial orientada al control de partículas suspendidas en el aire.

Con el paso de los años, Wilhelm continuó diseñando nuevos modelos de sistemas para el control de polvos, que comenzaron a ser implementados en tareas de molienda enérgica, como la trituración de rocas, minerales, mármol, menas y la producción de cemento. Estos equipos obtuvieron rápidamente reconocimiento por parte del sector de la salud de la época, destacando por mejorar significativamente la calidad del aire en los entornos laborales. En 1921, Wilhelm logró patentar tres tipos diferentes de filtros diseñados para la eliminación de

polvo, lo que consolidó su posición como un equipo esencial para el control de partículas y la preservación de la salud de los trabajadores. Esto se refleja en la ilustración que se presenta a continuación.

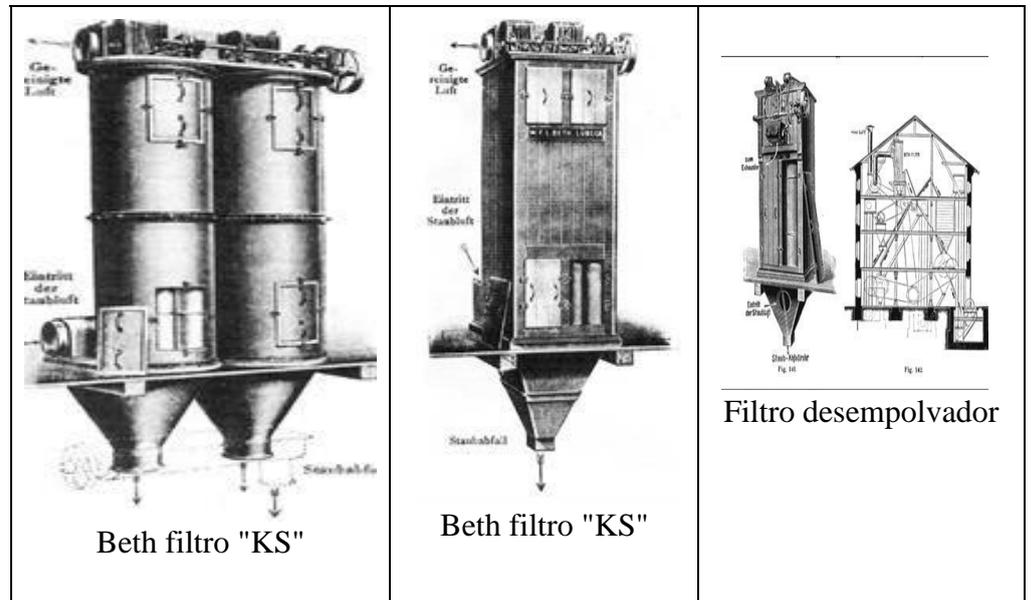


Figura 5: Evolución del colector de polvo, (16)

#### 4.1.2 Tipos de Colectores

En la actualidad (17), existen una gran variedad de colectores industriales para el control de polvos, humos y neblinas, algunos de los tipos más comunes son:

- Cartucho
- Bolsas
- Ciclón
- Neblinas
- Portátil

##### A. Cartuchos

Los Colectores de Polvos Tipo Cartucho (18), están diseñados y fabricados para extraer partículas finas de hasta 0.5 micras. Su función principal es recoger el aire a través de la campana, filtrarlo, eliminando partículas que pueden dañar la salud y el medio ambiente. Otro aspecto importante es que se puede reintroducir aire limpio en la instalación, mejorando la calidad

del aire para los trabajadores, o se puede liberar a la atmósfera libre de contaminantes.

El polvo captado por el sistema de filtros colectores es descargado a través de otros sistemas integrados como transportador de tornillo, válvula rotativa, válvula de doble contrapeso, tapa de cilindro, etc.



Figura 6: Colector de cartucho. (18)

## B. Bolsas

La casa de bolsas (18) es una unidad de diseño versátil que incluye, entre otras cosas, filtros de bolsa o camisas como material filtrante, con canastas para brindar estabilidad al filtro y soporte mecánico.

Esta clase de sistemas se instalan en diversas industrias como la alimentaria, fundición, automoción, papelera, farmacéutica, cementera, etc.



Figura 7: Colector de bolas. (18)

### C. Ciclón

El ciclón (18) es un separador mecánico que utiliza el principio de fuerza centrífuga para remover partículas sólidas de la corriente de aire. Los múltiples están diseñados por el experimentado departamento de ingeniería, lo que permite calcular las dimensiones de la planta y las tasas de entrada requeridas para el trabajo, lo que nos brinda una ventaja competitiva y nos permite brindar un mejor servicio a nuestros clientes.



Figura 8: Colector de ciclón. (18)

#### D. Neblinas

Los colectores de neblina de aceite (18) son dispositivos diseñados para funcionamiento continuo y generalmente se utilizan para recolectar neblina de enfriamiento, aceite, etc. como resultado del mecanizado, procesos de trefilado y varias otras aplicaciones.

Una característica especial de este tipo de equipos es que se pueden incorporar en aplicaciones con bajas cargas de polvo y niebla.



Figura 9: Colector de neblina. (18)

#### E. Portátil

Los Colectores de Polvos y Humos Portátiles (18), se diseñan con el objetivo de e para ser utilizados en procesos que necesitan de movilidad y que también puedan ser cambiado de lugar constantemente

Uno de los usos principales de este colector portátil de polvo y humo es durante la soldadura, el plasma, el procesamiento con láser y, a veces, incluso el corte de madera, donde se generan partículas finas. Este tipo de equipo ayuda a prevenir las partículas dañinas que se forman durante la exposición humana. Cuando se utiliza el dispositivo para soldar, el operador no está expuesto a los humos, ya que este tipo de polvo consiste en aproximadamente un 80 % de partículas submicrónicas (partículas muy finas) que pueden entrar fácilmente en los pulmones del soldador. Por eso, en Grupo Oasis se ha dado la tarea de producir sistemas específicos, versátiles y de alto

rendimiento, para eliminar estos humos y polvos que pueden poner en peligro la salud de los trabajadores.



Figura 10: Colector portátil.(18)

Estos sistemas de recolección industrial también se pueden categorizar como inerciales o por gravedad, limpieza de aire, electrostáticos o mecánicos, y se pueden usar directamente en las líneas de producción, ya sean industriales o comerciales en todo el mundo.

#### **4.1.3 Lista de exigencias**

Se recopila las exigencias con las que se desarrollara el proyecto de colector de polvo, tomando en cuentas algunos parámetros como: geometría, seguridad, medio ambiente, energía, materia prima, etc.

En la siguiente tabla 8 se desarrolla todas las exigencias que se desarrollaran el proyecto del colector de polvo.

Tabla 8: lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS		UNIVERSIDAD CONTINENTAL	Pág.
PROYECTO		E.A.P. Ingeniería Mecánica	Fecha :10/06/21
		Área de diseño	Autor: Gelberth Mogrovejo Marco palomino
Cambio Fecha	Deseo o exigencia	DESCRIPCION	RESPONSABLE
FUNCIÓN			
10/06/21	E	El diseño del colector tendrá una eficiencia que será mayor al 80%. Hacer los cálculos y posteriormente la simulación del colector de polvo.	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
GEOMETRIA			
10/06/21	E	El colector contará con ductos, campanas extractoras, soportes, spools tipo codo y rectos.	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
CINEMÁTICA			
10/06/21	E	La fuerza succión del colector deberá ser óptima para la adsorción de las partículas flotantes del área de chancado.	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
FUERZA			
10/06/21	E	El colector soportará la fuerza de succión, ya que tendrá una rigidez al momento de la succión de partículas	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
ENERGÍA			
10/06/21	E	Trabjará mediante energía eléctrica mediante un motor eléctrico y un ventilador seleccionados.	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino

MATERIA PRIMA			
10/06/21	E	Las partículas de mineral serán introducidas nuevamente al procesamiento de mineral.	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
SEÑALES			
10/06/21	E	El colector presentara botones ya sea para encendido y apagado del equipo.	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
SEGURIDAD			
10/06/21	E	El diseño debe contar con parada de emergencia. Se deberá usar los EEP adecuados para los trabajos de mantenimiento	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
ERGONOMIA			
10/06/21	E	el colector debe presentar dimensiones optimas que con objeto de que sea de fácil manipulación y un mantenimiento sencillo.	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
FABRICACIÓN			
10/06/21	E	Durante el diseño se buscará la seleccionar materiales existentes de calidad para garantizar la viabilidad del diseño	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
ENSAMBLE			
10/06/21	D	El montaje será de fácil montaje e instalación que nos permita un buen mantenimiento	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
MANTENIMIENTO			
10/06/21	D	El diseño del equipo contempla el mantenimiento sencillo de tal manera que este se pueda realizar sin ningún inconveniente ya que es de fácil desensamble.	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
TRANSPORTE			

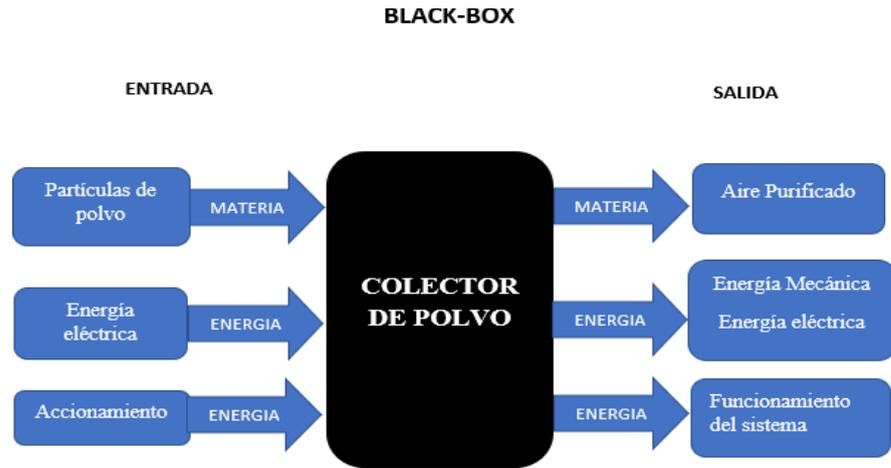
10/06/21	E	El colector debido a que es armable, su transporte será con mayor facilidad.	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
<b>CONTRIBUCION AL MEDIO AMBIENTE</b>			
10/06/21	E	El colector de polvo minimizara la emisión de partículas flotantes en el área y alrededores disminuyendo la contaminación del medio ambiente	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
<b>ASPECTOS LEGALES</b>			
10/06/21	E	se cumplirá con los actuales decretos supremos en cuanto a la suspensión de partículas PM 10, PM 2,5 permitidas por la ley peruana vigente	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
10/06/21	E	Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, Decreto Supremo N°069-2003-PCM), la Resolución Ministerial N°315-96-EM/VMM, y referencialmente con los ECA vigentes (Decreto Supremo N°003-2017-MINAM)	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino
<b>PLAZO</b>			
10/06/21	D	El diseño del sistema colector de polvo tendrá un plazo de 90 días	Gelberth Mogrovejo Marco Palomino

## 4.2 Determinar las funciones y sus estructuras

### 4.2.1 Caja negra (Black Box)

La Black Box de la máquina, conocida como caja negra, delinea las entradas precisas de los recursos en el sistema, así como las salidas resultantes de la transformación de estos recursos en formas tangibles, tal como se ilustra en la figura 11.

Figura 11: Caja negra (Black box)



### Entrada

- **Materia:** Recolección de datos para realizar el diseño
- **Energía:** corriente eléctrica trifásica 220 V.
- **Señal:** Simulación de colector de polvo en programa ansys

### Salidas

- **Materia:** diseño, ingeniería básica para selección de equipos y ensamblaje del colector de polvo.
- **Energía:** fuerza mecánica y potencia
- **Señal:** simulación y puesta en marcha el colector de polvo

### A. Secuencia de operación

1. Accionamiento: Energía suministrada por tablero central  
Cable de fuerza, encendido de la caja de control
2. Energía de aporte: Mediante la caja de control se hará el encendido del motor.
3. Transporte de flujo: Mediante las tuberías, campanas y codos succionarán el polvo suspendido en el aire hacia el colector para su purificación.
4. Filtro: Selección de partículas captadas.
5. Colector de polvo: Mediante este proceso el aire entrante con partículas de polvo será purificadas dentro del colector de polvo.

### 4.2.2 Caja blanca

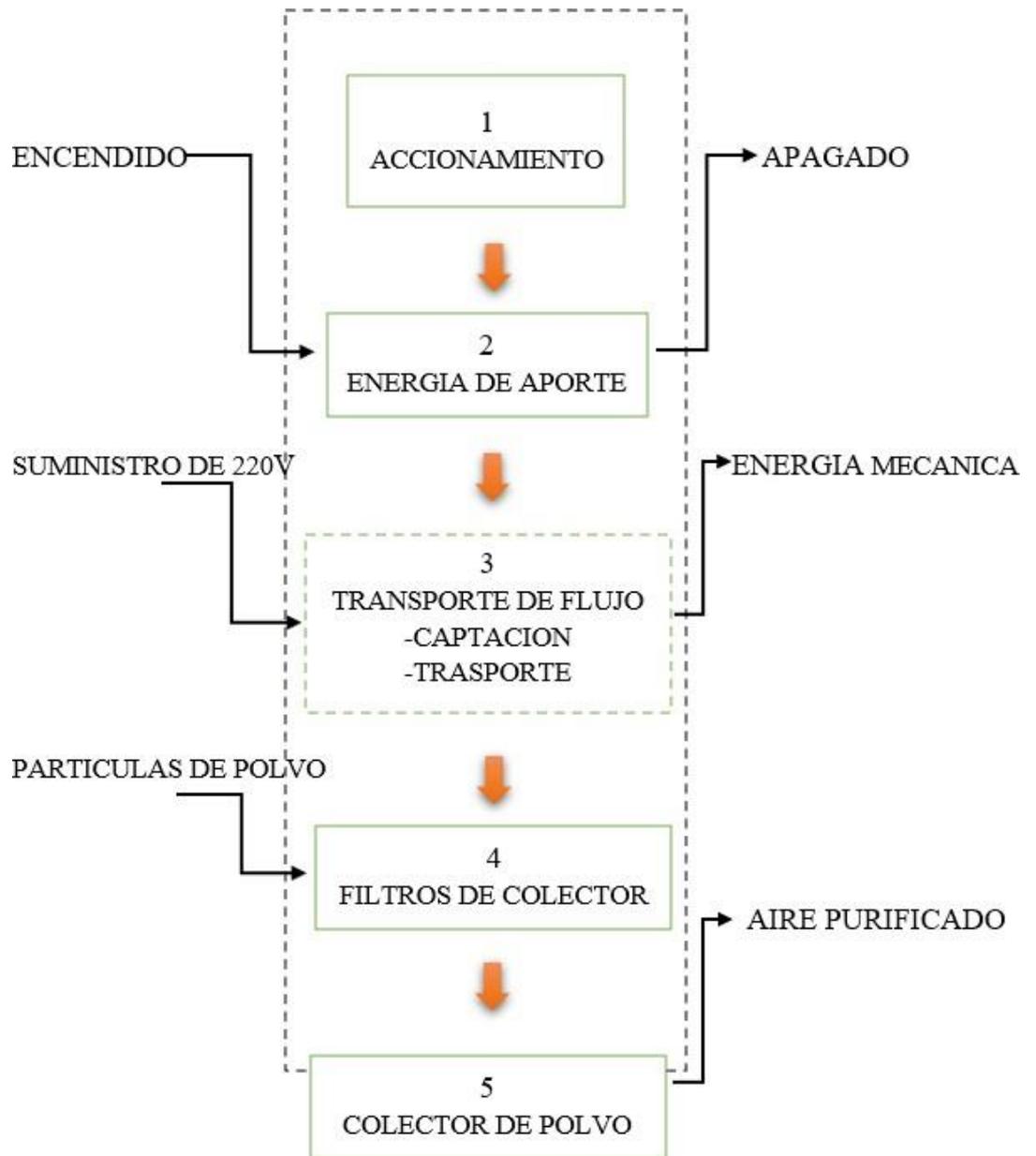
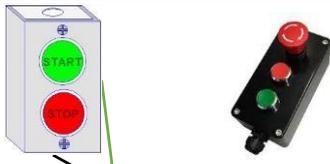


Figura 12: Estructura de funciones (caja blanca).

### 4.3 Matriz morfológica

Elaboración de la matriz morfológica con las funciones parciales detalladas como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9: Matriz morfológica

FASE 1	ACCIONAMIENTO	
FASE 2	ENERGIA	<p>AC CORRIENTE ALTERNA</p> <p>DC CORRIENTE CONTINUA</p>
FASE 3	CAPTADOR	
FASE 4	TRASPORTE	
FASE 5	FILTROS DE COLECTOR	
FASE 6	COLECTOR DE POLVO	

Nota: en la tabla se muestran la solución que se tomará para el desarrollo para el sistema de colector.

LEYENDA	
	PROYECTO 1
	PROYECTO 2
	PROYECTO 3

### A. Solución N° 1

Se tiene como solución el accionamiento, como energía se tiene la corriente continua, campana extractora con un diseño no acorde con lo requerido, tipo de transporte a través de tuberías soldadas entre sí, tipo de filtro circular de papel plegado y el colector de polvo con cartuchos.

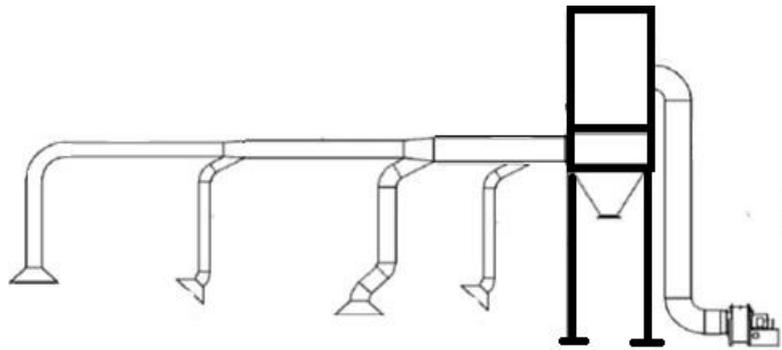


Figura 13:Primera propuesta de solución.

### B. Solución N° 2

Se tiene como solución el accionamiento, como energía se tiene la corriente continua, campana extractora con un diseño no acorde con lo requerido, tipo de transporte se tiene unas tuberías de material de policarbonato, tipo de filtro de manga y el colector de polvo con cartuchos tipo manga.

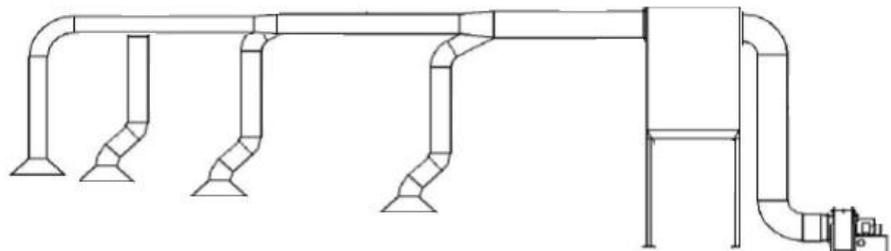


Figura 14: Segunda propuesta de elaboración.

### C. Solución N° 3

Se tiene como solución el accionamiento de star y stop, se usará corriente alterna AC, el aire será captadas con campanas extractoras,

pasando por tuberías de acero A36 bridadas para el conecionamiento entre ellas por medio de espárragos, y finalmente teniendo el colector de polvo con filtros para que puedan ser removidos cuando estos lo requieran son filtros cambiantes.

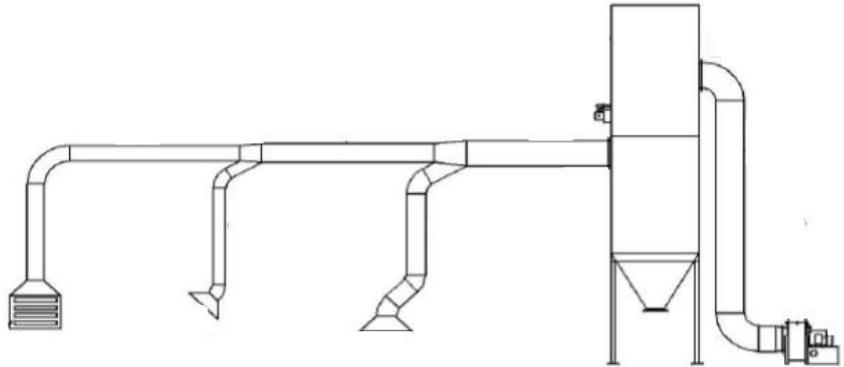


Figura 15: Tercera propuesta de solución.

#### 4.4 Determinación de la solución óptima

Siguiendo las pautas establecidas en la norma (VDI 2221), se elaboran esquemas que representan los conceptos de solución. A continuación, se realiza una evaluación de estos esquemas asignándoles valores en un rango de 1 a 4, en el cual::

0: no aceptable

3: satisfactorio

1: poco satisfactorio

4: muy satisfactorio

2: suficiente

La calificación se muestra en la siguiente tabla de evaluación de exigencias, siendo el concepto que tuvo mayor puntaje fue la solución N° 3

Tabla 10: Evaluación de la lista de exigencias

N°	CRITERIOS TECNICOS Y ECONOMICOS	SOLUCIONES	
		1	2
1	Diseño	3	4
2	Captacion de aire	2	
3	Facilidad de manejo	3	
4	Buen uso de fuerza		
5	Costo tecnologico		
6	Costo de operación		
7	Rendimiento		
8	Falicidad d		
9	Fac		

Se presentó la evaluación de proyectos preliminares en dos tablas, tabla 2 y tabla 3, una evaluando únicamente la parte técnica y la otra la parte económica.

Se tienen las siguientes consideraciones:

p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2221)

0 = No satisface, 1 = Casi aceptable, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)

g: el peso ponderado está en función de los criterios de evaluación. Tabla

Tabla 11: Evaluación preliminar del valor técnico

DISEÑO MECÁNICO - EVALUACIÓN DE PROYECTOS										Área de Diseño
Valor Técnico (Xi)										
Proyecto: Diseño de un sistema de colector de polvo en el area de chancado										
Criterios de evaluación para diseño en fase de conceptos o proyectos										
Variantes de Proyectos			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución Ideal	
Nº	Criterios de Evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Diseño	9	3	27	3	27	4	36	4	36
2	Captacion de Aire	9	2	18	3	27	3	27	4	36
3	Facilidad de manejo	8	3	24	2	16	3	24	4	32
4	Buen uso de fuerza	8	3	24	3	24	4	32	4	32
5	Costo Tecnológico	7	4	28	3	21	4	28	4	28
6	Costo de operación	7	3	21	2	14	4	28	4	28
7	Rendimiento	8	3	24	2	16	4	32	4	32
8	Facilidad de montaje	8	2	16	3	24	3	24	4	32
9	Facilidad de mantenimiento	8	4	32	2	16	4	32	4	32
Puntaje máximo $\sum p$ ó $\sum gp$			27	214	23	185	33	263	36	288
Valor Técnico Xi			0	0.74		0.64		0.91		1.00

Tabla 12: Evaluación preliminar del valor económico

DISEÑO MECÁNICO - EVALUACIÓN DE PROYECTOS										Área de Diseño
Valor Economico (Yi)										
Proyecto: Diseño de un sistema de colector de polvo en el area de chancado										
Criterios de evaluación para diseño en fase de conceptos o proyectos										
Variantes de Proyectos			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución	
Nº	Criterios de Evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Diseño	7	3	21	3	21	3	21	4	28
2	Captacion de Aire	7	3	21	2	14	4	28	4	28
3	Facilidad de manejo	8	2	16	2	16	4	32	4	32
4	Buen uso de fuerza	6	3	18	3	18	4	24	4	24
5	Costo Tecnológico	6	2	12	3	18	3	18	4	24
6	Costo de operación	8	3	24	4	32	3	24	4	32
7	Rendimiento	7	3	21	3	21	3	21	4	28
8	Facilidad de montaje	8	2	16	3	24	4	32	4	32
9	Facilidad de mantenimiento	8	4	32	3	24	4	32	4	32
Puntaje máximo $\sum p$ ó $\sum gp$			25	181	26	188	32	232	36	260
Valor Economico Yi			0	0.70		0.72		0.89		1.00

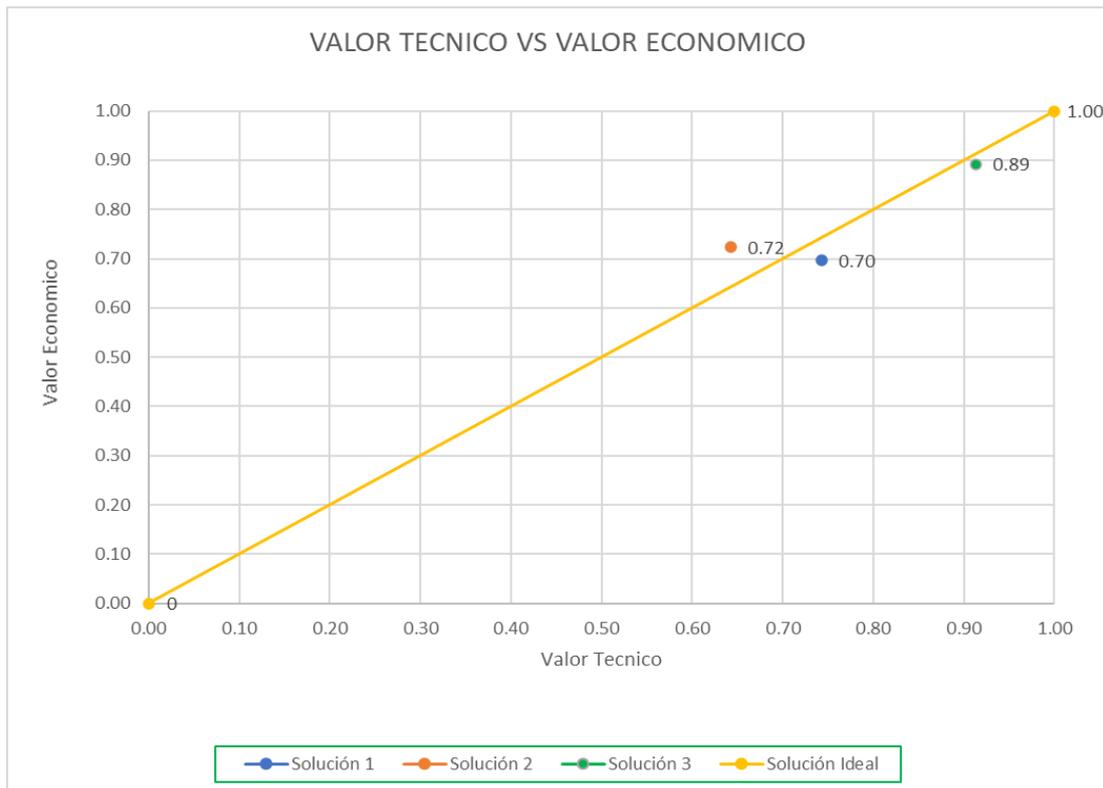


Figura 16: Representación lineal valorativa del aspecto técnico y el aspecto económico.

#### 4.5 Propuesta de solución

La alternativa de solución óptima, identificada como Propuesta N°3 a través del uso de la matriz morfológica, conduce a la creación de un boceto preliminar para esta opción. Dicho bosquejo se presenta en la figura 17 que sigue.

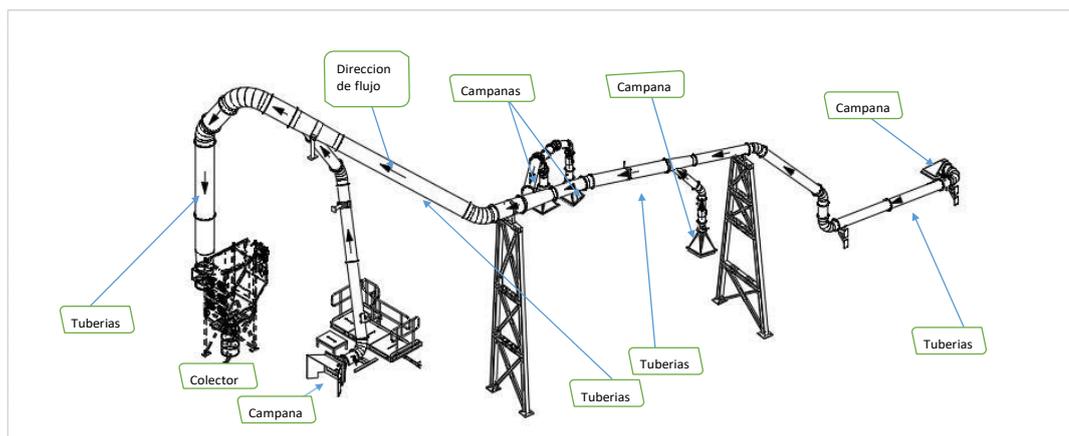


Figura 17: Sistema de colector de polvo.

#### 4.6 Toma de datos iniciales

De acuerdo con las normas nacional se tiene en cuenta que la norma establece límites específicos para cada tipo de agente, a continuación, se muestra parte de la tabla que se muestra en el decreto supremo, dicha tabla se extiende por más de 5 páginas por lo cual se coloca solo parte de esta.

Tabla 13: Límites máximos permisibles respirables de polvo de acuerdo con el decreto supremo N.º 015-2005-SA

Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	LÍMITES ADOPTADOS				Peso Molecular <gramos>	Notas
		TWA		STEL			
		ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>		
	Carbón, polvo :						
	* Antracita		0.4				
	* Bituminoso		0.9				
471-34-1	Carbonato de calcio		10			100.09	
	Carborundo			véase Carburo de silicio			
409-21-2	Carburo de silicio :					40.1	
	* Inhalable		10				
	* Respirable		3				
	Catecol			véase Pirocatecol			
9004-34-6	Celulosa		10				
65997-15-1	Cemento portland		10				
8002-74-2	Cera de parafina, humos		2				
	Cereales, polvo (avena, trigo, cebada)		4				
463-51-4	Ceteno	0.5	0.86	1.5	2.6	42.04	
156-62-7	Cianamida cálcica		0.5			80.11	Sc, UIC
420-04-2	Cianamida de hidrógeno		2			42.04	Sc, UIC
	Cianhidrina de la acetona			véase 2-Ciano-2-propanol			
137-05-3	2-Cianoacrilato de metilo	0.2	0.91			111.1	
460-19-5	Cianógeno	10	21			52.04	
75-86-5	2-Ciano-2-propanol, como CN			C 4.7	C 5	85.1	vía dérmica
	Cianuro de hidrog. y sales de cianhídrico como CN :						
592-01-8	Cianuro cálcico				C 5	92.12	vía dérmica
74-90-8	Cianuro de hidrógeno			C 4.7	C 5	27.03	vía dérmica
151-50-8	Cianuro potásico				C 5	65.11	vía dérmica
143-33-9	Cianuro sódico				C 5	49.02	vía dérmica
107-13-1	Cianuro de vinilo						AGC
110-82-7	Ciclohexano	100	344			84.16	

Tomado de: Decreto Supremo N.º 015-2005-SA

Como se ve, se presenta una tabla con los datos de límites adoptados más específica, en este caso se observa que el límite es de 3 miligramos por metro cubico.

Tabla 14 Límites adoptados para la fracción respirable por metro cubico

AGENTE QUÍMICO	LÍMITES ADOPTADOS				Peso Molecular <gramos>
	TWA		STEL		
	Ppm	mg/m <sup>3</sup>	Ppm	mg/m <sup>3</sup>	
* Fracción inhalable		10			
* Fracción respirable		3			

Con la información definida se muestra a continuación la información recolectada en la medición inicial.

Tabla 15. Evaluación: Comparación promedio de resultados del límite máximo permisible y de del estándar permitido

Código de filtro	Jornada a laboral	Puesto	Concentración promedio (mg/m <sup>3</sup> )	TLVc (mg/m <sup>3</sup> )
001	08:00	Zona 1	2.8559	3
002	am			
003	17:00 pm			
004	08:00	Zona 2	2.3003	3
005	am			
006	17:00 pm			
007	08:00	Zona 3	3.3767	3
008	am			
009	17:00 pm			
010	08:00	Zona 4	2.5000	3
011	am			
012	17:00 pm			
013	08:00	Zona 5	2.5000	3
014	am 17:00 pm			

Se debe poner especial atención en que los lugares donde se realizó el muestro son lugares de tránsito moderadamente alejando de las fajas, según el área que se encargó de realizar dicha medición se tomó prudencia debido a que los equipos podrían dañarse.

## 4.7 Diseño

### 4.7.1 Selección de Material

Se realizará la selección del material más adecuado, se tiene un ambiente de húmeda, la temperatura media es de 23°C en los meses de Abril – noviembre y los meses de diciembre -marzo se tiene un Clima que baja hasta -1°C para ello se realizó la selección del material con la composición química requerida al igual de la capa de pintura que se le aplicará para evitar la corrosión del material y teniendo problemas en un futuro.

Los ductos tendrán un recubrimiento de enjebado en la parte interna para mejorar el flujo del aire este revestimiento se aplicará en frío.

A continuación, se detalla los materiales más adecuados que se encontraron y serán eficientes en la fabricación del sistema de colector de polvo.

a) Campanas extractoras y bridas ASTM A36

El acero A36, conforme a la norma ASTM A36, figura entre los aceros estructurales de carbono más ampliamente empleados. Aunque su contenido de carbono máximo es de 0.29%, se clasifica como acero suave debido a que su contenido de carbono no supera el 0.25% (según el catálogo de Planchas ASTM A36).

Frecuentemente, se compara el acero A36 con el AISI 1018 debido a sus semejantes composiciones químicas. El acero A36, que es un tipo de acero al carbono, suele ser sometido a laminación en caliente, en contraste con el acero 1018 que suele ser laminado en frío. (Planchas ASTM A36 catalogo)Composición Química

Tabla 16: Propiedades químicas ASTM A36

Norma Tecnica	% C: Carbono	% Mn: Manganeso	% Si: Silicio	% P Fosforo	% S. Azufre
ASTM A36	0.28	0.80-120 max	0.4 max	0.040 max	0.050 max

- Composición Mecánica

Tabla 17:Propiedades mecánicas ASTM A36

Norma	Límite de Fluencia	Resistencia a la	Ala
A			

b) Estructura de la tubería - SCH 40/ASTM A-53

Tubos de acero al carbono, laminados en caliente con extremos biselados o refrentados, utilizados para alta presión. (Catálogo de tuberías TUBISA)

Conducción de fluidos para la industria petrolera, petroquímica y química, centrales térmicas, ductos pesqueros, refinerías, entre otras. También, para el transporte de agua en sistemas de refrigeración y contra incendio, aire comprimido, gases y vapores, así como para edificaciones en general. (Catálogo de tuberías TUBISA)

- Composición Química

Tabla 18: Propiedades químicas SC

Norma Tecnica	% C: Carbono	% Mn: Manganeso	% Si: Silicio	% P Fosforo	% S. Azufre
ASTM A 53/A 53 grado B	0.30 máx	1.20 máx	-	0.050 máx	0.045 máx

- Propiedades Mecánicas

Tabla 19: Propiedades mecánicas SCH 40/ASTM A53

Norma	Límite de Fluencia Mpa	Resistencia a la tracción Mpa
ASTM A53, GR B	241.00	413.00

c) Pórticos como soporte de Spool - ASTM A 992 GR 50

Perfil de acero laminado en caliente, de sección transversal en forma de “H”, aleado con Niobolo y Vanadio como afinadores de grano. (Miromina vigas y aceros)

Estructura metálica para edificios, puentes, equipos y estructuras para plantas industriales. Elementos estructurales (Vigas, columnas, etc.). (Miromina vigas y aceros)

- Composición Química

Tabla 20: Composición química ASTM A992 GR 50

- Composición Mecánica

Tabla 21: Composición mecánica ASTM A992 GR 50.

Norma	Límite de Fluencia Mpa	Resistencia a la tracción Mpa	Fluencia / Traccion Max.
ASTM A992, GR 50	345.00	450.00	0.85

#### 4.7.2 Análisis estructural

La metodología para el diseño del sistema de colección de polvo implica realizar la siguiente secuencia de procesos:

- Cálculo de caudal de aire requerido: Se calcula el caudal necesario para la selección del colector de polvo, teniendo en cuentas que se encuentra con fajas transportadoras que alimentan a la planta modular de chancado.
- Cálculo de diámetro de ducto: Se realiza el cálculo de las dimensiones necesarias tanto para los spools rectos y codos, para tener mínimas caídas de presión.
- Cálculo de dimensiones de campana extractora: Se realiza el cálculo de las dimensiones para la mejor captación de partículas teniendo un trabajo eficiente, se tendrá una campana trio en la parte inferior para capturar las partículas que se encuentras casi a nivel de piso y 4 campanas extractoras en las partes superiores como se muestra en la Figura 12.

Las unidades de medida que se usa son de la siguiente manera

- $Q = \text{Caudal}$
- $V_d = \text{Velocidad de diseño (m/s)}$
- $D_d = \text{Diámetro (mm)}$
- $L = \text{Longitud (m)}$
- $V_r = \text{Velocidad real (m/s)}$
- $F_c = \text{Factor de corrección}$
- $F_r = \text{Fricción por unidad de longitud (mmcda/m)}$
- $h_1 = \text{Pérdidas de fricción (mmcda/m)}$
- $\Sigma_k = \text{Sumatoria de coeficientes correspondientes a los accesorios}$
- $h_D = \text{Altura dinámica correspondiente a la velocidad real (ramal)}$
- $h_{DR} = \text{Altura dinámica correspondiente a la ranura (troncal) (mmcda/m)}$
- $h_2 = \text{Pérdida por accesorios (mmcda/m)}$
- $K_{ent} = \text{Factor de perdidas por entrada (tabla)}$
- $h_{ent} = \text{Pérdidas por entrada de campana (mmcda/m)}$
- $k_{ran} = \text{Pérdidas por ranuras}$
- $h_3 = \text{Pérdidas por entrada (mmcda/m)}$
- $h_{DD} = \text{Altura dinámica (mmcda/m)}$
- $\Sigma_h = \text{Sumatoria de todas las perdidas (mmcda/m)}$

## Detalles de siglas y unidades de medición

- CFM = Pies cúbicos por minuto
- FPM = Pies por minuto
- $FT^2$  = pies cuadrados
- MMCA/M = Milímetros de columna de agua

### 4.7.2.1 Bases de Cálculo

Para iniciar el diseño del sistema de colección de polvo es necesario primero hallar el caudal de aire de extracción en cada punto de generación de polvo.

### 4.7.2.2 Caudal de aire requerido

Se toma como ejemplo de cálculo la campana de extracción N°1, Ubicación del Punto #1: Transferencia de Chancadora CR-01 a Faja N°1

Datos de entrada:

$$\text{Ancho de la faja} = 48 \text{ in} = 4.00 \text{ ft}$$

$$\text{Velocidad de faja} = 200 \text{ fpm} = 1.00 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Velocidad de la faja} = 1.48 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Cálculo caudal en alimentación a faja transportadora:  
Transportador con velocidad mayor de 200 fpm:

$$\text{Caudal} = 500 \text{ CFM} \times \text{ancho de faja (ft)}$$

$$500 \text{ CFM} \times 4.00 = \mathbf{2000 \text{ CFM}}$$

Se adopta un flujo inductivo debido al Equipo de Chancadora TRIO

$$\begin{aligned} &= 2000 \text{ CFM} \\ &\underline{\quad\quad\quad} \\ &= 4000 \text{ CFM} \end{aligned}$$

$$\text{Caudal Total} = 4000 \text{ CFM}$$

Luego se toma un factor de seguridad de 1,25 basado en las prácticas de ingeniería en sistemas que controlan el polvo, en donde se tiene el siguiente valor de caudal de extracción:

Para:

$$fs = 1.25$$

$$\text{Caudal Total} = 4000 \text{ CFM} \times 1.25$$

$$\text{Caudal Total} = 5000 \text{ CFM}$$

#### 4.7.2.3 Cálculo de diámetro de ducto.

Siguiendo con el ejemplo de la campana N°1,

Se utilizará 01 campanas para este punto de colección

Se sabe: Caudal Total: 5000 CFM

Se sabe: Velocidad 4000 CFM (Velocidad recomendada)

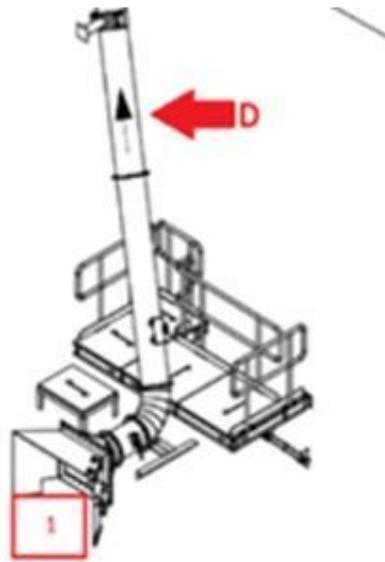


Figura 18: Campana de captura 1.

Entonces:

$$\text{Area} = \frac{Q}{V}$$

$$\text{Area} = \frac{5000 \text{ pie}^3/\text{s}}{4000 \text{ pie}/\text{s}}$$

$$\text{Area} = 1.25 \text{ pie}^2$$

De pie<sup>2</sup> a pul<sup>2</sup>

$$1 \text{ pie}^2 = 144 \text{ pul}^2$$

$$\text{Area} = 1.25 \text{ pie}^2 \times 144 \text{ pulg}^2 / \text{pie}^2$$

$$\text{Area} = 180 \text{ pulg}^2$$

Área del conducto circular:

$$\pi \frac{D^2}{4} = A$$

$$\pi D^2 = 180 \text{ pulg}^2 \times 4$$

$$\pi D^2 = 720 \text{ pulg}^2$$

$$D^2 = \frac{720}{\pi} \text{ pulg}^2$$

$$D^2 = 229.18 \text{ pulg}^2$$

$$D = \sqrt{229.18 \text{ pulg}^2}$$

$$D = 15.13 \text{ pulg}$$

$$1 \text{ pul} = 25.4 \text{ mm}$$

$$15.13 \text{ pulg} \times 25.4 \text{ pulg/mm}$$

$$D = 384.30 \text{ mm} \text{ Pre dimisionamiento a } 390 \text{ mm}$$

Entonces redondeando a un diámetro superior entero tenemos:

$$D = 390 \text{ mm}$$

$$Q = 5000 \text{ cfm}$$

$$V = 3890 \text{ fpm}$$

#### 4.7.2.4 Cálculo de dimensiones de campana de extracción

Datos de entrada:

Caudal de Campana: 5000 cfm

Velocidad de Captura: 300 fpm

$$Area = \frac{Caudal\ de\ campana}{Velocidad\ de\ captura}$$

$$Area = \frac{5000\ pie^3/s}{300\ pie/s}$$

$$Area = 16.68\ pie^2$$

Dimensiones de Campana N°1 es Ancho

$$D = ancho \times largo$$

$$D = 1550mm \times 1000\ mm$$

A Pies:

$$D = \frac{1550000\ mm^2}{25.4^2\ mm^2/pulg^2}$$

$$D = 2402.50\ pulg^2$$

$$D = \frac{2402.50\ pulg^2}{12^2\ pulg^2/pie^2}$$

A pulgada:

$$D = 16.68\ pie^2$$

Según dimensiones de brida en chute:  $D = 16.68\ pie^2$

### Para el tramo 1-D

Velocidad de diseño, según Naturaleza del contaminante, por tabla optamos por  $V_D=20 \text{ m/s}^2$

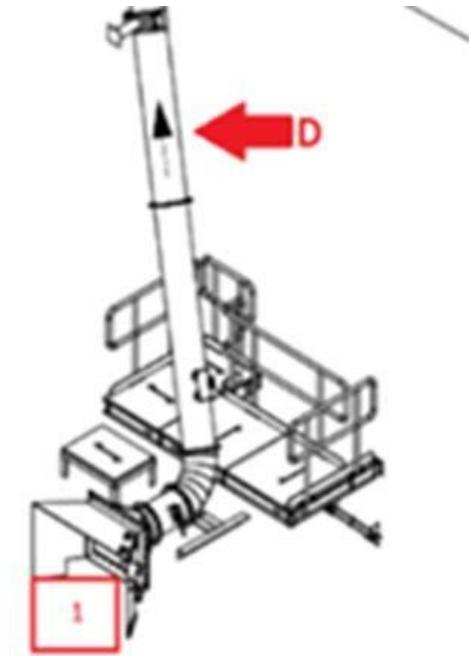


Figura 19: Tramo 1-D del colector de polvo.

#### ▪ Cálculo de diámetro del conducto circular:

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{2.36 \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ m}^2/\text{s}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0.387 \text{ m}$$

De m a mm

$$D = 0.387\text{m} \times 1000 \text{ mm/m}$$

$$D = 387.61\text{mm}$$

Se tiene el resultado de 387.61mm, como diámetro calculado por el cual debemos llevarlo a un diámetro comercial se adopta 390 mm.

▪ **Velocidad real:**

$$V = \frac{Q}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot D^2\right)}$$

$$V = \frac{2.36 \text{ m}^3/\text{s}}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot 390^2 \text{ m}\right)} \times 1000000$$

$$V = 19.76 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Según tabla:

Longitud de diseño= **19.76 m**

La velocidad Calculada es de 19.76. es óptimo para tener un tramo eficiente.

▪ **Pérdida debida a la fricción por unidad de longitud:**

$$J = 5.38x \frac{V^{1.9}}{D^{1.22}}$$

$$J = 5.38x \frac{19.76^{1.9} \text{ m}^2/\text{s}}{390^{1.22} \text{ m}}$$

$$J = 1.08 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

Al realizar el cálculo tenemos una pérdida de fricción de 1.08 mmcda/m por lo cual es aceptable, para las dimensiones y velocidad que estamos proponiendo para el diseño del colector.

▪ **Factor de Corrección, que corresponde al material utilizado en la cañería Gráfico:**

Fc= 1.10

El siguiente calculo es para tener un mejor desempeño y las pérdidas que se va tener en los tramos del colector teniendo un factor de corrección de 1.10

▪ **Fricción por unidad de longitud:**

$$Fr = J \times Fc$$

$$Fr = 1.08 \times 1.10$$

$$Fr = 1.18 \frac{mmcda}{m}$$

▪ **Pérdida por Fricción:**

$$h_1 = Fr \times L$$

$$h_1 = 1.18 \frac{mmcd}{m} \times 11.54 \text{ m}$$

$$h_1 = 13.65 \text{ mmcda}$$

La fricción calculada es la esperada siendo el sistema de colector siendo eficiente

▪ **Sumatoria de los coeficientes k, correspondientes a los accesorios en serie ubicados en el tramo considerado ver tabla en anexo 24:**

$$\sum k = 2.99$$

Se tiene de la suma de accesorios que se tiene en el tramo 1-D según la tabla 26

▪ **Altura dinámica correspondiente a la velocidad real en el ramal:**

$$h_D = \left(\frac{V}{4.044}\right)^2$$

$$h_D = \frac{19.76^2}{4.044}$$

$$h_D = 23.87 \text{ mmcda}$$

El siguiente calculo obtenido está relacionado con la velocidad real calculada anteriormente siendo 19.76 teniendo como resultado una altura dinámica de 23.87 mmcda

- **Pérdidas por Accesorios:**

$$h_2 = h_{DX} \sum k$$

$$h_2 = 23.87 \text{ mmcda} \times 2.99$$

$$h_2 = 71.36 \text{ mmcda}$$

- **Factor de pérdida por entrada, ver tabla en anexo 23**

$$k_{ent} = 0.35$$

- **Pérdida por entrada en la campana:**

$$h_{ent} = k_{ent} \times h_D$$

$$h_{ent} = 0.35 \times 23.87 \text{ mmcda}$$

$$h_{ent} = 8.35 \text{ mmcda}$$

- **Pérdida por ranuras:**

$$K_{ran} = 1.78$$

- **Pérdida por entradas:**

$$h_3 = (k_{ent} + 1)h_D$$

$$h_3 = (0.35 + 1)23.87 \text{ mmcda}$$

$$h_3 = 32.22 \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2 + h_3$$

$$h_{\Sigma} = (13.65 + 71.36 + 32.22) \text{mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = 177.22 \text{ mmcda}$$

#### 4.7.2.5 Cálculo de aire requerido 3A

Tenemos como ejemplo de cálculo la campana de extracción N° 3, ubicación del punto #3: transferencia de chancadora HP-200 a faja N° 10

Datos de entrada:

Ancho de faja = 24 pulg. (2pie)

Velocidad de faja = mayor a 200 fpm (1.00 m/s)

Velocidad de faja = 1.50 m/s



Figura 20: Campana de captura 3.

- Cálculo de caudal en alimentación de faja transportadora  
Transportador con velocidad mayor de 200 fpm

$$\text{caudal} = 500n \text{ CFM} \times \text{ancho de faja}$$

$$Q = 500 \text{ CFM} \times 2$$

$$Q = 1000 \text{ CFM}$$

Se adopta un flujo inductivo debido al equipo de chancado HP-200

$$\begin{aligned} &= 1000 \text{ CFM} \\ &= 2000 \text{ CFM} \end{aligned}$$

Luego tomamos un factor de seguridad de 1.625 basado en las prácticas de ingeniería en sistemas de control de polvo, en donde se tiene el siguiente valor de caudal de extracción.

Así tenemos que:

$$Fs = 1.67$$

$$\text{caudal total} = 2000 \text{ CFM} \times 1.625$$

$$\text{caudal total} = \mathbf{3250 \text{ CFM}}$$

#### 4.7.2.6 Cálculo de diámetro de ducto

Siguiendo el ejemplo de campana N° 3, se utiliza 01 campana para este punto de colector.

Se sabe que el caudal total = 3250 CFM

Entonces caudal de campana = 3250 CFM

Velocidad de transporte recomendada = 4000 FPM

$$\text{Area} = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{3250 \text{ CFM}}{4000 \text{ FPM}}$$

$$A = 0.813 \text{ pie}^2$$

De  $\text{pie}^2$  a  $\text{pulg}^2$

$$1 \text{ pie}^2 = 144 \text{ pulg}^2$$

$$\text{Area} = 0.813 \text{ pie}^2 \times 144 \text{ pulg}^2/\text{pie}^2$$

$$\text{Area} = 117 \text{ pulg}^2$$

Área del conducto circular:

De la formula se despeja el diámetro

$$\pi \frac{D^2}{4} = A$$

$$D^2 = \frac{4(A)}{\pi}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(117 \text{ pulg}^2)}{\pi}}$$

$$D = 12.21 \text{ pulg.}$$

1 pulg = 25.4 mm

$$12.21 \text{ pulg}^2 \times 25.4 \frac{\text{mm}}{\text{pulg}^2}$$

$$D = 310 \text{ mm}$$

Entonces redondeando a un diámetro superior entero tenemos:

$$D = 310 \text{ mm}$$

$$Q = 3250 \text{ CFM}$$

$$V = 4002 \text{ FPM}$$

#### 4.7.2.7 Cálculo de dimensiones de campana de extracción

Siguiendo el ejemplo de la campana N° 3, la velocidad de captura en la sección de la campana es 4000 FPM

Datos de entrada

Caudal de campana: 3250

Velocidad de captura: 400 FPM

Calculamos el Área:

$$A = \frac{Q}{V} \times x = \frac{3250 \text{ pie}^3/\text{s}}{400 \text{ pie}^2/\text{s}}$$

$$A = 8.13 \text{ pie}^2$$

Dimensiones de campana N° 2

*Dimension de campana = L x A*

*Dimension de campana = 1000 mm x 750 mm*

*Dimension de campana = 750000 mm<sup>2</sup>*

De mm<sup>2</sup> a pulg<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} &= \frac{750000 \text{ mm}^2}{645.16 \text{ mm}^2/\text{pulg}^2} \\ &= 1163 \text{ pulg}^2 \end{aligned}$$

De pulg<sup>2</sup> a pie<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} &= \frac{1163 \text{ pulg}^2}{144 \text{ pulg}^2/\text{pie}^2} \\ &= 8.07 \text{ pie}^2 \end{aligned}$$

### Tramo 3-A

Velocidad de diseño, según naturaleza del contaminante, por tabla se opta por

$V_D=20 \text{ m/s}^2$

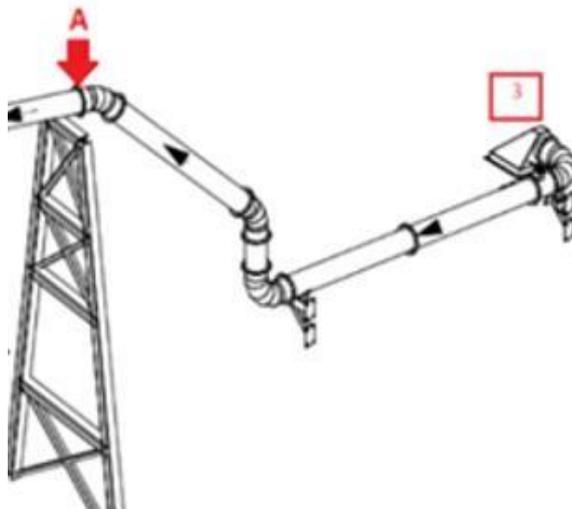


Figura 21: Tramo 3-A del colector de polvo.

- **Cálculo de diámetro del conducto circular:**

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{1,53 \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ m}^1/\text{s}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0,312 \text{ m}$$

De m a mm

$$D = 0,312 \text{ m} \times 1000 \text{ mm/m}$$

$$D = 312 \text{ mm}$$

Diámetro comercial adoptado 310 mm

- **Velocidad real:**

$$V = \frac{Q}{\left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right)}$$

$$V = \frac{1,53 \text{ m}^3/\text{s}}{\left( \frac{\pi}{4} \times 310^2 \text{ m} \right)} \times 1000000$$

$$V = 20,32 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Pérdida debida a la fricción por unidad de longitud:**

$$J = 5,38 \times \frac{V^{1,9}}{D^{1,22}}$$

$$J = 5,38 \times \frac{20,32^{1,9} \text{ m/s}}{310^{1,22} \text{ m}}$$

$$J = 1,50 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

- **Factor de corrección, que corresponde al material utilizado en la cañería gráfico:**

$$F_c = 1,10$$

- **Fricción por unidad de longitud:**

$$Fr = J \times Fc$$

$$Fr = 1,50 \times 1,10 \frac{mmcda}{m}$$

$$Fr = 1,65 \frac{mmcda}{m}$$

- **Pérdida por Fricción:**

$$h_1 = Fr \times L$$

$$h_1 = 1,65 \frac{mmcda}{m} \times 12,07 \text{ m}$$

$$h_1 = 19,94 \text{ mmcda}$$

- **Sumatoria de los coeficientes k, correspondientes a los accesorios en serie ubicados en el tramo considerado ver tabla en anexo 24**

$$\sum k = 1,48$$

- **Altura dinámica correspondiente a la velocidad real en el ramal:**

$$h_D = \left( \frac{V}{4.044} \right)^2$$

$$h_D = \left( \frac{20,32}{4.044} \right)^2$$

$$h_D = 25,25 \text{ mmcda}$$

- **Pérdidas por Accesorios:**

$$h_2 = h_D \times \sum k$$

$$h_2 = 25,25 \text{ mmcda} \times 1,48$$

$$h_2 = 37,37 \text{ mmcda}$$

- **Factor de pérdida por entrada, ver tabla en anexo 23:**

$$k_{ent} = 0,35$$

- **Pérdida por entrada en la campana:**

$$h_{ent} = k_{ent} \times h_D$$

$$h_{ent} = 0.35 \times 25,25 \text{ mmcda}$$

$$h_{ent} = 8,84 \text{ mmcda}$$

- **Pérdida por ranuras:**

$$K_{ran} = 1.78$$

- **Pérdida por entradas:**

$$h_3 = (k_{ent} + 1)h_D$$

$$h_3 = (0.35 + 1)25,25 \text{ mmcda}$$

$$h_3 = 34,09 \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2 + h_3$$

$$h_{\Sigma} = (19,94 + 37,37 + 34,09) \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = 91,4 \text{ mmcda}$$

#### Tramo 4-A

Velocidad de diseño, según naturaleza del contaminante, por tabla se optó por  $V_D=20 \text{ m/s}^2$

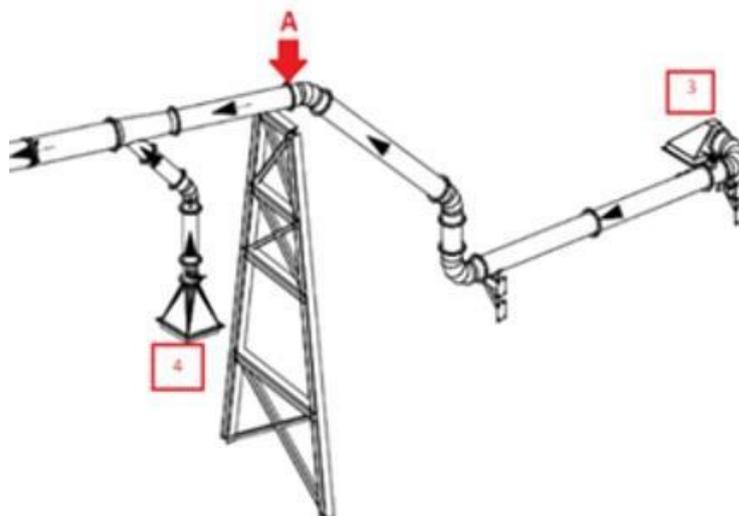


Figura 22: Tramo 4-A del colector de polvo.

- **Cálculo de diámetro del conducto circular:**

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{1,30 \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ m/s}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0,28768 \text{ m}$$

De m a mm:

$$D = 0.28768 \times 1000$$

$$D = 287,68 \text{ mm}$$

Diámetro comercial adoptado 290 mm

- **Velocidad real:**

$$V = \frac{Q}{\left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right)}$$

$$V = \frac{1,30 \text{ m}^3/\text{s}}{\left( \frac{\pi}{4} \times 290^2 \text{ m}^2 \right)} \times 1000000$$

$$V = 19,68 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Pérdida debida a la fricción por unidad de longitud:**

$$J = 5.38 \times \frac{V^{1.9}}{D^{1.22}}$$

$$J = 5.38 \times \frac{19.68^{1.9}}{290^{1.22}}$$

$$J = 1.53 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

- **Factor de corrección, que corresponde al material utilizado en la cañería, gráfico:**

$$F_c = 1.10$$

- **Fricción por unidad de longitud:**

$$Fr = J \times F_c$$

$$Fr = 1.53 \times 1.10$$

$$Fr = 1.69 \frac{mmcda}{m}$$

- **Pérdida por Fricción:**

$$h_1 = Fr \times L$$

$$h_1 = 1.69 \frac{mmcda}{m} \times 1,72 \text{ m}$$

$$h_1 = 2,90 \text{ mmcda}$$

- **Sumatoria de los coeficientes k, correspondientes a los accesorios en serie ubicados en el tramo considerado ver tabla en anexo 24:**

$$\sum k = 2.39$$

- **Altura dinámica correspondiente a la velocidad real en el ramal:**

$$h_D = \left( \frac{V}{4.044} \right)^2$$

$$h_D = \left( \frac{19,68 \text{ m}^2/\text{s}^2}{4.044} \right)$$

$$h_D = 23,69 \text{ mmcda}$$

- **Pérdidas por Accesorios:**

$$h_2 = h_D \times \sum k$$

$$h_2 = 23.69 \times 2.39$$

$$h_2 = 56,61 \text{ mmcda}$$

- **Factor de pérdida por entrada, ver tabla en anexo 23:**

$$k_{ent}=0.35$$

- **Pérdida por entrada en la campana:**

$$h_{ent} = k_{ent} \times h_D$$

$$h_{ent} = 0.35 \times 23.69 \text{ mmcda}$$

$$h_{ent} = 8.29 \text{ mmcda}$$

- **Pérdida por ranuras:**

$$K_{ran} = 1.78$$

- **Pérdida por entradas:**

$$h_3 = (k_{ent} + 1)h_D$$

$$h_3 = (0.35 + 1)23.69h_D$$

$$h_3 = 31,98 \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2 + h_3$$

$$h_{\Sigma} = (2.90 + 56,61 + 31,98)\text{mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = 91,49 \text{ mmcda}$$

#### 4.7.2.8 Cuadro de resultados

Continuación se muestra el cuadro resumen para los 5 puntos de colección de polvo para la cual se aplicó el método de cálculo descrito en el ítem 6.1 como se muestra en la siguiente tabla 22:

Tabla 22: Resumen de los 5 puntos de colección de polvo

N° de campana	Descripcion	Caudal de aire (CFM)	Diametro de aire (mm)	Dimension de campana (mm x mm)
1	transferencia de chancadora N°1 a faja N°1	5000	390	800 x 623
2	transferencia de chancadora N°1 a faja N°2	3250	310	677 x 576
3	transferencia de chancadora N°2 a faja N°10	3250	310	800 x 600
4	transferencia de faja N°10 a faja N°11	2750	290	677 x 576
5	transferencia de faja N°11 a faja N°2	2750	290	677 x 576
<b>CAUDAL TOTAL (CFM)</b>		<b>17000</b>		

Nota: En la siguiente tala se muestran los resultados de caudal requerido la succión del polvo, diámetros y dimensiones de campanas.

### Cálculos por tramos

#### Tramo 2-C

Velocidad de diseño, según naturaleza del contaminante, por tabla se opta por

$$V_D = 20 \text{ m/s}$$

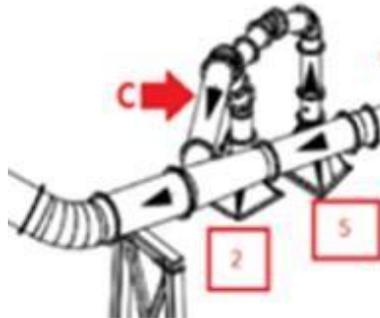


Figura 23: Tramo 2-C del colector de polvo.

- **Cálculo de diámetro del conducto circular:**

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{1,53 \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ m/s}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0.31248 \text{ m}$$

De m a mm:

$$D = 0.31248 \times 1000$$

$$D = 312,48\text{mm}$$

Diámetro comercial adoptado 310 mm

**Velocidad real:**

$$V = \frac{Q}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot D^2\right)}$$

$$V = \frac{1,53 \text{ m}^3/\text{s}}{\left(\frac{\pi}{4} \times 310^2 \text{ m}^2\right)} \times 1000000$$

$$V = 20,27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Pérdida debida a la fricción por unidad de longitud:**

$$J = 5.38x \frac{V^{1.9}}{D^{1.22}}$$

$$J = 5.38x \frac{20,27^{1.9}}{310^{1.22}}$$

$$J = 1,50 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

- **Factor de corrección, que corresponde al material utilizado en la cañería, gráfico:**

$$F_c = 1.10$$

- **Fricción por unidad de longitud:**

$$F_r = J \times F_c$$

$$F_r = 1.50 \times 1.10$$

$$F_r = 1.65 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

- **Pérdida por Fricción:**

$$h_1 = F_r \times L$$

$$h_1 = 1.65 \frac{mmcda}{m} \times 1,47 \text{ m}$$

$$h_1 = 2,43 \text{ mmcda}$$

- **Sumatoria de los coeficientes k, correspondientes a los accesorios en serie ubicados en el tramo considerado ver tabla en anexo 24:**

$$\sum k = 1.81$$

- **Altura dinámica correspondiente a la velocidad real en el ramal:**

$$h_D = \left( \frac{V}{4.044} \right)^2$$

$$h_D = \left( \frac{20,32 \text{ m}^2/\text{s}^2}{4.044} \right)$$

$$h_D = 25,25 \text{ mmcda}$$

- **Pérdidas por Accesorios**

$$h_2 = h_D \times \sum k$$

$$h_2 = 25,25 \text{ mmcda} \times 1,81$$

$$h_2 = 45,71 \text{ mmcda}$$

- **Factor de pérdida por entrada, ver tabla en anexo 23:**

$$k_{ent} = 0.35$$

- **Pérdida por entrada en la campana:**

$$h_{ent} = k_{ent} \times h_D$$

$$h_{ent} = 0.35 \times 25,25 \text{ mmcda}$$

$$h_{ent} = 8.84 \text{ mmcda}$$

- **Pérdida por ranuras:**

$$K_{ran} = 1.78$$

- **Pérdida por entradas:**

$$h_3 = (k_{ent} + 1)h_D$$

$$h_3 = (0.35 + 1)25,25 \text{ mm cda}$$

$$h_3 = 34,09 \text{ mm cda}$$

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2 + h_3$$

$$h_{\Sigma} = (2.43 + 45.71) \text{ mm cda} +$$

$$h_{\Sigma} = 82,23 \text{ mm cda}$$

**Tramo 5-C**

Velocidad de diseño, según naturaleza del contaminante, por tabla se opta por

$V_D = 20 \text{ m/s}$

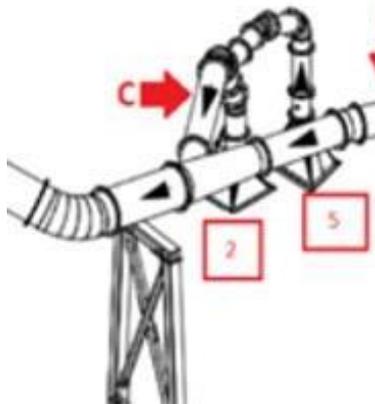


Figura 24: Tramo 5-C del colector de polvo.

- **Cálculo de diámetro del conducto circular:**

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{1,30 \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ m/s}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0,288 \text{ m}$$

De m a mm

$$D = 0.288 \text{ m} \times 1000 \text{ mm/m}$$

$$D = 290 \text{ mm}$$

Diámetro comercial adoptado 290 mm

▪ **Velocidad real:**

$$V = \frac{Q}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot D^2\right)}$$

$$V = \frac{1,30 \text{ m}^2/\text{s}}{\left(\frac{\pi}{4} \times 290^2 \text{ m}^2\right)} \times 1000000$$

$$V = 19,68 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

▪ **Pérdida debida a la fricción por unidad de longitud:**

$$J = 5.38x \frac{V^{1.9}}{D^{1.22}}$$

$$J = 5.38x \frac{19.68^{1.9} \text{ m/s}}{290^{1.22} \text{ m}}$$

$$J = 1,532 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

▪ **Factor de Corrección, que corresponde al material utilizado en la cañería, gráfico:**

$$F_c = 1.10$$

▪ **Fricción por unidad de longitud:**

$$F_r = J \times F_c$$

$$F_r = 1.53 \times 1.10$$

$$F_r = 1,69 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

▪ **Pérdida por Fricción:**

$$h_1 = F_r \times L$$

$$h_1 = 1,69 \frac{mmcda}{m} \times 2,42 \text{ m}$$

$$h_1 = 4,08 \text{ mmcda}$$

- **Sumatoria de los coeficientes k, correspondientes a los accesorios en serie ubicados en el tramo considerado ver tabla en anexo 24:**

$$\sum k = 1,94$$

- **Altura dinámica correspondiente a la velocidad real en el ramal:**

$$h_D = \left( \frac{V}{4.044} \right)^2$$

$$h_D = \left( \frac{19,68 \text{ m}^2/\text{s}^2}{4.044} \right)$$

$$h_D = 23,69 \text{ mmcda}$$

- **Pérdidas por Accesorios:**

$$h_2 = h_D \times \sum k$$

$$h_2 = 23.69 \text{ mmcda} \times 1,94$$

$$h_2 = 45,95 \text{ mmcda}$$

- **Factor de pérdida por entrada, ver Tabla en anexo 23:**

$$k_{ent} = 0.35$$

- **Pérdida por entrada en la campana:**

$$h_{ent} = k_{ent} \times h_D$$

$$h_{ent} = 0.35 \times 23.69 \text{ mmcda}$$

$$h_{ent} = 8.29 \text{ mmcda}$$

- **Pérdida por ranuras:**

$$K_{ran} = 1.78$$

- **Pérdida por entradas:**

$$h_3 = (k_{ent} + 1)h_D$$

$$h_3 = (0.35 + 1)23.69 \text{ mmcda}$$

$$h_3 = 31,98 \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2 + h_3$$

$$h_{\Sigma} = (4,08 + 45,95 + 31,98) \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = 82,01 \text{ mmcda}$$

### Tramo A-B

Velocidad de diseño, según naturaleza del contaminante, por tabla se opta

$$V_D = 20 \text{ m/s}$$

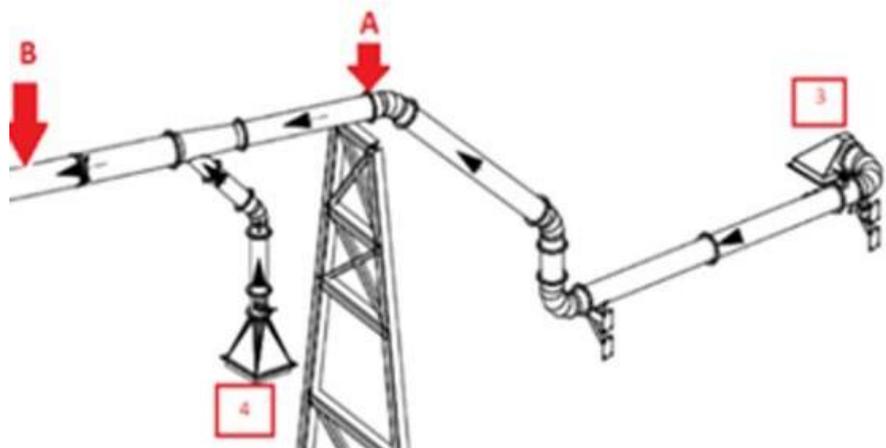


Figura 25: Tramo A-B del colector de polvo.

- **Cálculo de diámetro del conducto circular:**

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{2,83 \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ m/s}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0.424 \text{ m}$$

De m a mm

$$D = 0.424 \text{ m} \times 1000 \text{ mm/m}$$

$$D = 424 \text{ mm}$$

El resultado obtenido es de 424 mm de diámetro optando con un diámetro comercial de 430 mm. Teniendo un resultado al realizar la simulación.

- **Velocidad real:**

$$V = \frac{Q}{\left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right)}$$

$$V = \frac{2,83 \text{ m}^3/\text{s}}{\left( \frac{\pi}{4} \times 430^2 \text{ m} \right)} \times 1000000$$

$$V = 19,49 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad calculada es de 19.49 m/s siendo óptimo para las dimensiones propuestas en el sistema del colector de polvo.

- **Pérdida debida a la fricción por unidad de longitud:**

$$J = 5.38x \frac{V^{1.9}}{D^{1.22}}$$

$$J = 5.38x \frac{19.49^{1.9}}{430^{1.22}}$$

$$J = 0,93 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

- **Factor de Corrección, que corresponde al material utilizado en la cañería Gráfico:**

$$F_c = 1.10$$

- **Fricción por unidad de longitud:**

$$Fr = J \times F_c$$

$$Fr = 0,93 \times 1.10$$

$$Fr = 1.03 \frac{mmcda}{m}$$

- **Pérdida por Fricción:**

$$h_1 = Fr \times L$$

$$h_1 = 1.03 \frac{mmcda}{m} \times 4,42m$$

$$h_1 = 4,53 \text{ mmcda}$$

La pérdida de fricción calculada es de 4.53 mmcda es factible con el colector y la velocidad calculada, se tendrá un colector con un rendimiento aceptable.

- **Sumatoria de los coeficientes k, correspondientes a los accesorios en serie ubicados en el tramo considerado ver tabla 26:**

$$\sum k = 0,18$$

- **Altura dinámica correspondiente a la velocidad real en el troncal:**

$$h_{DR} = \frac{V_{ran}^2}{16,35}$$

$$h_D = \frac{19,51^2}{16,35}$$

$$h_{DR} = 23,28 \text{ mmcda}$$

- **Pérdidas por Accesorios:**

$$h_2 = h_{DR} \times \sum k$$

$$h_2 = 23,28 \text{ mmcda} \times 0,18$$

$$h_2 = 4,19 \text{ mmcda}$$

- **Altura dinamica disponible:**

$$h_{DD} = \frac{Q_{3-A} \times h_{D3-A} + Q_{4-A} \times h_{D4-A}}{Q_{3-A} + Q_{4-A}}$$

$$h_{DD} = \left( \frac{1,53 \times 25,25 + 1,30 \times 23,69}{1,53 + 1,30} \right) \text{ mmcda}$$

$$h_{DD} = 24,53 \text{ mmcda}$$

El resultado obtenido en los cálculos de pérdida de los accesorios es un total de 24.56 mmcda. Es un resultado aceptable, ya que el colector estará sometido a temperatura baja.

- **Pérdida por entradas:**

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2$$

$$h_{\Sigma} = (4,53 + 4,19) \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = 8,73 \text{ mmcda}$$

- **Perdida total acumulada:**

$$\sum h_{\text{acumulada}} = (91,94 + 8,73) \text{ mmcda} = 100,3 \text{ mmcda}$$

La perdida acumulada es de 100.3, se realiza dicho calculo para tener como referencia la perdida que se tendra al ingresar al sistema del colector, la simulacion realizada se muestra que el sistema aun sigue siendo optimo.

### Tramo B-C

Velocidad de diseño, según naturaleza del contaminante, por tabla se opta por

$$V_D = 20 \text{ m/s}^2$$

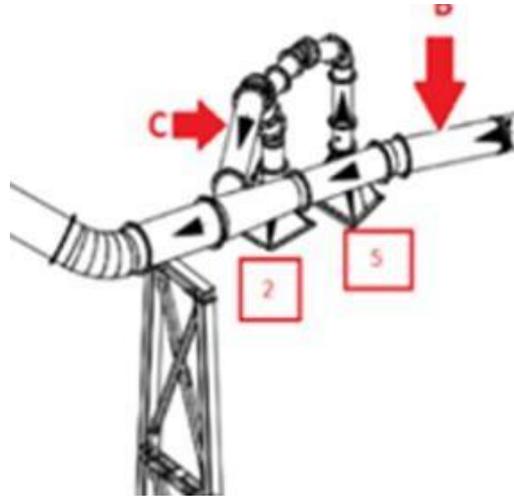


Figura 26: Tramo B-C del colector de polvo.

- **Cálculo de diámetro del conducto circular:**

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{2,83 \text{ m}^2/\text{s}}{20 \text{ m/s}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0.424 \text{ m}$$

De m a mm

$$D = 0.424 \text{ m} \times 1000 \text{ mm/m}$$

$$D = 424 \text{ mm}$$

Diámetro comercial adoptado: 430 mm

- **Velocidad real:**

$$V = \frac{Q}{\left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right)}$$

$$V = \frac{2,83 \text{ m}^3/\text{s}}{\left(\frac{\pi}{4} \times 430^2 \text{ m}^2\right)} \times 1000000$$

$$V = 19,49 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Pérdida debida a la fricción por unidad de longitud:**

$$J = 5.38x \frac{V^{1.9}}{D^{1.22}}$$

$$J = 5.38x \frac{19.49^{1.9}}{430^{1.22}}$$

$$J = 0,93 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

- **Factor de corrección, que corresponde al material utilizado en la cañería, gráfico:**

$$F_c = 1.10$$

- **Fricción por unidad de longitud:**

$$F_r = J \times F_c$$

$$F_r = 0,93 \times 1.10$$

$$F_r = 1.03 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

- **Pérdida por Fricción:**

$$h_1 = F_r \times L$$

$$h_1 = 1.03 \text{ mmcda/m} \times 2,52 \text{ m}$$

$$= 2,58 \text{ mmcda}$$

- **Sumatoria de los coeficientes k, correspondientes a los accesorios en serie ubicados en el tramo considerado ver tabla en anexo 24:**

$$\sum k = 0,67$$

- **Altura dinámica correspondiente a la velocidad real en el troncal:**

$$h_{DR} = \frac{V_{ran}^2}{16,35}$$

$$h_D = \frac{19,51^2}{16,35}$$

$$h_{DR} = 23,28 \text{ mmcda}$$

- **Pérdidas por Accesorios:**

$$h_2 = h_{DR} \times \sum k$$

$$h_2 = 23,28 \text{ mmcda} \times 0,67$$

$$h_2 = 15,60 \text{ mmcda}$$

- **Altura dinámica disponible:**

$$h_{DD} = \frac{Q_{2-c} \times h_{D_{2-c}} + Q_{5-c} \times h_{D_{5-c}}}{Q_{2-c} + Q_{5-c}}$$

$$h_{DD} = \left( \frac{1,53 \times 25,25 + 1,30 \times 23,69}{1,53 + 1,30} \right) \text{ mmcda}$$

$$h_{DD} = 24,53 \text{ mmcda}$$

- **Factor de pérdida por entrada, ver Tabla en anexo 23:**

$$k_{ent} = 0,35$$

- **Pérdida por entrada en la campana:**

$$h_{ent} = k_{ent} \times h_{DR}$$

$$h_{ent} = 0.35 \times 23,28 \text{ mmcda}$$

$$h_{ent} = 8,15 \text{ mmcda}$$

▪ **Pérdida por entradas:**

$$h_3 = (k_{ent} + 1)h_D$$

$$h_3 = (0.35 + 1)23,28 \text{ mmcda}$$

$$h_3 = 31,43 \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2$$

$$h_{\Sigma} = (2,58 + 15,60) \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = 18,18 \text{ mmcda}$$

▪ **Perdida total acumulada:**

$$\sum h_{acumulada} = (82,22 + 18,18) \text{ mmcda} = 100,19 \text{ mmcda}$$

**Tramo B-D**

Velocidad de diseño, según naturaleza del contaminante, por tabla se opta por  $V_D = 20 \text{ m/s}^2$

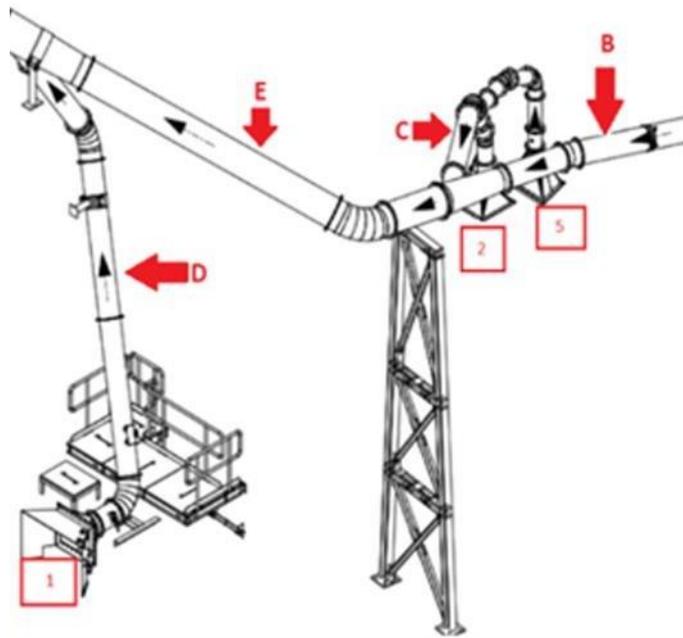


Figura 27: Tramo B-D del colector de polvo

- **Cálculo de diámetro del conducto circular:**

$$D = \left( \frac{4}{\pi} x \frac{Q}{V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4}{\pi} x \frac{5,67 \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ m}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0.600 \text{ m}$$

De m a mm

$$D = 0,600 \text{ m} x 1000 \text{ mm/m}$$

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

Diámetro comercial adoptado: 610 mm

- **Velocidad real:**

$$V = \frac{Q}{\left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right)}$$

$$V = \frac{5,67 \text{ m}^3/\text{s}}{\left( \frac{\pi}{4} x 610^2 \text{ m}^2 \right)}$$

$$V = 19,40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Pérdida debida a la fricción por unidad de longitud:**

$$J = 5.38x \frac{V^{1.9}}{D^{1.22}}$$

$$J = 5.38x \frac{19.40^{1.9}}{610^{1.22}}$$

$$J = 0,6 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

- **Factor de corrección, que corresponde al material utilizado en la cañería, gráfico:**

$$F_c = 1.10$$

- **Fricción por unidad de longitud:**

$$Fr = J \times F_c$$

$$Fr = 0,6 \times 1.10$$

$$Fr = 0,66 \frac{mmcda}{m}$$

- **Pérdida por Fricción:**

$$h_1 = Fr \times L$$

$$h_1 = 0,66 \frac{mmcda}{m} \times 13,26 \text{ m}$$

$$h_1 = 8,77 \text{ mmcda}$$

- **Sumatoria de los coeficientes k, correspondientes a los accesorios en serie ubicados en el tramo considerado ver tabla en anexo 24:**

$$\sum k = 0,36$$

- **Altura dinámica correspondiente a la velocidad real en el troncal:**

$$h_{DR} = \frac{V_{ran}^2}{16,35}$$

$$h_D = \frac{19,40^2}{16,35}$$

$$h_{DR} = 23 \text{ mmcda}$$

- **Pérdidas por Accesorios:**

$$h_2 = h_{DR} \times \sum k$$

$$h_2 = 23 \text{ mmcda} \times 0,36$$

$$h_2 = 8,28 \text{ mmcda}$$

▪ **Altura dinamica disponible**

$$h_{DD} = \frac{Q_{1-D} \times h_{D_{1-D}} + Q_{B-D} \times h_{D_{B-D}}}{Q_{1-D} + Q_{B-D}}$$

$$h_{DD} = \frac{2,36 \times 23,87 + 5,67 \times 23}{2,36 + 5,67}$$

$$h_{DD} = 23,28 \text{ mmcda}$$

**Pérdida por entradas:**

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2$$

$$h_{\Sigma} = (8,77 + 6,28) \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = 15,05 \text{ mmcda}$$

▪ **Perdida total acumulada:**

$$\sum h_{\text{acumulada}} = (100,19 + 15,05) \text{ mmcda} = 115,24 \text{ mmcda}$$

**Tramo D-E**

Velocidad de diseño, según naturaleza del contaminante, por tabla se opta por  $V_D = 20 \text{ m/s}^2$

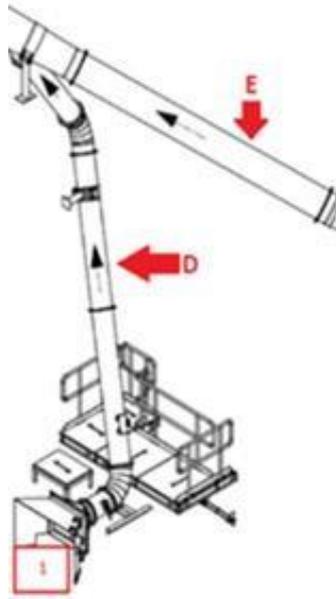


Figura 28: Tramo D-E del colector de polvo

- **Cálculo de diámetro del conducto circular:**

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{8,03}{20} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0.714 \text{ m}$$

De m a mm

$$D = 0.714 \text{ m} \times 1000 \text{ mm/m}$$

$$D = 714 \text{ mm}$$

Diámetro comercial adoptado 710 mm

- **Velocidad real:**

$$V = \frac{Q}{\left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right)}$$

$$V = \frac{8,03 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000000}{\left( \frac{\pi}{4} \times 710^2 \text{ m}^2 \right)}$$

$$V = 20,28 \frac{m}{s}$$

- **Pérdida debida a la fricción por unidad de longitud:**

$$J = 5.38x \frac{V^{1.9}}{D^{1.22}}$$

$$J = 5.38x \frac{20,28^{1.9}}{710^{1.22}}$$

$$J = 0,54 \frac{mmcda}{m}$$

- **Factor de Corrección, que corresponde al material utilizado en la cañería Gráfico:**

$$F_c = 1.10$$

- **Fricción por unidad de longitud:**

$$F_r = J \times F_c$$

$$F_r = 0,54 \times 1.10$$

$$F_r = 0,60 \frac{mmcda}{m}$$

- **Pérdida por Fricción:**

$$h_1 = F_r \times L$$

$$h_1 = 0,60 \text{ mmcda/m} \times 5n$$

$$h_1 = 3 \text{ mmcda}$$

- **Sumatoria de los coeficientes k, correspondientes a los accesorios en serie ubicados en el tramo considerado ver tabla en anexo 24:**

$$\sum k = 0,72$$

- **Altura dinámica correspondiente a la velocidad real en el troncal:**

$$h_{DR} = \frac{V_{ran}^2}{16,35}$$

$$h_D = \frac{20,28^2}{16,35}$$

$$h_{DR} = 25,14 \text{ mmcda}$$

- **Pérdidas por accesorios**

$$h_2 = h_{DR} \times \sum k$$

$$h_2 = 25,14 \text{ mmcda} \times 0,72$$

$$h_2 = 18,10 \text{ mmcda}$$

- **Altura dinamica disponible**

$$h_{DD} = \frac{Q_{1-D} \times h_{D1-D} + Q_{B-D} \times h_{DB-D}}{Q_{1-D} + Q_{B-D}}$$

$$h_{DD} = \frac{2,36 \times 23,87 + 5,67 \times 23}{2,36 + 5,67}$$

$$h_{DD} = 23,25 \text{ mmcda}$$

- **Pérdida por entradas:**

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2$$

$$h_{\Sigma} = 2,97 + 18,10$$

$$h_{\Sigma} = 21,07 \text{ mmcda}$$

- **Perdida total acumulada:**

$$\sum h_{acumulada} = (115,24 + 21,07) \text{ mmcda} = 136,31 \text{ mmcda}$$

### **Tramo F-G**

Velocidad de diseño, según naturaleza del contaminante, por tabla se opta por

$$V_D = 20 \text{ m/s}^2$$

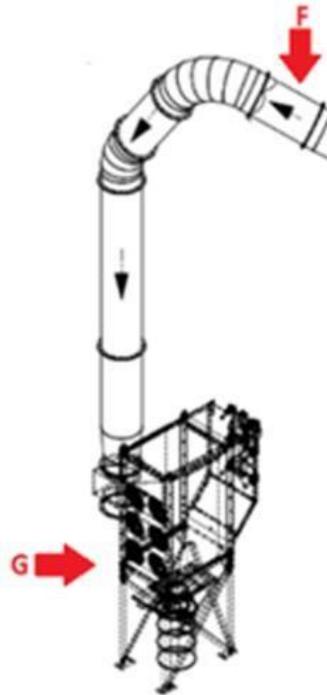


Figura 29: Tramo F-G del colector de polvo

▪ **Cálculo de diámetro del conducto circular:**

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{8,03 \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ 3m/s}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0.714 \text{ m}$$

De m a mm

$$D = 0.714 \times 1000$$

$$D = 714 \text{ mm}$$

Diámetro comercial adoptado 710 mm

▪ **Velocidad real:**

$$V = \frac{Q}{\left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right)}$$

$$V = \frac{8,03 \text{ m}^3/\text{s}}{\left(\frac{\pi}{4} \times 812^2 \text{ m}^2\right)} \times 1000000$$

$$V = 15,50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Pérdida debida a la fricción por unidad de longitud:**

$$J = 5.38x \frac{V^{1.9}}{D^{1.22}}$$

$$J = 5.38x \frac{15,50^{1.9}}{812^{1.22}}$$

$$J = 0,28 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

- **Factor de Corrección, que corresponde al material utilizado en la cañería Gráfico:**

$$F_c = 1.10$$

- **Fricción por unidad de longitud:**

$$F_r = J \times F_c$$

$$F_r = 0,28 \times 1.10$$

$$F_r = 0,30 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}}$$

- **Pérdida por Fricción:**

$$h_1 = F_r \times L$$

$$h_1 = 0,30 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}} \times 12,20$$

$$h_1 = 3,72 \text{ mmcda}$$

- **Sumatoria de los coeficientes k, correspondientes a los accesorios en serie ubicados en el tramo considerado ver tabla en anexo 24:**

$$\sum k = 1,21$$

- **Altura dinámica correspondiente a la velocidad real en el troncal:**

$$h_{DR} = \frac{V_{ran}^2}{16,35}$$

$$h_D = \frac{15,50^2}{16,35}$$

$$h_{DR} = 14,69 \text{ mmcda}$$

- **Pérdidas por Accesorios:**

$$h_2 = h_{DRX} \sum k$$

$$h_2 = 14,69 \times 1,21$$

$$h_2 = 17,78 \text{ mmcda}$$

- **Pérdida por entradas**

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2$$

$$h_{\Sigma} = 3,73 + 17,78 \text{ mmcda}$$

$$h_{\Sigma} = 21,51 \text{ mmcda}$$

- **Peérdida total acumulada**

$$\sum h_{acumulada} = (241,82 + 21,51) \text{ mmcda} = 263,32 \text{ mmcda}$$

#### 4.7.2.9 Diseño del colector de polvo

En la siguiente figura 30 se muestra el colector de cartuchos (19) permite dirigir el aire entrante a una zona de descarga para la reducción de carga del filtro.



Figura 30: Colector de cartuchos (19)

En la siguiente figura 31 se muestran las dimensiones del colector de cartuchos de cartuchos

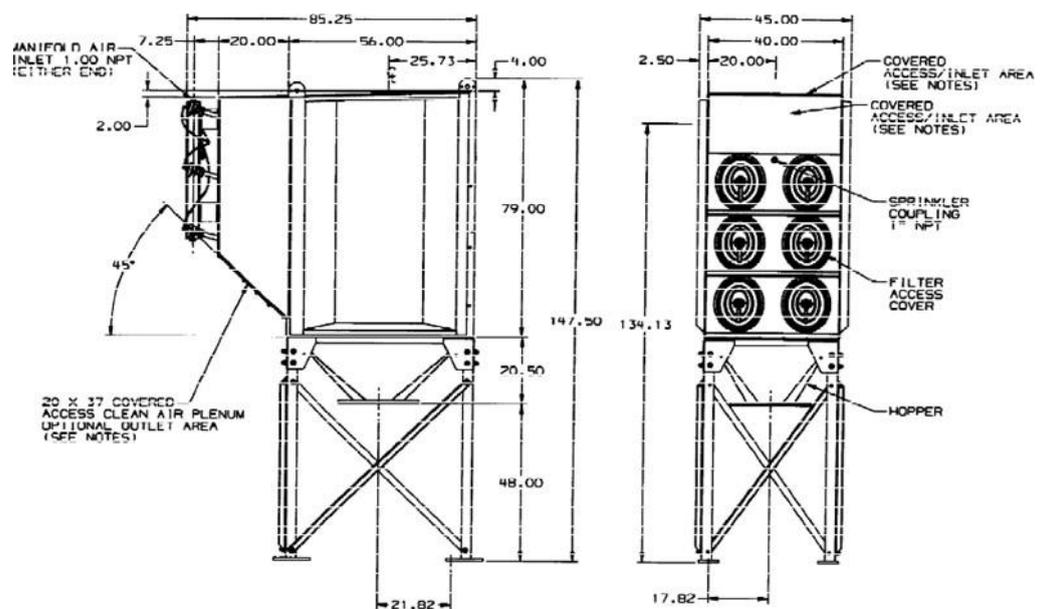


Figura 31: Dimensiones de colector de polvo (23)

En la tabla 23 se muestran los parámetros que se deben cumplir en la selección del colector que se utilizara en el proyecto cumpliendo así los requerimientos necesarios.

Tabla 23: Datos de selección de colector

item	proyecto	flujo CFM	AMR	area por filtrar	area total necesari	N° de filtros	equipo propuesto	N° de filtros	Nuevo AMR
			ft3/min	ultra web					
1	chancado	12.000,00	5,8	190	2.068,97	10,89	DFO 3-12	12	5,26
		13.750,00	5,8	190	2.370,69	12,48	DFO 3-12	12	6,03

Nota: en la tabla se muestran las características que se requiere para la selección del colector de polvo.

### Selección del colector de polvo

El colector de polvo seleccionado presentara las siguientes características principales:

- **Alternativa 1- cartuchos**
- **Cantidad: 1**
- **Caudal por filtrar: 19,500 CFM**
- **Área de filtrado primario: 1,845  $ft^2$**
- **Dimensiones del equipo: L65.00 x A85.25 x H147.50m**
- **Eficiencia del filtro: 99.99% a 0.5 micrones**
- **Alternativa 2- mangas**
- Cantidad: 1
- Caudal por filtrar: 17.000 CFM
- Área de filtrado primario: 1,845  $ft^2$
- Dimensiones del equipo: L134.27 x A150.29 x H340.64m
- Eficiencia del filtro: 99.99% a 0.5 micrones.

En las siguientes tablas 24 se muestran las características del filtro de bolas que cumplen con las condiciones dadas para ser seleccionado.

Tabla 24: Datos de colector de bolas.

Item	Equipo Nombre	Equipo Nombre	BOLSAS								
			flujo		AMR		Área total necesario	tipo equipo	equipo propuesto	area real	nuevo AMR
			m3/hr	CFM	m3/min/m2	ft3/min					
1	chute 1	-	28.883,19	17.000,00	-	9	1.888,89	MBT	144 MBWS 8	1845	9,21
-	-	-	33.130,71	19.500,00	-	12	1.625,00	MBT	144 MBWS 8	1845	10,57

En la tabla 25 se muestran las características del filtro de cartuchos que cumple con las condiciones de selección para el proyecto.

Tabla 25: Datos de colector de cartucho.

Item	Equipo nombres	Equipo nombre	CARTUCHOS							
			flujo		Flujo/ pack	Nº Packs	tipo equipo	equipo propuesto	Nº de packs real	Flujo /packs reales
			m3/hr	CFM						
1	<u>chute 1</u>	-	28.883,19	17.000,00	5,80	15,43	DFO	DFO	18	4,97
-	-	-	33.130,71	19.500,00	5,80	17,70	DFO	DFO	18	5,70

Conclusión:

De acuerdo con las condiciones de trabajo, tipo de material y flujo a manejar el equipo seleccionado para la operación es de tipo DFO, colector de cartuchos de 12 elementos filtrantes de tipo endurante. Este equipo es óptimo para manejar un flujo de 12.000 cfm hasta un máximo de 13.750 cfm.

#### 4.7.2.10 Selección de ventilador

La selección del ventilador (20), se lleva a cabo con la determinación de sus características como: número de revoluciones, tamaño,

potencia que entrega a su eje, rendimiento, trasmisión de movimiento, el ruido, etc.

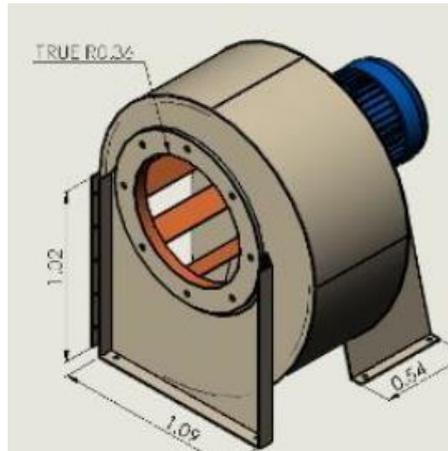


Figura 32: Ventilador del sistema de colector, fuente (24)

Tabla 26: Datos de selección de ventilador.

DATOS PARA SELECCIÓN DE VENTILADOR/EXTRACTOR (FAN)	
● VENTILADOR DE PALAS CURVAS: 17000 CFM	
● PRESION ESTATICA: 12000 in.c. a	
● POTENCIA DE CONSUMO EN EL EJE: 75.61 BHP, a una densidad de 0.634 kg/m <sup>3</sup> (4600 msnm)	
● MOTOR: 90 HP a 1800 RPM; 460/3/60; Nema C design; NEMA4, TEFC MARCA IND FRAME 365T	
● VELOCIDAD DE SALIDA: 18.5 m/s	
● VELOCIDAD DE GIRO: 2230 RPM, Nivel Sonoro 74 dBA a 1m de distancia con bocas conductoras	

#### 4.7.2.11 Selección de equipo

Los datos del sistema de control de polvo es para la capacidad requerida que debe de tener el equipo colector, para la selección de equipos, y se deberá considerar estandarizar en tamaño y modelos de equipos que obtengan una capacidad de extracción mayor o igual sobre la requerida.

El Colector de Polvo constará de los siguientes parámetros de diseño:

Tabla 27: Parametros de selección de equipos.

Equipos	Cant.	Parámetro de Diseño	Potencia de Motor
Colector de Polvo	1	Caudal : 17000 cfm	-
Extractor Centrifugo	1	Caudal: 18,000 cfm Presión Estática: 12 in H2O	100 HP

La presión estática indicada, es la caída de Presión del Sistema, debe aplicarse el factor de corrección por Altura.

Resumen:

- La capacidad requerida del sistema de Colección del Polvo, 17,000 CFM.
- Se ha seleccionado el Equipo Colector de Polvo Modelo DFO 3-18, para una Capacidad de 19,500 CFM. Eficiencia de Filtración 99.999% @ 0.5 micrones.
- Se ha seleccionado el Equipo Ventilador para una Capacidad de 18,000 CFM. Caída de Presión: Operación 12.00 in w.g. Caída de Presión: Estándar a una Altura de 4600 msnm, 21.00 in wg, Potencia Efectiva de Motor 100 HP.

#### 4.7.3 Cálculo de diámetros de los conductos y de las pérdidas de carga

Tabla 28: Resumen de campanas y tramos del colector

Tramo	Campana	Caudal de Campana Q (m <sup>3</sup> /s)	Longitud de Tramo Recto L(m)	Curvas por Tramo	Empalm e	Ángulo de Campana "θ"
3 - A	Rectangular Frente sin ranuras	1.53	12.07	4 - 90 °   R/D=1.5 Damper θ=15°	-	120 °
5 - C	Rectangular Frente sin ranuras	1.30	2.42	2 - 90 °   R/D=1.5 Damper θ=15°	30 °	120 °
A - B	-	-	4.42	1 - 90 °   R/D=1.5	-	-
4 - A	Rectangular Frente con ranuras Velocidad en ranuras: 10 m/s	1.30	1.72	1 - 90 °   R/D=1.5 Damper θ=15°	30 °	120 °
B - C	-	-	2.52	1 - 90 °   R/D=1.5	30 °	-
2 - C	Rectangular Frente sin ranuras	1.53	1.47	1 - 90 °   R/D=1.5 Damper θ=15°	-	120 °
B - D	-	-	13.26	2 - 90 °   R/D=1.5	-	-
1 - D	Rectangular Frente sin ranuras	2.36	11.54	2 - 90 °   R/D=1.5 Damper θ=15°	30 °	120 °
D - E	-	-	5.00	4 - 90 °   R/D=1.5	-	-
F - G	-	-	12.20	2 - 90 °   R/D=1.5 Damper θ=15°	-	-

Tabla 29: Resumen de ductos por tramo y parámetros.

Duct Section	Fitting Number	Type of Fitting	ASHRAE Fitting No.	Parameters	Cant.	Loss Coefficient		
3 - A	1	Elbow	CD3-10	90 °,	4	0.88		
	2	Damper	CD9-1	$\theta= 0^\circ$				
	Summation of Section 3 - A loss coefficients						1.48	
5 - C	1	Elbow	CD3-10	90 °,	2	0.44		
	2	Damper	CD9-1	$\theta= 15^\circ$				
	3	Wye (30°), branch	ED5-1	$Q_b/Q_c= 0.46$			$A_b/A_c= 0.72$	$A_b/A_c= 0.67$
	4	Transition, Round to Round	ED4-1	$\theta= 3^\circ$			$A_b/A_c= 0.72$	
Summation of Section 3 - A loss coefficients				1.94				
4 - A	1	Elbow	CD3-10	90 °,	1	0.22		
	2	Damper	CD9-1	$\theta= 20^\circ$				
	3	Wye (30°), branch	ED5-1	$Q_b/Q_c= 0.46$			$A_b/A_c= 0.72$	$A_b/A_c= 0.67$
	4	Transition, Round to Round	ED4-1	$\theta= 3^\circ$			$A_b/A_c= 0.72$	
Summation of Section 3 - A loss coefficients				2.39				
2 - C	1	Elbow	CD3-10	90 °,	1	0.18		
	2	Damper	CD9-1	$\theta= 15^\circ$			$r/D= 1.5$	
Summation of Section 3 - A loss coefficients				1.81				
1 - D	1	Elbow	CD3-10	90 °,	2	0.36		
	2	Damper	CD9-1	$\theta= 0^\circ$				
	3	Wye (30°), branch	ED5-1	$Q_b/Q_c= 0.29$			$A_b/A_c= 0.86$	$A_b/A_c= 0.55$
	4	Transition, Round to Round	ED4-1	$\theta= 3^\circ$			$A_b/A_c= 0.86$	
Summation of Section 3 - A loss coefficients				2.99				
A - B	1	Elbow	CD3-10	90 °,	1	0.18		
Summation of Section A - B loss coefficients				0.18				
B - C	1	Elbow	CD3-10	90 °,	1	0.18		
	2	Wye (30°), branch	ED5-1	$Q_b/Q_c= 0.50$			$A_b/A_c= 0.70$	$A_b/A_c= 0.70$
	3	Transition, Round to Round	ED4-1	$\theta= 3^\circ$			$A_b/A_c= 0.70$	
Summation of Section 3 - A loss coefficients				0.67				
B - D	1	Elbow	CD3-10	90 °,	2	0.36		
Summation of Section 3 - A loss coefficients				0.36				
D - E	1	Elbow	CD3-10	90 °,	4	0.72		
	Summation of Section 3 - A loss coefficients						0.72	
F - G	1	Elbow	CD3-10	90 °,	2	0.36		
	2	Damper	CD9-1	$\theta= 10^\circ$				
Summation of Section 3 - A loss coefficients				1.21				

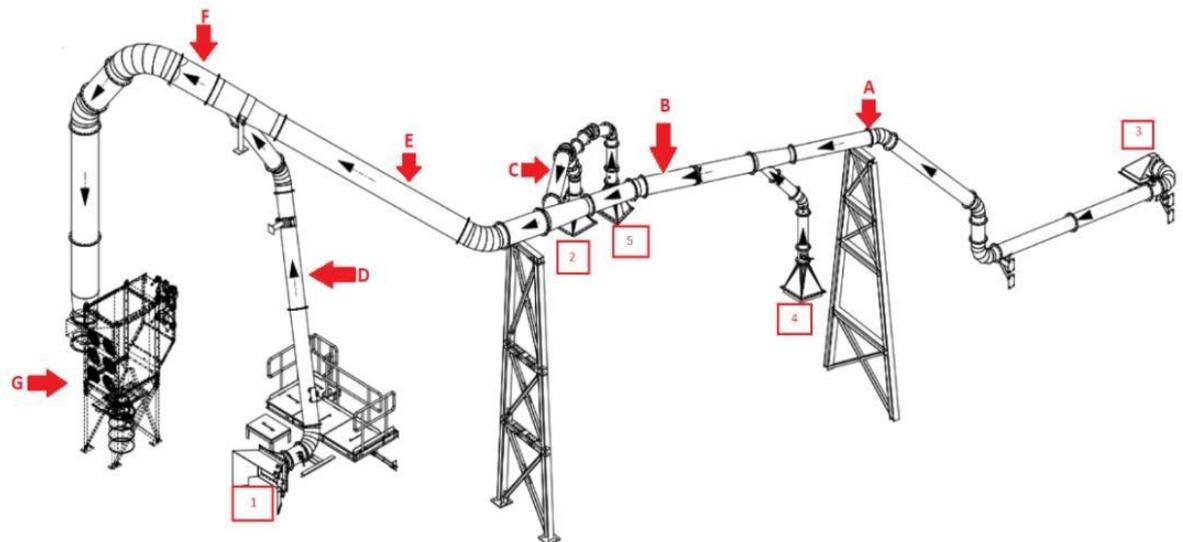


Figura 33:Troncales y ramales del sistema de colector, elaboración propia

En la siguiente tabla 30 se muestra los resultados encontrados en la memoria de calculos.

Tabla 30: Consolidade de memoria de cálculos del colector de polvo

1	Tramo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	Q	Ramal	2.36	1.53	1.30	1.30	1.53	1.53	-	-	-	-	-	-	-	-
3		Troncal	-	-	-	-	-	-	2.83	2.83	2.83	2.83	5.67	8.03	-	-
4	$V_d$		20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	-	20.00	18.50	-	20.00	20.00	20	-	-
5	D		387.61	312.48	287.68	287.68	312.48	-	424.74	441.63	-	424.74	600.68	-	-	-
6	D <sub>adaptado</sub>		390.00	310.00	290.00	290.00	310.00	310.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	6	-	-
7	$V_r$		19.76	20.32	19.68	19.68	20.32	20.32	19.51	19.51	19.51	19.5	-	-	-	-
8	L		11.54	1.47	1.72	2.42	12.07	12.07	4.42	4.42	4.42	-	-	-	-	-
9	J		1.08	1.50	1.53	1.53	1.50	1.50	0.93	0.93	0.9	-	-	-	-	-
10	$f_c$		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	-	-	-	-	-
11=10.9	$F_r$		1.18	1.65	1.69	1.69	1.65	1.65	1.03	-	-	-	-	-	-	-
12=11.8	$h_1$		13.65	2.43	2.90	4.08	19.94	19.94	4.53	-	-	-	-	-	-	-
13	$\Sigma k$		2.99	1.81	2.39	1.94	1.48	1.48	-	-	-	-	-	-	-	-
14	$h_D$		23.87	25.25	23.69	23.69	25.25	25	-	-	-	-	-	-	-	-
15	$h_{D,R}$	Troncal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16=13.14	$h_2$		71.36	45.71	56.61	45.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	$k_{ent}$		-	0.35	0.35	0.35	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18=17.14	$h_{ent}$		8.35	8.84	8.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	$k_{ran}$		-	1.78	1.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	$V_{ran}$		0.00	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	$h_{D,ran}$		0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22=19.21+21	$h_{ran}$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	$h_{D,D}$	Troncal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24=18+22+14	$h_3$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25=15-13	$\Delta h_D$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26=12+16+24	$\Sigma h$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27=12+16+25	$\Sigma h$	Tronc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	$\Sigma h_{acumulada}$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	$h_{adptada}$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Q		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 4.8 Plan de mantenimiento

Se debe de tener en cuenta que para el correcto funcionamiento del colector se debe manejar un tiempo de inspección para ciertos componen entes a continuación.

Tabla 31: Plan de mantenimiento de los extractores de aire

PLAN DE MANTENIMIENTO				
SISTEMA MECÁNICO	Diario	Mensual	Trimestral	Semestral
Verificar la rotación del eje (antes de ejecutar el trabajo)	x			
Análisis de vibraciones en el eje (si las actividades son seguidas)			x	
Inspección de tornillos de soporte ( antes de ejecutar el trabajo)	x			
Inspección visual de correa (si las actividades son seguidas)		x		
Inspección visual de chumaceras (antes de ejecutar el trabajo)		x		
Inspección visual de poleas (antes de ejecutar el trabajo)	x			
Cambio de chumaceras (si se requiere )				x
Cambio de correa (si se requiere )				x
comprobar la alineación			x	

Tabla 32: Modelo de cronograma de Mantenimiento Preventivo

Tipo Ventilador	Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Meses													
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
Eléctrico Axial	Verificación de salida de aire..	Semanal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tomado de: Paredes Ávila

#### 4.9 Plan de implementación de mediciones

Debido a que el sistema está sujeto a demostrar su eficiencia a través de los resultados se recomienda establecer un plan para que los resultados puedan ser analizados, se debe de tener en cuenta también que nos es propósito de este estudio ni de la carrera tratar temas ambientales, debido a eso es que se desarrollara esta parte apoyándose en el “Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos” elaborado por DIGESA del cual se tomaran aspectos importantes tales como.

Tabla 323: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire

Contaminante	Periodo	Forma del estándar		Método de análisis <sup>1</sup>
		Valor	Formato	
Dióxido de azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial / filtración (gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
Monóxido de carbono	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo IRND (método automático)
	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	
Dióxido de nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimiluminiscencia (método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (método automático)

Tomado de: **D.S. N° 069-2003-PCM**

A partir de la anterior tabla se toma en cuenta la frecuencia que nos da como resultado una media aritmética anual, lo que significa que el monitoreo se debe realizar al menos una vez al mes.

## 4.10 Metrado y costos del diseño

Tabla 34: Lista de recurso, metrados de colector de polvo

Descripción	Cantidad	Costo unitario (Dolares, inc IGV)	Costo Total (Dolares, inc IGV)
Angulo 1/4" x 2.1/2" x 6mts	10.00	\$ 52.55	\$ 525.50
Plancha de platina 1/4" x 2.1/2" x 6mts	3.00	\$ 57.92	\$ 173.76
Plancha de platina 1/4" x 2 x 6mts	1.00	\$ 46.32	\$ 46.32
Plancha estructural ASTM A-36 6.0 x 15000 x 6000	4.00	\$ 423.00	\$ 1,692.00
Canal C6" X 8.2 LBS/FT ASTM A36 X 6000	3.00	\$ 198.00	\$ 594.00
Barra redondo liso 5/8 x 6 mts CM	1.00	\$ 30.00	\$ 30.00
Barra redondo liso 1" X 6 mts CM	2.00	\$ 75.00	\$ 150.00
Vigas H A992-GR50 6" X 15 LBS X 40 PIES	4.00	\$ 820.00	\$ 3,280.00
Plancha estructural ASTM A-36 - 3.0 x 15000 x 6000	2.00	\$ 450.00	\$ 900.00
Plancha estructural ASTM A-36 - 25.0 x 15000 x 6000	1.00	\$ 570.00	\$ 570.00
Pintura sumatane hs color celeste ral 5015	9.00	\$ 45.52	\$ 409.72
Diluyente epoxico p33	5.00	\$ 10.56	\$ 52.81
Pintura macropoxy 851 f/c color azul celeste ral 5015	8.00	\$ 23.22	\$ 185.78
Diluyente poliuretano p20	3.00	\$ 10.56	\$ 31.69
Pintura macropoxy 851 f/c 9023	6.00	\$ 23.22	\$ 139.34
Pintura sumatane hs color ral 9023	8.00	\$ 45.52	\$ 364.19
Pintura macropoxy 851 f/c color amarillo cromo ral 1016	2.00	\$ 23.22	\$ 46.45
Pintura sumatane hs color amarillo cromo ral 1016	2.00	\$ 45.52	\$ 91.05
Arandela plana f436 5/8"	50.00	\$ 0.04	\$ 1.79
Arandela plana f436 1"	80.00	\$ 0.08	\$ 6.75
Tuerca hexagonal 2h astm a-194 unc 5/8"	50.00	\$ 0.12	\$ 5.75
Tuerca hexagonal 2h astm a-194 unc 1"	80.00	\$ 0.31	\$ 25.17
Arandela plana f436 5/8" galv.	170.00	\$ 0.05	\$ 8.26
Auerca hexagonal 2h astm a-194 unc 1" galv.	26.00	\$ 0.42	\$ 10.91
Arandela plana f436 3/4" galv	280.00	\$ 0.05	\$ 13.61
Tuerca hexagonal 2h astm a194 unc 3/4" galv.	280.00	\$ 0.21	\$ 59.44
Perno a-325 1"x2. 1/2" galv	26.00	\$ 0.85	\$ 22.01
Arandela plana f436 1" galv.	56.00	\$ 0.14	\$ 7.88
Perno a-325 1/2"x1.1/2" galv	50.00	\$ 0.12	\$ 6.01
Tuerca hexagonal 2h astm a-194 unc 1/2" galv.	190.00	\$ 0.07	\$ 12.63
Perno a-325 3/4"x2" galv	260.00	\$ 0.41	\$ 107.06
Perno a-325 5/8"x2" galv	170.00	\$ 0.27	\$ 46.09
Perno a-325 1"x3"galv	10.00	\$ 1.02	\$ 10.20
Perno hexagonal gr-5 unc 3/8" x 1 1/2" galv completo	800.00	\$ 0.14	\$ 112.53
Tuerca hex 2h astm a-194 2h de 5/8" unc galv	120.00	\$ 0.17	\$ 20.26
Perno a-325 1/2"x2" galv	120.00	\$ 0.15	\$ 17.80
Arandela plana f436 1/2" galv	190.00	\$ 0.03	\$ 5.35
Arandela plana f436 1/4 "	10.00	\$ 0.03	\$ 0.26
Tuerca hexagonal g5 unc 1/4	10.00	\$ 0.03	\$ 0.26
Perno hexagonal gr-5 unc 1/4"x1.1/2"	10.00	\$ 0.11	\$ 1.07
Perno de expansion 3/4" x 10" kb3 completo	2.00	\$ 1.37	\$ 2.74
Plancha de triplay de 6mm x 1.2mt x 2.4mt	25.00	\$ 5.20	\$ 130.04
Perno autopercorante 3/16" x 1/2"	500.00	\$ 0.02	\$ 10.29
Perno autopercorante 5/16" x 1"	1000.00	\$ 0.02	\$ 17.34
Plancha de caucho natural 3mm x 1000mm shore 45	4.00	\$ 25.16	\$ 100.62
Plancha de caucho natural 12mm x 1000mm shore 45	20.00	\$ 73.93	\$ 1,478.58
Empaque tipico 189em5 - empaque caucho natural shore 45 full face 1/8" thk(ver esquema)	4.00	\$ 10.27	\$ 41.08
Empaque tipico 189em3 - empaque caucho natural shore 45 full face 1/8" thk(ver esquema)	10.00	\$ 6.85	\$ 68.50
Empaque tipico 189em2 - empaque caucho natural shore 45 full face 1/8" thk(ver esquema)	4.00	\$ 8.22	\$ 32.88
Empaque tipico 189em4 - empaque caucho natural shore 45 full face 1/8" thk(ver esquema)	1.00	\$ 6.85	\$ 6.85
Empaque tipico 189em1 - empaque caucho natural shore 45 full face 1/8" thk(ver esquema)	4.00	\$ 6.17	\$ 24.68
Empaque tipico 189em9 - empaque caucho natural shore 45 full face 1/8" thk(ver esquema)	6.00	\$ 27.37	\$ 164.22
Empaque tipico 189em8 - empaque caucho natural shore 45 full face 1/8" thk(ver esquema)	3.00	\$ 8.35	\$ 25.05
Empaque tipico 189em7 - empaque caucho natural shore 45 full face 1/8" thk(ver esquema)	7.00	\$ 8.49	\$ 59.45
Empaque tipico 189em6 - empaque caucho natural shore 45 full face 1/8" thk(ver esquema)	12.00	\$ 5.48	\$ 65.76
Bronce sae 64 ø1-1/4	200.00	\$ 0.06	\$ 12.14
Toma empotrable 32a 3p+t ipp44 mennekes color rojo	20.00	\$ 6.09	\$ 121.76
Tomacorriente doble	10.00	\$ 4.04	\$ 40.36
Tablero electrico c/arrancador electronico 40hp@4600 msnm 460vac fs1.0 60hz 3p	1.00	\$ 6,693.65	\$ 6,693.65
Colector de polvo de mangas Donaldson	1.00	\$ 59,638.00	\$ 59,638.00
Colector de polvo Cartucho Donaldson	1.00	\$ 46,275.00	\$ 46,275.00
Extractor Donaldson	1.00	\$ 26,000.00	\$ 26,000.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$</b>	<b>150,792.68</b>

Conforme se observa en la tabla 33, se detallan los recursos necesarios para llevar a cabo el diseño del sistema de colector de polvo, que es el enfoque principal de este estudio. En ella se especifican las cantidades y los costos estimados de dichos recursos.

Se ha calculado un costo total aproximado de los materiales seleccionados en caso de optar por la fabricación del diseño propuesto. Este monto asciende a 150,792.68 dólares, sin tomar en consideración los costos operativos ni los relacionados con la mano de obra.

Asimismo, se ha previsto un costo total aproximado para los recursos destinados al desarrollo del proyecto, en el cual se centra esta investigación. Esta cifra se establece en 1,430.56 dólares, tal como se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 335: Costos aproximados de recursos para el desarrollo del colector de polvo

Descripcion	Cant.	Costo unitario (Dolares, inc IGV)	Costo to
Uso de materiales de escritorio	1.00	\$	
Búsqueda de información	2		
Costo de internet			
Posible pasantía			
Elaboración de planos			
Elaboración de informe final			
Otros gastos			

#### 4.10.1 Formula de actualización de precios.

Para el caso de la fórmula de actualización de precios se tendrá en cuenta las recomendaciones dadas por el INEI para el caso usaremos la formula polinomial como el ejemplo que se muestra a continuación

$$K = a \frac{Jr}{Jo} + b \frac{Mr}{Mo} + c \frac{Er}{Eo} + d \frac{Vr}{Vo} + e \frac{GUr}{GUo}$$

Se tendrá en cuenta también los siguientes puntos por recomendación del INEI.

- Numero de monomios que componen la fórmula polinómica no exceden los 8 monomios

- Se escoge la zona específica para la evaluación de variación de precio.  
En este caso zona 4.
- Se escogen los índices más representativos del proyecto

A continuación, se muestra los factores tomados en cuenta para cada índice

Tabla 36: Factores de corrección para cada fórmula polinómica

S10 Página: 1

LOL

**Fórmula Polinómica**

Presupuesto            **0101309 ESTRUCTURA CONVENCIONAL**  
 Subpresupuesto       **001 SUB PRESUPUESTO ESTRUCTURAS**  
 Fecha Presupuesto    **01/06/2021**  
 Moneda                 **NUEVOS SOLES**  
 Ubicación Geográfica **210101**

**K =**

Monomio	Factor	(%)	Símbolo	Índice	Descripción
	0.001	100.000	I	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR
	0.015	100.000	M	48	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL
	0.032	100.000	D	30	DOLAR (GENERAL PONDERADO)
	0.068	100.000	M	47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES
	0.396	100.000	P	56	PLANCHA DE ACERO LAC
	0.488	100.000	P	51	PERFIL DE ACERO LIVIANO

Al final la fórmula polinómica corregida como se muestra a continuación donde

Índice de Precios = I

Maquinaria y equipo nacional = Maq

Dólar = D

Mano de obra = Man

Plancha de acero laminado al caliente = Pla

Perfil de acero Liviano = Pac

## CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN

### 5.1 Lista de piezas

En la siguiente tabla se muestra en listado de piezas que conforman el colector de polvo

Tabla 347: Listado de piezas que conforma el colector de polvo,

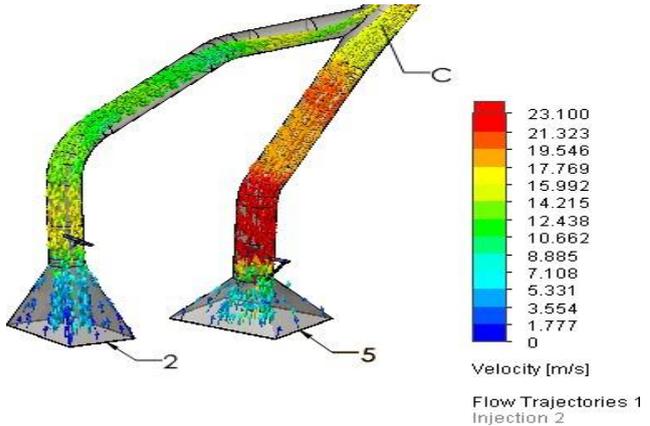
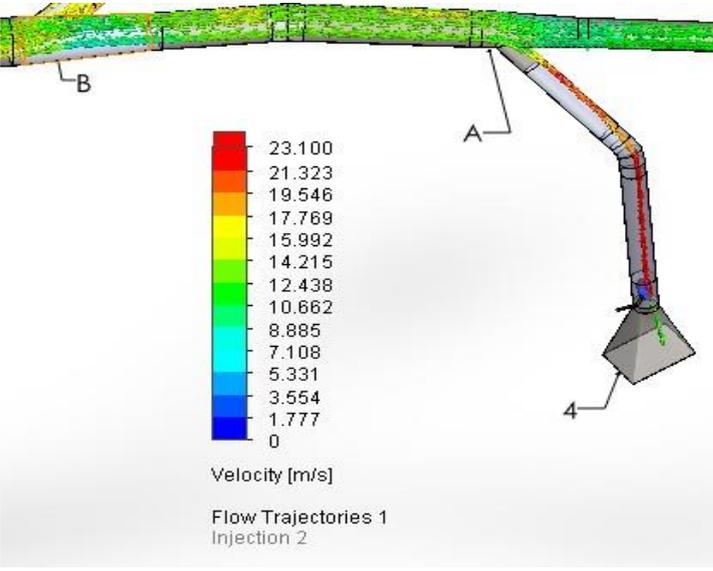
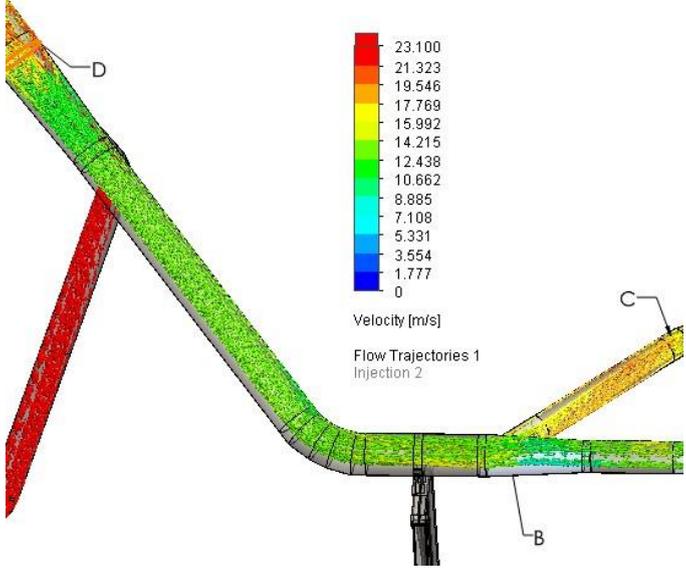
Nº de elementos	Nº de pieza	Material	Cantidad
1	ducto	ASTM A 36	1
2	codo 15	SCH 40/ASTM A-53	1
3	valvula	ASTM A 53	2
4	ducto de 5600	SCH 40/ASTM A-53	1
5	codo de 14	SCH 40/ASTM A-53	1
6	ducto de 338	SCH 40/ASTM A-53	1
7	codo de 44°	SCH 40/ASTM A-53	1
8	soporte 1	ASTM A 992 GR 50	1
9	soporte 9	ASTM A 992 GR 50	1
10	campana 3-4	ASTM A 36	1
11	ducto 1500	SCH 40/ASTM A-53	1
12	codo 44°-2	SCH 40/ASTM A-53	1
13	ducto 1000	SCH 40/ASTM A-53	2
14	ducto Y	SCH 40/ASTM A-53	1
15	soporte 2	ASTM A 992 GR 50	1
16	soporte 10	ASTM A 992 GR 50	1
17	codo 5	SCH 40/ASTM A-53	1
18	codo 4	SCH 40/ASTM A-53	1

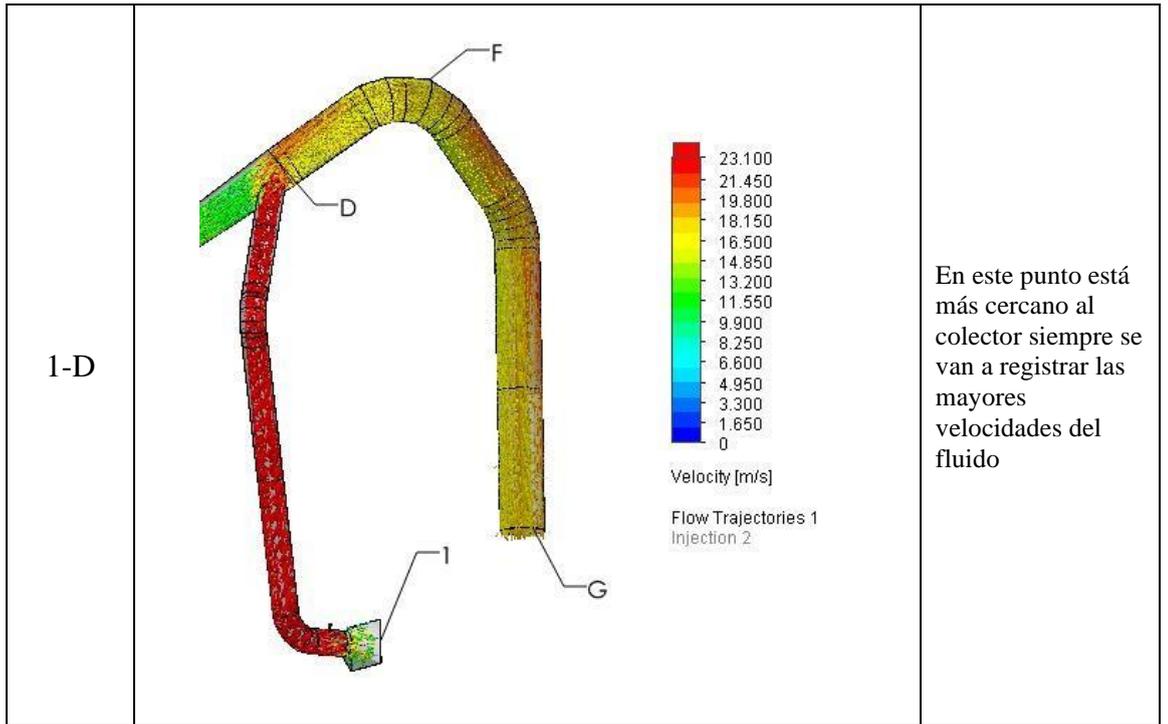
19	valvula 2	ASTM A 53	1
20	campana 1	ASTM A 36	1
21	ducto 2000	SCH 40/ASTM A-53	2
22	ducto 1997	SCH 40/ASTM A-53	2
23	codo 1	SCH 40/ASTM A-53	1
24	codo 2	SCH 40/ASTM A-53	1
25	ducto 1200	SCH 40/ASTM A-53	1
26	ducto en Y2	SCH 40/ASTM A-53	1
27	codo 3	SCH 40/ASTM A-53	1
28	ducto 2000	SCH 40/ASTM A-53	3
29	ducto en Y2	SCH 40/ASTM A-53	1
30	codo 6	SCH 40/ASTM A-53	1
31	ducto en Y3	SCH 40/ASTM A-53	1
32	codo 8	SCH 40/ASTM A-53	1
33	codo 9	SCH 40/ASTM A-53	1
34	campana 2	ASTM A 36	1
35	codo 12	SCH 40/ASTM A-53	1
36	ducto 1100	SCH 40/ASTM A-53	2

## 5.2 Simulación y resultados

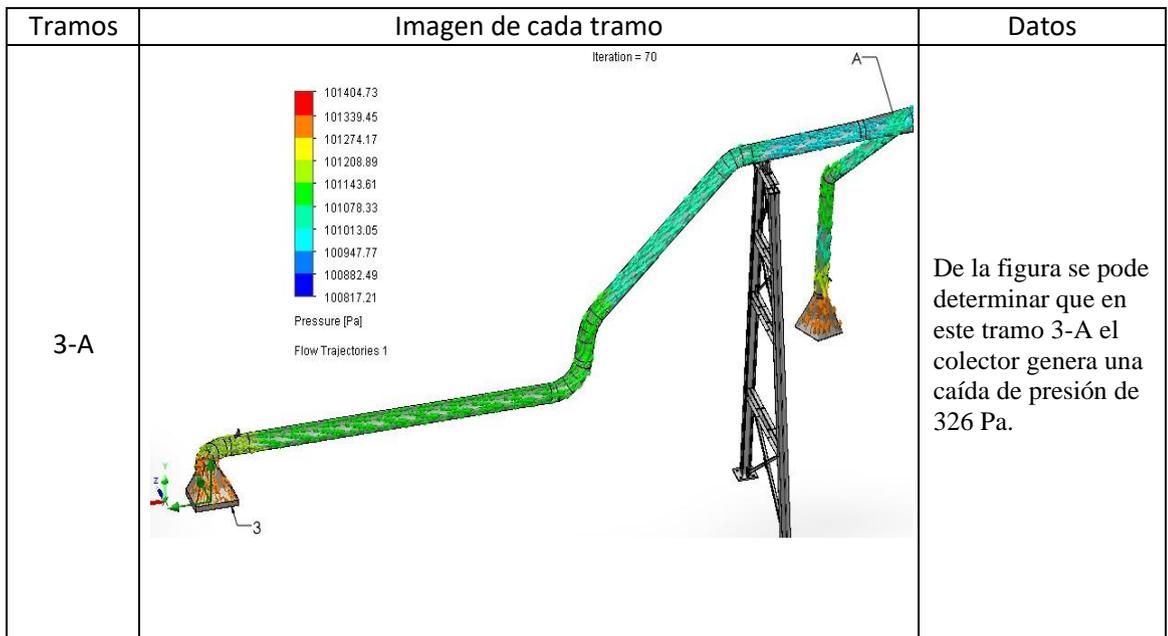
### 5.2.1. Análisis interno del ducto sin enjebado empleando el colector

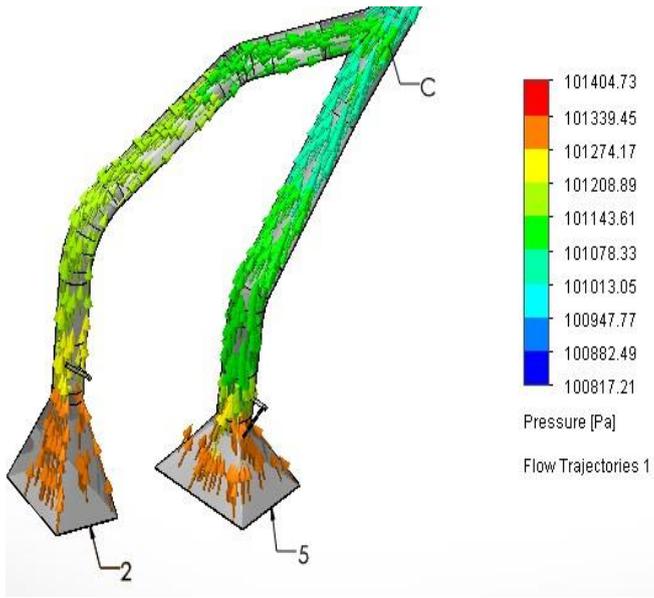
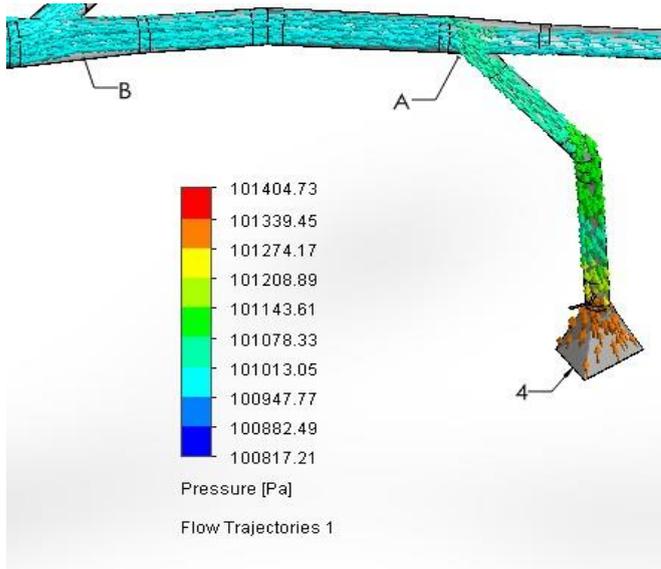
Tramos	Imagen de cada tramo	Datos
3-A	<p>Velocity [m/s]</p> <p>Flow Trajectories 1 Injection 2</p>	<p>En el tramo 3-A se registran velocidades que van desde 0 hasta los 23 m/s. Se registra 0 debido a que el aire está en una posición de reposo con una presión de 101325 Pa hasta que se registra movimiento del fluido debido a la caída de presión generada por el colector de aire.</p>

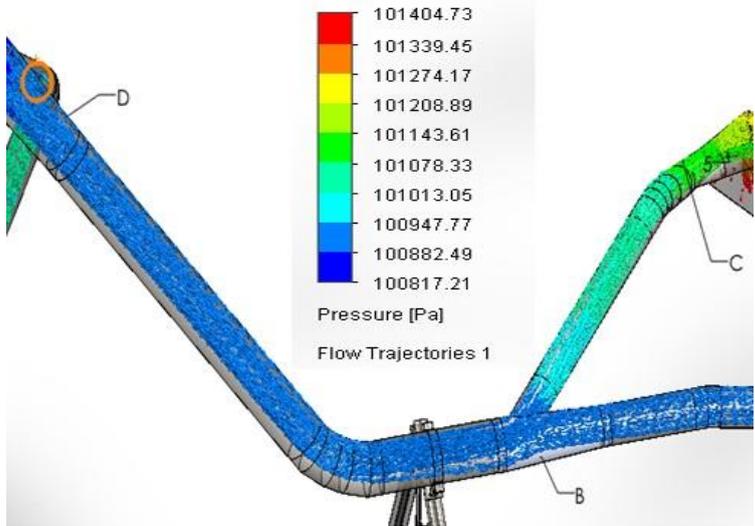
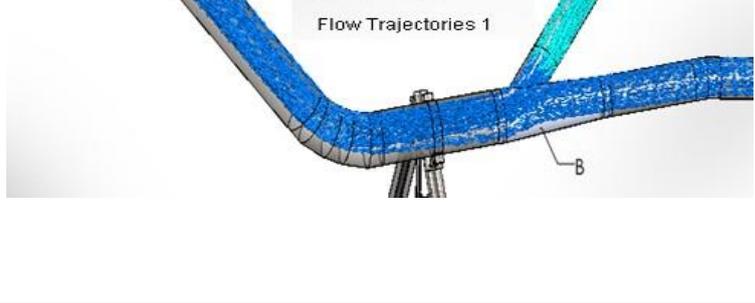
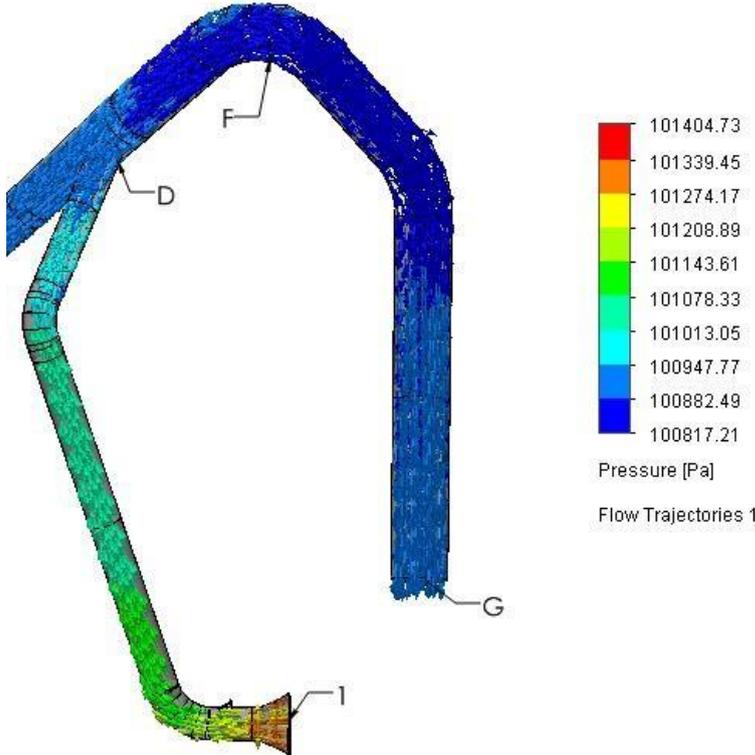
5-C		<p>En los tramos 5-C y 2-C de registran velocidades desde 0 a 23 m/s ya que la gráfica de presiones en estos puntos de registraron las menores caídas de presión además de tener una reducción del diámetro de la tubería, se puede determinar que a mayor caída de presión aumenta la velocidad del fluido.</p>
4-A		<p>En el tramo A-B se registró mayor caída de presión, además de haber reducido el diámetro de tubería, dando velocidades desde 12 a 17 m/s.</p> <p>Y el tramo 4-A se registró mayor velocidad debido a que existe una reducción del diámetro de tubería además de haber registrado menor caída de presión en este tramo.</p>
B-C		<p>En el tramo B-C encontramos velocidades del fluido de 15 a 17 m/s, esto es debido a una reducción del diámetro de la tubería.</p> <p>En el tramo B-D se encuentra una disminución de la velocidad del fluido por aumento del diámetro de la tubería, las velocidades registradas que van desde los 10 a 15 m/s.</p>



### 5.2.2. Análisis interno del ducto enjebado empleando el colector



5-C		<p>Dentro del análisis de estos dos tramos 5-C y 2-C se puede determinar que la caída de presión generada por el colector es de 261 Pa aproximadamente este problema es debido a la cantidad de codos tipo Y empleados en la ramificación anterior, esto genera que tenga menor eficiencia el momento de la absorción.</p>
2-C		
4-A		<p>Se puede observar que el COLECTOR genera mayor caída de presión en los tramos A-B, la caída de presión registrada es de 522 Pa, se puede afirmar que esta caída de presión es la que genera mayor cantidad de movimiento del fluido.</p>
A-B		<p>En el tramo 4-A se puede observar que tiene buena caída de presión, pero genera poco movimiento del fluido ya que en este tramo se tiene las tuberías con menor diámetro de todo el sistema. (392 Pa)</p>

B-C		<p>Ya que es un tubo continuo y con la misma dimensión Se puede observar que la caída de presión generada en los tramos A-B son iguales a los tramos B-D.</p>
B-D		<p>En el tramo B-C Es un punto de unión de dos tramos y se registra una caída de presión de 392 Pa. Esta caída de presión es la encargada de generar el desplazamiento de fluidos de los tramos 5-C y 2-C</p>
1-D		<p>En los tramos D-F y F-G son los más cercanos al colector y por lo tanto son los puntos que mayor caída de presión registran (caída de presión registrada es de 587 Pa) que es la encargada de generar movimiento en todo el sistema.</p>

## CONCLUSIONES

1. El colector de polvo adecuado para las condiciones y normas es de una capacidad requerida de 17000 CFM para 1845 pies cuadrados, esto conlleva un resultado óptimo según muestra el resultado de la simulación.
2. Los requerimientos necesarios para el dimensionamiento del colector de polvo el cual fue un colector de polvo Modelo DFO 3-18, para una capacidad de 19,500 CFM. Y muestra una eficiencia de Filtración 99.999% @ 0.5 micrones.
3. Los materiales y sus propiedades más adecuados para este tipo de trabajo, además del equipo ventilador con una capacidad de 18,000 CFM. q que muestra a una altura de 4600 msnm una caída de presión de 21.00 in wg, y una potencia efectiva de Motor 100 HP.
4. Las campanas extractoras como resultado se requieren 5 unidades, la selección de punto de colocación se designó en ubicación en las fajas trasportadoras y área de chancado para la disminución de polución
5. Se logro el modelamiento como se muestra de todo el sistema incluyendo las diferentes partes y dimensiones del sistema de colector de polvo lo que ayudo a identificar las congruencias entre medidas y continuidad preparando el modelo para la simulación.
6. Se determino con ayuda de la simulación que el sistema de colector de polvo alcanza velocidades de 17m/s a 23m/s las cuales van de acuerdo con la velocidad promedio calculada de 20m/s.

## **RECOMENDACIONES**

- Se aconseja implementar un diseño eficiente de sistema de conductos para prevenir desequilibrios y permitir un flujo de succión sin obstrucciones. Cada rama del sistema de conductos debería comenzar con una reducción, mientras que cada entrada del conducto debe estar equipada con una campana conectada a los equipos que necesitan desempolvado. Las campanas deben ser seguidas por válvulas de control (dámpers) que se ubiquen lo más cerca posible de las plataformas. Los codos en el sistema deben ser diseñados para facilitar el desmontaje, y se deben incorporar bridas que sean fáciles de remover.
- Se sugiere inspeccionar los filtros con regularidad para evitar posibles fugas y mejorar la eficacia del proceso de aspiración.
- Es fundamental concienciar sobre la problemática de la contaminación y asegurar que los trabajadores comprendan la importancia de reducir la polución para evitar consecuencias legales y administrativas.
- Se debe garantizar la protección de los trabajadores expuestos a la generación de polvo, ya que esto puede tener efectos adversos en su salud.
- Se recomienda llevar a cabo pruebas o controles periódicos para evaluar las velocidades de transporte en los conductos, con el propósito de identificar posibles problemas en el sistema. Además, se deben realizar inspecciones frecuentes para evaluar el funcionamiento de los filtros y los ventiladores, prestando atención a ruidos anómalos o vibraciones excesivas.
- Es esencial mejorar la seguridad industrial para el personal afectado, suministrándoles equipos de protección de manera regular hasta que el proyecto se implemente de manera efectiva.

## BIBLIOGRAFÍA

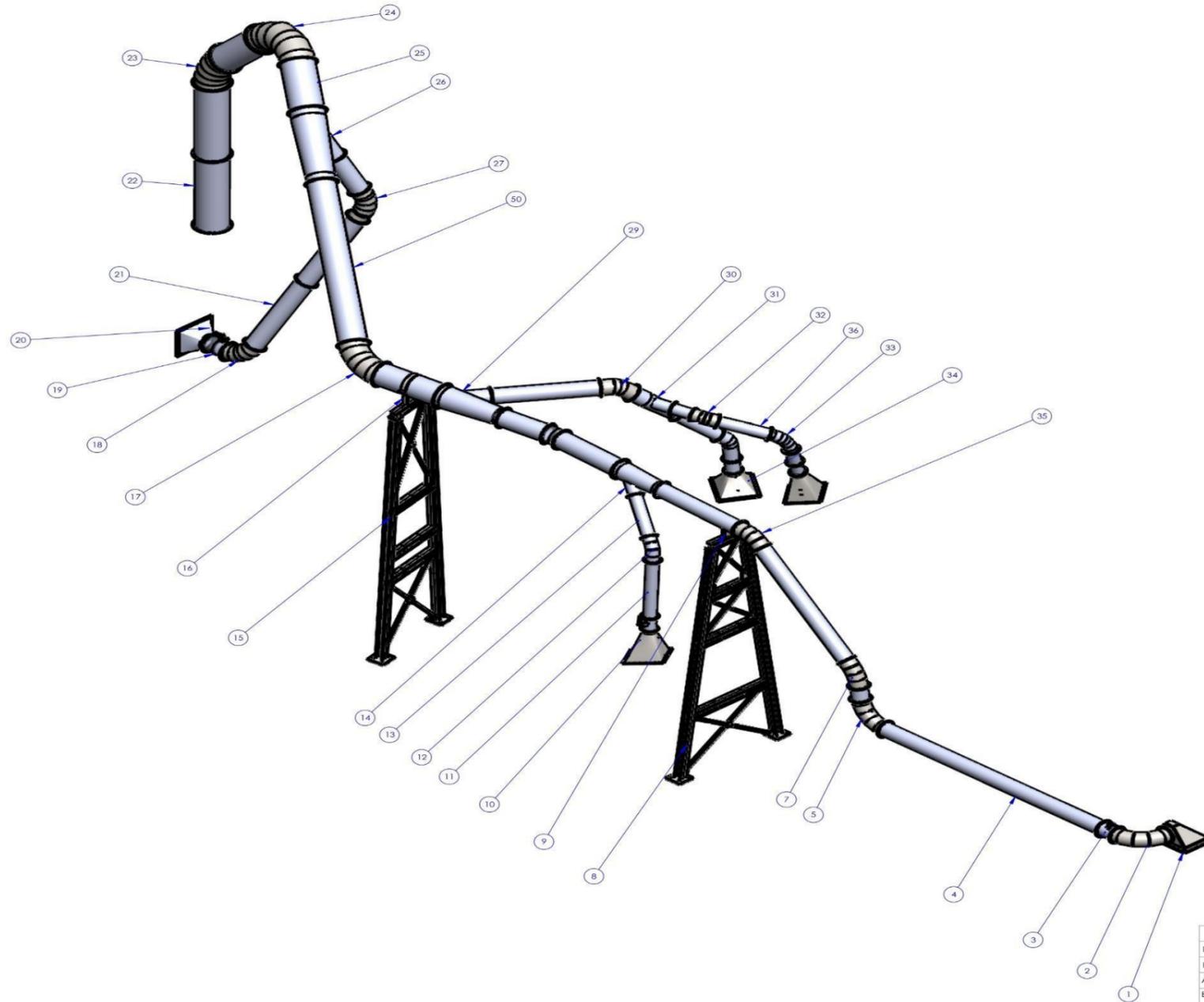
1. UNIDAD MINERA MIN SUR. *Evaluación del “Quinto Informe Técnico Sustentatorio de la unidad Minera Min sur Acumulacion quenamari San Rafael” presentado por min sur.* Puno : s.n., 2018.
2. ANDREINA, MELENDEZ. *Diseño de un sistema de para minimización de polvos en los silos de harina terminada del proceso productivo Demasecca.* Barbula : Universidad de Carabobo, 2018.
3. PILAMUNGA RIGCHAG, DAVID PATRICIO. *Diseño de un sistema de absorción de polvos para la planta de pisos de la empresa Ecuaceranica de la ciudad de Riobamba.* Riobamba : Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 2019.
4. LOPEZ MORALES, LUIS ENRRIQUE. *Aplicación de la metodología RCM en colectores de polvo en una empresa cementera para mejorar su confiabilidad.* Areuipa : Universidad Nacional de San Agustín, 2018.
5. CHIPANA CALDERON , ALEXIS GUSTAVO. *Diseño del sistema de captación de polvo centralizado para control del impacto ambiental en la sociedad minera Corona.* s.l. : UNCP, 2018.
6. SARMIENTO BOLAÑOS , FABRICIO JAVIER. *Diseño de un colector de polvo para chancado secundario en una planta concentradora de cobre.* Arequipa : s.n., 2020.
7. KRICH, EDWARD. *Fundamentos de ingeniería.* s.l. : limusa, 1994. 9681805352.
8. REA. real academia española. *REA.* [En línea] 16 de 10 de 2021. <http://lema.rae.es/drae2001/srv/search?id=ZS3o5fHPDDXX2fbVvSc9>.
9. SRL, IRMA PROJEKT SISTEM. *IRMA Projekt Sistem.* [En línea] 2013. [Citado el: 16 de 10 de 2021.] <http://www.irma-ps.com/spa/vrecastifilteri.html>.
10. ACGIH. *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design, 27th Edition.* s.l. : Amer Conf of Governmenta, 2010 . ISBN-13: 978-1607260134.
11. ECHEVARRI, CARLOS ALBERTO. *Ventilación industrial. 2da Edición.* s.l. : Ediciones de la U, 2020. ISBN: 9789587921182.
12. POWERED BY OXFORD. [En línea] LEXICO, 2021. <https://www.lexico.com/es/definicion/disenio>.
13. CEGARRA SANCHEZ , JOSE. *Metodología de la investigación científica y tecnológica.* Madrid : Ediciones Dias de Santos, 2004. ISBN:84-7978-624-8.

14. BARRIGA, BENJAMIN. *Metodos de diseño en ingeniería mecánica*. lima : s.n., 1995.
15. BETH, R&R. R&R BETH. *R&R BETH*. [En línea] R&R BETH. [Citado el: 25 de 6 de 2021.] <http://www.rr-beth.com/de/tradition-und-innovation.html>.
16. R&R BETH. *R&R BETH*. [En línea] R&R BETH. [Citado el: 25 de 6 de 2021.] <http://www.rr-beth.com/de/tradition-und-innovation.html>.
17. OASIS, GRUPO. *Grupo Oasis*. [En línea] Grupo Oasis. [Citado el: 20 de 6 de 2021.] <https://gpooasis.com/tipos-de-colectores-industriales/>.
18. OASIS, GRUPO. *Grupo Oasis*. [En línea] [Citado el: 20 de 6 de 2021.] <https://gpooasis.com/tipos-de-colectores-industriales/>.
19. INDUSTRIAL, REPORTERO. *Reportero industrial* . [En línea] 30 de 1 de 2017. [Citado el: 23 de 7 de 2021.]
20. GOBERNA, RICARDO. *Ventilación Industrial, Manual de Recomendaciones Prácticas para la Prevención de Riesgos Profesionales*. [En línea] 1992. [Citado el: 12 de 8 de 2021.] [https://www.ucursos.cl/ingenieria/2011/2/ME5701/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=392421](https://www.ucursos.cl/ingenieria/2011/2/ME5701/1/material_docente/bajar?id_material=392421).
21. GARCIA P, GUILLERMO. *Ingeniería e investigación*. colombia : s.n., 1984.
22. R&R BETH. [En línea] <http://www.rr-beth.com/de/tradition-und-innovation.html>.
23. DONALDSON. *MANUAL DE INSTALACION Y OPERACION*. [En línea] [Citado el: 15 de 8 de 2021.] <https://www.donaldson.pe>.
24. PILAMUNGA RIGCHAG, DAVID PATRICIO. *Diseño de un sistema de absorción de polvos para la planta de pisos de la empresa*. Riobamba : s.n., 2019.
25. RIGCHAG, DAVID PATRICIO PILAMUNGA. *Diseño de un sistema de absorción de polvos para la planta de pisos de la empresa*. Riobamba – Ecuador : s.n., 2019.

# **Anexos**

Anexo 1

Ensamblaje completo del colector de polvo

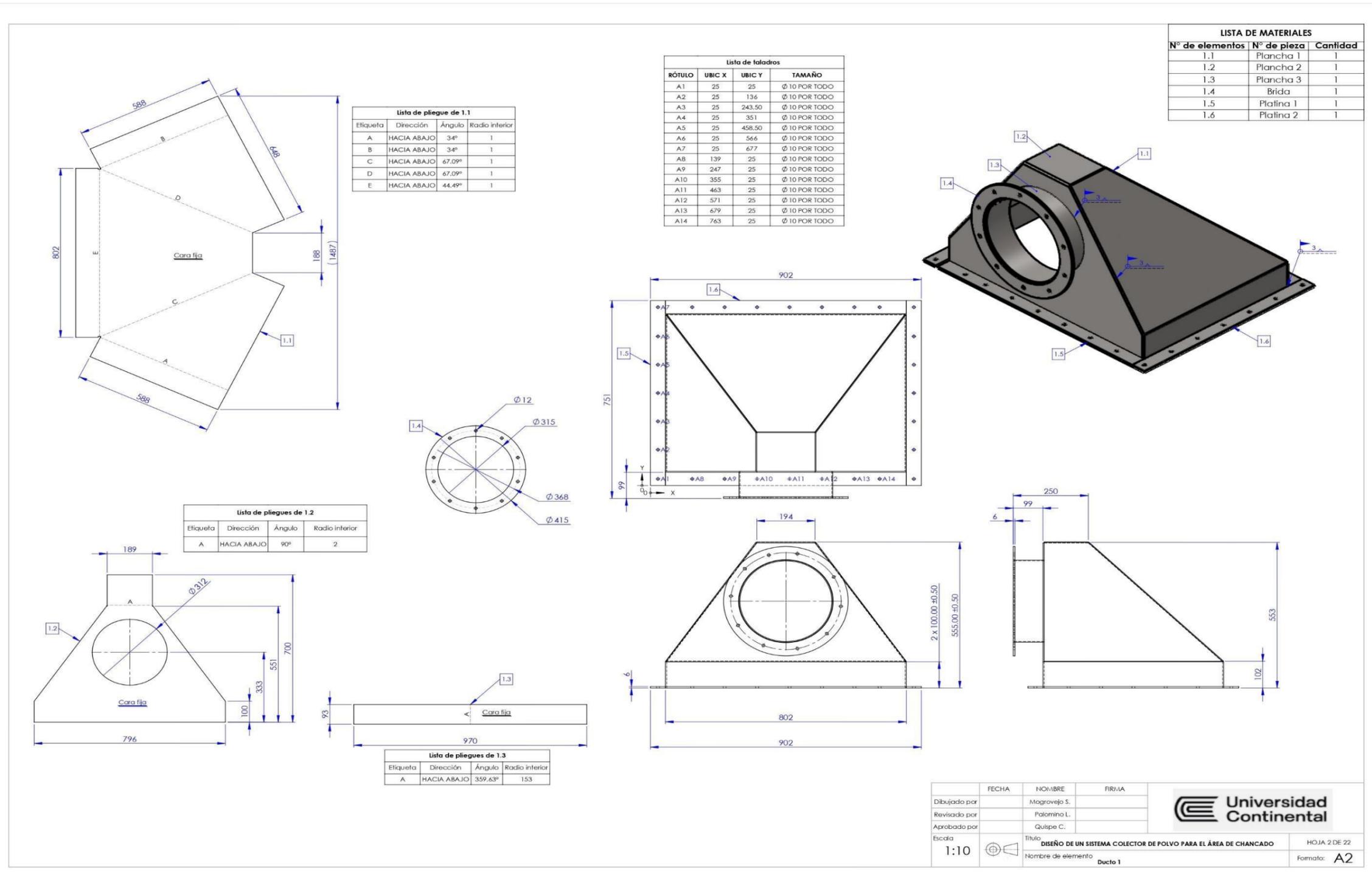


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	Ducto	AISI 1020	1
2	Codo 15	AISI 1020	1
3	Valvula	AISI 1020	2
4	Ducto de 5600	AISI 1020	1
5	Codo de 14	AISI 1020	1
6	Ducto de 338	AISI 1020	1
7	Codo 44°	AISI 1020	1
8	Soparte	AISI 1020	1
9	Soparte 9	AISI 1020	1
10	Campana 3-4	AISI 1020	1
11	Ducto 1500	AISI 1020	1
12	Codo 44°-2	AISI 1020	1
13	Ducto 1000	AISI 1020	2
14	Pan1	AISI 1020	1
15	Sa1	AISI 1020	1
16	Sop 7	AISI 1020	1
17	Codo 5	AISI 1020	1
18	codo 4	AISI 1020	1
19	Valvula	AISI 1020	1
20	Campana 1	AISI 1020	1
21	Ducto 2000	AISI 1020	2
22	Ducto 1997	AISI 1020	2
23	Codo 1	AISI 1020	1
24	Codo 2	AISI 1020	1
25	Ducto 1200	AISI 1020	2
26	Ducto Y1	AISI 1020	1
27	Codo 3	AISI 1020	1
28	Ducto 2000	AISI 1020	3
29	Ducto Y2	AISI 1020	1
30	Codo 6	AISI 1020	1
31	Ducto Y3	AISI 1020	1
32	Codo 8	AISI 1020	1
33	Codo 9	AISI 1020	1
34	Campana 2	AISI 1020	1
35	Codo 12	AISI 1020	1
36	Ducto 1100	AISI 1020	2

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <b>Universidad Continental</b>
Dibujado por		Magrovejo S.		
Revisado por		Palomino L.		
Aprobado por		Quijpe C.		
Escala	1:200	Título Nombre de elemento		HOJA 1 DE 22 Formato: A2
				ENSAMBLE COMPLETO

Anexo 2

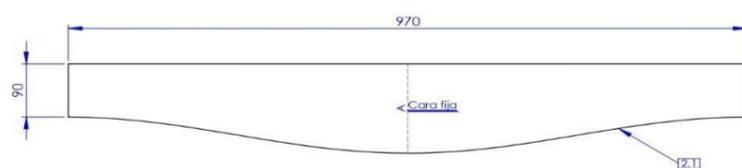
Ducto 1



FECHA	NOMBRE	FIRMA	
Dibujado por	Magrovejo S.		
Revisado por	Palomino L.		
Aprobado por	Quispe C.		
Escala	Título: <b>DISÑO DE UN SISTEMA COLECTOR DE POLVO PARA EL ÁREA DE CHANCADO</b> Nombre de elemento: <b>Ducto 1</b>		HOJA 2 DE 22 Formato: <b>A2</b>
1:10			

Anexo 3

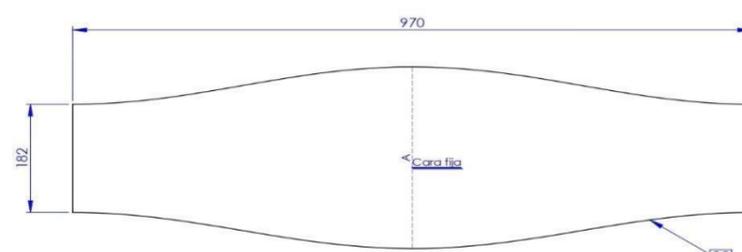
Codo 15



970  
90  
Cara fija  
2.1

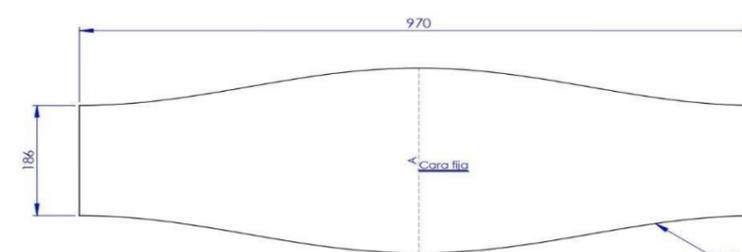
Lista de pliegue 2.1			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.63°	153

LISTA DE MATERIALES			
N° de elementos	N° de pieza	Cantidad	
2.1	Plancha 4	1	
2.2	Plancha 5	1	
2.3	Plancha 6	1	
2.4	Plancha 7	1	
2.5	Plancha 8	1	
2.6	Brida	1	

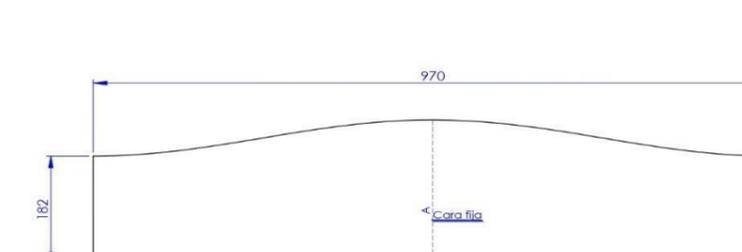


970  
182  
Cara fija  
2.2

Lista de pliegue 2.2			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.63°	153

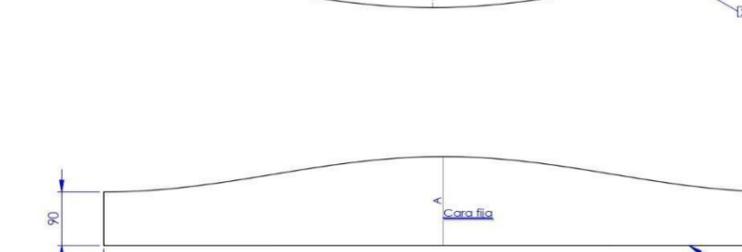


970  
186  
Cara fija  
2.3



970  
182  
Cara fija  
2.4

Lista de pliegue 2.3			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.63°	153



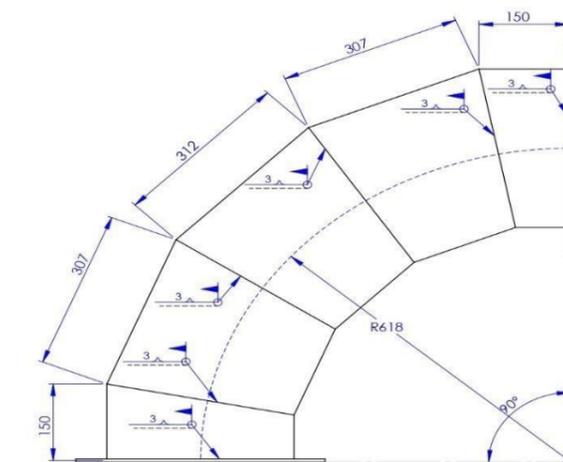
970  
90  
Cara fija  
2.5

Lista de pliegue 2.4			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.63°	153

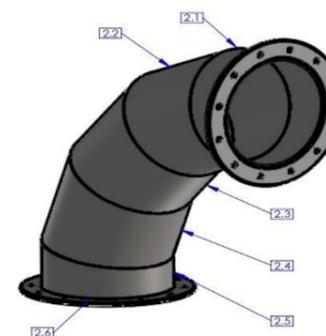


970  
90  
Cara fija  
2.5

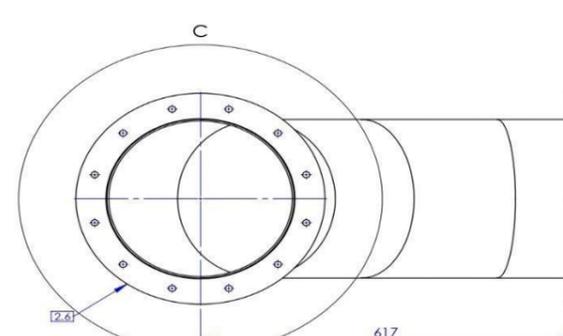
Lista de pliegue 2.5			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	359.63°	153



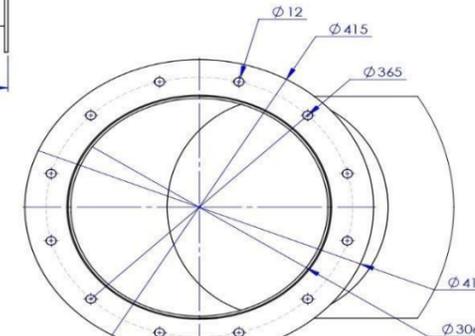
307, 150, 3, 3, 3, 3, 3, 3, R618, 90°



2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6



C, 617, 2.4



DETALLE C  
ESCALA 1 : 5  
Ø 12, Ø 415, Ø 365, Ø 415, Ø 306

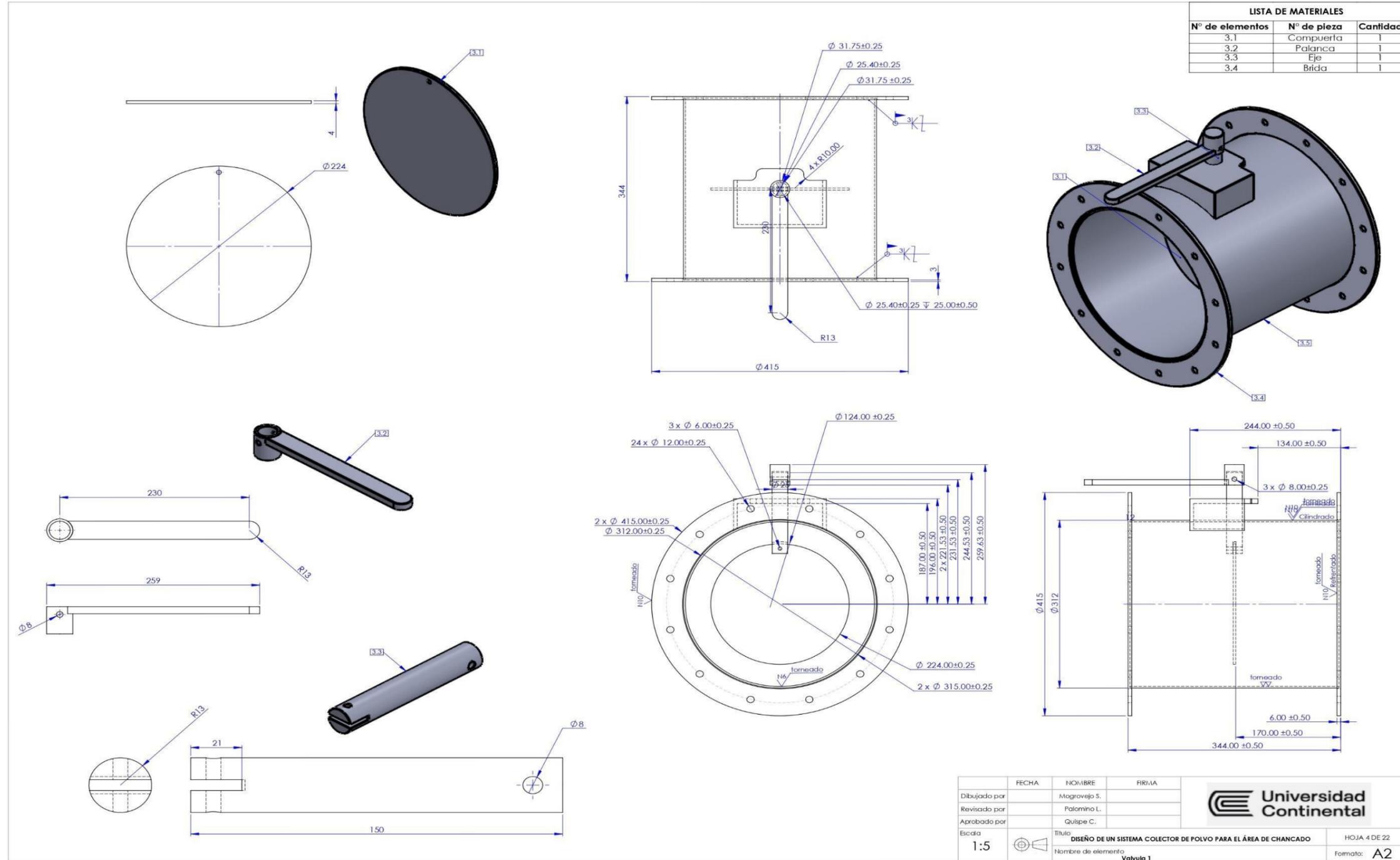
Dibujado por	FECHA	NOOMBRE	FIRMA
Revisado por		Mogrovejo S.	
Aprobado por		Palomino L.	
Escala		Quispe C.	
1:10	Título		HOJA 3 DE 22
	DISEÑO DE UN SISTEMA COLECTOR DE POLVO PARA EL ÁREA DE CHANCADO		Formato: A2
	Nombre de elemento		
	Codo 15		



Universidad  
Continental

Anexo 4

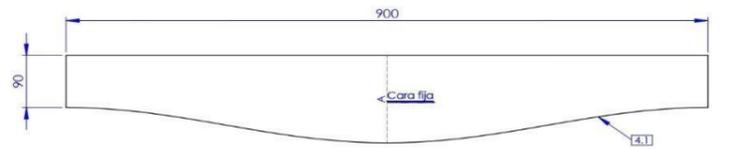
Válvulas mariposa



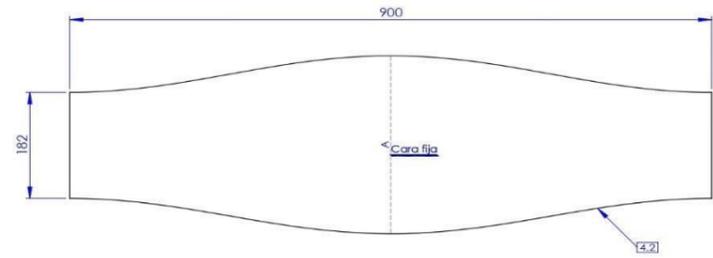
FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <b>Universidad Continental</b>
Dibujado por	Magrorejo S.		
Revisado por	Palomino L.		
Aprobado por	Quitpe C.		
Escala	Título: <b>DISEÑO DE UN SISTEMA COLECTOR DE POLVO PARA EL ÁREA DE CHANCADO</b> Nombre de elemento: <b>Válvula 1</b>		HOJA 4 DE 22 Formato: <b>A2</b>

Anexo 5

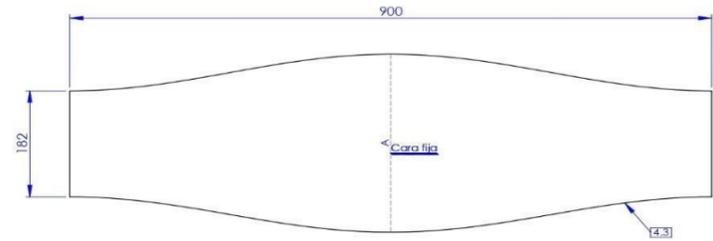
Codo 14



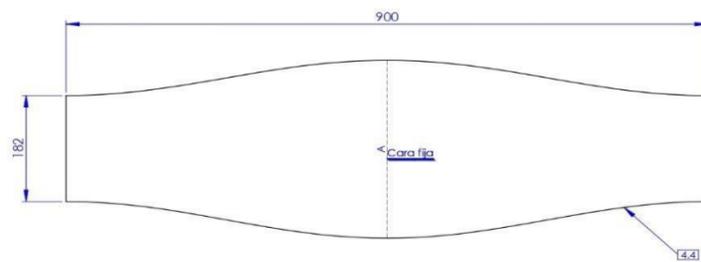
Lista de pliegue 4.1			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	359.63°	153



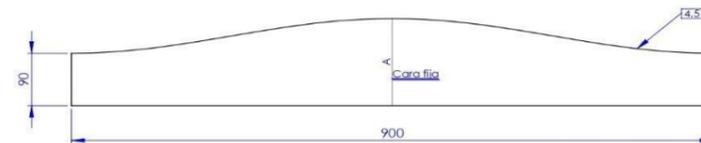
Lista de pliegue 4.2			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.63°	153



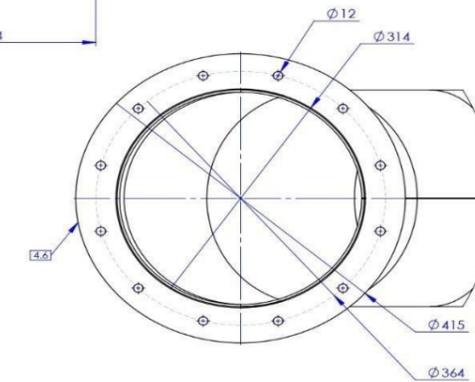
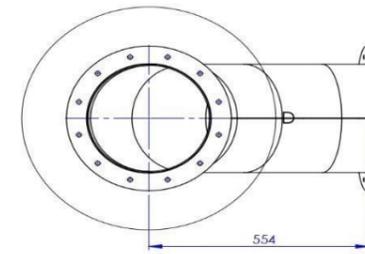
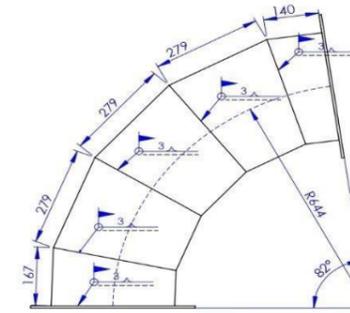
Lista de pliegue 4.3			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.63°	153



Lista de pliegue 4.4			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.63°	153

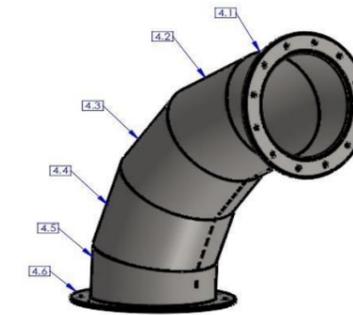


Lista de pliegue 4.5			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.63°	153



DETALLE D  
ESCALA 1 : 5

LISTA DE MATERIALES		
Nº de elementos	Nº de pieza	Cantidad
4.1	Plancha 9	1
4.2	Plancha 10	1
4.3	Plancha 11	1
4.4	Plancha 12	1
4.5	Plancha 13	1
4.6	Brida	1



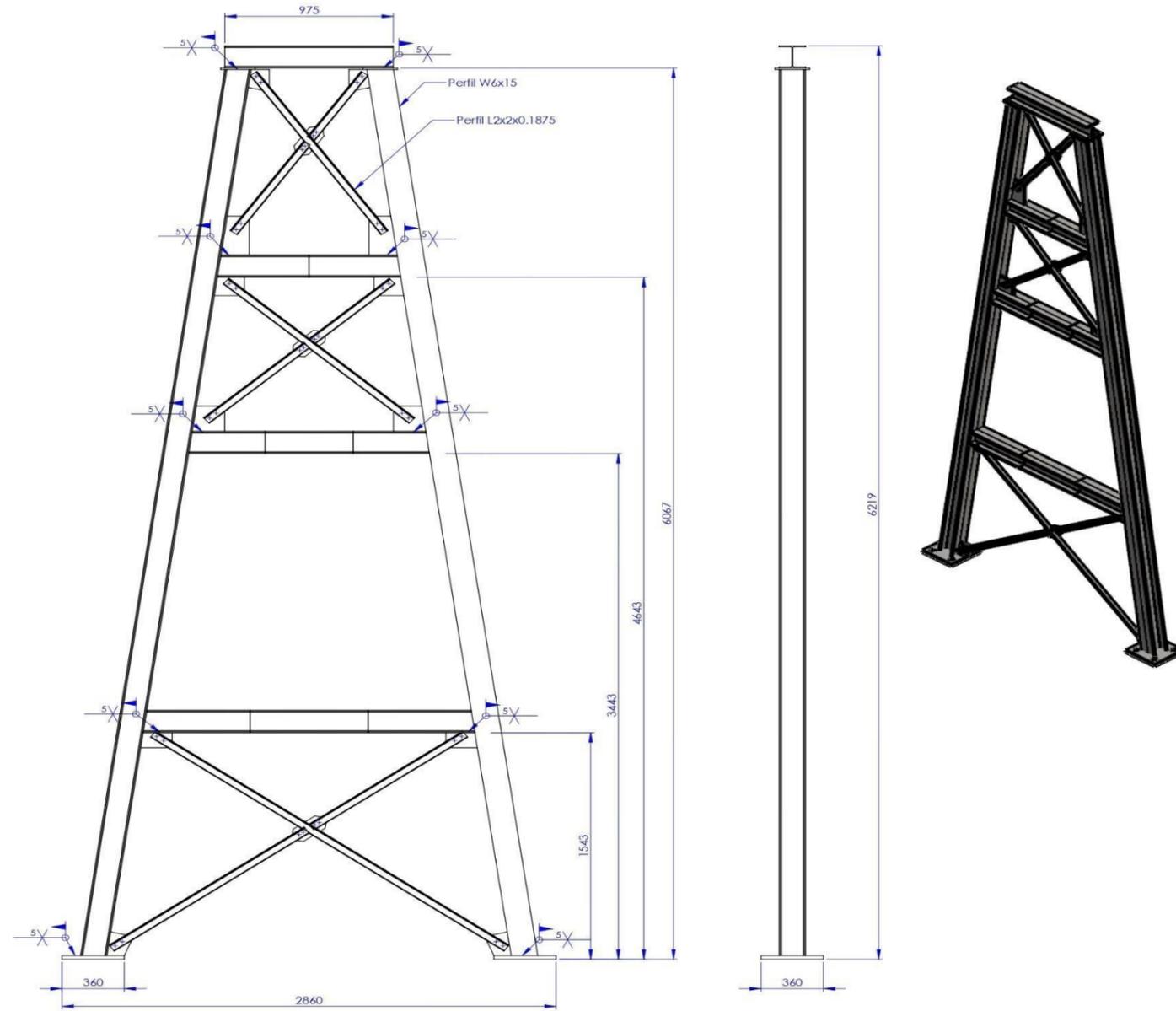
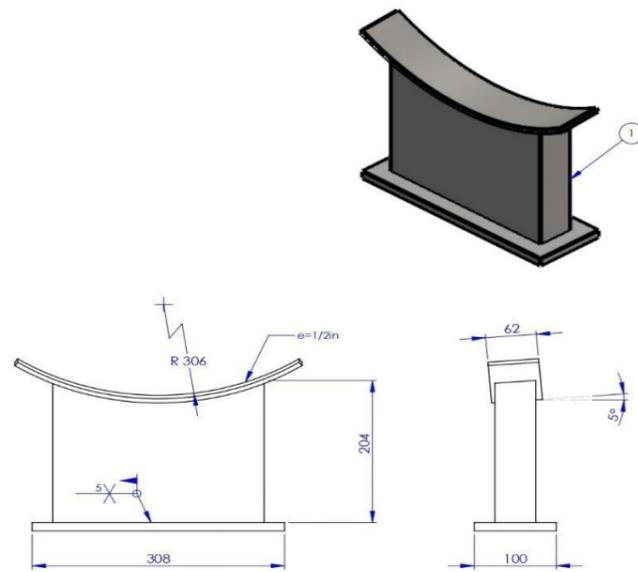
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Dibujado por		Magrovejo S.	
Revisado por		Palomino L.	
Aprobado por		Quijpe C.	
Escala	1:10	Título	Nombre de elemento
		DISEÑO DE UN SISTEMA COLECTOR DE POLVO PARA EL ÁREA DE CHANCADO	Codo 14
			HOJA 5 DE 22
			Formato: A2



Anexo 6

Soporte 1

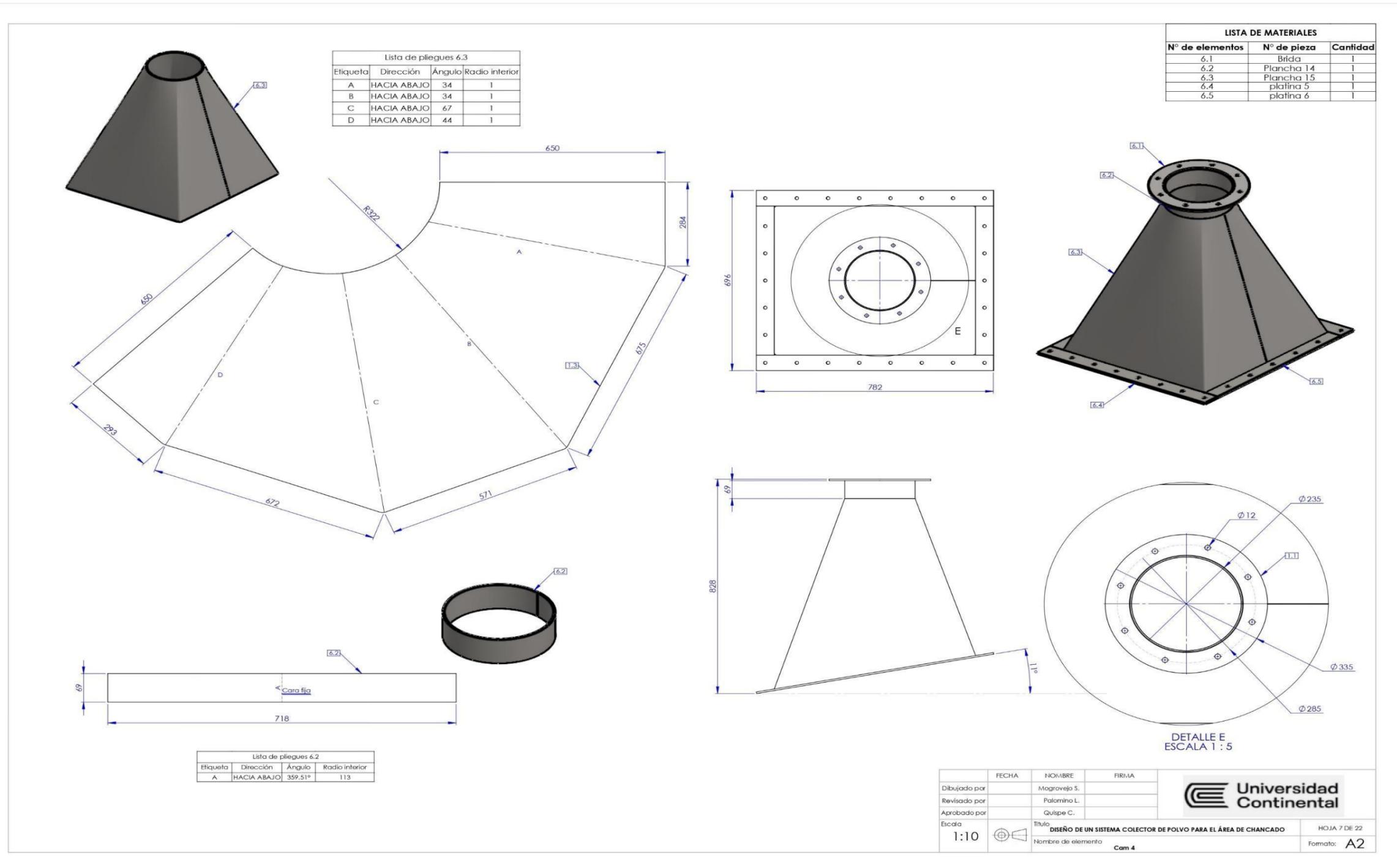
DATOS DE LOS PERFILES EMPLEADO EN LA ESTRUCTURA						
N° DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	LONGITUD	ÁNGULO1	ÁNGULO2
5.1	W6x15	AISI 1020	1	530.77	0.00	7.88
5.2	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	1322.09	0.00	0.00
5.3	W6x15	AISI 1020	1	604.61	-	0.00
5.4	W6x15	AISI 1020	1	442.45	0.00	7.88
5.5	W6x15	AISI 1020	1	508.72	0.00	0.00
5.6	W6x15	AISI 1020	1	516.3	-	0.00
5.7	W6x15	AISI 1020	1	617.71	0.00	7.88
5.8	W6x15	AISI 1020	1	683.98	0.00	0.00
5.9	W6x15	AISI 1020	1	691.58	-	0.00
5.10	W6x15	AISI 1020	1	975	0.00	0.00
5.11	W6x15	AISI 1020	1	6126.17	-	0.00
5.12	W6x15	AISI 1020	1	6126.17	0.00	-
5.13	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	543.28	0.00	0.00
5.14	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	744.81	0.00	0.00
5.15	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	1434.1	0.00	0.00
5.16	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	624.38	0.00	0.00
5.17	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	775.72	0.00	0.00
5.18	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	2510.67	0.00	0.00
5.19	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	1091.71	0.00	0.00
5.20	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	1384.96	0.00	0.00



FECHA	NO/MBRE	FIR/MA	
Dibujado por	Magrovejo S.		
Revisado por	Palomino L.		
Aprobado por	Quispe C.		
Escala	Título: <b>DISEÑO DE UN SISTEMA COLECTOR DE POLVO PARA EL ÁREA DE CHANCADO</b> Nombre de elemento: <b>Soporte 1</b>		HOJA 6 DE 22 Formato: <b>A2</b>

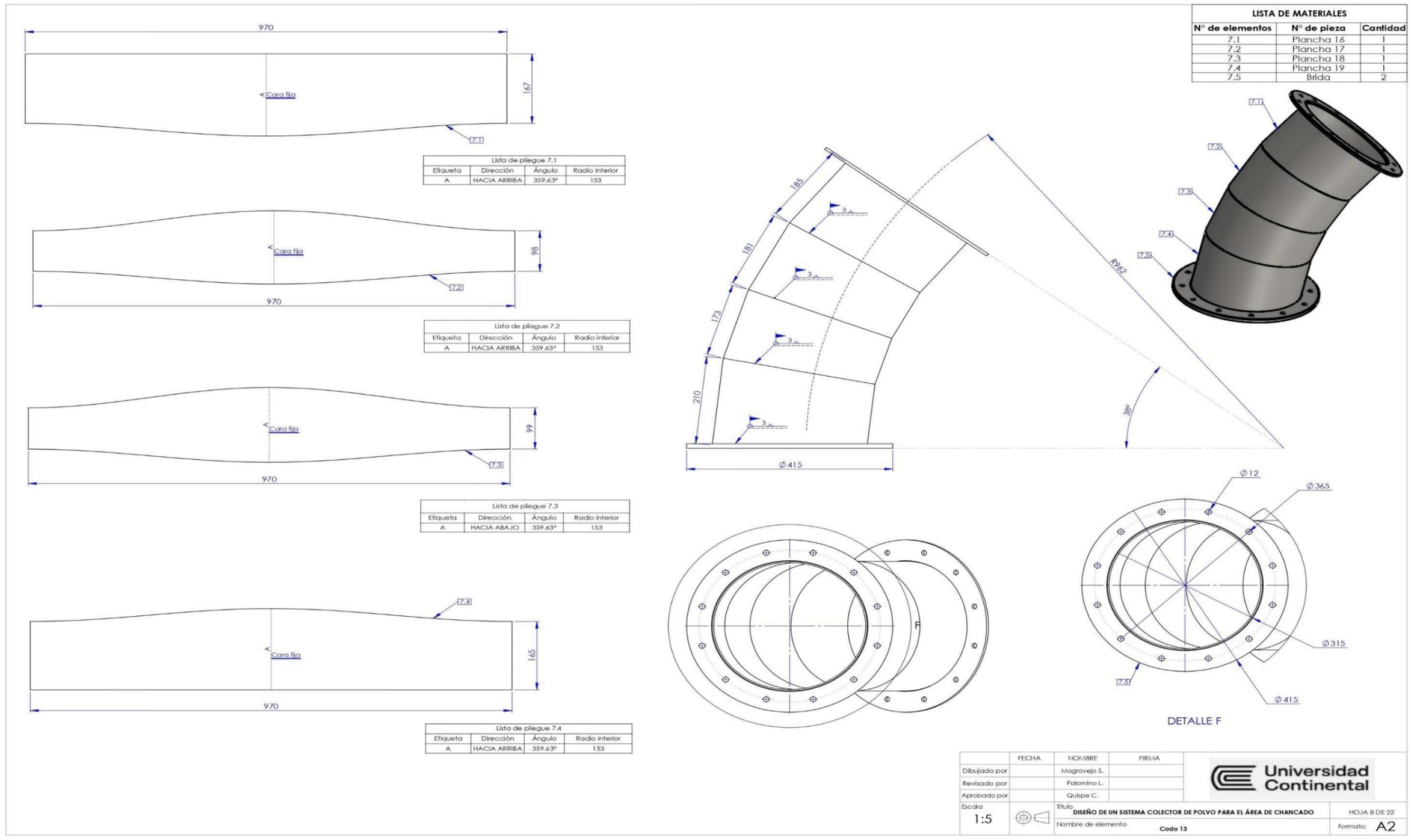
Anexo 7

Campana 3-4



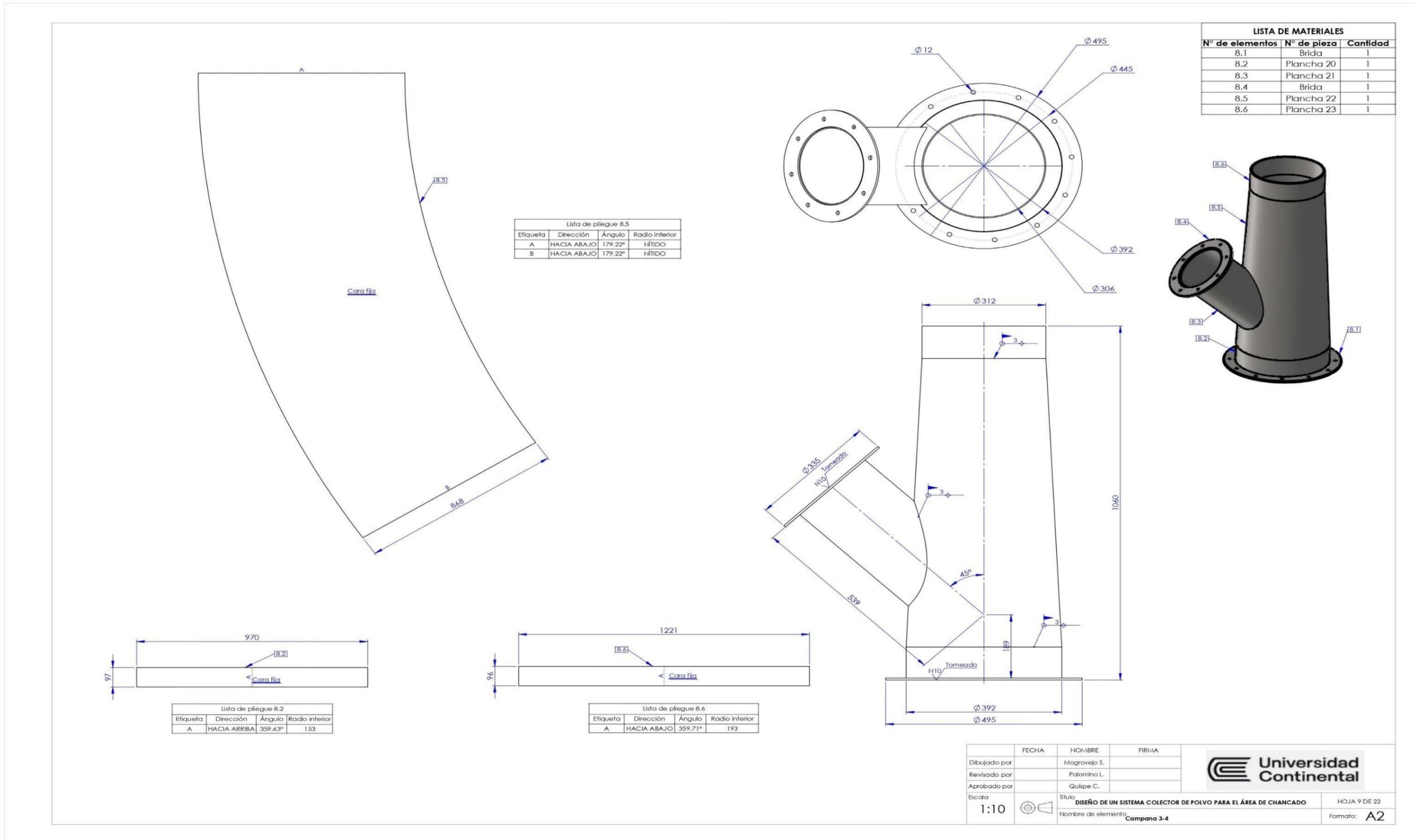
Anexo 8

Codo 13



Anexo 9

Ducto tipo Y1

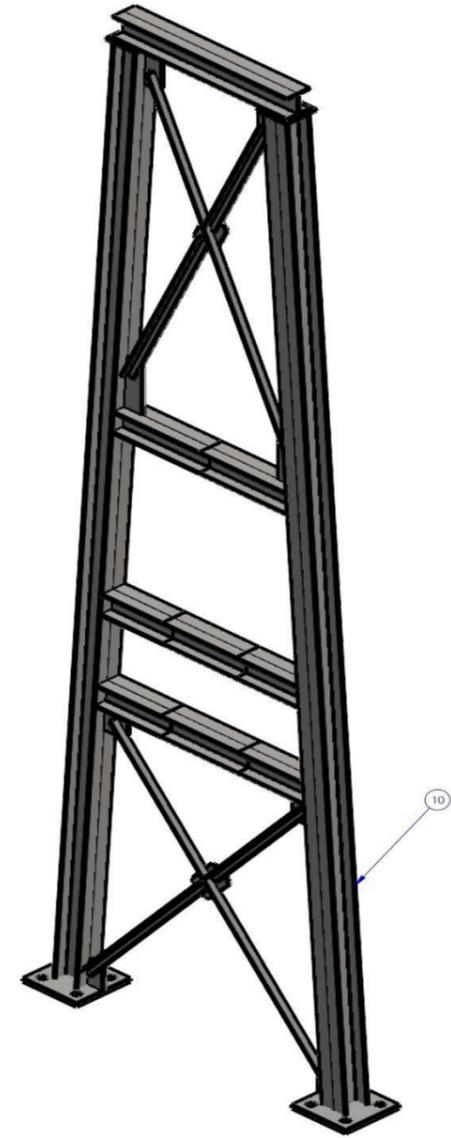
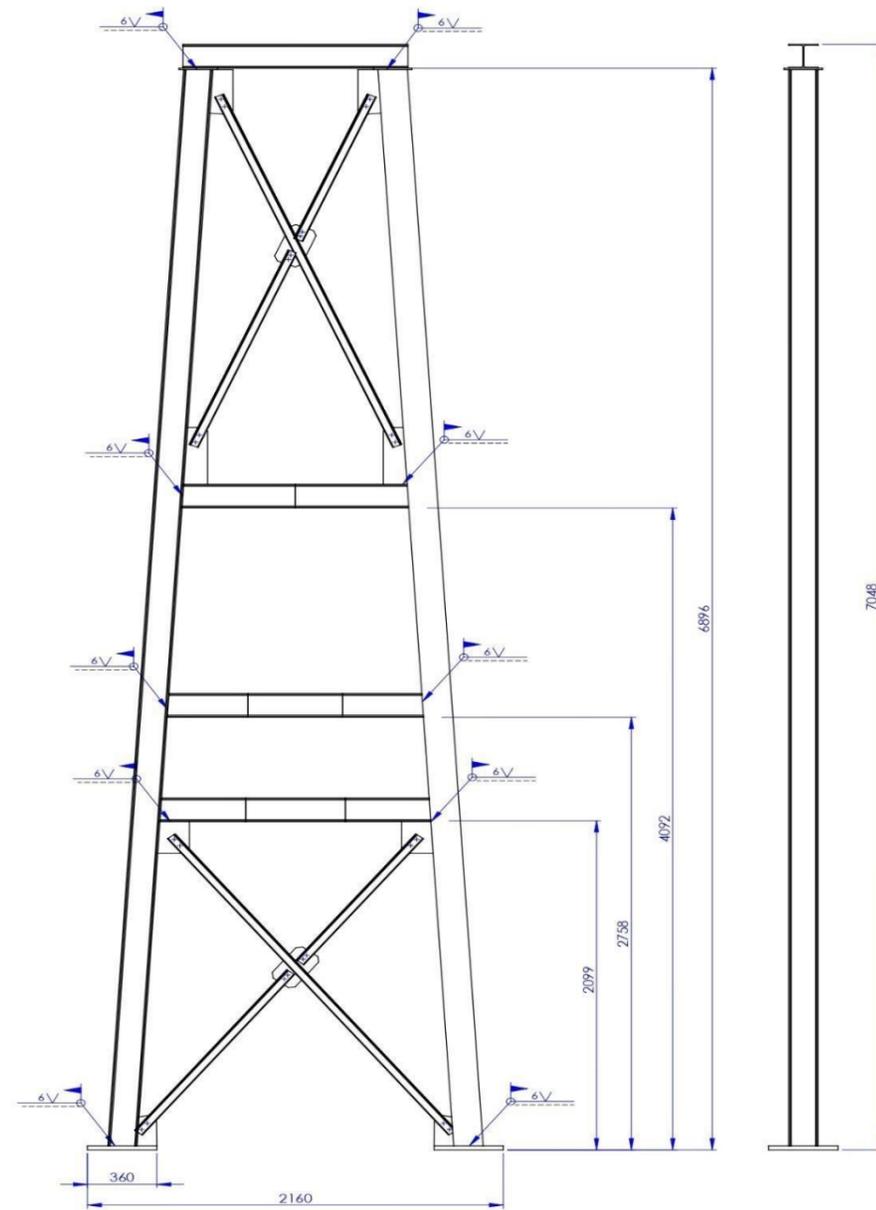
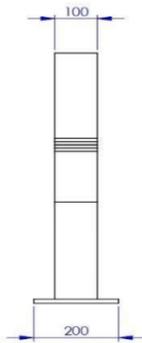
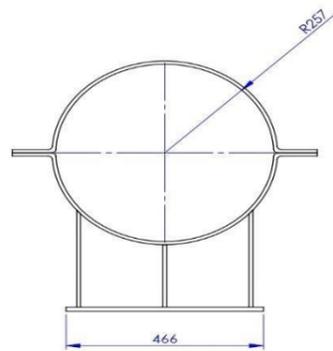
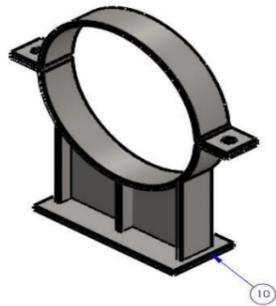
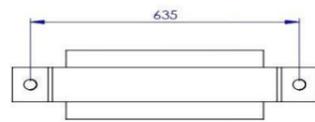


Anexo 10

Soporte 2

Lista de materiales para la construcción del soporte 10

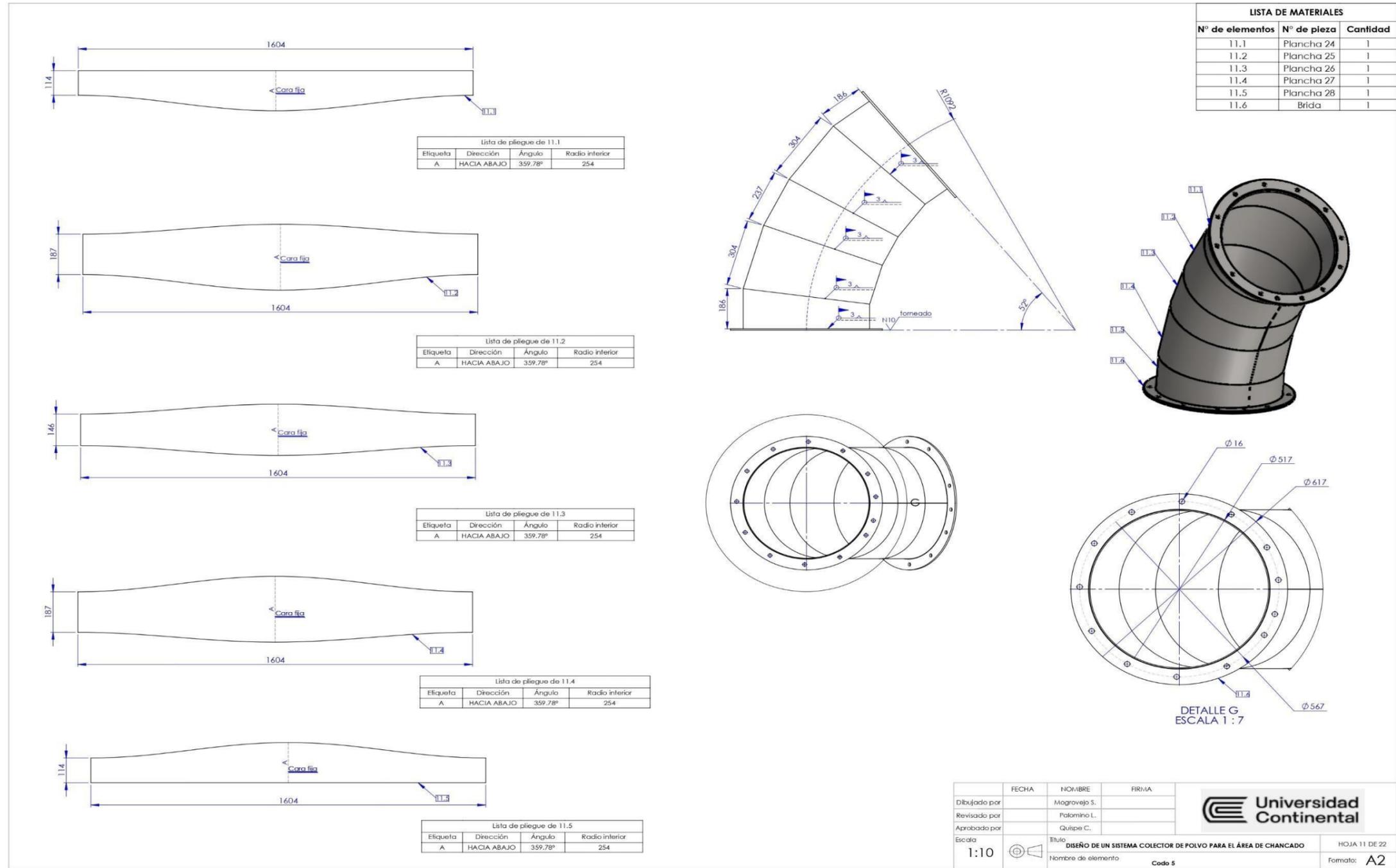
N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	LONGITUD	ÁNGULO1	ÁNGULO2
10.1	W6x15	AISI 1020	1	589.04	0.00	3.28
10.2	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	2417	0.00	0.00
10.3	W6x15	AISI 1020	1	662.31	-	0.00
10.4	W6x15	AISI 1020	1	419.77	0.00	3.28
10.5	W6x15	AISI 1020	1	491.6	0.00	0.00
10.6	W6x15	AISI 1020	1	493.04	-	0.00
10.7	W6x15	AISI 1020	1	445.24	0.00	3.28
10.8	W6x15	AISI 1020	1	517.08	0.00	0.00
10.9	W6x15	AISI 1020	1	518.52	-	0.00
10.10	W6x15	AISI 1020	1	1168	0.00	0.00
10.11	W6x15	AISI 1020	1	6902.62	-	0.00
10.12	W6x15	AISI 1020	1	6902.62	0.00	-
10.13	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	995.85	0.00	0.00
10.14	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	1341.15	0.00	0.00
10.15	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	2388.05	0.00	0.00
10.16	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	1014.79	0.00	0.00
10.17	L2x2x0.1875	AISI 1020	1	1293.26	0.00	0.00



Dibujado por	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
Revisado por		Mogrovejo S.		
Aprobado por		Palomino L.		
Escala		Quispe C.		
1:50	Título: <b>DISEÑO DE UN SISTEMA COLECTOR DE POLVO PARA EL ÁREA DE CHANCADO</b> Nombre de elemento: <b>Codo 44°</b>			HOJA 10 DE 22 Formato: <b>A2</b>

Anexo 12

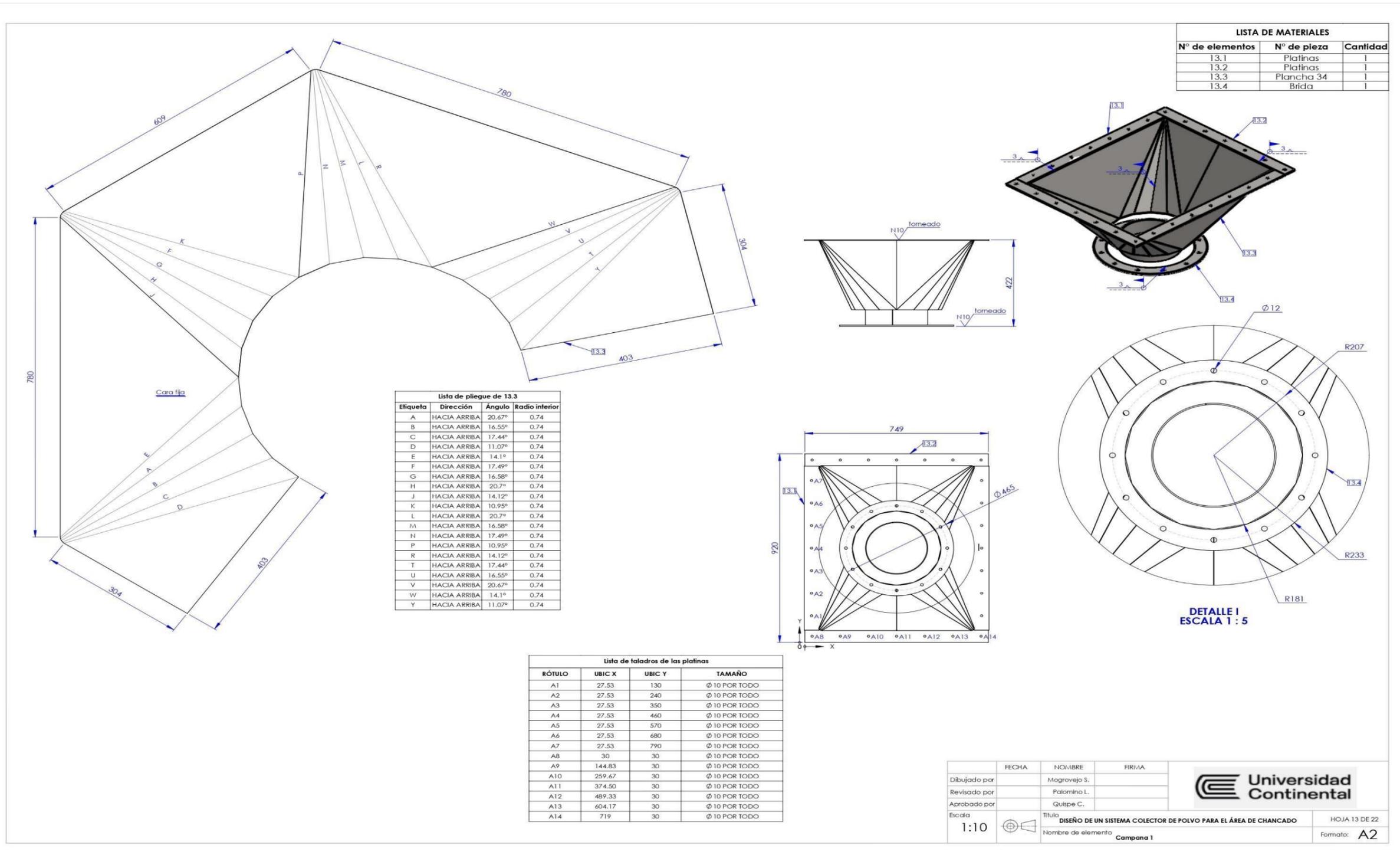
Codo 6





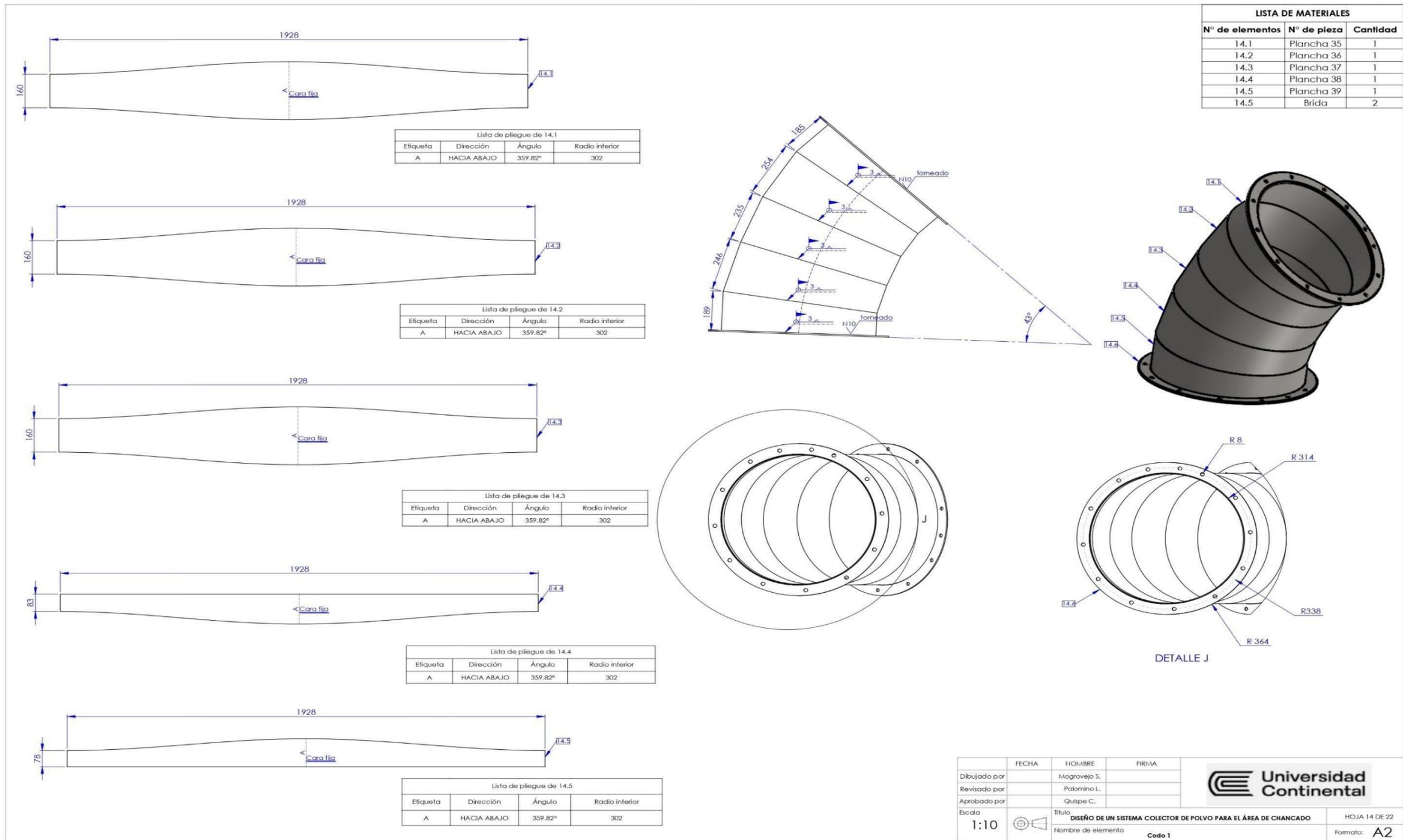
Anexo 13

Campana 1



Anexo 14

Codo 1



LISTA DE MATERIALES		
Nº de elementos	Nº de pieza	Cantidad
14.1	Plancha 35	1
14.2	Plancha 36	1
14.3	Plancha 37	1
14.4	Plancha 38	1
14.5	Plancha 39	1
	Brida	2

Lista de pliegue de 14.1			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.82°	302

Lista de pliegue de 14.2			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.82°	302

Lista de pliegue de 14.3			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.82°	302

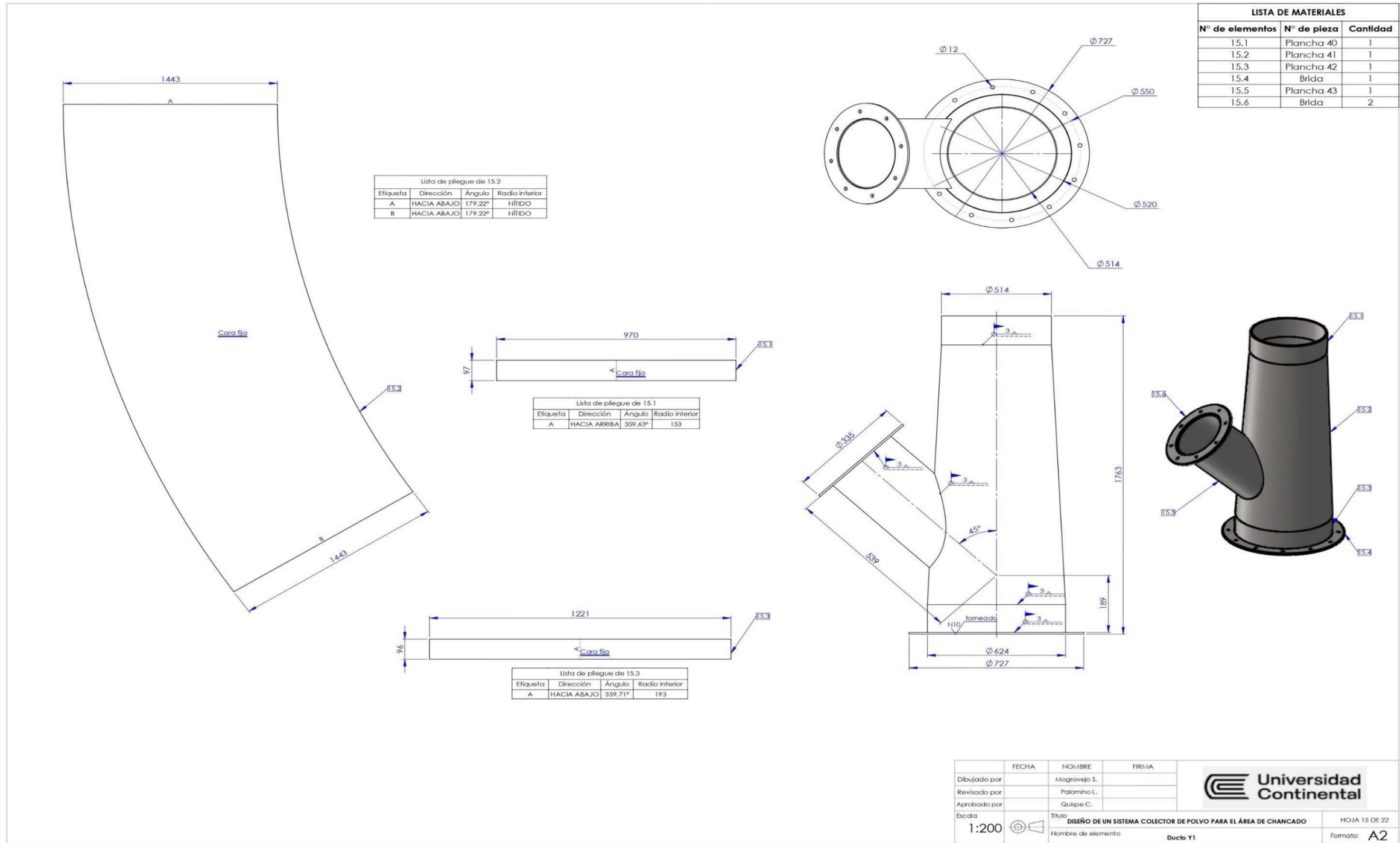
Lista de pliegue de 14.4			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.82°	302

Lista de pliegue de 14.5			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	359.82°	302

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Dibujado por		Mogrovejo S.	
Revisado por		Palomino L.	
Aprobado por		Quspe C.	
Escala	1:10		
Título		DISEÑO DE UN SISTEMA COLECTOR DE POLVO PARA EL ÁREA DE CHANCADO	
Nombre de elemento		Codo 1	
			Universidad Continental
			HOJA 14 DE 22 Formato: A2

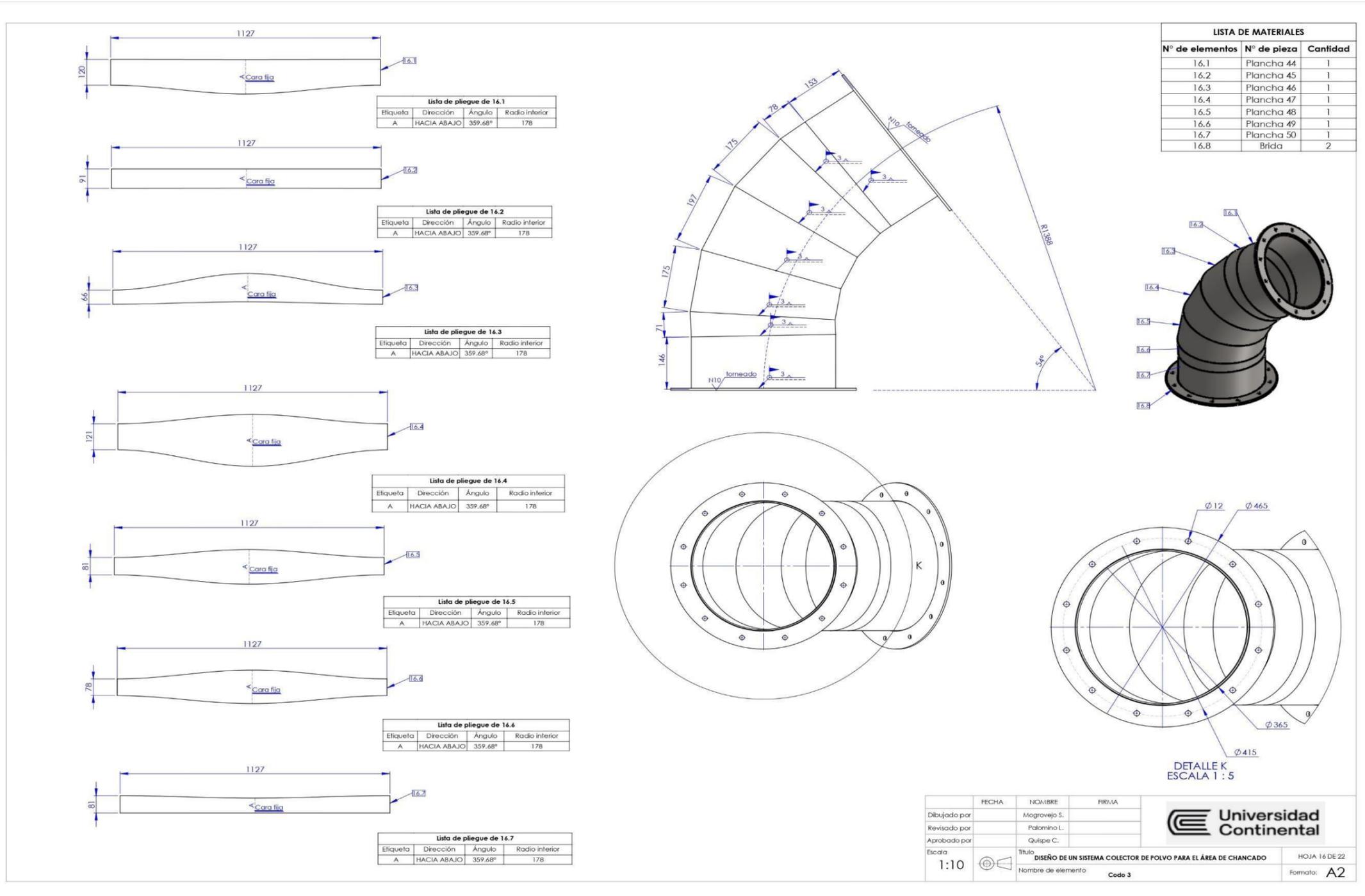
Anexo 15

Ducto tipo Y2



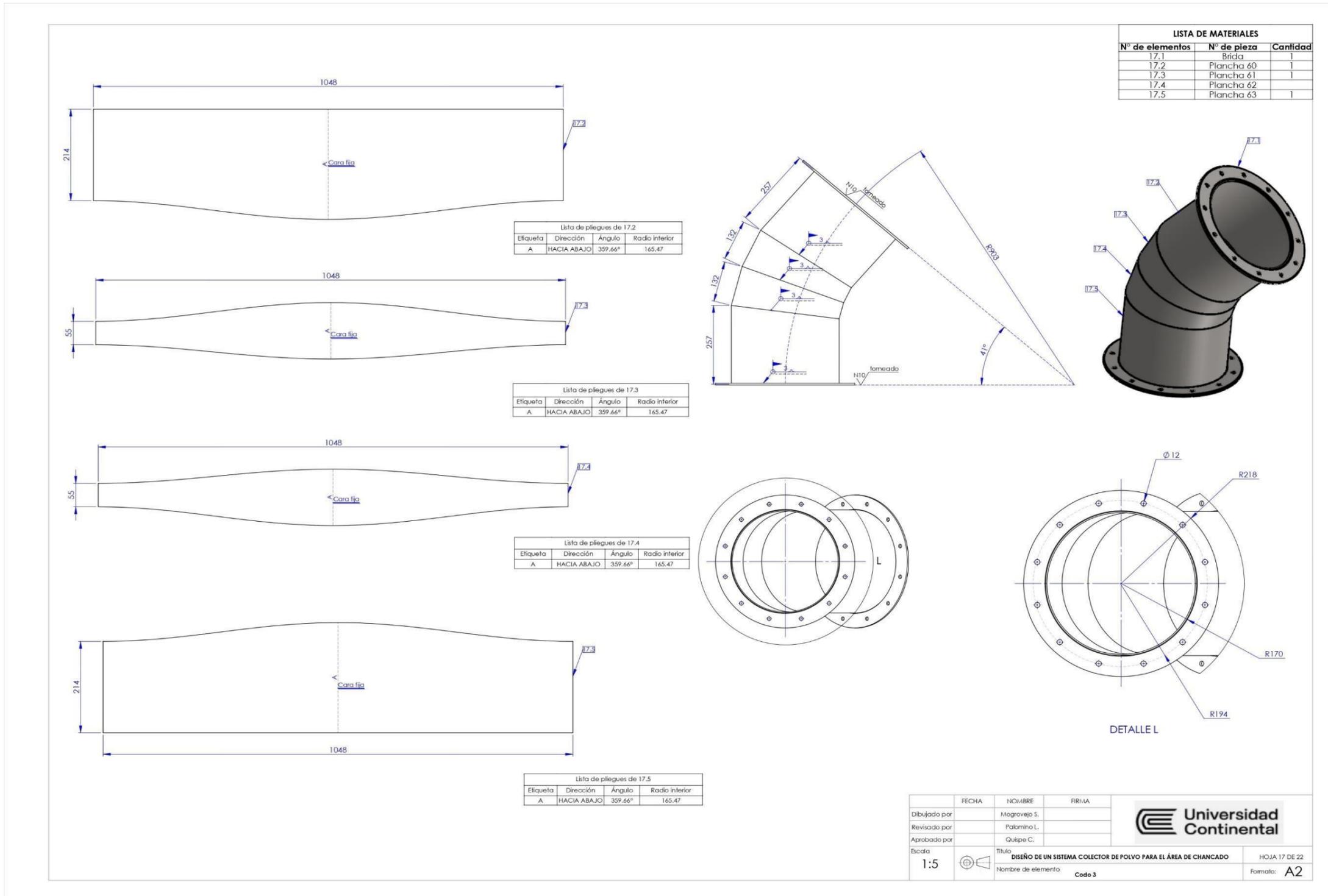
Anexo 16

Codo 3



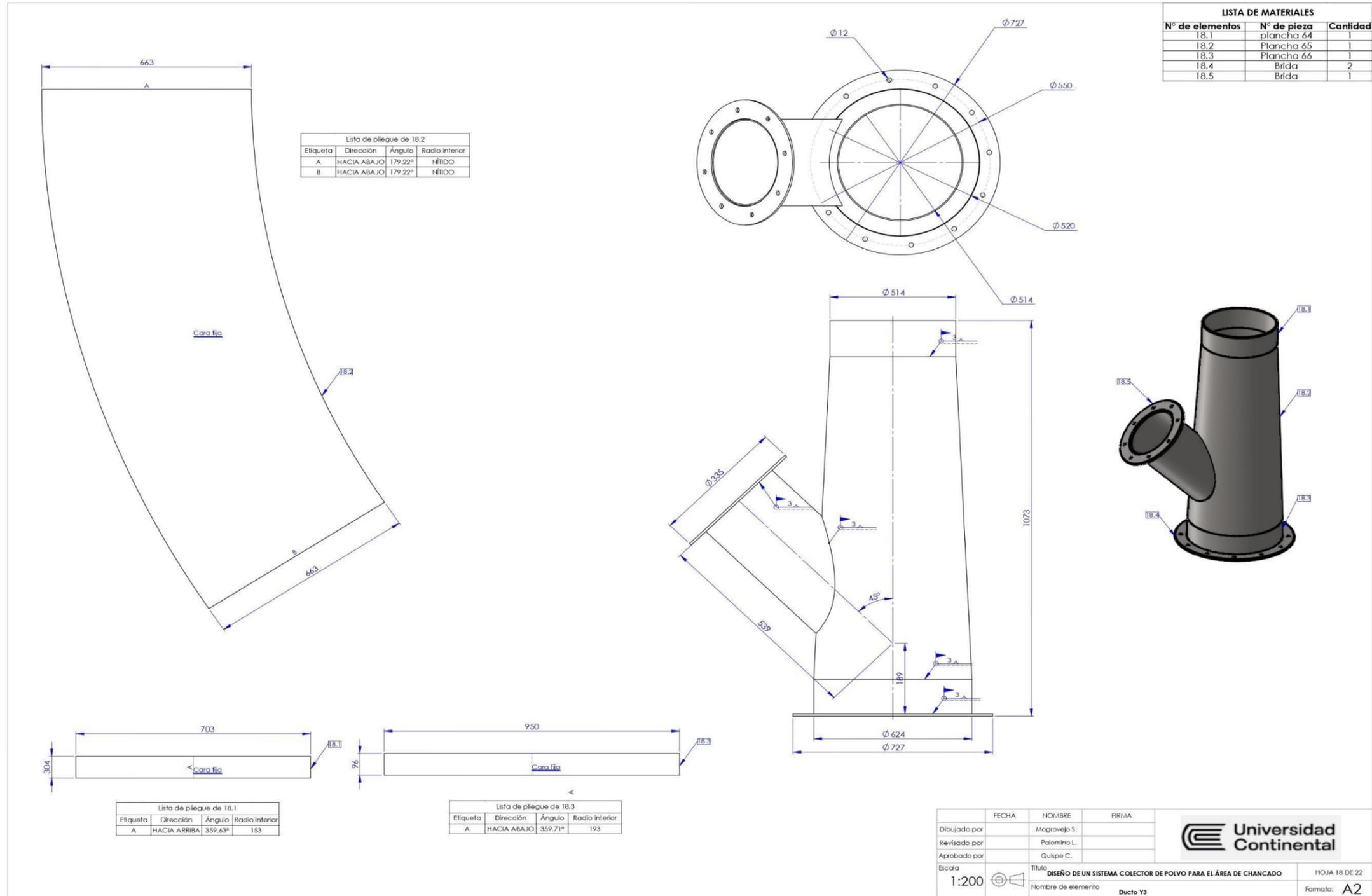
Anexo 17

Codo 4



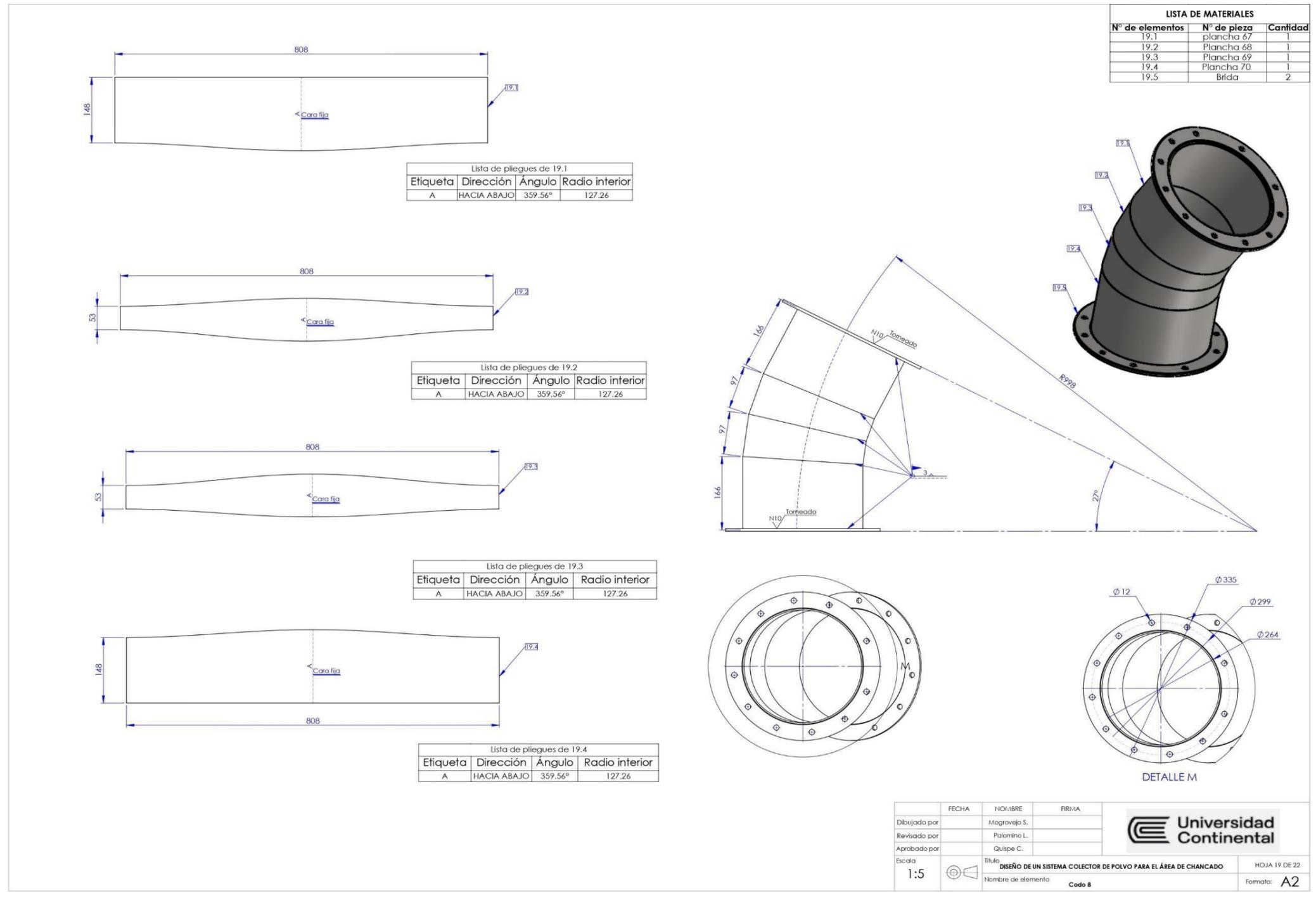
Anexo 18

Ducto tipo Y3



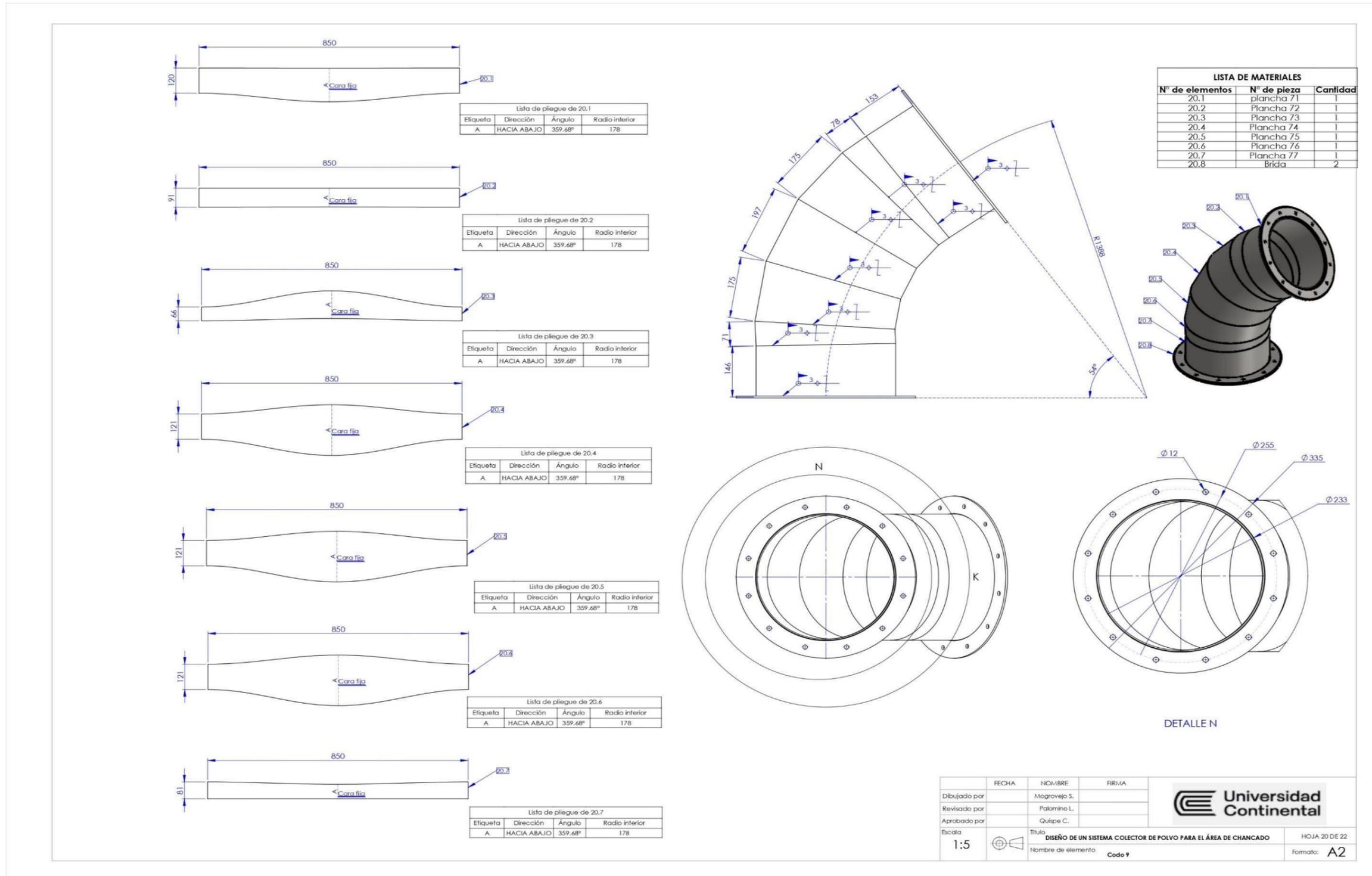
Anexo 19

Codo 8



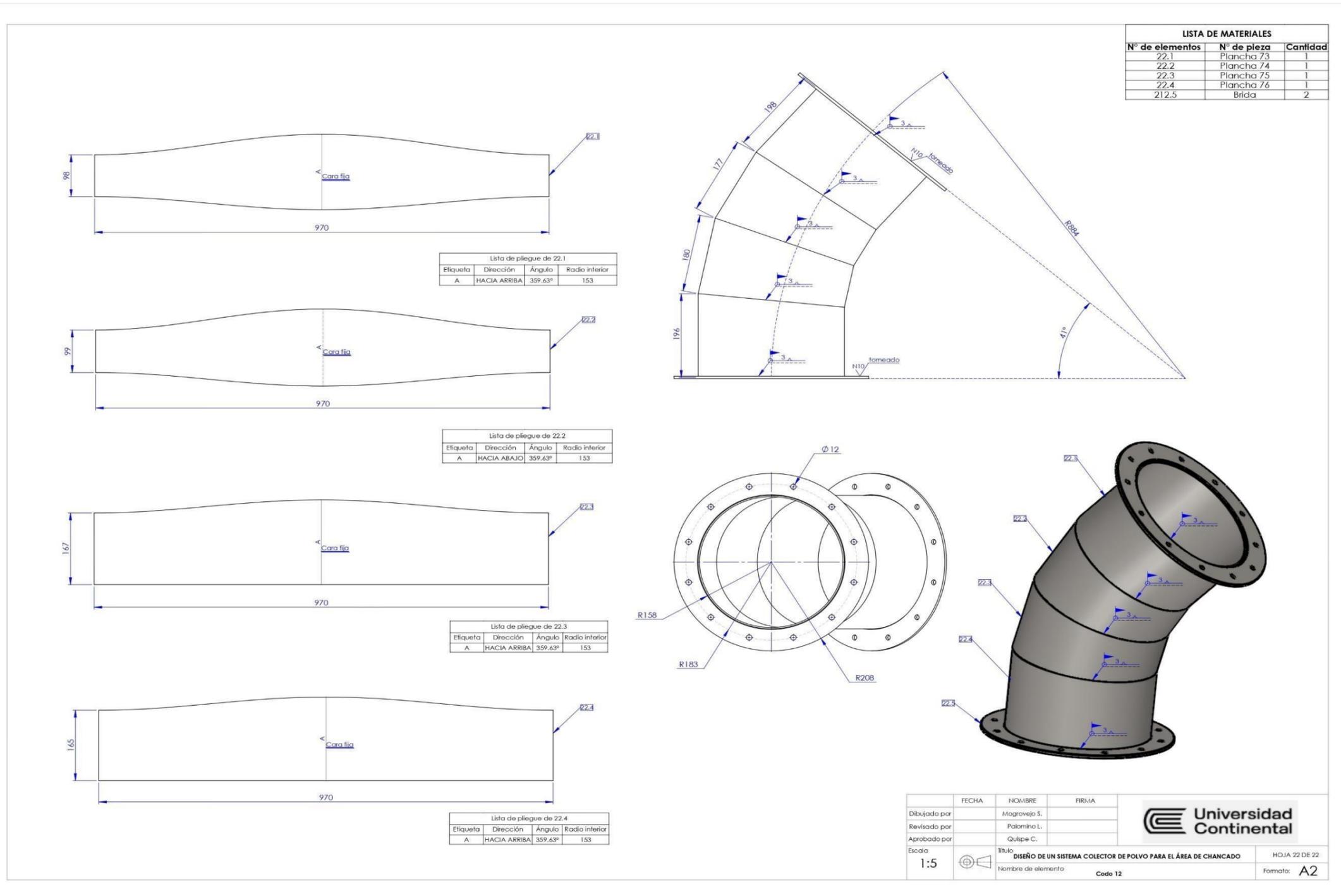
Anexo 20

Codo 9



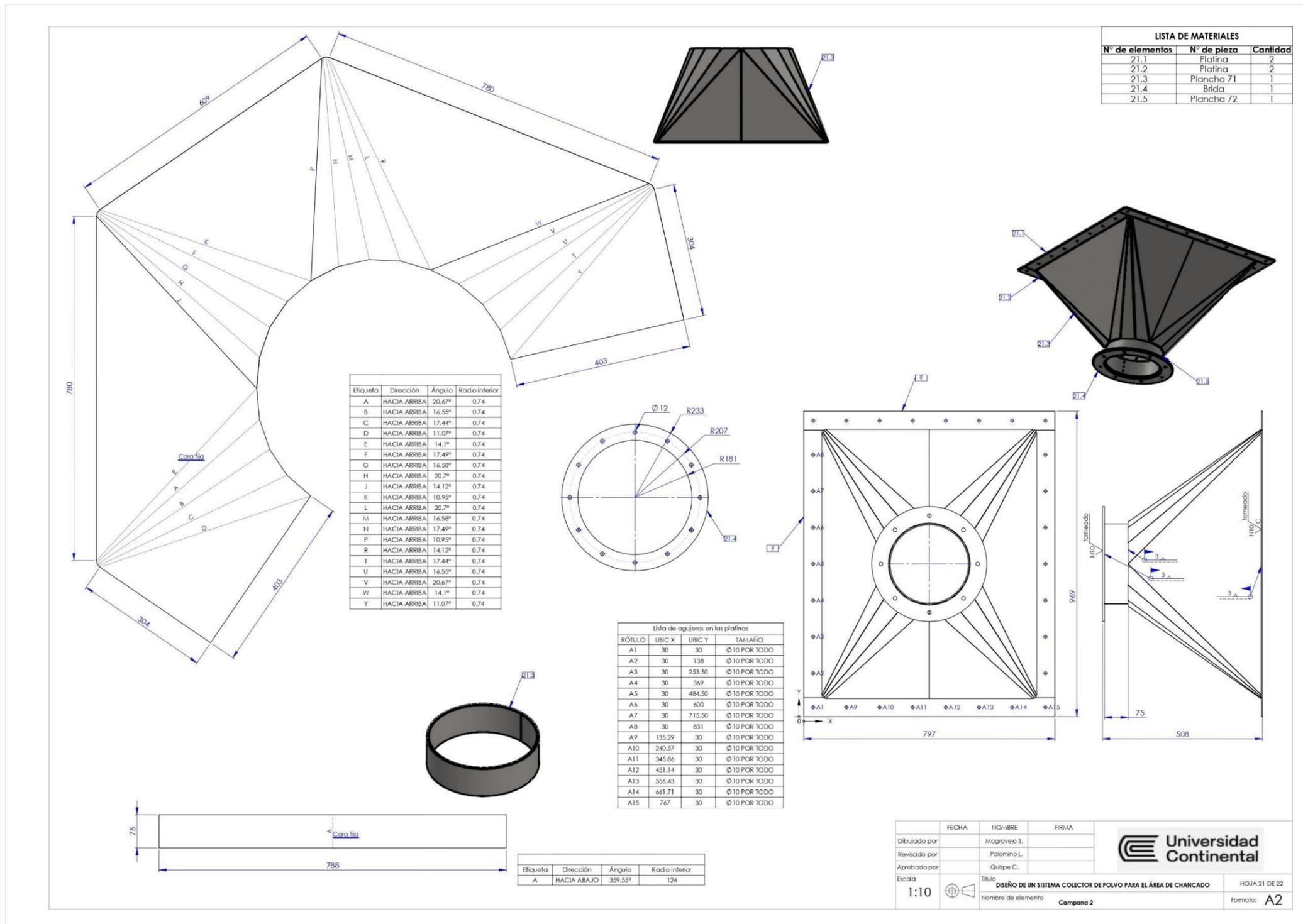
Anexo 20

Codo 9



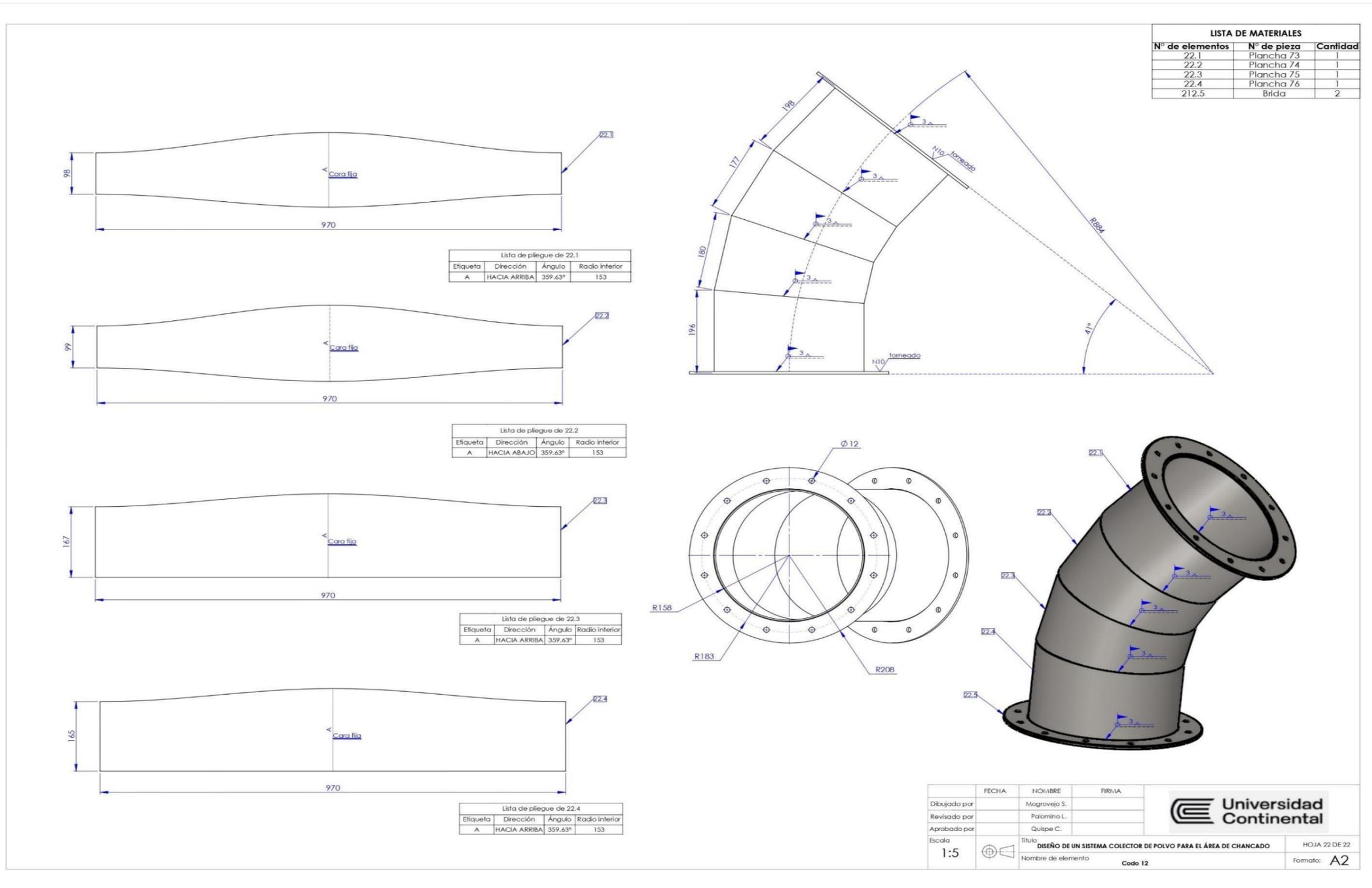
Anexo 21

Campana 2



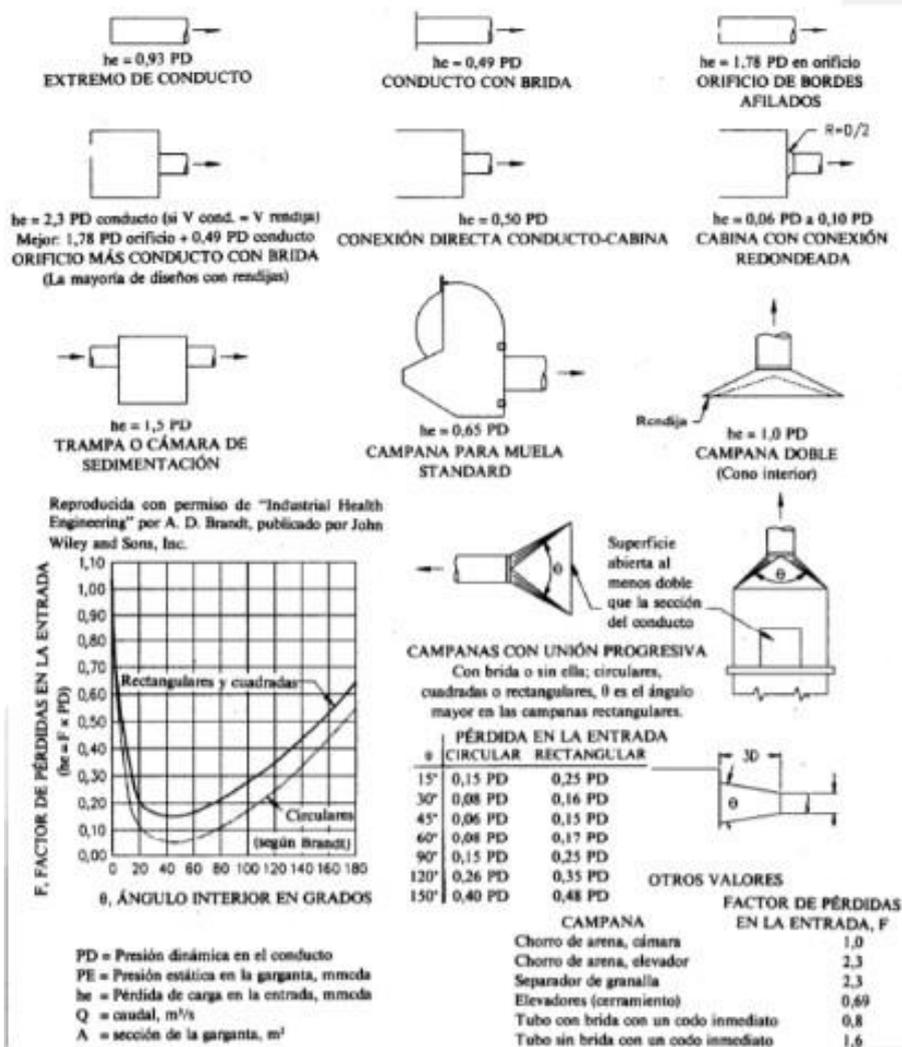
Anexo 22

Codo 12



## Anexo 23

### Coeficientes o factores de pérdidas en entradas al sistema



Anexo 24

Factor de corrección por rugosidad

