

**DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS PARA PLANTAS INDUSTRIALES  
REALIZADOS POR LA EMPRESA ARDIMET S.A.S**

**JULIÁN DAVID PATIÑO PARDO  
INGENIERO MECÁNICO  
ID: 000361936**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - UPB SECCIONAL  
BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
FLORIDABLANCA  
2021**

**DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS PARA PLANTAS INDUSTRIALES  
REALIZADOS POR LA EMPRESA ARDIMENT S.A.S**

**JULIÁN DAVID PATIÑO PARDO  
INGENIERO MECÁNICO  
ID: 000361936**

**DIRECTORES:  
SANDRA PATRICIA CUERVO ANDRADE PHD  
DEIVY FABIÁN PÉREZ ARDILA  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - UPB SECCIONAL  
BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
FLORIDABLANCA  
2021**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Director**

---

**Firma del Jurado**

**Floridablanca, 2021.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente agradezco a Dios quien ha si el artífice que ha permitido que pudiera lograr hacer el trabajo tal cual estaba planeado sin importa las condiciones mundiales debido a la pandemia.

A mi novia May Alejandra quien estuvo acompañándome en la etapa más difícil de la carrera y sobre todo la etapa más hermosa de mi vida.

A mi hermana, Daniela Patiño que aun siendo a su manera me ha apoyado incondicionalmente y de la misma forma yo a ella.

A mi hijo Noah Patiño, que, aunque haya llegado finalizando mi proceso de formación se ha convertido en el motor que me impulsa a salir adelante

A mi amigo Andrés Quíza que me ha acompañado durante todo el proceso de formación y que con el favor de Dios conseguiremos nuestros títulos de ingeniero mecánico e ingeniero civile, frutos de nuestra dedicación y esfuerzo acumulado a lo largo de todo el pregrado.

A mis profesores, los principales participantes de mi proceso de formación, exigiéndome al máximo, pero ellos también exigiéndose al máximo para compartir su conocimiento conmigo para así formar a un ingeniero mecánico más, dispuesto a ayudar y a colaborar con el desarrollo integral del país.

## TABLA DE CONTENIDO

1	Empresa ardimet s.a.s .....	10
1.1	Descripción .....	10
2	Generalidades de ardimet s.a.s .....	11
2.1	Datos de la empresa .....	11
2.2	Datos del supervisor .....	11
2.3	Esquema estructural.....	11
3	Diagostico de la empresa .....	12
4	Alcance .....	12
5	Objetivos.....	13
5.1	Objetivo general.....	13
5.2	Objetivos específicos.....	13
5.3	Otras actividades.....	13
6	Marco teórico .....	14
6.1	Consideraciones de diseño .....	14
6.2	Códigos y normas .....	15
6.3	Etapas del diseño <sup>2</sup> .....	16
6.4	Proyecto de máquina <sup>2</sup> .....	18
7	Diseño metodológico .....	20
7.1	Analizar los requisitos del producto para su oferta .....	20
7.2	Realizar un diseño conceptual como esquema primario .....	21
7.3	Determinar los parámetros más específicos de la máquina con su diseño.....	21
7.4	Supervisar el proceso de manufactura del proyecto .....	22
8	Actividades concluídas .....	23
8.1	Diseño de distribuidor de vapor para bio concentrados.....	23
8.2	Diseño de grúa para empresa avinsa s.a.s.....	28
8.3	Diseño de ducto de transporte para empresa harineras pardo s.a.s.....	36
9	Otras actividades.....	41

9.1	Diseñar máquinas y estructuras solicitadas por la empresa.....	41
9.2	Apoyar los mantenimientos metalmecánicos.....	44
9.3	Dar apoyo en mantenimientos eléctricos.....	45
10	Conclusiones .....	46
	Bibliografía.....	47

## Lista de figuras

figura 1. Quién y qué servicios ofrece la empresa.....	10
Figura 2. Estructura organizacional de ardimet sas.....	11
Figura 3. Procedimiento de diseño de máquinas <sup>1</sup> .....	15
Figura 4. Esquema del requerimiento de diseño y generación de oferta.....	20
Figura 5. Pasos para seguir en la realización del diseño conceptual.....	21
Figura 6. Realización del diseño a detalle.....	22
Figura 7. Control sobre el proceso de fabricación.....	22
Figura 8. Cotización del diseño para bio concentrados.....	24
Figura 9. Diagrama de capacidad.....	25
Figura 10. Diámetro bolsillo colector.....	26
Figura 11. Ficha técnica del distribuidor.....	28
Figura 12. Proyecto final de la caldera.....	28
Figura 13. Cotización del diseño para avinsa s.a.s.....	29
Figura 14. Esquema primario de la grúa.....	30
Figura 15. Diseño conceptual de la grúa.....	33
Figura 16. Análisis grafico de la grúa.....	33
Figura 17. prueba de carga para la grúa de avinsa.....	35
Figura 18. Proyecto final para la empresa avinsa s.a.s.....	35
Figura 19. Cotización del diseño de un ducto para la empresa harineras pardo s.a.s.....	36
Figura 20. Ducto de transporte de harina.....	37
Figura 21. Diagrama de coeficientes de flujo axial en cuerpos cilíndricos.....	39
Figura 22. Ductos de transporte de harina.....	40
Figura 23. Plano de construcción de volteador de canecas.....	41
Figura 24. Plano 1 desplumador.....	42
Figura 25. lavamanos autónomo.....	43
Figura 26. Diseño de trilladora de maíz.....	44
Figura 27. Servicios de mantenimiento.....	45
Figura 28. Mantenimiento eléctrico.....	45

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS PARA PLANTAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA ARDIMET SAS.

**AUTOR(ES):** Julian David Patiño Pardo

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR(A):** Sandra Patricia Cuervo Andrade

### RESUMEN

El presente documento demuestra la labor realizada en la empresa ARDIMET S.A.S el área de diseño e innovación, realizando un apoyo en el área de diseño de maquinaria, también se realizaron labores de mantenimiento mecánico y al mantenimiento industrial lo que para la actividad económica de la empresa se traduce en desarrollo integral, exponiendo el compromiso que se ha de tener con la entidad y por ende, con sus clientes, demostrando el estado óptimo operacional de maquinaria y efectuando diseño de máquinas.

Como propósito se plantea brindar acompañamiento a los procesos de manufactura efectuados por la empresa ARDIMET S.A.S los cuales garantiza que el servicio prestado cumpla con todos los parámetros requerimientos por la ley y sus clientes para así brindar confiabilidad y calidad.

### PALABRAS CLAVE:

Mantenimiento, diseño, inspecciones, calidad, confiabilidad, innovacion

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE :** DESIGN OF MECHANICAL ELEMENTS FOR INDUSTRIAL PLANTS IN THE COMPANY ARDIMET SAS..

**AUTHOR(S):** Julian David Patiño Pardo

**FACULTY:** Faculty of Mechanical Engineering

**DIRECTOR:** Sandra Patricia Cuervo Andrade

### ABSTRACT

This document demonstrates the work carried out in the company ARDIMET SAS in the area of design and innovation, providing support in the area of machinery design, mechanical maintenance and industrial maintenance were also carried out, which for the economic activity of the company it translates into integral development, exposing the commitment that must be had with the entity and therefore, with its clients, demonstrating the optimal operational status of machinery and carrying out machine design.

The purpose is to provide support to the manufacturing processes carried out by the company ARDIMET S.A.S which guarantees that the service provided complies with all the parameters required by law and its clients in order to provide reliability and quality.

### KEYWORDS:

Maintenance, design, inspections, quality, reliability, innovation

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

# 1 EMPRESA ARDIMET S.A.S

## 1.1 DESCRIPCIÓN

Ardimet S.A.S es una empresa de soluciones integrales cuyo objetivo está enfocado en la fabricación de máquinas, productos metálicos y en la prestación de servicios industriales como lo son estructuras de metal, montajes, soldaduras especializadas (tig., mig., eléctrica), aceros inoxidables y al carbón, aluminio, y mantenimiento industrial. La entidad cuenta con un grupo de profesionales con más de 12 años de experiencia en el mantenimiento de la industria, ofreciendo así, al público y a empresas de los diferentes sectores que comprende la economía, su asistencia metalmeccánica e industrial, de acuerdo a las necesidades del cliente. Otorgando un ambiente seguro y fiable entre usuarios, proporciona además herramientas de excelente calidad a quienes lo utilizan.



Infografía que describe los servicios de la empresa Ardimet S.A.S, organizada en tres columnas: '¿QUIÉNES SOMOS?', 'NUESTROS SERVICIOS' y 'INGENIERÍA Y MONTAJES'. La columna central incluye una imagen de un soldador en acción.

¿QUIÉNES SOMOS?	NUESTROS SERVICIOS	INGENIERÍA Y MONTAJES
<p>Ardimet S.A.S es una empresa de soluciones integrales en la fabricación de máquinas, productos metálicos y en la prestación de servicios industriales como:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Estructuras metálicas</li><li>• Montajes industriales</li><li>• Mantenimiento industrial</li></ul> <p>Además de soldaduras especializadas en:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aceros inoxidables</li><li>• Aceros al carbón</li><li>• Aluminio</li></ul> <p>Ardimet S.A.S se ha destacado por el cumplimiento y responsabilidad en todos los servicios y productos que ofrece.</p>	<p><b>METALMECÁNICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño y fabricación de maquinaria industrial (Acero inoxidable y al carbón).</li><li>• Diseño, fabricación y montaje de líneas de tubería y estructuras metálicas.</li><li>• Mantenimiento, reparación y restauración especializado de maquinaria industrial.</li><li>• Montaje de bombas, válvulas, piezas y repuestos especiales para diversas áreas de la industria.</li><li>• Aplicación técnica y especializada de soldadura (MIG, TIG eléctrica).</li><li>• Aislamiento de tuberías calor y frío.</li><li>• Aislamiento de tanques y equipos industriales.</li></ul>	<p><b>INDUSTRIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño e instalación de redes eléctricas</li><li>• Automatización y control de procesos industriales</li><li>• Diseño y fabricación de tableros eléctricos</li><li>• Instrumentación (Sensores, transmisores y actuadores)</li></ul> <p><b>INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN CIVIL</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Construcción mecánica, eléctrica y civil.</li><li>• Operaciones continuas y mantenimiento.</li></ul> <p>Retornos, interrupciones, paradas y modificaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reubicación y desmantelamiento.</li></ul>

Figura 1. Quién y qué servicios ofrece la empresa.

## 2 GENERALIDADES DE ARDIMET S.A.S

### 2.1 DATOS DE LA EMPRESA

- **Nombre:** Ardimet S.A.S
- **Ciudad:** Bucaramanga, Santander
- **Fecha de Constitución:** 05 de mayo de 2016
- **Fecha de Inicio de labor:** 07 de junio de 2017
- **Dirección:** Cra. 8 #6-74, Piedecuesta, Santander
- **Dirección electrónica:** ardimetsas@hotmail.com
- **Representante legal:** Deivy Fabián Pérez Ardila
- **Celular:** 320 2190582

### 2.2 DATOS DEL SUPERVISOR

- **Nombre:** Deivy Fabián Pérez Ardila
- **Número telefónico:** (097) 639 9000
- **Celular:** 315 6239727
- **Dirección electrónica:** ardimetsas@hotmail.com

### 2.3 ESQUEMA ESTRUCTURAL



Figura 2. Estructura organizacional de Ardimet SAS.

### **3 DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA**

La práctica empresarial se realizará en la ciudad de Bucaramanga, ciudad de residencia actual del practicante, la empresa ARDIMET S.A.S evaluando la situación generó un plan de acción para retomar la normalidad, en el cual se requiere que se continúe de manera presencial de 4 meses y posterior a este se efectuó el nuevo contrato como profesional ,las instalaciones administrativas de la empresa están situada en la ciudad de Piedecuesta-Santander, en ellas se realizara el tiempo de dichas prácticas las cuales en su totalidad tienen un tiempo de 4 meses. Como propósito se plantea brindar acompañamiento a los procesos de manufactura efectuados por la empresa ARDIMET S.A.S los cuales garantiza que el servicio prestado cumpla con todos los parámetros requerimientos por la ley y sus clientes para así brindar confiabilidad y calidad.

### **4 ALCANCE**

Atendiendo el protocolo planteado por la empresa Ardimet S.A.S, la práctica empresarial abarcó las actividades de planeación de la oferta comercial, diseño del producto requerido por el cliente, aceptación de la oferta y monitoreo al personal técnico en su etapa de fabricación y entrega al cliente, otorgando asimismo su visto de satisfacción con el producto manufacturado.

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Consiste en desarrollar piezas/máquinas industriales con excelente calidad según la necesidad del cliente.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los requisitos del producto para su oferta.
- Realizar un diseño conceptual como esquema primario.
- Determinar los parámetros específicos de la máquina con su diseño.
- Supervisar el proceso de manufactura del proyecto.

### **5.3 OTRAS ACTIVIDADES**

- Diseñar máquinas y estructuras solicitadas por la empresa.
- Apoyar los mantenimientos metalmecánicos.
- Dar apoyo en mantenimientos eléctricos.

## 6 MARCO TEÓRICO

El diseño mecánico es el protagonista del futuro debido a la gran capacidad que surge cuando se hace uso esta técnica que globaliza la ingeniería mecánica, mediante el cual se puede desarrollar prototipos de cualquier tipo de mecanismo o pieza, que a su vez busca el rendimiento óptimo entre componentes. Lo que viene interpretarse como el factor más significativo en la construcción de una maquina que cumpla con un propósito necesario para la humanidad o un individuo determinado <sup>1</sup>.

El diseño mecánico como principal función tiene la de plasmar ideas de manera gráfica con relación a programas de dibujo, tablas o sistemas de calculo demostrables, el cual puede venir de una idea propia del diseñador o un prototipo modificable. De acuerdo con esto existen 3 tipos de diseño<sup>1</sup>.

- **Originales:** El cual consiste en una idea propia de cada diseñador.
- **Adaptivo:** Se usa una idea original y se hacen adaptaciones creadas por otro diseñador.
- **Variante:** En donde se varía el tipo de diseño sin afectar su funcionalidad.

### 6.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Es necesario cuestionarse que reacciones negativas puede tener el error en el momento en el que el diseñador se dispone a crear su prototipo digital o gráfico y cómo se puede eliminar. Por ende, es eficiente diseñar sistemas de seguridad que permitan el funcionamiento de la máquina o estructura en caso de un error humano contrarresten una consecuencia adversa.

1

---

<sup>1</sup> VANEGAS USECHE, Libardo Vicente. Diseño de elementos de máquinas. colección textos académicos, Facultad de Ingeniería Mecánica. Editorial UTP.2018. 19-22p.

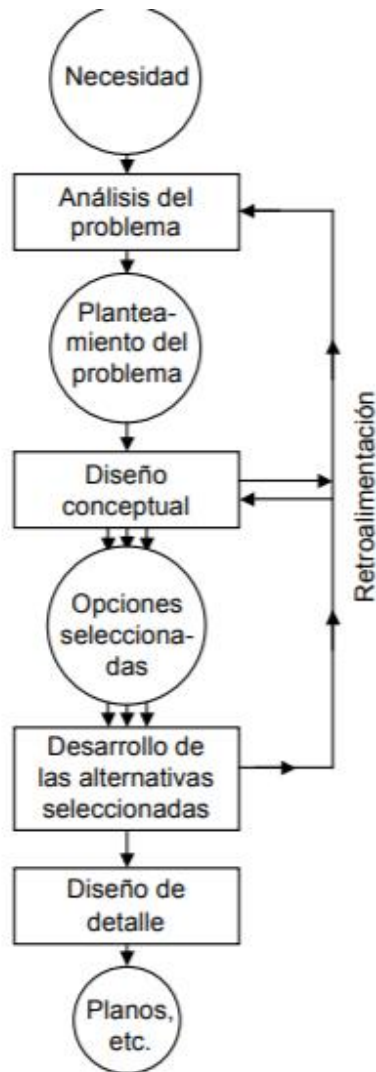


Figura 3. Procedimiento de diseño de máquinas<sup>1</sup>.

## 6.2 CÓDIGOS Y NORMAS

Es necesario que para cualquier diseño, se establezcan las normas que se pueden emplear. Estas normas deberían de consultarse para cumplirse las que vienen a ser de carácter obligatorio y como un soporte añadido para las que no lo son.

- Las Normas españolas (UNE).
- Reglamentos de carácter oficial, delimitados para un tipo de máquina.

<sup>2</sup> JUVINALL, Robert C. Fundamentos de diseño para ingeniería mecánica. México: Editorial Limusa S.A., 1ª edición. 1991.

<sup>3</sup> NORTON, Robert L. Diseño de máquinas. México: Editorial Prentice-Hall (Pearson), 4ª edición. 2018.

- Las ordenanzas y las disposiciones de carácter municipal.
- Las normas International Standards Organization (ISO).
- La normativa American Gear Manufacturers Association (AGMA).
- Las normas American Iron and Steel Institute (AISI).
- La normatividad American Society of Mechanical Engineers (ASME).
- Las normas Society of Automotive Engineers (SAE)

### **6.3 ETAPAS DEL DISEÑO<sup>2</sup>**

Para el diseño como tal de una máquina depende como tal de una necesidad de carácter específico. Mediante un compilado de conocimientos multidisciplinarios (dibujo industrial, resistencia de materiales, mecánica y teoría de mecanismos), se proyectará la máquina que debe satisfacer esta necesidad en cuestión.

#### **6.3.1 Especificaciones de diseño<sup>1</sup>**

Cuantificación y elección de los detalles de diseño, en base a la necesidad que se debe satisfacer.

#### **6.3.2 Síntesis estructural**

Esclarecimiento de los tipos de mecanismos y subsistemas que se deben componer.

#### **6.3.3 Síntesis cinemática**

Esclarecimiento de las dimensiones de los tramos de la cadena cinemática, de tal forma que se cumpla con los requisitos de movilidad requeridos (velocidad, trayectoria).

### **6.3.4 Diseño y cálculo de componentes**

Diseño y cálculo para cada uno de los componentes de manera individual, considerando los principios y métodos de la resistencia de materiales.

### **6.3.5 Sistema de lubricación**

Esclarecimiento del sistema de lubricación, calculado en base a un punto de vista mecánico, hidráulico y termodinámico.

### **6.3.6 Sistema de regulación, control y mantenimiento**

Definición del sistema de regulación, control y mantenimiento de la máquina, permitiendo conocer su estado en cada momento (condiciones de seguridad).

### **6.3.7 Síntesis final de la máquina**

Ensambladura de los subsistemas, esclarecimiento de sus posiciones respectivas y modos de fijación.

Igualmente es sumamente importante considerar los aspectos relativos a la fabricación de la máquina, como son: los materiales disponibles, procesos y equipos de fabricación, los aspectos económicos y de mercado. Estos aspectos que, muchas veces no se consideran, son muy importantes. Como sucede en determinados casos, la teoría puede ser diferente a la práctica.

Una máquina posee múltiples elementos por ende el diseño correcto de cada elemento es importante para el correcto funcionamiento de esta. Con un diseño apropiado, haciendo referencia a aquel que consta con unas dimensiones adecuadas, de manera que no falle durante la vida útil:

- El diseño y cálculo solicita el conocimiento previo de las labores que actúan sobre él.
- Se debe idealizar el componente a calcular y suplantarlos por un modelo matemático para lograr calcular las características resistentes del material y las dimensiones mínimas para el elemento y así garantizar que no falle.
- Precisar el concepto de fallo y tomar los valores máximos que no se pueden exceder.
- Tener en cuenta limitaciones de peso mínimo al igual que del coste empleando técnicas de optimización.

El diseño de máquinas requiere del inventor:

- Conocer los rasgos del material utilizado en la construcción del EM.
- Conocer los criterios de fallo del EM.
- Expresar las ecuaciones de diseño correctas sobre el modelo.
- Establecer el coeficiente de seguridad, de forma que no se origine el fallo por sobrepasar los valores límites.

## **6.4 PROYECTO DE MÁQUINA<sup>2</sup>**

### **6.4.1 Antecedentes**

Justificación de la necesidad de diseñar una máquina.

### **6.4.2 Memoria descriptiva**

Detalles para el diseño y representación de la máquina priora en caso de rediseño o representación de los componentes de la máquina, representación de los métodos de cálculo utilizados, períodos del diseño y cálculo, niveles de esfuerzos, criterios

de fallo (coeficientes de seguridad, vida útil) o procedimientos adoptados (dimensiones y o materiales).

#### **6.4.3 Memoria de cálculo**

Análisis mecánicos estáticos, cinemáticos e igualmente de carácter dinámicos, diseño y cálculo de componentes como también del sistema de lubricación adicional al diseño y cálculo del sistema de accionamiento y recapitulación de resultados.

#### **6.4.4 Planos**

Planos respectivos para cada uno de los mecanismos y elementos o planos de ensamblaje de mecanismos y elementos, planos de fabricación o planos de funcionamiento.

#### **6.4.5 Pliego de condiciones**

Método técnico para la aplicación, condiciones de equipos y materiales, requerimientos de montaje y fabricación, condiciones para mantenimiento o condiciones de seguridad o condiciones económicas.

#### **6.4.6 Presupuesto**

Precios de material, de montaje, de fabricación y ensayo equilibrado, costes de mantenimiento, básicamente hablando presupuesto general.

## 7 DISEÑO METODOLÓGICO

### 7.1 ANALIZAR LOS REQUISITOS DEL PRODUCTO PARA SU OFERTA

Visualizar, detallar los requisitos de cada producto y servicio a brindar de acuerdo con su área de venta y demanda del cliente, con el fin de generar una oferta.

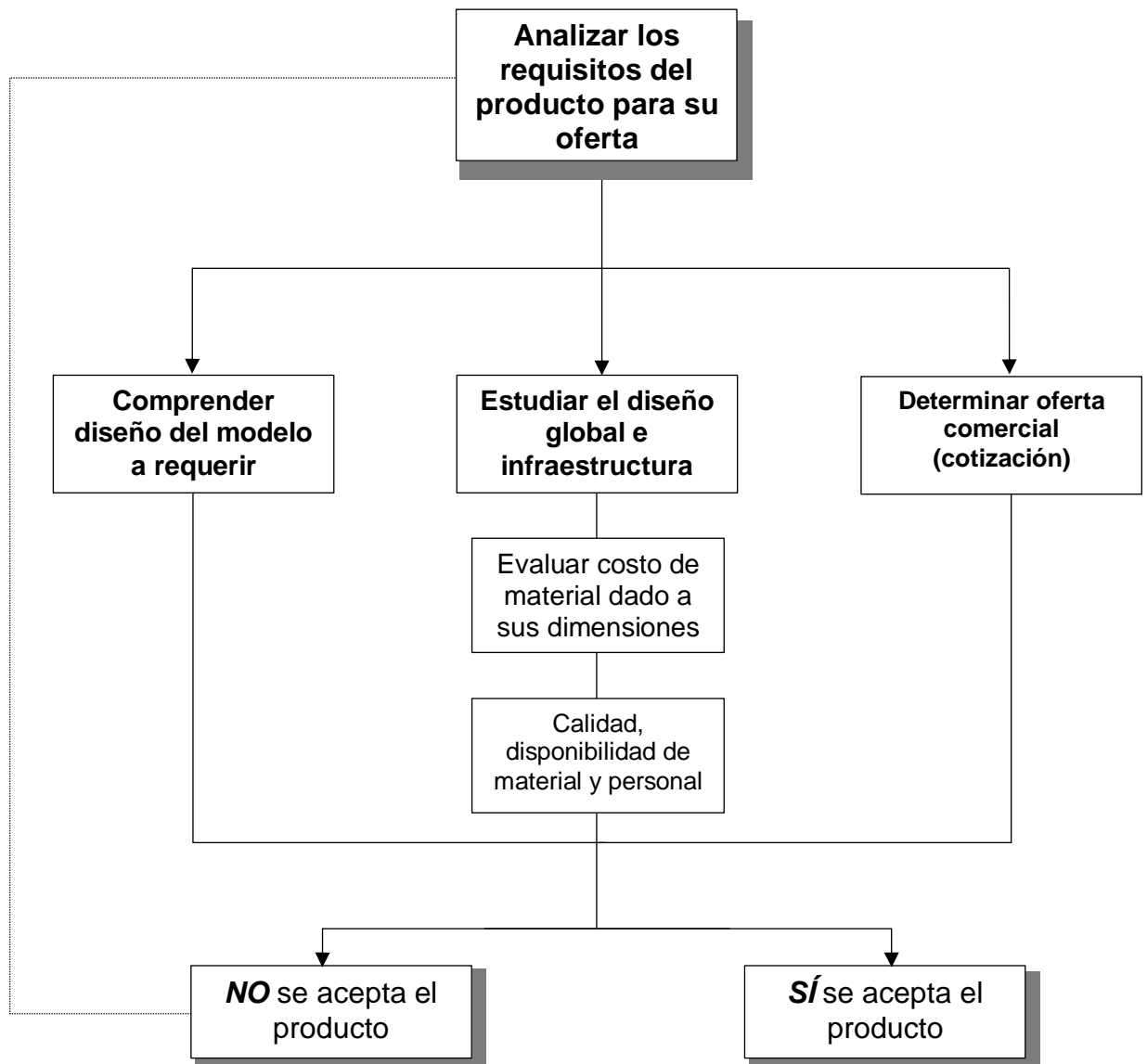


Figura 4. Esquema del requerimiento de diseño y generación de oferta.

## 7.2 REALIZAR UN DISEÑO CONCEPTUAL COMO ESQUEMA PRIMARIO

Elaborar un plan que evidencie qué etapas comprende el desarrollo conceptual del producto a ofrecer.

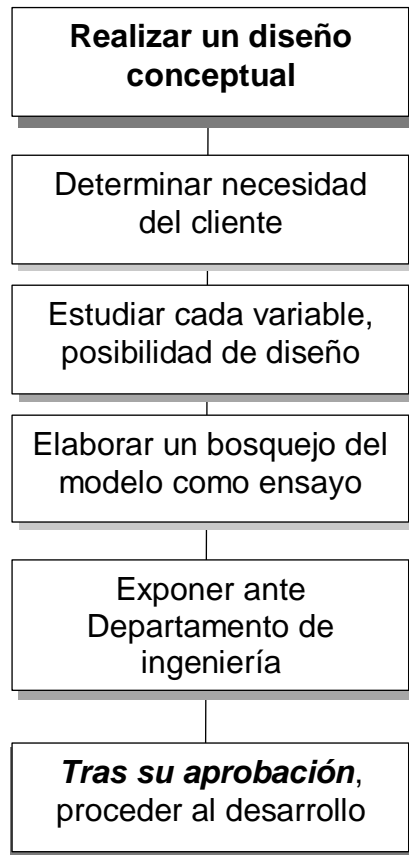


Figura 5. Pasos para seguir en la realización del diseño conceptual.

## 7.3 DETERMINAR LOS PARÁMETROS MÁS ESPECÍFICOS DE LA MÁQUINA CON SU DISEÑO

Considerar las diversas técnicas y cálculos científicos requeridos para emprender el desarrollo del prototipo con base a su diseño conceptual.

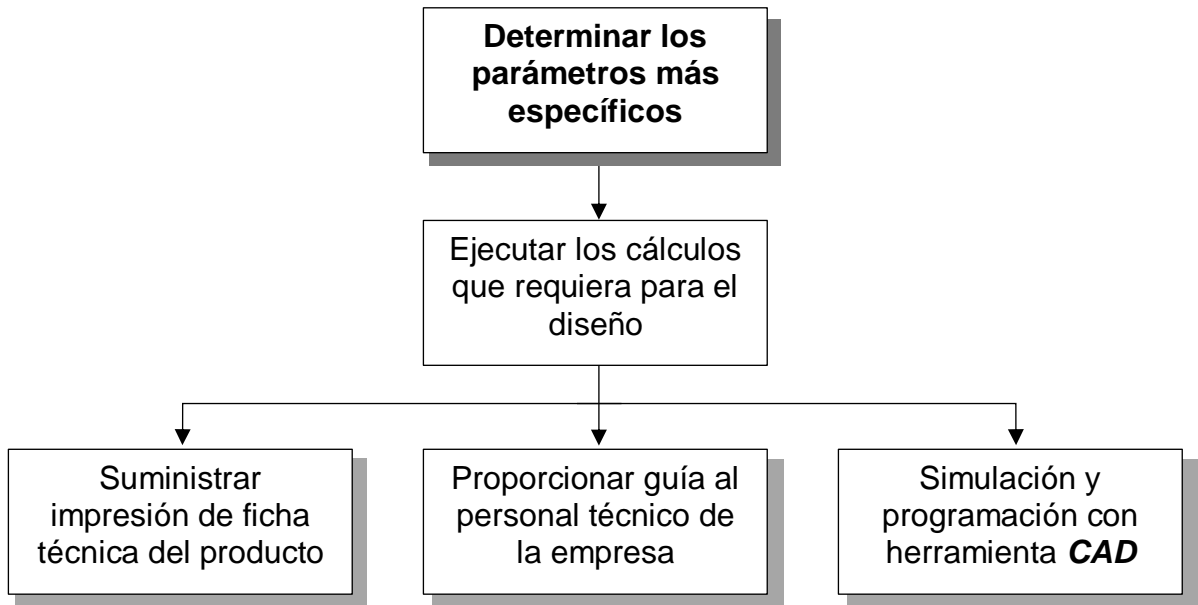


Figura 6. Realización del diseño a detalle

#### 7.4 SUPERVISAR EL PROCESO DE MANUFACTURA DEL PROYECTO

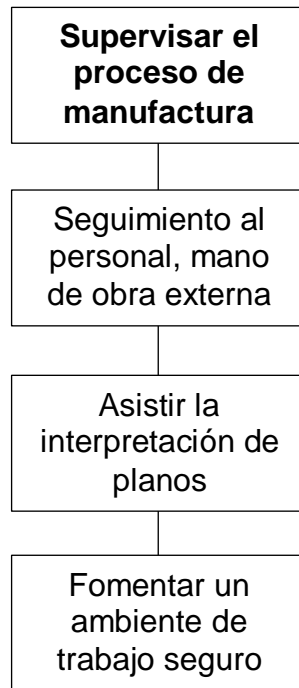


Figura 7. Control sobre el proceso de fabricación.

## **8 ACTIVIDADES CONCLUÍDAS**

### **8.1 DISEÑO DE DISTRIBUIDOR DE VAPOR PARA BIO CONCENTRADOS.**

#### **8.1.1 Analizar los requisitos del producto para su oferta**

Bio concentrados empresa Santadereana en busca de una solución a la necesidad de poder transportar vapor desde una caldera pirotubular hasta una peletizadora, requirió la elaboración de un distribuidor de vapor. Esto con el fin de optimizar el proceso de transformación de harina de soya en productos terminados de concentrados de consumo animal.

Teniendo en cuenta la necesidad de Bio Concentrados, Ardimet SAS se trabajó en una oferta comercial que se presentaría a la empresa compradora. Para la poder realizar la oferta comercial se establecieron las siguientes variables (presión, temperatura y flujo masico) para poder realizar un estimado de los materiales requeridos para la fabricación del distribuidor.

La Figura 7 muestra la cotización realizada para la oferta comercial que se le presento a Bio Concentrados, la cual fue evaluada y autorizada por el gerente de la empresa. Una vez aceptada la oferta comercial se procedió a realizar su respectiva orden de compra la cual indicaba el aval para iniciar la construcción del producto.



**ARDIMET S.A.S**  
 NIT 900.966.709-3  
 CARRERA 8 No. 6 - 78  
 Tel: (57) 3172361012 - Ext. undefined  
 Piedecuesta - Colombia

**Cotización**  
 No. C-1-457

Para	Bio Concentrados
Nit	901.061.110-1
Fecha	2020-09-16

Elaborado por Signo S.A.S NIT: 830.048.145-85-8

Señores:  
 Bio Concentrados  
 Ingenier@s

Ítem	Descripción	Cantidad	Vr. Unitario	Impto. Cargo	Vr. Bruto	Vr. Total
1	Fabricación de distribuidor de vapor de 6 x 150 psi A/C, norma ASME B31, de 1, 20 metros de longitud, entrada de 3 y 1 salida de 3 mas dos adicionales de 2, y dos bridas ciegas de 2 x 150 lbs, salida de ¼ con manómetro de 150 psi, salida 6 A/C para drenaje, con desfogue de ¼ y válvula de ¼x150 lbs para recuperación de condensados o limpieza. Aislamiento térmico en fibra de vidrio de 2 1/2 x 6 y chaqueta inox en cal. 24, soporte en lamina HR de 3/16 de 0.80 metros de alto con huecos de 5/8 para anclaje. Se entrega instalado en sitio	1.00	4,180,000.00	19 %	4,180,000.00	4,824,974.00

Figura 8. Cotización del diseño para Bio concentrados

### 8.1.2 Realizar un diseño conceptual como esquema primario para BIO CONCENTRADOS

La Figura 8 sirvió como guía para lograr dimensionar los parámetros más importantes empleados en la construcción del distribuidor, aquí se relaciona la presión de entrada requerida al distribuidor (la cual viene dada por una caldera piro tubular), este parámetro de presión de entrada está relacionado con la cantidad de flujo masico que transporta el distribuidor.

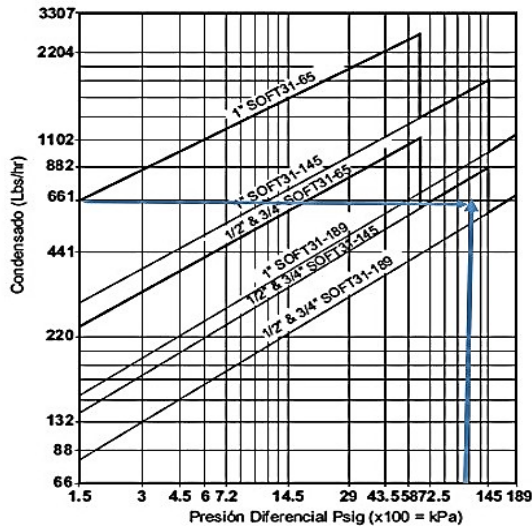


Figura 9. Diagrama de capacidad.

### 8.1.3 Determinar los parámetros específicos de la máquina con su diseño.

Se determinaron los parámetros necesarios para la construcción del distribuidor los cuales fueron: volumen específico, cantidad de condensados y diámetro de desarrollo del tanque.

A continuación, se muestran los cálculos de los parámetros anteriormente mencionados que se emplearon para la elaboración del diseño y construcción del distribuidor.

$$Volumen_{especifico} a 150psi = 0.172113 \frac{m^3}{h}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * mv * v}{\pi * Velv}}$$

Siendo  $d$ : diametro;  $mv$ : flujo volumetrico;  $Velv$ : Velocidad del condesado

$$d = \sqrt{\frac{4 * (1943 \frac{Kg}{h}) * (0.172113 \frac{m^3}{h})}{\pi * 15 * 3600}}$$

$$d = 0.088m = 88mm \rightarrow d = 4"$$

El cálculo de la masa del condensado se realizó de la siguiente manera:

$$mc = \frac{m_{tubo} * Cp_{acero} * \Delta T}{t * h_{fg@P}}$$

Siendo  $mc$ : Maxima capacidad del condensador,  $Cp$ : Calor específico del acero;  
 $\Delta T$ : Rango de temperatura;  $h_{fg@P}$ : Entalpía sobregravedad por presión.

$$mc = \frac{16.07 \text{ Kg/m} * 5.8\text{m} * 0.46 \text{ KJ/Kg} * (443 - 298)\text{K}}{60\text{s} * 1994.34 \text{ KJ/Kg} * \text{K}}$$

$$mc = 187.035 \text{ Kg/h}$$

$$mc_{Total} = 187.035 \text{ Kg/h} * N$$

$$mc_{Total} = 187.035 \text{ Kg/h} * 1.5$$

$$mc_{Total} = 281 \text{ Kg/h} = 618.2 \text{ lb/h}$$

Una vez se realizaron los cálculos se procedió a realizar el diseño al detalle, en un programa CAD empleado en la empresa, así como se aprecia en la Figura 9.

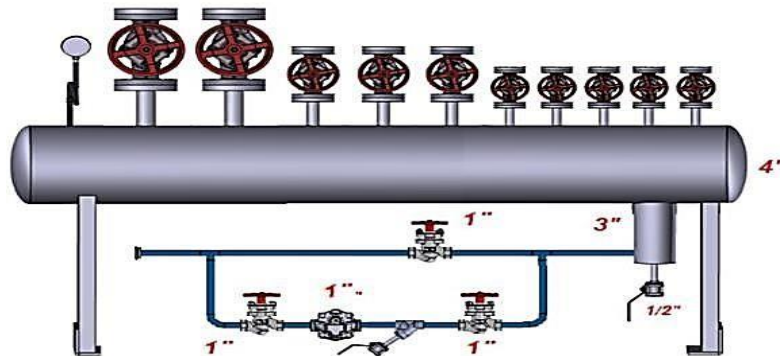


Figura 10. Diámetro bolsillo colector 3N

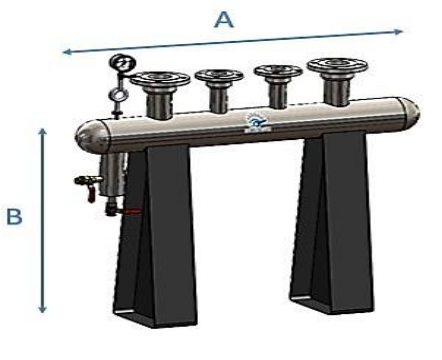
#### 8.1.4 Supervisión del proceso de manufactura del distribuidor

La supervisión del proyecto abarcó las siguientes actividades:

- Verificación, aceptación y visto bueno de la materia prima recibida para la fabricación del distribuidor.
- Explicación de forma verbal al personal metalmecánico de la empresa Ardimet SAS involucrada en el proceso de fabricación.
- Entrega y supervisión del material de material de partida al personal metalmecánico.
- Supervisión de la construcción del distribuidor.

Una vez se ensablo el distribuidor se le realizaron pruebas de presión, esto con el fin de garantizar que el diseño fabricado soportara la presión de entrada proveniente de la caldera pirotubular.

Para la entrega e instalación al cliente se fabricó una ficha técnica del producto, como se ve en la Figura 10 la ficha del distribuidor contiene las medidas de la máquina, una breve descripción, material de fabricación y la información de contacto de Ardimet SAS.

	<b>Medidas:</b>			
	ancho	A 120 cm	alto	B 80 cm
<b>Descripción:</b> Tubería colectora de 6" con una entrada de 3" y tres salidas: una de 3" y dos de 2" montadas con conexiones de bridas, una tubería que actúa como bolsillo recolector de 3" con dos válvulas de bola de 3/4", manómetro de 150 Psi y una base en lamina HR de 3/16" con una altura de 80 cm.				
Ensamblado con soldadura bajo la norma ASME B31 y aislado térmicamente con fibra de vidrio de 2 1/2 x 6 y chaqueta de acero inoxidable calibre 24.				
<b>Nombre de la empresa:</b> ARDIMET S.A.S <b>Dirección:</b> Cra. 8 # 6 – 78 Piedecuesta, Santander <b>Contacto:</b> Deivy Pérez <b>Cel:</b> 317 236 1012 <b>Correo:</b> <a href="mailto:ardimetsas@hotmail.com">ardimetsas@hotmail.com</a> <b>Sitio web:</b> <a href="http://www.ardimetsas.com">www.ardimetsas.com</a>				
<b>Materia prima:</b> acero al carbón, acero HR, acero inoxidable.  <b>Insumos:</b> tornillos, bridas, manómetro y válvulas.				

*Figura 11. Ficha técnica del distribuidor.*

La Figura 11 muestra la evidencia de la entrega y del desarrollo del distribuidor para la empresa Bio Concentrados.



*Figura 12. Proyecto final de la caldera.*

## 8.2 DISEÑO DE GRÚA PARA EMPRESA AVINSA S.A.S

### 8.2.1 Analizar los requisitos del producto para su oferta

AVINSA S.A.S. es una empresa enfocada en el beneficio avícola, la cual solicitó a Ardimet S.A.S el diseño de una grúa con una capacidad de carga máxima de 2 toneladas. Para ello se realizó un estimado preliminar de la cantidad y el tipo de material que se requería para la fabricación de esta.

Con este estimado se realizó una cotización que se muestra en la Figura 12, la cual fue presentada y aceptada por la empresa AVINSA S.A.S. Una vez se recibió la respectiva orden de compra se procedió a iniciar el proceso de fabricación.

ARDIMET S.A.S		Cotización	
NIT 900.000.700-3		No. C-1-649	
CARRERA 8 No. 6 - 78		Para	AVINSA S.A.S.
Tel: (57) 3172361012 - Ext. undefined		Nit	800.008.307-4
PieDECUESTA - Colombia		Fecha	2021-01-19

Señores:  
Ingenieros de avinsa s.a.s.

Ítem	Descripción	Cantidad	Vr. Unitario	Impto. Cargo	Vr. Bruto	Vr. Total
1	FABRICACIÓN DE GRUA CON CAPACIDAD DE 1 TONELADA, SUSPENDIDA A 15 METROS. ELLA DEBE SER CAPAZ DE SUBIR EL MATERIAL Y CON UNA VELOCIDAD DE 2.2 METROS POR SEGUNDO.	1.00	35.000.000.00	19 %	35.000.000.00	41.650.000.00
<b>Total Bruto</b>					35.000.000.00	
<b>Subtotal</b>					35.000.000.00	
<b>IVA 19% S</b>					6.650.000.00	
<b>Total a Pagar</b>					<b>41.650.000.00</b>	

Elaborado por: Sison R. A. S. NIT 900.000.700-3

Figura 13. Cotización del diseño para Avinsa S.A.S.

### 8.2.2 Realizar un diseño conceptual como esquema primario de la grúa para AVINSA S.A.S.

Se estableció un esquema primario de la grúa en el cual se dimensionaron los parámetros que posteriormente fueron empleados como la base de los cálculos para establecer el diseño final de la grúa. Los cuales se pueden observar en la Figura 13.

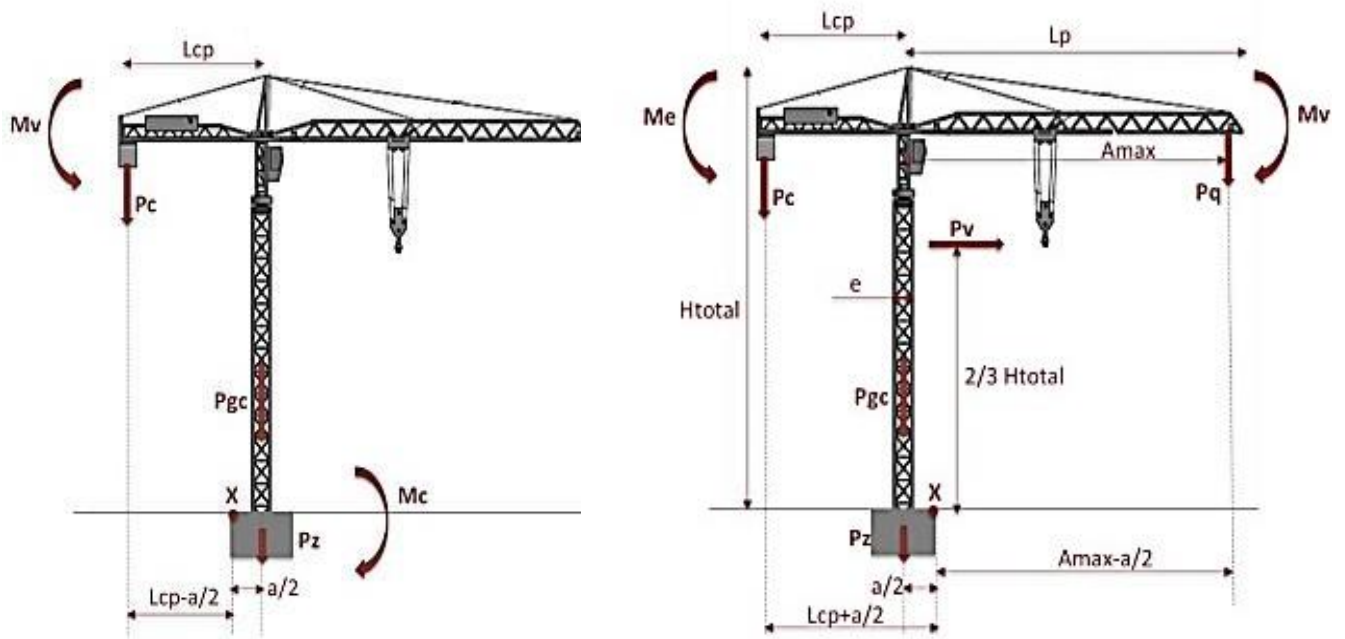


Figura 14. Esquema primario de la grúa.

### 8.2.3 Determinar los parámetros específicos de la máquina con su diseño.

Se establecieron como parámetros de cálculo el esfuerzo permisible y los momentos de inercia considerados respecto a la carga (2 toneladas) que el cliente solicitaba.

La tensión que es admisible para el terreno de cimentación fue un dato que se obtuvo del cliente, el cual habría realizado preliminarmente un estudio geotécnico del terreno en donde se construyó el edificio donde fue montada la grúa.

$$T_{adm} = 0.20 \text{ Mpa}$$

La acción de la fuerza del viento para que la grúa fuera firme se obtiene de la norma técnica ITC MIEAE2.

$$V_{viento} = 72 \text{ Km/h}$$

Se debió cumplir lo siguiente:  $\sum M_{vuelco} \leq \sum M_{estab}$

Según UNE 58121/96:  $Cs = \sum M_{estab} / \sum M_{vuelco} > 1.5$

$$\sum M_{esteab} = \left\{ P_c * \left( L_{cp} + \left( \frac{a}{2} \right) \right) \right\} + \left\{ P_{gc} * \left( \frac{a}{2} \right) \right\} + \left\{ P_z * \left( \frac{a}{2} \right) \right\}$$

$$\sum M_{esteab} = \left\{ 5.90 * \left( 9.00 + \left( \frac{3.80}{2} \right) \right) \right\} + \left\{ 17 * \left( \frac{3.80}{2} \right) \right\} + \left\{ 57.18 * \left( \frac{3.8}{2} \right) \right\}$$

$$\boxed{\sum M_{esteab} = 205.25 \text{ mT}}$$

$$\sum M_{vuelco} = \left\{ P_q * \left( A_{m\acute{a}x} - \left( \frac{a}{2} \right) \right) \right\} + \left\{ P_v * \left( \frac{2H}{3} \right) \right\}$$

$$\sum M_{vuelco} = \left\{ 2 * \left( 35.90 - \left( \frac{3.80}{2} \right) \right) \right\} + \left\{ 0.75 * \left( \frac{2 * 30}{3} \right) \right\}$$

$$\boxed{\sum M_{vuelco} = 83 \text{ mT}}$$

$$C_s = \sum M_{estab} / \sum M_{vuelco} > 1.5$$

$$C_s = \frac{205.25}{83} = 2.47 > 1.5 \text{ Cumple con UNE 58121/96}$$

Se calculo la presión aerodinámica del viento teniendo en cuenta las especificaciones de la grúa, de esto podemos decir que Pv (T) representa la fuerza del viento que es aplicada a 2/3 de la altura total. Se obtiene a partir de la velocidad máxima del viento Vv(Km/h), considerando que la presión aerodinámica del viento es:

$$Q_v = \left\{ \left( \frac{F_v}{14.4} \right) * 2 \right\} = \{ 72 / 14.4 \} * 2 = 0.025 \text{ t/m}^2$$

y, por tanto:

$$P_v = \{ Q_v * H * e \} = \{ 0.0025 * 30 * 1 \} = 0.75 \text{ T}$$

Se comprobó:

$$P_{Zapata} = P_{lastre}$$

$$P_z = a * a * h * dh = 3.80 * 3.80 * 3.65 * 2.40 = 57.18 \text{ T}$$

$$P_l = 38.80 \text{ Y (según la ficha técnica del fabricante)}$$

$$P_z = 57.18T \geq PI = 38.80T$$

Se calculo el momento de inercia de vuelco y el momento de inercia de cimentación, donde se debe comprobar que el momento de inercia de vuelco es menor o igual que el momento de inercia, para así garantizar que la grúa no vaya a presentar un daño en su estado estático

Se comprobó que:

$$\sum M_{vuelco} \leq \sum M_{cimentación}$$

$$\sum M_{vuelco} = \left\{ P_c * \left( L_{cp} - \left( \frac{a}{2} \right) \right) \right\} = \left\{ 5.90 * \left( 9.00 - \left( \frac{3.8}{2} \right) \right) \right\} = 41.89 \text{ mT}$$

$$\sum M_{cim} = \left\{ N * \left( \frac{a}{2} \right) \right\} = \left\{ (P_{gc} + P_z) * \left( \frac{a}{2} \right) \right\} = \left\{ (17 + 57,18) * \left( \frac{3.80}{2} \right) \right\} = 140.95 \text{ mT}$$

$$\sum M_{vuelco} = 41.89 \text{ mT} \leq \sum M_{cimentación} = 140.95 \text{ mT}$$

Una vez calculados los parámetros necesarios para la construcción de la grúa, se realizó el diseño final de la maquina con un programa CAD que maneja la empresa Ardimet S.A.S, el cual se puede observar en las figuras 14 y 15.

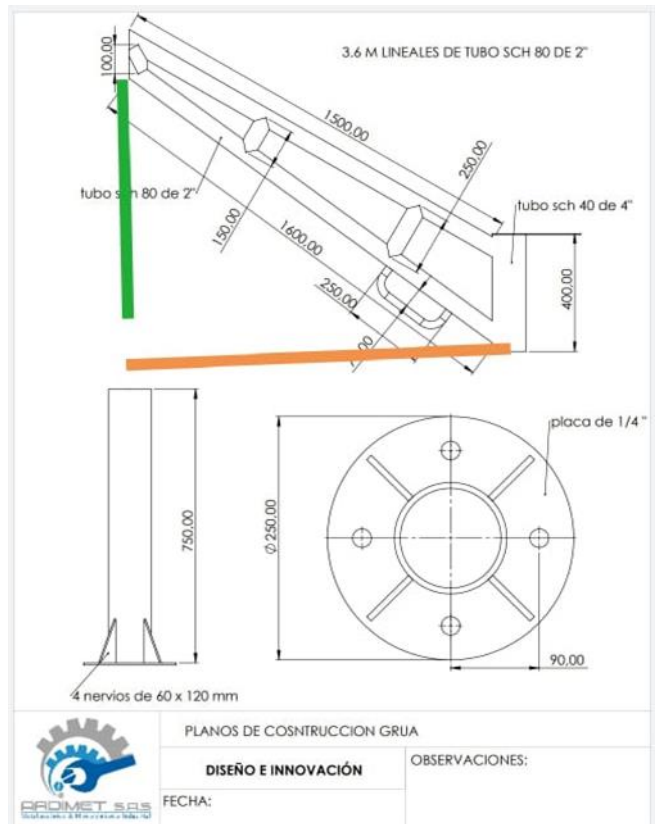


Figura 15. Diseño conceptual de la grúa.

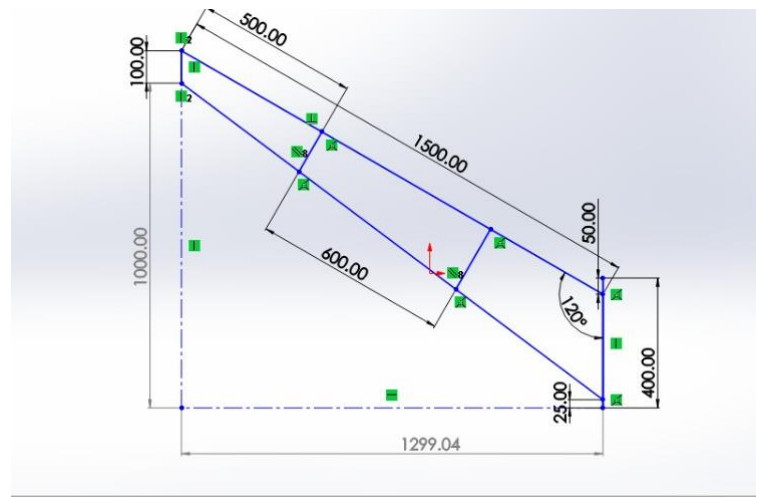


Figura 16. Análisis grafico de la grúa.

Con los cálculos anteriores se logró determinar los parámetros requeridos para poder fabricar una grúa de capacidad de carga nominal de 2 toneladas.

Los parámetros son:

- Longitud de la contra pluma:  $L_{cp} = 9.00 \text{ m}$
- Longitud de la pluma:  $L_p = 37.00 \text{ m}$
- Alcance máximo:  $A_{m\acute{a}x} = 35.90 \text{ m}$
- Altura total de la grúa:  $H_{total} = 30 \text{ m}$
- Sección de la torre:  $e = 1.00 \text{ m}$
- Peso del contrapeso:  $P_c = 5.90 \text{ Tn}$
- Peso de la grúa en construcción:  $P_{gc} = 17 \text{ Tn}$
- Peso del lastre:  $P_l = 34.80 \text{ Tn}$
- Carga Máxima:  $P_{q\acute{m}ax} = 4 \text{ Tn}$
- Carga en punta:  $P_q = 2 \text{ Tn}$

#### **8.2.4 Supervisar el proceso de manufactura del proyecto**

La supervisión del proyecto abarcó las siguientes actividades:

- Verificación, aceptación y visto bueno de la materia prima recibida para la fabricación de la grúa.
- Explicación de forma verbal al personal metalmecánico de la empresa Ardimet SAS involucrada en el proceso de fabricación.
- Entrega y supervisión del material de partida y de los planos y especificaciones dimensionales al personal metalmecánico.
- Supervisión en la construcción de la grúa.

Una vez se construyeron las piezas de la grúa fue ensamblada y se le realizaron pruebas de cargas, esto con el fin de garantizar que el diseño fabricado soportara la carga que requería el cliente. Dichas pruebas han sido elaboradas en las infraestructuras de AVINSA S.A.S como se observa en la Figura 16.



Figura 17. Prueba de carga para la grúa de AVINSA.

Una vez se realizaron las pruebas de carga y estas fueron aprobadas se terminó la instalación de la grúa y se procedió a la entrega de la maquina al cliente con su respectivo manual de operación y ficha técnica del producto.



Figura 18. Proyecto final para la empresa Avinsa S.A.S.

## 8.3 DISEÑO DE DUCTO DE TRANSPORTE PARA EMPRESA HARINERAS PARDO S.A.S

### 8.3.1 Analizar los requisitos del producto para su oferta

Harineras Pardo S.A solicitaba un sistema de ducto de transporte de harina. El primer paso fue determinar las características físicas y el flujo del material procesado. La elección del tipo de material de fabricación fue muy importante para evitar que la harina que circulara por el ducto sufriera saturación por humedad y así garantizar un transporte eficaz por este.

Una vez se establecieron las dimensiones y parámetro del ducto se efectuó una cotización del sistema que se muestra en la Figura 18. Esta cotización fue aceptada por el cliente, el cual hizo llegar una orden de compra para así iniciar el proceso de fabricación.


 <b>ARDIMET S.A.S</b> <small>REGISTRADO EN EL MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS</small> NIT 900.966.709-3 CARRERA 8 No. 6 - 78 Tel: (57) 3172361012 - Ext. undefined Piedecuesta - Colombia		<b>Cotización</b> No. C-1-497							
Señores: Harinera Pardo Ingenier@s		<table border="1"> <tr> <td>Para</td> <td>HARINERA PARDO</td> </tr> <tr> <td>Nit</td> <td>860.005.194-3</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>2020-10-06</td> </tr> </table>	Para	HARINERA PARDO	Nit	860.005.194-3	Fecha	2020-10-06	
Para	HARINERA PARDO								
Nit	860.005.194-3								
Fecha	2020-10-06								
Ítem	Descripción	Cantidad	Vr. Unitario	Impto. Cargo	Vr. Bruto	Vr. Total			
1	Adecuación silos de reposo, consiste en instalar una tolva inoxidable 304 tipo compuerta con tornillo de rosca cuadrada y una volante, fabricación de pantalón inox 304, cambio de la tubería de 4 por inoxidable de 4 A270 Sin costura para alimentos, adecuación de la tubería para instalar una válvula neumática , soldadura tig purgada.	8.00	2,550,000.00	19 %	20,400,000.00	24,276,000.00			
2	Actuador neumático rotativo diam(032MM) giro 90° torque 10, n-m(100psi), marca rfs	16.00	193,500.00	19 %	3,096,000.00	3,684,240.00			
3	sensor de posición lsb.	16.00	174,900.00	19 %	2,798,400.00	3,330,096.00			
4	electro válvula 5/2 reg/res namurcnx 1/424vol dc.	16.00	185,800.00	19 %	2,972,800.00	3,537,632.00			
5	racor codo 1/4 x 8 mm od.	16.00	6,670.00	19 %	106,720.00	126,997.00			
6	silenciador cónico en bronce cnx 1/4	32.00	7,500.00	19 %	240,000.00	285,600.00			
<b>Total Bruto</b>					<b>29,613,920.00</b>				

Figura 19. Cotización del diseño de un ducto para la empresa Harineras Pardo S.A.S.

### 8.3.2 Realizar un diseño conceptual como esquema primario del ducto para harineras Pardo S.A.

Basándonos en las descripciones iniciales del cliente se realizo un esquema que se observa en la Figura 19 del ducto para el transporte de harina.

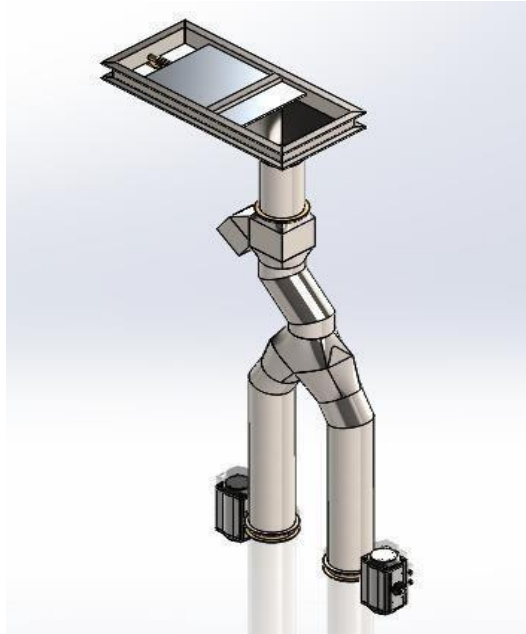


Figura 20. Ducto de transporte de harina.

### 8.3.3 Determinar los parámetros específicos de la máquina con su diseño.

Se determino la velocidad final de la harina de la siguiente manera:

$$V_f = \sqrt{\frac{4 * g * d_s * (y_s - y_a)}{3 * C_d * y_a}}$$

Donde:

Vf: Velocidad final de la partícula (m/s).

g: Aceleración gravitacional (9.81 m/s<sup>2</sup>).

ds: Diámetro de sección de la partícula (0.008 m).

ys: Peso específico del material (kgf/m<sup>3</sup>)

ya: Peso específico del aire (1.225kgf/m<sup>3</sup>)

Cd: Coeficiente de arrastre 0.41 El coeficiente de arrastre para cuerpos cilíndricos es posible obtenerlo a partir del gráfico.

$$R_{asp} = \frac{1}{d}$$

El coeficiente de arrastre se obtuvo teniendo en cuenta la relación de aspecto y de acuerdo con las medidas de las partículas y partiendo de la siguiente formula:

Coeficiente de arrastre de maíz:

$$R_{asp} = \frac{1}{d} = \frac{15}{8} = 1.875 = 0.41 \text{ segun las tablas}$$

Coeficiente de arrastre de la torta de soya.

$$R_{asp} = \frac{1}{d} = \frac{20}{8} = 2.5 = 0.82 \text{ segun las tablas}$$

$$V_f = \sqrt{\frac{4 * 9.81 * 0.008 * (820 - 1.225)}{3 * 0.41 * 1.225}}$$

$$V_f = \sqrt{\frac{0.31392 * 818.725}{1.50675}}$$

$$V_f = \sqrt{\frac{257.029848}{1.50675}}$$

$$V_f = 13.0608 \text{ m/s}$$

$$\emptyset = \frac{m_p}{3.6 * m_a}$$

Donde:

$\emptyset$ : razón de carga (adimensional)

$m_p$ : Masa de flujo de material; (Ton/h)

$m_a$ : Masa de flujo de aire; (Kg/s)

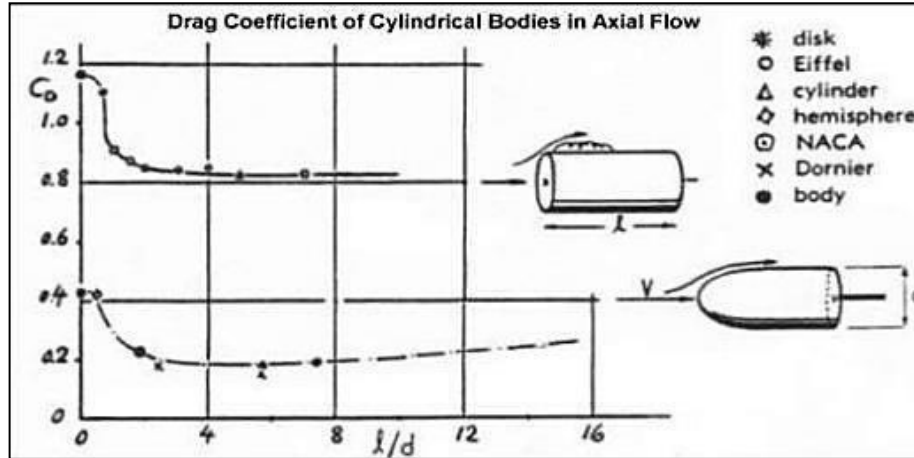


Figura 21. Diagrama de coeficientes de flujo axial en cuerpos cilíndricos.

### 8.3.4 Supervisar el proceso de manufactura del proyecto

La supervisión del proyecto abarco las siguientes actividades:

- Verificación, aceptación y visto bueno de la materia prima recibida para la fabricación del ducto.
- Explicación de forma verbal al personal metalmecánico de la empresa Ardimet SAS involucrada en el proceso de fabricación.
- Entrega y supervisión del material de material de partida y de los planos y especificaciones dimensionales al personal metalmecánico.
- Supervisión en la construcción del ducto.
- Supervisión en el cambio de estructura ver Figura 21



Figura 22. Ductos de transporte de harina

## 9 OTRAS ACTIVIDADES

### 9.1 DISEÑAR MÁQUINAS Y ESTRUCTURAS SOLICITADAS POR LA EMPRESA.

#### 9.1.1 Volteadora de Canecas

El diseño propuesto por el supervisor consistía en un apilador de canecas de tal manera que a futuro quedara guardado en el banco de diseños de la empresa Ardimet S.A.S. Se usaron dimensiones detalladas por parte del supervisor. Ver Figura 22.

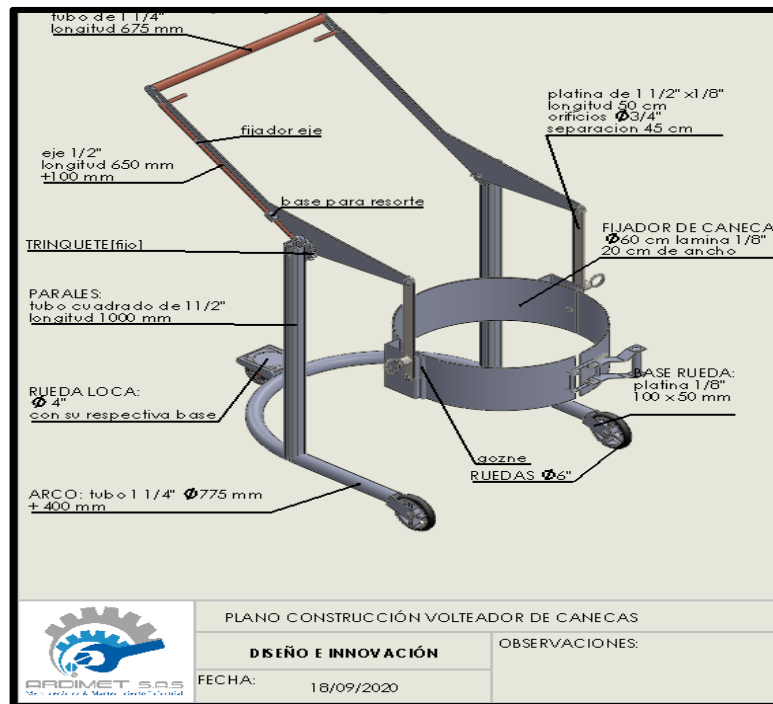


Figura 23. Plano de construcción de volteador de Canecas

#### 9.1.2 Banda para desplumadora

Se realizo diseño de desplumadura basado en especificaciones proporcionadas por sitios web. Se tomaron medidas y se diseñó en un programa CAD un sistema de transporte por banda, como se observa en la Figura 23.

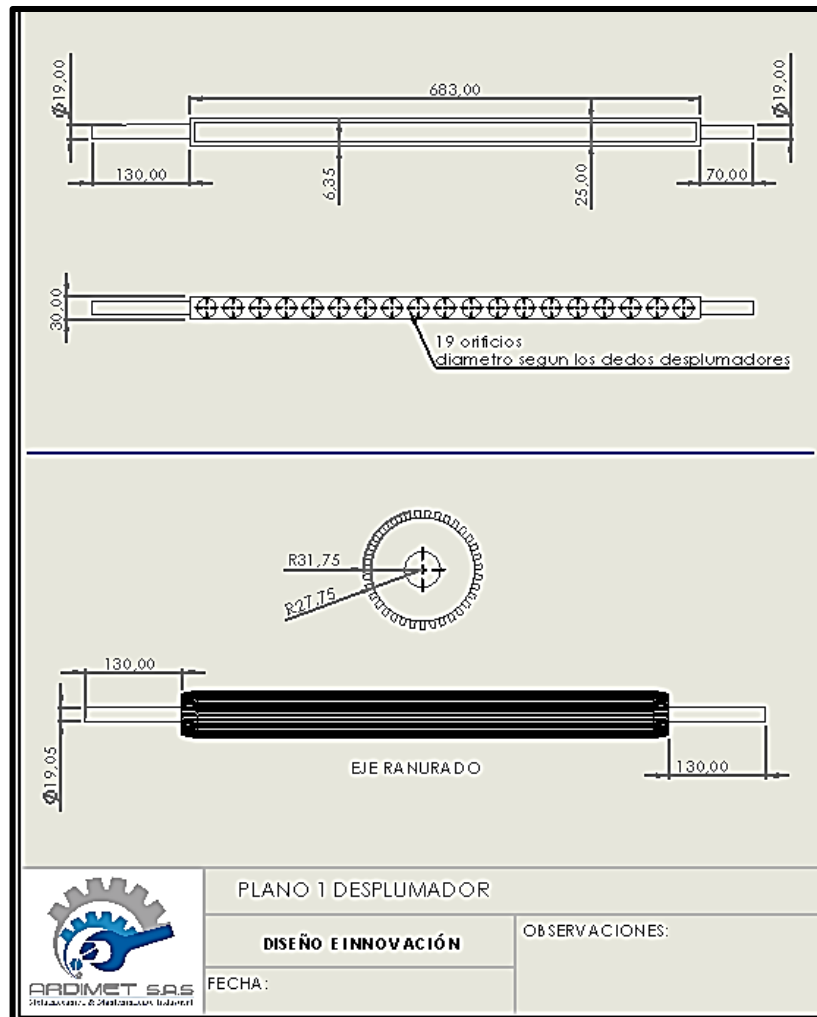


Figura 24. Plano 1 desplumador.

### 9.1.3 Lavador de manos autónomo

Debido a la emergencia sanitaria que se estaba presentando en el mundo el supervisor, la empresa diseñó un lavamanos autónomo, esta máquina se encuentran distintos centros comerciales. Este diseño hace parte de la base de datos de diseños que tiene Ardimet S.A.S. el cual se muestra en la Figura 24.

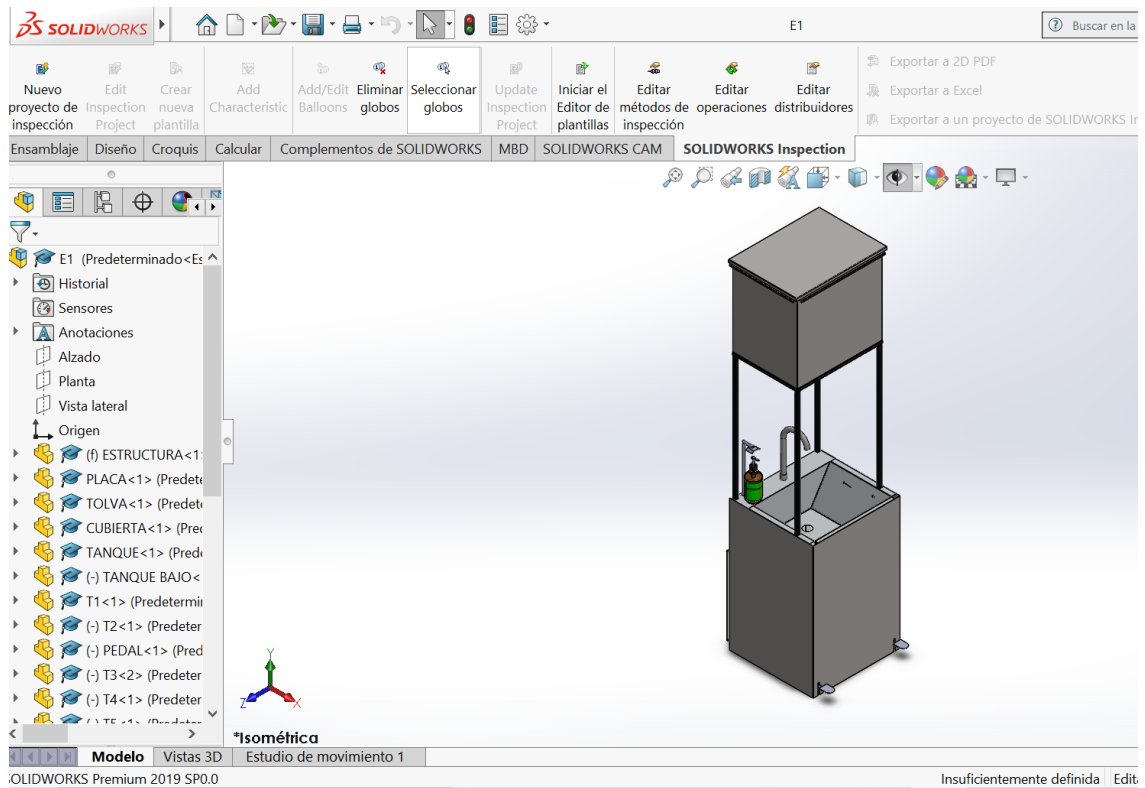


Figura 25.Lavamanos autónomo.

#### 9.1.4 Trilladora de maíz

Diseño de trilladora de maíz con dimensiones sacadas de sitios Web por la universidad de Barquisimeto del país de Venezuela. Ver Figura 25.

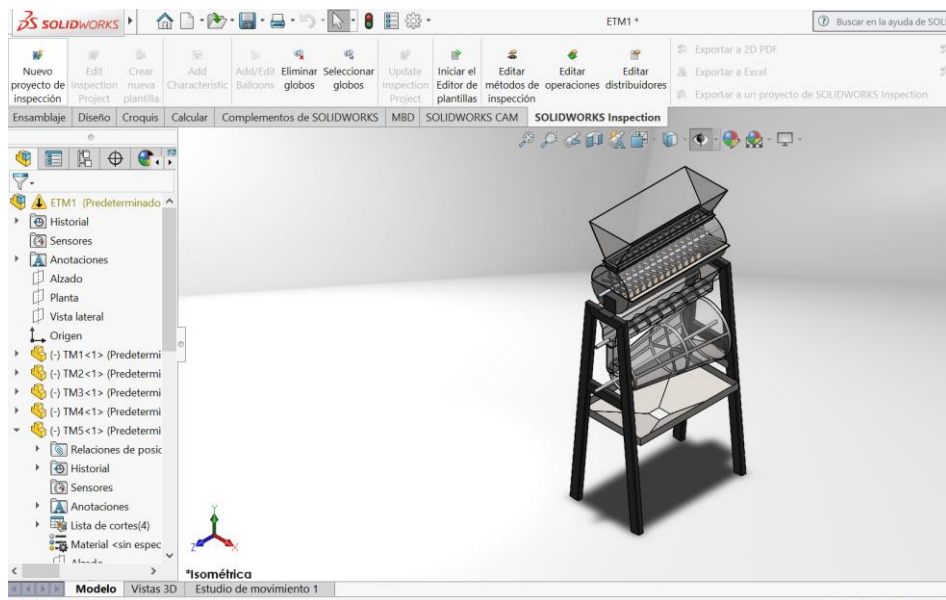


Figura 26. Diseño de trilladora de maíz.

## 9.2 APOYAR LOS MANTENIMIENTOS METALMECÁNICOS.

Dentro de las actividades programadas por la empresa Ardimet S.A.S se realizaron mantenimientos a diferentes empresas Avícolas como lo son: Distraves distribuidora avícola S.A, MAC pollo S.A, Avinsa S.A.S, a estas empresas se les realizó mantenimientos a cuartos de refrigeración, a bandas transportadoras, a sistemas de tuberías de vapor y mantenimiento a digestores. La Figura 26 evidencia el apoyo que brinda Ardimet S.A.S a las diferentes empresas.

Dentro de las funciones realizadas se pueden destacar las siguientes:

- Alistamiento de equipos y materiales para mantenimientos.
- Planeación de Mantenimientos con las diferentes empresas.
- Supervisión del personal metalmecánico.
- Apoyo técnico en las actividades programadas por la empresa.



Figura 27. Servicios de Mantenimiento.

### 9.3 DAR APOYO EN MANTENIMIENTOS ELÉCTRICOS.

Como parte de los servicios que presta la empresa Ardimet S.A.S se realizaron mantenimientos eléctricos a diferentes empresas Avícolas como lo son: Distraves distribuidora avicola S.A, MAC pollo S.A, Avinsa S.A.S, a estas empresas se les realizó mantenimientos los tableros eléctricos de los cuartos fríos tal como se muestra en la Figura 27.

Dentro de las funciones realizadas se pueden destacar las siguientes:

- Alistamiento de equipos y materiales para mantenimientos.
- Planeación de Mantenimientos con las diferentes empresas.
- Supervisión del personal eléctrico.

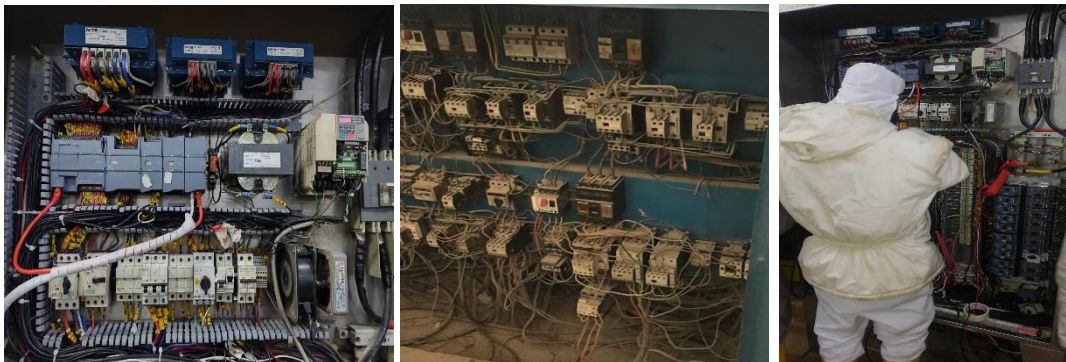


Figura 28. Mantenimiento Eléctrico

## 10 CONCLUSIONES

- Se desarrolló, gestiono y diseñó cada modelo desde cero, demostrando así conocimientos previamente adquiridos en el proceso de formación, no obstante, en el ámbito laboral se aprenden técnicas de ensamble.
- Se garantiza el debido proceso para el desarrollo del diseño como tal teniendo en cuenta la síntesis estructural y cinemática junto con el diseño y el cálculo de los componentes para cada diseño respectivo.
- Siguiendo parámetros estipulado anteriormente se logra hacer y ejecutar en producción el diseño de un distribuidor de vapor para bio concentrados, el diseño de una grúa y el diseño de un ducto de transporte, no obstante, también se realizaron labores de diseño de maquinaria y estructura solicitada por la empresa contratante (volteadora de canecas, banda para desplumadora, lavador de manos autónomo y una trituradora de maíz).

## BIBLIOGRAFÍA

DANNEMANN, Roberto G. C. Manual de Ingeniería de Steel Framing 5 edición, universidad de chile

IVANOV, M.N. Elementos de máquinas. Moscú: Escuela Superior. 1984.

LAMBERT, T.H. Effects of variations in the screw thread coefficient of friction on clamping forces of bolted connections. Journal of mechanical engineering science. 1962. p.401.

HAMROCK, B.J., JACOBSON, B. y Schmid, S.R. Elementos de máquinas. México: McGraw-Hill. 2000.

ICONTEC (2002). Guía SI - Sistema Internacional de Unidades, Bogotá.

NORTON, Robert L. Diseño de máquinas. México: Editorial Prentice-Hall (Pearson), 4ª edición. 2018.

VANEGAS USECHE, Libardo Vicente. Diseño de elementos de máquinas. colección textos académicos, Facultad de Ingeniería Mecánica. Editorial UTP.2018. 19-22p.