



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**Diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos  
mediante la utilización de línea de fuego mejorando la calidad y uso de recursos, en la  
ciudad de Latacunga**

Martínez Cangui, Stalyn Javier

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención de título de Ingeniero Mecatrónico

Ing. Mendoza Chipantasi, Darío José

17 de febrero de 2023

Latacunga

## Document Information

Analyzed document	TESIS MARTINEZ STALYN.docx (D158634902)
Submitted	2/14/2023 6:57:00 PM
Submitted by	Juan Carlos Altamirano
Submitter email	jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	jc.altamiranoc.uta@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO / TESIS_CRUZ_SORIA.docx</b> Document TESIS_CRUZ_SORIA.docx (D111684917) Submitted by: loretaibarra@yahoo.es Receiver: lorenadibarra.uta@analysis.orkund.com	6
<b>W</b>	URL: <a href="https://csaconsultores.com/uso-del-acero-inoxidable-la-industria-alimentaria/">https://csaconsultores.com/uso-del-acero-inoxidable-la-industria-alimentaria/</a> Fetched: 2/14/2023 6:57:00 PM	1
<b>SA</b>	<b>Teis selladora.pdf</b> Document Teis selladora.pdf (D23345612)	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.plaremesa.net/que-es-la-fibra-de-vidrio/">https://www.plaremesa.net/que-es-la-fibra-de-vidrio/</a> Fetched: 2/14/2023 6:59:00 PM	1
<b>SA</b>	<b>TESIS ECUAMATRIZ_JONATHAN FIALLOS_REVISION.docx</b> Document TESIS ECUAMATRIZ_JONATHAN FIALLOS_REVISION.docx (D111150048)	4
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.nke360.es/autodesk-inventor-que-es-y-ventajas/#%C2%BFQue_es_Autodesk_Inventor%E2%8...">https://www.nke360.es/autodesk-inventor-que-es-y-ventajas/#%C2%BFQue_es_Autodesk_Inventor%E2%8...</a> Fetched: 2/14/2023 6:58:00 PM	1
<b>SA</b>	<b>Tesis Lascano, Costales.docx</b> Document Tesis Lascano, Costales.docx (D32266210)	6

## Entire Document

Carátula

Diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego mejorando la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga Martínez Cangui, Stalyn Javier

58%

**MATCHING BLOCK 1/20**

**SA** TESIS\_CRUZ\_SORIA.docx (D111684917)

Departamento de Energía y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecatrónica Trabajo de titulación, previo a la obtención de título de Ingeniero Mecatrónico Ing.

Mendoza Chipantasi, Dario José  
Febrero 2023  
Latacunga  
Reporte de verificación de contenido  
Certificación  
Responsabilidad de autoría

  
Ing. Dario Mendoza  
Director



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego mejorando la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga”** fue realizado por el señor **Martínez Cangui, Stalyn Javier**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 17 de febrero 2023

Ing. Mendoza Chipantasi, Darío José

**DIRECTOR**



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Ingeniería Mecatrónica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Martínez Cangui, Stalyn Javier** con cédula de ciudadanía N° 1723346761, declaro que el contenido, ideas y criterio del trabajo de titulación: **“Diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego mejorando la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 17 febrero 2023

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Stalyn Cangui', escrita sobre una línea horizontal punteada.

**Martínez Cangui, Stalyn Javier**

C.C.: 1723346761



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Ingeniería Mecatrónica**

**Autorización de publicación**

Yo, **Martínez Cangui, Stalyn Javier**, con cédula de ciudadanía N° 1723346761, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar el trabajo de titulación: **Diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego mejorando la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 17 febrero 2023

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Stalyn Martínez Cangui', escrita sobre una línea horizontal punteada.

**Martínez Cangui, Stalyn Javier**

C.C.: 1723346761

## **Dedicatoria**

*Dedico este proyecto a mis padres Antonio y Blanca, que todo el arduo esfuerzo y sacrificio que ellos realizaron se ve reflejado en la culminación de esta etapa profesional, de todo corazón gracias por ese apoyo y confianza incondicional, ustedes siempre serán mi motor principal, para superar cualquier circunstancia en la vida, los amo un mundo.*

*A Shirley, hermanita chula, gracias por ser mi complemento en esta vida, cada actividad que desarrollamos permitió conocer mejor las fortalezas y debilidades de cada uno. Dándonos como resultado gratificante mucha felicidad. A Scarleth estas muy pequeña, pero si algún momento llegas a leer esto, el amor de mis padres es muy grande y gracias a ellos se puede conseguir todo.*

*A mi esposa Fanny e hijo Drake, su cariño, su amor son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de darles lo mejor en esta vida. Aun a tu corta edad me has enseñado muchas cosas en esta vida, les agradezco por ayudarme a encontrar el lado más dulce de la vida, serán mi mayor motivación para concluir con éxito este proyecto de tesis.*

**Stalyn Martínez**

## **Agradecimiento**

*Agradezco a Dios y la Virgen por darme la oportunidad de vivir y pertenecer a esta hermosa familia, dándome el ejemplo de humildad, superación y sacrificio, donde todos ellos me supieron guiar y brindarme su conocimiento hasta alcanzar mi formación profesional.*

*Quiero agradecer a todas las personas que confiaron en mí, por ser parte de mi trayectoria, ya que aportaron un granito más de sabiduría y experiencia más que todo en este último trabajo, gracias por ser como el aire, saber que están ahí cuando los necesité.*

*Mi más grande y sincero agradecimiento a mi tutor Ing. Darío Mendoza, por su gran conocimiento impartido, paciencia, enseñanza y colaboración quien permitió el desarrollo de este trabajo.*

**Stalyn Martínez**

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenido.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>5</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de contenido .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>15</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>16</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>20</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>21</b>
<b>Capítulo I: Problema de investigación.....</b>	<b>22</b>
<b>Tema de investigación .....</b>	<b>22</b>
<b>Antecedente.....</b>	<b>22</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>24</b>
<b>Justificación e importancia.....</b>	<b>26</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>26</b>
<b><i>Objetivo general.....</i></b>	<b>26</b>
<b><i>Objetivos específicos .....</i></b>	<b>27</b>
<b>Hipótesis .....</b>	<b>27</b>

<i>Variables Independientes</i> .....	27
<i>Variables Dependientes</i> .....	27
<b>Marco Teórico</b> .....	27
<b>Tendencia de productos cárnicos en Ecuador</b> .....	27
<b>Elementos constitutivos de la máquina para limpieza de patas de bovinos con línea de fuego</b> .....	28
<b>Estructura</b> .....	28
<b>Características de soldabilidad de los aceros inoxidables</b> .....	29
<i>Precisión en el corte de las piezas a unir</i> .....	29
<i>Soldadura TIG</i> .....	29
<i>Limpieza y acabado de las uniones soldadas</i> .....	30
<i>Soldadura SMAW</i> .....	30
<b>Filosofía de un diseño seguro</b> .....	31
<i>Esfuerzo cortante torsional</i> .....	31
<b>Neumática Industrial</b> .....	32
<i>Unidad de mantenimiento neumática</i> .....	32
<i>Cilindro de doble efecto</i> .....	33
<i>Electroválvula neumática</i> .....	33
<i>Control de sistema neumático</i> .....	33
<b>Mecanismo de remoción de pelaje</b> .....	34
<i>Patas de ganado bovino</i> .....	34
<i>Proceso tradicional</i> .....	35
<b>Aislante térmico</b> .....	35
<i>Tipos de aislantes térmicos</i> .....	35
<i>Poliuretanos</i> .....	35

<i>Fibras minerales</i> .....	36
<i>Lana de vidrio o fibra de vidrio</i> .....	36
<b>Tanque de gas</b> .....	36
<i>Equivalencias energéticas del GLP</i> .....	36
<i>Tipos de cilindros de gas</i> .....	37
<i>Cilindro de 15 kg</i> .....	37
<i>Cilindro de 45 kg</i> .....	38
<i>Presión máxima de descarga de un tanque de gas</i> .....	38
<i>Válvula de gas</i> .....	39
<i>Tuberías</i> .....	39
<i>Línea de fuego</i> .....	40
<i>Poder Calorífico</i> .....	40
<b>Componentes eléctricos</b> .....	40
<i>Motor eléctrico</i> .....	40
<i>Tablero de control industrial</i> .....	41
<i>Interruptores pulsadores</i> .....	41
<i>Sensores</i> .....	41
<i>Sensor de final de carrera</i> .....	41
<i>Sensor de temperatura</i> .....	42
<i>Tipos de sensores de temperatura</i> .....	42
<i>Termocupla tipo K</i> .....	42
<b>Sistema de protección de motores</b> .....	43
<i>Protección contra sobreintensidades</i> .....	43
<i>Protección contra sobrecargas y cortocircuitos</i> .....	43
<i>Contactores</i> .....	43
<b>Sistemas de control</b> .....	44
<i>LOGO 8 Siemens</i> .....	44

<i>Python</i> .....	45
<i>Autodesk Inventor</i> .....	45
<i>CADe_SIMU</i> .....	46
Control de calidad .....	46
<i>Control de calidad mediante visión artificial</i> .....	46
Proceso artesanal.....	47
Capítulo II: Diseño de la máquina .....	50
Temperatura de la llama.....	50
<i>Poder calorífico del cilindro de gas GLP</i> .....	50
<i>Tipo de llama</i> .....	51
Diseño de caudal .....	52
Diseño del mechero, quemador o soplete .....	52
<i>Caudal de un único aparato de gas</i> .....	54
<i>Tiempo de descarga de gas</i> .....	54
Diseño de encendido.....	55
<i>Filtrado y selección de encendido</i> .....	55
<i>Evaluación de conceptos</i> .....	56
Diseño de motor 1 de giro de patas. ....	57
<i>Cálculo del torque requerido</i> .....	58
<i>Diseño de transmisión de potencia</i> .....	59
<i>Cálculo del engranaje</i> .....	61
<i>Coefficiente de velocidad de la cadena</i> .....	62
<i>Cálculo del tipo de cadena</i> .....	62
<i>Esfuerzo ejercido sobre el eje</i> .....	65
<i>Tipo de lubricación</i> .....	65

Diseño de motor 2, cepillado de patas de bovino .....	66
<i>Filtrado y selección cepillos</i> .....	66
<i>Evaluación de conceptos</i> .....	67
Cálculo de RPM para la herramienta de cepillado .....	68
<i>Diseño de transmisión de potencia para la máquina cepilladora</i> .....	69
Diseño de la estructura. ....	72
<i>Principios relacionados con el espacio de trabajo</i> .....	73
<i>Esfuerzo de diseño</i> .....	76
<i>Cálculos de la mesa de trabajo</i> .....	78
<i>Análisis estructural del factor de seguridad</i> .....	81
Diseño de la estructura de cepillado.....	82
<i>Flechas de inserción para las patas</i> .....	84
Cálculos del eje .....	86
<i>Cálculos de las fuerzas producidas por el engranaje</i> .....	87
Diseño de control eléctrico.....	90
<i>Selección de controlador</i> .....	90
<i>Selección de cámara digital</i> .....	91
<i>Selección de software para el sistema de visión</i> .....	92
Diagrama de flujo .....	93
Capítulo III: Construcción de la estructura .....	96
Construcción de giro de patas .....	97
Construcción de las flechas .....	99
<i>Colocación del pistón</i> .....	101
Construcción de la cepilladora.....	102
<i>Colocación del pistón para el empuje de la cepilladora</i> .....	104

Construcción de los sopletes.....	104
<i>Implementación del encendido eléctrico .....</i>	<i>105</i>
Construcción del sistema de control eléctrico.....	106
Diagrama eléctrico de funcionamiento .....	106
<i>Construcción del tablero de control.....</i>	<i>107</i>
Implementación del sistema neumático .....	108
Implementación de cámara de monitoreo y control de calidad .....	108
<i>Cámara .....</i>	<i>109</i>
<i>Pantalla de visualización.....</i>	<i>110</i>
<i>Calidad de la pata .....</i>	<i>111</i>
<i>Elaboración del HMI en Python.....</i>	<i>112</i>
Capítulo IV: Pruebas y resultados .....	118
Pruebas de control de calidad.....	118
Pruebas de sistema neumático de cepillado .....	119
Pruebas de la etapa de cepillado.....	120
Pruebas de la etapa de chamuscado .....	121
Eficiencia de chamuscado .....	123
Sistema de ignición.....	123
Pruebas de funcionamiento integrado.....	124
Evaluación de la máquina de limpieza de patas.....	124
<i>Tiempo de la etapa de chamuscado artesanal vs máquina .....</i>	<i>125</i>
<i>Pesos de los cilindros de gas .....</i>	<i>126</i>
Proceso de cepillado.....	127
<i>Tiempo de la etapa de cepillado artesanal vs máquina .....</i>	<i>127</i>

Validación de la hipótesis .....	128
<b>Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>131</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>131</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>134</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>136</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>141</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Filtrado de conceptos de encendido eléctrico</i> .....	<b>56</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Selección de conceptos de encendido</i> .....	<b>57</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Comparación de mecanismos para la transmisión de potencia</i> .....	<b>60</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Coeficiente de velocidad de la cadena</i> .....	<b>62</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Filtrado de conceptos de cepillos de limpieza</i> .....	<b>66</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Selección de conceptos de cepillos</i> .....	<b>67</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Materiales y pesos</i> .....	<b>75</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Selección de conceptos de controlador</i> .....	<b>91</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Selección de conceptos de cámara</i> .....	<b>92</b>
<b>Tabla 10</b> <i>Selección de conceptos de software</i> .....	<b>93</b>
<b>Tabla 11</b> <i>Pruebas de control de visión y calidad de las patas en la máquina limpiadora</i> ...	<b>119</b>
<b>Tabla 12</b> <i>Pruebas de rango de presiones en operaciones vs ciclo</i> .....	<b>119</b>
<b>Tabla 13</b> <i>Porcentaje de eficiencia del cepillado de la máquina</i> .....	<b>121</b>
<b>Tabla 14</b> <i>Tiempo de chamuscado de las patas</i> .....	<b>122</b>
<b>Tabla 15</b> <i>Porcentaje de eficiencia del chamuscado de la máquina</i> .....	<b>123</b>
<b>Tabla 16</b> <i>Pruebas de encendido</i> .....	<b>124</b>
<b>Tabla 17</b> <i>Tiempos para acomodar las patas en los ejes de limpieza</i> .....	<b>125</b>
<b>Tabla 18</b> <i>Tiempos de quemado del proceso artesanal vs máquina</i> .....	<b>126</b>
<b>Tabla 19</b> <i>Peso de los cilindros de gas del proceso artesanal vs máquina</i> .....	<b>126</b>
<b>Tabla 20</b> <i>Promedio de consumo de gas del proceso artesanal vs máquina</i> .....	<b>127</b>
<b>Tabla 21</b> <i>Tiempo de cepillado artesanal vs máquina</i> .....	<b>128</b>
<b>Tabla 22</b> <i>Datos para validación de hipótesis</i> .....	<b>129</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Representación de la soldadura a tope cuadrada</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 2</b> <i>Equipos para soldadura TIG</i> .....	<b>30</b>
<b>Figura 3</b> <i>Soldadura tipo SMAW</i> .....	<b>31</b>
<b>Figura 4</b> <i>Distribución de esfuerzos en un eje macizo</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 5</b> <i>Cilindro doble efecto</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 6</b> <i>Simulación en FluidSim de Cilindro neumático doble efecto y electroválvula 5/2</i> .	<b>33</b>
<b>Figura 7</b> <i>Venas principales de la vaca en el sistema circulatorio</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 8</b> <i>Cilindro de uso doméstico e industrial</i> .....	<b>37</b>
<b>Figura 9</b> <i>Generación de capas de hielo en cilindros de gas por consumo excesivo</i> .....	<b>39</b>
<b>Figura 10</b> <i>Motores eléctricos</i> .....	<b>41</b>
<b>Figura 11</b> <i>Sensores tipo RTD</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 12</b> <i>Termocupla tipo K</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 13</b> <i>Interruptor magnetotérmico</i> .....	<b>43</b>
<b>Figura 14</b> <i>Contactador</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 15</b> <i>Controlador LOGO!</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 16</b> <i>Ícono del programa Python</i> .....	<b>45</b>
<b>Figura 17</b> <i>Pantalla de inicio del programa Autodesk Inventor</i> .....	<b>45</b>
<b>Figura 18</b> <i>Diagrama de conexión de un motor en CA De SIMU</i> .....	<b>46</b>
<b>Figura 19</b> <i>Cepillado de patas luego del primer quemado con cepillo de alambre</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 20</b> <i>Cepillado de la pata con un motor esmeril</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 21</b> <i>Pata limpia realizado con el proceso artesanal</i> .....	<b>49</b>
<b>Figura 22</b> <i>Tipos de llamas y la temperatura que generan</i> .....	<b>51</b>
<b>Figura 23</b> <i>Tipos de máquinas según los usos con factores de seguridad</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 24</b> <i>Diagrama de paso de cadena según el número de eslabones</i> .....	<b>62</b>
<b>Figura 25</b> <i>Cadena de rodillos de precisión de paso pequeño (serie B)</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 26</b> <i>Selección de número de dientes del engranaje</i> .....	<b>64</b>

<b>Figura 27</b> Tipo de lubricación para la cadena.....	<b>65</b>
<b>Figura 28</b> Factor de potencia dependiendo el uso de la máquina y servicio.....	<b>71</b>
<b>Figura 29</b> Diagrama de selección de correas de alta capacidad.....	<b>72</b>
<b>Figura 30</b> Dimensiones de mesas de trabajo.....	<b>73</b>
<b>Figura 31</b> Dimensiones recomendadas para la estación de trabajo de pie.....	<b>74</b>
<b>Figura 32</b> Diseño estructural de la mesa en el software Autodesk Inventor.....	<b>74</b>
<b>Figura 33</b> Representación esquemática de una viga, cargas y reacciones.....	<b>76</b>
<b>Figura 34</b> Criterios para esfuerzo de diseño.....	<b>76</b>
<b>Figura 35</b> Datos técnicos de un ángulo L.....	<b>78</b>
<b>Figura 36</b> Fuerzas sobre la mesa de trabajo.....	<b>79</b>
<b>Figura 37</b> Diagrama de cuerpo libre.....	<b>79</b>
<b>Figura 38</b> Diagrama de cuerpo libre, fuerzas cortantes y momentos flectores.....	<b>80</b>
<b>Figura 39</b> Factor de seguridad.....	<b>82</b>
<b>Figura 40</b> Datos técnicos de tubo rectangular de acero inoxidable.....	<b>84</b>
<b>Figura 41</b> Coeficiente de dilatación térmica, $\alpha$ , de algunos metales, vidrio cilindrado.....	<b>85</b>
<b>Figura 42</b> Diseño de un engranaje y soporte de la varilla en la mesa.....	<b>86</b>
<b>Figura 43</b> Diagrama de cuerpo libre del eje.....	<b>87</b>
<b>Figura 44</b> Diagrama de cuerpo libre del eje.....	<b>88</b>
<b>Figura 45</b> Simulación de MDsolid.....	<b>89</b>
<b>Figura 46</b> Diagrama de proceso de limpieza de patas de ganado.....	<b>94</b>
<b>Figura 47</b> Mesa de trabajo.....	<b>96</b>
<b>Figura 48</b> Base soporte de motor de giro.....	<b>97</b>
<b>Figura 49</b> Engranaje en motor de giro.....	<b>98</b>
<b>Figura 50</b> Colocación de la cadena.....	<b>98</b>
<b>Figura 51</b> Punto guía de la cadena.....	<b>99</b>
<b>Figura 52</b> Ejes con terminado en punta.....	<b>100</b>
<b>Figura 53</b> Corte de cabeza de horquilla.....	<b>100</b>
<b>Figura 54</b> Tabla de valores de la cabeza de horquilla.....	<b>101</b>

<b>Figura 55</b> <i>Colocación del pistón neumático</i> .....	<b>101</b>
<b>Figura 56</b> <i>Construcción de la cepilladora</i> .....	<b>102</b>
<b>Figura 57</b> <i>Construcción de acoplamientos de los elementos de transmisión</i> .....	<b>103</b>
<b>Figura 58</b> <i>Cuerpo de cepillado</i> .....	<b>103</b>
<b>Figura 59</b> <i>Movimiento de entrada y salida de la cepilladora</i> .....	<b>104</b>
<b>Figura 60</b> <i>Elaboración y colocación del soplete según el diseño</i> .....	<b>105</b>
<b>Figura 61</b> <i>Posicionamiento de las cerámicas</i> .....	<b>106</b>
<b>Figura 62</b> <i>Esquema del control de LOGO V8! con motor 1 y motor 2</i> .....	<b>106</b>
<b>Figura 63</b> <i>Parte interna del tablero de control</i> .....	<b>107</b>
<b>Figura 64</b> <i>Parte externa del tablero de control</i> .....	<b>107</b>
<b>Figura 65</b> <i>Unidad de alimentación neumática</i> .....	<b>108</b>
<b>Figura 66</b> <i>Ubicación de la cámara argón Tech</i> .....	<b>109</b>
<b>Figura 67</b> <i>Amplitud de visión de la cámara</i> .....	<b>110</b>
<b>Figura 68</b> <i>Distancia de visión de pantalla</i> .....	<b>111</b>
<b>Figura 69</b> <i>Tipos de calidad de limpieza de una pata de ganado bovino</i> .....	<b>111</b>
<b>Figura 70</b> <i>Entorno de control de calidad en Python</i> .....	<b>112</b>
<b>Figura 71</b> <i>Calidad buena de la limpieza de las patas de ganado</i> .....	<b>113</b>
<b>Figura 72</b> <i>Detección de buena calidad en pata N1</i> .....	<b>113</b>
<b>Figura 73</b> <i>Detección de buena calidad en pata N2</i> .....	<b>114</b>
<b>Figura 74</b> <i>Detección de buena calidad en pata N3</i> .....	<b>114</b>
<b>Figura 75</b> <i>Detección de buena calidad en pata N4</i> .....	<b>115</b>
<b>Figura 76</b> <i>Calidad mala de la limpieza de las patas de ganado</i> .....	<b>115</b>
<b>Figura 77</b> <i>Detección de la pata N2 con mala calidad y el resto buena calidad</i> .....	<b>116</b>
<b>Figura 78</b> <i>Detección de la pata N3 con mala calidad y el resto buena calidad</i> .....	<b>116</b>
<b>Figura 79</b> <i>Detección de la pata N1 y pata N2 con buena calidad y el resto mala calidad</i> .	<b>117</b>
<b>Figura 80</b> <i>Integración de las etapas de limpieza para las patas de bovino</i> .....	<b>118</b>
<b>Figura 81</b> <i>Cepillado correcto de una pata de bovino</i> .....	<b>120</b>
<b>Figura 82</b> <i>Etapas de cepillado de la máquina</i> .....	<b>120</b>

<b>Figura 83</b> <i>Tipos de pelaje de las patas para chamuscar</i> .....	122
<b>Figura 84</b> <i>Incineración correcta del pelaje</i> .....	123

## Resumen

El objetivo general fue diseñar y construir una máquina para la limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego mejorando la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga. El proceso de inocuidad en la selección de patas de res para la preparación de distintos tipos de comidas tradicionales es un tema primordial, al momento de realizar su compra o adquisición, el único proceso de limpieza del pelaje que se tiene en la ciudad de Latacunga es el proceso tradicional, que se lleva a cabo por parte de las personas que comercializan el producto o trabajadores artesanales. Se utilizó la siguiente metodología de investigación donde se recopiló información referente al proceso de construcción de máquinas limpiadoras de patas de bovinos, el método analítico realizó la desmembración de un todo, permitiendo conocer más del objeto de estudio, para así comprender mejor el proceso artesanal y establecer nuevas técnicas. El método deductivo ayudó a transformar el proceso tradicional, a una máquina que cumpla características técnicas y parámetros de seguridad sin afectar el proceso. Con el método experimental se observó, manipuló y registró las distintas variables como es el caudal y presión de GLP a la salida del mechero o soplete dando como resultado una flama adecuada para el proceso de limpieza. Finalmente se construyó una máquina limpiadora de patas de ganado bovino semi automática, que consta de 3 etapas tales como: etapa de chamuscado, etapa de cepillado y etapa de control de calidad.

*Palabras clave.* Uso de recursos de GLP, proceso artesanal, control de calidad, Python, Logo Soft

### **Abstract**

The general objective was to design and build a machine for cleaning bovine legs through the use of a fire line, improving the quality and use of resources, in the city of Latacunga. The safety process in the selection of beef legs for the preparation of different types of traditional foods is a primary issue, at the time of purchase or acquisition, the only process that is available in the city of Latacunga is the traditional process, carried out by the people who market the product or artisan workers. The following research methodology was used where information was collected regarding the construction process of bovine leg cleaning machines, the analytical method carried out the dismemberment of a whole, allowing to know more about the object of study, in order to better understand the artisan process and establish new techniques. The deductive method helped transform the traditional process into a machine that meets technical characteristics and safety parameters without affecting the process. With the experimental method, the different variables were observed, manipulated and recorded, such as the flow rate and pressure of LPG at the outlet of the burner or torch, resulting in an adequate flame for the cleaning process. Finally, the semi-automatic cattle leg cleaning machine was built, consisting of 3 stages of singing, brushing and quality control.

*Key words:* Use of resources of GLP, artisanal process, quality control, Python, Logo Soft

## Capítulo I

### Problema de investigación

#### Tema de investigación

Diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego mejorando la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga.

#### Antecedente

Los productos cárnicos no solo representan productos de gran importancia en la economía sino que son un importante componente en la dieta alimenticia de muchos países en el mundo. El término “matadero” es utilizado para denominar al lugar donde la res es sacrificada para la obtención de la carne, y cuenta (unos más limitados que otros) con la capacidad de obtener productos secundarios a partir de su faenamiento. (PROARCA, 2009).

De acuerdo con la especialista, el colágeno es una proteína que el cuerpo produce de forma natural, sin embargo, con el pasar de los años su producción disminuye, es por ello la importancia del consumo de alimentos fuente, como las patas de cerdo, pollo o vaca. El colágeno es bueno para la piel, los huesos, articulaciones, además ayuda en el tratamiento de la osteoporosis, rotura de ligamentos, tendinitis, crecimiento de uñas y cabello, así como un tratamiento antienvjecimiento.

A partir de esto se puede empezar la idea que una buena parte del cuerpo necesita colágeno y representa aproximadamente el 30% de proteínas en el organismo. Entre los muchos beneficios del caldo de pata se encuentra lo que es la gelatina de la pata de res, esta sustancia tiene cantidades importantes de proteínas, además de ser una importante fuente de colágeno adecuado para las articulaciones lo cual ayuda en el tratamiento y prevención de la artrosis, así como la osteoporosis.

Según Slovenia Ulloa, este alimento es beneficioso para niños, adolescentes, deportistas, adultos mayores, gestantes y personas que necesitan recuperación de la piel, huesos, articulaciones y músculos. (Ulloa, 2018). La garantía de seguridad y sanidad en que continúa el proceso de las extremidades del animal depende de los propietarios o comerciantes que compran los mismos, para continuar con un proceso extra de limpieza y así este pueda salir a la venta al público.

En el caso explícito de las patas del animal se realizan un lavado previo a la venta, pero para realizar la limpieza del pelaje de las patas del ganado bovino se envía a otro grupo de personas denominadas chamuscadores. Este grupo de personas realizan la actividad en pequeñas fraguas de calor y de manera artesanal. Lo que conlleva a tener diferentes tipos de calidad al finalizar el ciclo de limpieza de las patas de ganado bovino.

La empresa MECANOVA en España tiene una máquina centrífuga para la limpieza, depilado y escaldado de las patas de vacuno y ovino. Estas patas son tratadas mediante agua caliente y con una máquina depiladora de patas, para sacarles el pelo, sin necesitar ningún tratamiento previo. El tratamiento de las patas requiere agua caliente a 65 grados para realizar un buen escalde.

Las características técnicas de esta máquina son fabricadas en acero inoxidable AISI-304, con una compuerta superior para la introducción del producto. Los requisitos para el montaje son: línea de agua, línea de vapor, colector para recibir y canalizar el agua, cuadro eléctrico de control de las funciones de la máquina, construido bajo normativa, con sistemas de seguridad eléctrica y parada de emergencia. Depósito con termómetro analógico para inspección de la temperatura del agua en el interior de la máquina. (Mecanova, 2021).

Para la limpieza de las patas de res, no existe un proceso automatizado con línea de fuego como su principal fuente de limpieza, pero si existe un tipo de proceso artesanal o manual. En las diferentes provincias del Ecuador existen varios métodos de limpieza tanto de forma manual y solo una en forma automática, la forma automática consta de un tanque giratorio llenado con agua hervida que ingresa mediante presión o vapor. Este tipo de

mecanismo se encuentra en las industrias alimenticias que procesan el resto de las partes de la res, la producción y venta de la misma. (Medina, 2009).

Se plantea este proyecto con línea de fuego porque conserva la tradición y costumbres de su limpieza que se realizan en varias provincias del Ecuador, para así preparar un caldo de pata sin perder las propiedades nutricionales del mismo, como es el colágeno y el sabor característico de la pata. Al remover el pelaje de las patas con agua hervida se produce una semicocción, por tal razón no conserva el mismo sabor, textura y valor nutricional en consecuencia, no es apetecido por los consumidores y las patas más cotizadas y solicitadas en el mercado nacional son aquellas que tienen limpieza con línea de fuego.

El control de calidad a través de visión artificial tiene varias aplicaciones en las áreas de: ingeniería, diseño gráfico, medicina, aeroespacial, sector alimenticio, entre otras. El estado de madurez y control de la calidad de frutos, hortalizas, vegetales y alimentos procesados son de gran importancia para satisfacer las demandas de los consumidores por productos inocuos, homogéneos y con mejores atributos de calidad. (Jorge, 2020). Al aplicar este tipo de control se podrá obtener información del proceso en ejecución relacionada con propiedades físicas (forma, tamaño, color). En el presente trabajo se plantea la utilización en la automatización de la máquina, de un proceso manual y su posterior comparación con la limpieza que se realiza con fuego de manera artesanal.

### **Planteamiento del problema**

A nivel mundial, el proceso de depilado o limpieza de patas y procesamiento de este subproducto tradicionalmente se realiza de manera artesanal, sin considerar protocolos de sanidad, inocuidad y calidad.

En muchos países se realizan estas limpiezas que son depiladas empleando el método de escaldado con una temperatura entre los 65 y 70°C. Dependiendo de la faenadora, el pelaje restante se lo puede remover empleando cuchillos, máquinas depiladoras y en algunos casos incluso adicionando químicos (hidróxido), que en conjunto

con la máquina favorecen que el folículo piloso se abra y el pelo sea expulsado. Al terminar el proceso los residuos líquidos no tienen un tratamiento específico y habitualmente son desechados. (Mecanova, 2021)

Actualmente en el Ecuador las técnicas de faenamiento de ganado son muy precarias, esto se debe a la falta de infraestructura, tecnología, cultura sanitaria y alimenticia. El reglamento de la Ley de Mataderos, la Normativa Técnica Sanitaria de Alimentos Procesados y la Ley Orgánica de la Salud, tiene por objeto establecer las normas que regulan la construcción de los mataderos, subprocesos, transporte y comercio de la misma.

En el lugar elegido para el estudio, las personas que trabajan realizando depilado de patas artesanalmente desde el 2012 en la ciudad de Latacunga, presentan diferentes tipos de calidad final en el depilado de patas; uno de los motivos puede ser que en el operario existe un cansancio físico excesivo, problemas respiratorios que afectan el desarrollo y supervivencia del negocio en el tiempo. En la ciudad de Latacunga el camal municipal faena alrededor de 50 reses diarias promedio, lo cual genera aproximadamente 200 patas diarias que deben ser lavadas, es necesario la utilización de diferentes máquinas de varias medidas y capacidades, es por esta razón, que este estudio está encaminado a realizar un diseño que cumpla con los requerimientos propuestos por un trabajador artesanal de depilado de patas.

La limpieza de las patas con agua hervida desfavorece al momento de realizar la preparación para los distintos tipos de platillos elaborados con pata de res, perdiendo las propiedades alimenticias que contiene como es el colágeno, vitaminas y el sabor característico del mismo. Mantener una pata o varias patas dentro de un tanque a elevadas temperaturas durante un tiempo prolongado produce una semicocción del mismo.

Entre las diferentes causas que pueden estar originando problemas al operario o chamuscador y el proceso artesanal, se ha detectado las siguientes: desperdicio de agua usado para disminuir la temperatura en el mango de las varillas que se incrustan en la pata, contaminación ambiental, problemas respiratorios en operarios, problemas musculares,

lumbares, el tiempo utilizado por distintos operarios de cada estación y su rotación en las mismas afecta el producto final dando como resultado distintos tipos de depilado.

### **Justificación e importancia**

El proceso de depilado y limpieza de patas se efectuará de manera semiautomática considerando la sanidad, inocuidad y calidad de las patas procesadas por esta máquina.

El método a utilizar en esta máquina será con línea de fuego, minimizando la contaminación de agua en ríos o lagunas. Se evitará el consumo excesivo de agua, la exposición de las patas a los diferentes químicos y el desecho de este líquido una vez utilizado. Con este método se respetarán los procesos tradicionales evitando así la pérdida de sus vitaminas y manteniendo el sabor del alimento al momento de su preparación.

La máquina se diseñará y construirá considerando el reglamento de la ley de mataderos, las normas que regulan a la construcción de estas máquinas para los subproductos, como es la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-CODEX 193:2013 y la NTE INEN-EN 1672-2. Realizando así un óptimo diseño y construcción de la máquina, tecnología, cultura sanitaria y alimentaria adecuada para el consumidor.

El lugar elegido para el estudio es la ciudad de Latacunga y se pretende obtener una mejora significativa en la calidad de las patas, se disminuirá el cansancio físico excesivo que este trabajo demanda y se reducirán los problemas respiratorios de los operarios, dando así una mejor calidad de vida dentro de su ambiente laboral y del producto para obtener así un mejor rendimiento por parte del operario.

### **Objetivos**

#### ***Objetivo general***

Diseñar y construir una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego mejorando la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga.

### **Objetivos específicos**

- Recopilar información sobre las técnicas de construcción de las máquinas de limpieza para patas de res.
- Diseñar el mecanismo de las estaciones para remoción y cepillado con ayuda de un software CAD.
- Análisis estructural para el correcto dimensionamiento de la máquina, CAE
- Implementar una etapa de control mediante visión artificial que identifique la calidad de la limpieza y cepillado de la pata de res.
- Diseñar un control semiautomático que permita el correcto funcionamiento de la máquina.
- Evaluar y validar el funcionamiento de la máquina automatizada.

### **Hipótesis**

¿El diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego mejorará la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga?

### **Variables Independientes**

Máquina flameadora de remoción de pelaje en las patas de ganado bovino.

### **Variables Dependientes**

Mejora de la calidad y uso de recursos.

### **Marco Teórico**

#### **Tendencia de productos cárnicos en Ecuador**

Ecuador tiene la suficiente cantidad de carne para satisfacer el consumo de sus habitantes. Cada año se procesan alrededor de 220 mil toneladas métricas de carne que se obtienen del millón de reses faenadas en camales formales, de acuerdo con la Federación Nacional de Ganaderos. (Perez, 2015)

Para la producción de productos cárnicos se utilizan diversas tecnologías que determinan la calidad de cada producto, estas técnicas permiten conservar la carne y los subproductos para que llegue a los consumidores y a la vez ayudan a cumplir normas de salubridad e inocuidad del alimento.

**Patás.** Se despelleja y desprenden las patas de las articulaciones carpales (anteriores) y torzales (posteriores). Las patas anteriores no deben despellejarse o quitarse antes de que sea bajada de la horquilla (tecle) de faenado o las superficies cortadas se contaminarán, se pueden dejar las pezuñas en el cuero. (Refrigeration., 2000).

### **Elementos constitutivos de la máquina para limpieza de patas de bovinos con línea de fuego**

Los componentes más importantes propuestos para la construcción de la máquina mencionada son: los actuadores neumáticos, chispero eléctrico, dispositivos de control para el funcionamiento de los motores y el control de calidad mediante visión artificial.

### **Estructura**

Es la Unión Europea quien define los requisitos básicos para materiales y objetos que entren en contacto con alimentos mediante el Reglamento 21935/2004/CE. La elección del acero inoxidable adecuado para estar en contacto con los alimentos basado en el Reglamento de la Unión Europea depende en mayor grado de las condiciones ambientales de la industria en cuestión. (alimentaria, 2020).

Los aceros inoxidables pueden clasificarse en cuatro grupos: ferrítico, martensítico, austenítico y endurecido por precipitación. Para la construcción de la máquina se utilizará el acero austenítico que son aleaciones ternarias de hierro-níquel-cromo, su resistencia suele ser buena siendo mejor que del acero ferrítico y martensítico, tiene un excelente comportamiento frente a la oxidación a temperaturas elevadas hasta los 1050 °C. (Carbonell, 2019).

Para este tipo de construcción de máquinas en la industria alimentaria el acero inoxidable AISI 304 es el cual garantiza niveles muy altos de higiene (conservación, 2017),

este acero tiene características y propiedades mecánicas tales como: soportar altas temperaturas, humedad y jornadas de trabajo extensas. En la construcción de la máquina se utilizará el procedimiento adecuado para soldar el acero inoxidable mencionado.

### **Características de soldabilidad de los aceros inoxidables**

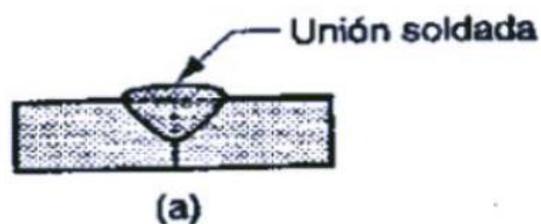
En la soldadura de los aceros inoxidables se debe proteger para que la estructura del metal base, la composición del cordón y la zona afectada no cambien por el calor producido y escoger un cordón de soldadura adecuado para que las uniones ofrezcan la mejor ductilidad y resistencia posible. (Carbonell, 2019)

#### ***Precisión en el corte de las piezas a unir***

Es importante que el corte de las piezas a unir tenga un ajuste perfecto de tal manera se obtengan cordones uniformes y se reduzcan los riesgos de deformación de las piezas durante la soldadura, tener en cuenta el procedimiento de soldadura que se escoja, en este caso será a tope cuadrada como se presenta en la Figura 1.

#### **Figura 1**

*Representación de soldadura a tope cuadrada*



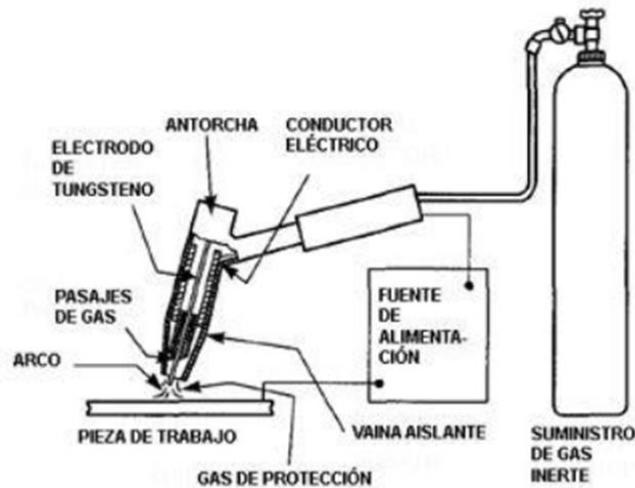
*Nota.* Tomada de comportamiento de soldadura (TIG, 2019).

#### **Soldadura TIG**

La soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) establece el arco eléctrico entre un electrodo permanente de tungsteno y la pieza a unir, se requiere un gas protector inerte como el argón o el helio o una mezcla de ambos. Con este proceso se obtiene un cordón más resistente, más dúctil, menos sensible a la corrosión e idóneo para soldar acero inoxidable. En la Figura 2 se indica el equipo que se requiere para soldar con TIG.

## Figura 2

### Equipos para soldadura TIG



*Nota.* Tomado de Comportamiento de soldadura (TIG, 2019).

### **Limpeza y acabado de las uniones soldadas**

Un buen acabado superficial otorga una buena apariencia estética pero su propósito es evitar una posible corrosión entre en las superficies de unión de las piezas soldadas, por lo que se debe amolar a ras y pulir los cordones obteniendo así uniones limpias, pulidas y sin poros, cabe recalcar que el procedimiento TIG que se utilizará en la construcción de esta máquina es una de las soldaduras más limpias. (Carbonell, 2019)

### **Soldadura SMAW**

El proceso de soldadura por arco es uno de los más usados y abarca diversas técnicas, una de esas técnicas es la soldadura por arco con electrodo metálico revestido (SMAW, por sus siglas en inglés), se trata de una técnica en la cual el calor de soldadura es generado por un arco eléctrico entre la pieza de trabajo (metal base) y un electrodo metálico consumible (metal de aporte) recubierto con materiales químicos en una composición adecuada (Máquinas y Herramientas, 2018), como se observa en la Figura 3.

**Figura 3***Soldadura tipo SMAW*

*Nota.* Tomada de comportamiento de soldadura (TIG, 2019).

### **Filosofía de un diseño seguro**

Todos los métodos de diseño aseguran que el valor de esfuerzo sean menor que la fluencia en materiales dúctiles y garantizar en forma automática que la pieza no se fracturará bajo una carga estática, se analizará la deflexión cuando sea crítica para la seguridad o para el desempeño de una pieza. Existen dos modos más de falla que se aplican a los elementos de máquinas que son: la fatiga y el desgaste. (Mott, 2006)

### ***Esfuerzo cortante torsional***

En la Figura 4 se indica cuando un eje redondo macizo se somete a un par de torsión, la superficie externa sufre la máxima deformación cortante unitaria y un esfuerzo cortante torsional máximo. (Mott, 2006). El valor del esfuerzo cortante máximo se calcula con:

$$\tau_{max} = T_c/J$$

Donde:

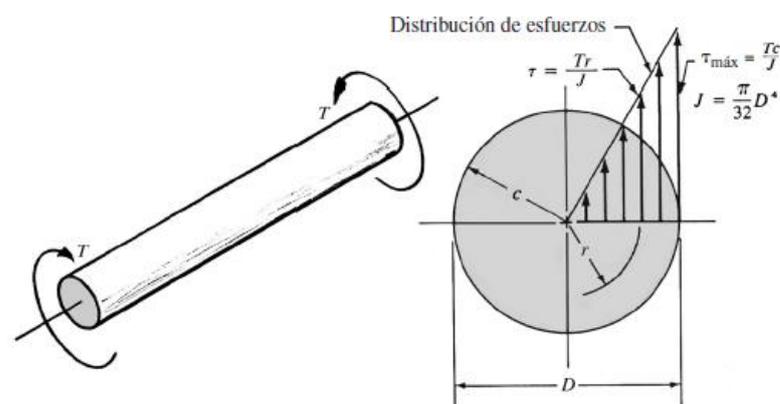
T = par de torsión aplicado en la selección de interés

c = radio de la superficie externa del eje

J = momento polar de inercia

#### Figura 4

*Distribución de esfuerzos en un eje macizo*



*Nota.* Tomado de *Diseño de Elementos de Máquinas* (Mott, 2006)

### Neumática Industrial

La neumática industrial es una automatización industrial que emplea aire presurizado para facilitar el movimiento mecánico, el aire comprimido se consigue por medio de un motor eléctrico que mueve pistones dependiendo el caso e inyecta aire a un tanque de almacenamiento. (Industrial, 2020).

#### **Unidad de mantenimiento neumática**

Una unidad de mantenimiento neumático (FRL) es un aparato diseñado para depurar el aire comprimido en una planta, se llama FRL por las iniciales de: filtro, reguladores y lubricadores que se explicará a continuación. (Software, 2021)

El filtro de aire es para mantener las cañerías libres de impurezas, como agua, polvo y aceite.

Regular constantemente la presión del aire para asegurar que los equipos reciban el suministro necesario.

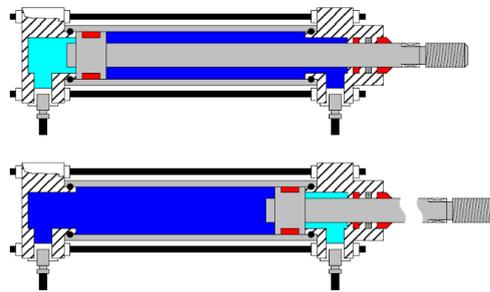
Lubricar el aire comprimido para reducir la fricción entre las partes móviles de la maquinaria.

### **Cilindro de doble efecto**

Son aquellos que realizan su carrera de avance y retroceso por acción del aire comprimido, sus dos cámaras son cerradas como se muestra en la Figura 5.

### **Figura 5**

*Cilindro doble efecto*



*Nota.* Tomado de (ingeniería de máquinas, 2009).

### **Electroválvula neumática**

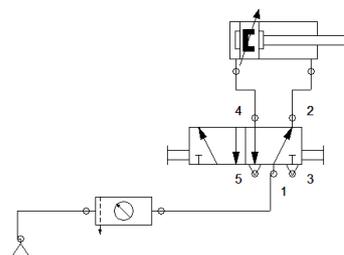
La electroválvula es un dispositivo electromecánico que permite el control de flujo de aire que circula a través de conductos, consta de una bobina y un émbolo. (Burkert, s.f.)

### **Control de sistema neumático**

Se puede controlar el ciclo de expansión/compresión de un cilindro de doble efecto con una válvula 5/2, en la Figura 6 se muestra una simulación en el software denominado FluidSim.

### **Figura 6**

*Simulación en FluidSim de cilindro neumático doble efecto con electroválvula 5/2*



## Mecanismo de remoción de pelaje

Se cuentan con dos mecanismos principales para la preparación de las patas bovinas y específicamente para la remoción del pelaje los cuales se pueden clasificar en mecanismos físicos y físico-químicos. (Milena, 2017)

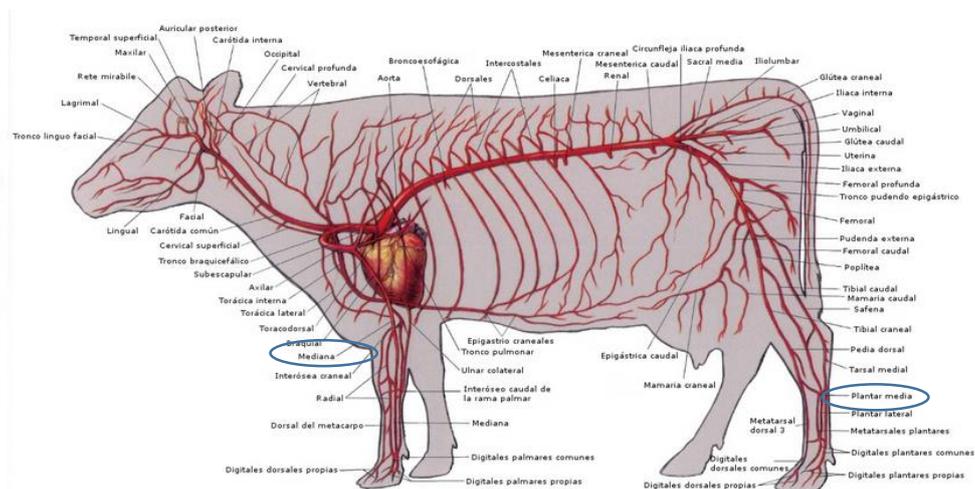
### Patas de ganado bovino

Se denomina patas en el lenguaje común a los miembros locomotores del animal estos contienen un pelaje que los cubre en todo su cuerpo y al final de la pata tienen pezuñas o cascos, que estos son como almohadillas para proteger al momento de caminar.

En el lado izquierdo de la Figura 7 se observa la vena mediana de las patas frontales y en el lado derecho la vena plantar media de las patas posteriores, estas son las venas principales de sus extremidades que luego serán usadas para realizar el proceso de chamuscado.

## Figura 7

### Venas principales de la vaca en el sistema circulatorio



*Nota.* Tomada de (Anatomía de ganado bovino, 2019).

En el proceso de matanza del animal los cortes de las patas son en las rodillas, por tal razón estas venas son las idóneas ya que se comunican desde su corte en la rodilla hasta llegar a la pezuña, en estas venas se insertarán las varillas hasta llegar a la pezuña dejando la pata estirada y esto ayuda a no recogerse en el momento de exponerse al calor.

### ***Proceso tradicional***

Las regiones del Ecuador lo hacen un país lleno de costumbres variadas y de procesos modificados en el área de la gastronomía que han sido transmitidas de generación en generación, donde se ha ido innovando a partir de los nuevos gastrónomos realizar una mejor calidad conservando la sazón de platos tradicionales. En la región sierra se realiza el chamuscado de los pelos de la pata en una fragua de fuego a carbón, una cocina a leña y en la actualidad con sopletes de gas butano. En la región costa el método de limpieza de los pelos de las patas es sumergirla en agua hirviendo por 20 o 30 minutos, sacarla y comenzar a raspar con cuchillo. El segundo método es lanzar agua hirviendo sobre la pata en reiteradas ocasiones y raspar con cuchillo o una afeitadora.

### ***Aislante térmico***

Es un material empleado generalmente en la construcción cuya función es la de reducir la transmisión de calor a través de la estructura sobre la que se instala, contribuyen a la eficiencia energética ya que son capaces de mantener una temperatura adecuada en los espacios interiores de una casa, un área industrial etc. Según la NOM-018-ENER-2011, los materiales, productos, componentes y elementos termoaislantes, en sistemas de techos, plafones y muros, pueden colocarse sobre las estructuras de soporte hechas de concreto, mampostería, madera y metal. (Asturmex, 2020).

### ***Tipos de aislantes térmicos***

Existen diversas clasificaciones de los aislantes térmicos y a continuación se describirán los más importantes como: el poliuretano y fibras minerales.

### ***Poliuretanos***

Considerados como plásticos aislantes que se caracterizan por tener diferentes aplicaciones que van desde el sector médico hasta la industria automotriz. La espuma de poliuretano se considera un aislante orgánico sintético, puntualizando que la vida útil de dicho material es de 38 años, entre sus características es su rigidez estructural que tiene

una buena adherencia en distintas superficies, una baja absorción por humedad y su aplicación es sencilla. (Asturmex, 2020).

### ***Fibras minerales***

Existen diferentes fibras que se utilizan como termoaislantes las de origen inorgánico, las orgánicas naturales y una combinación de estos dos tipos, en el caso de la lana de vidrio y la de roca se comercializan en forma de manta o paneles, la primera de ellas destaca por ser un aislante térmico ignífugo (protege contra el fuego) y la segunda tiene una buena capacidad de aislante acústico. (Asturmex, 2020).

### ***Lana de vidrio o fibra de vidrio***

La fibra de vidrio se genera debido a la conjunción de ciertos hilos de vidrio muy diminutos mismo que al entrelazarse van generando una malla, un patrón o una trama. (Yuridia, s.f.).

Este material es básico para varias industrias gracias a sus fuertes propiedades como: la resistencia del hilo de vidrio es 3 veces mayor que el acero, resistencia natural del fuego, alta durabilidad, baja conductividad térmica y permeables dieléctricos.

### **Tanque de gas**

Los cilindros son diseñados y construidos en cumplimiento con la normativa vigente del Instituto de Normalización Ecuatoriano (INEN 111 y 2260), siendo los únicos en el mercado que cumplen con los estándares de calidad y seguridad, garantizando el buen uso y manejo del cilindro de 15 Kg. Los cilindros de gas GLP (gas licuado de petróleo) de 15 Kg tienen una presión de 80 a 125 PSI y su peso es de 28.5 litros de gas GLP.

### ***Equivalencias energéticas del GLP***

1 kg de GLP equivale a:

14 kWh de electricidad

2 kg de carbón

6 kg de leña

0,35 galones de diésel

0,37 galones de petróleo

### ***Tipos de cilindros de gas***

En el Ecuador se comercializa el GLP en cilindros de 45 kg, 15 kg, 10kg y 5 kg como se indica en la Figura 8. Los cilindros de 5, 10 y 15 kg son de uso doméstico mientras que los cilindros de 15 kg y 45 kg son de uso industrial, el GLP agroindustrial solo se envasa a granel. El Gobierno Nacional a través de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) recuerda a la ciudadanía que en el país circulan 11 colores de cilindros: azul francés, azul negruzco, celeste, amarillo, anaranjado, verde oliva, verde gemstone, verde oscuro, blanco hueso, rosado y gris según la empresa comercializadora. (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

### **Figura 8**

*Cilindro de uso doméstico e industrial*



*Nota.* Tomado de (Duragas, 2020).

### ***Cilindro de 15 kg***

Este cilindro es comercializado para uso doméstico sin embargo en muchas ocasiones es utilizado para satisfacer la demanda del sector comercial e industrial, este cilindro se lo comercializa con precio subsidiado.

Especificaciones:

Contenido: 15 kilos de GLP

Tolerancia: 3.3% de propano

120.000 Kcal

Altura: 58 cm

Diámetro: 30cm

Tiempo de trabajo 2 horas y 37 minutos con apertura total de válvula industrial.

### ***Cilindro de 45 kg***

Este cilindro está dirigido para el sector comercial e industrial presenta una ventaja de una mayor autonomía, debido a su mayor capacidad y a la colocación de una válvula de alivio para evitar explosiones en el caso de que exista aumento de presión dentro del cilindro. Este cilindro es comercializado a precio comercial e industrial que es más caro que el GLP doméstico por cuanto no cuenta con subsidio. (Cilindro, 2021)

Especificaciones:

Capacidad: 45 kilos de GLP

Tolerancia: 1.5% de butano

540.000 Kcal

Altura: 120 cm

Diámetro: 38 cm

Tiempo de trabajo 6 horas con apertura total de válvula industrial.

### ***Presión máxima de descarga de un tanque de gas***

Cuando el consumo de los equipos es mayor que la capacidad de vaporización de un cilindro la vaporización de GLP líquido es muy rápida, las paredes del recipiente se enfrían, y empieza la condensación de gotas de agua que están suspendidas en el aire alrededor del recipiente (aire húmedo). Si el consumo es continuo la película de agua formada en la superficie exterior del tanque comenzará a formar capas de hielo, justo en la zona interior donde se encuentra el líquido. A causa de este enfriamiento excesivo la

entrega de combustible hacia los equipos va a disminuir y estos empezarán a operar de manera inadecuada, como se muestra en la Figura 9. (Diego, 2019).

### **Figura 9**

*Generación de capas de hielo en cilindros de gas por consumo excesivo*



*Nota.* Tomado de (revista de ciencia y tecnología, 2019).

### **Válvula de gas**

La norma NTE INEN 116 establece los requisitos generales de construcción y los métodos de ensayo a los que deben someterse las válvulas, tipo de acoplamiento rápido, destinadas a cilindros para gas licuado de petróleo-GLP de uso doméstico. La capacidad de la válvula es de 2 kg/h y su presión de trabajo 37 mbar, la capacidad de agua es calculada en base a la densidad del propano:  $0,509 \text{ kg/dm}^3$  a  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ . (ECUATORIANA, 2009)

### **Tuberías**

Las tuberías pueden ser metálicas o plásticas y deben resistir la acción del gas combustible y del medio exterior, deben estar protegidas mediante un sistema eficaz según el tipo de tubería. Las tuberías vistas deben ser señalizadas e identificadas con los colores de acuerdo a la ANSI/ASME A13.1 y las ocultas (embebidas, enterradas o por ductos) señalizadas. Las tuberías deben ser de acero al carbono, acero inoxidable o cobre, cuya composición química no sea atacada por el gas combustible, ni por el medio exterior con el que estén en contacto. (Ecuadoriana, 2015).

### ***Línea de fuego***

Para retirar o limpiar el pelo de la pata de res con fuego se requiere un soplete con gas (butano) el cual debe tener una presión de 80 a 125 psi y temperatura aproximada de 800 °C adecuada para deshacer los pelos incipientes e incinerarlos, evitando la cocción de la carne. La temperatura se tomó como referencia de acuerdo al proceso de chamuscado de cerdos, el grado de chamuscado se controla mediante la cantidad de energía suministrada y las temperaturas se sitúan alrededor de los 900 – 1000 °C (Prevención y control de integrados de la contaminación (IPPC), 2005). Según (“EL CABELLO: ESTRUCTURA, 2010) es muy resistente al calor donde resisten temperaturas superiores a 140°C de calor cuando el cabello está seco y hasta 220°C cuando el cabello esta húmedo o mojado. La herramienta que complementa a estos dos métodos de limpieza es un raspador, cuchillo o un cepillo de cerdas de acero que remueve el pelo quemado con mayor facilidad.

### ***Poder Calorífico***

El poder calorífico se mide siempre por unidad de masa de combustible oxidada y las unidades de medida varían en función del estado del combustible. Las más habituales son kcal/m<sup>3</sup> (en combustible gaseoso). Para medir el poder calorífico de un determinado combustible se utilizan unos dispositivos denominados bombas calorimétricas, cuanto más elevado sea el poder calorífico de un combustible mayor será la cantidad de energía que será capaz de producir. (Calorífico, 2021)

### ***Componentes eléctricos***

El equipo de control es un grupo de elementos que se encargan de conectar y desconectar los circuitos eléctricos por medio de pulsadores y conductores para ejercer una acción en la máquina a implementar.

### ***Motor eléctrico***

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica que gira en un eje. Entre sus diversas ventajas se tiene la

economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, como se muestra en la Figura 10.

### **Figura 10**

*Motores eléctricos*



*Nota.* Tomado de (folleto Área Tecnología, 2018).

### ***Tablero de control industrial***

Los tableros industriales permiten la entrada o interrupción general de la energía eléctrica regulando a su vez la potencia y evitando que ocurran daños al sistema eléctrico de maquinarias y sobre todo a personas. El resguardo y protección de las instalaciones totales de toda empresa pasa por la colocación de eficientes tableros industriales. (Reptil, 2021)

### ***Interruptores pulsadores***

Los interruptores pulsadores son dispositivos mecánicos que hacen o rompen una conexión eléctrica mediante el cierre o la apertura de contactos eléctricos o circuitos de estado sólido cuando son activados por interacción humana o mecánica.

### ***Sensores***

Los sensores emiten una señal analógica o una señal binaria en lugares donde no es posible detectar magnitudes eléctricas.

### ***Sensor de final de carrera***

Un final de carrera o interruptor de posición es un sensor que detecta la posición de un elemento móvil mediante un accionamiento mecánico

### **Sensor de temperatura**

Los sensores de temperatura son componentes electrónicos que en calidad de sensores permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada.

(Sensors, 2018)

### **Tipos de sensores de temperatura**

Se encuentran tres categorías: sensores RTD (PT100, PT1000, Termistores) termopares e infrarrojos, como se indica en la Figura 11. (SRC, 2020)

#### **Figura 11**

*Sensores tipo RTD*



*Nota.* Tomado de (SRC, 2018).

### **Termocupla tipo K**

Es el termopar más utilizado para aplicaciones industriales y la temperatura máxima en continuo se aproxima a los 1100°C y en períodos cortos de tiempo alcanza los 1200°C, en la Figura 12 se indica la termocupla. (Villalba, 2022)

#### **Figura 12**

*Termocupla tipo K*



*Nota.* Tomado de (Grupo electrostore, 2018).

## Sistema de protección de los motores

Los motores eléctricos requieren dos tipos básicos de protecciones: por cortocircuito y por sobrecarga, se pueden completar con otras como: baja tensión, sobretensión y puesta a tierra.

### ***Protección contra sobreintensidades.***

Como regla general a los motores se debe proteger contra circuitos y contra sobrecarga de las líneas de alimentación, para determinar los elementos de protección se debe seguir las indicaciones del fabricante.

### ***Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.***

Las sobrecargas en los motores eléctricos pueden aparecer por exceso de trabajo, desgaste de piezas, fallos de aislamientos en los bobinados o bien por falta de una fase. Para proteger de lo mencionado se usan los fusibles y los interruptores magnetotérmicos, como se indica en la Figura 13. (M.H.education).

## Figura 13

*Interruptor magnetotérmico*



## Contadores

En la Figura 14 se indica el contactor que es un aparato eléctrico de mando a distancia que puede cerrar o abrir circuitos ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico. (Área Tecnología, 2020).

**Figura 14**

*Contactor*

**Sistemas de control**

La función de este sistema es la de gestionar o regular la forma en que se comporta otro sistema para así evitar fallas, el sistema de control de procesos está formado por un conjunto de dispositivos de diverso orden. Pueden ser de tipo eléctrico, neumático, hidráulico, mecánico, entre otros. El tipo o los tipos de dispositivos están determinados en buena medida por el objetivo a alcanzar. (Gandhi, 2020)

**LOGO 8 Siemens**

Los nano-PLCs Logo 8! de Siemens son los módulos lógicos inteligentes para proyectos de automatización a pequeña escala, el LOGO 8! incluye una pantalla más grande, opciones de comunicación a través de Ethernet, un servidor web integrado y salidas adicionales en los módulos digitales y analógicos (new.siemens, 2023), como se indica en la Figura 15.

**Figura 15**

*Controlador LOGO!*



## ***Python***

Python es un lenguaje de programación ampliamente utilizado en las aplicaciones web, el desarrollo de software, la ciencia de datos y el machine learning (ML). Los desarrolladores utilizan Python porque es eficiente y fácil de aprender además de que se puede ejecutar en muchas plataformas diferentes. En la Figura 16 se muestra el icono del programa.

### **Figura 16**

*Ícono del programa Python*



## ***Autodesk Inventor***

Inventor ofrece herramientas profesionales y específicas para el diseño mecánico 3D lo que facilita el trabajo de diseño de productos, de esta forma tanto diseñadores como clientes pueden crear prototipos visuales, hacer pruebas y dibujos de modelos 3D, en la Figura 17 se muestra la pantalla de inicio del programa. (NKE CAD Systems, 2022)

### **Figura 17**

*Pantalla de inicio del programa Autodesk Inventor*

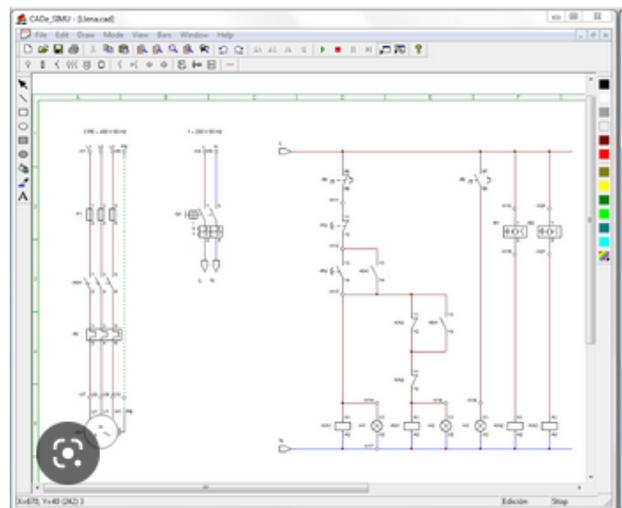


## **CADe\_SIMU**

Es un programa de CAD electrotécnico que permite insertar los distintos símbolos organizados en librerías y trazar un esquema eléctrico de una forma fácil y rápida para posteriormente realizar la simulación, como se indica en la Figura 18. (Cesar, s.f)

### **Figura 18**

*Diagrama de conexión de un motor en CADe SIMU*



## **Control de calidad**

El control de calidad es fundamental en cualquier proceso industrial ya que permite hacer un seguimiento a las acciones productivas y así eliminar errores, fallas o defectos.

De la misma forma el control de calidad permite evaluar la eficiencia de los sistemas y con ello ver qué procedimientos pueden mejorarse y cuáles deben corregirse, ya que las causas de dichas desviaciones y errores en la fabricación de productos provienen de otro proceso que debe ser detectado y corregido. (Nirian, 2020)

### ***Control de calidad mediante visión artificial***

El control de calidad es el conjunto de acciones, mecanismos o herramientas necesarios para detectar errores durante el proceso de producción. Su objetivo principal es cerciorarse que cumplan los requisitos mínimos de calidad impuestos por la industria o solicitados por el cliente.

Los sistemas de visión artificial aplicados a la industria permiten obtener, procesar y analizar imágenes que deben ser comparadas con una plantilla de calidad y según sea el resultado de análisis dar como resultado si la calidad es buena o mala. Algunas de las actividades de control de calidad que se suelen automatizar con visión artificial pueden ser:

**Inspección:** Los sistemas de inspección visual son ampliamente reconocidos en múltiples industrias y se aseguran de la homogeneidad de los productos. Ejemplos: botellas con la misma cantidad de líquido, misma orientación en la cinta transportadora, productos con piezas faltantes o forma y colores adecuados, etc.

**Revisión:** Es posible aplicar la visión digital para buscar errores y pequeños desperfectos en todo tipo de cosas, desde frutas con decoloraciones casi imperceptibles, etiquetas perfectamente impresas y diminutas muescas en piezas que puedan comprometer la calidad de los productos finales. (EDS Robotics, 2020)

### **Proceso artesanal**

Para realizar la limpieza de manera artesanal se debe colocar la pata en una varilla de 2 m de largo que ingresa por una vena principal llamada vena mediana hasta llegar a la pezuña, la función de la varilla es evitar que la pata se recoja por el calor expuesto. Una vez colocado correctamente se ingresa la pata dentro de la fragua de fuego por un tiempo estimado de 4 a 6 minutos dependiendo la técnica del artesano, dentro de la fragua con ayuda de la varilla se debe ir girando a la pata para quemar todos los pelos a su alrededor. Luego se retira a un espacio abierto para ser raspado con un cuchillo o un cepillo de acero, como se observa en la Figura 19.

**Figura 19**

*Cepillado de patas luego del primer quemado con cepillo de alambre*



Se vuelve a ingresar a la fragua de fuego para su segundo quemado durante un tiempo de 5 a 6 minutos, se observa que la pata toma un color negro que es el color característico que indica al artesano que está listo para el proceso de cepillado.

El proceso de cepillado se realiza en un motor de esmeril que tiene un disco de alambre de acero, se coloca la pata en forma perpendicular al disco de alambre y sin la varilla, como se indica en la Figura 20.

**Figura 20**

*Cepillado de la pata con un motor de esmeril*



Este es el proceso que se realiza para limpiar una pata de ganado bovino en forma artesanal, el resultado final se observa en la Figura 21.

**Figura 21**

*Pata limpia realizado con el proceso artesanal*



## Capítulo II

### Diseño de la máquina

En este capítulo se muestra el diseño de la máquina para la limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego, para lo cual se consideró diversos datos para el correcto dimensionamiento donde se usará el software de simulación denominado Autodesk Inventor Professional para realizar el diseño CAD y un software denominado Ansys workbench para las simulaciones de factor de seguridad CAE.

Para empezar a realizar el diseño de la máquina se inicia tomando valores de dimensiones o datos que se conozcan, como por ejemplo: el peso, largo y diámetro de la pata de res. Se evaluó en total 48 patas para realizar una media de los datos y así determinar lo siguiente:

Pata.

El peso promedio es 1.78 lb

El diámetro promedio es 9 cm

El largo promedio es de 37 cm

### Temperatura de la llama

#### ***Poder calorífico del cilindro de gas GLP***

Para calcular cuál es la temperatura de incineración de los pelos de la pata de res se toma como referencia el poder calorífico de un cilindro de gas GLP de 15 kg, el cilindro contiene 70% de propano y 30% de butano según la hoja de seguridad del gas licuado de petróleo de la empresa LojaGas. Tanto el propano como el butano tienen un poder calorífico superior (PCS) y un poder calorífico inferior (PCI), el PCS=13,97 kWh/kg y PCI= 12,86 kWh/kg correspondientes al propano y el PCS=13,79 kWh/kg y PCI= 12,44 kWh/kg correspondientes del butano según el Instituto de Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

Se saca la media de estos valores obteniendo un poder calorífico de propano = 13,41 kWh/kg y del butano= 13,11 kWh/kg, con estos datos se realiza el cálculo con el

porcentaje que contiene un cilindro de gas, concretando que un cilindro de gas de 15 kg tiene 9.39 kWh/kg de propano y 3.93 kWh/kg de butano, la suma de estos dos valores es el poder calorífico del cilindro de gas de GLP que es 13,32 kWh/kg.

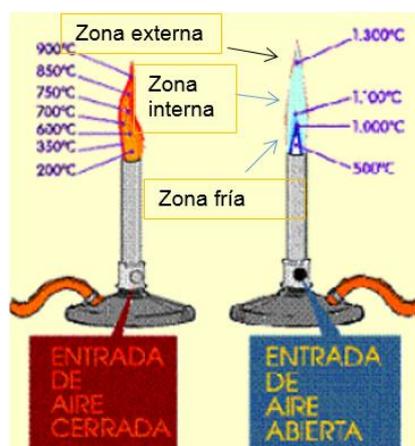
### **Tipo de llama**

Un cuerpo humano se calcina en su totalidad alrededor de 600 a 900°C, para alcanzar altas temperaturas se debe conocer que existen 2 tipos de llamas: las luminosas y las no luminosas. Las luminosas presentan un color anaranjado que es por falta de oxígeno o una combustión incompleta del GLP mientras que las no luminosas presenta un color azul por la existencia de oxígeno o una combustión completa del GLP.

En la llama se puede encontrar distintas zonas como son: la zona externa, zona interna y zona fría, para cada zona existe un diferente valor de temperatura como se ve en la Figura 22. En la combustión completa con una potencia de 13.32 kWh/kg se produce 1800 °C en la parte de la llama azul y con la llama amarilla con la misma potencia se obtiene 1000 °C. Para alcanzar los 1000 °C se requiere una relación de aire-gas de 24:1 y 31:1 de propano y butano respectivamente, como el cilindro de gas tiene una mezcla de gases se realiza el cálculo con los porcentajes del cilindro dando como resultado una relación de 16,8:1 y 9.3:1 en el propano y butano.

### **Figura 22**

*Tipos de llamas y la temperatura que generan*



*Nota.* Tomada de la Universidad Científica del Sur (José Farfán s.f)

Los valores de calor que se indican en la Figura 22 son referenciales ya que se requiere de un tanque de oxígeno para lograr la llama azul pura caso contrario se produce una llama azul-anaranjada.

### **Diseño de caudal**

Para determinar qué válvula se requiere utilizar a la salida del cilindro de gas se procede a calcular cuál es la potencia de salida de 2 modelos, el de uso doméstico y el de uso industrial obteniendo las siguientes características. Una válvula de gas de uso doméstico tiene una potencia de salida de 2 kg/h y una válvula industrial de ataque rápido tiene una potencia de salida de 8 kg/h con una presión de 0.3 a 16 bares según agas.

Se realiza una relación de la potencia de salida de las válvulas como se muestra a continuación, con la válvula doméstica se tiene que:

En 1 hora se consume 2 kg con una potencia de 26,8 kWh o 23043.85 kcal/h que transformando a BTU serían 91445,39.

Con la válvula industrial de ataque rápido se tiene que:

En 1 hora se consumen 8 kg con una potencia de 106,6 kWh o 91659.5 kcal/h que transformado en BTU serían 363734.29, estos valores son cuando la apertura de la válvula doméstica o industrial es al 100% de apertura.

### **Diseño del mechero, quemador o soplete**

Para el diseño del quemador se observan las características de cada uno de ellos en especial la potencia de salida y la temperatura máxima, datos que se obtienen del fabricante.

Para un quemador o estufa como se los denomina la potencia de salida máxima es de 8 kW y su temperatura llega a los 300 °C. La potencia de salida de un soplete varía entre los 30 a 136 kW dependiendo el diseño, alcanzando una temperatura de 1300 °C. Por lo tanto como se requiere una potencia de salida alta y una temperatura que supere los 600 °C se toma como referencia de usar un soplete.

Para determinar qué válvula requiere el soplete de GLP en la salida del cilindro de gas se calcula la potencia del soplete con la válvula de 8 kg ya que la otra no alcanza la potencia necesaria y se descarta.

Para el diseño del soplete con la válvula industrial de 8 kg, se calcula el área del soplete con la siguiente fórmula donde  $\dot{Q}_u = 0.52 \text{ kW/cm}^2$  según (ingenierosIndustriales, pág. 76):

$$A = \frac{\dot{Q}_s}{\dot{Q}_u}$$

Donde:

A= área del soplete

$\dot{Q}_s$ = potencia suministrada al quemador

$\dot{Q}_u$ = potencia unitaria en kW/cm<sup>2</sup>

$$A = \frac{106.6 \text{ kW}}{0.52 \frac{\text{kW}}{\text{cm}^2}}$$

$$A = 205 \text{ cm}^2$$

Se realiza el cálculo del diámetro de soplete con la siguiente fórmula:

Donde  $d_{\max}$  = diámetro máximo

$$d_{\max} = \sqrt{\frac{4 * \dot{Q}_s}{\pi * \dot{Q}_u}}$$

$$d_{\max} = \sqrt{\frac{4 * 106.6 \text{ kW}}{\pi * 0.52 \frac{\text{kW}}{\text{cm}^2}}}$$

$$d_{\max} = 16.15 \text{ cm}^2$$

Se utiliza la fórmula del área del cilindro y se despeja h para determinar su altura como se indica.

Donde:

A= área del cilindro

r= radio del cilindro

h= altura del cilindro

$$A = 2 * \pi * r * (r + h)$$

Se despeja h

$$h = \frac{A - 2 * \pi * r^2}{2 * \pi * r}$$

Se reemplazan valores

$$h = \frac{205 \text{ cm}^2 - 2 * \pi * (8.07 \text{ cm})^2}{2 * \pi * 8.07 \text{ cm}}$$

Solución

$$h = 4.02 \text{ cm}$$

### **Caudal de un único aparato de gas**

De la siguiente fórmula se despeja la potencia de gas como se muestra a continuación:

$$\dot{V} = \frac{1.10 * P_{HI}}{PCS}$$

Donde:

$\dot{V}$  = flujo volumétrico del aparato de gas

$P_{HI}$  = consumo calorífico o potencia, referido al aparato de gas (kW)

1.10 = coeficiente de corrector medio, sin unidades

PCS = poder calorífico superior

Se despeja  $P_{HI}$  obteniendo la siguiente fórmula:

$$P_{HI} = \frac{\dot{V} * PCS}{1.10}$$

Cálculo para el soplete con válvula de 8kg

$$P_{HI2} = \frac{4.16 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 13.32 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}}{1.10}$$

$$P_{HI2} = \frac{9.02 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 13.32 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}}{1.10}$$

$$P_{HI2} = 109.31 \text{ kW}$$

### **Tiempo de descarga de gas**

Se calcula el tiempo de descarga del cilindro con la fórmula de consumo de gas Q (kg/h) = (1.10\* $P_{HI}$ )/PCS, al resultado se lo convierte en kg/min.

$$Q_n = \frac{1.10 * 106.6 \text{ kW}}{13.41 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}}$$

$$Q_n = 8.74 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q_n = 8.74 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \left| \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right.$$

$$Q_n = 0.14 \text{ kg/min}$$

Entonces el tiempo se calcula así:

$$T = \frac{15 \text{ kg}}{0.14 \frac{\text{kg}}{\text{min}}}$$

$$T = 107.14 \text{ min}$$

El cilindro se descarga en 1 hora con 48 min en uso constante.

En este caso se selecciona el soplete y la válvula de 8 kg ya que en conjunto generan la potencia requerida para alcanzar temperaturas superiores a los 1000 °C.

Se realizaron pruebas con una termocupla tipo k para determinar la distancia para alcanzar los 830°C entre el soplete y la pata dando como resultado una distancia de 33 cm.

### **Diseño de encendido**

En esta etapa se requiere un encendido automático por parte de un chispero o un módulo de ignición y sus respectivos conductores de chispa denominados cable cerámico o cerámicas, para lo cual se pone en consideración varias alternativas bajo ciertos criterios de selección.

### **Filtrado y selección de encendido**

Para realizar este filtrado se utiliza una ponderación que se usará en todas las tablas de selección de conceptos, donde:

Mejor que = “+”

Igual a = “0”

Peor que = “-”

Para construir esta etapa de la máquina se consideran los componentes que se indica en la Tabla 1, se detallan los criterios de selección en comparación con el chispero eléctrico industrial.

**Tabla 1**

*Filtrado de conceptos de encendido eléctrico*

Criterios de selección	Conceptos			
	Encendedor Eléctrico			
	Chispero eléctrico industrial	Módulo de encendido	Encendido doméstico	Encendido de calefón
<b>Costo</b>	-	+	+	+
<b>Facilidad de instalación</b>	-	+	+	+
<b>Robustez industrial</b>	+	+	-	0
<b>Fácil adquisición en el mercado</b>	+	-	-	-
<b>Adaptabilidad a largas distancias</b>	+	-	-	-
<b>Suma +</b>	3	3	2	2
<b>Suma 0</b>	0	0	0	1
<b>Suma -</b>	1	2	3	2
<b>Evaluación Neta</b>	2	1	-1	0
<b>Lugar</b>	1	2	4	3
<b>¿Continuar?</b>	Sí	Revisar	No	No

Como resultado de la Tabla 1 se indica que el chispero eléctrico industrial y el módulo de ignición requieren un mayor análisis ya que el módulo de encendido se utilizó entro tesis referente al encendido de hornos automáticos.

### ***Evaluación de conceptos***

En esta evaluación se toman en consideración criterios más definidos para obtener un encendido eléctrico ideal para la máquina a diseñar. Se realizará una evaluación cuantitativa colocando una escala del 1 al 5, donde: 1 “malo”, 2 “regular”, 3 “justo”, 4 “bueno”, 5 “excelente”, como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2

*Selección de Conceptos de encendido*

Criterios de selección	Conceptos				
	Encendedor Eléctrico				
		Chispero eléctrico industrial		Módulo de encendido	
	Peso	Calif.	Evaluación ponderada	Calif.	Evaluación ponderada
<b>Costo</b>	5%	4	0,2	2	0,1
<b>Convivencia de instalación</b>	30%	5	1,5	3	0,9
<b>Tamaño</b>	5%	5	0,25	3	0,15
<b>Robustez industrial</b>	20%	5	1	5	1
<b>Fácil adquisición en el mercado</b>	10%	4	0,4	4	0,4
<b>Adaptabilidad a largas distancias</b>	15%	5	0,75	1	0,15
<b>Resistencia a Altas temperaturas</b>	15%	4	0,6	5	0,75
<b>Total, Puntos</b>	100%		4,7		3,45
<b>Lugar</b>			1		2
<b>Resultado</b>			Desarrollar		NO

Luego de realizar el análisis con los criterios descritos en la Tabla 2 se determina un resultado de selección siendo la mejor opción el encendido eléctrico industrial ya que se adapta a las necesidades requeridas de la máquina. La instalación es más fácil para el proceso de quemado y se puede utilizar para distancias largas de encendido.

### **Diseño de motor 1 de giro de patas.**

Para determinar los datos del motor como las rpm, potencia y torque requeridos para el proceso de la máquina flameadora de patas se inicia tomando en cuenta el diámetro que tiene la pata a chamuscar dando un valor de 9 cm y el tiempo requerido para su incineración promedio de 48 patas de bovino es de 4.12 min en la primera quemada del pelo, para lo cual se aplica la fórmula de velocidad que es  $v=d / t$

Para determinar el valor de la temperatura del quemado adecuado para el pelo de la pata se utilizó una termocupla tipo K dando como resultado que la incineración del pelo comienza a los 830 °C y la distancia que se requiere para llegar a esa temperatura es de 33 cm.

Se reemplazan estos datos en la fórmula de la velocidad dando como resultado:

$$v = \frac{35 \text{ cm}}{420 \text{ s}}$$

$$v = 0.083 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Al conocer la velocidad lineal se puede aplicar la fórmula  $v = \omega * r$ , se despeja la velocidad angular ( $\omega$ ) teniendo:

$$\omega = v/r$$

Donde:

r = el radio de la pata

$\omega$  = velocidad angular

v = velocidad lineal

Se reemplaza datos:

$$\omega = \frac{0.083 \frac{\text{cm}}{\text{s}}}{4.5 \text{ cm}}$$

$$\omega = 0.020 \frac{1}{\text{s}}$$

$$\omega = 1.25 \text{ rpm}$$

Por lo tanto la pata completa un giro en 1.25 rpm.

### **Cálculo del torque requerido**

Se calcula el torque que se requiere para el giro de la pata con la siguiente fórmula

$$\tau = F * r * \text{sen}\theta.$$

Donde:

F= fuerza aplicada en (N)

r= radio de la pata de res

$\theta$ = el ángulo con el que se aplica la fuerza

La fuerza se calcula con los siguientes valores:

El peso de la pata es de 1.78 lb con una conversión de unidades el resultado es de 0.807 kg, luego se multiplica por  $9.81 \text{ m/s}^2$ , el resultado es 7.91 N, el radio de la pata es 4.5 cm, se pasa a la unidad de metro teniendo 0.045 m, luego se reemplazan los valores en la fórmula de torque.

$$\tau = 7.91N * 0.045m * \text{sen}(90)$$

$$\tau = 0.35 Nm$$

Se requiere de 0.35 N\*m para girar una pata de res, como la máquina está diseñada para hacer girar 4 patas se multiplica por 4, entonces se requiere un torque de 1.4 N\*m. La relación de giro entre el motor y el sistema a mover es de 1. La potencia del motor se calcula con la fórmula  $P = F * v$ .

F= al peso de las 4 patas [N]

$$F = 7.91 N$$

Se multiplica por 4 para obtener la fuerza total

$$F_T = 31.64 N$$

Se reemplazan datos

$$P = 31.64 N * 8,3 \times 10^{-4} \frac{m}{s}$$

$$P = 0.03 N \frac{m}{s}$$

Expresado en HP

$$P = 0.00004 HP$$

Entonces por cálculos y diseño de ingeniería se requiere un motor que tenga:  $\tau = 1.4 N * m$  y una  $\omega = 1,25 \text{ rpm}$ .

### **Diseño de transmisión de potencia**

En la Tabla 3 se realiza un cuadro de comparación de diferentes mecanismos de transmisión de potencia donde: 1 malo, 2 justo, 3 bueno, 4 excelente.

Tabla 3

Comparación de mecanismos para transmisión de potencia.

Función	Banda plana	Banda en V	Banda sincronizada	Cadena rodillo	Engranaje giratorio
<b>Eficiencia a larga distancia</b>	1	1	2	4	4
<b>Antichoque</b>	4	4	3	2	1
<b>Alta velocidad/baja carga</b>	2	3	3	1	3
<b>Baja velocidad/alta carga</b>	1	1	2	4	2
<b>Lubricación</b>	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Requiere	Requiere
<b>Soporte de cargas</b>	2	1	2	4	4

Nota. Tomado de (Diseño de Elementos de Máquinas, 2015).

Luego de conocer las ventajas y beneficios de cada mecanismo de transmisión se seleccionó la transmisión por cadena para el primer motor porque se requiere sincronía, mayor torque y menor velocidad, siendo este ideal para el funcionamiento de la máquina.

Para el segundo motor se seleccionó una transmisión por banda en V porque se requiere alta velocidad y poca carga.

Para calcular el radio del engranaje se toma como referencia el perímetro que tiene la circunferencia de la pata de bovino, como se indica a continuación:

Donde:

P= perímetro

D= diámetro de la pata

$\pi$ = constante

$$P = \pi * D$$

$$P = \pi * 9cm$$

$$P = 28.27 cm$$

Con el valor de la distancia se reemplaza en la fórmula de velocidad.

$$v = \frac{28,27 cm}{372 s}$$

$$v = 0.075 \frac{cm}{s}$$

Al conocer la velocidad lineal se puede aplicar la fórmula  $V = w * r$ , se despeja  $r$  para saber el radio requerido del engranaje.

$$w = \frac{v}{r}$$

$$r = \frac{v}{w}$$

$$r = \frac{0.075 \frac{cm}{s}}{0.0209 \frac{1}{s}}$$

$$r = 3.59 \text{ cm}$$

$$D = 7.17 \text{ cm}$$

Por los cálculos de diseño de ingeniería se requiere un engranaje de 7.17 cm de radio para lo cual se procede a ver en un catálogo de engranajes para su adquisición.

Nota: Por facilidad de adquisición para el motor de giro de patas se optó por colocar un motor de ¼ de HP con torque de 40 N.

### Cálculo del engranaje

Para seleccionar el número de dientes del engranaje se debe tomar en cuenta el tipo de motor y su factor de seguridad, como se indica en la Figura 23.

**Figura 23**

*Tipos de máquinas según los usos con factores de seguridad.*

Tipo de carga	Ejemplo de máquinas	Motor eléctrico o Turbina	Motor de combustión interna	
			Trans. hidráulica	Trans. mecánica
Uniforme	Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Teleféricos. Máquinas herramientas (tornos, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes.	1	1	1,2
Pulsante	Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de émbolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hélices (aplicaciones marinas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares.	1,3	1,2	1,4
De Impacto	Laminadora para la industria del caucho. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Grúas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Máquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras. Aparejos de elevación.	1,5	1,4	1,7

Nota. Tomado de selección y (Diseño de transmisión de cadenas, 2015).

### Coeficiente de velocidad de la cadena

Para la máquina se toma el coeficiente de velocidad ( $k_v$ ) que es de 1.0 ya que el motor con cadena no supera las 30 rpm como se indica en la Tabla 4.

**Tabla 4**

Coeficiente de velocidad de la cadena

Chain Speed	Speed Coefficient
Menores de 50 ft/min	1.0
De 50 a 100 ft/min	1.2
100 a 160 ft/min	1.4

Nota. Tomada de (Diseño de Mecánica de Materiales, 2018).

### Cálculo de tipo de cadena

Se procede a calcular el paso de la cadena tomando en consideración la norma europea ISO DIN 8187, como se muestra en la Figura 24.

**Figura 24**

Diagrama de paso de cadena según el número de eslabones requeridos y potencia en rpm del motor.



Nota. Tomado de (manual de la norma europea ISO DIN 8187, 2010)

Para seleccionar el paso de la cadena se toma el dato de las rpm del engrane en el motor 1 que es igual a 1.254 rpm, este valor se ubica en el eje de las ordenadas luego se busca el dato de potencia de diseño que está en el eje de las abscisas teniendo un valor de

0.0002 kW para un ramal. Se traza una recta vertical y horizontal respectivamente al valor mencionado dando la intersección en 20B, como se muestra en la Figura 24.

Se muestra en la Figura 25 una tabla de cadenas comerciales con la información de la cadena 20B, la tabla es tomada del catálogo de productos de la marca Donghua Chain Group.

### Figura 25

*Cadena de rodillos de precisión de paso pequeño (serie B)*

## Cadenas de rodillos de precisión de paso pequeño (serie B)

Serie de cadenas de rodillos y casquillos Simplex

N.º de pieza	N.º de cadena DIN/ISO 606	Paso	Diámetro del rodillo	Anchura entre las placas internas	Diámetro del pasador	Longitud del pasador		Profundi- dad de la placa interior	Espesor de maña
		P	d1 máx	b1 min	d2 máx	L máx	Lc máx	h2 máx	T máx
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10004B-1	04B-1	6,000	4,00	2,80	1,85	6,80	7,8	5,00	0,60
10005B-1	05B-1	8,000	5,00	3,00	2,31	8,20	8,9	7,10	0,90
10006B-1	*06B-1	9,525	6,35	5,72	3,28	13,15	14,1	8,20	1,30
10008B-1	08B-1	12,700	8,51	7,75	4,45	16,70	18,2	11,80	1,60
10010B-1	10B-1	15,875	10,16	9,65	5,08	19,50	20,9	14,70	1,70
10012B-1	12B-1	19,050	12,07	11,68	5,72	22,50	24,2	16,00	1,95
10016B-1	16B-1	25,400	15,88	17,02	8,28	36,10	37,4	21,00	4,15/3,1
10020B-1	20B-1	31,750	19,05	19,56	10,19	41,30	45,0	26,40	4,50/3,5
10024B-1	24B-1	38,100	25,40	25,40	14,63	53,40	57,8	33,20	6,00/4,8

*Nota.* Tomado de (Donghua, 2012)

Para calcular el tipo de engranaje se toma en cuenta el valor de ancho interno del eslabón (b1) siendo 19.56 mm, como se muestra en la Figura 25.

Para obtener el número de dientes que se debe utilizar en el engranaje se obtiene de la Figura 26, que dependiendo de las rpm y el valor de diseño de potencia se localiza el número de dientes ideal para el trabajo.

Figura 26

Selección de número de dientes del engranaje.

		Revoluciones por minuto (RPM) engranaje más chico - APM Sprocket																			
dientes	z	100	500	900	1200	1800	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	10000
11	z	0.18	0.77	1.31	1.70	2.45	3.30	2.94	2.33	1.91	1.60	1.37	1.18	1.04	0.92	0.82	0.74	0.67	0.62	0.57	0.48
12	z	0.20	0.85	1.44	1.87	2.70	3.62	3.35	2.66	2.17	1.82	1.56	1.35	1.18	1.05	0.94	0.85	0.77	0.70	0.64	0.55
13	z	0.22	0.93	1.57	2.04	2.94	3.95	3.77	3.00	2.45	2.05	1.75	1.52	1.33	1.18	1.06	0.95	0.87	0.79	0.73	0.62
14	z	0.24	1.01	1.71	2.21	3.18	4.28	4.22	3.35	2.74	2.30	1.96	1.70	1.49	1.32	1.18	1.07	0.97	0.88	0.81	0.69
15	z	0.25	1.08	1.84	2.38	3.43	4.61	4.68	3.71	3.04	2.55	2.17	1.88	1.65	1.47	1.31	1.18	1.07	0.98	0.90	0.77
16	z	0.27	1.16	1.97	2.55	3.68	4.94	5.15	4.09	3.35	2.81	2.40	2.08	1.82	1.62	1.45	1.30	1.18	1.08	0.99	0.85
17	z	0.29	1.24	2.10	2.73	3.93	5.28	5.64	4.48	3.67	3.07	2.62	2.27	2.00	1.77	1.58	1.43	1.30	1.18	1.09	0.93
18	z	0.31	1.32	2.24	2.90	4.18	5.61	6.15	4.88	3.99	3.35	2.86	2.48	2.17	1.93	1.73	1.56	1.41	1.29	1.18	1.01
19	z	0.33	1.40	2.37	3.07	4.43	5.95	6.67	5.29	4.33	3.63	3.10	2.69	2.36	2.09	1.87	1.69	1.53	1.40	1.28	1.10
20	z	0.35	1.48	2.51	3.25	4.68	6.29	7.20	5.72	4.68	3.92	3.35	2.90	2.55	2.26	2.02	1.82	1.65	1.51	1.39	1.18
21	z	0.37	1.56	2.64	3.42	4.93	6.63	7.75	6.15	5.03	4.22	3.60	3.12	2.74	2.43	2.17	1.96	1.78	1.62	1.49	1.27
22	z	0.38	1.64	2.78	3.60	5.19	6.97	8.21	6.59	5.40	4.52	3.86	3.35	2.94	2.61	2.33	2.10	1.91	1.74	1.60	1.37
23	z	0.40	1.72	2.92	3.78	5.44	7.31	8.62	7.05	5.77	4.83	4.13	3.58	3.14	2.79	2.49	2.25	2.04	1.85	1.71	1.46
24	z	0.42	1.80	3.05	3.96	5.70	7.66	9.02	7.51	6.15	5.15	4.40	3.81	3.35	2.97	2.66	2.40	2.17	1.99	1.82	1.56
25	z	0.44	1.88	3.19	4.13	5.95	8.00	9.43	7.99	6.54	5.48	4.68	4.05	3.56	3.16	2.82	2.55	2.31	2.11	1.94	1.65
26	z	0.46	1.96	3.33	4.31	6.21	8.35	9.84	8.47	6.93	5.78	4.96	4.30	3.77	3.35	3.00	2.70	2.45	2.24	2.05	1.75
28	z	0.50	2.12	3.61	4.67	6.73	9.05	10.70	9.47	7.75	6.49	5.55	4.81	4.22	3.74	3.35	3.02	2.74	2.50	2.30	1.96
30	z	0.54	2.29	3.89	5.03	7.25	9.74	11.50	10.50	8.59	7.20	6.15	5.33	4.68	4.15	3.71	3.35	3.04	2.77	2.55	2.17
32	z	0.58	2.45	4.17	5.40	7.77	10.40	12.30	11.60	9.47	7.93	6.77	5.87	5.15	4.57	4.09	3.69	3.35	3.06	2.81	-
35	z	0.64	2.70	4.59	5.95	8.56	11.50	13.60	13.20	10.80	9.08	7.75	6.72	5.90	5.23	4.68	4.22	3.83	3.50	3.21	-
40	z	0.73	3.12	5.30	6.87	9.89	13.30	15.70	16.20	13.20	11.10	9.47	8.21	7.20	6.39	5.72	5.15	4.68	-	-	-
45	z	0.83	3.55	6.02	7.80	11.20	15.10	17.80	19.30	15.80	13.20	11.30	9.79	8.59	7.62	6.82	-	-	-	-	-

Potencia expresada en HP/Power in HP

Nota. Tomado del Catálogo de productos (Donghua, 2012)

Como resultado se tiene que el número de dientes es 11, como se indica en la Figura 26, la relación de transmisión va a ser  $i=1/1$

Se calcula el módulo del engranaje ( $m$ ) con la fórmula  $D_e = (z + 2) * m$

Donde:

$z$ = número de dientes

$D_e$ = diámetro exterior

$m$ = módulo

Se despeja  $m$  y se obtiene:

$$m = \frac{D_e}{z + 2}$$

$$m = \frac{7.17 \text{ cm}}{11 + 2}$$

$$m = 0.55$$

Se calcula el diámetro primitivo ( $d$ ) con la fórmula:  $d = m * z$

$$d = 0.55 * 11$$

$$d = 6.05 \text{ cm}$$

Se calcula la altura del diente ( $h$ ) con la fórmula:  $h = 2.25 * m$

$$h = 2.25 * 0.55$$

$$h = 1.23 \text{ cm}$$

Se calcula el diámetro interior ( $d_f$ ) con la fórmula:  $d_f = m(z - 2.5)$

$$d_f = 0.55 * (11 - 2.5)$$

$$d_f = 4.67 \text{ cm}$$

Se calcula el paso circular ( $P_c$ ) con la fórmula:  $P_c = \pi * m$

$$P_c = \pi * 0.55 \text{ cm}$$

$$P_c = 1.72 \text{ cm}$$

### **Esfuerzo ejercido sobre el eje**

Se calcula el esfuerzo tangencial ( $F_t$ ) con la fórmula:

$$F_t = \frac{P}{w} * r$$

$$F_t = \frac{0.03 W}{0.13 \text{ rad/s}} * 0.061 \text{ m}$$

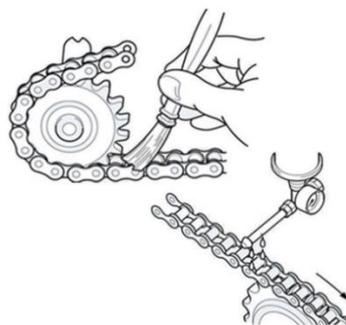
$$F_t = 1.39 \text{ Nm}^2$$

### **Tipo de lubricación**

El tipo de lubricación que recomienda el fabricante en las cadenas que trabajan con revoluciones menores a los 170 rpm es manual o por goteo, como se muestra en la Figura 27.

### **Figura 27**

*Tipo de lubricación para la cadena*



*Nota.* Tomado de (Diseño y lubricación de cadenas, 2018)

El largo de la cadena será de acuerdo a la necesidad del proyecto siendo esta medida desde la unión de la cadena hasta completar su vuelta total.

Por cálculos de diseño de ingeniería se requiere un engranaje de 11 dientes, pero por facilidad de adquisición en el mercado se colocará un engranaje de 13 dientes con 7 cm

de radio, como la relación es de 1:1 se colocarán en el eje del motor y en el eje de las flechas la misma medida de engranajes.

### **Diseño de motor 2, cepillado de patas de bovino**

Para seleccionar una herramienta adecuada para el raspado y limpieza del pelo incinerado de las patas del bovino, se realiza una comparación entre los diferentes tipos de cepillos para una máquina fija.

#### **Filtrado y selección cepillos**

Para tener una buena limpieza o remoción del pelo incinerado de la pata de res es recomendable tener una buena herramienta en el motor 2 de limpieza, como diseñador se requiere que el acabado sea fino con flexibilidad en las cerdas para una limpieza de las superficies irregulares y los parámetros a considerar son la duración del cepillo, capacidad y facilidad de adquisición, por tal motivo se proponen varias herramientas de cepillado para su correcta selección, como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Filtrado de conceptos de cepillos de limpieza*

Criterios de selección	Conceptos			
	Cepillos de limpieza			
	Alambre	Nylon Abrasivo	Lija	Piedra o muela abrasiva
<b>Costo</b>	-	+	+	0
<b>Resistencia al calor</b>	+	-	-	-
<b>Robustez industrial</b>	+	+	+	+
<b>Fácil adquisición en el mercado</b>	+	-	0	0
<b>Nivel de abrasión</b>	-	+	0	-
<b>Flexibilidad de la cerda</b>	0	+	-	-
<b>Duración de cepillo</b>	+	-	0	-
<b>Suma +</b>	4	4	2	1
<b>Suma 0</b>	1	0	3	2
<b>Suma -</b>	2	3	2	4
<b>Evaluación Neta</b>	2	1	0	-3
<b>Lugar</b>	1	2	3	4
<b>¿Continuar?</b>	Revisar	Revisar	No	No

De la Tabla 5 se obtiene el resultado de considerar 2 posibles cepillos de limpieza para las patas, pero es necesario aplicar el método cuantitativo para seleccionar la mejor opción.

### ***Evaluación de conceptos***

En esta evaluación se toma de la Tabla 5 los cepillos de alambre W3 y Nylon abrasivo NA3 que son de acabados finos, se realizará una evaluación cuantitativa colocando una escala del 1 al 5, donde: 1 “malo”, 2 “regular”, 3 “justo”, 4 “bueno”, 5 “excelente”, como se indica en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Selección de conceptos de los cepillos*

Criterios de selección	Conceptos				
	Cepillos de limpieza				
		Alambre W3		Nylon Abrasivo NA3	
	Peso	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación
<b>Costo</b>	5%	3	0,15	4	0,2
<b>Resistencia al calor</b>	40%	2	0,8	4	1,6
<b>Robustez industrial</b>	10%	5	0,5	4	0,4
<b>Facilidad de adquisición</b>	5%	4	0,2	3	0,15
<b>Nivel de abrasión</b>	15%	5	0,75	3	0,45
<b>Flexibilidad de la cerda</b>	20%	2	0,4	4	0,8
<b>Duración del cepillo</b>	5%	4	0,2	4	0,2
<b>Total, Puntos</b>	100%		3		3,8
<b>Lugar</b>			2		1
<b>Resultado</b>			No		Desarrollar

Luego de realizar el análisis con los criterios descritos en la Tabla 6, se determina un resultado de selección siendo la mejor opción el Nylon abrasivo NA3 ya que se adapta a las necesidades requeridas en la calidad de la limpieza de la pata de res.

La facilidad de adquisición del nylon abrasivo no es tan común, por tal razón para realizar pruebas se optó por colocar el alambre de acero que es más fácil de adquirir en el mercado industrial.

### **Cálculo de RPM para la herramienta de cepillado**

Se procede a calcular las RPM requeridas para realizar el cepillado o limpieza, se obtiene los siguientes datos: una pata de 0.8 kg está introducida en una flecha y se requiere raspar los pelos incinerados con un cepillo de Nylon abrasivo, el  $\mu_s = 0.56$ . Determinar la fuerza de fricción requerida para realizar la limpieza.

La ecuación de fuerza de fricción es:

$$Fr = \mu * N$$

Donde:

$\mu$  = coeficiente de fricción

N = fuerza normal

Se reemplazan datos:

$$N = 0.807 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$N =$$

$$Fr = 0.56 * 7.91N$$

$$Fr = 4.43 \text{ N}$$

Se requiere una fuerza de fricción de 4.43 N para el raspado del pelo de la pata de res.

Para calcular las RPM de la herramienta de cepillado se utiliza la siguiente fórmula que se obtuvo del Mecanizado por arranque de viruta:

$$RPM = \frac{Vc * 1000}{\pi * D}$$

La velocidad de corte viene dada por el tipo de herramienta a utilizar en el caso del cepillo de Nylon abrasivo, como dato de la herramienta se tiene que:

Su velocidad de corte  $Vc = 20 \text{ m/s}$

El diámetro de la herramienta es de 150 mm

Donde:

$V_c$  = velocidad del corte

$D$  = diámetro de la herramienta de corte

Se reemplazan los datos:

$$RPM = \frac{1200 \frac{m}{min} * 1000}{\pi * 150 mm}$$

$$RPM = 2546.47$$

Según cálculos de ingeniería, se requiere un segundo motor para el cepillado de 2546.47 rpm. Por trabajos artesanales anteriores se dispone de un motor de 1 hp de 3400 rpm.

### ***Diseño de transmisión de potencia para la máquina cepilladora***

Se inicia tomando los datos obtenidos en el diseño del cepillo para el motor 2, entonces se tiene:

Potencia (P): 1HP

Unidad motriz ( $n_1$ )=3400 rpm

Unidad impulsada ( $n_2$ )=3400 rpm

Distancia entre centros de los ejes (C): 9 in

Diámetro eje 1 ( $D_1$ )= 0,78 in dato del motor 2

Diámetro eje 2 ( $D_2$ )= 1 in

$\tau_{perm} = 12 ksi$  para el acero

Tiempo de servicio= 7 horas servicio normal

Se calcula el diámetro más pequeño para el eje 2 con los datos adquiridos, como la relación de poleas es de 1, porque se transmitirá la misma potencia del motor al eje 2 entonces se tiene que:

$$\omega_2 = \left(\frac{r_A}{r_B}\right) * \omega_1$$

$$\omega_2 = \frac{1}{1} * 3400 \frac{rev}{min}$$

$$\omega_2 = 3400 \text{ rpm}$$

Donde:

$\omega_2$  = velocidad angular

Se realiza la conversión de unidades del torque para los cálculos requeridos, donde:

$$\omega_2 = 356.04 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \text{ y la potencia es } P = 550 \text{ ft} \frac{\text{lb}}{\text{s}}$$

Se reemplazan datos en la fórmula:

$$\tau = \frac{P}{\omega_2}$$

Donde:

$\tau$  = Torque

P = potencia

$$\tau = \frac{550 \text{ ft} \frac{\text{lb}}{\text{s}}}{356,04 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$\tau = 1,5447 \frac{\text{lb}}{\text{rad}} * \left( \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} \right)$$

$$\tau = 18,5372 \text{ lb} * \text{in}$$

El momento polar de inercia ( $J$ ) se calcula con la fórmula:

$$J = \frac{\pi}{2} * \left( \frac{d}{2} \right)^4 = \frac{\pi * d^4}{32}$$

$$\tau_{perm} = \frac{T * c}{J}$$

Se reemplazan datos:

$$12 \times 10^3 = \frac{18,5372 \text{ lb} * \text{in} * \left( \frac{d}{2} \right)}{\frac{\pi * d^4}{32}}$$

Se despeja d

$$d = 0,92 \text{ in}$$

$$d = 23.36 \text{ mm}$$

Por cálculos de ingeniería el valor mínimo para el eje 2 que se requiere es de 23.36 mm. Por facilidad de adquisidor en el mercado se coloca un eje con  $d = 25.4$  mm.

Se procede a hallar el factor de potencia de la Figura 28 sabiendo que la potencia del motor es 1HP.

### Figura 28

Factor de potencia dependiendo el uso de la máquina y servicio

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradores Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grava, etc. Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mecanismos de mesa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas cortadoras Cintas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserríos y trabajos en madera Transportadores (porcetro o serrillo) Compresoras de pistón Molinos de martillo HUIVERIZACIONES Expositores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores con ganchos Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibulas-molino) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Molacabas	1.5	1.6	1.8

Nota. Tomado de (Revista de selección de motores y factor de seguridad, 2019)

La máquina es de servicio tipo cepilladora estando en el rango de taladros, prensas, cortadoras y teniendo un factor de servicio de 1,3.

Se calcula la potencia de diseño con la fórmula:  $Pd = P * Fs$

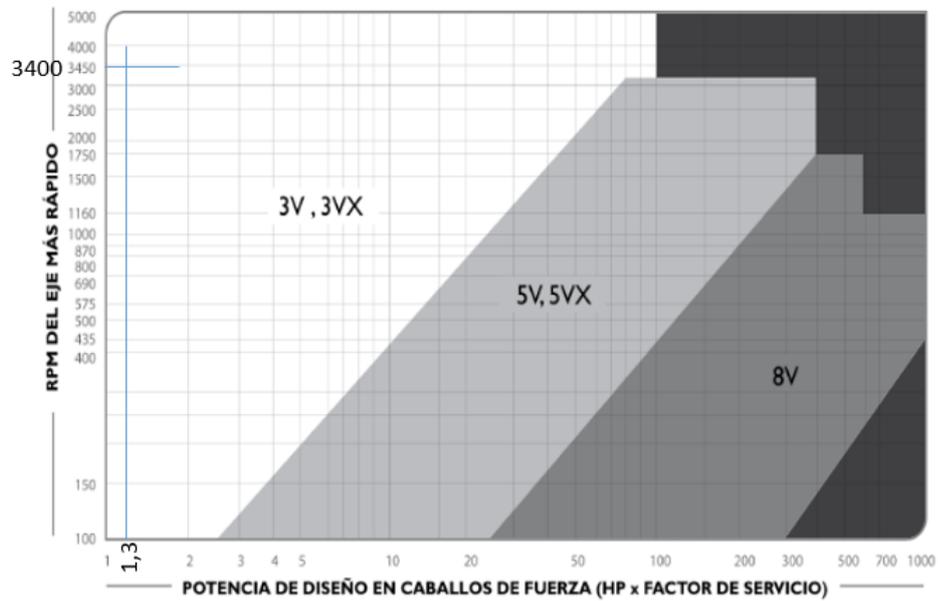
$$Pd = 1HP * 1,3$$

$$Pd = 1,3 HP$$

La selección de la banda se determinó en el diseño de transmisión de potencia en la Tabla 3. En la Figura 29 que se muestra a continuación, se determina la potencia de diseño (Pd) para seleccionar el tipo de banda a utilizar.

**Figura 29**

*Diagrama de selección de correas de alta capacidad*



*Nota.* Gráfico tomado de Selección de transmisión por bandas.

Por cálculos de ingeniería se requiere de una banda 3V que es la ideal para el trabajo requerido en bandas de alta capacidad.

### **Diseño de la estructura.**

Según la Norma NTE INEN 1641 para el diseño de un puesto de trabajo se debe considerar siempre a las personas en relación con el espacio de trabajo, evaluar el diseño realizado según los requerimientos de las personas, se tomarán en cuenta los valores de las medidas estipuladas en la Figura 30, que se muestra continuación:

Figura 30

## Dimensiones de las mesas de trabajo

Dimensiones		Tipo de mesa de trabajo/escritorio							
		Tipo A Plenamente regulable	Tipo B Plenamente ajustable	Tipo C Altura fija	Tipo D Regulable o ajustable de forma limitada*				
h <sub>1</sub>	Altura de la superficie de trabajo	Solo sentado	Rango mínimo 650-850	Rango mínimo 650-850 <sup>a</sup>	740±20	- tolerancia Sí	Min. 680	Máx. 760	+tolerancia sí
		Solo de pie	Rango mínimo 950-1250	Rango mínimo 950-1250 <sup>a</sup>	1050±20	- tolerancia Sí	Min 1000	Máx 1 180	+tolerancia sí
		Sentado/ de pie	Rango mínimo 650-1250	n.a	n.a	Rango mínimo 680 – 1 180			
t <sub>1</sub> y t <sub>2</sub>	Espesor máximo del tablero (ver figura 1)	Por delante t <sub>1</sub> A 500 mm del borde delantero t <sub>2</sub>	55 <sup>b</sup> 80 <sup>b</sup>	55 <sup>b</sup> 90 <sup>b</sup>	70 100	70 100			
k <sub>1</sub>	Altura mínima del espacio para la rodilla – solo posición de pie (ver figura 3)	Se aplica solo a mesas con altura superior a 850 mm	700 <sup>d</sup>	700 <sup>d</sup>	700 <sup>d</sup>	700 <sup>d</sup>			
k <sub>2</sub>	Profundidad mínima de espacio para la rodilla – solo posición de pie (ver figura 3)		80	80	80	80			
k <sub>3</sub>	Profundidad mínima de espacio para el pie - solo de pie(ver figura 3)		150	150	150	150			
f <sub>1</sub> y f <sub>2</sub>	Altura mínima del espacio mínimo para el pie	Sentado solo y sentado/de pie. Desde 600 mm hasta 800 mm desde el borde delantero, f <sub>1</sub> De pie sólo. Desde el borde delantero hasta 150 mm, f <sub>2</sub>	120 120	120 120	120 120	120 120			

Nota. Tomado de la (Norma Técnica Ecuatoriana 1641,2015).

### Principios relacionados con el espacio de trabajo.

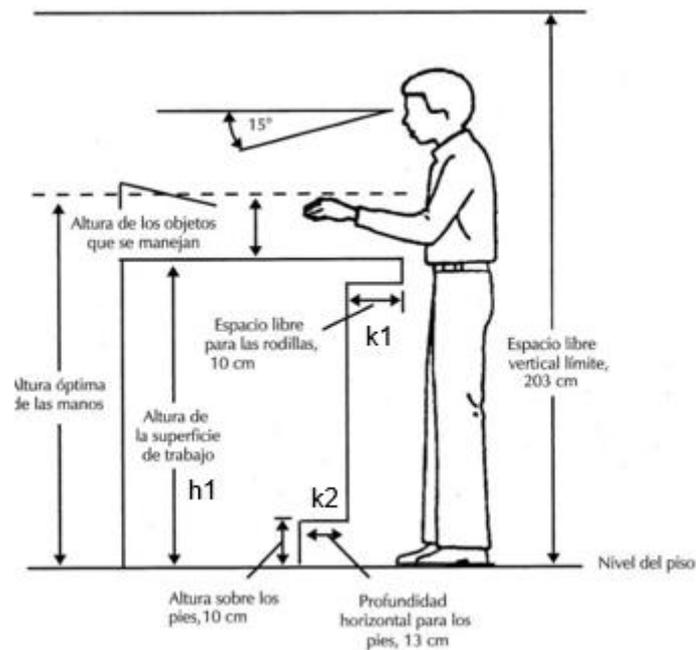
La altura del plano de trabajo (máquinas) debe elegirse de tal modo que la parte alta del cuerpo esté ligeramente inclinada hacia delante, considerando como punto medio, la altura de los codos. La distancia entre el objeto y los ojos debe definirse según la dificultad visual que presente la tarea.

Las palancas, botones, llaves, útiles, etc, deben disponerse de modo que los movimientos más frecuentes puedan efectuarse cerca del cuerpo. (Mesa de trabajo de almacén, 2015)

La altura de la superficie de trabajo (h<sub>1</sub>) es fija para lo cual el rango sugerido es de 1050 mm, la altura mínima del espacio de la rodilla (k<sub>1</sub>) es 700 mm, la profundidad mínima para los pies (k<sub>2</sub>) es 80 mm. Para el largo y ancho de mesa debe cumplir, como se muestra en la Figura 31.

### Figura 31

Dimensiones recomendadas para la estación de trabajo de pie

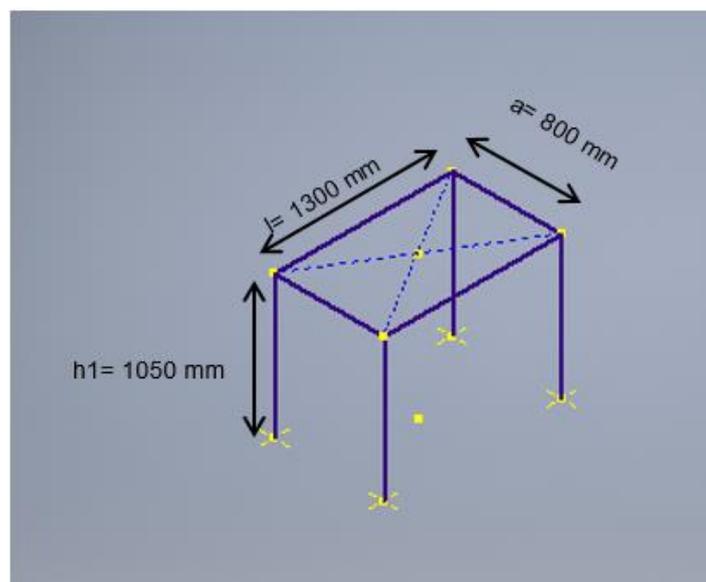


Nota. Tomada de (Niebel, 2005).

Por cálculos y especificaciones de la Norma Técnica NTE INEN 1641 los valores para el diseño de la máquina limpiadora de patas de bovinos son los siguientes:  $h_1=1050$  mm,  $a=800$  mm y  $l=1300$  mm, obteniendo un diseño como se muestra en la Figura 32.

### Figura 32

Diseño estructural de mesa en el software Autodesk Inventor



En la Tabla 7 se indica el peso aproximado de cada sistema que constituye la máquina para poder calcular el peso total ( $W_T$ ) que soportará la máquina, el esfuerzo que debe resistir y el factor de seguridad.

**Tabla 7**

*Materiales y pesos*

MATERIAL	PESO (kg)
Sistema de encendido	10
Sistema de chamuscado	35
Sistema neumático	33
Sistema de cepillado	45
Tablero de control	15
Peso total	138

*Nota.* Los pesos tomados son valores reales de cada componente.

Para determinar la fuerza que soporta la máquina se calcula en Newton, por lo tanto al peso total se lo multiplica por  $9.81 \text{ m/s}^2$ , dando como resultado  $W_T=1353.78 \text{ N}$ .

Según (Mott, 2009) para seleccionar los materiales se requiere de la consideración de muchos factores como: resistencia, rigidez, ductilidad, maquinabilidad, soldabilidad, costo, disponibilidad y peso. Para la construcción de la mesa o tablero donde se colocarán todos los sistemas de la máquina se usará acero ASTM A-36, ya que no están en contacto directo con el alimento.

Los datos técnicos del acero ASTM A-36 son los siguientes:

Donde:

$S_u$ = resistencia a la tensión

$S_y$ = resistencia a la cedencia

$E$ =módulo de elongación

$S_u = 393 \text{ MPa}$

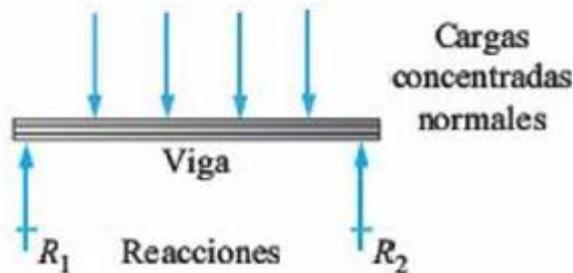
$$S_y = 296 \text{ MPa}$$

$$E = 207 \text{ GPa}$$

Para esta sección se observa que las cargas son normales y concentradas ya que Mott enuncia lo siguiente, “una carga concentrada normal es una que actúa perpendicular al eje mayor de la viga en un solo punto o a lo largo de un segmento de la viga”. Como se observa en la Figura 33.

### Figura 33

Representación esquemática de una viga, cargas y reacciones



Nota. Tomado de (Resistencia de los Materiales de Mott, 2009).

### Esfuerzo de diseño

Como el material es dúctil y la carga es estática, se usa la Figura 34 para seleccionar la fórmula correspondiente.

### Figura 34

Criterios para esfuerzo de diseño

Forma de la carga	Material dúctil	Material frágil
Estática	$\sigma_d = s_u/2$	$\sigma_d = s_u/6$
Repetida	$\sigma_d = s_u/8$	$\sigma_d = s_u/10$
Impacto o choque	$\sigma_d = s_u/12$	$\sigma_d = s_u/15$

Nota. Tomado de (Resistencia de los Materiales de Mott, 2009).

Con la fórmula  $\sigma_d = \frac{S_y}{2}$  se reemplazan datos

Donde  $\sigma_d$  = esfuerzo de diseño

$$\sigma_d = \frac{296 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_d = 148 \text{ MPa}$$

El resultado del esfuerzo de diseño que está en MPa se transforma a N/m<sup>2</sup>

$$\sigma_d = 1.48 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Para calcular el área se usa la siguiente fórmula:  $\sigma_d = \frac{W_T}{A}$

Donde:

A= área

W<sub>T</sub>= peso total que soporta la máquina

Se despeja A y se reemplazan datos

$$A = \frac{W_T}{\sigma_d}$$

$$A = \frac{1059.48 \text{ N}}{1.48 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$A = 9,15 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

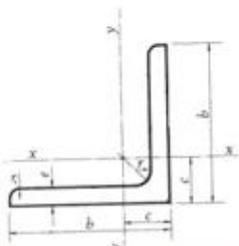
Se convierten las unidades de m<sup>2</sup> a mm<sup>2</sup>

$$A = 9.15 \text{ mm}^2$$

Con el área calculada se busca en apéndices de perfiles un área de igual o mayor valor a la calculada, tomando en cuenta que el perfil seleccionado esté disponible a la venta en el mercado. En la Figura 35 se indica el ángulo de acero y el área que se seleccionó para su construcción.

Figura 35

Datos técnicos de ángulo L



$A$  = Área de la sección  
 $I$  = Momento de Inercia  
 $W$  = Módulo resistente  
 $i = \sqrt{I/A}$  = Radio de giro  
 $u$  = Superficie lateral por metro lineal

L	Dimensiones (mm)				Posición eje c (cm)	Sección A(cm <sup>2</sup> )	Peso P(Kg/m)	Referido eje x-x' = y-y'				u m <sup>2</sup> /m	L
	b	e	r	r1				I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>x</sub> =W <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub> (cm)	I <sub>xy</sub> (cm <sup>4</sup> )		
20x3	20	3	4	2,0	0,60	1,13	0,88	0,39	0,28	0,59	0,23	0,077	20x3
25x3	25	3	4	2,0	0,72	1,43	1,12	0,80	0,45	0,75	0,87	0,097	25x3
30x3	30	3	5	2,5	0,84	1,74	1,36	1,40	0,65	0,90	0,83	0,116	30x3
30x4	30	4	5	2,5	0,88	2,27	1,78	1,80	0,85	0,89	1,05	0,116	30x4

Nota. Tomado de (prontuarios, 2016).

El perfil L 20x3 (mm) tiene un área de 113 mm<sup>2</sup>, siendo el perfil elegido para formar el tablero de trabajo ya que cumple con el área requerida, existe disponibilidad en el mercado y su fácil adquisición. Se vuelve a calcular el nuevo peso que soportará el perfil L y corroborar si es el adecuado, para lo cual se ocupa la fórmula de esfuerzo de diseño y se despeja  $W_T$ .

$$\sigma_d = \frac{W_T}{A}$$

$$W_{T2} = 1.48 \times 10^8 \text{ N/m}^2 * 1.13 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$W_{T2} = 16724 \text{ N}$$

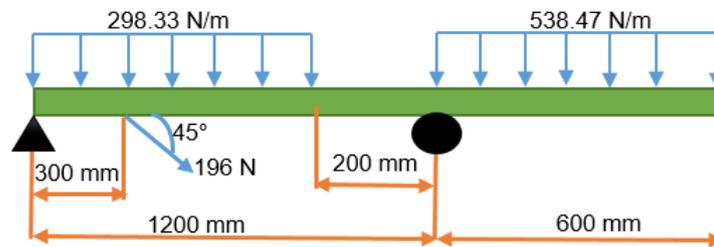
Con el material seleccionado se calculó el nuevo peso que soporta la máquina que es  $W_{T2} = 16724 \text{ N}$  siendo adecuado para soportar un mayor peso.

### Cálculos de mesa de trabajo

Para el análisis de los esfuerzos que actúan sobre la estructura donde se colocan los elementos que conforman el sistema mecánico y eléctrico, se ha planteado el siguiente diagrama de distribución de fuerzas sobre la estructura, el cual se observa en la Figura 36.

**Figura 36**

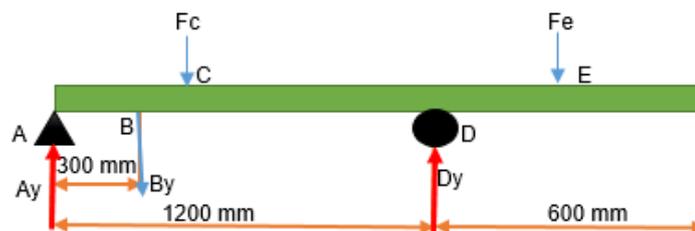
Fuerzas sobre la mesa de trabajo



Del diagrama anterior se obtiene el diagrama de cuerpo libre (D.C. I), como se indica en la Figura 37.

**Figura 37**

Diagrama de cuerpo libre



Se realiza sumatoria de fuerzas como se indica a continuación:

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y - B_y - F_c + D_y - F_e = 0$$

$$A_y - (196 \text{ N} \cdot \text{sen}(45^\circ)) - \left(298.33 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 1 \text{ m}\right) + D_y - \left(538.47 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 0.6 \text{ m}\right) = 0$$

$$A_y - 138.59 \text{ N} - 298.33 \text{ N} + D_y - 323.082 \text{ N} = 0$$

$$A_y + D_y = 760.002$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-B_y * 300 \text{ mm} - F_c * 500 \text{ mm} + D_y * 1200 \text{ mm} - F_e * 1500 \text{ mm} = 0$$

$$-138.59 \text{ N} * 300 \text{ mm} - 298.33 \text{ N} * 500 \text{ mm} + D_y * 1200 \text{ mm} - 323.082 \text{ N} * 1500 \text{ mm} = 0$$

$$D_y * 1200 \text{ mm} = 675665 \text{ Nmm}$$

$$D_y = 563.05 \text{ N}$$

$$A_y = 760.002 - D_y$$

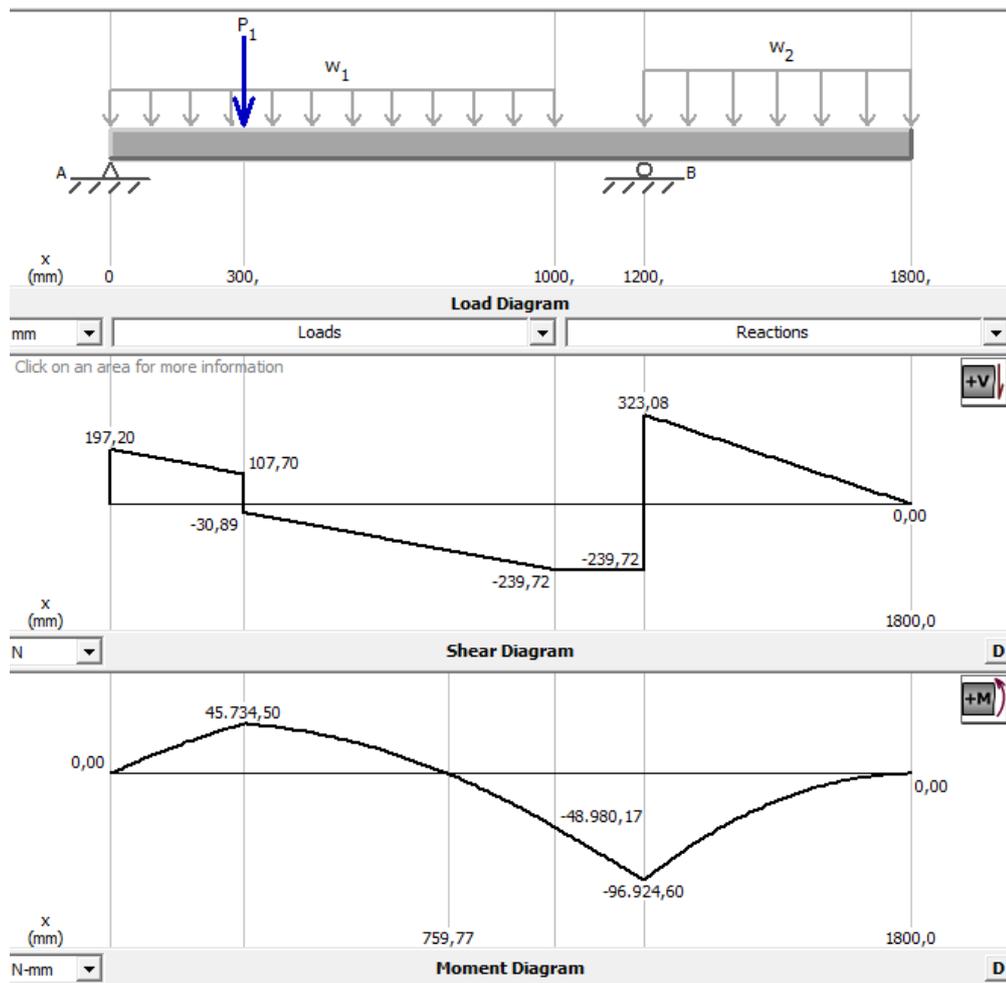
$$A_y = 760.002 - 563.05 \text{ N}$$

$$A_y = 196.94 \text{ N}$$

Luego de realizar los cálculos se comprueba los resultados de los momentos y esfuerzos en el software MDSolids, como se muestra en la Figura 38.

**Figura 38**

*Diagrama de cuerpo libre, fuerzas cortantes y momentos flectores*



Definidas las fuerzas que actúan sobre la mesa, se analiza el esfuerzo debido a la flexión donde el momento flector es máximo.

Donde los valores de  $M= 6 \text{ mm}$  y  $c=3900 \text{ mm}^4$  son tomados del libro de Diseño de Elementos de Máquinas de Mott, 2009:

$M$ = momento flexionante en la sección de interés

$c$ = distancia del eje centroidal de la viga a las fibras más externas

$I$ = momento de inercia de la sección transversal con respecto a su eje centroidal

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_{max} = \frac{96924.60 \text{ Nmm} * 6\text{mm}}{3900 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{max} = 149.114 \text{ MPa}$$

Se calcula el factor de seguridad ( $N$ ), con el momento flector máximo.

$$\sigma_{max} = \sigma_d = \frac{Sy}{N}$$

$$N = \frac{Sy}{\sigma_{max}}$$

$$N = \frac{Sy}{\sigma_{max}}$$

$$N = \frac{248 \text{ MPa}}{149.114}$$

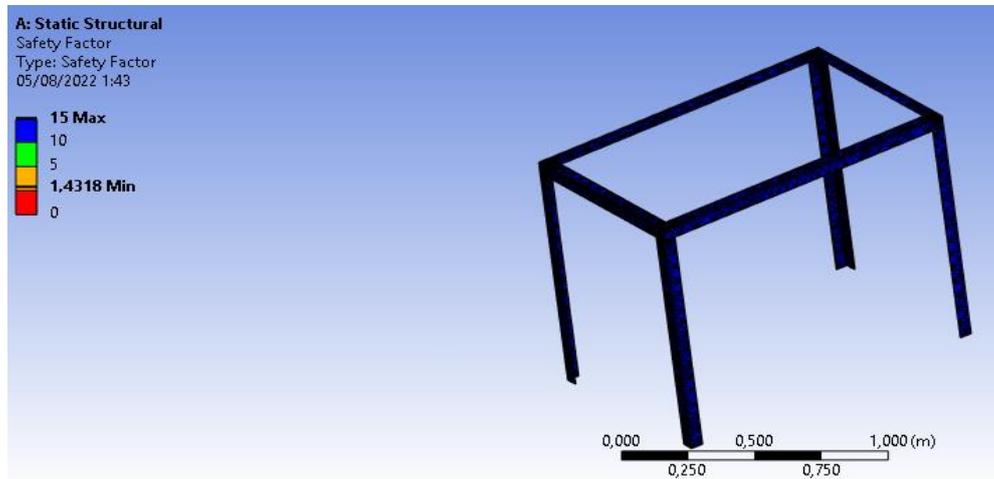
$$N = 1.663$$

### **Análisis estructural factor de seguridad**

Se realiza el análisis del factor de seguridad ( $N$ ) de la mesa de trabajo para corroborar los valores calculados con el simulado que se realiza en el software denominado Ansys, como se muestra en la Figura 39.

## Figura 39

### Factor de seguridad



El factor de seguridad calculado es de  $N=1.66$  el cual varía por la cantidad de decimales al momento de realizar su desarrollo, como resultado se tiene el diseño es seguro.

### Diseño de la estructura de cepillado

Para la selección del material para construir el sistema de cepillado de las patas de bovino con línea de fuego se considera la norma internacional UNE-EN ISO 1672 con el título “Maquinaria para procesamiento de alimentos: conceptos básicos y requisitos de higiene”, que determina usar el acero inoxidable AISI 304 por su excelente resistencia a la corrosión, alta resistencia mecánica, propiedades higiénicas, resistencia a las altas temperaturas, resistencia a las bajas temperaturas, buenas propiedades de soldabilidad, mecanizado, corte, doblado, plegado y por su bajo costo de mantenimiento. A continuación se presentan los datos técnicos del material.

Donde:

$S_u$ = resistencia a la tensión

$S_y$ = resistencia a la cedencia

$E$ =módulo de elongación

$$S_u = 6322 \frac{kg}{cm^2} = 619 MPa$$

$$S_y = 3161 \frac{kg}{cm^2} = 309 MPa$$

$$E = 2039 \frac{kg}{cm^2} = 199 GPa$$

La estructura debe soportar un peso aproximado de 45 Kg, se multiplica por los 9.81 m/s<sup>2</sup> de la gravedad y se tiene como resultado 441.45 N/m<sup>2</sup>. Se utiliza la fórmula de esfuerzo de diseño y se determina la sección de área, con este dato se busca un perfil que tenga un área de igual medida o superior.

Con la fórmula  $\sigma_d = \frac{S_y}{2}$  se reemplazan datos

Donde  $\sigma_d$  = esfuerzo de diseño

$$\sigma_d = \frac{309 MPa}{2}$$

$$\sigma_d = 154,5 MPa$$

El resultado del esfuerzo de diseño que está en MPa se transforma a N/m<sup>2</sup>

$$\sigma_d = 1.54 \times 10^8 \frac{N}{m^2}$$

Para calcular el área se usa la siguiente fórmula:  $\sigma_d = \frac{W_{T3}}{A}$

Donde:

A= área

$W_{T3}$ = peso total que soporta la estructura de cepillado

Se despeja A y se reemplazan datos

$$A = \frac{W_{T3}}{\sigma_d}$$

$$A = \frac{441.45 N}{1.54 \times 10^8 \frac{N}{m^2}}$$

$$A = 2.9 \times 10^{-6} m^2$$

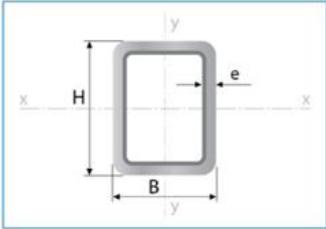
Se convierten las unidades de m<sup>2</sup> a mm<sup>2</sup>

$$A = 2.9 mm^2$$

Considerando la facilidad de adquisición y el trabajo para el cual se considera su soldabilidad, en la Figura 40 se indica el área de diferentes tubos rectangulares de acero inoxidable.

Figura 40

Datos técnicos de tubo rectangular de acero inoxidable



Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas							
			Eje x-x			Eje y-y				
			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro		
B	H	e	A	P	I	W	i	I	W	i
mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
20	30	1,50	1,35	1,06	1,59	1,06	1,08	0,84	0,84	0,79
		2,00	1,74	1,36	1,94	1,30	1,06	1,02	1,02	0,77
20	40	1,50	1,65	1,30	3,27	1,63	1,41	1,10	1,10	0,82
		1,80	1,95	1,53	3,76	1,88	1,39	1,26	1,26	0,80
		2,00	2,14	1,68	4,06	2,03	1,38	1,35	1,35	0,79
25	50	1,40	1,97	1,55	6,28	2,51	1,79	2,13	1,71	1,04
		1,50	2,10	1,65	6,66	2,66	1,78	2,26	1,80	1,04
		1,80	2,49	1,95	7,72	3,09	1,76	2,60	2,08	1,02
		2,00	2,74	2,15	8,39	3,36	1,75	2,82	2,25	1,01
		2,50	3,34	2,62	9,90	3,96	1,72	3,29	2,64	0,99
		3,00	3,91	3,07	11,20	4,48	1,69	3,70	2,96	0,97
30	50	1,40	2,11	1,66	7,11	2,84	1,83	3,23	2,15	1,24
		1,50	2,26	1,77	7,54	3,02	1,83	3,42	2,28	1,23
		1,80	2,67	2,09	8,77	3,51	1,81	3,96	2,64	1,22
		2,00	2,94	2,31	9,54	3,82	1,80	4,30	2,87	1,21
		2,50	3,59	2,82	11,31	4,53	1,78	5,07	3,38	1,19
		3,00	4,21	3,30	12,66	5,15	1,75	5,73	3,82	1,17
40	60	1,40	2,67	2,10	13,54	4,51	2,25	7,27	3,63	1,65
		1,50	2,85	2,24	14,39	4,80	2,25	7,72	3,86	1,64
		1,80	3,39	2,66	16,85	5,62	2,23	9,01	4,51	1,63
		2,00	3,74	2,93	18,42	6,14	2,22	9,84	4,92	1,62
		2,50	4,59	3,60	22,09	7,36	2,19	11,75	5,88	1,60
		3,00	5,41	4,25	25,41	8,47	2,17	13,47	6,74	1,58
30	70	1,40	2,67	2,10	16,36	4,67	2,47	4,37	2,92	1,28
		1,50	2,85	2,24	17,38	4,97	2,47	4,64	3,09	1,28
		1,80	3,39	2,66	20,35	5,81	2,45	5,39	3,60	1,26
		2,00	3,74	2,93	22,23	6,35	2,44	5,87	3,91	1,25

Nota. Tomado del catálogo de (IPAC, 2019)

El tubo rectangular de acero inoxidable 20x40x1.5 (mm) tiene un área de 165 mm<sup>2</sup> siendo el perfil elegido para formar el tablero de trabajo, ya que cumple con el área requerida, existe disponibilidad en el mercado y fácil adquisición. Se vuelve a calcular el nuevo peso que soportará la estructura de cepillado y corroborar si es el adecuado, para lo cual se ocupa la fórmula de esfuerzo de diseño y se despeja  $W_{T3}$ .

Donde:

$W_{T3}$  = peso total de la estructura de cepillado

$$\sigma_d = \frac{W_{T3}}{A}$$

$$W_{T3} = 1.54 \times 10^8 \text{ N/m}^2 * 1.65 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$W_{T3} = 25410 \text{ N}$$

Con el material seleccionado se calculó el nuevo peso que soportará la máquina que es  $W_{T3} = 25410 \text{ N}$  siendo muy adecuado para soportar un mayor peso.

### **Flechas de inserción para las patas.**

La flecha o eje debe ser circular para poder realizar un movimiento de giro, la varilla es de ½ in de acero inoxidable AISI 304, se seleccionó este diámetro para el eje, tomando en consideración la vena mediana y plantar media, que tiene un valor de 7 mm de diámetro

y se pueden expandir el doble de su tamaño, por tanto se logra una sujeción de la vena con el eje. La limpieza de las patas de ganado con línea de fuego solo se puede realizar en ganado adulto ya que sus patas tienen un promedio entre 30 y 50 cm de largo.

La temperatura máxima a la que se expone la pata de ganado es de 850 °C, pero como la pata de bovino va a cubrir en su totalidad a la flecha, la temperatura de exposición es menor con un valor de 20 °C. Para calcular la deformación unitaria por el aumento de la temperatura a lo largo del eje, se tiene los siguientes datos:

$$l_1 = 0,63 \text{ m}$$

$$T_1 = 15 \text{ °C}$$

$$T_2 = 20 \text{ °C}$$

$$\alpha = 16,9 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$$

Donde:  $\alpha$  = coeficiente de dilatación térmica

Alfa se determina de la Figura 41.

#### Figura 41

Coeficiente de dilatación térmica,  $\alpha$ , de algunos metales

Material	$\alpha$	
	$^{\circ}\text{F}^{-1}$	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
Acero AISI		
1020	$6.5 \times 10^{-6}$	$11.7 \times 10^{-6}$
1040	$6.3 \times 10^{-6}$	$11.3 \times 10^{-6}$
4140	$6.2 \times 10^{-6}$	$11.2 \times 10^{-6}$
Acero estructural	$6.5 \times 10^{-6}$	$11.7 \times 10^{-6}$
Hierro fundido gris	$6.0 \times 10^{-6}$	$10.8 \times 10^{-6}$
Acero inoxidable		
AISI 301	$9.4 \times 10^{-6}$	$16.9 \times 10^{-6}$
AISI 430	$5.8 \times 10^{-6}$	$10.4 \times 10^{-6}$
AISI 501	$6.2 \times 10^{-6}$	$11.2 \times 10^{-6}$

Nota. Tomado del libro Resistencia de Materiales Robert L. (Mott, 2009)

Se calcula la variación de temperatura ( $\Delta T$ )

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta T = 20^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando los datos se tiene que:

$$\delta = 16,9 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1} * 0,63 \text{ m} * 5^{\circ}\text{C}$$

$$\delta = 0.05 \text{ mm}$$

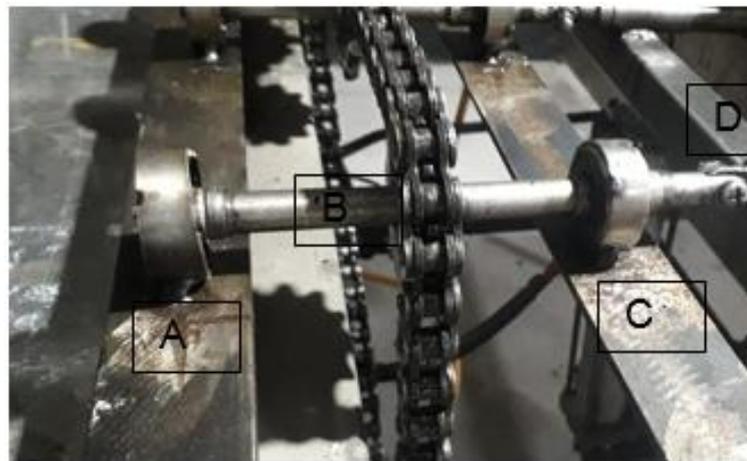
El resultado es la dilatación que sufren los ejes cuando está en funcionamiento el proceso de chamuscado de la máquina.

### Cálculos del eje

En la Figura 42 se muestra cómo se colocó el eje entre las chumaceras de la máquina para el giro de las patas de ganado.

### Figura 42

*Soporte de engranaje por la varilla en la mesa*



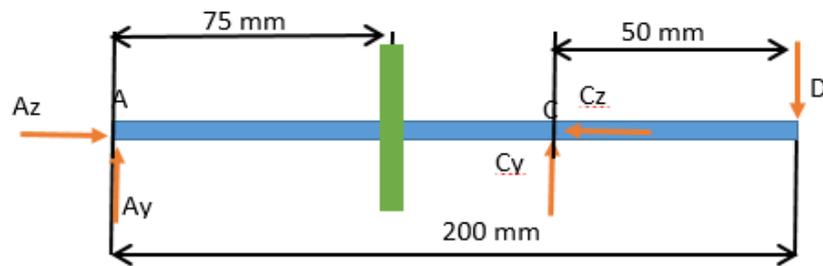
Para analizar los esfuerzos producidos por fatiga se han tomado las siguientes condiciones:

El diámetro del eje depende del espacio que proporciona la sección de la vena de la pata bovina, se considera un diámetro de  $\frac{1}{2}$  pulgada, además de un factor de seguridad de 2.

El eje reposará sobre rodamientos con sus respectivas chumaceras a una distancia de 75 mm, se encuentra un engranaje de 70 mm de diámetro, en el otro extremo del eje se encuentra una fuerza ejercida por la pata bobina, cuyo peso es de 1.66 kg masa, en la Figura 43 se muestra la representación del eje con sus correspondientes elementos.

**Figura 43**

Diagrama de cuerpo libre del eje



Cálculo de la fuerza en el punto D

$$F_D = m * g$$

$$F_D = 1.66 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{sg}^2}$$

$$F_D = 16.28 \text{ N}$$

**Cálculo de las fuerzas producidas por el engranaje**

En la sección anterior se desarrolló el cálculo geométrico del engranaje en donde la relación de transmisión es 1:1, es decir que el ángulo de la cadena en cada engranaje es constante ( $\theta = 180^\circ$ ), por ende se puede definir que la parte superior de la cadena está a tensión y produce el par torsional en cada uno de los engranajes. El tramo inferior de la cadena llamado lado flojo no ejerce fuerzas sobre los engranajes. En consecuencia la fuerza flexionante total sobre el eje que sostiene el engranaje es igual a la tensión en el lado tenso de la cadena, en base a los estudios propuestos por Diseño de Elementos de Máquinas de Mott, 2009, define que existe una sola fuerza que actúa sobre el engranaje y viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_e = \frac{2T}{D}$$

Donde:

F<sub>e</sub>= fuerza del engranaje

T= torque del motor

$D$ = diámetro del engranaje

Como se definió anteriormente las cargas producidas por el engranaje y los datos técnicos del motor permiten definir la fuerza del engranaje:

$$T = 30000 \text{ Nmm} \quad D_e = 12.7 \text{ mm}$$

$$F_e = \frac{2(30000 \text{ Nmm})}{70 \text{ mm}}$$

$$F_e = 857.14 \text{ N}$$

Donde:

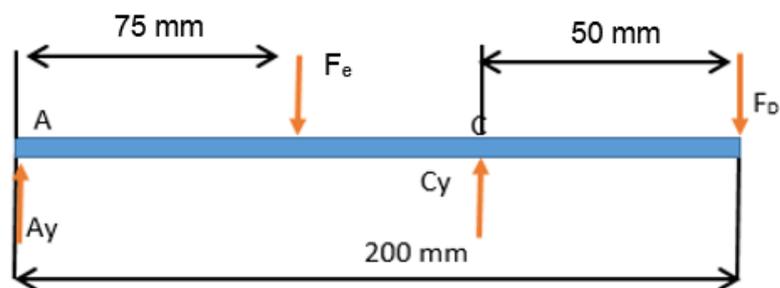
$D_e$ = diámetro del eje

$F_e$ = fuerza en el engranaje

Con las fuerzas definidas se realiza el diagrama de cuerpo libre del eje, como se indica en la Figura 44.

#### Figura 44

Diagrama de cuerpo libre del eje



Cálculo de las reacciones

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y - F_e + C_y - F_D = 0$$

$$A_y + C_y = 857.14 \text{ N} - 16.28 \text{ N}$$

$$A_y + C_y = 840.86 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-F_e * 75\text{mm} + C_Y * 150\text{mm} - F_D * 200\text{mm} = 0$$

$$C_Y = \frac{857.14\text{ N} * 75\text{mm} + 16.28\text{ N} * 200\text{mm}}{150\text{mm}}$$

$$C_Y = 450.27\text{ N}$$

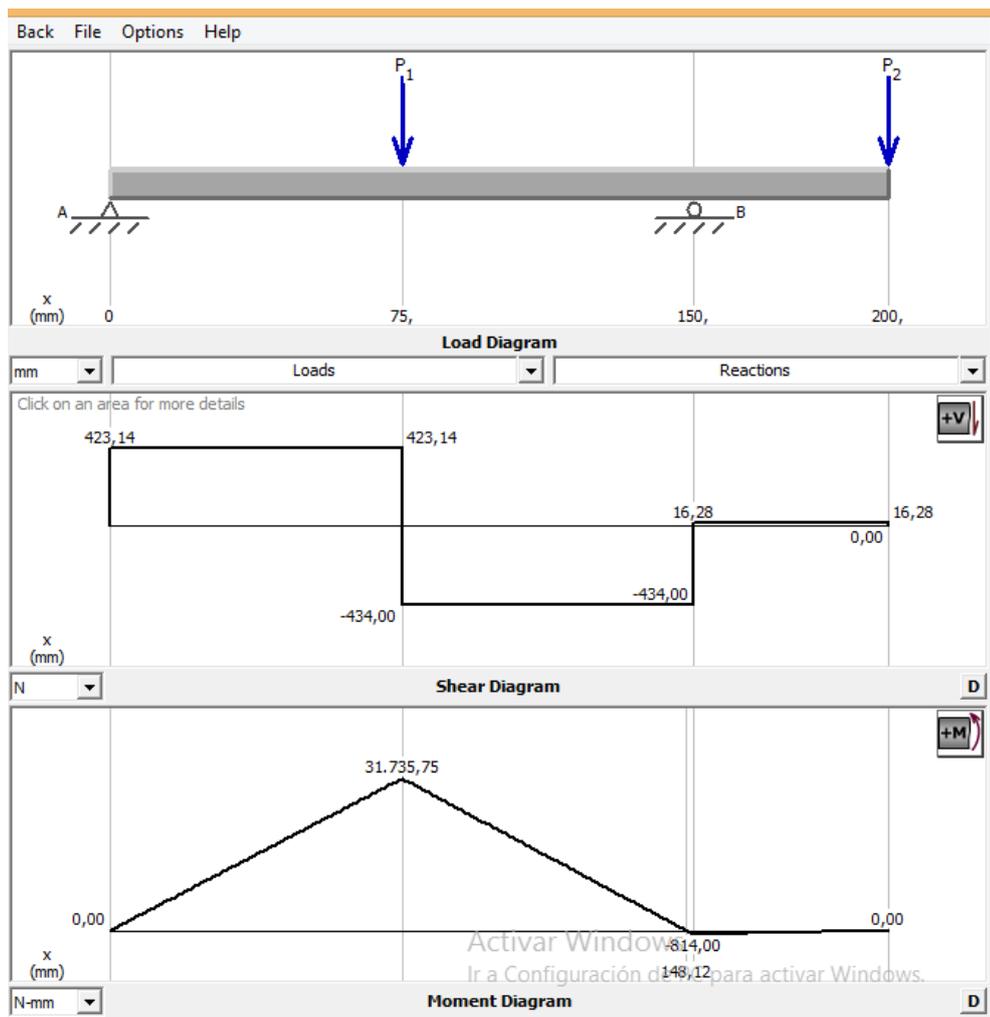
$$A_Y = 857.14\text{ N} - 450.27$$

$$A_Y = 406.87\text{ N}$$

Se analiza mediante el software MDSolids el diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores correspondientes a los datos que se obtuvo, como se indica en la Figura 45.

**Figura 45**

*Simulación de MDSolid*



Cálculo de los esfuerzos producidos sobre el eje, ocasionados por el momento máximo y la torsión, donde:

$\sigma_a$  = Esfuerzo alternante

$T_m$  = esfuerzo producido debido a la torsión media

$$\sigma_a = \frac{32M_a}{\pi * d^3} \quad T_m = \frac{16T_a}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_a = \frac{32 * 31735.75 Nmm}{\pi * (12.7mm)^3} \quad T_m = \frac{16 * 30000 Nmm}{\pi * (12.7mm)^3}$$

$$\sigma_a = 157.81 MPa \quad T_m = 74.58 MPa$$

Debido a que el elemento es un sistema de engranaje cadena, al estar sometido sólo a flexión y torsión la deducción de Mott dice, que el esfuerzo debido a la flexión media y el esfuerzo alternante son igual a cero (0). Se reemplazan datos y se calcula el esfuerzo máximo.

$$\sigma'_{max} = [(\sigma_a + 3\sigma_m)^2 + 3(T_m + T_a)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma'_{max} = [(157.81 MPa)^2 + 3(74.58 MPa)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma'_{max} = 203.93 MPa$$

## Diseño de control eléctrico

### Selección de controlador

Para seleccionar un componente para el control de la máquina se toman en consideración criterios definidos como: costo, facilidad de instalación, tamaño, robustez industrial, facilidad de programación, facilidad de adquisición, interfaz gráfica y procesamiento de datos. Se realizará una evaluación cuantitativa colocando una escala del 1 al 5, donde: 1 “malo”, 2 “regular”, 3 “justo”, 4 “bueno”, 5 “excelente”. El puntaje total evaluado llegará como máximo a 5 que es el 100%, como se indica en la Tabla 8.

Tabla 8

*Selección de Conceptos de controlador*

Criterios de selección	Conceptos						
	Controladores						
		Logo		PLC S7-1200		PLC arduino	
	Peso	Calif.	Evaluación ponderada	Calif.	Evaluación ponderada	Calif.	Evaluación ponderada
<b>Costo</b>	5%	4	0,2	2	0,1	2	0,1
<b>Facilidad de instalación</b>	10%	5	0,5	4	0,4	2	0,2
<b>Tamaño</b>	10%	2	0,2	4	0,4	4	0,4
<b>Robustez industrial</b>	15%	5	0,75	5	0,75	3	0,45
<b>Facilidad de programación</b>	30%	5	1,5	5	1,5	3	0,9
<b>Fácil adquisición</b>	5%	5	0,25	2	0,1	2	0,1
<b>Interfaz gráfica</b>	15%	4	0,6	2	0,3	2	0,3
<b>Procesamiento de datos</b>	10%	4	0,4	5	0,5	4	0,4
<b>Total, Puntos</b>	100%		4,4		4,05		2,85
<b>Lugar</b>			1		2		3
<b>Resultado</b>			Desarrollar		NO		NO

El resultado que se obtiene del análisis bajo criterios de la Tabla 8 determina que la mejor opción para realizar el control de los actuadores en la máquina es el Logo con un porcentaje de aceptación del 88% ya que se adapta a las necesidades requeridas de la máquina.

***Selección de cámara digital***

En esta evaluación se toman en consideración criterios definidos, para determinar una adquisición de imagen óptima. Se realizará una evaluación cuantitativa colocando una escala del 1 al 5, donde: 1 “malo”, 2 “regular”, 3 “justo”, 4 “bueno”, 5 “excelente”, como se indica en la Tabla 9.

Tabla 9

*Selección de Conceptos de cámara*

Criterios de selección	Conceptos						
	Cámara Digital						
	Peso	Argón Tech		Dextor		Genius	
Calif.		Evaluación	Calif.	Evaluación	Calif.	Evaluación	
Costo	5%	4	0,2	4	0,2	3	0,15
Fácil de instalación	15%	5	0,75	4	0,6	4	0,6
Resolución	30%	4	1,2	4	1,2	4	1,2
Resistencia al calor	10%	2	0,2	2	0,2	2	0,2
Fácil adquisición	5%	4	0,2	4	0,2	2	0,1
Adaptabilidad a Software	20%	5	1	4	0,8	2	0,4
Grados de visión	15%	5	0,75	4	0,6	3	0,45
<b>Total, Puntos</b>	<b>100%</b>		<b>4,3</b>		<b>3,8</b>		<b>3,1</b>
<b>Lugar</b>			<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>
<b>Resultado</b>			<b>Desarrollar</b>		<b>NO</b>		<b>NO</b>

El resultado que se obtiene del análisis bajo criterios de la Tabla 9 determina que la mejor opción es la cámara Argón Tech ya que satisface las necesidades para el control de calidad y tiene multiresolución, trabaja en temperaturas de 10-40 °C, facilidad de adquirir en el mercado y más fácil de adaptar a cualquier computador.

***Selección de software para el sistema de visión***

Para esta fase el sistema de visión debe reconocer el color de una pata de calidad buena y mala, que se comparará con un patrón dado para así emitir una respuesta en el HMI de lo que ha realizado la máquina de limpieza con línea de fuego.

En esta evaluación se toman en consideración criterios más definidos para obtener un buen procesamiento de imágenes y determinar qué tipo de calidad se tiene. Se realizará una evaluación cuantitativa colocando una escala del 1 al 5, donde: 1 “malo”, 2 “regular”, 3 “justo”, 4 “bueno”, 5 “excelente”, como se indica en la Tabla 10.

Tabla 10

*Selección de Conceptos de software*

Criterios de selección	Conceptos				
	Software				
	LabView			Python	
	Peso	Calif.	Evaluación ponderada	Calif.	Evaluación ponderada
Costo de adquisición	5%	0	0	5	0,25
Instalación de librerías	30%	5	1,5	5	1,5
Facilidad de programación	45%	2	0,9	5	2,25
Instalación	20%	4	0,8	4	0,8
<b>Total, Puntos</b>	100%		3,2		4,8
Lugar			2		1
Resultado			No		Desarrollar

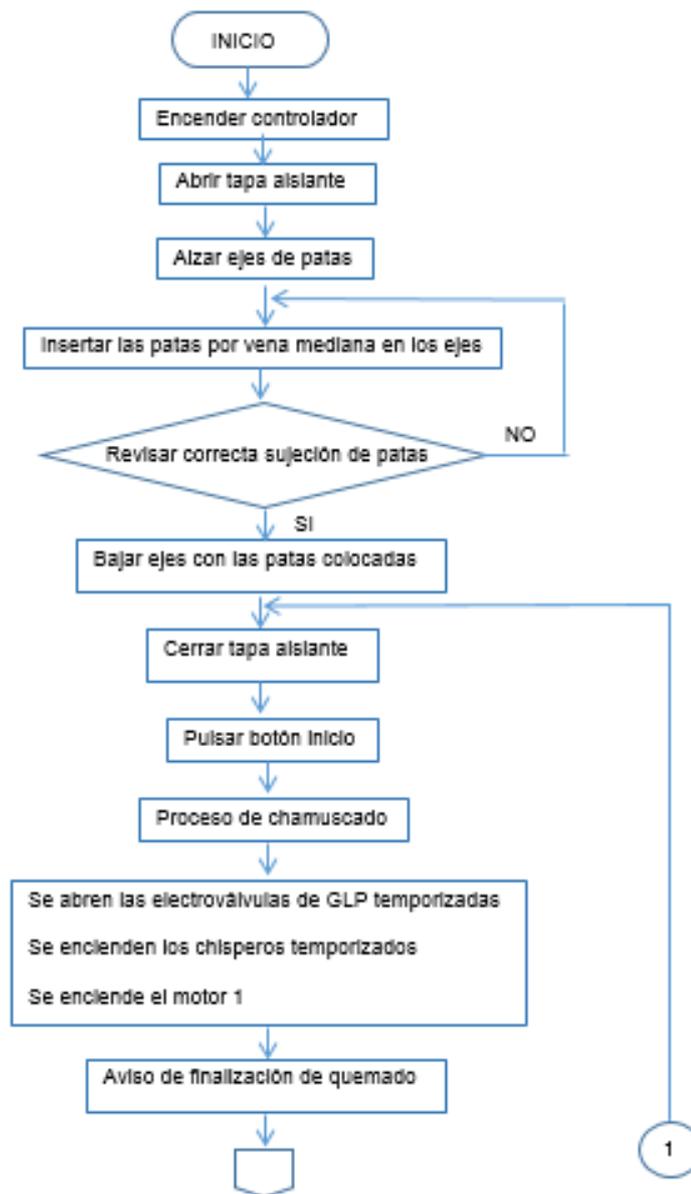
El resultado que se obtiene del análisis bajo criterios de la Tabla 10 determina que la mejor opción para el control de calidad es el software Python, el lenguaje de programación utiliza módulos de código que son intercambiables, es gratuito, mayor rapidez en el procesamiento de imágenes y se adapta a las necesidades requeridas de la máquina.

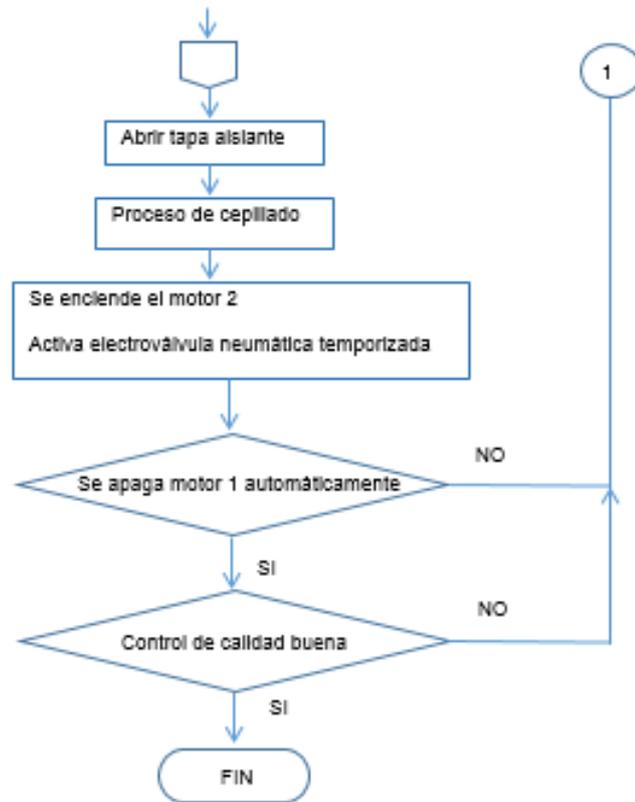
### Diagrama de flujo

En la Figura 46 se indica cual es el proceso que la máquina para limpieza de patas debe realizar para obtener una buena calidad de limpieza.

Figura 46

Diagrama de proceso de limpieza de patas de ganado





## Capítulo III

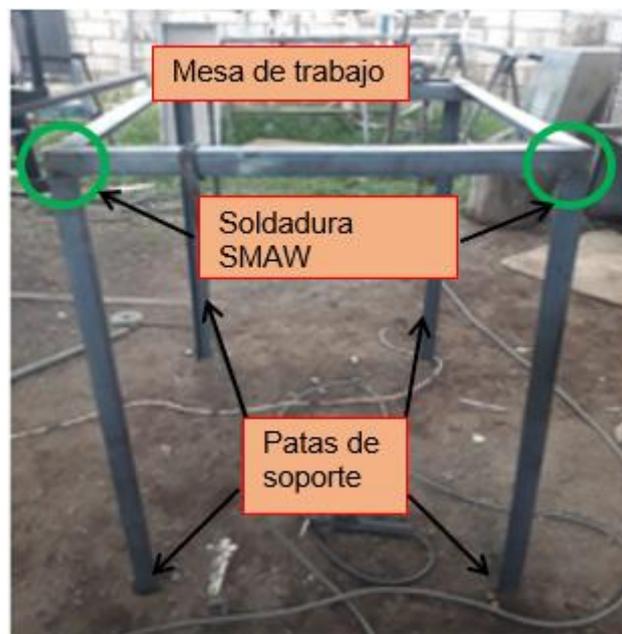
### Construcción de la estructura

En el presente capítulo se explica el proceso de construcción de las diferentes etapas a implementar en la máquina para la limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego. Para cada etapa de la construcción de la máquina se tomará en cuenta el equipo de protección personal (EPP) mismas que varían de un procedimiento a otro, dando mayor seguridad y previniendo accidentes en la actividad que se realiza.

Con el material seleccionado en el capítulo 2 se forma el marco de la mesa de trabajo y junto a las 4 patas colocadas en cada esquina serán las que soporten el peso de todos los elementos que constituirán la máquina limpiadora de patas de ganado, todos estos elementos serán fijados con soldadura TIG, por cuestión de presupuestos solo las partes que tengan contacto con el alimento serán de acero inoxidable el resto serán realizadas en acero negro ASTM 36 como se muestra en la Figura 47.

#### Figura 47

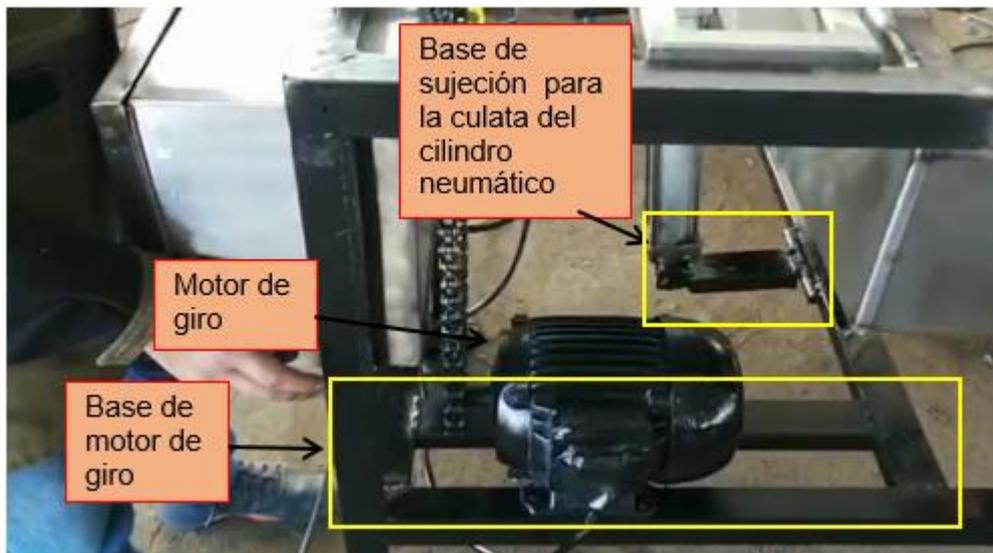
*Mesa de trabajo*



En la parte inferior se coloca una base de soporte para el motor que será encargado de transmitir el movimiento de giro en los ejes de las patas, en este mismo soporte se implementará una base para colocar la base del cilindro neumático, este será encargado de levantar los ejes donde se colocarán las patas de ganado, como se muestra en la Figura 48.

### Figura 48

*Base soporte de motor de giro*

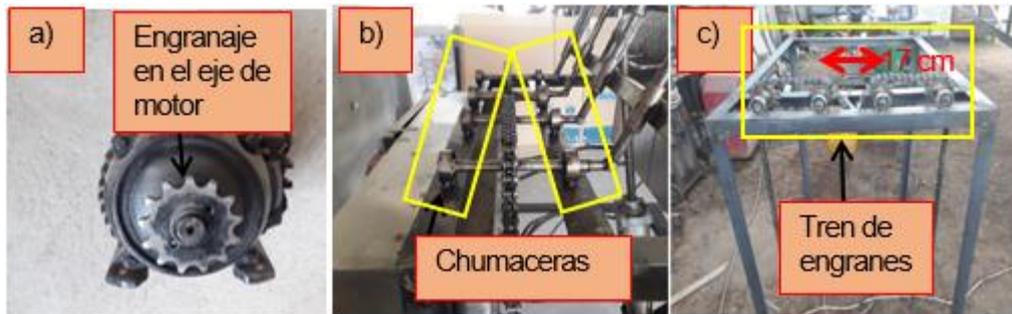


### Construcción de giro de patas

El engranaje calculado en el capítulo 2 que tiene 13 dientes será usado para formar un tren de engranajes y este mismo será colocado en el eje del motor de giro observado en la Figura 49 a). Cada engranaje será colocado a la mitad de una varilla lisa de 20 cm de longitud y (1/2 in) de diámetro y en sus extremos un par de chumaceras. Este tren de engranajes debe estar alineado y posicionado correctamente para evitar que la cadena se descarrile, como se observa en la Figura 49 b), cada uno con una separación de 17 cm como se observa en la Figura 49 c).

### Figura 49

#### Engranaje en motor de giro



Se procede a colocar la cadena de giro dando el movimiento de rotación a cada flecha o eje de las patas, el sentido de giro que se usará para el quemado de patas es de forma horaria, el motor 1 es accionado por el controlador Logo V8. Para que la cadena esté con la tensión adecuada, el segmento más largo debe tener una oscilación de 2 cm aproximadamente como se indica en la Figura 50.

### Figura 50

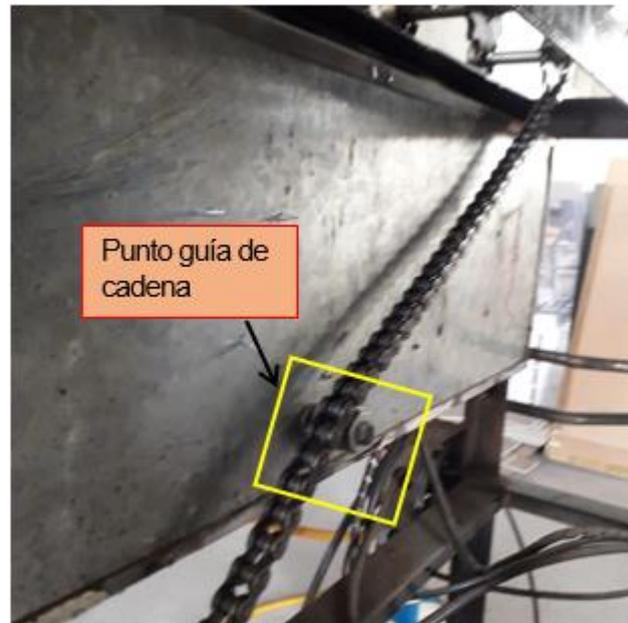
#### Colocación de la cadena



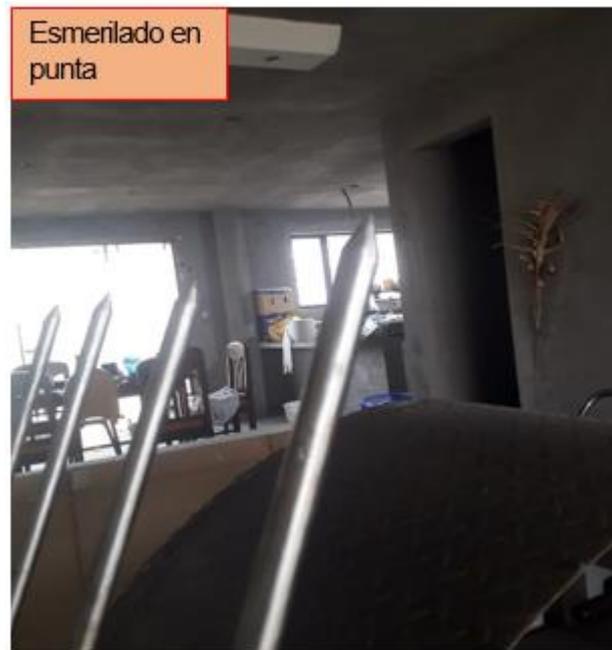
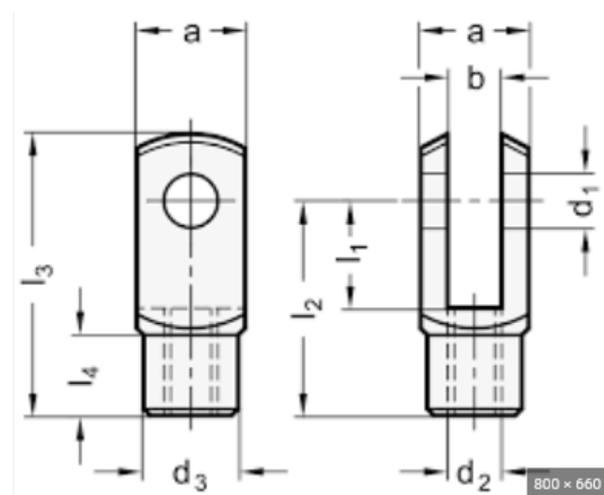
En la Figura 51 se observa un punto guía para la cadena donde la función de este es limitar el bamboleo y rozamiento mecánico con otras piezas de la máquina.

**Figura 51**

*Punto guía de cadena*

**Construcción de las flechas**

Para los ejes donde se colocarán las patas de ganado son de acero inoxidable como se determinó en el capítulo 2, en un extremo se esmeriló para obtener un resultado en tipo de punta como se indica en la Figura 52, en el otro extremo se consideró la norma DIN 71751 y su pasador para obtener un corte cabeza de horquilla. En la Figura 53 se muestran los cortes y cotas para realizar una correcta cabeza de horquilla, como dato se tiene que el valor de (a) diámetro del eje es de 12 mm y se omitirán los valores  $D_3$  y  $D_2$  ya que no se colocarán sujeciones de rosca en los ejes de las patas.

**Figura 52***Ejes con terminado en punta***Figura 53***Corte de cabeza de horquilla*

Con el valor de (a) se procede a buscar en la Figura 54 el resto de los valores para realizar la cabeza de horquilla según la norma indicada.

**Figura 54**

*Tabla de valores de cabeza de horquilla*

$d_{1h11}$	$l_1$	$d_2$	<b>a</b>	<b>b</b>	$d_3$	$l_2$	$l_3$	$l_4$
4	8	M 4	8	4	8	16	21	6
5	10	M 5	10	5	9	20	26	75
<b>6</b>	<b>12</b>	<b>M 6</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>9</b>
8	16	M 8	16	8	14	32	42	12
10	20	M 10	20	10	18	40	52	15
12	24	M 12	24	12	20	48	62	18
14	28	M 14	27	14	24	56	72	225
16	32	M 16	32	16	26	64	83	24

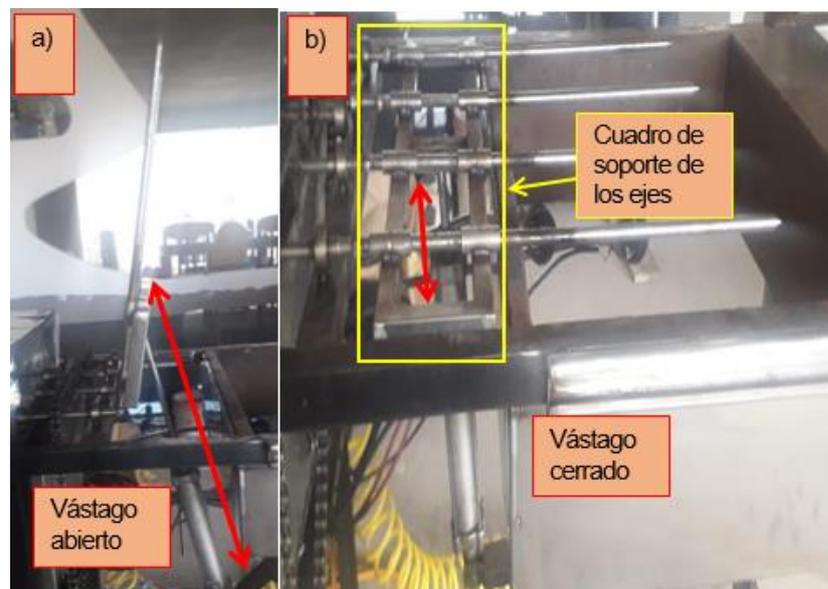
*Nota.* Tomado del folleto de Hanser

### **Colocación del cilindro neumático**

La culata trasera del cilindro neumático se coloca en la base construida de la mesa de trabajo, como se indicó en la Figura 48 .En la Figura 55 a) se indica la posición de los ejes para realizar la inserción de las patas de ganado, el cilindro neumático está con el vástago fuera de la camisa del cilindro, en la Figura 55 b) se indica que el vástago del cilindro neumático se contrajo, por consecuencia los ejes de las patas están en posición ideal para dar inicio al proceso de giro y quemado del pelaje de las patas, el extremo final del vástago es unido a un cuadro en el que se apoyan los 4 ejes indicados.

**Figura 55**

*Colocación del pistón neumático*

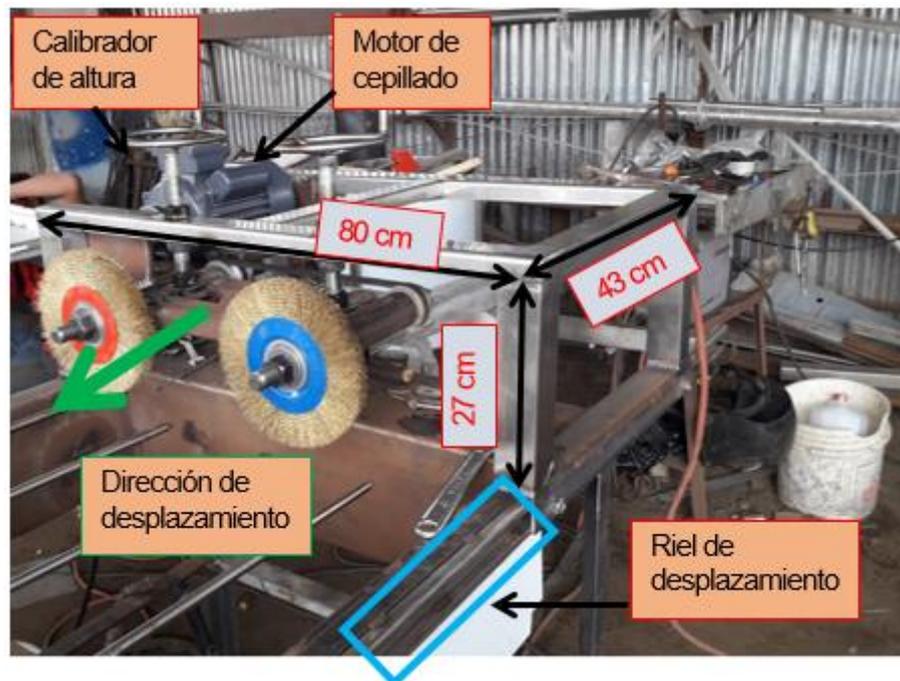


## Construcción de la cepilladora

Se ensambló una estructura rectangular con tubo cuadrado con las siguientes medidas: 80 cm de largo, 43 cm de ancho y 27 cm de alto, en la parte superior izquierda de la estructura se colocó el motor de cepillado y en la parte inferior se colocó un ángulo en C el cual servirá como riel de desplazamiento, como se indica en la Figura 56, también se puede observar el calibrador de altura de los cepillos que se explicará más adelante.

### Figura 56

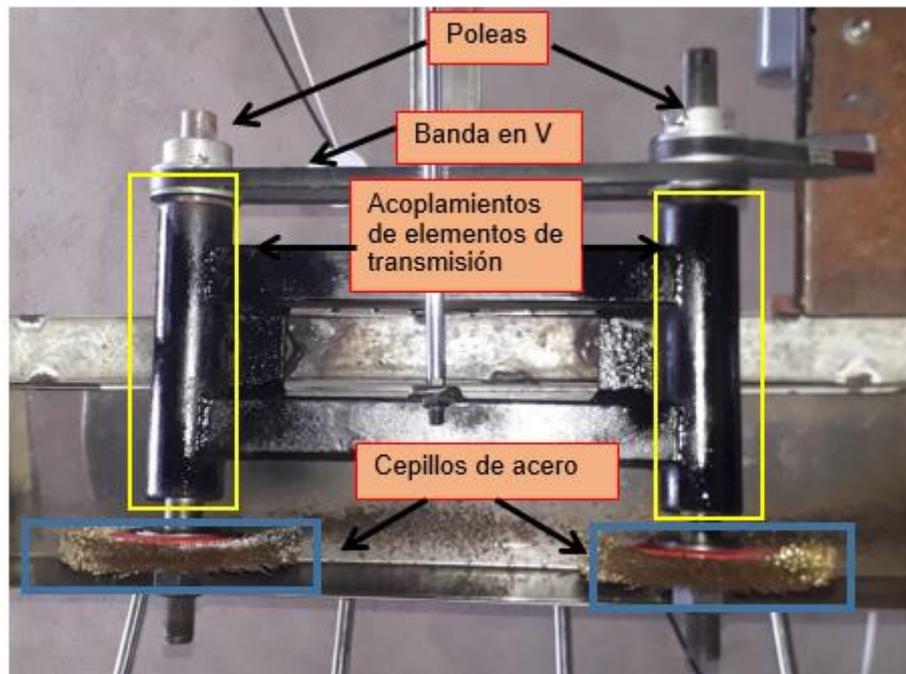
*Construcción de la cepilladora*



Para transmitir la potencia por parte del motor de cepillado hacia los cepillos de acero se realizan 2 ejes denominados acoplamientos entre elementos de transmisión y se coloca una banda en V con sus respectivas poleas. En el otro extremo de los acoplamientos se colocarán los cepillos de aceros seleccionados en el capítulo 2, como se indica en la Figura 57.

**Figura 57**

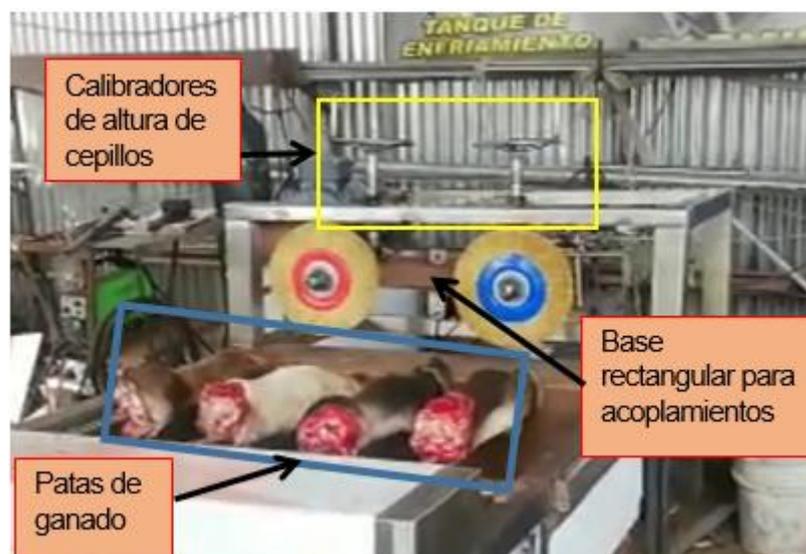
*Construcción de acoplamientos de elementos de transmisión*



A estos acoplamientos se les fijará una base rectangular teniendo como resultado un solo cuerpo de cepillado mostrado en la Figura 58, adicionalmente al cuerpo de cepillado se le añaden 2 tubos roscado que permitirán calibrar la altura adecuada para que este entre en contacto con el cepillo de acero y el pelaje de la pata de ganado.

**Figura 58**

*Cuerpo de cepillado*

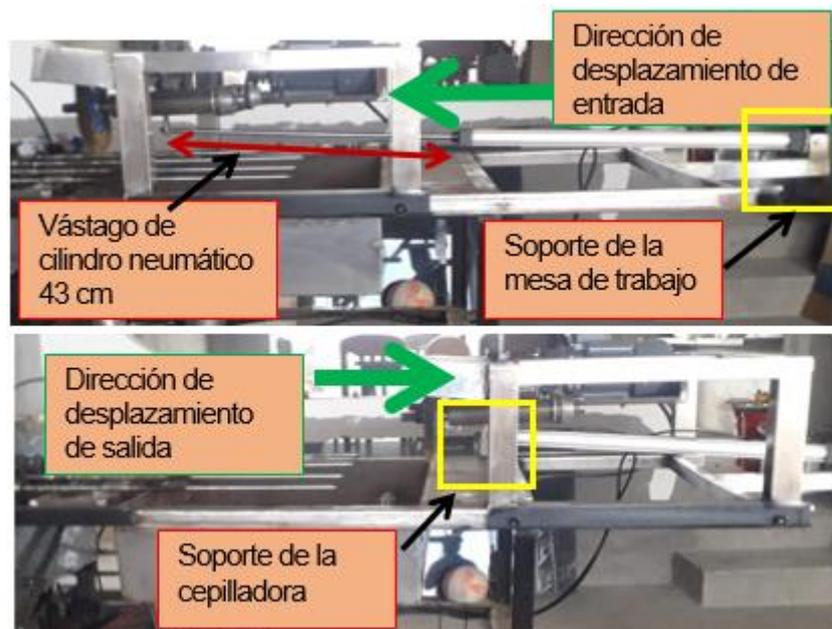


### **Colocación de pistón para empuje de la cepilladora**

El cilindro neumático se coloca entre el soporte de la estructura de la mesa de trabajo y el soporte de la cepilladora como se indica en la Figura 59, el cilindro neumático tiene un vástago de 63 cm apropiado para que cubra todo el largo de la pata de ganado que se va a limpiar.

#### **Figura 59**

*Movimiento de entrada y salida de la cepilladora.*

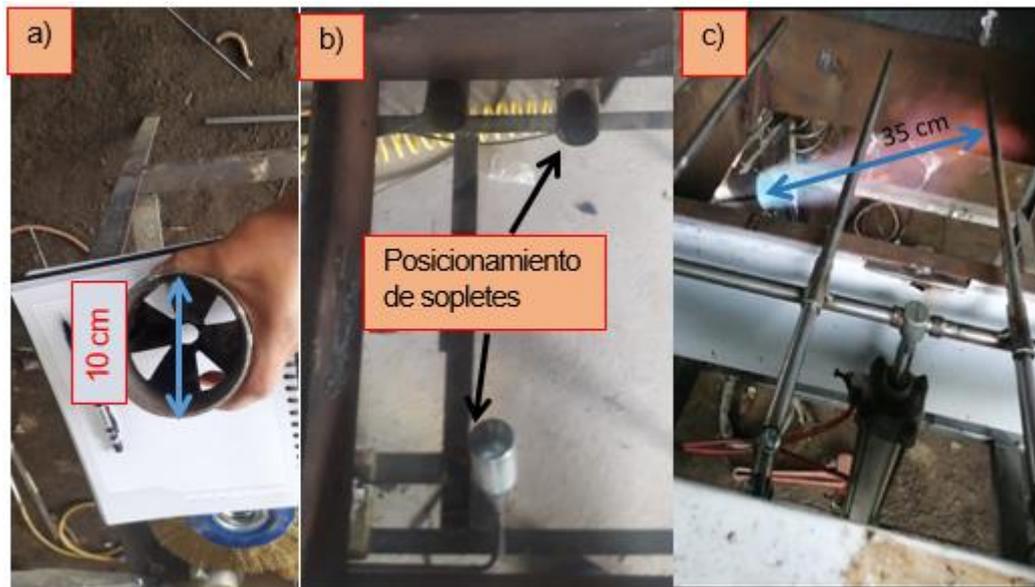


### **Construcción de los sopletes**

Para la construcción de los sopletes por cálculos de ingeniería se tiene, el valor del diámetro del soplete y del inyector que se realizó en el capítulo 2 y se indica en la Figura 60 a). Se colocan 2 sopletes a cada extremo de la estructura para que la llama que genera cada soplete logre quemar el pelaje de 2 patas a la vez indicado en la Figura 60 b). Se coloca el soplete desde la parte inferior de la estructura tomando en consideración que la distancia de la llama del soplete a la pata sea de 35 cm para alcanzar 830°C, como se muestra en la Figura 60 c).

## Figura 60

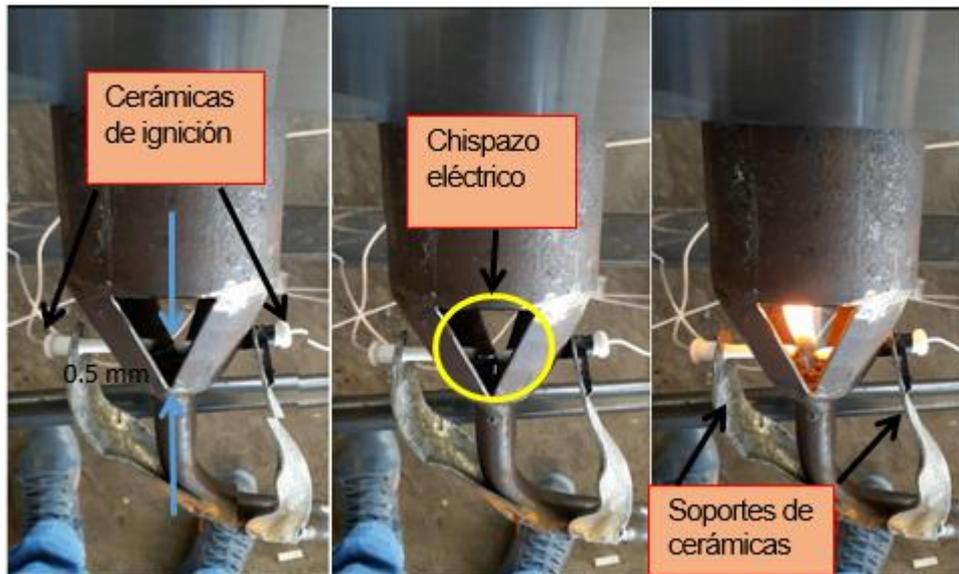
*Elaboración y colocación del soplete según el diseño*



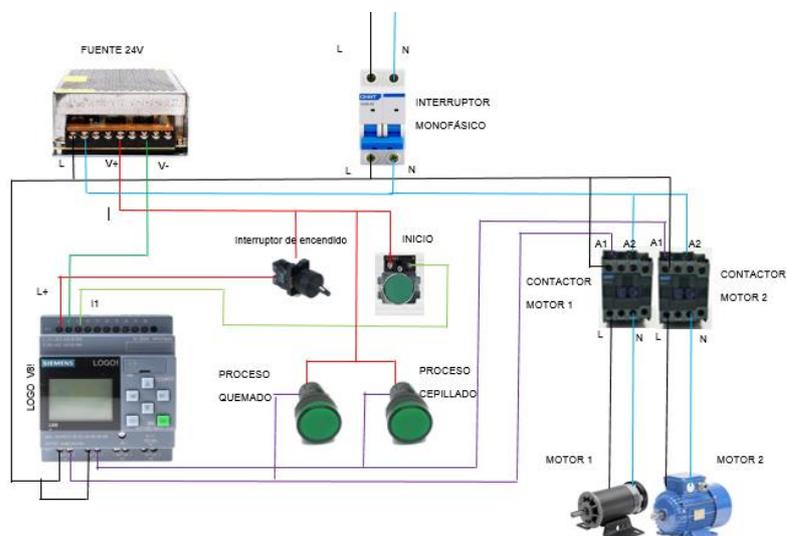
Para realizar las conexiones de las tuberías que transportan el gas GLP, se consideró la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2260 y la NTE INEN 2494, los cuales hablan de los requisitos técnicos y las medidas de seguridad mínima para diseñar, construir, ampliar, reformar, revisar y operar las instalaciones para la entrega de gas.

### ***Implementación del encendido eléctrico***

El posicionamiento de las cerámicas en los sopletes es de 0.5 mm de distancia con respecto al inyector para generar la chispa y que se pueda prender la llama, como se muestra en la Figura 61.

**Figura 61***Posicionamiento de cerámicas***Construcción del sistema de control eléctrico****Diagrama eléctrico de funcionamiento**

En la Figura 62 se indica la conexión del controlador Logo V8! con la activación del motor 1 y motor 2. Las luces piloto indican la activación del proceso de chamuscado y proceso de cepillado respectivamente.

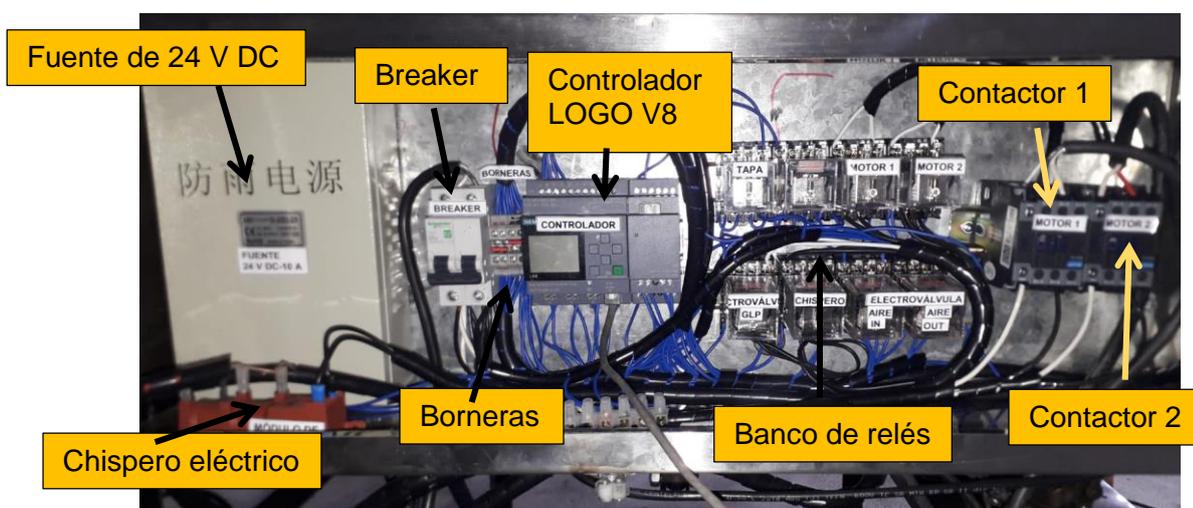
**Figura 62***Esquema de control de LOGO V8! con motor 1 y motor 2*

### Construcción del tablero de control

Para construir el tablero se basó de la norma técnica NEMA 250, en el tablero de control se encuentran: controlador LOGO Siemens, borneras para riel, riel, contactor, espiral 3/8, plaquetas, pulsadores, luces piloto, parada de emergencia, cables, como se observa en la Figura 63.

**Figura 63**

*Parte interna del tablero de control*



En la Figura 64 se puede observar la parte externa del tablero de control con sus respectivas señalizaciones de cada proceso según está establecido en la norma de tableros NEMA 250.

**Figura 64**

*Parte externa del tablero de control*



## Implementación del sistema neumático

Para el uso adecuado del sistema neumático en la máquina limpiadora de patas de bovinos se tomó en consideración la norma EN ISO 4414 Sistema neumáticos de máquinas. Los sistemas neumáticos de la máquina descrita, consumen 358 litros por día, por tal consumo la máquina es catalogada como industrial y se recomienda un compresor de 1 HP con capacidad de almacenaje de 50 litros. Por facilidad y disposición de herramientas en la Figura 65 se indica el compresor y la unidad de mantenimiento que abastecerá a la máquina limpiadora de patas. Las características del compresor son las siguientes:

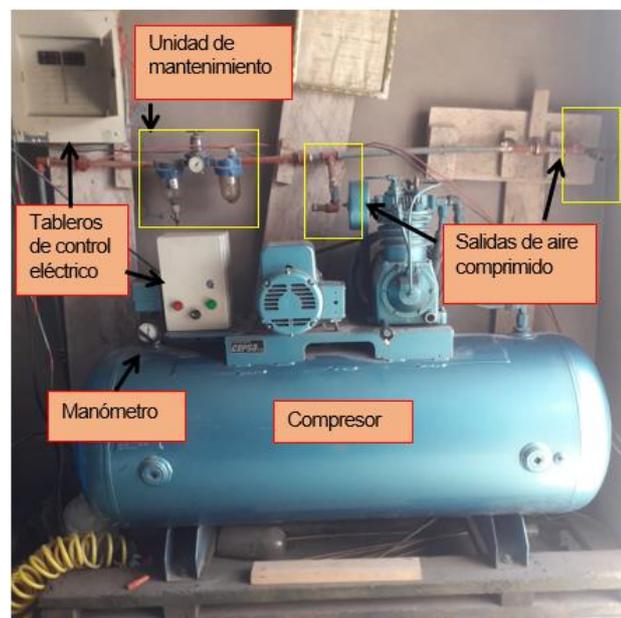
Marca: Kellogg American

Capacidad de almacenamiento: 454 litros

Motor: 3 HP

### Figura 65

*Unidad de alimentación neumática*



## Implementación de cámara de monitoreo y control de calidad

En la selección de conceptos se determinó que el software para el control de calidad es Python y la cámara que monitorea y capta las imágenes para su validación es la cámara

argón Tech. Se consideran varios criterios como es la colocación de la cámara y la pantalla para el control de calidad.

### **Cámara**

La cámara debe captar las 4 patas que se limpiaron con la máquina y evitar la exposición directa con el fuego de los sopletes para no dañar sus componentes. Se conoce el campo de visión (FOV) que es  $120^\circ$ , el rango de lente es de 1,2 cm y se debe observar las 4 patas simultáneamente que tiene un área de 70x55cm, la ubicación será en la parte superior de la máquina. Para calcular la altura de la cámara se divide el ancho del área de visualización (70 cm) para el rango de lente (1.2 cm) dando como resultado 58 cm que es la altura a la que se debe colocar la cámara, como se indica en la Figura 66.

### **Figura 66**

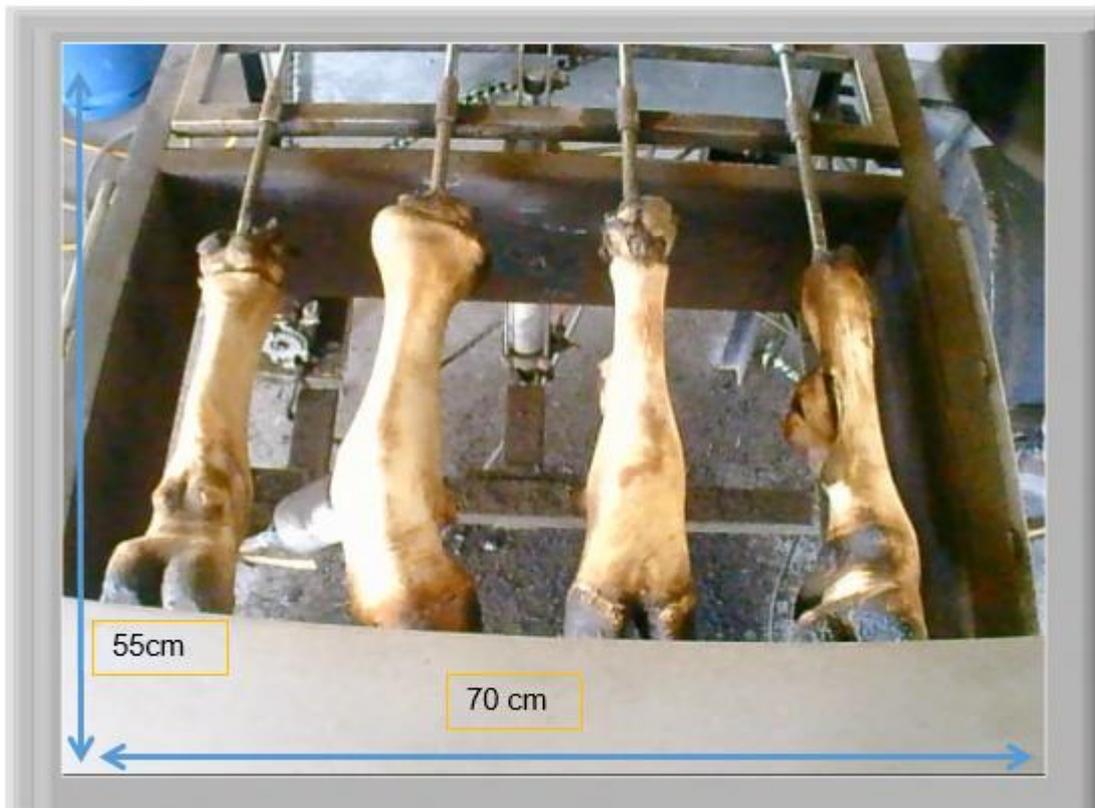
*Ubicación de la cámara argón Tech*



En la Figura 67 se observa el área de visión que tiene la cámara con respecto al objeto a identificar, en este caso las 4 patas cumplen con un área de 70 x 55 cm.

**Figura 67**

*Amplitud de visión de la cámara*

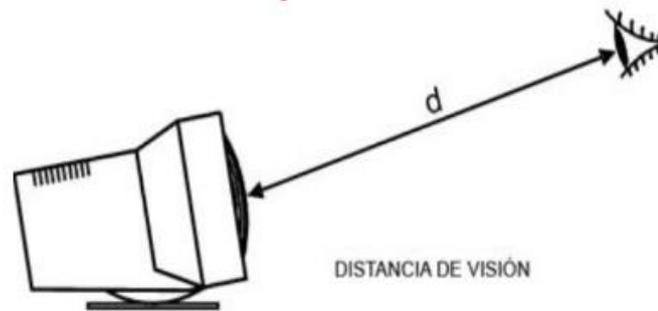
***Pantalla de visualización***

Se toma como referencia el manual de Normas Técnicas para el diseño ergonómico con pantallas de visualización ISO 9241, el cual facilita al operario de la máquina realizar el control de la calidad y resguardar su salud en base a los siguientes criterios.

-Distancia de visión. Para tareas habituales la distancia de visión ( $d$ ), no debe ser inferior a 400 mm. (Rubio Ruiz, 1997), como se indica en la Figura 68.

### Figura 68

*Distancia de visión de pantalla*



*Nota.* Tomado de (manual de Normas Técnicas para el diseño ergonómico con pantallas de visualización, 1997).

### **Calidad de la pata**

En la Figura 69 se indica 2 tipos de calidades de limpieza de las patas de ganado bobino, la calidad se identificará por el color que tengan las patas, la Figura 69 a) indica calidad buena con un color blanco cascarrón o blanco hueso y b) indica calidad mala que es de color negro.

### Figura 69

*Tipos de calidad de limpieza de una pata de ganado bovino*



### Elaboración del HMI en Python

El HMI monitorea la producción donde indica si el proceso de limpieza de las patas terminó con una calidad óptima finaliza el proceso, caso contrario éste deberá volver a repetir un paso de chamuscado y cepillado.

En la Figura 70 se muestra el entorno del HMI donde se visualizan 4 indicadores correspondientes a cada pata, la Pata 1 corresponde a la primera del lado izquierdo y así sucesivamente hasta llegar a la Pata 4 que está al final del lado derecho.

En cada sección de pata se indica si al finalizar la limpieza la pata tiene una calidad aceptable o no.

### Figura 70

Entorno de control de calidad en Python



Se configuró el control de calidad con software Python para que detecte dos tipos de calidades. Calidad buena con el color blanco y calidad mala con el color negro en la Figura 71 se indica que las 4 patas tienen una calidad buena.

Figura 71

Calidad buena de la limpieza de patas de ganado



A continuación se procede a corroborar la detección de una pata con buena calidad, en cada posición donde se coloca la pata N1, pata N2, pata N3 y pata N4 como se indica en la Figura 72, Figura 73, Figura 74 y Figura 75 respectivamente.

Figura 72

Detección de buena calidad en pata N1



Figura 73

*Detección de buena calidad en pata N2*



Figura 74

*Detección de buena calidad en pata N3*



Figura 75

Detección de buena calidad en pata N4



A continuación se realizan diferentes posibles combinaciones de detección de calidades en patas, en la Figura 76 se indica pata N1 con mala calidad y el resto con buena calidad.

Figura 76

Calidad mala de la limpieza de patas de ganado



En la Figura 77 se indica pata N2 con mala calidad y el resto con buena calidad.

### Figura 77

*Detección de pata N2 con mala calidad y el resto buena calidad*



En la Figura 78 se indica pata N3 con mala calidad y el resto con buena calidad.

### Figura 78

*Detección de pata N3 con mala calidad y el resto buena calidad*



En la Figura 79 se indica la pata N1 y la pata N2 con buena calidad y la pata N3 y pata N4 con mala calidad.

### Figura 79

*Detección de pata N1 y pata N2 con buena calidad y el resto mala calidad*

Control de calidad

 **ESPE** DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

 **MECATRÓNICA**  
ESPE - LATACUNGA

**CONTROL DE CALIDAD LIMPIEZA DE PATAS DE BOVINOS**

**DETECCION DE PATAS**

	ACEPTABLES	
	SI	NO
PATA N°1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PATA N°2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PATA N°3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PATA N°4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



## Capítulo IV

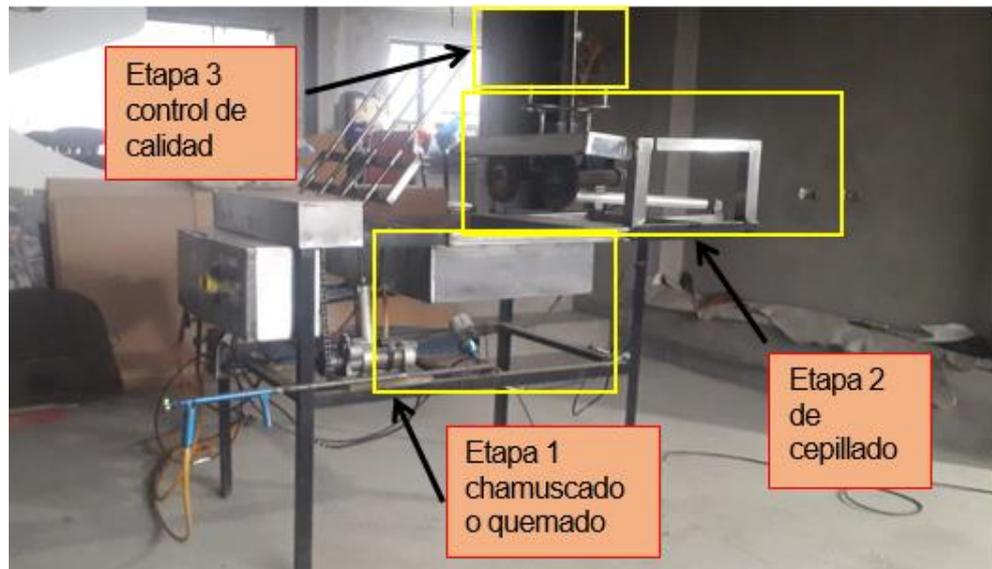
### Pruebas y resultados

En el presente capítulo se evaluará el correcto funcionamiento de la máquina de limpieza de patas de bovinos con línea de fuego, se realizarán 4 pruebas para cada sistema que lo constituyen y al final una prueba con la integración de todas las etapas en conjunto.

En la Figura 80 se observa la máquina integrada con las 3 etapas, la etapa 1 de chamuscado de las patas, la etapa 2 de cepillado y la etapa 3 el control de calidad.

#### Figura 80

*Integración las etapas de limpieza de patas de bovinos*



Primero se evaluará el proceso de control de calidad, ya que este depende de un buen proceso de cepillado y el proceso de cepillado depende de un buen proceso de chamuscado.

#### Pruebas de control de calidad

En estas pruebas se verifica si el control de visión detecta la calidad de limpieza de cada pata, para esto se forzó al sistema de limpieza para su comprobación. En la Tabla 11 se indica Buena calidad (B) y mala calidad (M), de 4 procesos de limpieza se colocará el signo (+) si detectó la calidad de la pata caso contrario se marcará (-) si no la detectó.

**Tabla 11**

*Pruebas de control de visión y calidad de patas en la máquina limpiadora*

<b>N proceso</b>	<b>Pata 1</b>	<b>Detec ción</b>	<b>Pata 2</b>	<b>Detec ción</b>	<b>Pata 3</b>	<b>Detec ción</b>	<b>Pata 4</b>	<b>Detec ción</b>	<b>% efecti vidad</b>
<b>1</b>	B	+	B	+	B	+	B	+	100
<b>2</b>	B	+	M	+	B	+	B	-	75
<b>3</b>	B	-	B	+	M	+	B	+	75
<b>4</b>	B	+	M	+	B	+	M	-	75

Como resultado se tiene que el control de calidad sí identifica cada calidad de pata en los 4 procesos diferentes. Dando un promedio del 81.25% de efectividad en el reconocimiento de las calidades de las patas luego de finalizar el proceso de limpieza.

### **Pruebas de sistema neumático de cepillado**

Para obtener una buena calidad de limpieza de patas de ganado, el cepillado debe ser de forma lenta para que las cerdas del cepillo de acero entren en contacto con la pata chamuscada sobre toda la superficie y así no tener espacios sin cepillar. La acción del movimiento no debe tener un impacto fuerte en los soportes del cilindro.

Para evaluar la máquina en condiciones de operación con carga se realizó 3 procesos de limpieza de patas con las siguientes presiones: 30 psi, 42 psi y 90 psi, se tomó como referencia 90 psi como indica la norma de uso de presión de herramientas neumáticas. En la Tabla 12 se indican los resultados obtenidos.

**Tabla 12**

*Pruebas de rango de presiones de operaciones vs ciclo*

<b>Acción de cilindro</b>	<b>Presión de aire (psi)</b>	<b>Peso (kilogramo kg)</b>	<b>Tiempo (segundos)</b>
<b>Cilindro 2</b>	90	24	11.1
<b>Cilindro 2</b>	42	24	20
<b>Cilindro 2</b>	10	24	40.5

El funcionamiento del cilindro neumático con la presión de aire más adecuada es con 10 psi, dando un movimiento lento al ingreso y salida de la cepilladora con un tiempo de 2 minutos por ciclo, este tiempo cumple el objetivo de cepillar toda la superficie de la pata y

tener un posicionamiento suave en los soportes del cilindro neumático. Por otra parte al usar 90 y 42 psi el cilindro neumático trabajó de una manera muy rápida, brusca y no logró cepillar toda la superficie de la pata.

### **Pruebas de la etapa de cepillado**

En la Figura 81 se indica una pata cepillada la cual será el 100% de efectividad del proceso de cepillado.

#### **Figura 81**

*Cepillado correcto de una pata de bovino*



#### **Eficiencia de cepillado**

En la Tabla 13 el tesista indica el porcentaje de efectividad que produce el cepillado a las patas por parte de la máquina, tomando como referencia la Figura 81 que es un correcto cepillado. En la Figura 82 se indican las patas de bovino luego de ser cepilladas por la máquina.

#### **Figura 82**

*Etapa de cepillado de la máquina*



**Tabla 13**

*Porcentaje de eficiencia del cepillado de la máquina*

<b>N proceso</b>	<b>Pata 1 (%)</b>	<b>Pata 2 (%)</b>	<b>Pata 3 (%)</b>	<b>Pata 4 (%)</b>	<b>Total (%)</b>
<b>1</b>	35	30	20	46	32.75
<b>2</b>	30	18	32	17	24.25
<b>3</b>	38	31	27	22	29.5
<b>4</b>	20	22	12	40	23.5

Como resultado luego de realizar 4 procesos de cepillados en la Tabla 13 indica que el porcentaje de efectividad de esta etapa es del 27.5%, donde se considera que la etapa no funciona correctamente.

La herramienta que se recomendó en la selección de herramientas es el Nylon abrasivo, pero al no existir la disponibilidad en el mercado se optó por utilizar el cepillo con cerdas de acero.

### **Pruebas de la etapa de chamuscado**

Luego de realizar el cepillado, se considera el tiempo de chamuscado e incinerado del pelaje de las patas para lo cual cada pelaje se incinera a distinto tiempo dependiendo del tipo de pelaje que se encuentre la pata. Existen patas de sierra, costa y oriente, la mayoría de las patas se encuentran mojadas, secas o con restos de suciedades por lo tanto, en la Tabla 14 se tomará el tiempo que se demoran en incinerar cada tipo de pata y se sacará un promedio. Verificando un tiempo adecuado para su incineración de pelaje y evitando su cocción.

En la Figura 83 se indica los tipos de patas a chamuscar, observando de Izquierda a derecha se tiene: pata de la costa mojada, pata de sierra seca, y pata del oriente mojado.

**Figura 83***Tipos de pelaje de patas para chamuscar***Tabla 14***Tiempo de chamuscado de patas*

<b>Calidad de chamuscado</b>							
<b>N tan das</b>	Condición de pelo		Color de pelaje	Tiempo de quemado (minutos)		Tiempo total de quemado	Coc ción
	Región	Estado	Ingreso	chamuscado	Incine rado		
<b>1</b>	Costa	Mojado	Café	4.34	4.23	8.57	No
<b>2</b>	Sierra	Seco	Blanca	3.52	3.48	7.40	No
<b>3</b>	Oriente	mojado	Blanco/negro	4.38	4.25	9.03	No
			Promedio de tiempo	4.08	3.98	4.03	

La pata de la costa y oriente que están con pelaje mojados son las patas que mayor tiempo se demoran en chamuscar, el tiempo promedio de chamuscado de pelaje es de 4.03 minutos, cuando el pelaje de la pata esta mojado o seco y para el incinerado el tiempo promedio es de 3.98 minutos. En la Figura 84 se observa el color negro de las patas para ser cepilladas, siendo este color negro el 100% de un correcto chamuscado.

## Figura 84

*Incineración correcta del pelaje*



### **Eficiencia de chamuscado**

En la Tabla 15 se indica cuál es el porcentaje que la máquina ha logrado chamuscar las patas, la ponderación lo realiza el tesista considerando que una pata bien chamuscada al 100% es como se muestra en la Figura 84.

**Tabla 15**

*Porcentaje de eficiencia de chamuscado de la máquina*

<b>N proceso</b>	<b>Pata 1 (%)</b>	<b>Pata 2 (%)</b>	<b>Pata 3 (%)</b>	<b>Pata 4 (%)</b>	<b>Total (%)</b>
1	95	96	98	96	96.25
2	96	98	95	97	96.5
3	94	93	96	95	94.75
4	90	95	94	99	94.5

Como resultado de la Tabla 15 la máquina chamusca las patas en un 94.5% determinando que esta etapa se cumple satisfactoriamente.

### **Sistema de ignición**

En la Tabla 16 se evalúa el sistema de ignición que consta del accionamiento del chispero, la apertura de la válvula solenoide y encendido de la flama en el soplete. Se

realizan 10 pruebas y si se prende correctamente los sopletes se marcará con (+), caso contrario se colocará la marca (-), cuando no se prenda la flama de los sopletes.

**Tabla 16**

*Pruebas de encendido*

<b>Sistema de ignición</b>				
<b>N pruebas</b>	Tiempo (segundos)	Válvula solenoides	Encendido de sopletes	
			Soplete 1	Soplete 2
<b>1</b>	3.3	+	+	+
<b>2</b>	3.48	+	+	+
<b>3</b>	3.51	+	+	+
<b>4</b>	3.39	+	+	+
<b>5</b>	3.21	+	+	-
<b>6</b>	3.53	+	+	+
<b>7</b>	3.65	+	-	+
<b>8</b>	3.32	+	+	+
<b>9</b>	3.24	+	+	+
<b>10</b>	4.39	-	-	-
<b>Promedio</b>	3.50			
<b>Efectividad</b>		90%	80%	80%

Los resultados de la Tabla 16 indican que la válvula solenoide tiene una efectividad del 90% considerando que la falla de no encender puede ser por algún factor externo como: una caída de tensión en la red eléctrica. El encendido de los sopletes según el tiempo que se cronometró tarda 5 segundos en realizar su encendido pero, por seguridad se dispone dejar encendido el chispero por 15 segundos.

### **Pruebas de funcionamiento integrado**

#### **Evaluación de la máquina de limpieza de patas.**

Para realizar las pruebas se evaluarán a 4 personas diferentes con los siguientes niveles de conocimiento del tema de limpieza de patas: Nivel 1 = novato, Nivel 2 = aprendiz, nivel 3 = practicante y Nivel 4 = maestro artesano.

A cada persona se le evaluará realizando el proceso artesanal y con la máquina, donde se limpiarán 4 patas y se considerará el tiempo que demoran, el peso del cilindro de

gas al inicio y al final de cada proceso y el orden de las personas es de mayor a menor experiencia de limpieza de patas.

En el proceso artesanal, el tiempo de inicio se toma desde que el operario trata de insertar la pata en la varilla y finaliza cuando el artesano aprueba o no la calidad de las 4 patas limpias. En el proceso de la máquina el tiempo de inicio se toma desde que el operario trata de insertar la pata en el eje y finaliza cuando el control de calidad aprueba o no la limpieza de las 4 patas.

En la Tabla 17 se indica los tiempos que se demoran en colocar las patas en sus respectivos ejes para empezar el proceso de limpieza de las dos formas descritas anteriormente.

**Tabla 17**

*Tiempos para acomodar las patas en los ejes de limpieza, artesanal vs máquina*

<b>Acomodar las patas en los ejes</b>			
<b>N</b>	Nivel	Forma artesanal	En La máquina
<b>Proceso</b>	persona	Tiempo (min)	Tiempo (min)
<b>1</b>	4	3.55	3.21
<b>2</b>	3	5.34	4.1
<b>3</b>	2	6.34	3.56
<b>4</b>	1	6.45	4.25
<b>Promedio total</b>		5.42	3.58

Como resultado de la Tabla 17 se tiene un promedio de 4 minutos para acomodar las patas en los ejes de la máquina, esto se debe a la incomodidad, experiencia y fuerza que requiere el operario al momento de su inserción por las venas medias.

### **Etapa de chamuscado**

#### ***Tiempo de etapa de chamuscado artesanal vs máquina***

En la Tabla 18 se muestra el tiempo que se demoran en chamuscar las patas del proceso artesanal vs la máquina. Se determina un valor (%) de ahorro de tiempo entre los

dos procesos. Si el valor es mayor al 20% se indica que el proceso de la máquina es mejor que el proceso artesanal, caso contrario se dice que es un peor proceso.

**Tabla 18**

*Tiempos de quemado del proceso artesanal vs máquina*

<b>Etapa de chamuscado</b>						
<b>N Proceso</b>	Nivel persona	Chamuscado artesanal		Chamuscado máquina		
		Tiempo (min)	Porcentaje %	Tiempo (min)	Porcentaje %	% ahorro de tiempo
<b>1</b>	4	11,20	90	8	94	40
<b>2</b>	3	13,45	92	8	96	68,12
<b>3</b>	2	14,50	95	8	97	81,25
<b>4</b>	1	14,10	90	8	99	76,25
<b>Promedio total</b>		13,31	91,75	8	96,5	66,41

Como resultado de la Tabla 18 se dice que la máquina tiene un porcentaje de efectividad en el chamuscado de las patas del 96,5% y además se tiene un ahorro de tiempo del 66.41% indicando que la máquina realiza un mejor proceso de chamuscado.

### ***Pesos de los cilindros de gas***

Se evalúa el consumo de los dos cilindros de gas de cada proceso, tomando el peso antes de iniciar un proceso y otro luego de culminar el proceso. El objetivo de estas mediciones es determinar cuál de los dos procesos consume mayor cantidad de GLP, los datos de los pesos se indican en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Peso de los cilindros de gas del proceso artesanal vs máquina*

<b>Proceso</b>	<b>nivel</b>	<b>Proceso artesanal</b>				<b>Proceso de máquina</b>			
		Tanque 1 (kg)		Tanque 2 (kg)		Tanque 1 (kg)		Tanque 2 (kg)	
		Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
<b>1</b>	4	14.28	12.04	14.42	12.18	14.88	13.34	14.50	12.96
<b>2</b>	3	12.02	9.78	12.17	9.93	13.33	11.79	12.95	11.41
<b>3</b>	2	9.77	7.39	9.93	7.55	11.78	10.24	11.41	9.87
<b>4</b>	1	7.37	4.87	7.54	5.02	10.24	8.7	9.87	8.33

En la Tabla 20 se indica el promedio que consume cada cilindro de gas del proceso artesanal y del proceso de la máquina, también se determina el porcentaje de ahorro del consumo de GLP de la máquina vs el proceso artesanal.

**Tabla 20**

*Promedio de consumo de gas del proceso artesanal vs máquina*

<b>Proceso</b>	<b>Proceso artesanal</b>		<b>Proceso de máquina</b>		<b>% ahorro de GLP con máquina (%)</b>
	Tanque 1 (kg)	Tanque 2 (kg)	Tanque 1 (kg)	Tanque 2 (kg)	
<b>1</b>	2.24	2.24	1.54	1.54	31.25
<b>2</b>	2.24	2.24	1.54	1.54	31.25
<b>3</b>	2.38	2.38	1.54	1.54	35.3
<b>4</b>	2.5	2.5	1.54	1.54	34.19
<b>Consumo total</b>	9.36	9.36	6,16	6.16	33
<b>Promedio</b>	2.34	2.34	1.54	1.54	34.18

El proceso artesanal limpiando 16 patas de ganado consumió 18.42 kg de GLP y en el proceso de la máquina se consumió por 16 patas 12.32 kg de GLP, esto quiere decir que usando la máquina limpiadora de patas se ahorra un 34.18% de GLP a comparación del proceso artesanal.

Como resultado de la etapa de chamuscado entre el proceso artesanal vs la máquina, el proceso artesanal requiere mayor esfuerzo físico, tiempo y experiencia por parte del operario para un correcto chamuscado, en cambio con la máquina se reduce el esfuerzo físico, exposición prolongada al calor del operario, tiempo y consumo de GLP.

### **Etapa de cepillado**

#### ***Tiempo de etapa de cepillado artesanal vs máquina***

En la Tabla 21 se muestra el tiempo que se demoran en cepillar las patas del proceso artesanal vs la máquina. Se determina un valor (%) de ahorro de tiempo entre los dos procesos de cepillado de la pata.

**Tabla 21***Tiempo de cepillado artesanal vs máquina*

<b>Etapa de cepillado</b>					
<b>N Proceso</b>	Nivel persona	Cepillado artesanal		Cepillado máquina	
		Tiempo min	Porcentaje de limpieza%	Tiempo min	Porcentaje de limpieza%
<b>1</b>	4	6,43	95	10,32	32,75
<b>2</b>	3	6,56	94	11,27	24,25
<b>3</b>	2	7,32	92	11,02	29,5
<b>4</b>	1	8,47	90	12,2	23,5
<b>Promedio total</b>		7,20	92,75	11,20	27,5

Como resultado de la Tabla 21 se tiene, que la efectividad del cepillado de la máquina es de un 27.5%, esto quiere decir que no genera un buen cepillado. Esto se debe a que la herramienta de cepillado no es la apropiada como se determinó en la selección de materiales del cepillo a causa de no existir el cepillo de nylon abrasivo disponible en el país. Tampoco existe un tiempo de ahorro ya que al no cumplir con un correcto cepillado se tuvo que realizar la limpieza manualmente.

### **Validación de la hipótesis**

Mediante las pruebas realizadas, con los valores de eficiencia calculada de los procesos de limpieza de patas de ganado en forma artesanal y con la máquina se procede a utilizar el método del chi-cuadrado para validar la hipótesis del presente proyecto, donde se plantea la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

### **Hipótesis**

¿El diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego mejorará la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga?

**Hipótesis nula (Ho)**

Ho= El diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego no mejorará la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga.

**Hipótesis alternativa (Hi)**

Hi= El diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego mejorará la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga.

En la Tabla 22 se indica el valor de porcentaje de efectividad de la máquina en general, la etapa de chamuscado, la etapa de cepillado y ahorro de consumo de GLP donde, se realizó 4 procesos de limpieza de patas de ganado en la máquina.

**Tabla 22**

*Datos para validación de hipótesis*

<b>N Proceso</b>	<b>Efectividad de la máquina general %</b>	<b>Efectividad Chamuscado%</b>	<b>Efectividad de cepillado%</b>	<b>Ahorro de consumo de GLP %</b>
<b>1</b>	54.64	94	34.75	31.25
<b>2</b>	61.5	96	24.75	31.25
<b>3</b>	69.28	97	29.5	35.3
<b>4</b>	69.78	99	23.5	34.19

Se procede a calcular las frecuencias esperadas ( $f_e$ ) y se calcula el chi-cuadrado con la siguiente fórmula:

$$x_{calc}^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde:

$f_o$ =frecuencia de valor observado

$f_e$ = frecuencia de valor esperado

Se calcula el Chi-cuadrado reemplazando datos

$$x_{calc}^2 = 10.73$$

El grado de libertad se calcula con la siguiente fórmula:

$$v = (\text{cantidad de filas} - 1) * (\text{cantidad de columnas} - 1)$$

$$v = (4 - 1) * (4 - 1)$$

$$v = 9$$

Para el análisis y validación de la hipótesis se propone un valor de efectividad del 0.95 y se obtiene el valor de chi-cuadrado en su tabla de distribución.

$$x_{crit}^2 = 14.68$$

Como el valor de chi-cuadrado calculado es menor que el chi-cuadrado crítico, entonces se acepta la hipótesis nula donde el diseño y construcción de una máquina para limpieza de patas de bovinos mediante la utilización de línea de fuego no mejorará la calidad y uso de recursos, en la ciudad de Latacunga.

En conclusión la máquina para la limpieza de patas de ganado bovino con sus 3 etapas de limpieza no son aptos para mejorar la calidad y el uso de recursos, pero por los datos que se obtuvo se puede demostrar que la máquina de limpieza para patas de ganado bovino con línea de fuego sí mejoró el uso de recursos como el GLP, mejor inocuidad en el alimento, se mejoró el espacio de trabajo del operario y menor cansancio físico.

Por las pruebas realizadas individualmente en la etapa de control de calidad se indica que el control detecta si la pata tiene o no una buena calidad, pero al no tener la herramienta adecuada en el proceso de cepillado de la máquina la calidad de las patas son malas.

La etapa de chamuscado de la máquina funciona correctamente ya que en 4 minutos se chamusca el 96.5% de las 4 patas de ganado y con este tiempo se ahorra en el consumo de GLP.

La configuración de la etapa de control de calidad identifica correctamente las patas que están en el proceso y determina si tienen calidad buena o calidad mala con un porcentaje de efectividad del 81.25% en cada proceso.

## Capítulo V

### Conclusiones

- Para el diseño de la máquina limpiadora de patas de ganado bovino con línea de fuego no se encontró ninguna máquina parecida que use el fuego como recurso de limpieza.
- Se recopiló diferentes normas y técnicas, una de las principales es la norma técnica de máquinas o procesadoras de alimentos.
- Se investigó las normas de los percentiles estandarizados, para la construcción de la mesa de trabajo, normas para la inocuidad del alimento y uso adecuado del sistema de distribución de gas.
- Se diseñó un mecanismo que realiza el proceso de limpieza de 4 patas de bovinos, donde se puede operar de manera cómoda, rápida y sin muchos operarios.
- En el diseño de la cepilladora no hubo el cepillo adecuado donde, al no existir la disponibilidad del cepillo requerido no resultó adecuado su diseño.
- Se comprobó que la sujeción de las patas usando ejes incrustados en las venas medias no facilitan al operario su colocación.
- Se diseñó un sistema que permite la distribución adecuada y uniforme de la llama en las 4 patas de la etapa de chamuscado.
- Al ser una máquina única en el mercado se analizó la estructura la cual soporta el peso de todos los sistemas que son necesarios para limpiar las patas de ganado, dando como resultado un diseño aceptable de la estructura.
- Se realizaron cálculos para dimensionar los motores y herramientas que la limpieza de patas requiere y determinar cuál de todas es la más factible para obtener una calidad óptima del producto.

- Se evidenció que el uso de las electroválvulas ON/OFF no son eficientes al momento de realizar el encendido de la llama, ya que la salida de GLP a mucha presión no permite el encendido con el chispero eléctrico.
- Se evidenció que la herramienta de cepillado al no ser ancho y maleable no realiza una limpieza en toda el área de la pata.
- Se implementó una etapa de control de calidad, la cual identifica el color con el que finaliza la pata para saber si tiene buena calidad o no.
- Se utilizó software libre debido a que no requiere un pago y esto disminuye el costo de la máquina.
- Se diseñó un control semiautomático donde se colocó un controlador Logo 8, por su facilidad de manejo, programación y uso industrial, da un correcto funcionamiento a la máquina limpiadora de patas de bovinos.
- Los instrumentos para controlar recursos como el gas y la neumática son un factor importante al momento de considerar una máquina automática, ya que se tiene problemas en el costo de estos instrumentos y su adquisición en el mercado es muy difícil. Por tal razón la máquina es semiautomática.
- Se explicó que la máquina debe estar energizada con 110 voltios AC para el control de fuerzas y a 24 voltios DC para el control de instrumentos, evitando así el accionamiento de actuadores por corrientes parásitas.
- Se evaluó y validó el funcionamiento de la máquina para lo cual se ocupó el método de chi cuadrado donde se obtuvo como resultado la aceptación de la hipótesis nula.
- Se comprobó que el funcionamiento de la máquina en conjunto no cumple con el objetivo de mejorar la calidad y el uso del recurso, pero se demostró que la etapa de chamuscado y control de calidad funcionan correctamente dando un ahorro del recurso de GLP, inocuidad en los alimentos.

- La realización de la máquina favorece a que el operario ya no se exponga a los procesos contaminantes como son: chamuscado y cepillado.

## Recomendaciones

- Se debe indagar otro tipo de recurso para la limpieza de patas de ganado bovino, ya que el uso de GLP limita al diseñador el uso de herramientas no aptas para temperaturas altas.
- Se recomienda el uso de electroválvulas proporcionales de GLP para mejorar el encendido de la llama en forma automática
- Se recomienda diseñar un mecanismo diferente para la sujeción de las patas al momento de chamuscar el pelaje, ya que se requiere de mucho esfuerzo y conocimiento al momento de ingresar la varilla por las venas medias de las patas en el mecanismo de la máquina actual.
- Se recomienda usar otro tipo de cepillos y posicionamiento de los mismos ya que las patas no tienen una forma uniforme y al momento de realizar la limpieza de patas, la cerda del cepillo no logra limpiar con efectividad lugares como las uniones de las pezuñas que son muy incómodos y de difícil accesibilidad.
- Seguir las normas técnicas de uso y adecuaciones de instrumentos donde se use recursos como gases volátiles o GLP, para precautelar la seguridad y vida del operario.
- Se debe considerar el análisis de los cálculos tanto estructurales, de diseño de motores y el diseño de elementos antes de empezar la construcción de la máquina.
- La norma para la construcción de máquinas alimenticias dictamina el uso de aceros inoxidable por tal razón, se debe verificar el costo y disponibilidad de este tipo de material.
- Se recomienda implementar un HMI en la máquina para facilitar el manejo por parte del operario.

- Se recomienda trabajar en lugares abiertos o ventilados, con la finalidad de evitar los gases o impurezas emanados por el proceso.

## Bibliografía

“EL CABELLO: ESTRUCTURA, P. C. (s.f de Septiembre de 2010). *Feandalucia.ccoo*.

Obtenido de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd7484.pdf>

alimentaria, E. u. (27 de Julio de 2020). *CSA - Seguridad Alimentaria*. Obtenido de CSA -

Seguridad Alimentaria: <https://csaconsultores.com/uso-del-acero-inoxidable-la-industria-alimentaria/>

*Área Tecnología*. (2020). Obtenido de

<https://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>

Asturmex, P. (2020). *Puertas Asturmex*. Obtenido de [https://puertasasturmex.com/aislantes-](https://puertasasturmex.com/aislantes-termicos-que-son-y-para-que-sirven/)

[termicos-que-son-y-para-que-sirven/](https://puertasasturmex.com/aislantes-termicos-que-son-y-para-que-sirven/)

Burkert. (s.f.). *Fluid Control Systems*. Obtenido de [https://www.burkert.es/es/Empresa-y-](https://www.burkert.es/es/Empresa-y-carrera/Actualidades/Prensa/Mediateca/Informes-tecnicos/Informes-tecnicos-temas-adicionales/Que-es-una-electrovalvula-y-como-funciona)

[carrera/Actualidades/Prensa/Mediateca/Informes-tecnicos/Informes-tecnicos-temas-adicionales/Que-es-una-electrovalvula-y-como-funciona](https://www.burkert.es/es/Empresa-y-carrera/Actualidades/Prensa/Mediateca/Informes-tecnicos/Informes-tecnicos-temas-adicionales/Que-es-una-electrovalvula-y-como-funciona)

Calorífico, ¿. e. (09 de Septiembre de 2021). *Primagas*. Obtenido de Primagas:

<https://blog.primagas.es/que-es-poder-calorifico>

Carbonell, R. (2019). *Comportamiento de la soldadura TIG en acero inoxidable 304*.

Valencia.

Cesar, G. (s.f). *wordpress*. Obtenido de <https://frigoristas.wordpress.com/cade-simu/>

Cilindro, T. d. (s.f de s.f de 2021). *INDUSTRIAMINERA*. Obtenido de INDUSTRIMINERA:

<https://www.industriaminera.cl/producto/abastible-tipos-de-cilindro/>

conservación, L. a. (23 de Octubre de 2017). *Gasparini*. Obtenido de Gasparini:

<https://www.gasparini.com/es/blog/cual-es-mejor-acero-para-industria-alimentaria/>

Diego, V. (2019). Análisis del almacenamiento en sistemas de gas licuado de petróleo: tanques estacionarios vs. cilindros. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*.

Diken international. (1 de Agosto de 2017). *Diken international*. Obtenido de <http://www.dikeninternational.com/mex/inicio/busqueda.php?buscar=foot+wash&btnmbuscar=Buscar/>

ECUATORIANA, N. T. (2009). *CILINDROS PARA GLP DE USO DOMÉSTICO. VÁLVULAS*. Quito.

Ecuadoriana, N. T. (2015). *Instalaciones de Gases Combustibles para uso Residencial, comercial e Industrial(NTE INEN 2260)*. Quito.

EcuRed. (1 de Agosto de 2017). *EcuRed*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Hidr%C3%B3xido\\_de\\_Sodio](https://www.ecured.cu/Hidr%C3%B3xido_de_Sodio)

EDS Robotics. (15 de Julio de 2020). *EDS Robotics*. Obtenido de <https://www.edsrobotics.com/blog/control-calidad-vision-artificial/>

Flow Chem. (16 de Agosto de 2014). *Flow Chemical*. Obtenido de <https://www.flowchem.com.co/productos/especialidades-sector-carnico/>

Galbarro, H. R. (s.f de s.f de s.f). *Ingemecánica*. Obtenido de Ingemecánica: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html>

Gandhi, M. (2020). *Autycom*. Obtenido de <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/>

Gnali Bocia. (Enero de 2021). *Gnali Bocia*. Obtenido de <https://gnalibocia.es/blog-es/Las-centralitas-y-sus-aplicaciones-en-instalaciones-de-gas-48.html>

Iberica, G. (2016). Gas Control Equipment. *Técnica de corte y soldadura*, 65.

Industrial, N. (14 de Octubre de 2020). *Industrial Vima*. Obtenido de <https://industrialvima.es/2020/10/14/que-es-la-neumatica-industrial/>

inoxidable, C. a. (s.f de s.f de 2020). *Solyman*. Obtenido de Solyman:

<https://www.solyman.com/aprender-a-soldar-acero-inoxidable/>

*Interempresas*. (s.f de s.f de s.f). Obtenido de

<https://www.interempresas.net/Robotica/FeriaVirtual/Producto-Variadores-de-frecuencia-Siemens-Sinamics-V20-161138.html>

Jorge, C. P. (07 de Mayo de 2020). *the food tech*. Obtenido de

<https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/vision-artificial-para-mejorar-la-calidad/>

Koat, A. (s.f de s.f de s.f). *Grupo Industrial Alce, S.A. de C.V.* Obtenido de [www.al-koat.com](http://www.al-koat.com)

La Parmentiere. (2017). Obtenido de <http://www.laparmentiere.com/es/12/terneros/patas-55.html>

M.H.education. (s.f.). *motores electricos*. España.

*Máquinas y Herramientas*. (s.f de s.f de 2018). Obtenido de

<https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-smaw-que-es-y-procedimiento>

Mecanova. (23 de 01 de 2021). *mecanova.es*. Obtenido de <https://mecanova.es/es/empresa>

Medina, L. M. (2009). *evaluacion y rendimeinto en canales de res y de cerdi e impacto economico en la industria carnica*. Caldas.

Milena, N. G. (2017). *PROCESAMIENTO DE PATAS DE BOVINOS EN PLANTAS DE BENEFICIO*. Bogota.

*Ministerio de Energía y Minas*. (26 de Marzo de 2020). Obtenido de

<https://www.rekursosyenergia.gob.ec/el-intercambio-de-cilindros-de-gas-de-uso-domestico-se-puede-realizar-de-forma-gratuita-en-todo-el-pais/>

Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Mexico: Pearson Education.

*new.siemens.* (2023). Obtenido de

<https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/logo.html>

Nirian, P. O. (04 de 05 de 2020). *Control de calidad.* . Obtenido de Economipedia:

<https://economipedia.com/definiciones/control-de-calidad.html>

*NKE CAD Systems.* (2022). Obtenido de [https://www.nke360.es/autodesk-inventor-que-es-](https://www.nke360.es/autodesk-inventor-que-es-y-ventajas/#%C2%BFQue_es_Autodesk_Inventor%E2%80%8B)

[y-ventajas/#%C2%BFQue\\_es\\_Autodesk\\_Inventor%E2%80%8B](https://www.nke360.es/autodesk-inventor-que-es-y-ventajas/#%C2%BFQue_es_Autodesk_Inventor%E2%80%8B)

Peralta, K. (02 de Agosto de 2019). *PCS P Neumatic.* Obtenido de

<https://pcspneumatic.com/2019/08/02/racores-neumaticos-accesorios-de-conexion-y-ensamble/>

Perez, J. C. (15 de Marzo de 2015). *revista lideres.* Obtenido de

<https://www.revistalideres.ec/lideres/consumo-carnicos-ecuador.html>

(2005). *Prevención y control de integrados de la contaminación (IPPC).* España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

PROARCA. (2009). *Manual de Buenas Practicas de Produccion mas limpia.* Guatemala.

Refrigeration., I. I. (2000). Recommendations for chilled storage of perishable products. 220.

Reptil. (11 de 06 de 2021). *GLS Industrias.* Obtenido de

[https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/tableros\\_industriales](https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/tableros_industriales)

Rodriguez, A. (2009). *Cilindros neumáticos.*

S moda. (24 de Junio de 2014). *El Pais.* Obtenido de [https://smoda.elpais.com/belleza/por-](https://smoda.elpais.com/belleza/por-que-deberias-tomar-tus-apuntes-a-mano/)

[que-deberias-tomar-tus-apuntes-a-mano/](https://smoda.elpais.com/belleza/por-que-deberias-tomar-tus-apuntes-a-mano/)

Sensors, R. (2018). *Rechner Sensors.* Obtenido de [https://www.rechner-](https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura)

[sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura](https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura)

Sepúlveda, Alberto Aguilar. (15 de Septiembre de 2011). *Aseragro*. Obtenido de <https://www.aseragro.com/site/ecommerce.productos.detalle.php?idrelacion=79>

Software, C. (2021). *comparasoftware*. Obtenido de <https://blog.comparasoftware.com/unidad-de-mantenimiento/>

SRC. (2020). *Sistema de Regulación y Control*. Obtenido de <https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/>

Ulloa, S. (08 de Abril de 2018). *Publimetro*. Obtenido de <https://www.publimetro.pe/vida-y-estilo/2018/04/09/beneficios-nutritivos-consumir-caldo-patita-72688-noticia/>

*Universidad de Cantabria*. (s.f). Obtenido de <https://sdei.unican.es/Paginas/servicios/software/Labview.aspx>

Velazquez, F. (25 de 04 de 2018). *Rome Co Industrial*. Obtenido de <https://www.romecoindustrial.com/2018/04/25/manguera-neumatica-tubing-neumatico/>

Villalba, C. (2022). *TC*.

wikipedia. (21 de Mayo de 2016). *wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Tanque\\_de\\_gas](https://es.wikipedia.org/wiki/Tanque_de_gas)

Yuridia. (s.f.). *Plaremesa*. Obtenido de <https://www.plaremesa.net/que-es-la-fibra-de-vidrio/>

**Anexos**