



**Diseño y construcción de un sistema de recolección y transporte para residuos de chatarra entre el horno de arco eléctrico (EAF) y el Consteel para la empresa Novacero en la planta Lasso**

Ninahualpa Almachi, Rommel Wladimir

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

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

Ing. Argüello Maya, Edison Oswaldo

22 de Agosto del 2023

Latacunga

## Reporte de Verificación de Contenido

### Document Information

---

Analyzed document	Tesis_Wladimir_Ninahualpa_18_08_2023.docx (D173011489)
Submitted	8/21/2023 11:14:00 PM
Submitted by	Juan Carlos Altamirano
Submitter email	jc.altamirnoc@uta.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	jc.altamirnoc.uta@analysis.urkund.com



.....

**Ing. Argüello Maya, Edison Oswaldo**  
C. C.: 1708903024  
**Director**



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Ingeniería Mecatrónica

### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Diseño y construcción de un sistema de recolección y transporte para residuos de chatarra entre el horno de arco eléctrico (EAF) y el Consteel para la empresa Novacero en la planta Lasso”** fue realizado por el señor **Ninahualpa Almachi, Rommel Wladimir**; 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, 21 de agosto del 2023



Ing. Argüello Maya, Edison Oswaldo  
C. C.: 1708903024



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Ingeniería Mecatrónica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Ninahualpa Almachi, Rommel Wladimir** con cédula de ciudadanía N.º 172584533-1, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Diseño y construcción de un sistema de recolección y transporte para residuos de chatarra entre el horno de arco eléctrico (EAF) y el Consteel para la empresa Novacero en la planta Lasso.”** 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, 21 de agosto del 2023**

.....  
**Ninahualpa Almachi, Rommel Wladimir**

C. C.: 172584533-1

---



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Ingeniería Mecatrónica

**Autorización de Publicación**

Yo, **Ninahualpa Almachi, Rommel Wladimir**, con cédula de ciudadanía N°.172584533-1, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Título: "Diseño y construcción de un sistema de recolección y transporte para residuos de chatarra entre el horno de arco eléctrico (EAF) y el Consteel para la empresa Novacero en la planta Lasso"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 21 de agosto del 2023**

.....  
**Ninahualpa Almachi, Rommel Wladimir**

C. C.: 172584533-1

## **Dedicatoria**

A mis padres y hermano, su confianza en mí me ha impulsado a perseguir mis metas. Sin su apoyo y guía, no habría llegado hasta aquí. Espero que esta titulación les llene de orgullo y les demuestre cuánto significan para mí.

Ninahualpa Almachi, Rommel Wladimir

## **Agradecimiento**

A mis queridos padres y hermano, agradecerles por todo su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y, especialmente, durante mi carrera universitaria. Gracias por estar siempre a mi lado, por su amor, su paciencia y por ser mi zafiro en los momentos difíciles. Los amo profundamente y siempre estaré agradecido por todo lo que han hecho por mí. Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mis queridos amigos que han sido parte fundamental de la universidad. Su apoyo inquebrantable y su aliento constante han sido un pilar en cada paso de este camino. ¡Gracias por ser mi inspiración y por compartir este emocionante viaje juntos!

Un agradecimiento a la empresa Novacero S.A planta Lasso particularmente al Ing. Luis Paredes por brindarme la oportunidad y confianza en el presente proyecto desarrollado. Un agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Edison Arguello, por su valiosa orientación y apoyo durante este proceso. Su experiencia y compromiso han sido fundamentales para el éxito de esta investigación.

Ninahualpa Almachi, Rommel Wladimir

**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>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>15</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>19</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>21</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>22</b>
<b>Capítulo I: Introducción.....</b>	<b>23</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>23</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>25</b>
<b>Justificación e importancia.....</b>	<b>27</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>28</b>
<b><i>Objetivo General.....</i></b>	<b>28</b>
<b><i>Objetivos Específicos .....</i></b>	<b>28</b>



Hipótesis .....	28
VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	28
<i>Variable Independiente</i> .....	28
<i>Variable Dependiente</i> .....	29
Capítulo II: Marco teórico .....	30
Transporte de carga .....	30
Vagón de carga .....	31
<i>Cerrado</i> .....	31
<i>Hopper</i> .....	32
<i>Góndola</i> .....	32
<i>Especial</i> .....	33
<i>Jaula</i> .....	33
Esfuerzo .....	34
Sistemas de descarga .....	35
<i>Modelo Duplex</i> .....	35
<i>Modelo Simplex</i> .....	36
Sistemas de transmisión de potencia .....	36
<i>Cadena</i> .....	37
<i>Engranajes o piñones</i> .....	37
Nomenclatura.....	39
Sistema de transmisión por correa .....	40

<i>Acoplamiento de eje</i> .....	40
<b>Motores eléctricos</b> .....	41
<i>Motores de corriente alterna</i> .....	41
<b>Caja Reductora</b> .....	42
<b>Variador de frecuencia</b> .....	42
<b>PLC- Controladores Lógicos Programables</b> .....	43
<i>Lenguaje Ladder (LD)</i> .....	44
<i>Diagrama en bloques (FBD)</i> .....	44
<b>Sensores industriales</b> .....	44
<b>Tipos de sensores industriales</b> .....	44
<i>Sensores fotoeléctricos</i> .....	44
<i>Sensores de proximidad</i> .....	45
<i>Sensores finales de carrera</i> .....	45
<i>Sensores de movimiento</i> .....	45
<i>Sensores de presión</i> .....	45
<b>Tipos de sensor de proximidad</b> .....	46
<i>Sensores inductivos</i> .....	46
<i>Sensores capacitivos</i> .....	47
<i>Sensores magnéticos</i> .....	48
<i>Sensores por ultrasonidos</i> .....	48
<i>Sensores fotoeléctricos</i> .....	49

Resumen del contenido.....	49
Capítulo III: Diseño.....	51
Requisitos Previos.....	51
Estado actual con el que se recoge la chatarra.....	51
Funciones del coche recogedor de chatarra .....	56
Desarrollo del concepto de la máquina.....	58
Desarrollo del concepto de la canasta .....	58
Desarrollo del concepto del soporte de la canasta (base).....	61
<i>Transmisión mecánica.....</i>	<i>61</i>
<i>Transmisiones por engranes de tornillo sin fin .....</i>	<i>65</i>
<i>Transmisión hidráulica .....</i>	<i>66</i>
<i>Transmisión neumática .....</i>	<i>66</i>
<i>Transmisión eléctrica.....</i>	<i>66</i>
<i>Transmisión electromagnética.....</i>	<i>67</i>
<i>Solución adoptada .....</i>	<i>67</i>
Diseño mecánico .....	73
<i>Caja reductora. ....</i>	<i>74</i>
<i>Selección del Motor.....</i>	<i>74</i>
<i>Cálculo de sistema de transmisión por cadena .....</i>	<i>78</i>
<i>Verificación del diámetro de masas.....</i>	<i>86</i>
<i>Lubricación.....</i>	<i>87</i>

<i>Resultado final del sistema de transmisión</i> .....	88
<i>Cadena</i> .....	88
<i>Rueda menor o piñón</i> .....	88
<i>Rueda mayor o corona</i> .....	88
<i>Lubricación</i> .....	88
<b>Diseño eléctrico</b> .....	89
<i>Selección del conductor</i> .....	89
<i>Selección de interruptor</i> .....	91
<i>Selección de contactor</i> .....	93
<i>Selección del Relé termomagnético</i> .....	94
<i>Selección de variador</i> .....	95
<i>Selección del sensor</i> .....	97
<i>Selección del Hmi</i> .....	99
<i>Selección del PLC</i> .....	101
<i>Centro de gravedad de la canasta para los muñones</i> .....	102
<i>Diseño de los rieles</i> .....	103
<i>Diseño de ruedas</i> .....	105
<i>Diseño del eje del coche recogedor de chatarra</i> .....	107
<i>Diseño de los muñones</i> .....	118
<b>Simulación del recorrido</b> .....	124
<b>Implementación del coche recogedor de chatarra</b> .....	129

<b>Implementación sistema mecánico .....</b>	<b>130</b>
<i>Construcción de la base .....</i>	<i>130</i>
<i>Rieles .....</i>	<i>134</i>
<i>Canasta .....</i>	<i>135</i>
<i>Refuerzos.....</i>	<i>136</i>
<i>Cadena y refuerzos externos.....</i>	<i>136</i>
<b>Implementación sistema eléctrico y electrónico .....</b>	<b>137</b>
<b>Implementación del hmi .....</b>	<b>140</b>
<b>Implementación de la obra civil .....</b>	<b>141</b>
<b>Pruebas de llenado .....</b>	<b>144</b>
<b>Tiempo de llenado de la canasta para prevenir el desborde chatarra .....</b>	<b>147</b>
<b>Funcionamiento del coche recogedor de chatarra.....</b>	<b>149</b>
<b>Capítulo IV: Pruebas y resultados .....</b>	<b>152</b>
<b>Pruebas de funcionamiento .....</b>	<b>152</b>
<i>Pruebas de funcionamiento del coche sin carga.....</i>	<i>152</i>
<i>Pruebas de funcionamiento del coche con carga.....</i>	<i>153</i>
<i>Pruebas de funcionamiento tiempo de desembarque de chatarra .....</i>	<i>154</i>
<b>Prueba del sensor óptico de distancia.....</b>	<b>154</b>
<b>Pruebas de soldadura.....</b>	<b>155</b>
<b>Resultados de la simulación en Inventor .....</b>	<b>158</b>
<b>Disminución de tiempos.....</b>	<b>163</b>

<b>Ahorro de recursos.....</b>	<b>164</b>
<b>Seguridad y salud.....</b>	<b>165</b>
<b>Validación de la hipótesis .....</b>	<b>165</b>
<b>Capítulo V: Discusión, conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>167</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>167</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>168</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>170</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>172</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>176</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Plataforma</i> .....	31
<b>Figura 2</b> <i>Cerrado</i> .....	32
<b>Figura 3</b> <i>Hopper</i> .....	32
<b>Figura 4</b> <i>Góndola</i> .....	33
<b>Figura 5</b> <i>Jaula</i> .....	34
<b>Figura 6</b> <i>Modelo Duplex</i> .....	35
<b>Figura 7</b> <i>Modelo Simplex</i> .....	36
<b>Figura 8</b> <i>Engranés rectos</i> .....	38
<b>Figura 9</b> <i>Nomenclatura engrane recto</i> .....	39
<b>Figura 10</b> <i>Sensor inductivo</i> .....	47
<b>Figura 11</b> <i>Mini cargadora</i> .....	52
<b>Figura 12</b> <i>Pala de la mini cargadora para chatarra</i> .....	53
<b>Figura 13</b> <i>Fosa de chatarra</i> .....	54
<b>Figura 14</b> <i>Espacio en la fosa</i> .....	55
<b>Figura 15</b> <i>Plato recogedor de chatarra</i> .....	55
<b>Figura 16</b> <i>Conceptos preliminares de la canasta</i> .....	59
<b>Figura 17</b> <i>Transmisión por cadena</i> .....	63
<b>Figura 18</b> <i>Engranés cilíndricos rectos</i> .....	64
<b>Figura 19</b> <i>Engranés helicoidales</i> .....	64
<b>Figura 20</b> <i>Engranajes cónicos</i> .....	65
<b>Figura 21</b> <i>Engranaje de tornillo sin fin-corona</i> .....	66
<b>Figura 22</b> <i>Sistema de transmisión optado para el movimiento de la canasta</i> .....	67
<b>Figura 23</b> <i>Diseño de la máquina</i> .....	69
<b>Figura 24</b> <i>Diagrama de bloques general del coche recogedor de chatarra</i> .....	72

<b>Figura 25</b>	<i>Diagrama de bloques del sistema mecánico</i>	73
<b>Figura 26</b>	<i>Factor de servicio</i>	77
<b>Figura 27</b>	<i>Selección de cadena</i>	79
<b>Figura 28</b>	<i>Selección de piñón para potencia transmisible en función de la velocidad</i>	80
<b>Figura 29</b>	<i>Piñón de 17 dientes</i>	81
<b>Figura 30</b>	<i>Engrane características</i>	83
<b>Figura 31</b>	<i>Martin Spk Roller double B met</i>	84
<b>Figura 33</b>	<i>Diagrama del sistema eléctrico y electrónico</i>	89
<b>Figura 34</b>	<i>Opciones de interruptores</i>	91
<b>Figura 35</b>	<i>Variador de frecuencia (VFD)</i>	96
<b>Figura 36</b>	<i>Sensor de distancia óptico</i>	99
<b>Figura 37</b>	<i>Diseño de HMI</i>	101
<b>Figura 38</b>	<i>Centro de gravedad de la canasta</i>	102
<b>Figura 39</b>	<i>Zona destinada a la colocación de los rieles</i>	103
<b>Figura 40</b>	<i>Dimensión de rieles</i>	104
<b>Figura 41</b>	<i>Geometría horizontal del riel</i>	105
<b>Figura 42</b>	<i>Eje y ruedas cónicas</i>	106
<b>Figura 43</b>	<i>Eje motriz</i>	108
<b>Figura 44</b>	<i>Cargas en el piñón</i>	109
<b>Figura 45</b>	<i>Diagrama de fuerza, corte y momento en el eje XY y ZY del eje motriz</i>	112
<b>Figura 46</b>	<i>Diagramas de fuerzas y momentos en el eje XY y ZY Inventor</i>	113
<b>Figura 47</b>	<i>Resultados del análisis MEF para el eje</i>	118
<b>Figura 48</b>	<i>Eje del Muñón</i>	119
<b>Figura 49</b>	<i>Diagrama de fuerza y momentos en el eje del muñón</i>	120
<b>Figura 50</b>	<i>Diagrama de fuerzas y momentos en el muñón con inventor</i>	121
<b>Figura 51</b>	<i>Resultados del análisis CAE para el muñón</i>	123



<b>Figura 52</b>	<i>Recorrido con ruedas rectas.....</i>	124
<b>Figura 53</b>	<i>Recorrido con ruedas de conicidad 1:20 .....</i>	125
<b>Figura 54</b>	<i>Recorrido con ruedas conicidad 1:10 .....</i>	126
<b>Figura 55</b>	<i>Recorrido del coche recogedor de chatarra.....</i>	127
<b>Figura 56</b>	<i>Recorrido del coche variando la posición del riel.....</i>	127
<b>Figura 57</b>	<i>Recorrido del coche modificando la curva del riel.....</i>	128
<b>Figura 58</b>	<i>Recorrido del coche modificando las distancias entre rieles.....</i>	129
<b>Figura 59</b>	<i>Base de la canasta.....</i>	130
<b>Figura 60</b>	<i>Piezas de la base.....</i>	131
<b>Figura 61</b>	<i>Ensamble de la estructura de la base.....</i>	132
<b>Figura 62</b>	<i>Acople del sistema de transmisión .....</i>	133
<b>Figura 63</b>	<i>Base pintada .....</i>	134
<b>Figura 64</b>	<i>Rieles GB43 kg .....</i>	135
<b>Figura 65</b>	<i>Canasta.....</i>	135
<b>Figura 66</b>	<i>Muñón y refuerzos en la estructura .....</i>	136
<b>Figura 67</b>	<i>Cadena y esfuerzos externo.....</i>	137
<b>Figura 68</b>	<i>Motor trifásico 5 Hp .....</i>	138
<b>Figura 69</b>	<i>Variador de frecuencia .....</i>	139
<b>Figura 70</b>	<i>Interruptor y Plc.....</i>	140
<b>Figura 71</b>	<i>Hmi implementado .....</i>	140
<b>Figura 72</b>	<i>Implementación sensor óptico infrarrojo en la fosa.....</i>	141
<b>Figura 73</b>	<i>Lugar designado para el coche recogedor de chatarra.....</i>	142
<b>Figura 74</b>	<i>Zona de preparación para cimentación .....</i>	143
<b>Figura 75</b>	<i>Cimentación de las cadenas .....</i>	143
<b>Figura 76</b>	<i>Obra civil concluida .....</i>	144
<b>Figura 77</b>	<i>Peso de la canasta.....</i>	145

<b>Figura 78</b> <i>Llenado de canasta</i> .....	146
<b>Figura 79</b> <i>Llenado de canasta con chatarra nacional</i> .....	147
<b>Figura 80</b> <i>Volumen del llenado sugerido de la canasta con Inventor</i> .....	148
<b>Figura 81</b> <i>Prueba de funcionamiento</i> .....	149
<b>Figura 82</b> <i>Trayecto de coche recogedor de chatarra</i> .....	150
<b>Figura 83</b> <i>Elevación de la canasta</i> .....	150
<b>Figura 84</b> <i>Descarga de la canasta en cesta</i> .....	151
<b>Figura 85</b> <i>Spotcheck Aerosol</i> .....	156
<b>Figura 86</b> <i>Tintas penetrantes muñones</i> .....	157
<b>Figura 87</b> <i>Resultados de análisis CAE para la canasta</i> .....	159
<b>Figura 88</b> <i>Resultados de análisis CAE para Ruedas</i> .....	160
<b>Figura 89</b> <i>Resultados de análisis CAE para el eje del muñón</i> .....	161
<b>Figura 90</b> <i>Resultados de análisis CAE para eje motriz</i> .....	162

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Recursos de recolección de chatarra antes .....	56
<b>Tabla 2</b> Matriz QFD del coche recogedor de chatarra.....	57
<b>Tabla 3</b> Criterios de selección del diseño de canasta .....	60
<b>Tabla 4</b> Evaluación de diseños finales.....	61
<b>Tabla 5</b> Tipo cadena doble .....	80
<b>Tabla 6</b> Grado ISO de lubricante .....	87
<b>Tabla 7</b> Características AWG 10.....	91
<b>Tabla 8</b> Datos para selección de interruptor selector.....	92
<b>Tabla 9</b> Corriente del motor selección de interruptor selector .....	92
<b>Tabla 10</b> Características del selector seleccionado .....	93
<b>Tabla 11</b> Datos selección de contactores .....	93
<b>Tabla 12</b> Características del contactor.....	94
<b>Tabla 13</b> Datos del relé térmico .....	95
<b>Tabla 14</b> Características del relé térmico.....	95
<b>Tabla 15</b> Criterios de selección del sensor .....	97
<b>Tabla 16</b> Criterio de selección final del sensor.....	98
<b>Tabla 17</b> Datos necesarios para cálculo de eje.....	108
<b>Tabla 18</b> Datos de fuerzas para el eje .....	110
<b>Tabla 19</b> Factores de superficie Ka .....	114
<b>Tabla 20</b> Efecto de temperatura en la resistencia del acero.....	115
<b>Tabla 21</b> Factores de confiabilidad .....	115
<b>Tabla 22</b> Datos de factores que alteran la resistencia a la fluencia.....	122
<b>Tabla 23</b> Resultado del diámetro del eje del muñón .....	122
<b>Tabla 24</b> Resultado del teorema de Von Mises para el eje del muñón.....	122

<b>Tabla 25</b> <i>Tiempo de recorrido sin carga</i> .....	153
<b>Tabla 26</b> <i>Tiempo de recorrido con carga</i> .....	154
<b>Tabla 27</b> <i>Tabla de dimensión de chaveta</i> .....	163
<b>Tabla 28</b> <i>Resultados de tiempo del proceso</i> .....	163

## Resumen

Este estudio se enfoca en el diseño óptimo de una canasta destinada a la recolección eficiente de chatarra. La canasta ha sido concebida como un contenedor robusto capaz de albergar grandes volúmenes de chatarra, con énfasis en su capacidad de soportar cargas de hasta ocho toneladas. La estructura de la canasta ha sido reforzada estratégicamente para garantizar su resistencia ante estas cargas sustanciales. La canasta presenta elementos innovadores para facilitar su manipulación y transporte. En sus laterales, incorpora refuerzos estructurales diseñados para proporcionar una mayor rigidez y estabilidad. Además, se han integrado muñones cilíndricos en su diseño, los cuales están destinados a ser elevados por medio de un balancín de cadena en un puente grúa. Estos muñones permiten el traslado preciso de la canasta, depositándola en la cuchara o cesta para posteriormente ser fundida. El sistema de transporte de la canasta se realiza mediante un coche especialmente diseñado. Este coche, compuesto por una base sólida que asegura la estabilidad de la canasta, está equipado con un sistema de transmisión de movimiento. Esta característica permite que el coche se desplace fuera de la fosa de recolección, un espacio nivelado en el suelo que alberga la chatarra. La extracción del coche de la fosa se realiza mediante rieles de tren curvados, lo que posibilita que el proceso sea eficiente y fluido. En resumen, este trabajo se centra en el diseño innovador de una canasta para la recolección y transporte de chatarra. Su estructura reforzada, los muñones para elevación, y el sistema de transporte en el coche han sido concebidos para optimizar la eficiencia del proceso de manejo de chatarra en entornos de fundición industrial. El diseño propuesto no solo busca incrementar la capacidad de recolección, sino también agilizar las operaciones y mejorar la seguridad en el manejo de materiales pesados como reducir el tiempo.

*Palabras clave:* Coche recogedor de chatarra, sistema de transporte, canasta recolectora.

### **Abstract**

This study focuses on the optimal design of a basket intended for efficient scrap collection. The basket has been conceived as a robust container capable of accommodating large volumes of scrap, with an emphasis on its ability to withstand loads of up to eight tons. The basket's structure has been strategically reinforced to ensure its strength under these substantial loads. The basket features innovative elements to facilitate its handling and transport. On its sides, it incorporates structural reinforcements designed to provide greater rigidity and stability. Additionally, cylindrical trunnions have been integrated into its design, which are intended to be lifted by means of a chain lever on an overhead crane. These trunnions allow for the precise movement of the basket, depositing it into ladle or bin for subsequent melting. The transportation system for the basket is carried out by means of a specially designed carriage. This carriage, composed of a solid base that ensures the stability of the basket, is equipped with a motion transmission system. This feature allows the carriage to move out of the collection pit, a leveled space in the ground that houses the scrap. The extraction of the carriage from the pit is done through curved railway tracks, enabling the process to be efficient and smooth. In summary, this work focuses on the innovative design of a basket for scrap collection and transportation. Its reinforced structure, the lifting trunnions, and the transportation system on the carriage have been conceived to optimize the efficiency of the scrap handling process in industrial smelting environments. The proposed design not only aims to increase collection capacity but also streamline operations and enhance safety in handling heavy materials, thereby reducing time.

*Keyword:* Scrap collector car, transport system, collector basket.

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

La metalurgia ha sido crucial para el progreso humano, posibilitando la creación de herramientas, maquinaria y estructuras que han transformado nuestra sociedad y mejorado la calidad de vida, según (Vásquez, 2015) la metalurgia es una rama científica vital que se enfoca en extraer y transformar metales mediante procesos físico-químicos. Estos materiales en su mayoría combinados con otros elementos, requieren ser obtenidos a partir de minerales ricos en metales específicos. Aunque algunos, como el oro, plata y platino, se encuentran en estado puro, la mayoría necesita ser refinada.

(McCormac, 2013) ha afirmado lo siguiente:

Una persona que viaje por Estados Unidos podría concluir que el acero es el material estructural perfecto; vería un sinnúmero de puentes, edificios, torres y otras estructuras de este material. Después de ver estas numerosas estructuras metálicas, se sorprendería al saber que el acero no se fabricó económicamente en Estados Unidos sino hasta finales del siglo XIX, y que las primeras vigas de patín ancho no se laminaron sino hasta 1908. La supuesta perfección de este metal, tal vez el más versátil de todos los materiales estructurales, parece más razonable cuando se considera su gran resistencia, poco peso, facilidad de fabricación y otras propiedades convenientes.

Novacero es una sólida empresa ecuatoriana, pionera y líder en el mercado desde 1973, con la mejor experiencia en la creación, desarrollo e implementación de soluciones de acero para la construcción. Soluciones que se encuentran en modernas construcciones industriales y agroindustriales, instalaciones comerciales, educativas, deportivas, de viviendas y en infraestructuras viales del Ecuador y el exterior. (Novacero S.A, 2022)

La historia de Novacero está marcada por la mejora continua en sus procesos y dado que la manipulación de cargas por parte de uno o varios trabajadores, ya sea el levantamiento, colocación, empuje, tracción o desplazamiento, podría provocar la aparición de problemas físicos por condiciones o características ergonómicas que requieren mejorarse. Esta situación puede cambiar al proporcionar soluciones tecnológicas para dotar de un conjunto de máquinas o equipos combinados para recibir cierta carga producida en un proceso industrial y transportarla, lo que deviene en una mejor calidad de vida para el personal, pues su ámbito laboral presentaría condiciones más adecuadas con mejor ergonomía, el diseño y construcción de carros transportadores se convierte en una solución pertinente.

Dentro de la industria de la acería se utiliza equipos para manejar cargas grandes en un tiempo de marcha limitado por su peso, por lo que los carros de transferencia son las mejores soluciones en caso de producción continua como es el caso en la empresa de Novacero S.A donde se labora las 24 horas del día. Los carros industriales más comunes tienen la función de mover grandes pesos, en una acería se puede transportar coladas que pesan más de 100 toneladas para posteriormente someterlas a otro proceso. Estos carros son reconocidos por su resistencia, durabilidad y capacidad para soportar condiciones exigentes y desgaste, teniendo una estructura simple, movimiento flexible, alta eficiencia, y ampliamente utilizado en las industrias.

En la actualidad se ha innovado en un corto periodo de tiempo los diferentes sistemas de transporte de material pesado debido a la preocupación de las industrias por preservar la salud de sus trabajadores, se pretende laborar en conjunto de máquinas, entre ellas, los carros de transferencia industrial que ofrecen varios tipos de sistemas ya sea sin rieles, con rieles, a baterías o con motor a diésel, etc. El diseño y la funcionalidad de los carros industriales dependen de la aplicación específica requerida por la industria, teniendo en cuenta limitaciones de espacio, peso y las condiciones de trabajo a las que se enfrentarán. Entre los factores fundamentales a considerar, destaca la velocidad de desplazamiento; por ejemplo, en un



sistema de almacenamiento se busca una alta velocidad, mientras que, para el traslado de grandes cantidades de peso, se debe mantener una velocidad baja para prevenir derrames de líquidos o posibles caídas que puedan ocasionar accidentes o incidentes en el entorno industrial.

### **Planteamiento del problema**

Novacero S.A, planta Lasso, es una empresa dedicada al procesamiento de materiales de chatarra reciclada en un horno de arco eléctrico (EAF) para producir acero de bajo nivel de carbono, utilizado en la construcción para varillas, tubos, entre otros. La empresa cuenta con diversos departamentos, entre ellos la acería que es el corazón de la planta, permitiendo dar palanquillas (Lingotes de acero) al área de laminación para su posterior destino en diferentes productos según la necesidad del mercado.

Sin embargo, la producción presenta un problema en relación con la limpieza de los residuos generados durante el proceso. Cuando el sistema de alimentación de chatarra al horno (Consteel) se retira, la chatarra cae a una locación llamada fosa, ubicada entre el Consteel y el EAF. Esta situación puede representar un peligro para los trabajadores, ya que la chatarra se encuentra a una altura considerable y puede provocar accidentes durante su limpieza, sobre todo si el proceso de producción se realiza de forma constante.

Anteriormente la empresa trabajaba 20 horas al día y en las cuatro horas restantes, los trabajadores retiraban con una mini pala cargadora (Máquina compacta utilizada en la industria diseñada para mover, cargar y manipular materiales u objetos pesados) los residuos de chatarra y escoria existentes en la fosa, debido a la forma irregular del suelo se dificulta su ingreso al ser la fosa abierta en la parte frontal y posterior, por lo que no es posible retirar todos los residuos con la mini cargadora de pala, para ello se saca de forma manual los residuos restantes con pala de mano y carretilla colocando todo en un gran plato para ser transportado nuevamente a la cesta o directo a la cuchara. Esto implica un gran esfuerzo físico por parte de

los trabajadores, que puede causar fatiga, lesiones, cortes y problemas de salud, especialmente en la espalda.

La manipulación manual provoca una parte importante de las lesiones que se producen en el lugar de trabajo. Estas lesiones incluyen trastornos músculo-esqueléticos, relacionados con el trabajo, como dolores y lesiones en los brazos, las piernas y las articulaciones, así como lesiones por esfuerzo repetitivo de distinta índole. El término 'manipulación manual' abarca una gran variedad de actividades, como elevar, descender, empujar, tirar y trasladar cargas. Si alguna de estas tareas no se lleva a cabo correctamente, hay riesgo de sufrir lesiones. (Organización Internacional del Trabajo (OIT), 2023)

El aumento en la demanda ha llevado a Novacero S.A a operar las 24 horas del día para satisfacer las necesidades del mercado, lo que ha ocasionado la acumulación de chatarra y escoria durante el proceso de producción. En ocasiones, esta chatarra puede llegar a pesar hasta ocho toneladas y su acumulación genera problemas en áreas no deseadas, afectando la seguridad y el orden en la planta. La falta de tiempo para realizar limpiezas adecuadas ha agravado el problema y plantea riesgos para la seguridad de los trabajadores.

Conscientes de la situación, la alta dirección de Novacero S.A busca implementar un sistema de recolección y transporte de residuos de chatarra que mejore la gestión de la escoria. Esta solución permitiría mantener un ambiente de trabajo seguro y eficiente, evitando interrupciones constantes para limpiezas manuales. Además, la optimización de los tiempos de producción y la reducción de costos operativos serían beneficios adicionales. El objetivo principal de esta iniciativa es proteger la seguridad y el bienestar de los trabajadores, al tiempo que se promueve una gestión más responsable de los residuos. La reutilización o el reciclaje adecuado de la chatarra y escoria recolectada también contribuirían a un menor impacto ambiental. Novacero S.A está decidida a encontrar una solución efectiva y sostenible para

gestionar la chatarra y afrontar los retos del crecimiento de la demanda sin comprometer la seguridad ni el medio ambiente.

### **Justificación e importancia**

En un avance constante de las nuevas tecnologías dentro de los procesos industriales, en la rama de fundición de chatarra en el horno de arco eléctrico se requiere transportar cargas de diferentes tamaños y pesos dentro de la acería, lo cual implica un riesgo para la salud de sus trabajadores. Se menciona en el código del trabajo de Ecuador que se puede cargar sin exponer la salud del trabajador a un máximo de 25 kg, por lo que se requiere una gran cantidad de tiempo para retirar los residuos con los implementos adecuados, en un entorno en el que no para de funcionar el horno de arco eléctrico, lógicamente esto constituye un peligro por posibles accidentes para los trabajadores.

Las condiciones dentro de la acería son de calor excesivo, por lo cual en su mayoría de procesos son de forma mecánica, el coche recogedor de residuos ayudará reduciendo el tiempo del personal ahorrando dinero a la empresa, al ser colocados nuevamente en el horno de fundición o en la cesta (estructura de almacenamiento de chatarra) evitando el desperdicio de materia prima, dentro del púlpito (estructura de observación para monitorear y supervisar los procesos) llegará un aviso indicando que se encuentra lleno el coche y requiere ser vaciado. Con la finalidad de recoger la mayor cantidad de residuos.

Se llevará a cabo la creación y puesta en marcha de un sistema de recolección y transporte de residuos de chatarra con capacidad para soportar un peso de hasta ocho toneladas. Este sistema contará con un diseño de rieles curvos en el espacio disponible, que permitirá recoger una gran cantidad de residuos de manera eficiente. Además, se incorporará un sensor, al detectar que el coche está lleno, enviará una señal al púlpito indicando la necesidad de vaciarlo. El coche será elevado por el puente grúa (estructura metálica que consta de una viga principal apoyada sobre columnas o rieles, diseñada para levantar y trasladar cargas pesadas en un área de trabajo) para su descargar. Esta implementación

garantizará una gestión más efectiva de los residuos, mejorando la eficiencia y seguridad en el proceso de transporte dentro de la acería.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Diseño y construcción de un sistema de recolección y transporte para residuos de chatarra entre el horno de arco eléctrico (EAF) y el Consteel para la empresa Novacero en la planta Lasso.

### ***Objetivos Específicos***

- Identificar los parámetros mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para el diseño del equipo de recolección y transporte para residuos.
- Diseñar los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que conforman el equipo de recolección y transporte para residuos, partiendo de elementos que se pueden adquirir de manera local.
- Construir el equipo de recolección y transporte para residuos.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento del equipo de recolección y transporte para residuos.

## **Hipótesis**

Mediante el uso del equipo de recolección y transporte para residuos de chatarra entre el horno de arco eléctrico (EAF) y el Consteel, se disminuye el tiempo de recolección de residuos.

## **Variables de la Investigación**

### ***Variable Independiente***

Uso del equipo de recolección y transporte para residuos de chatarra en el horno de arco eléctrico Consteel (EAF)

***Variable Dependiente***

Disminución del tiempo de recolección de residuos.

## Capítulo II

### Marco teórico

En este capítulo se presenta una síntesis de temas relacionados con los sistemas de recolección y transporte enfocados en su operación, funcionamiento y seguridad de la maquinaria. También se describen las características mecánicas, eléctricas y la automatización del sistema.

#### Transporte de carga

El transporte de carga de objetos pesados es un proceso que requiere de herramientas, maquinaria o equipos especializados para garantizar que los objetos se trasladen de manera segura y eficiente. Existen diversas opciones para el transporte de cargas pesadas, entre ellas se encuentran los camiones con grúa, los remolques especiales, el transporte ferroviario, el transporte marítimo y el transporte aéreo. Los camiones con grúa cuentan con una plataforma y una grúa que les permite levantar objetos pesados y transportarlos por carreteras y autopistas.

Los remolques especiales, por otro lado, están diseñados para transportar objetos pesados y voluminosos como maquinarias y piezas de equipo industrial. Pueden tener diferentes configuraciones según el peso y tamaño de la carga. El transporte ferroviario es una opción frecuente para el transporte de objetos pesados, especialmente a largas distancias. Los vagones planos, plataformas y contenedores son algunos de los tipos de vagones utilizados en el transporte de cargas pesadas por ferrocarril.

El Transporte de Carga Pesada es considerado como parte de la cadena de distribución encargada del traslado de productos o bienes por un precio o flete, desde el lugar de producción y/o almacenamiento (vendedor), hasta el lugar de consumo (comprador) pasando eventualmente por lugares de embarque, almacenaje y desembarque.

El transporte de carga pesada en las regiones se encuentra vinculado a todas las actividades económicas que se producen dentro de la misma, por lo que debe entenderse que hay una relación directa entre el dinamismo de la economía de la región con la cantidad de viajes y volumen de carga que se transporta, de este modo el transporte de carga pesada aumentará o disminuirá según el estado de la economía de la región y del país en general. (Castro Távora, 2013)

### **Vagón de carga**

En la Figura 1 se muestra la variedad de vagones de tren existentes y su versatilidad operativa, representada como "plataforma" o "tablero". Esto se debe a las características de los vagones que permiten cargar y descargar equipos en distintos lugares. La movilidad de estos vagones se relaciona con la facilidad de carga y descarga lateral, lo que facilita el transporte de acero largo o contenedores. (Massa Pesagem, 2020)

### **Figura 1**

#### *Plataforma*



*Nota.* Tomado de (Massa Pesagem, 2020)

#### **Cerrado**

“El nombre de este automóvil ya indica su característica principal. Los vagones cerrados ofrecen una protección completa para la carga que se transporta y se pueden utilizar para cargar diferentes mercancías” (Massa Pesagem, 2020) como se ve en la **Figura 2**.

## Figura 2

*Cerrado*



*Nota.* Tomado de (Massa Pesagem, 2020)

## *Hopper*

El vagón modelo Hooper, ilustrado en **la Figura 3**, se destaca por su sistema de descarga único en comparación con la mayoría de los vagones. Su estructura presenta un amplio embudo con aberturas inferiores diseñadas para una descarga diferenciada. (Massa Pesagem, 2020)

## Figura 3

*Hopper*



*Nota.* Tomado de (Massa Pesagem, 2020)

## *Góndola*

El vagón tipo góndola, destinado al transporte de grandes cargas como se ilustra en la **Figura 4**, se destaca por su resistencia al ambiente, lo que lo ha convertido en uno de los más utilizados en Brasil para el transporte de minerales. (Massa Pesagem, 2020)



**Figura 4***Góndola*

*Nota.* Tomado de (Massa Pesagem, 2020)

***Especial***

Los vagones especiales reciben su nombre debido a que presentan formas y usos no estándar, siendo empleados principalmente para satisfacer demandas altamente específicas en diversas empresas. Estos vagones se adaptan según el proceso de carga y descarga requerido para cumplir con sus funciones de manera eficiente. (Massa Pesagem, 2020)

***Jaula***

Según (Massa Pesagem, 2020) “Este modelo está diseñado para transportar animales vivos, ya que tiene grietas en los costados para permitir el paso del oxígeno. En tales casos, tanto la carga como la descarga se llevan a cabo desde un lado.” Como se ve en la Figura 5 se tiene espacios ya que no es necesario que esté totalmente tapado el vagón.

## Figura 5

### Jaula



Nota. Tomado de (Massa Pesagem, 2020)

## Esfuerzo

El esfuerzo mecánico se refiere a la capacidad de un material para resistir una carga o fuerza externa sin sufrir deformación o rotura. Este esfuerzo es medido en unidades de newton por metro cuadrado ( $N/m^2$ ) o pascal (Pa), y representa la resistencia del material a la deformación o rotura bajo la carga aplicada. (Mott, 2009)

(Mott, 2009) menciona el estudio de la resistencia de materiales depende del entendimiento de los principios de esfuerzo y deformación producidos por caigas aplicadas en una estructura o máquina y los miembros que conforman tales sistemas. Por el término esfuerzo directo nos referimos a casos en los que la fuerza total aplicada es compartida por igual por todas las partes de la sección transversal del miembro que soporta la carga. El esfuerzo mecánico puede ser de dos tipos: esfuerzo de compresión y esfuerzo de tensión. El esfuerzo de compresión se produce cuando una fuerza externa tiende a comprimir o aplastar un material, mientras que el esfuerzo de tensión se produce cuando una fuerza externa tiende a estirar o alargar un material. En ambos casos, la magnitud del esfuerzo mecánico dependerá de la cantidad de fuerza aplicada y de la resistencia del material a la deformación o la rotura.

$$Esfuerzo = \frac{Fuerza}{Área} = \frac{F}{A}$$

Donde:

$F$ : Fuerza o carga aplicada

A: Área aplicada a la fuerza

### **Sistemas de descarga**

La descarga de materiales pesados puede realizarse de diversas formas, entre las cuales se encuentran los métodos de tipo almeja Simplex, Duplex, gravedad, neumática, entre otros. Es importante determinar el método adecuado para realizar la descarga, lo cual depende de varios factores, siendo uno de los más importantes el tamaño y peso del material a descargar. Si el material está desbalanceado de su centro de gravedad, también se debe tomar en cuenta este factor al elegir el método de descarga. Además, es necesario considerar el lugar disponible para la descarga del material y asegurarse de que la instalación y el equipo utilizado sean seguros y eficientes. La selección adecuada del método de descarga es fundamental para garantizar una operación eficiente y segura.

#### ***Modelo Duplex***

Las compuertas de descarga para la tolva (Es un tipo de contenedor o depósito con forma tronco-cónica que se utiliza para almacenar y transportar productos) tipo cuchara Sweet, modelo Duplex, que se muestran en la Figura 6, están fabricadas con acero grueso y resistente, reforzadas en sus extremos con ángulos soldados. Estas compuertas se caracterizan por su equilibrio al abrirse y cerrarse con facilidad y, además son reemplazables. Cada una de ellas cuenta con un recubrimiento de pintura industrial para mayor durabilidad. (Dodieu, 2017)

### **Figura 6**

*Modelo Duplex*



*Nota.* Tomado de (Dodieu, 2017)

### **Modelo Simplex**

Como se aprecia en la Figura 7 ,las compuertas para tolvas Sweet con el montaje para descarga vertical o lateral son diseñadas para montarse a los lados verticales o al fondo de silos, transiciones, y tolvas. Las compuertas laterales son similares en diseño a las compuertas simplex Sweet salvo que el material de descarga está dirigido diagonalmente fuera o hacia un lado. (Dodieu, 2017)

### **Figura 7**

#### *Modelo Simplex*



*Nota.* Tomado de (Dodieu, 2017)

### **Sistemas de transmisión de potencia**

La transmisión de potencia es un sistema que permite conducir energía de una fuente a otro mecanismo, incrementando, manteniendo o decreciendo la velocidad y el torque. Existen dos tipos principales, los cuales son el mecánico y el eléctrico. Los beneficios de contar con el sistema de transmisión de potencia correcto es que contribuye a transmitir energía de manera eficiente, así, se logra dividir esta potencia con el propósito de hacer funcionar otros elementos. (PAXZU, 2023)

### ***Cadena***

La transmisión de potencia es un sistema que posibilita transferir energía desde una fuente a otro mecanismo, con el objetivo de aumentar, mantener o disminuir la velocidad y el torque. Los dos tipos principales son el sistema mecánico y el eléctrico. Contar con el sistema de transmisión de potencia adecuado ofrece beneficios significativos al permitir una eficiente transferencia de energía, logrando así hacer funcionar otros elementos de manera efectiva.

(PAXZU, 2023)

Entre los principales beneficios de este tipo, se encuentran:

- Se evita el riesgo de resbalamiento de los mecanismos.
- La capacidad de carga es alta gracias a la resistencia de las cadenas.
- En comparación con otros tipos de transmisiones, como las de engranajes, presenta un peso mucho menor.
- Su diseño compacto permite su instalación en espacios reducidos, y su estructura evita el deslizamiento.
- Ofrece una mayor eficiencia mecánica al generar poca fricción.
- Es especialmente útil en ambientes con condiciones adversas, como humedad, corrosión, abrasión y altas temperaturas.

### ***Engranajes o piñones***

La transmisión de potencia por engranajes, piñones y cadenas se basa en el acoplamiento de dos ruedas dentadas: una motriz y otra conducida. Cuando los dientes de la rueda motriz entran en contacto con los de la conducida, esta última es arrastrada diente a diente. Gracias a su diseño, esta forma de transmisión es versátil y puede utilizarse en diferentes orientaciones y aplicaciones. Sin embargo, es importante considerar que su aplicación es más adecuada para distancias cortas, ya que el contacto entre las ruedas debe ser directo para un funcionamiento óptimo. (PAXZU, 2023)

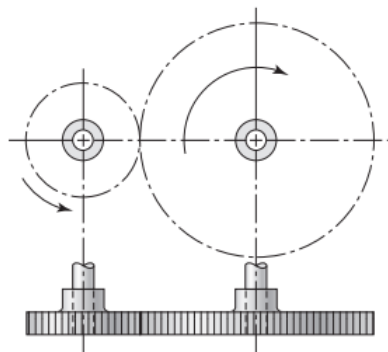
Sus principales aspectos característicos son:

- Son capaces de manejar cargas más elevadas en comparación con las transmisiones de cadena.
- Gracias al uso de varios engranajes, permiten cambios en la relación, velocidad de rotación, dirección y par según las necesidades de la aplicación.
- Su robustez y durabilidad aseguran una larga vida útil.
- Ofrecen una alta eficiencia y evitan deslizamientos indeseados.
- A pesar de su configuración compacta, permiten una transmisión de potencia mecánica significativa, lo cual los hace ideales para aplicaciones que requieren una alta capacidad de transmisión.

**Engranajes Rectos.** Los engranes rectos tienen sus dientes dispuestos de manera paralela al eje de rotación, como se aprecia en la Figura 8, se utilizan para transmitir movimiento de un eje a otro que se encuentre en paralelo. Debido a su sencillez, son ideales para desarrollar relaciones cinemáticas básicas en la forma de sus dientes. (Richard G. Budynas, 2008)

### Figura 8

*Engranajes rectos*



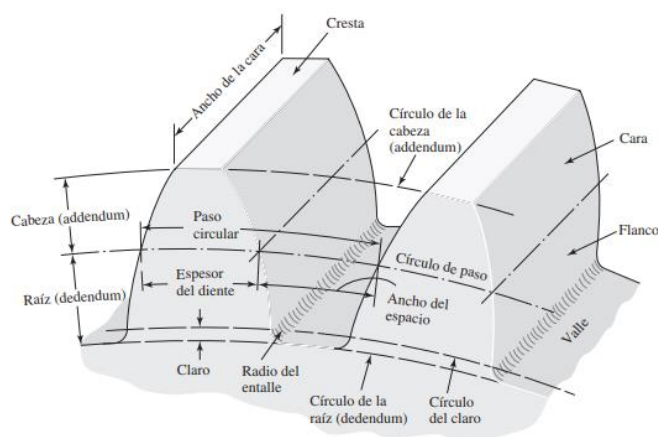
*Nota.* Tomado de (Richard G. Budynas, 2008)

## Nomenclatura

La terminología de los dientes de engranes rectos se describe de la siguiente manera: El círculo de paso es un círculo teórico utilizado como referencia para cálculos, y su diámetro es conocido como diámetro de paso. Los pasos de un par de engranes acoplados son tangentes entre sí. El engranaje más pequeño de la pareja se denomina piñón, mientras que el más grande suele llamarse rueda. El paso circular "p" se refiere a la distancia medida sobre el círculo de paso desde un punto en un diente hasta un punto correspondiente en un diente adyacente. (Richard G. Budynas, 2008)

### Figura 9

#### *Nomenclatura engrane recto*



*Nota.* Tomado de (Richard G. Budynas, 2008)

**Paso circular ( $p$ ).** Se define como la distancia medida sobre el círculo de paso desde un punto en un diente hasta un punto correspondiente en un diente adyacente.

**Módulo ( $m$ ).** Representa la relación entre el diámetro de paso y el número de dientes del engrane. La unidad empleada por el sistema internacional (SI) es en milímetros.

**Paso diametral ( $Pd$ ).** Es una relación entre el número de dientes y el diámetro de paso del engrane.

## **Sistema de transmisión por correa**

Este sistema de transmisión se compone de dos o más ruedas sujetas a un movimiento de rotación por medio de una correa o cinta continua colocada a tensión. Una de las poleas es motriz (también llamada conductora) que es la encargada de la traslación por el motor, en otras palabras, es el eje que permite el desplazamiento que se transmite. Por otro lado, está la polea movida o conducida, es la que va ajustada al eje en el que se necesita mover. (PAXZU, 2023)

- Permite transmitir movimiento circular entre dos ejes ubicados a grandes distancias.
- Ofrece un funcionamiento suave y silencioso.
- Su diseño es sencillo y proporciona mayor seguridad.
- Permite accionar múltiples poleas paralelas, permitiendo cambios de velocidad según sea necesario.
- Su estructura tiene la capacidad de absorber golpes y vibraciones.
- Comparado con otros tipos de transmisiones, su costo es más bajo debido a que sus componentes son económicos y eficientes.

## **Acoplamiento de eje**

Funcionan conectando dos ejes y transmitiendo par entre ellos. Existen muchos tipos diferentes dependiendo del tipo de aplicación o necesidad que se desea cumplir. Los principales son los rígidos y los flexibles, dentro de los que se encuentran otros subtipos que dependen de cada una de las máquinas en las que se instalarán. (PAXZU, 2023)

- Algunos diseños favorecen la libertad de movimiento y aseguran una lubricación constante.
- Los acoplamientos no requieren de un mantenimiento elevado, a diferencia de otros elementos.
- Tienen la capacidad de manejar tanto la desalineación radial como la axial.



- Proporcionan aislamiento térmico.
- Son capaces de absorber golpes y vibraciones de manera eficiente.

### **Motores eléctricos**

Motor es toda máquina que transforma una energía de otro tipo en la entrada, en energía de salida mecánica. El elemento de salida es un eje normalmente. Entre los diferentes tipos de motores se encuentran los motores eléctricos, los cuales reciben energía eléctrica y la transforman en mecánica. El rendimiento de un motor eléctrico es la relación entre la potencia mecánica de la salida útil en el eje, y la potencia eléctrica de entrada en los bornes de alimentación del motor. (ENERGÉTICA, 2018)

Para (ENERGÉTICA, 2018) la clasificación más usual de los motores eléctricos es la siguiente:

- Motores de corriente continua.
- Motores de corriente alterna.
- Síncronos.
- Asíncronos o de inducción.

### ***Motores de corriente alterna***

En este caso, los motores basan su funcionamiento en la obtención de un campo magnético giratorio. Dentro de este campo giratorio puede haber un electroimán, que gira a la misma velocidad que el campo. En este caso tendremos un motor síncrono. Una segunda posibilidad es que dentro del campo haya un bobinado sometido a inducción, por lo que aparece una corriente eléctrica y, por tanto, la fuerza de Lorentz. El giro será más lento que el del campo giratorio, razón por la cual el motor se denomina asíncrono o de inducción. Respecto a la corriente de alimentación, tendremos motores monofásicos y motores trifásicos. De forma similar a los motores de corriente continua, los de alterna están constituidos por una parte fija denominada estátor o inductor, dotado de las bobinas generadoras del campo magnético, y por un rotor o inducido, también llamado armadura. (López, 2023)

Se clasifican en:

- Motor síncrono
- Motor de inducción

### **Caja Reductora**

Los reductores de velocidad son utilizados para controlar y variar las revoluciones por minuto (rpm) de los motores eléctricos, ya que en la mayoría de los procesos industriales las velocidades de los motores son demasiado altas. La utilización de los reductores de velocidad nos da un menor número de rpm de salida, pero sin disminuir de manera significativa la potencia, aumentando el par de forma segura y eficaz. Los motores eléctricos podrían definirse como el corazón de la industria, si nos basamos en esta mención podemos decir que los reductores de velocidad son los que regulan el ritmo y la velocidad necesaria en cada proceso de producción.

Los reductores están diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor. Pero básicamente, un reductor de velocidad es un sistema de transmisión caracterizado porque su velocidad de salida es menor que la de entrada.

Los variadores de frecuencia y los sistemas de cadenas y poleas son diferentes alternativas a la utilización de los reductores de velocidad, aunque en casos de necesidad de una velocidad inferior a 900rpm son alternativas poco exitosas, ya que mientras los convertidores implican una elevada potencia y coste, los sistemas de cadenas o poleas son poco eficientes. (Roydisa, 2017)

### **Variador de frecuencia**

Actualmente los variadores de frecuencia desempeñan un lugar preponderante dentro de la industria en general, por su flexibilidad y multiplicidad en opciones de utilización a un costo razonable. Muchas son las aplicaciones en donde la variación de velocidad se ha convertido en la vida misma de la fabricación de cualquier tipo de productos. Bien

puede ser para arranques y paros frecuentes, cargas de alta inercia, troquelado, extrusión, bombeo, ventilación, coordinación de movimientos en líneas de producción, uso en regulación de, velocidad, posicionamiento, sincronización, e infinidad de otras aplicaciones que antes solo era posible hacerlas parcialmente con corriente directa (CD) usando motores y controles costosos de adquirir y mantener. (Pesántez Erazo, 2012)

La protección electrónica de motores es una solución buscada por la industria para mejorar el desempeño de los mismos. Una forma de proteger al motor es mediante el uso de arrancadores suaves, que tradicionalmente han sido electromecánicos, como los arranques directos estrella triángulo o la jaula de ardilla, entre otros. Estos arrancadores tienen la finalidad de reducir y controlar la velocidad del motor de manera mecánica. Sin embargo, con un motor de corriente continua, se puede lograr un control más preciso de los movimientos, así como con motores a pasos. Actualmente, la problemática ha llevado al desarrollo de variadores de frecuencia que proporcionan un suministro de energía para variar la velocidad del motor de manera suave y protegerlo durante el arranque. Esta solución se ha convertido en una de las principales herramientas utilizadas en la industria para garantizar un excelente desempeño de los motores.

### **PLC- Controladores Lógicos Programables**

En sí mismo, un autómata programable o PLC es un sistema de control informático industrial que supervisa continuamente el estado de los dispositivos de entrada y toma decisiones basadas en un programa personalizado para controlar el estado de los dispositivos de salida. Estos controladores pueden automatizar un proceso específico, una función de la máquina o incluso toda una línea de producción. Casi cualquier línea de producción, función de la máquina o proceso puede mejorarse en gran medida utilizando este tipo de sistema de control. Sin embargo, el mayor beneficio en el uso de un PLC es la capacidad de cambiar y replicar la operación o el proceso mientras se

recoge y se comunica la información vital. Otra ventaja de un sistema PLC es que es modular. (aula21, 2019)

### ***Lenguaje Ladder (LD)***

El lenguaje de programación tradicionalmente utilizado en PLC (Controlador Lógico Programable) imita los diagramas de un circuito tipo escalera, con una lógica que se lee de izquierda a derecha. Cada "peldaño" representa una acción específica que será controlada por el PLC, partiendo de las entradas que funcionan como contactos, y generando resultados en las salidas que actúan como bobinas. (aula21, 2019)

### ***Diagrama en bloques (FBD)***

Otro de los lenguajes de programación oficiales y extensamente utilizado para PLC. Es una forma sencilla y gráfica de programar cualquier función de forma conjunta en un programa de autómatas programables. El diagrama de bloques de funciones es fácil de aprender y ofrece muchas posibilidades. (aula21, 2019)

### **Sensores industriales**

El control automático dentro de un desarrollo de fabricación es importante al llevar una verificación sobre cualquier proceso, un sensor industrial o sonda es un dispositivo que se encarga de medir diferentes magnitudes físicas que no necesariamente tienen que ser eléctricas; su importancia dentro de la automatización es vital, ya que permite que los productos sean excepcionalmente automáticos. (SDI, 2022)

### **Tipos de sensores industriales**

#### ***Sensores fotoeléctricos***

“Para detectar el nivel de luz y producir al mismo tiempo una señal de salida, los sensores fotoeléctricos son la elección ideal gracias a que incluyen un traductor que permite la transformación de la luz “ (SDI, 2022)

### ***Sensores de proximidad***

Según (SDI, 2022) los sensores de proximidad son ampliamente utilizados en la industria automotriz, especialmente en las líneas de ensamblaje. Estas herramientas desempeñan un papel fundamental al detectar objetos y señales que se encuentran en cercanía, permitiendo un control eficiente de los procesos. Gracias a su capacidad para identificar la presencia o ausencia de objetos cercanos, estos sensores contribuyen significativamente a la automatización y precisión en la producción automotriz.

### ***Sensores finales de carrera***

Los sensores finales de carreras, también conocidos como interruptores de límite, son dispositivos electrónicos, neumáticos o mecánicos que se utilizan para detectar el final de un recorrido, como en el caso de una cinta transportadora. Su función principal es enviar señales que modifican el estado del circuito cuando alcanzan el límite de movimiento. Estos sensores son esenciales para garantizar un control preciso y seguro en diferentes aplicaciones industriales y automatizadas. (SDI, 2022)

### ***Sensores de movimiento***

El sensor de movimiento permite detectar el movimiento dentro de un espacio específico, lo que activa un sistema de encendido y apagado para responder a los movimientos detectados. Estos sensores utilizan frecuencias con un consumo optimizado y alta eficiencia energética en los sistemas de ventilación. Son ampliamente utilizados en hogares u oficinas para controlar la iluminación, el aire acondicionado y mejorar la seguridad. Gracias a su capacidad para detectar movimientos, estos sensores contribuyen al ahorro de energía y a la automatización de diferentes sistemas, brindando mayor comodidad y eficiencia en el entorno donde se implementan. (SDI, 2022)

### ***Sensores de presión***

Las sondas se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, como sistemas hidráulicos, instrumentación industrial y mediciones meteorológicas. Estas sondas son capaces de detectar

la presión al realizar cambios en la señal eléctrica en función de la tensión que se ajuste. Su versatilidad y precisión las hacen ideales para monitorear y controlar diversas variables en entornos industriales y científicos, permitiendo obtener datos precisos y en tiempo real para una toma de decisiones más efectiva. (SDI, 2022)

### **Tipos de sensor de proximidad**

Los sensores, también conocidos como detectores, tienen como finalidad detectar la presencia de objetos cercanos sin necesidad de entrar en contacto directo con ellos.

#### ***Sensores inductivos***

Estos sensores crean un circuito oscilante que da origen a un campo electromagnético. Cualquier objeto metálico cercano provoca una corriente de inducción en él, lo que conlleva a un cambio en las oscilaciones. De esta manera, el sensor detecta de manera eficaz y precisa la presencia de la pieza como se ve en la Figura 10, identificando así la variación en su estado de oscilación. (Cheaytani, 2019)

Las principales características de los sensores inductivos son:

- Su aplicación se restringe a objetos metálicos.
- Alcance moderado: hasta 80 mm, pudiendo variar según la aleación.
- Precio asequible: aproximadamente la mitad del costo de sensores fotoeléctricos.
- Resistentes y duraderos en ambientes desafiantes, protegidos contra golpes, vibraciones y polvo.
- Alta frecuencia de conmutación, varios kHz, lo que permite el control rápido de piezas, incluso en movimiento rápido.
- Sin partes móviles sujetas a desgaste

**Figura 10***Sensor inductivo*

*Nota.* Tomado de (Cheaytani, 2019)

***Sensores capacitivos***

El funcionamiento de los sensores de proximidad capacitivos guarda similitudes con los inductivos. En este caso, un condensador ubicado en la superficie principal crea un campo electromagnético. La presencia de un objeto altera la intensidad y frecuencia generando oscilaciones. A diferencia de los sensores inductivos, los capacitivos no se restringen a piezas metálicas, pudiendo detectar elementos con diversas propiedades como sólidos, líquidos, viscosos, polvorientos, entre otros. Este amplio alcance los hace versátiles y adaptables a múltiples aplicaciones industriales y tecnológicas. (Cheaytani, 2019)

Principales características de los sensores capacitivos:

- Alcance reducido: Menos de 60 mm.
- Ligeramente más costosos que los sensores inductivos.
- Adecuados para una amplia variedad de piezas y materiales.
- Capacidad para detectar objetos a través de superficies no metálicas.
- Sensibles a la humedad y vapores densos.
- Ampliamente utilizados en detección de nivel, como a través de recipientes de plástico, y en detección de corto alcance de materiales transparentes.

- Sin desgaste mecánico y vida útil prolongada sin importar el uso.
- Adecuados para entornos industriales y atmósferas contaminantes.
- Capacidad para detección a alta velocidad.

### ***Sensores magnéticos***

Estos sensores, también llamados sensores de efecto Hall, operan siguiendo un principio similar al de los sensores inductivos. Los sensores de proximidad magnética incluyen una lámina de metal y vidrio que se magnetiza rápidamente en respuesta a un imán cercano, y se desmagnetiza igualmente rápido cuando se aleja, lo que les permite tener un amplio alcance a pesar de su tamaño compacto. Para que las piezas sean detectadas, deben contar con un imán o ser magnetizadas previamente. Estos sensores son extremadamente útiles en aplicaciones donde se requiere una detección precisa y fiable de objetos en movimiento o estáticos. (Cheaytani, 2019)

Principales características de los sensores magnéticos:

- Se emplean con piezas magnetizadas o con imán.
- Tienen un costo accesible.
- Permiten detectar presencia a través de superficies no ferromagnéticas.
- Son resistentes a vibraciones y suciedad.
- No sufren desgaste.
- Ofrecen la posibilidad de aislamiento galvánico entre la medición y el circuito.

### ***Sensores por ultrasonidos***

Este sistema se fundamenta en ondas ultrasónicas que son emitidas y recibidas a una frecuencia elevada de aproximadamente 200 kHz. La onda reflejada permite detectar la presencia de una pieza y calcular la distancia hasta su ubicación al medir el tiempo que lleva la onda en viajar de ida y vuelta. (Cheaytani, 2019)

Características de los sensores por ultrasonido:



- Capacidad de detectar objetos de diversas propiedades como polvo, metal, líquidos, vidrio translúcido, plástico, madera, cartón, entre otros.
- Alcance extenso de hasta 15 metros.
- Baja susceptibilidad a la interferencia ambiental.
- Tiempo de respuesta influenciado por la velocidad del sonido en el aire.
- Precio en un rango relativamente alto, entre 200 y 1.000 €.
- Tolerancia a corrientes de aire y variaciones de temperatura de 10 °C a 50 °C.
- Incapacidad de detectar materiales absorbentes de sonido, como guata o espuma.

### ***Sensores fotoeléctricos***

Estos sensores desempeñan un papel fundamental en el mercado, ya que se fundamentan en un principio óptico que detecta objetos al detectar una disminución o interrupción en un haz de luz al ser atravesado por un objeto. Existen varios modelos disponibles, cuya elección depende del tipo de objeto que cruzará el haz de luz y la distancia a la que se realizará la detección. (Cheaytani, 2019)

Tipo barrera: con transmisor y receptor separados.

Tipo retro reflectivo: la luz emitida incide en el reflector y regresa al punto de origen.

Tipo reflectivo directo: el objeto simplemente refleja la luz.

### **Resumen del contenido**

La presente investigación se centra en el desarrollo y diseño de una canasta altamente funcional y eficiente, concebida como un contenedor especializado para el almacenamiento y manejo de chatarra en entornos industriales. El propósito fundamental es optimizar la capacidad de recolección de desechos metálicos al tiempo que se garantiza la seguridad y precisión en su manipulación. La canasta ha sido concebida con una estructura reforzada que permite soportar cargas de hasta ocho toneladas, lo que se traduce en una solución robusta y confiable para el manejo de grandes volúmenes de chatarra.

Para lograr una elevación y traslado efectivo de la canasta, se implementa un sistema integral que involucra tanto el balancín del puente grúa como un coche de transporte especializado. Los muñones estratégicamente posicionados en los laterales de la canasta facilitan su enganche y elevación mediante el balancín del puente grúa, un mecanismo de alta precisión capaz de maniobrar cargas pesadas con seguridad. Una vez en el aire, la canasta es transferida al coche de transporte, el cual está equipado con una base sólida y un sistema de transmisión de movimiento que garantiza un desplazamiento fluido a lo largo de rieles de tren curvados. La combinación de estos elementos permite que la canasta sea conducida desde su lugar de almacenamiento, comúnmente una fosa destinada a este fin, hasta su destino final, ya sea la cuchara de fundición o la cesta de almacenamiento de chatarra. En conjunto, este sistema integral no solo contribuye a una gestión eficiente de los desechos metálicos, sino que también promueve la seguridad en los procesos industriales y la optimización de recursos.

## Capítulo III

### Diseño

En este capítulo se van a explicar las limitantes para el diseño y la construcción del sistema de recolección y transporte para residuos de chatarra entre el horno de arco eléctrico (EAF) y el Consteel para la empresa Novacero en la planta Lasso.

#### Requisitos Previos

Para la implementación del coche recogedor de chatarra se toma en consideración los siguientes requerimientos:

- Velocidad de avance máxima del coche recogedor de chatarra: 0,04 m/s
- Carga máxima en la canasta: 8000 kg

Para satisfacer esta necesidad se toma en cuenta la red eléctrica en la ubicación en la cual va a ser conectada el motor siendo esta de 220 V.

#### Estado actual con el que se recoge la chatarra

El proceso de sacar los residuos de chatarra entre el horno de arco eléctrico y el Consteel se lo hace con la mini cargadora, como se ve en la Figura 11 en un espacio reducido. Se va a denominar posteriormente al lugar el cual está destinado donde cae la chatarra como fosa, el proceso para poder fundir la chatarra y convertirla en palanquilla es alimentado de dos maneras una por el Consteel, mediante una banda transportadora hace el ingreso de la chatarra a la cuchara esta se llena hasta un límite el operador que se encuentra en el pulpito(cabina de control) lo detiene cuando está ya se llena para ser fundida en el proceso de parar el Consteel existe una caída de chatarra debido a que este se encuentra en una altura mayor a 5 metros permitiendo una caída directa a la fosa.

**Figura 11***Mini cargadora*

*Nota.* Tomado de (Holland , 2020)

Debido a la creciente demanda y la implementación de un nuevo tren en la industria, Novacero opera las 24 horas, impidiendo una limpieza completa de la fosa. Se aprovechan las paradas de mantenimiento mensuales, programadas por los directivos y supervisores en fechas variables, para realizar la limpieza. En aproximadamente 4 horas, utilizando la pala, mini cargadora y plato, se retiran alrededor de 8 toneladas de chatarra. La mini cargadora utiliza una pala que se muestra en la Figura 12, aunque se encuentra deteriorada debido a la naturaleza del material y las irregularidades del terreno, lo que dificulta la recolección completa de la chatarra. En ocasiones, se requiere utilizar palas de mano y carretillas para recoger los sobrantes que la mini cargadora no puede alcanzar.

**Figura 12**

*Pala de la mini cargadora para chatarra*



*Nota.* La pala de la mini cargadora esencial para descargar chatarra en la fosa, agiliza operaciones.

La fosa tiene paredes laterales, sin embargo, su parte posterior y superior permanece abierta, lo que facilita que la chatarra se acumule en esa dirección dentro de la empresa se maneja tres tipos de chatarra entre ellas la nacional, internacional y arrabio. Además, en la parte superior se encuentra un orificio frontal que puede causar inconvenientes para el movimiento del coche de la cuchara. Por esta razón, resulta crucial desarrollar un coche capaz de recibir toda la chatarra que cae, considerando cuidadosamente el espacio disponible, como se ilustra en la Figura 13. Este coche deberá ser diseñado de manera que pueda desplazarse dentro de la fosa y salir de ella para ser posteriormente descargado en la cesta o cuchara destinada al transporte.

**Figura 13***Fosa de chatarra*

*Nota.* Espacio destinado a la caída y almacenamiento eficiente de chatarra.

En la Figura 14, se observa la presencia de un obstáculo, representado por una columna, que dificulta la salida del coche. Además, esta columna también dificulta el acceso de la mini cargadora para retirar los residuos de chatarra de manera eficiente. Con el objetivo de superar esta problemática, se está evaluando la posibilidad de incorporar una curvatura en el trayecto del coche, permitiendo así una salida más fluida y facilitando el movimiento. En función de los recursos y la disponibilidad, se está considerando la opción de utilizar un riel de tren para implementar esta curvatura y mejorar la operatividad en el proceso.

**Figura 14**

*Espacio en la fosa*



*Nota.* Espacio para almacenar y posteriormente remover la chatarra.

El plato, representado en la Figura 15, cumple la función de cargar la chatarra que será posteriormente depositada en la cesta o cuchara para su fundición, mediante el uso del puente grúa. La frecuencia de este proceso varía según la cantidad de chatarra extraída de la fosa, realizándose entre 2 y 3 desembarques en el plato en función de la necesidad.

**Figura 15**

Plato recogedor de chatarra



*Nota.* Plato utilizado para almacenar y transporte de chatarra mediante puente grúa

El manejo de la mini cargadora involucra a una persona, quien luego coordina con el puente grúa para cargar el plato cuando esté listo y sea seguro. Además, en la operación se suman otras dos personas, una con la carretilla y otra con la pala, para retirar los residuos no recogidos por la mini cargadora. En total, participan cuatro personas en este proceso en un tiempo de 240 minutos como se aprecia en la Tabla 1.

### **Tabla 1**

*Recursos de recolección de chatarra antes*

<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>
Personal	4 personas
Objetivo	8 toneladas
Tiempo	240 minutos

*Nota.* El tiempo estimado es aproximado debido a factores variables como la disponibilidad del equipo como materiales necesarios para la limpieza de la fosa llena de chatarra.

### **Funciones del coche recogedor de chatarra**

Comprender las necesidades de una empresa y traducirlas en requisitos técnicos requiere pasar del lenguaje de usuario al técnico, para lo cual se dispone de la Matriz QFD (Quality Function Deployment o Despliegue de la Función de Calidad). Esta matriz le permite identificar de manera concisa varios problemas que pueden surgir en la realización de las necesidades a satisfacer.

En la Tabla 2 se presenta la matriz QFD con valores relacionados entre las necesidades y las características, tomando como referencia:

0 no existe relación entre las necesidades y características

1 existe una relación baja

3 existe una relación media

5 existe una relación alta



**Tabla 2**

*Matriz QFD del coche recogedor de chatarra*

N	Características Necesidades	Importancia	Material	Automatización	Calidad	Seguridad	Dimensiones	Diseño mecánico
			1	2	4	5	6	7
1	Seguro	5	5	0	5	5	3	3
2	Fácil mantenimiento	4	3	0	5	3	1	5
3	Económico	5	5	1	5	3	3	5
4	Calidad	3	5	1	5	5	3	5
5	Durabilidad	5	5	1	5	3	3	5
6	Rendimiento de recolección	4	3	0	3	3	5	5
7	Interfaz intuitiva	3	0	5	4	1	3	0
8	Maniobrabilidad	3	3	3	3	3	3	5
9	Mantenimiento preventivo	2	3	1	3	3	1	3
10	Sistemas de alertas	5	1	5	1	3	1	3
Ponderación absoluta			134	64	154	127	103	156
Ponderación relativa			18,2	8,7	20,9	17,2	14,0	21,1
Orden de importancia			3	6	2	4	5	1

*Nota.* La Matriz QFD del coche recogedor de chatarra refleja la priorización de requisitos y características, guiando el diseño basado en las necesidades del proyecto.

Tomando en cuenta las ponderaciones realizadas en la Tabla 2 entre las necesidades y las características, se realizó el cálculo de la importancia de cada uno de los puntos más importantes del coche recogedor de chatarra, tomando en cuenta el grado de importancia de la empresa.

Para la ponderación absoluta, se toma el valor de la importancia y se la multiplica por la necesidad, esto en cada una de las 10 necesidades de la misma forma se realizó en cada una de las filas.

Para la ponderación relativa, se toma el valor total de la suma de la ponderación absoluta la cual es 738 y se la divide para el valor de la ponderación absoluta, multiplicado por 100 para obtener los valores en porcentajes, lo mismo se procede hacer en las siguientes filas lo cual como se aprecia al sumar todas las ponderaciones relativas un total del 100%.

Al tener los valores de la Tabla 2 se puede observar el orden de importancia para la empresa que es el diseño mecánico porque de eso depende mayor parte de las necesidades que se requiere como segundo nivel de importancia tenemos la calidad lo cual deben ser materiales que resistan incluidos dentro del diseño mecánico y en tercer lugar tenemos a los materiales a ser usados esto debido a que se ocuparan elementos que se tenga dentro de la acería.

### **Desarrollo del concepto de la máquina**

Una vez analizadas las diferentes formas de transmisión, se plantea la necesidad de desarrollar dos diseños: uno para la transmisión de movimiento del soporte de la canasta y otro para la propia canasta. Esta decisión surge debido a la consideración de varios parámetros, siendo el espacio disponible uno de los más relevantes. Es necesario asegurar que ambos diseños se ajusten al espacio disponible en la aplicación, permitiendo una integración efectiva y eficiente en el proceso de recolección de chatarra.

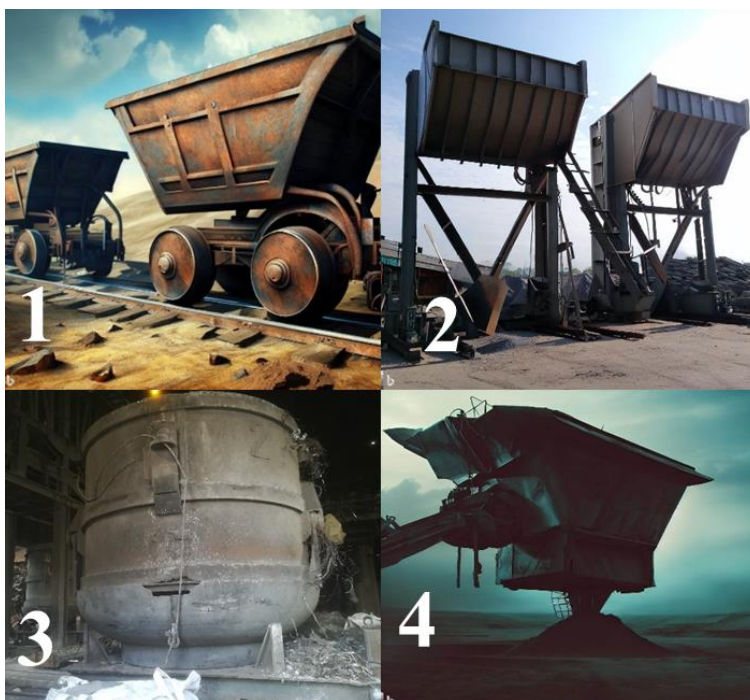
### **Desarrollo del concepto de la canasta**

En la Figura 16 se presentan diversas opciones para la construcción de la canasta, tres de ellas creadas con inteligencia artificial (IA), entre las cuales se destaca la número 3 que podría ser replicada, ya que se encuentra disponible dentro de la empresa y permite aplicar ingeniería inversa para adaptarla y reducir su tamaño. Por otro lado, las otras opciones creadas mediante inteligencia artificial ofrecen una visión más amplia y versátil para el proceso de

construcción. Esta diversidad de opciones brinda la posibilidad de explorar diferentes enfoques y seleccionar la alternativa más adecuada para la realización, considerando tanto la disponibilidad interna como las soluciones.

### Figura 16

*Conceptos preliminares de la canasta*



*Nota.* Diseños preliminares para comprender su funcionamiento y aplicación de la canasta creado con IA Léxica.

Con base en los conceptos previamente establecidos, se lleva a cabo un proceso de filtrado de las opciones disponibles para la canasta, considerando factores como facilidad de uso, seguridad, ergonomía, entre otros. La Tabla 3 refleja este análisis, utilizando una escala del 1 al 5 para evaluar cada criterio, donde 1 representa la opción menos favorable y 5 la más favorable. Luego, se calcula la puntuación total para cada opción sumando las evaluaciones de los criterios. Esta evaluación detallada permite tomar una decisión informada, seleccionando la opción que mejor se ajuste a los requisitos y preferencias establecidos para la canasta del coche recogedor de chatarra.

**Tabla 3***Criterios de selección del diseño de canasta*

<b>Criterios de selección</b>	<b>Diseño 1</b>	<b>Diseño 2</b>	<b>Diseño 3</b>	<b>Diseño 4</b>
Tamaño	5	3	4	3
Capacidad	5	2	4	3
Materiales	4	5	4	4
Seguridad	4	2	4	2
Facilidad de carga	5	4	3	3
Movilidad	5	5	4	4
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>19</b>

*Nota.* Los criterios de selección del diseño de canasta se basan en factores clave como capacidad de carga, facilidad de descarga y compatibilidad con el sistema de recogida de chatarra.

Después de evaluar los diseños 1 y 3, que han obtenido los puntajes más altos, se procederá a analizar otros factores y considerar el valor de peso asignado por la empresa a cada criterio, como se refleja en la Tabla 4. Con base en este análisis completo y ponderado, se tomará una decisión definitiva sobre el diseño a adoptar, el cual deberá cumplir con los criterios establecidos y asegurar el cumplimiento de las necesidades y expectativas. Una vez presentado el análisis y obtenida la aprobación de la empresa, se seleccionará el diseño más adecuado para garantizar el correcto funcionamiento.

**Tabla 4***Evaluación de diseños finales*

Criterios de selección	Peso	Diseño 1		Diseño 3	
		Calif.	Ponderación	Calif.	Ponderación
<b>Costo</b>	40%	5	2	2	0,8
<b>Mantenimiento</b>	10%	4	0,4	3	0,3
<b>Seguridad</b>	10%	4	0,4	4	0,4
<b>Capacidad</b>	20%	4	0,8	4	0,8
<b>Fácil descarga</b>	10%	5	0,5	4	0,4
<b>Materiales</b>	10%	4	0,4	2	0,4
<b>Total</b>	100%		4,5		3,1
<b>Aprueba</b>			Si		No

*Nota.* La evaluación de los diseños finales se llevó a cabo teniendo en cuenta varios criterios fundamentales para la empresa, con un enfoque particular en los costos.

Tras un exhaustivo análisis y en consulta con la empresa, se ha tomado la decisión de proceder con el diseño 1. Este diseño ha demostrado ser el más adecuado y cumplir con los criterios de selección previamente establecidos. En la siguiente etapa, se realizarán los cálculos necesarios para garantizar un diseño seguro y confiable que cumpla con todos los requisitos y expectativas establecidas.

### **Desarrollo del concepto del soporte de la canasta (base)**

Hay múltiples maneras de transferir movimiento y a continuación se presentan algunas de ellas brevemente a detalle para poder optar por la mejor alternativa.

### **Transmisión mecánica**

Un mecanismo ampliamente utilizado para transmitir movimientos a cuerpos sólidos es la transmisión mecánica. Este tipo de transmisión se basa en el uso de componentes

mecánicos como engranajes, poleas, cadenas y otros dispositivos similares. Su objetivo principal es transferir movimiento rotativo o lineal, según sea necesario.

A continuación, se detallan las más usadas:

#### **Transmisión por rozamiento o por fricción.**

Utiliza la fuerza de fricción entre las superficies de contacto para transmitir movimiento y fuerza, y se usa a menudo en correas, cinturones y cadenas para maquinaria pesada y bicicletas. Tenga en cuenta que su eficiencia se ve afectada por la calidad del material. Tiene un rendimiento entre el 85% y el 96% según (Martinez, 2018) y depende del ángulo de contacto y su coeficiente de fricción.

**Correas planas.** Conocida como correa plana, se utiliza entre dos ejes para permitir el movimiento lineal. Se utilizan en aplicaciones que requieren un rendimiento eficiente y compacto debido a su flexibilidad y alto coeficiente de adherencia. El rendimiento es de alrededor del 85% debido al deslizamiento según **(Martinez, 2018)**.

**Correas trapezoidales.** Se denominan correas trapezoidales porque su sección transversal se asemeja a un trapecio invertido y, a menudo, se usan en aplicaciones donde se requiere eficiencia energética. La relación de transmisión es inferior a 10 y la eficiencia alcanza el 98% según **(Martinez, 2018)**

**Transmisiones flexibles por engranes.** Son sistemas que permiten transmitir la energía entre ejes con diferentes distancias y ángulos mediante las ruedas dentadas

**Cadenas.** Se utiliza para conectar los engranajes de dos ejes diferentes. Por lo general, están hechos de acero o aleaciones de acero. Transmite par y potencia entre ejes separados. Al acortar la distancia entre las correas transmite más potencia, una cadena puede impulsar varias ruedas como se puede apreciar en la Figura 17.

## Figura 17

### *Transmisión por cadena*



*Nota.* Sistema de transferencia de energía utilizando una cadena de rodillos para transmitir movimiento creado con IA Microsoft Bing.

**Cadenas de carga.** Empleadas fundamentalmente en los mecanismos de elevación de cargas. Característica fundamental  $v \leq 25$  m/s (Pequeñas). (Trujillo, 2021)

**Cadenas de tracción.** Trabajan a velocidades medias  $V = 2$  a  $4$  m/s. (Fundamentalmente en transportadores). (Trujillo, 2021)

**Cadenas de transmisión de potencia.** Trabajan a velocidades  $V = 15$  a  $20$  m/s Utilizadas en máquinas de uso general, poseen paso pequeño (Más difundidas). (Trujillo, 2021)

**Transmisiones por engranes cilíndricos.** Son mecanismos de transmisión de potencia que usa ruedas dentadas con dientes rectos para transmitir el torque y movimiento con ejes paralelos

**Utilizan engranes.** Los engranes cilíndricos son ocupados entre ejes paralelos que transmiten torque y potencia tiene una alta eficiencia de transmisión de 96% a 99% según (Martínez, 2018). Hay dos opciones para diseñar estos engranajes.

**Dientes rectos.** Estructuralmente económico, pero tiene la desventaja de generar vibración como se aprecia en la Figura 18.

**Figura 18**

*Engranajes cilíndricos rectos*



*Nota.* Mecanismos para transmitir movimiento y potencia creado con IA Microsoft Bing

**Engranaje helicoidal.** Mayor contacto entre dientes, transmisión más suave, menor vibración y mínimo ruido al trabajar se puede apreciar en la Figura 19.

**Figura 19**

*Engranajes helicoidales*





*Nota.* Mecanismos de dientes inclinados para transmitir movimiento suave y silencioso creado con IA Microsoft Bing

Utiliza dos engranajes cónicos para transmitir potencia entre ejes que se cruzan perpendicularmente como se muestra en la Figura 20 . Estos se pueden clasificar como engranajes cónicos rectos, engranajes helicoidales, engranajes espirales y engranajes de inglete. Cuanto mayor sea el área de contacto, más suave será el movimiento y menos vibración.

### **Figura 20**

*Engranajes cónicos*



*Nota.* Dispositivos con dientes en forma cónica para transmitir movimiento entre ejes no paralelos creado con IA Microsoft Bing

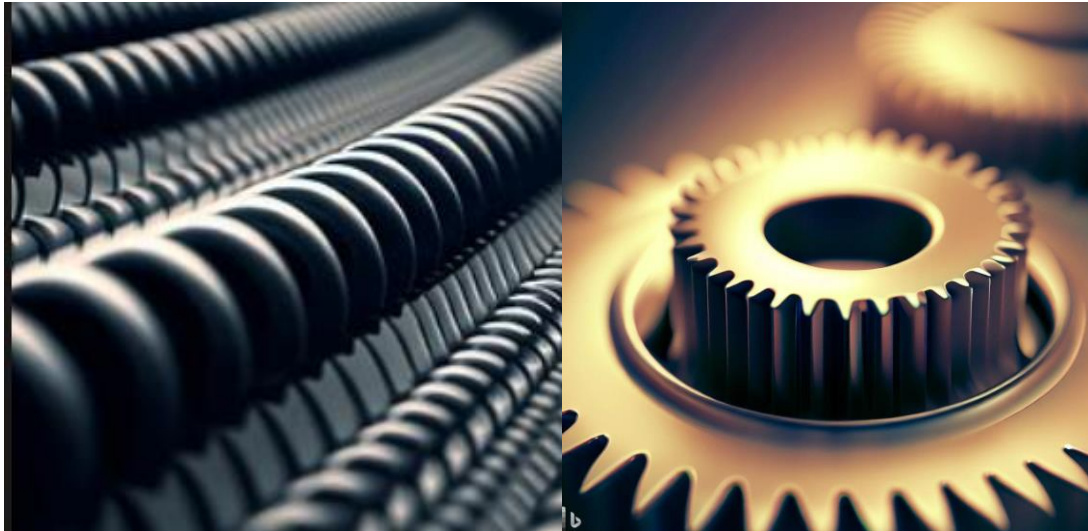
### ***Transmisiones por engranes de tornillo sin fin***

Un tornillo sin fin y una rueda dentada atraviesan el espacio sin cruzarse, creando un sistema irreversible. Sus ejes son perpendiculares entre sí. Tiene una alta relación de transmisión, lo que permite reducciones significativas en espacios muy reducidos. Su relación de transmisión puede ser de 1 a 100 según (Martínez, 2018), el rendimiento está entre el 45% y

el 97%. Ese amplio rango se debe a relaciones de transmisión más altas es menor la potencia de salida se muestra en la Figura 21.

### **Figura 21**

*Engranaje de tornillo sin fin-corona*



*Nota.* Mecanismo de transferencia de movimiento entre ejes perpendiculares mediante tornillo y rueda dentada creado con IA Microsoft Bing

### ***Transmisión hidráulica***

Basado en fluidos como el aceite y el agua que circulan por el interior, cumple la función de transmitir la potencia cinética y convertir la energía hidráulica en energía mecánica.

### ***Transmisión neumática***

A diferencia de la hidráulica, la neumática utiliza aire comprimido para transferir energía y crear movimiento.

### ***Transmisión eléctrica***

Es uno de los motores más utilizados, ya que convierte la energía eléctrica en un mecanismo capaz de movimiento rotacional o lineal. Uno de los motores más utilizados es el motor eléctrico.

### ***Transmisión electromagnética***

Se utilizan con menos frecuencia porque, al igual que los motores de inducción, su movimiento se transmite mediante campos electromagnéticos.

### ***Solución adoptada***

Al tomar en cuenta todas las opciones posibles para realizar la transmisión de movimiento del coche recogedor de chatarra se ha seleccionado la transmisión eléctrica y mecánica utilizando un motor para que posteriormente un reductor permita ejercer el movimiento del eje principal que se encuentra en la parte delantera del coche permitiendo el movimiento del eje secundario en la parte posterior del coche al igual que acoplar una transmisión por cadena que permita el movimiento del eje principal por dientes rectos el motivo de la elección es debido al alto rendimiento y reducido mantenimiento, relación de transmisión constante con alta fiabilidad y una larga duración.

Se ha determinado esta elección porque el ruido de los engranes rectos y vibración no es un factor determinante para la aplicación que se requiere, a más que se considera el costo más elevado tomar engranes helicoidales, la cadena es de uso comercial, lo cual facilita su adquisición al igual que sus engranes de transmisión como se aprecia en la Figura 22.

### **Figura 22**

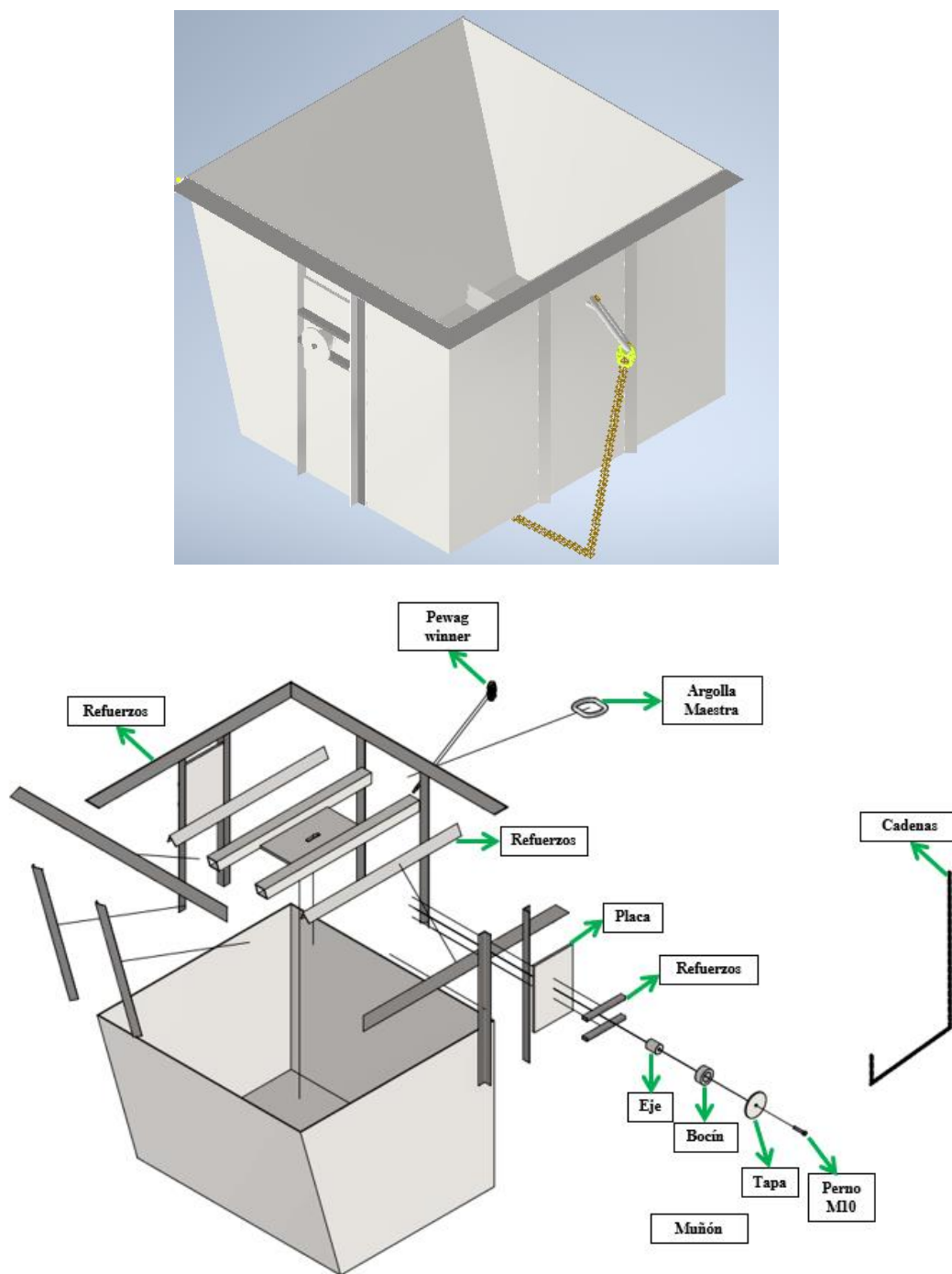
*Sistema de transmisión optado para el movimiento de la canasta*



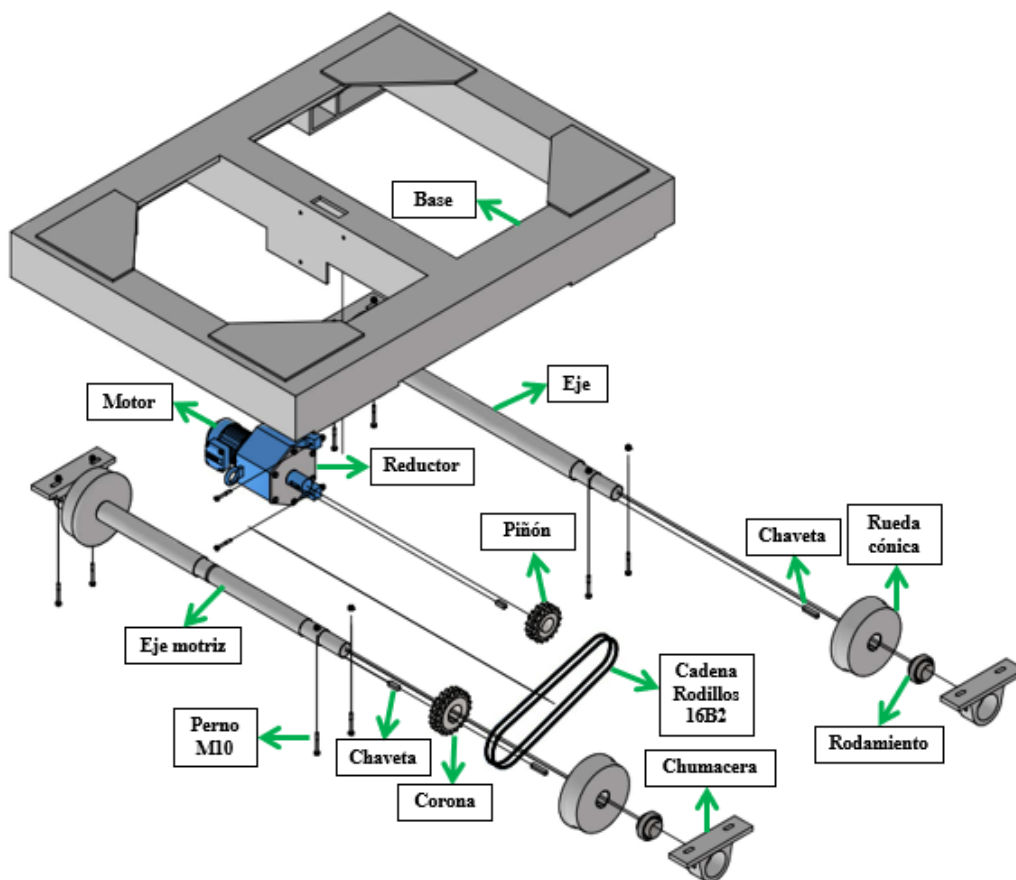
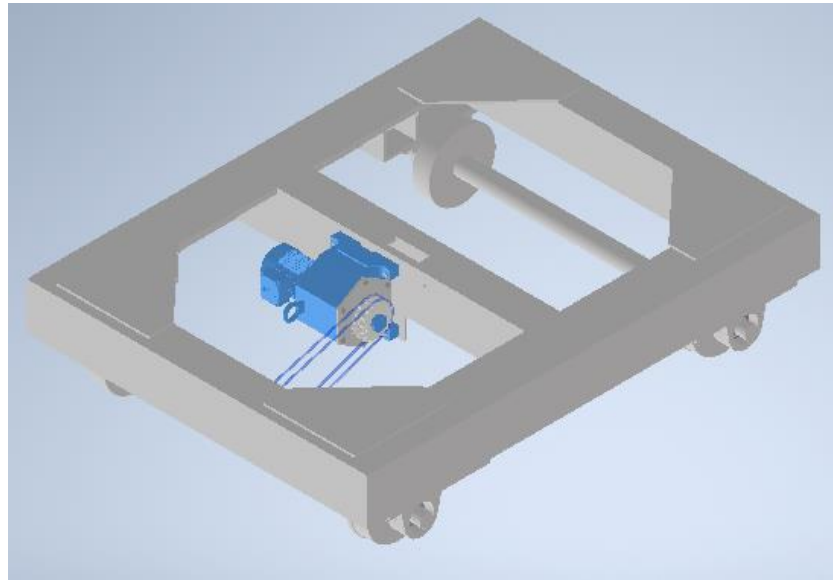
*Nota.* Motor reductor y cadena para el movimiento de la canasta.

Una vez que los conceptos clave de la máquina han sido definidos y evaluados en conjunto con la empresa, y tras haber recibido la aprobación para proceder con su fabricación, se ha obtenido un diseño completo en software CAD Inventor. La Figura 23 muestra la representación visual de este diseño detallado, donde cada componente y aspecto es cuidadosamente modelado para su fabricación. El uso de la herramienta CAD garantiza una precisión y exactitud en la representación de la máquina, permitiendo visualizar su funcionamiento y características de manera virtual antes de la fase de producción física. Este diseño completo es un paso crucial para asegurar que la máquina cumpla con todos los requisitos, estandarizaciones y especificaciones establecidas previamente, y para garantizar su eficiencia y rendimiento óptimos durante la fase de fabricación y más allá.

En la Figura 24 se presenta el diseño integral de la base, permitiendo una visión más completa de la máquina y cómo los materiales previamente seleccionados se han aplicado. Esto proporciona una comprensión más clara de la funcionalidad y los elementos utilizados en el diseño.

**Figura 23***Diseño Cad de la Canasta*

*Nota.* Explosionado de la canasta en Inventor

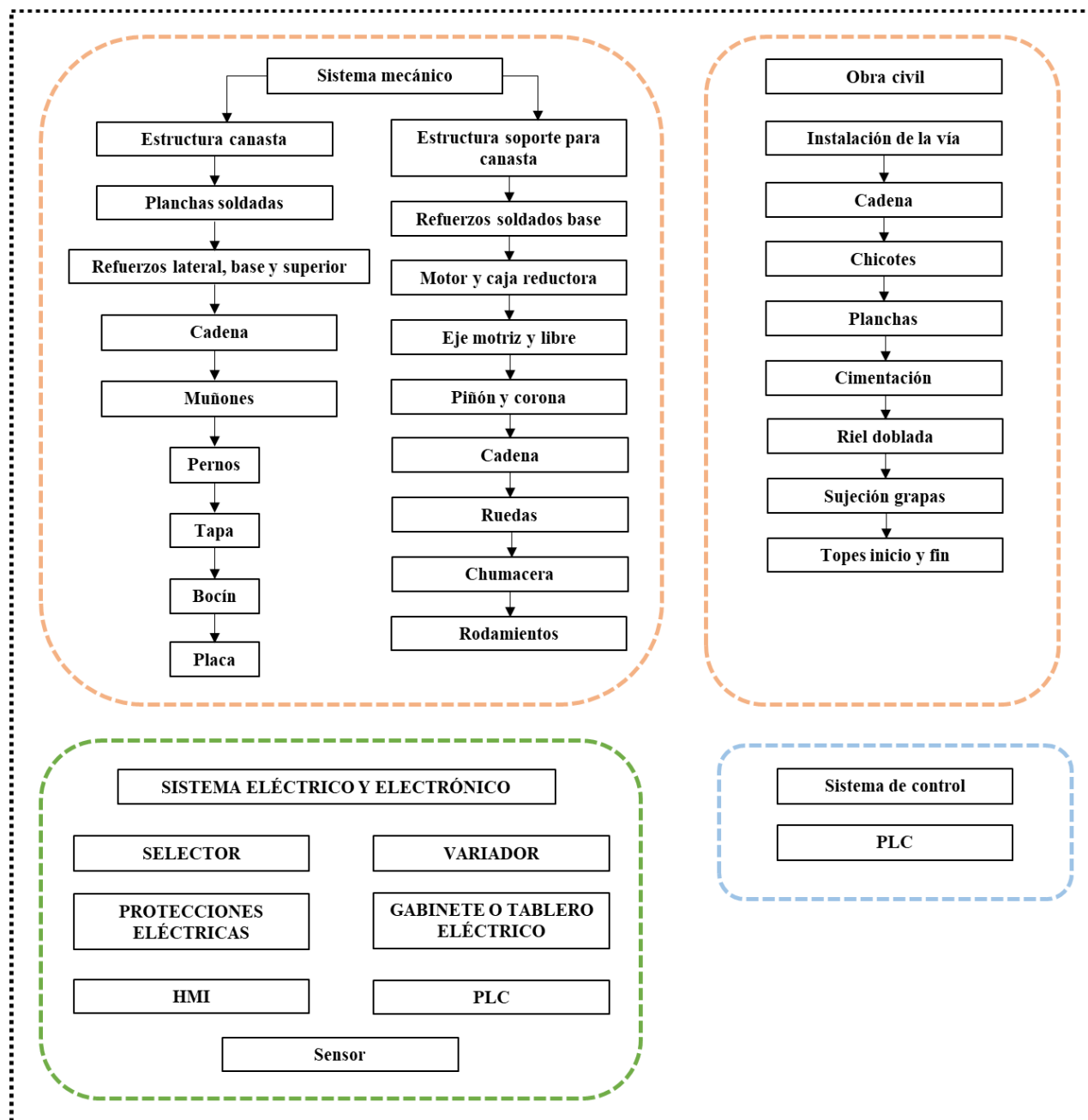
**Figura 24***Diseño Cad de la base*

*Nota.* Diseño CAD realizado en inventor de la base detallando los componentes.

A partir del diseño integral de la máquina, se han tenido en cuenta los diferentes sistemas que la conforman, tales como el sistema mecánico, eléctrico y de obra civil. Como resultado, se ha elaborado un diagrama de bloques detallado que proporciona una visión clara de los elementos cruciales necesarios para nuestro equipo. Este diagrama se presenta en la Figura 25 y nos permite comprender de manera visual y precisa cómo interactúan los distintos componentes para garantizar un funcionamiento armonioso y eficiente de la máquina. Gracias a esta representación esquemática, se facilita la identificación de las partes fundamentales y su interconexión, contribuyendo así a una planificación más precisa y exitosa en el proceso de fabricación y puesta en marcha del equipo.

Figura 25

Diagrama de bloques general del coche recogedor de chatarra



Nota. Diagrama de bloques general de la máquina: Representación gráfica de los principales módulos y su interconexión en el sistema.

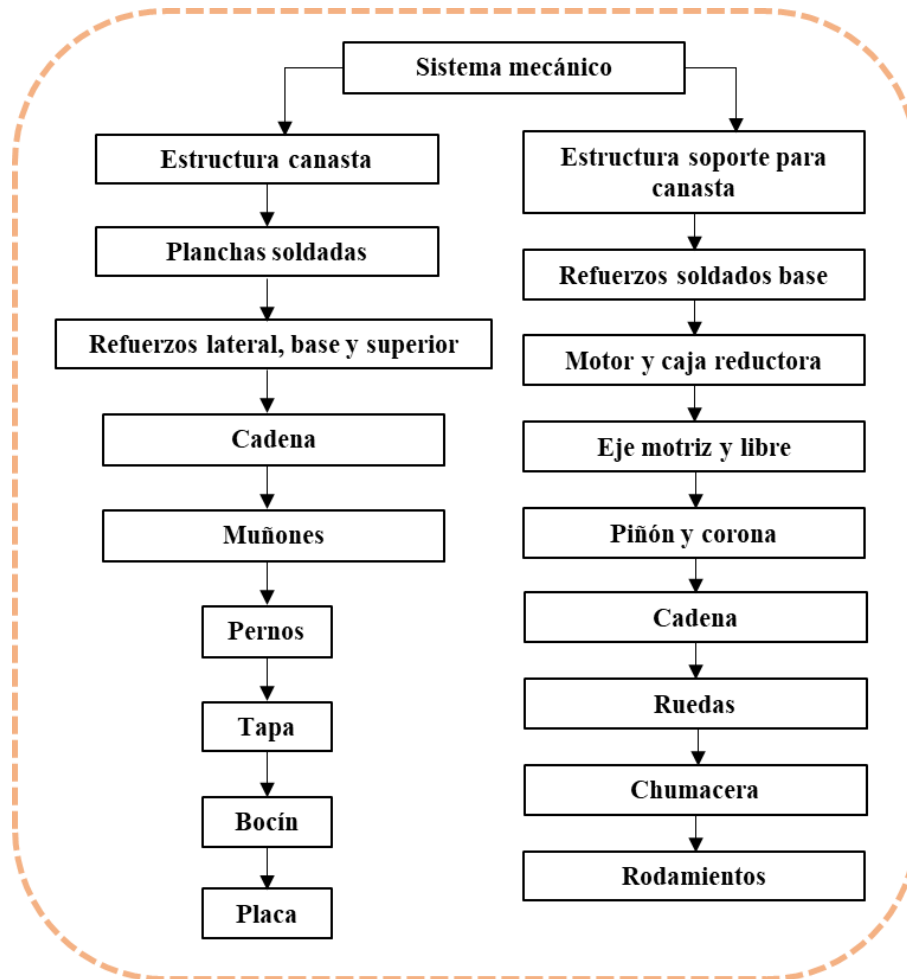


## Diseño mecánico

El diseño previo de la máquina se divide para un abordaje detallado, comenzando con la parte que más tiempo consume, el diseño mecánico. Se consideran las partes principales, descritas en la Figura 26, enfocándose en la estructura base, ubicación de componentes esenciales y sistemas de transmisión. La Figura 26 guías visualmente el proceso, asegurando precisión y resistencia con materiales seleccionados. Este enfoque sólido sienta las bases para el éxito en la construcción y funcionamiento de la máquina.

### Figura 26

Diagrama de bloques del sistema mecánico



*Nota.* Representación gráfica que ilustra la estructura y las interacciones de los componentes mecánicos dentro del sistema.

### **Caja reductora.**

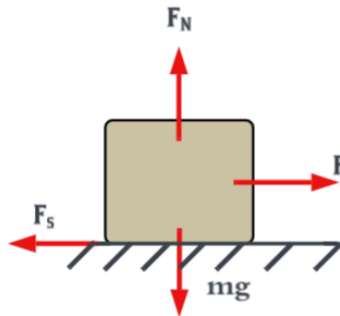
Dado la disponibilidad de la empresa se tiene un reductor de ratio 28.0 a 1 marca LS Leroy Somer CB2402 SB3.

### **Selección del Motor**

Se realiza el siguiente análisis para poder determinar el mejor motor con la potencia necesaria para transmitir el movimiento del coche.

Potencia de cálculo ( $P_a$ )

Para considerar la carga real de la masa de la canasta más su peso se tomó en cuenta la segunda Ley de Newton



Donde:

- $\mu_s$  coeficiente de fricción estática 0.5 tomado de (Moreno, 2017)
- $\mu_k$  coeficiente de fricción dinámico
- $m_c$  masa de la carga
- $m_e$  masa de la estructura considerando peso de la base y canasta
- $F_N$  fuerza normal
- $g$  gravedad
- $F_s$  Fuerza de fricción estática
- $a_x = 0$  Parte del reposo

$$m_c = 8000kg$$

$$m_e = 1500kg$$

$$\mu_s = 0.5$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_N - mg = 0$$

$$F_N = mg \quad (1)$$

$$F_s = \mu_s mg \quad (2)$$

$$F_s = 0.5(9500kg)(9.8m/s^2)$$

$$F_s = 46550 \text{ kgm/s}^2 = 46550N$$

$$\sum F_x = ma_x$$

$$F - F_s = 0$$

$$F = F_s$$

El coche se moverá si se le aplica una fuerza que sea ligeramente mayor a la fuerza de fricción estática, dado que la fuerza de fricción estática habitualmente debe ser ligeramente mayor a la fuerza de fricción dinámica.

$$\mu_s > \mu_k \quad (3)$$

Al calcular el motor para este sistema, se deben tener en cuenta algunas consideraciones clave. El movimiento se realiza en terreno plano, sin pendientes. La prioridad recae en la potencia del motor, no en la velocidad, debido a la significativa carga a transportar. A diferencia de los trenes de alta velocidad, aquí el enfoque principal es en el desplazamiento seguro de la carga, lo que implica una velocidad controlada para prevenir la caída de chatarra de la canasta del coche.

Datos:

- $T$  Torque
- $d$  Distancia
- $P_a$  Potencia

- $v$  velocidad
- $t$  tiempo
- $r$  rendimiento del motor obtenido por la Norma IEC 60034-2-1 tomado de (Cabo, 2008)
- $i$  relación de transmisión
- $n_e$  velocidad de entrada
- $n_s$  velocidad de salida
- $P_m$  Potencia de mando

Torque=Fuerza total requerida x Distancia

$$T = F_s * d \quad (4)$$

$$T = 46550 * 12m = 558600Nm$$

$$P = \frac{T}{t} \quad (5)$$

$$P_a = \frac{558600Nm}{60 * 5s}$$

$$P_a = 1862W$$

$$P_a = \frac{1862W}{745.7 W/HP}$$

$$P_a = 2.497HP$$

$$v = \frac{d}{t} \quad (6)$$

$$v = \frac{12m}{300s}$$

$$v = 0,04 m/s$$

- Potencia de entrada ( $P_e$ )

$$P_e = \frac{P_a}{r} \quad (7)$$

$$P_e = \frac{2.497HP}{0.87}$$

$$P_e = 2.87Hp$$

Dado que ya sabemos la relación de transmisión del reductor siendo esta  $i = 28$

$$i = \frac{ne}{ns} \quad (8)$$

$$ne = \frac{ns}{i}$$

$$ne = \frac{1730rpm}{28}$$

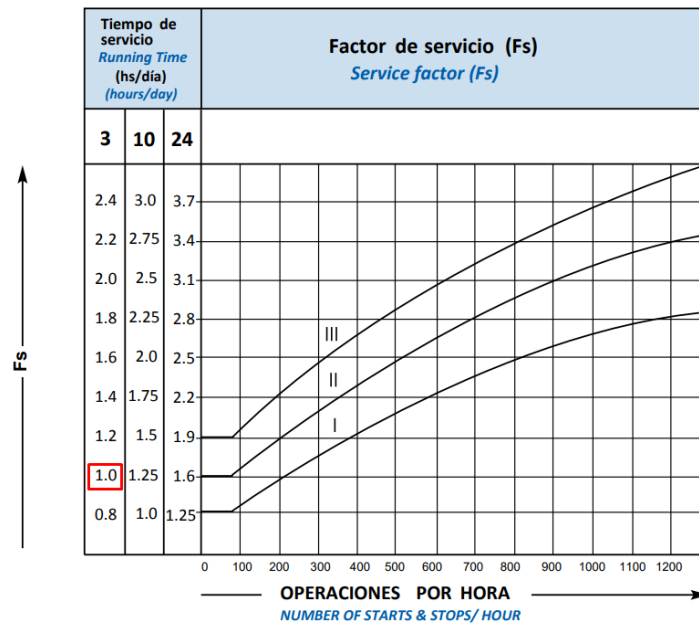
$$ne = 61.79rpm$$

- Potencia de mando

$$Pm = P_e * fs \quad (9)$$

### Figura 27

Factor de servicio



*Nota.* La tabla proporciona una guía visual para determinar cómo varía el factor de servicio en función de las operaciones de trabajo para prevenir un desgaste del equipo. Tomado de (Lentax, 2018)

Se considera un factor de servicio de 1 para este motor debido a su clasificación como tipo irregular. Este factor de servicio se establece porque el motor no está diseñado para un

uso continuo, sino que se utilizará solo durante breves períodos de tiempo como se aprecia en la Figura 27. La clasificación de tipo irregular indica que el motor no operará de manera continua y está diseñado para aplicaciones con ciclos de trabajo intermitentes o periódicos. Dado que se espera que funcione durante cortos intervalos, se ha asignado un factor de servicio de 1 para reflejar este comportamiento de uso no continuo.

$$P_m = 2.87Hp * 1$$

$$P_m = 2.87Hp$$

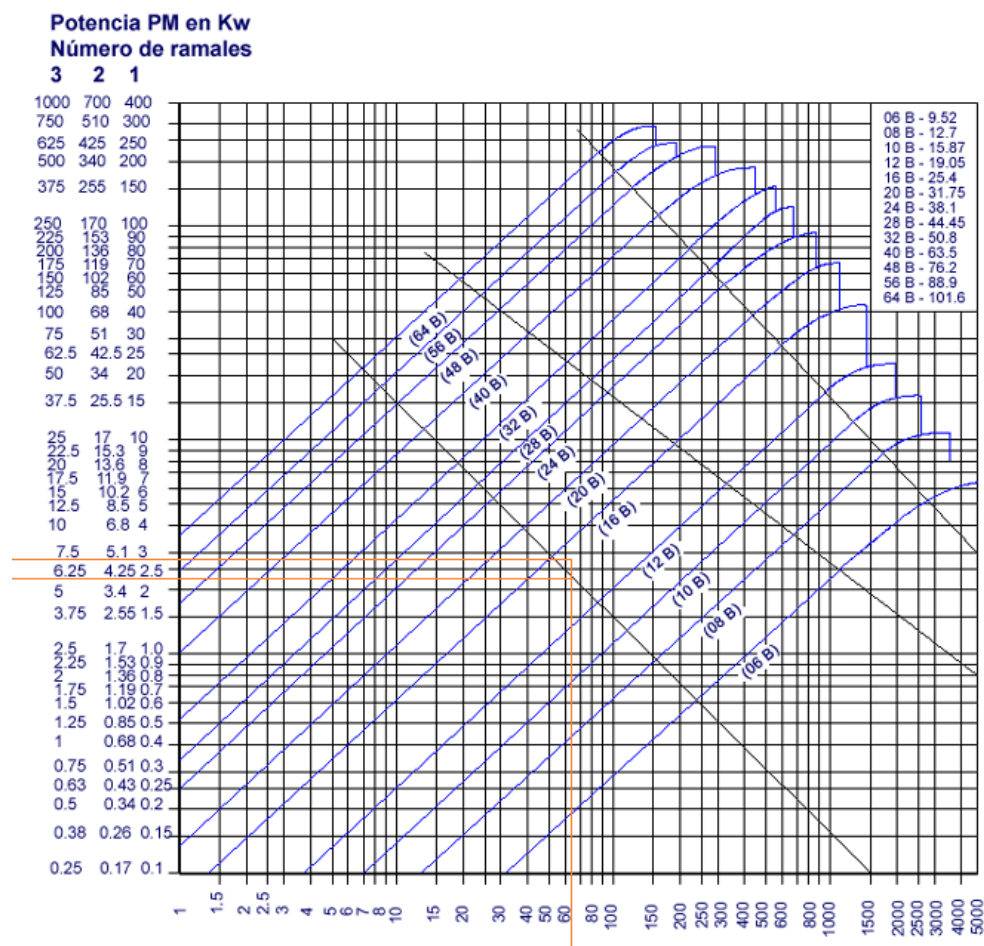
Se puede tomar cualquier marca de motor que sea superior a 3hp que se acople a la caja reductora para la elección del motor se tomó en cuenta

### ***Cálculo de sistema de transmisión por cadena***

Para ello se tomará en cuenta los datos anteriores como la potencia del motor dado a que se seleccionó un motor de 5Hp que es igual a 3.73Kw para poder seleccionar la cadena

Figura 28

Selección de cadena



*Nota.* La tabla proporciona una guía visual de la velocidad de salida vs el número de ramales del piñón para seleccionar la mejor opción de cadena de rodillos. Tomado de (Cadersa, 2023)

Como se puede ver en la Tabla 5, las líneas trazadas en rojo, dado que se toma los piñones a la salida del reductor se tiene la velocidad de salida de 61,79 rpm existen diversas posibilidades para la selección de la cadena como se aprecia la mejor selección es la cadena 16B de doble ramal se aproxima más con un paso de 25.4 mm igual a 1 in.

Tabla 5

Tipo cadena doble

ISO/ DIN	Paso P	Ancho Int. Min b1 mm	Ø rodillo máx. d3 mm	Ø eje máx. d1 mm	Ancho s/ejes máx. F1 mm	Ancho mallas máx. G1 mm	Distancia entre centros y mm	Peso Kg/m	Superf. Articula- ción F cm <sup>2</sup>
16-B2	25'4	17'02	15'88	8'28	68	21'08	31'88	4'51	5'37

Nota. Tomado de (Cadersa, 2023)

En el catálogo, se pueden observar las características de la cadena, como el diámetro del rodillo, el paso y el ancho interior del eslabón. Este último representa la superficie de contacto de trabajo entre los eslabones y los dientes de las ruedas dentadas.

Figura 29

Selección de piñón para potencia transmisible en función de la velocidad

**5.4 Transmittable output's (kW)**  
**for Rex-High-Capacity-Roller Chains 16 B – 1**  
**25.4 mm pitch, European version** **DIN 8187**

Number of teeth	Reference Ø mm	Small sprocket revolution																			
		Hand lubrication				Drip lubrication				Oil bath lubrication				Forced feed lubrication							
		25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
13	106.10	0.97	1.80	3.36	6.26	9.00	11.67	14.25	19.33	24.25	21.00	16.00	12.67	10.42	8.67	7.42	6.43	5.65	5.01	4.48	-
14	114.10	1.04	1.95	3.63	6.78	9.75	12.67	15.50	20.92	26.25	23.50	17.83	14.17	11.58	9.75	8.30	7.19	6.31	5.60	5.01	-
15	122.20	1.12	2.10	3.92	7.31	10.50	13.67	16.67	22.58	28.33	26.00	19.83	15.75	12.83	10.75	9.17	7.97	7.00	6.21	0.35	-
16	130.20	1.21	2.25	4.20	7.83	11.25	14.58	17.83	24.17	30.33	28.67	21.83	17.33	14.17	11.83	10.17	8.75	7.71	6.84	-	-
17	138.20	1.29	2.40	4.48	8.33	12.08	15.58	19.08	25.83	32.42	31.33	23.83	18.92	15.50	13.00	11.08	9.58	8.42	7.47	-	-
18	146.30	1.37	2.56	4.77	8.92	12.83	16.58	20.33	27.50	34.42	34.17	26.00	20.67	16.92	14.17	12.08	10.50	9.17	8.16	-	-
19	154.30	1.45	2.71	5.06	9.42	13.58	17.58	21.50	29.17	36.50	37.08	28.25	22.42	18.33	15.33	13.08	11.33	10.00	8.83	-	-
20	162.40	1.53	2.87	5.35	10.00	14.33	18.58	22.75	30.83	38.67	40.08	30.50	24.17	19.83	16.58	14.17	12.25	10.75	0.79	-	-
21	170.40	1.62	3.02	5.63	10.50	15.17	19.67	24.00	32.50	40.75	43.08	32.83	26.00	21.33	17.83	15.25	13.25	11.58	-	-	-
22	178.50	1.70	3.17	5.92	11.08	15.92	20.67	25.25	34.17	42.83	46.25	35.17	27.92	22.83	19.17	16.33	14.17	12.42	-	-	-
23	186.50	1.78	3.33	6.22	11.58	16.67	21.67	26.42	35.83	44.92	49.33	37.58	29.83	24.42	20.50	17.50	15.17	13.25	-	-	-
24	194.60	1.87	3.49	6.51	12.17	17.50	22.67	27.75	37.50	47.00	51.67	40.08	31.75	26.00	21.83	18.58	16.17	14.17	-	-	-
25	202.70	1.95	3.65	6.81	12.67	18.25	23.67	29.00	39.17	49.17	54.08	42.58	33.83	27.67	23.17	19.83	17.17	6.95	-	-	-
28	226.80	2.21	4.12	7.69	14.33	20.67	26.75	32.75	44.33	55.50	61.08	50.50	40.08	32.83	27.50	23.50	20.33	-	-	-	-
30	243.00	2.37	4.44	8.28	15.42	22.25	28.83	35.25	47.75	59.83	65.75	56.00	44.42	36.33	30.50	26.00	20.42	-	-	-	-
32	259.10	2.55	4.76	8.92	16.58	23.83	30.92	37.75	51.17	64.17	70.58	61.67	48.92	40.08	33.58	28.67	-	-	-	-	-
35	283.40	2.81	5.24	9.75	18.25	26.33	34.08	41.67	56.42	70.67	77.75	70.58	56.00	45.83	38.42	32.83	-	-	-	-	-
40	323.70	3.24	6.06	11.33	21.08	30.33	39.33	48.08	65.08	81.67	90.00	85.83	68.42	56.00	46.92	-	-	-	-	-	-

Nota. La tabla proporciona una guía visual de la selección del número de dientes del piñón en base a la velocidad. Tomado de (Cadersa, 2023)



En el presente estudio, se realiza una selección primaria de la cadena, optando por la variante 16b. A continuación, se analizan las revoluciones por minuto (rpm) a la salida del reductor, las cuales como se calculó anteriormente esta se encuentran en el valor de 61.79 rpm, situándose dentro del rango recomendado de 50 a 100 rpm. En cuanto a la potencia, se procede a buscarla en la parte inferior de la Figura 29. De manera satisfactoria, la potencia también se encuentra dentro del rango adecuado, como se destaca en el cuadro rojo que enmarca dicho intervalo.

Cabe mencionar que, siguiendo las indicaciones de la norma Din8187, se prioriza la elección de dientes impares, lo cual se cumple en este caso. Asimismo, la cantidad de dientes seleccionados se encuentra dentro del rango de 17 a 25, en total consonancia con las recomendaciones mencionadas en dicha normativa. Esta selección rigurosa del piñón de 17 dientes como se muestra en la Figura 30 garantiza un adecuado rendimiento y cumplimiento de los estándares establecidos para el correcto funcionamiento del sistema considerando la lubricación por goteo en la cadena.

### **Figura 30**

*Piñón de 17 dientes*



*Nota.* Engranaje empleado en la salida del reductor, enlazado con una cadena de rodillos para transmitir movimiento.

Se destaca la importancia de la velocidad del piñón y su relación con la salida del reductor. Al estar montado en la salida del reductor, el piñón alcanza una velocidad idéntica a la

del reductor, fijada en 61.79 rpm. Esta configuración resulta esencial, pues el propósito fundamental del piñón es transmitir la potencia generada por el reductor al eje motriz del coche. Para lograr un movimiento adecuado del vehículo, se ha determinado una velocidad de salida de 50 rpm en el eje motriz, calculada meticulosamente con base en las especificaciones y requerimientos técnicos del sistema y proporcionados por la empresa. La sincronización de estas velocidades es crucial para garantizar una transmisión de potencia eficiente y un óptimo desempeño del coche, convirtiendo el análisis de este aspecto en un componente esencial de la investigación y asegurando el éxito y la eficacia globales del sistema.

Datos:

- $i_c$  relación de transmisión de la cadena
- $np$  velocidad del piñón
- $nc$  velocidad de la corona
- $z_c$  Cantidad de dientes de la corona
- $z_p$  Cantidad de dientes del piñón

$$i_c = \frac{np}{nc} \quad (10)$$

$$i_c = \frac{61.79rpm}{50rpm}$$

$$i_c = 1,24$$

$$i = \frac{Zc}{Zp} \quad (11)$$

$$Zc = i * Zp$$

$$Zc = 1,24 * 17$$

$$Zc = 21 \text{ dientes}$$

Se lleva a cabo una verificación minuciosa del número de dientes seleccionados tanto en el piñón como en la corona, asegurándose de que cumplan con las recomendaciones establecidas en la norma europea DIN 8196. Como ya se mencionó previamente, es de vital

importancia que el número de dientes sea impar para facilitar el engrane con los diferentes eslabones de la cadena, lo cual permite una mejor distribución del desgaste en el sistema.

Es relevante destacar que la variación de la velocidad en la transmisión está fuertemente influenciada por el número de dientes del piñón. Al aumentar el número de dientes, se logra una mayor uniformidad en el movimiento, evitando así el efecto cordal que suele presentarse en las transmisiones por rodillos. Este efecto se traduce en variaciones de velocidad, aceleraciones y fuerzas indeseadas que pueden reducir significativamente la vida útil del sistema de transmisión, como se ve en la Figura 31. Por tanto, la elección adecuada del número de dientes se convierte en un aspecto clave para optimizar el rendimiento y la durabilidad de la transmisión, siendo un objetivo primordial en este estudio.

### Figura 31

*Engrane características*

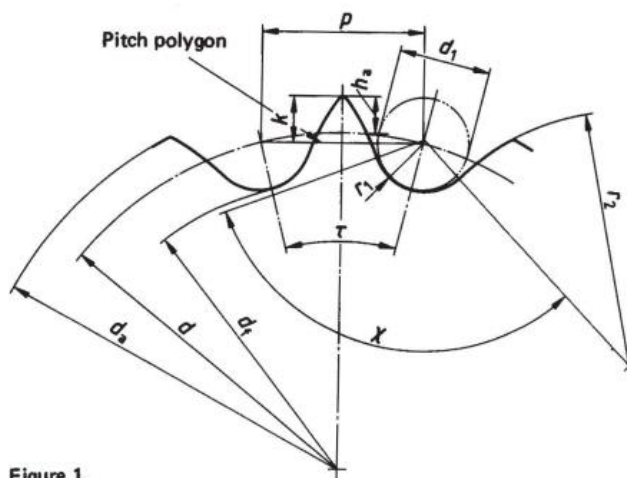


Figure 1.

*Nota. Tomado de la Norma DIN8196*

La evaluación de las características técnicas de los piñones y coronas se realiza mediante la consulta del catálogo Martin, específicamente en la Figura 32. En dicho catálogo, se observa que el piñón presenta un diámetro exterior de 6.0672 pulgadas, equivalente a 154.11 mm, y cuenta con 17 dientes. Por otro lado, la corona posee 21 dientes y muestra un diámetro exterior de 7.3345 pulgadas, que corresponde a 186.3mm. Es crucial destacar que

esta elección de dientes se hizo considerando las limitaciones de espacio disponibles. Si bien se podría haber optado por un mayor número de dientes para obtener una relación más alta, se priorizó la optimización del diámetro exterior dentro de los parámetros establecidos.

En este sentido, es importante tener en cuenta que a medida que aumenta el número de dientes, el diámetro exterior también se incrementa. Por lo tanto, se realizó una cuidadosa selección para lograr un equilibrio entre la relación de transmisión deseada y las restricciones de espacio, asegurando así el adecuado funcionamiento del sistema en consideración de sus características técnicas.

### Figura 32

*Martin Spk Roller double B met*

<b>SPK RODILLO DOBULE B</b>		<b>SPK RODILLO DOBULE B</b>	
<b>Material</b>	Acero	<b>Material</b>	Acero
<b>Número de cadena</b>	16B	<b>Número de cadena</b>	16B
<b>Paso</b>	1 in	<b>Paso</b>	1 in
<b>Número de dientes</b>	17	<b>Número de dientes</b>	21
<b>Diámetro externo</b>	6,0672 in	<b>Diámetro externo</b>	7,3345 in
<b>Diámetro primitivo</b>	5,4422 in	<b>Diámetro primitivo</b>	6,7095 in
<b>Diámetro interno</b>	4,4090 in	<b>Diámetro interno</b>	5,1180 in

Donde:

- $N_e$  Número de eslabones
- $z_c$  Cantidad de dientes de la corona
- $z_p$  Cantidad de dientes del piñón
- $C$  Distancia entre centros de los ejes expresada en pasos

Se determina la distancia entre centros adecuada en el diseño de sistemas de transmisión mediante cadenas. Se ha identificado que una distancia corta entre centros puede ocasionar un desgaste prematuro de la cadena debido a la mayor fricción y tensión ejercida sobre los eslabones y los dientes de las ruedas dentadas. Por otro lado, distancias entre centros excesivamente altas pueden generar problemas de flexión en la cadena, lo que impacta negativamente en su rendimiento y aumenta la carga sobre los componentes.

Para abordar esta cuestión, varios fabricantes recomiendan que la distancia entre centros se encuentre en un rango óptimo, específicamente, en el intervalo de  $50 \geq C \geq 30$ . Esta guía busca lograr un equilibrio entre el desgaste y la carga de flexión, evitando tanto el desgaste prematuro como el sobrepeso de la cadena.

$$N_e = 2 * C + \frac{Z_c + Z_p}{2} + \frac{(21 - 17)^2}{4 * C * \pi^2} \quad (12)$$

$$N_e = 2 * 40 + \frac{17 + 21}{2} + \frac{(21 - 17)^2}{4 * 40 * \pi^2}$$

$$N_e = 99$$

Se considero una distancia de 40 cm entre los centros dando como resultado que se necesita 99 eslabones.

Donde:

- $L_c$  Longitud de la cadena
- $P$  Paso de la cadena

$$L_c = N_e * P \quad (13)$$

$$Lc = 99 * 25.4mm$$

$$Lc = 2514.6mm$$

- $V_m$  Velocidad media es igual a la velocidad lineal tangente al radio de la circunferencia del piñón
- $d_{pp}$  Diámetro primitivo del piñón
- $r_{pp}$  radio primitivo del piñón
- $n_p$  velocidad del piñón

$$V_m = V_t = w * r \quad (14)$$

Donde:

$$d_{pp} = 138mm$$

$$r_{pp} = 69mm = 0.069m$$

$$n_p = \frac{61.79 \text{ rev/min} * 2\pi/\text{rev}}{60 \text{ seg/min}}$$

$$n_p = 6.47 \frac{1}{\text{seg}} = 6.47 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$V_m = 6.47 \frac{1}{\text{seg}} * 0.069m$$

$$V_m = 0.446 \text{ m/s}$$

### **Verificación del diámetro de masas**

Donde:

- $d_m$  diámetro de masas
- $d_{ap} = 112mm$  diámetro de cabeza del piñón
- $d_{ep} = 60mm$  diámetro del eje del piñón (salida del reductor)
- $d_{ac} = 130mm$  diámetro de cabeza de la corona
- $d_{ec} = 71mm$  diámetro del eje de la corona

$$dm \geq 1.4 * de \quad (15)$$

Piñón

$$dap \geq 1.4 * dep$$

$$112mm \geq 1.4 * 60mm$$

$$112mm \geq 84mm$$

Corona

$$dap \geq 1.4 * dep \quad (16)$$

$$130mm \geq 1.4 * 71mm$$

$$130mm \geq 99.4mm$$

### Lubricación

Para ello se usa bajo la norma ISO-VG establece 18 grados de viscosidad que comprenden desde el 2 al 1500 centistokes (Cst) como se aprecia el ambiente en el cual se encuentra el equipo es dentro de una acería la temperatura mínima va hacer 40 grados para lo cual se recomienda usar un lubricante con un grado ISO-VG mayor a 46.

**Tabla 6**

Grado ISO de lubricante

Grado ISO	Viscosidad Cinemática Media cSt @ 40°C	Límites de Viscosidad cSt @ 40°C	
		Mínima	Máxima
VG 15	22,0	13,50	16,50
VG 22	32,0	19,80	24,20
VG 32	46,0	28,80	35,20
VG 46	68,0	41,40	50,60
VG 68	100,0	61,20	74,80
VG 100	150,0	90,00	110,00

*Nota.* Tomado de la Norma DIN 51519

### ***Resultado final del sistema de transmisión***

#### ***Cadena***

- Serie: 16B2
- Paso: 25.4mm o 1 in
- Tipo: Cadena doble de rodillos
- Longitud: 2514.6 mm
- N.º de eslabones o enlaces: 99
- Distancia entre centros de las ruedas: 400mm

#### ***Rueda menor o piñón***

- Número de dientes: 17
- Diámetro primitivo: 112 mm

#### ***Rueda mayor o corona***

- Número de dientes: 21
- Diámetro primitivo: 130 mm

#### ***Lubricación***

- ISO VG 46-150
- Esfuerzos ejes
- Esfuerzo en los muñones
- Chavetas
- Diseño de los rieles
- Selección de las ruedas



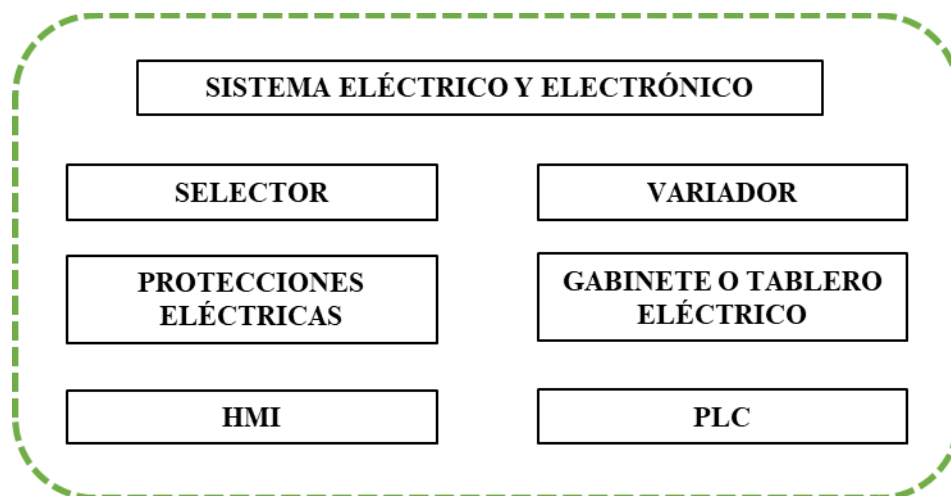
## Diseño eléctrico

Una vez determinado el motor a ser empleado en el sistema, con una potencia de 5Hp equivalente a 3.73kW, se procede a seleccionar el calibre del conductor y las protecciones necesarias para asegurar el funcionamiento seguro y eficiente del motor.

Los componentes de este sistema se pueden apreciar en detalle en la Figura 33 lo que nos representa lo necesario que se va a utilizar en el coche. Durante este proceso de selección, se considerarán cuidadosamente las especificaciones técnicas del motor, las corrientes involucradas y las normativas aplicables para garantizar un diseño eléctrico adecuado, cumpliendo con los requisitos y estándares establecidos. Con esta etapa clave, se busca asegurar la correcta alimentación y protección del motor, promoviendo así un rendimiento óptimo y una operación confiable en el sistema.

**Figura 33**

*Diagrama del sistema eléctrico y electrónico*



*Nota.* Representación gráfica que muestra la disposición de los componentes eléctricos y electrónicos utilizados en el sistema.

### **Selección del conductor**

La elección del conductor para alimentar el motor depende de la corriente nominal que este consumirá. Es esencial seleccionar un cable adecuado que pueda manejar con seguridad

la corriente esperada, evitando así problemas y sobrecargas eléctricas. Se presentan las características del motor disponible dentro de la empresa, las cuales se obtuvieron al observar los datos de su placa.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} * V * f_p} \quad (17)$$

Datos

$$P = 3730W$$

$$V = 220V$$

$$f_p = 0,83$$

$$I_n = \frac{3730W}{\sqrt{3} * 220V * 0,83}$$

$$I_n = 11,79A$$

Al determinar la corriente nominal requerida para el motor, se procede a calcular la corriente necesaria para el diseño del conductor eléctrico, considerando un factor de servicio de 1,25. Este factor adicional del 25% asegura que el conductor esté dimensionado para manejar cargas momentáneas o picos de consumo sin comprometer su integridad ni sobrecalentarse.

No obstante, es esencial tener en cuenta que el factor de servicio no debe utilizarse como una excusa para operar el motor constantemente cerca o por encima de su capacidad nominal, ya que ello podría generar riesgos de seguridad y daños a largo plazo. La selección adecuada del conductor y el cumplimiento de las especificaciones del motor son fundamentales para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema eléctrico.

$$I_d = 1,25 * I_n \quad (18)$$

$$I_d = 1,25 * 11,79A$$

$$I_d = 14,74A$$

Con base en el resultado obtenido, procedemos a seleccionar el calibre adecuado para el conductor eléctrico teniendo en cuenta la tabla de conductores AWG. Para este caso

específico, hemos optado por un conductor AWG número 10, el cual se ajusta a las características descritas en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Características AWG 10*

<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Capacidad	15	A
Diámetro	2,59	mm
Resistencia	3,64	$\Omega/Km$
Sección	5,26	mm <sup>2</sup>

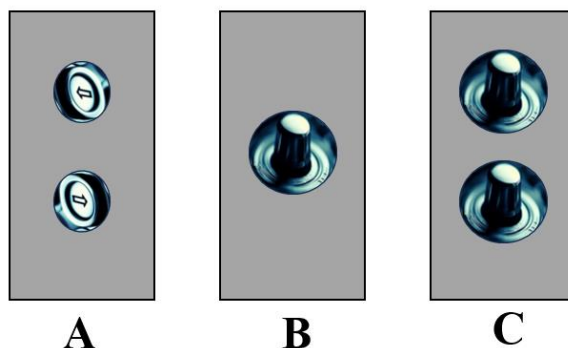
*Nota.* Tomado de (Electronicafacil, 2023)

### **Selección de interruptor**

Para seleccionar el interruptor más adecuado para nuestra aplicación, se evaluaron varias opciones disponibles en el mercado (Figura 34). El enfoque A propone el uso de dos botones independientes, uno para el avance del coche y otro para el retroceso. El enfoque B se basa en un selector de tres posiciones, hacia la izquierda para el avance y hacia la derecha para el retroceso y el medio sin movimiento del coche. En el enfoque C, se consideran dos interruptores individuales con la misma función que el enfoque A. Cada enfoque presenta ventajas particulares, como control intuitivo, diseño compacto o modularidad.

**Figura 34**

*Opciones de interruptores*



*Nota.* Alternativas de interruptores o pulsadores para mover el coche.

Se ha decidido seleccionar un interruptor selectivo o conmutador para la aplicación, y tras evaluar las corrientes nominales previamente calculadas con un factor de servicio de 1,2, presentadas en la Tabla 8. Este tipo de interruptor permitirá controlar el circuito eléctrico de manera versátil, ofreciendo tres opciones distintas para la dirección del coche y volviendo automáticamente a la posición central después de cada selección. Con base en los resultados obtenidos, se ha generado la Tabla 9 que detalla el valor de la corriente del motor para seleccionar las características del selector.

### **Tabla 8**

*Datos para selección de interruptor selector*

Datos	Valor
Corriente del motor(A)	11,79
Factor de servicio	1,2

*Nota.* Valores obtenidos en base a la selección del motor.

### **Tabla 9**

*Corriente del motor selección de interruptor selector*

Datos	Valor
Corriente del motor(A)	14,15

*Nota.* Resultado de aplicar un factor de servicio a la corriente del motor.

Basándonos en la corriente obtenida, se selecciona un selector de 3 posiciones con retorno al centro (on-off-on) de la marca Sassin. Este interruptor cuenta con las características detalladas en la Tabla 10, se muestra más características técnicas en el Anexo 3.

**Tabla 10***Características del selector seleccionado*

<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Voltaje	230	V
Frecuencia	50-60	Hz
Amperios	15	A
Posiciones	3	2Na-1NC
Protección	IP40	

*Nota.* Valores y características del selector

**Selección de contactor**

Se procede a realizar el cálculo a partir de la corriente nominal del motor previamente determinada. Se considerará un factor de servicio de 1.25 para tener en cuenta las posibles fluctuaciones y sobrecargas ocasionales. Los resultados de este cálculo se presentan de manera detallada en la f. La Tabla 11 exhibe los valores correspondientes a la corriente con el factor de servicio aplicado, lo que permitirá dimensionar adecuadamente los conductores eléctricos y garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del motor. Al tener en cuenta el factor de servicio, nos aseguramos de que el motor pueda manejar las demandas momentáneas sin comprometer su integridad y rendimiento.

**Tabla 11***Datos selección de contactores*

Datos	Valor
Corriente nominal motor (A)	11,79
Factor de servicio	1,25
Corriente motor (A)	14,74

*Nota.* Datos necesarios para la selección del contactor

Basándonos en el resultado obtenido para la corriente del motor, hemos seleccionado el contactor modelo C81801P7, fabricado por la marca Sassin. Las características específicas de este contactor se detallan en la Tabla 12. Este contactor ha sido elegido cuidadosamente para asegurar que pueda manejar la corriente requerida por el motor de manera eficiente y segura. Con esta elección, nos aseguramos de que el contactor sea compatible con las especificaciones eléctricas del motor y que cumpla con los estándares de calidad necesarios para garantizar un funcionamiento confiable del sistema.

**Tabla 12**

*Características del contactor*

<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tipo	3 polar	
Contactos auxiliares	3NO	
Contactos auxiliares instantáneos	1NC	
Tensión guía	230	V
Frecuencia	50-60	Hz
Corriente máxima de trabajo	18	A
Potencia máxima del motor	7.5	kW

*Nota.* El contactor, dispositivo electromecánico, regula energía en equipos industriales, destacando por su robustez y manejo de cargas pesadas.

***Selección del Relé termomagnético***

El relé térmico fue seleccionado utilizando el mismo cálculo previo, considerando un criterio de factor de servicio igual al del contactor como se detallan en la Tabla 13, lo que brinda una protección para el motor evitando daños por sobrecargas y sobre corrientes.

**Tabla 13***Datos del relé térmico*

Datos	Valor
Corriente nominal motor (A)	11,79
Factor de servicio	1,25
Corriente motor (A)	14,74

*Nota.* Corriente nominal, ajuste de sobrecarga, capacidad de desconexión, tiempo de respuesta y compatibilidad con el motor.

Con el valor calculado se selecciona el relé térmico JR12 d la marca Sassin se presenta sus características en la Tabla 14.

**Tabla 14***Características del relé térmico*

Características	Valor	Unidad
Código	JR12	
Rango de configuración	12-18	A
Contactos	1 NA +1 NC	
Protección	IP20	
Temperatura	-5/40	°C

*Nota.* Tomado de (SASSIN, 2023)

***Selección de variador***

La incorporación de un variador de frecuencia a un motor eléctrico presenta múltiples ventajas, incluyendo protección adicional, mejor rendimiento, arranques y paradas más suaves, control preciso de torsión y par, así como una reducción en el nivel de ruido y vibración. Existen diferentes tipos de variadores disponibles en el mercado, como los de frecuencia variable (VFD), control vectorial y control directo de par. En nuestro caso, centrado en el coche

recogedor de chatarra, hemos optado por implementar un variador de frecuencia variable para asegurar una velocidad óptima de desplazamiento.

Después de evaluar las opciones disponibles, hemos seleccionado el variador ATV312HU55N4 de la marca Schneider Electric, que cumple con los requisitos necesarios para la implementación en nuestro sistema. Este variador VFD ofrece funciones de protección adicionales para el motor, lo que garantiza su integridad ante posibles sobrecargas y sobrecorrientes. Además, brinda un control preciso de la velocidad del motor, arranques y paradas suaves, y un control óptimo de torsión y par, todas características esenciales para el coche recogedor de chatarra. Asimismo, contribuye a reducir el ruido y las vibraciones, mejorando la eficiencia y la experiencia de uso como se ve en la Figura 35 en el Anexo 3 podemos ver más características y su operación, sé detalla algunas de sus características.

- Modelo: ATV312
- Potencia del motor: 5kW-7,5hp
- Tensión de alimentación: 380-500V
- Frecuencia e alimentación: 50-60Hz
- Numero de fases de la red: 3Fases
- Rango de velocidades: 1-50

### Figura 35

Variador de frecuencia (VFD)





*Nota.* Dispositivo disponible en la empresa que se ajusta al motor eléctrico al controlar la frecuencia de la corriente suministrada.

### **Selección del sensor**

Para la selección del sensor adecuado, se tuvieron en cuenta diversas consideraciones, especialmente las características del entorno en el que sería instalado. Dicho entorno presenta desafíos, ya que está expuesto a la caída de escombros desde la parte superior y experimenta altas temperaturas debido a la proximidad del horno de arco eléctrico y el precalentador de la cuchara. Ante estas condiciones, se evaluaron diferentes opciones de sensores, como los de proximidad, peso, infrarrojos y presión, siendo los más comunes.

**Tabla 15**

*Criterios de selección del sensor*

<b>Criterios de selección</b>	<b>Proximidad</b>	<b>Final de carrera</b>	<b>Fotoeléctricos</b>	<b>Movimiento</b>
Entorno	5	1	3	4
Temperatura	5	3	3	4
Detección	5	5	3	3
Seguridad	4	3	3	2
Durabilidad	5	2	4	3
Tiempo de respuesta	4	3	2	4
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>20</b>

*Nota.* Los criterios de selección del sensor se basan en el entorno, tiempo de respuesta entre otras consideraciones.

Considerando la meta de medir el nivel de chatarra, se observa claramente en la Tabla 15 que el sensor de proximidad emerge como el claro ganador. Ante la variedad de sensores de proximidad disponibles, procederemos a un análisis detenido para determinar la opción óptima.

**Tabla 16***Criterio de selección final del sensor*

<b>Criterios de selección</b>	<b>Capacitivos</b>	<b>Magnéticos</b>	<b>Ultrasonido</b>	<b>Fotoeléctricos u ópticos</b>
Entorno	4	1	3	4
Temperatura	4	3	3	4
Detección	3	4	3	5
Seguridad	3	3	3	4
Durabilidad	3	2	3	4
Tiempo de respuesta	4	3	1	4
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>25</b>

*Nota.* Entorno, rango de detección, entorno de trabajo, tiempo de respuesta y durabilidad fueron criterios clave para la selección final del sensor.

La Tabla 16 muestra claramente que la elección más adecuada para el sensor es la opción óptica, la cual emplea un sensor infrarrojo para la detección del objeto. Esta selección se basa en los criterios de selección.

Para resolver la problemática del ambiente hostil, se diseñó una estructura que brinde resistencia a los impactos de la chatarra y que permita la fijación del sensor en la parte superior, tal como se muestra en la Figura 36. Teniendo en cuenta la distancia a la que se coloca el sensor y el nivel de llenado requerido, se encontró que un sensor óptico de distancia con un alcance de 3 metros es adecuado para esta aplicación, ya que se adapta a las condiciones del lugar y ofrece una buena relación calidad-precio.

Con esta elección, se garantiza una medición precisa y confiable del nivel de la chatarra, a pesar del ambiente desafiante en el que se encuentra el sensor. La combinación de la estructura resistente y el sensor óptico de distancia proporciona una solución efectiva para recolectar datos sobre el nivel de la chatarra en esta operación industrial.

## Figura 36

### Sensor de distancia óptico



*Nota.* Dispositivo disponible en la empresa que utiliza señales ópticas para medir la distancia entre el sensor y la chatarra proporcionando información precisa de proximidad.

Dado a la disponibilidad de opciones en la empresa y tras un análisis exhaustivo de las consideraciones a las que estará sometido, se ha optado por utilizar un sensor de distancia óptico que emplea la tecnología de luz infrarroja para medir con precisión la distancia requerida. El modelo seleccionado es el IFM O1D100 con el número de serie O1DLF3KG/IO-LINK, que ofrece una serie de características sobresalientes para cumplir con los requisitos necesarios como se detalla:

- Distancia de operación: 0,2-10m
- Diseño eléctrico: DC PNP
- Voltaje de operación: 18-30DC
- Protección: IP67
- Temperatura: -10/67°C
- Consumo de corriente: <150mA

### **Selección del Hmi**

Para poder visualizar del llenado del coche de chatarra a través del sensor, se ha provisto al operario del pulpito un HMI con una nueva ventana específica que muestra

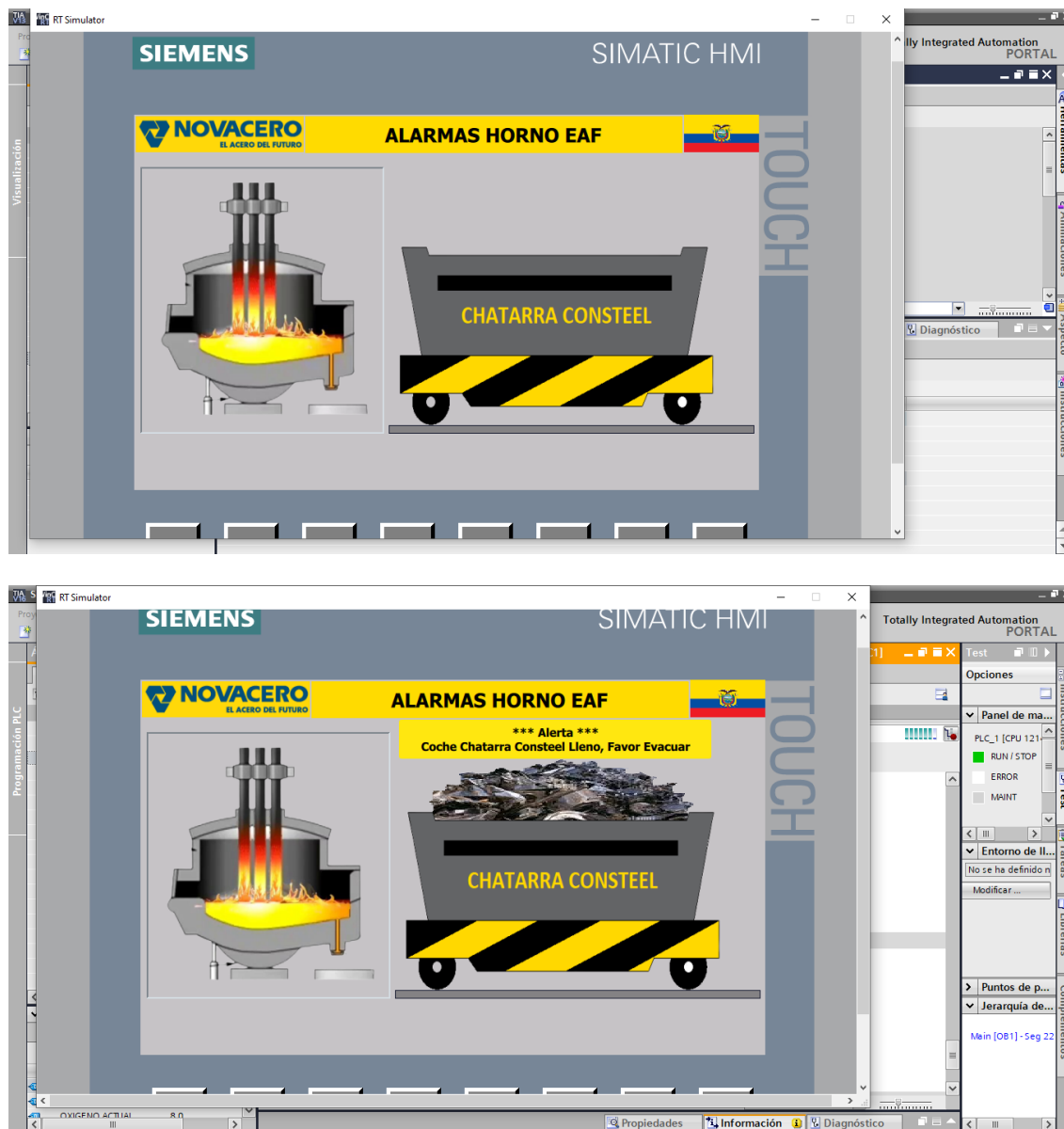
claramente el parámetro en tiempo real. Se ha añadido un botón en el HMI para facilitar la visualización del estado del coche, permitiendo al operario acceder rápidamente a la información sobre el estado del coche. Además, se ha incorporado una alarma visual que se activa cuando el coche alcanza su capacidad máxima, brindando una notificación inmediata para evitar desbordamientos y asegurar un manejo seguro de la chatarra durante el proceso de recolección se detalla las características del Hmi más características en Anexo.

- Marca: Siemens
- Modelo: KTP700 Basic
- Pantalla: TFT 7"
- N° de colores: 65536 colores
- Interfaz: Profinet
- Resolución:800x480
- Alimentación: 24V DC
- Anchura del display:154.1 mm
- Altura del display:85.9 mm

En la Figura 37 se muestra una ventana que presenta una visualización clara del coche recogedor de chatarra, con el proceso del horno de arco eléctrico en el lado izquierdo. Cuando el sensor detecta que el coche está lleno, se activa una alarma resaltada en color amarillo en la parte superior de la ventana, indicando la necesidad de evacuar el coche. Esta misma información se refleja en la representación gráfica del coche, mostrando claramente su estado de llenado. La ventana proporciona una interfaz intuitiva y funcional que permite al operario estar al tanto de la situación y tomar acciones adecuadas para el proceso de recogida de chatarra de manera eficiente y oportuna.

## Figura

### Diseño de HMI



*Nota.* Creación y disposición visual de la Interfaz Humano-Máquina para facilitar la interacción y control del sistema realizado en Tía portal.

### Selección del PLC

Una vez seleccionado los elementos a utilizarse y el hmi es de marca siemens es necesario que el plc sea de marca siemens ya que no se necesita bastante entradas y salidas

para el proceso se podría realizar en un Logo debido que la empresa tiene muchos equipos y esta estandarizado sus plc con entradas y salidas se nos dio la disponibilidad en un plc el cual tiene entradas y salidas disponibles siendo este un PLC Simatic S7-1200 CPU 1214C

DC/DC/DC que tiene las siguientes características

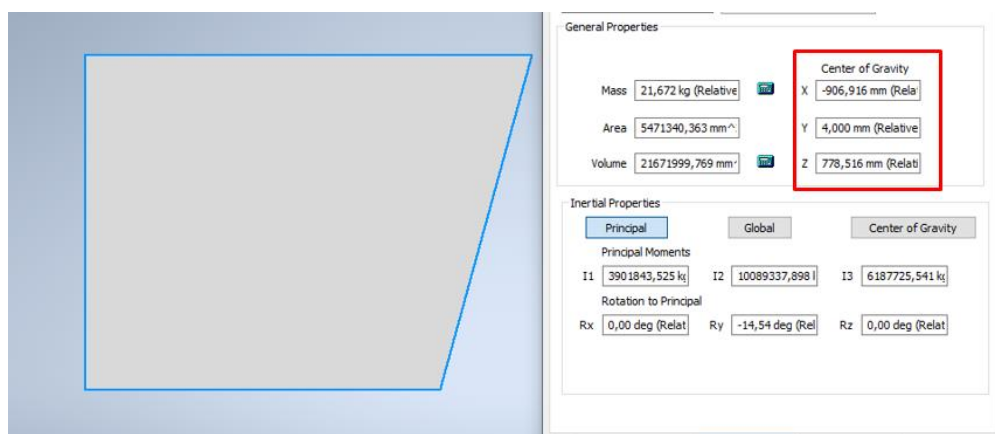
- Programación: STEP 7 V11.0 SP2 o superior
- Tensión de alimentación: 24V DC
- Memoria de usuario: 75 Kbyte
- Memoria de trabajo: 75 Kbyte
- Entradas digitales: 14 integradas
- Salidas digitales: 10 relé

### ***Centro de gravedad de la canasta para los muñones***

Después de haber confirmado la validez del software de diseño Inventor, procedemos a considerar el centro de gravedad o centroide de la canasta, tal como se ilustra en la Figura 38. Este paso es fundamental para asegurar que, durante la elevación, la canasta no se incline ni hacia adelante ni hacia atrás. Dado que estamos tratando con un peso de ocho toneladas, resulta crucial determinar con precisión la ubicación de los muñones, de modo que la canasta pueda girar correctamente y permitir una descarga eficaz y segura.

### **Figura 38**

*Centro de gravedad de la canasta*



*Nota.* Punto en el que se concentra el peso de la canasta, afectando su estabilidad y equilibrio se aprecia los datos en el recuadro rojo.

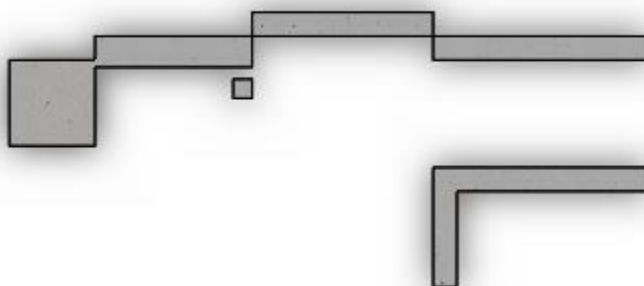
Una vez que se ha considerado el centroide, la dirección más crítica es en el eje x siendo fundamental para garantizar el equilibrio de la canasta se decidió ubicarla a 900mm. En cuanto al eje y es importante para la rotación si colocamos el valor dado por Inventor esto podría dificultar la rotación de la canasta. Por esta razón, hemos optado por utilizar una proporción de 2/3 de su longitud en altura que corresponde a 1000 mm desde la base, permitiendo así una rotación más eficiente.

### ***Diseño de los rieles***

En el proceso de diseñar los rieles, se da una cuidadosa atención a los obstáculos presentes en su recorrido, como las paredes laterales, una columna (estructura de acería) y el precalentador de la cuchara. Para asegurar un funcionamiento libre de colisiones, se implementa una curvatura estratégica que permite que el coche se desplace sin impactar contra ningún obstáculo. Asimismo, se garantiza que el coche pueda acceder a una zona adecuada para su elevación mediante el balancín para su descarga. La Figura 39 presenta la ubicación precisa donde serán instalados los rieles.

### **Figura 39**

Zona destinada a la colocación de los rieles

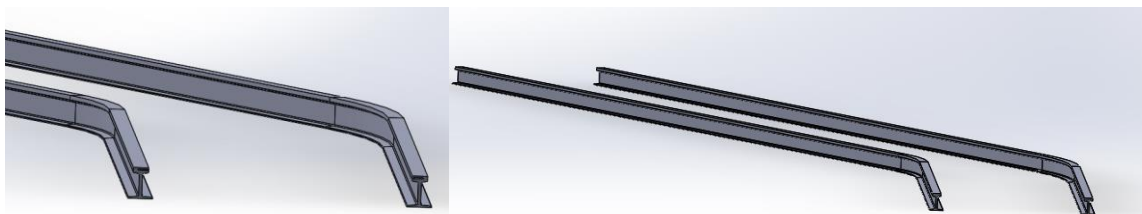


*Nota.* Área designada para instalar y fijar guías o rieles en la estructura, evitando colisiones con el coche.

La Figura 40 ilustra los rieles seleccionados para su implementación, basándonos en la disponibilidad de la empresa son rieles pesados tipo GB43. A través de mediciones realizadas directamente en el sitio, se ha establecido que la longitud lineal de cada riel de 16 metros en cada lado.

### **Figura 40**

#### *Dimensión de rieles*



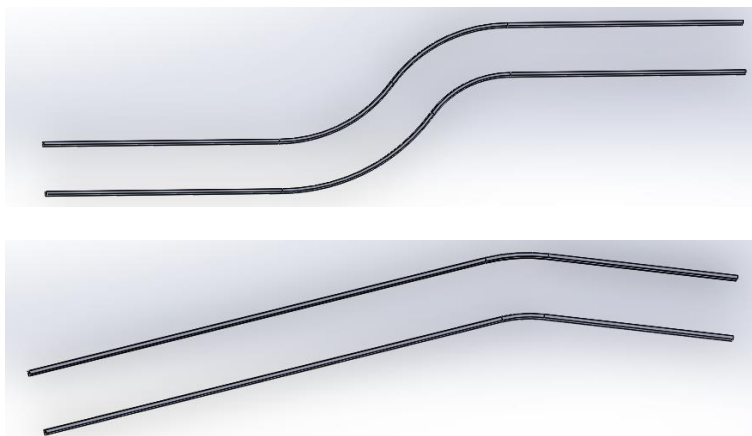
*Nota.* Representación que describe la curvatura y aplicación para guiar el movimiento del coche recogedor de chatarra.

Llevamos a cabo una investigación exhaustiva sobre la norma UIC 519 (Unión internacional de vías férreas), un documento establecido por la Unión Internacional de Vías Férreas, con el propósito de evaluar diversas geometrías horizontales para los rieles. En esta exploración, se identificaron las opciones más adecuadas, entre las cuales destacaron la curva circular y la curva reversa, tomando en cuenta las limitaciones del lugar presentes. La Figura 41 ilustra estas dos alternativas, y tras un análisis minucioso, optamos por seleccionar la curva simple en la parte inferior.



## Figura 41

### *Geometría horizontal del riel*



*Nota.* Dos opciones distintas para mover el vehículo sin colisionar con las estructuras presentes en el lugar.

Se ha llevado a cabo una investigación exhaustiva sobre diversas metodologías de fijación para los rieles, como se menciona y detalla en la fuente (Agicorieles, 2023). Entre las opciones más comunes y empleadas se encuentran la fijación mediante clavos, clips E, clips de sujeción, resortes de acero, clips elásticos y placas de asiento. En el contexto de vías férreas, principalmente en rieles de tren, estos elementos se aseguran a los durmientes con un espaciado de 80 cm entre ellos. El sistema de fijación Fastclip Padrol, considerado uno de los más avanzados, requiere un mantenimiento mínimo, tal como indica la fuente (Utilirail, 2023). Sin embargo, el comprarlos conllevan costos y son idóneos para cargas pesadas, se ha optado por implementar soldas reforzadas a intervalos de 50 cm utilizando el proceso de soldadura Mig dado a que no es necesario utilizar los sistemas de fijación anteriormente mencionados. Esta elección asegura que las sujeciones permanezcan estables y resistentes bajo el peso de la canasta, evitando movimientos indeseados o aperturas.

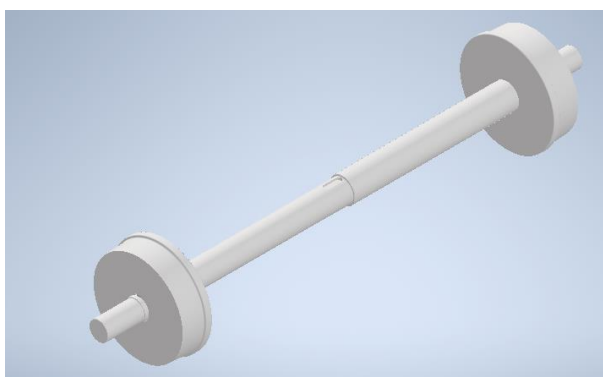
### ***Diseño de ruedas***

Se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo del conjunto de ruedas utilizado en el ferrocarril, como se describe en detalle en la fuente (Wikiwand, 2023). Los Bogies Grovers, que

son sistemas instalados en los extremos de los vagones para permitir curvas cerradas, representan un enfoque especializado. Estas ruedas deben tener una forma cónica con una sección troncocónica. Sin embargo, debido al uso predominante de los Bogies en trenes de dimensiones extendidas, su implementación se descarta, pero se toma a favor de usar ruedas cónicas para facilitar las maniobras de giro. La elección de ruedas cónicas en ejes rígidos se observa en la Figura 42, también se aborda con mayor detalle en la fuente (Orozco, 2006), donde se analiza el comportamiento en movimiento de los vehículos ferroviarios. Además, se examina la teoría de Klingel, en línea con la norma UIC 519, que guía y regula estos aspectos dentro del contexto ferroviario.

#### **Figura 42**

##### *Eje y ruedas cónicas*



*Nota.* Conjunto compuesto por un eje central y ruedas con forma cónica, usado para transmitir movimiento.

En el documento de referencia (Fava, 2022), se realiza un análisis exhaustivo de las tensiones de contacto entre la rueda y el riel. Se detalla que estas tensiones se concentran en el borde donde la rueda se encuentra con la ceja (parte exterior de la rueda). Considerando el perfil de riel GB43, se identifica un redondeo con un valor de 3 mm en este punto. Este redondeo ayuda a prevenir el desgaste excesivo de la rueda debido al movimiento y, de manera significativa, reduce el riesgo de descarrilamiento.

En la siguiente etapa, se llevará a cabo el cálculo de la conicidad de las ruedas, tal como se describe en (Zomera, 2021), especialmente en curvas cerradas. Según la normativa, esta conicidad sigue una relación de 1:20, asegurando así un desplazamiento suave y seguro en estas condiciones específicas y portando el Bogies dado a nuestra curva cerrada se determina una conicidad de 1:10.

#### Datos

$$D_m = \text{Diametro mayor} = 280\text{mm}$$

$$D_{me} = \text{Diametro menor} = 275,5$$

$$L = \text{Longitud} = 45\text{mm}$$

$$I_n = \text{Inclinación}$$

$$Co = \text{Conicidad}$$

$$\alpha = \text{Ángulo}$$

$$I_n = \frac{D_m - D_{me}}{2 * L} \quad (19)$$

$$I_n = \frac{280\text{mm} - 275,5\text{mm}}{2 * 45\text{mm}} = \frac{1}{20} = 1:20$$

$$\alpha = \text{arctg}(0,05)$$

$$\alpha = 2,86^\circ$$

$$Co = \frac{D_m - D_{me}}{L} \quad (20)$$

$$Co = \frac{280\text{mm} - 275,5\text{mm}}{45\text{mm}} = \frac{1}{10} = 1:10$$

La conicidad de las ruedas ha sido calculada, como se puede observar, y será sometida a una posterior verificación durante la simulación.

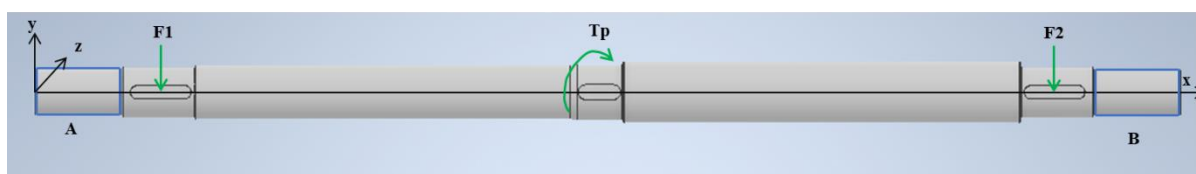
#### **Diseño del eje del coche recogedor de chatarra**

Como punto de partida, se estableció la potencia del motor, teniendo en cuenta tanto su disponibilidad como el tipo de acople necesario para el reductor, ya que esto será esencial para

el cálculo del eje. La Figura 43 muestra el eje donde los extremos con rectángulos azules representan los apoyos fijos destinados a albergar el rodamiento con la chumacera. A continuación, conectadas mediante una chaveta, se encuentran las ruedas mientras que en la parte central se ubica el piñón encargado de transmitir el movimiento y los valores mostrados en la Tabla 17.

**Figura 43**

*Eje motriz*



*Nota.* Componente responsable de transmitir el movimiento y la potencia desde el sistema de transmisión por cadena de rodillos.

**Tabla 17**

*Datos necesarios para cálculo de eje*

Especificación	Datos	Valor
Potencia	$P$	5 Hp
Ratio reductora	$i$	28:1
Velocidad angular	$w$	61,79 rpm
Relación de cadena	$i_c$	1,24

*Nota.* Se incorporan los valores calculados previamente y se verifica la disponibilidad de los componentes utilizados.

$$P = 5 \text{ Hp} \rightarrow 3,73 \text{ kW}$$

$$w_n = w * i_c \tag{21}$$

$$w_n = 61,79 \text{ rpm} * 1,24 = 76,62 \text{ rpm}$$

$$w_n = 76,62 \text{ rpm} * \frac{2\pi}{1 \text{ rpm}} = 8,02 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (22)$$

$$T = \frac{3,73 \text{ kW}}{8,02 \text{ rad/s}} = 465,08 \text{ Nm} \rightarrow 465087,28 \text{ Nmm}$$

Para calcular las cargas tangencial y radial en el engranaje, tal como se ilustra en la Figura 44 empleando el torque de salida  $T$  obteniendo:

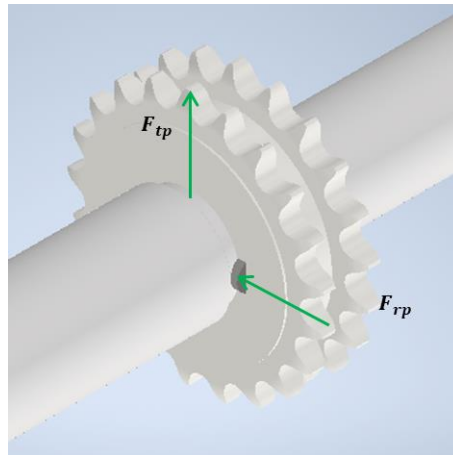
$$T = F_{tp} * r_{\text{piñón}} \quad (23)$$

$$F_{tp} = \frac{T}{r_{\text{piñón}}} = \frac{465087,28 \text{ Nmm}}{78\text{mm}} = 3398,56 \text{ N}$$

$$F_{rp} = F_{tp} \cdot \tan 20^\circ = 1236,98 \text{ N}$$

#### Figura 44

*Cargas en el piñón*



*Nota.* Fuerzas y presiones ejercidas sobre el piñón en una transmisión mecánica conectada por cadena de rodillos.

Como se observa en la Tabla 18, se encuentran registradas las fuerzas que serán aplicadas en el eje hay que tomar en consideración que  $F_s$  es la fuerza total aplicada en las cuatro ruedas para lo cual al aplicar la fuerza al eje el valor se divide para cuatro.

**Tabla 18**

Datos de fuerzas para el eje

Datos	Valor
$F_s$	46550 N
$F_{tp}$	3398,56 N
$F_{rp}$	1236,98 N

Nota. Información de fuerzas aplicadas al eje obtenida a través de análisis de carga.

Se va a calcular esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje XY

$$\begin{aligned}\sum M_A = 0 &= -F_1 * 97,5 \text{ mm} + F_{tp} * 692,5 \text{ mm} - F_2 * 1287,5 \text{ mm} + R_b * 1385 \text{ mm} \\ &= -11637,5 \text{ N} * 97,5 \text{ mm} + 3398,56 \text{ N} * 692,5 \text{ mm} - 11637,5 \text{ N} * 1287,5 \text{ mm} + R_b * 1385 \text{ mm} \\ &= -13764434,7 \text{ Nmm} + R_c * 1385 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$R_b = \frac{13764434,7 \text{ Nmm}}{1385 \text{ mm}}$$

$$R_b = 9938,22 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\sum F = 0 &= R_A - F_1 + F_{tp} - F_2 + R_b \\ &= R_A - 11637,5 \text{ N} + 3398,56 \text{ N} - 11637,5 \text{ N} + 9938,22 \text{ N} \\ R_A &= 9938,22 \text{ N}\end{aligned}$$

Para el hallar los momentos flectores necesitamos calcular las áreas.

$$A_1 = 9938,22 \text{ N} * 97,5 \text{ mm}$$

$$A_1 = 968976,45 \text{ Nmm}$$

$$A_2 = A_1 - (692,5 - 97,5) \text{ mm} * (9938,22 - 11637,5) \text{ N}$$

$$A_2 = 968976,45 \text{ Nmm} - 1011071,6 \text{ Nmm}$$

$$A_2 = 42095,15$$

Al ser un eje simétrico y siendo la fuerza F1 y F2 iguales tiene el mismo valor el área 3

$$A_3 = 968976,45 \text{ Nmm}$$

Se va a calcular esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje ZY

$$\sum M_A = 0 = F_{rp} * 692,5 \text{ mm} + R_b * 1385 \text{ mm}$$

$$= 1236,98 \text{ N} * 692,5 + R_b * 1385 \text{ mm}$$

$$R_b = -\frac{856608,05 \text{ Nmm}}{1385 \text{ mm}}$$

$$R_b = -618,49 \text{ N}$$

$$\sum F = 0 = R_A + F_{tp} + R_b$$

$$= R_A + 1236,98 \text{ N} - 618,49 \text{ N}$$

$$R_A = 618,49 \text{ N}$$

Para el hallar los momentos flectores necesitamos calcular las áreas.

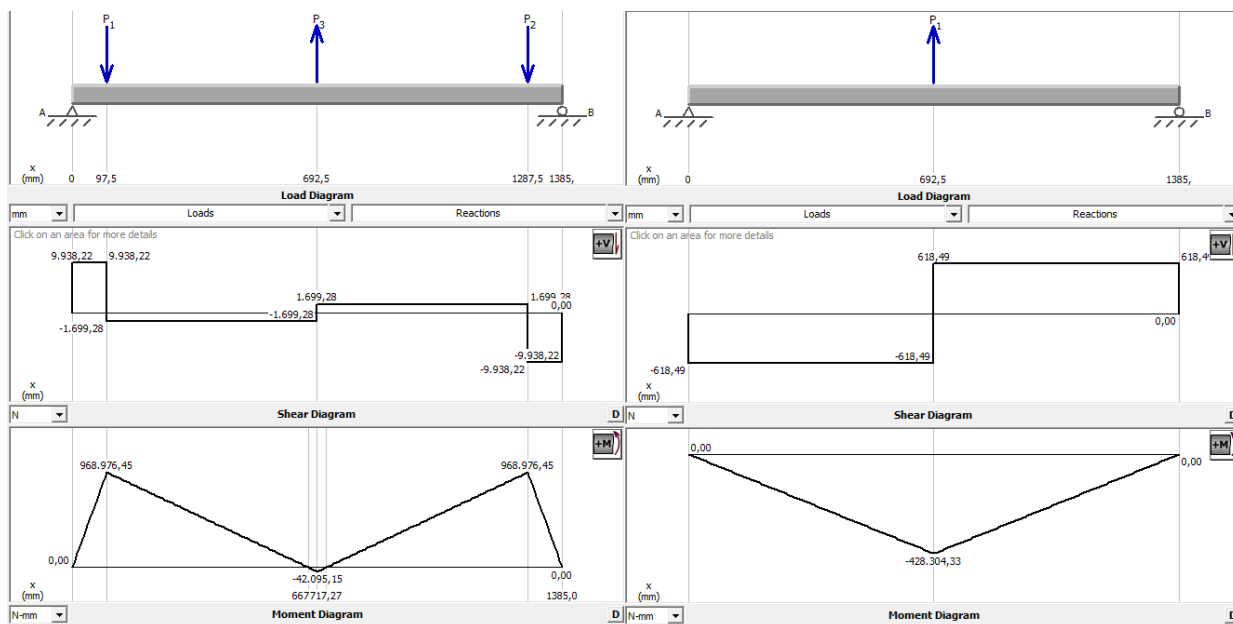
$$A_1 = 618,49 \text{ N} * 692,5 \text{ mm}$$

$$A_1 = 428304,33 \text{ Nmm}$$

A continuación, se presenta en la Figura 45 la representación del cálculo del momento flector de acuerdo al diseño ASME. Se destaca que los valores obtenidos concuerdan con los cálculos previos, lo cual ha sido corroborado mediante el empleo del software MD Solid. Este programa ha permitido identificar el punto crítico ubicado en la posición de las ruedas, donde se generan los momentos en los planos XY y YZ. Con el propósito de determinar el momento flector total (Mf), se procederá a realizar una suma vectorial de estos momentos en ambos planos.

Figura 45

Diagrama de fuerza, corte y momento en el eje XY y ZY del eje motriz



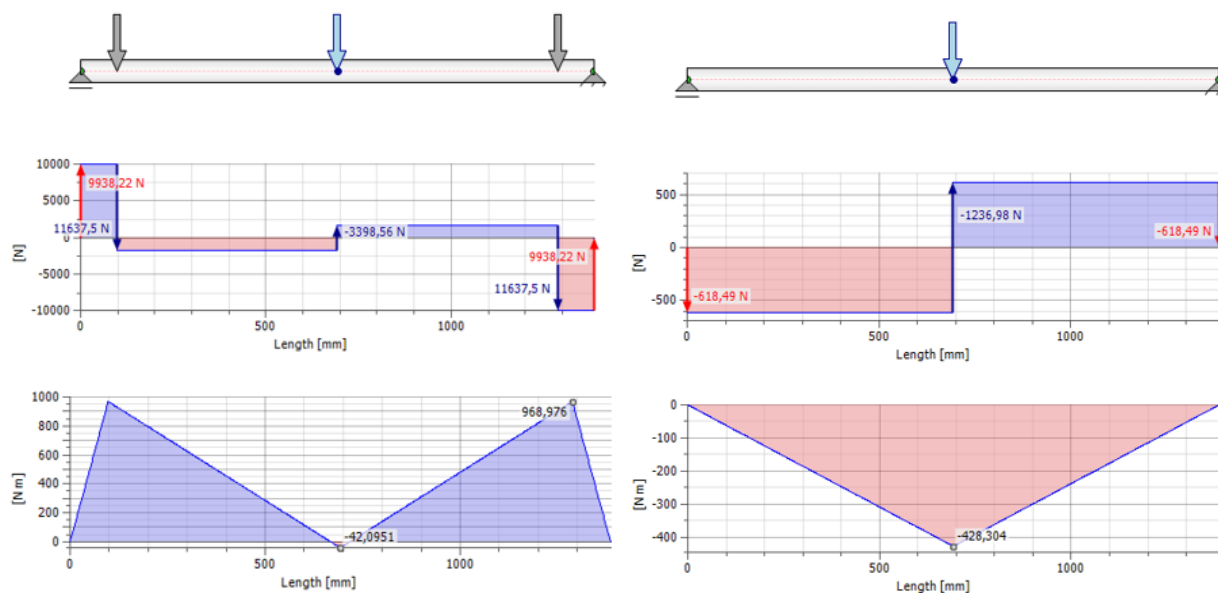
Nota: Análisis de fuerzas y momentos en sentido antihorario se considera positivo para momentos y en horario para fuerzas cortantes.

La validación de los cálculos mediante el software Autodesk Inventor cobra especial importancia al considerar que tanto el diseño asistido por computadora (CAD) como el análisis de elementos finitos (CAE) serán ejecutados en esta plataforma. Esta estrategia de verificación dual refuerza la confiabilidad de los resultados previos y garantiza la precisión de los enfoques analíticos empleados. La capacidad de simular estructuras complejas de manera integral en Inventor, considerando múltiples factores y condiciones de carga, proporciona una validación exhaustiva al tiempo que permite abordar detalles intrincados y ajustar parámetros para una evaluación minuciosa.



Figura 46

Diagramas de fuerzas y momentos en el eje XY y ZY Inventor



Nota. Los diagramas presentan fuerzas y momentos en distintos colores: azul para momentos y fuerzas positivas, rojo para negativas.

Determinamos las cargas

$$T = 465087,28 \text{ Nmm}$$

$$M_f = \sqrt{M_{XY}^2 + M_{ZY}^2} \quad (24)$$

$$M_f = \sqrt{968976,45^2 + 428304,33^2} \text{ Nmm}$$

$$M_f = 1059414,914 \text{ Nmm}$$

$$M_m = M_a = \frac{M_f}{2} = 59265,45 \text{ Nmm}$$

$$T_m = 0$$

$$T_a = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \quad (25)$$

$$T_a = \frac{465087,28 \text{ Nmm} - 0}{2} = 465087,28 \text{ Nmm}$$

Es necesario definir el material que se va a utilizar para la fabricación del elemento. Este será el Acero para ejes tomando los valores que nos propone el libro de un eje AISI 1035 con  $S_{ut} = 496\text{Mpa}$  y  $S_y = 241\text{Mpa}$

Es necesario obtener los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga donde se va a determinar  $k$ , todo el proceso y las tablas se basan en (Richard G. Budynas, 2008)

$$S_e = k_a k_b k_c k_e k_f S'_e \quad (26)$$

Para la primera componente  $k_a$  es el factor de superficie sus valores de  $a$  y  $b$  se obtienen de la Tabla 19

$$k_a = a S_{ut}^b \quad (27)$$

**Tabla 19**

*Factores de superficie  $K_a$*

Acabado superficial	a		b
	$S_{utr}$	$S_{utr}$	
	Kpsi	MPa	
Esmerilado	1,34	1,58	-0,085
Maquinado o laminado en frío	2,70	4,51	-0,265
Laminado en caliente	14,5	58,1	-0,718
Como sale de la forja	39,9	272	-0,995

*Nota.* Tomado de (Richard G. Budynas, 2008)

En base a la ecuación anterior su acabado es de maquinado

$$a = 4,51$$

$$b = -0,265$$

$$k_a = 4,51 * 496 \text{ MPa}^{-0,265}$$

$$k_a = 0,87$$

En el factor de tamaño ( $k_b$ ) es el diámetro a calcular por ende no se considera.

$$k_b = 1$$

Para el factor de carga  $k_c$  se toma en consideración que está a flexión.

$$k_c = 1$$

Para el factor de temperatura  $k_d$  se toma las condiciones ambientales por las que pasa el eje a lo cual nos basamos en la Tabla 20 y tomamos el valor de 50°C.

$$k_d = 1,010$$

**Tabla 20**

Efecto de temperatura en la resistencia del acero

Temperatura °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura °F	$S_T/S_{RT}$
20	1,000	70	1,000
50	1,010	100	1,008
100	1,020	200	1,020

*Nota.* Tomado de (Richard G. Budynas, 2008)

Para el factor de confiabilidad  $k_e$  se obtiene de la Tabla 21 y se toma una confiabilidad de 99,9%.

**Tabla 21**

*Factores de confiabilidad*

Confiabilidad, %	Variación de transformación za	Factor de confiabilidad $k_e$
95	1,645	0,868
99	2,326	0,814
99,9	3,091	0,753

*Nota.* Tomado de (Richard G. Budynas, 2008)

$$k_e = 0,753$$

No se considera factores varios  $k_f$  para ello se considera un factor de 1 una vez obtenido todos los factores se puede calcular la resistencia a la fatiga en la ubicación crítica

$$S'_e = 0,5 * S_{ut} \quad (28)$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_f * 0,5 * S_{ut}$$

$$S_e = 0,78 * 1 * 1 * 1,010 * 0,753 * 1 * 0,5 * 496 MPa$$

$$S_e = 147,11 MPa$$

Factor de concentración del esfuerzo o flexión  $Kt$  para obtener este valor tomamos del libro de (Richard G. Budynas, 2008)

$$Kt = 2,2$$

Factor de concentración de esfuerzos a torsión  $Kts$  obtenemos igual del libro de (Richard G. Budynas, 2008)

$$Kts = 2,15$$

Sensibilidad de la muesca  $q$  obtenemos el valor considerando el  $S_{ut}=496 MPa$  y un radio de 4mm

$$q = 0,8$$

Sensibilidad de la muesca  $q_{cort}$  obtenemos el valor considerando los mismos valores anteriores

$$q_{cort} = 0,84$$

Factor de concentración de esfuerzo por fatiga  $Kf$

$$Kf = 1 + q(Kt - 1) \quad (29)$$

$$Kf = 1 + 0,8(2,2 - 1)$$

$$Kf = 1,96$$

Factor de concentración de esfuerzo por fatiga  $Kfs$

$$Kfs = 1 + q_{cort}(Kts - 1) \quad (30)$$

$$Kfs = 1 + 0,84(2,15 - 1)$$

$$Kfs = 1,97$$

Factor de seguridad que se propone es  $n=1,5$  para obtener el diámetro utilizando la teoría de Goodman.

$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(k_f * M_a)^2 + 3(k_{fs} * T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 4(k_f * M_m)^2 + 3(k_{fs} * T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3} \quad (31)$$

$$d = \left( \frac{16 * 2}{\pi} \left\{ \frac{1}{147,11} \left[ 4(1,96 * 59265,45)^2 + 3(1,97 * 465087,28)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{496} \left[ 4(1,96 * 59265,45)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

$$d = 44,28 \text{ mm}$$

Factor de seguridad contra la fluencia con el teorema de esfuerzos máximos de Von

Mises

$$\sigma_{max} = [(\sigma_m + \sigma_a)^2 + 3(\tau_m + \tau_a)^2]^{1/2} \quad (32)$$

$$\sigma_{max} = \left[ \left( \frac{32Kf(M_m + M_a)}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{16Kfs(T_m + T_a)}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_{max} = \left[ \left( \frac{32 * 1,96(59265,45 + 59265,45)}{\pi(48,75)^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{16 * 1,97(465087,28)}{\pi(48,75)^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_{max} = 92,42 \text{ Mpa}$$

Entonces se realiza el cálculo del factor de seguridad con el esfuerzo máximo de Von

Mises

$$n_y = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad (33)$$

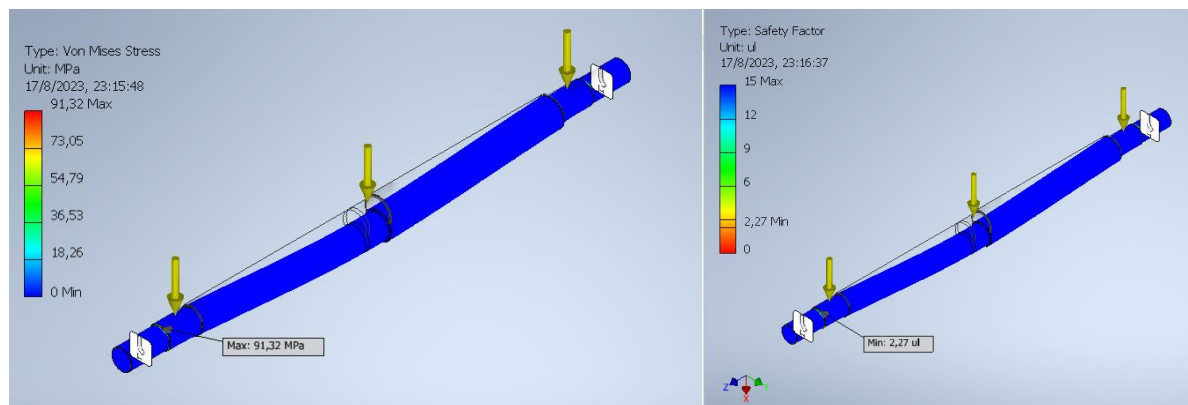
$$n_y = \frac{241 \text{ Mpa}}{92,42 \text{ Mpa}}$$

$$n_y = 2,61$$

Tal como se observa en la Figura 47, se lleva a cabo una validación del software que se empleará para los análisis subsiguientes en las áreas más críticas de los elementos, evidenciando una concordancia sustancial con los valores previamente calculados.

## Figura 47

### Resultados del análisis MEF para el eje

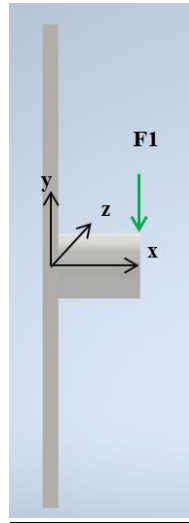


*Nota.* Información del comportamiento estructural y factor de seguridad realizado en inventor en análisis estático.

Considerando la disponibilidad de ejes con la longitud precisa para establecer la conexión con las chumaceras disponibles de la marca TIMKEN, modelo TAPN13K060ST, cuyo rodamiento es de 60 mm, la adquisición de nuevas chumaceras se traduciría en un incremento de costos. Afortunadamente, en las instalaciones de la empresa, se cuentan con dos ejes que satisfacen las dimensiones requeridas, además de presentar un diámetro mayor al calculado. Esta opción se posiciona como una alternativa favorable, permitiendo optimizar recursos sin comprometer la funcionalidad del sistema.

### **Diseño de los muñones**

Para el diseño de los muñones de la misma forma se considera una carga puntual en el extremo dado a que de esta forma garantizamos el punto más crítico como se aprecia en la Figura 48

**Figura 48***Eje del Muñón*

*Nota.* Soporte que permite la rotación del bocín sometido a la fuerza impulsada para levantar la canasta.

Obtenemos en la gráfica un solo soporte fijo considerando una viga en voladizo con una fuerza  $F_1$  que es la mitad de la fuerza total ( $F_s$ ) debido a ser dos muñones

$$\sum F = 0 = R_A - F_1$$

$$R_A = F_1$$

$$F_1 = \frac{F_s}{2} = \frac{46550N}{2} = 23275N$$

Para el hallar los momentos flectores necesitamos calcular las áreas.

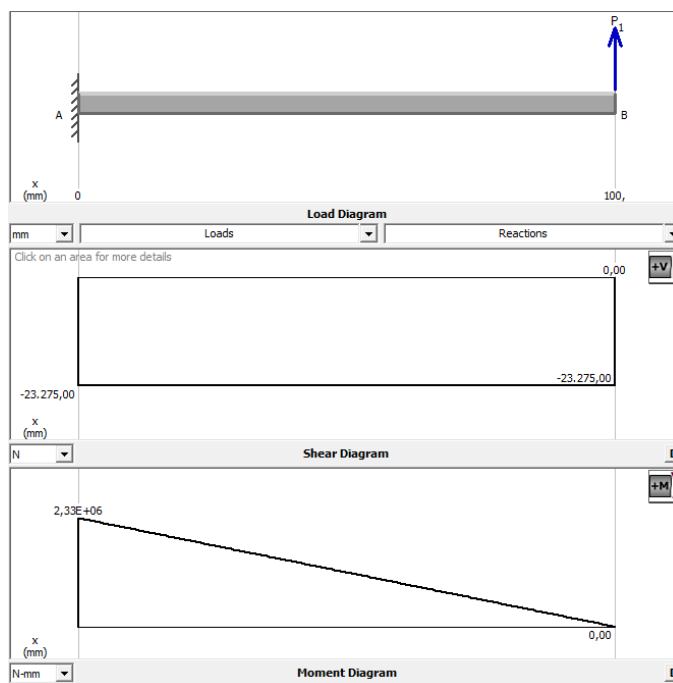
$$A_1 = 23275N * 100mm =$$

$$A_1 = 2327500 \text{ Nmm}$$

La Figura 49 exhibe el proceso llevado a cabo en MD Solid, confirmando la validación de los cálculos previamente realizados.

**Figura 49**

*Diagrama de fuerza y momentos en el eje del muñón*



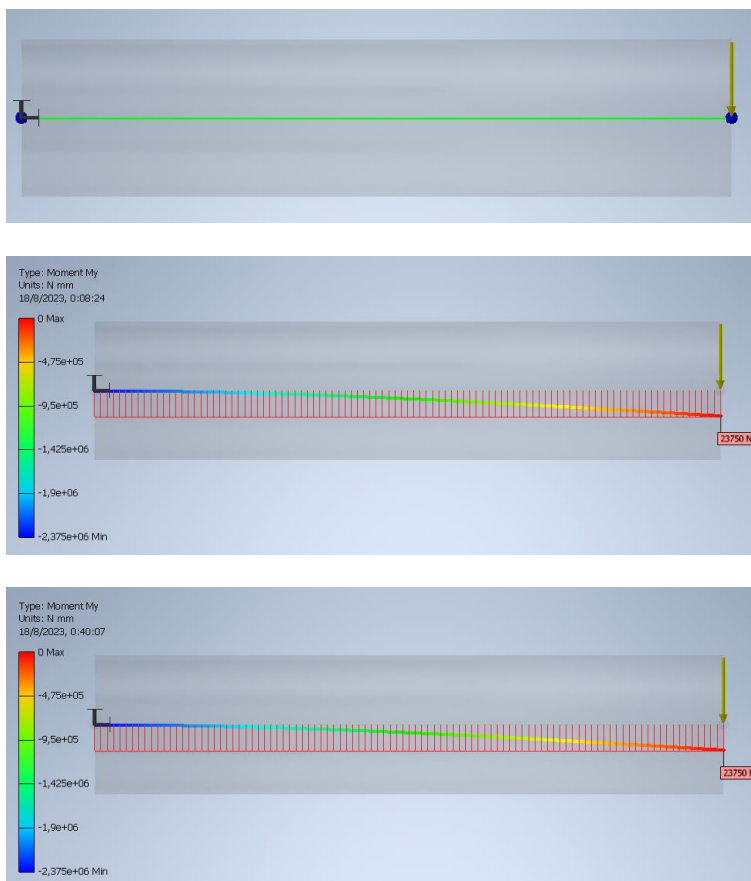
*Nota.* Representación gráfica que proporcionando información sobre las cargas y el comportamiento estructural en el punto más crítico.

Debido al empleo del software Inventor, se procede a validar la veracidad de sus resultados mediante cálculos y el uso de otro software, constatando la concordancia entre los resultados previamente obtenidos y aquellos generados por Inventor como se ilustra en la Figura 50.



**Figura 50**

Diagrama de fuerzas y momentos en el muñón con inventor



*Nota.* Fuerzas y momentos calculados en inventor para el eje del muñón.

Es necesario definir el material que se va a utilizar para la fabricación del elemento.

Este será el Acero comúnmente usado en la industria tomando los valores que nos propone el libro (Richard G. Budynas, 2008), eje AISI 1035 con  $S_{ut} = 496\text{Mpa}$  y  $S_y = 241\text{Mpa}$

Es necesario obtener los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga donde se va a determinar todo el proceso y las tablas se basan en (Richard G. Budynas, 2008) de la misma forma se ocupa la ecuación (26) y la (28) se presentan los valores optados bajo las condiciones que se encuentra el eje del muñón en la Tabla 22.

**Tabla 22**

*Datos de factores que alteran la resistencia a la fluencia*

<b>Datos</b>	<b>Valor</b>
$k_a$	0,87
$k_b$	1
$k_c$	1
$k_d$	1,010
$k_e$	0.702

*Nota.* Valores basados en criterios previamente establecidos y obtenidos a través de análisis de tablas basado en (Richard G. Budynas, 2008).

De la misma manera se aplica el teorema de Goodman considerando el  $k_f = 1$  y un factor de seguridad de 1,5 obteniendo los resultados presentados en la Tabla 23 posterior a ello se realiza el teorema de Von Mises para obtener el factor de seguridad que se aprecia en la Tabla 24

**Tabla 23**

*Resultado del diámetro del eje del muñón*

<b>Datos</b>	<b>Valores</b>
$S_e$	152,98 MPa
$d$	77,468

*Nota.* Se considera el diámetro próximo a medidas estándar para optimizar costos y factibilidad según dimensiones y existencias en la empresa.

**Tabla 24**

*Resultado del teorema de Von Mises para el eje del muñón*

<b>Datos</b>	<b>Valores</b>
$\sigma_{max}$	50,99 MPa

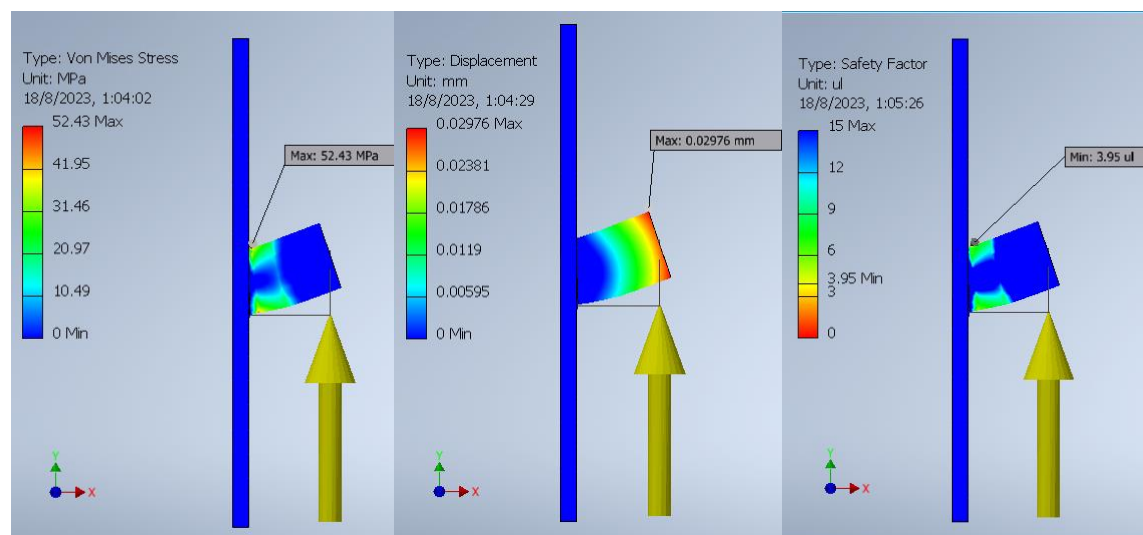
$$\overline{n_y} \quad 4,726$$

*Nota.* De igual manera aplicamos el teorema de Von Mises para evaluar las tensiones en el diseño del eje del muñón.

La Figura 50 refleja una correspondencia notable entre los valores observados y los calculados, validando la precisión de los resultados, lo cual es apropiado y se acepta como tal. Se ha optado por un factor de seguridad elevado, acorde con la solicitud de la empresa de garantizar una estructura robusta. Este enfoque se alinea con la importancia primordial de la seguridad de los trabajadores en todo el proceso se puede ver el análisis realizado en la Figura 51

### Figura 51

#### Resultados del análisis CAE para el muñón



*Nota.* En Inventor la zona más roja señala el punto con la mayor demanda estructural.

#### Simulación del recorrido del coche

Posteriormente, debido a las restricciones presentes en Inventor, se procedió a realizar la simulación de movimiento del coche recogedor de chatarra utilizando SolidWorks. Esta simulación tenía como objetivo verificar la capacidad del coche para girar sin colisionar con

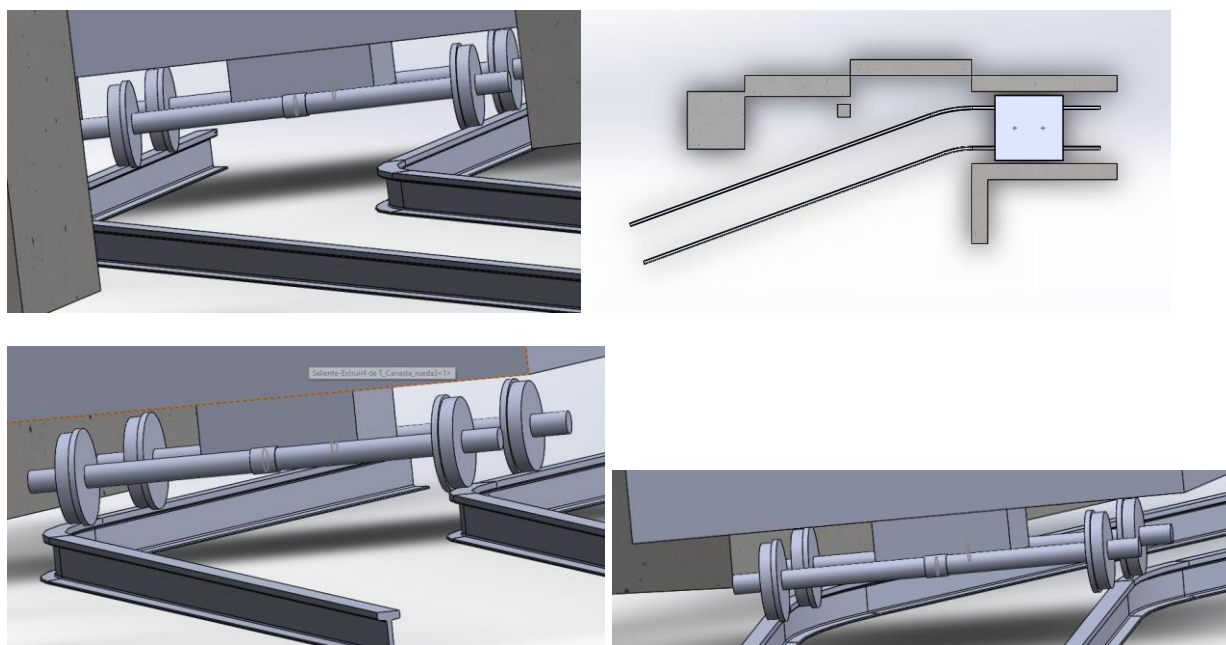
ningún obstáculo. Se exploraron diversas configuraciones, ajustando los parámetros de los rieles y las ruedas para obtener una visión completa de los posibles problemas.

### Simulación del recorrido

La Figura 52 presenta cuando se utilizan ruedas rectas, no se presentan dificultad al avanzar en el trayecto recto; sin embargo, al enfrentar la más mínima desviación en las vías, el coche enfrenta dificultades para avanzar. En la sección inferior derecha se observa que dos ruedas quedan suspendidas en el aire, lo cual es sumamente peligroso. Dado que existe peso en el coche, esta situación puede resultar en un descarrilamiento, ya que las cejas de las ruedas no son suficientes para mantenerlas dentro de las vías.

### Figura 52

#### *Recorrido con ruedas rectas*



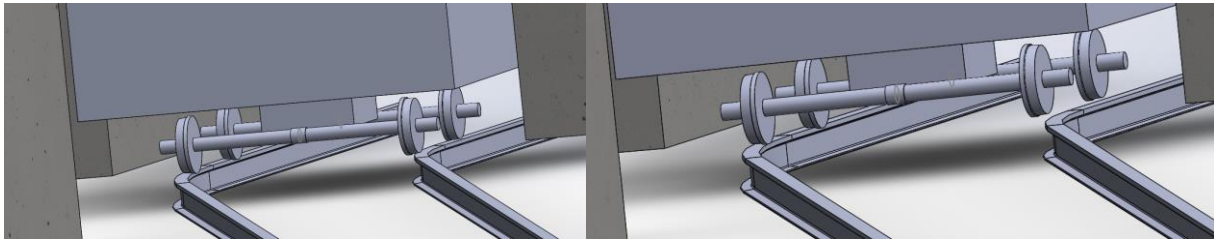
*Nota.* Los ejes están interconectados mediante un cuadrado para demostrar la rigidez entre los dos ejes y sus cuatro ruedas son rectas.

En la Figura 53, se aplicó una conicidad de 1:20 en las ruedas. Sin embargo, debido a la extrema curva y la necesidad de evitar un choque con la columna, esta conicidad resulta insuficiente para mantener el coche en la vía. Como consecuencia, las ruedas impactan en la

ceja y se corre el riesgo de descarrilamiento, elevando las llantas traseras y generando una situación peligrosa. Por esta razón, se tomó la decisión de incrementar la conicidad para abordar de manera efectiva este desafío y asegurar la estabilidad del coche en estas condiciones específicas.

### **Figura 53**

*Recorrido con ruedas de conicidad 1:20*

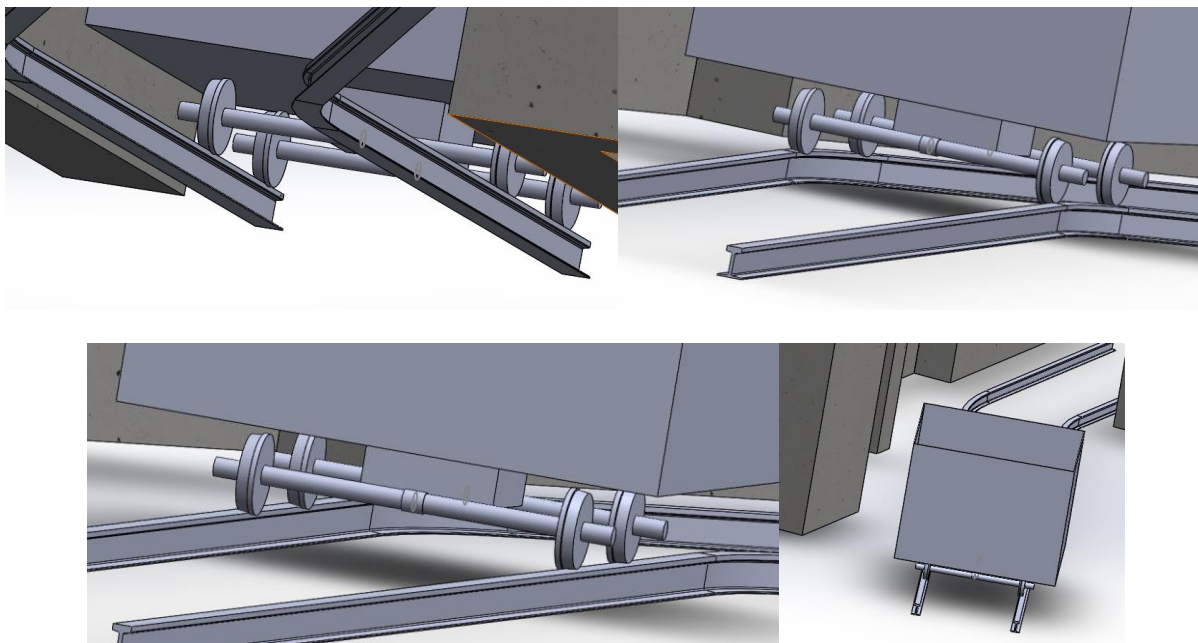


*Nota.* El recorrido con ruedas de conicidad 1:20 no proporciona suficiente inclinación para girar eficazmente en la curva por ser cerrada.

Con el objetivo de asegurar un movimiento fluido y sin contratiempos en la curva, se ha implementado una estrategia que se muestra en la Figura 54. En esta representación, se observa que las cuatro ruedas mantienen un contacto constante con los rieles durante todo el proceso y se mantienen a una distancia segura de la curva sin provocar mucho esfuerzo en las cejas esto para prevenir cualquier descarrilamiento. Una vez completada la curva, las ruedas continúan la ruta establecida de manera normal hasta alcanzar su destino final. Este enfoque garantiza un tránsito eficiente y seguro en todo el recorrido de la misma forma evita chocarse con los obstáculos del lugar.

**Figura 54**

*Recorrido con ruedas conicidad 1:10*

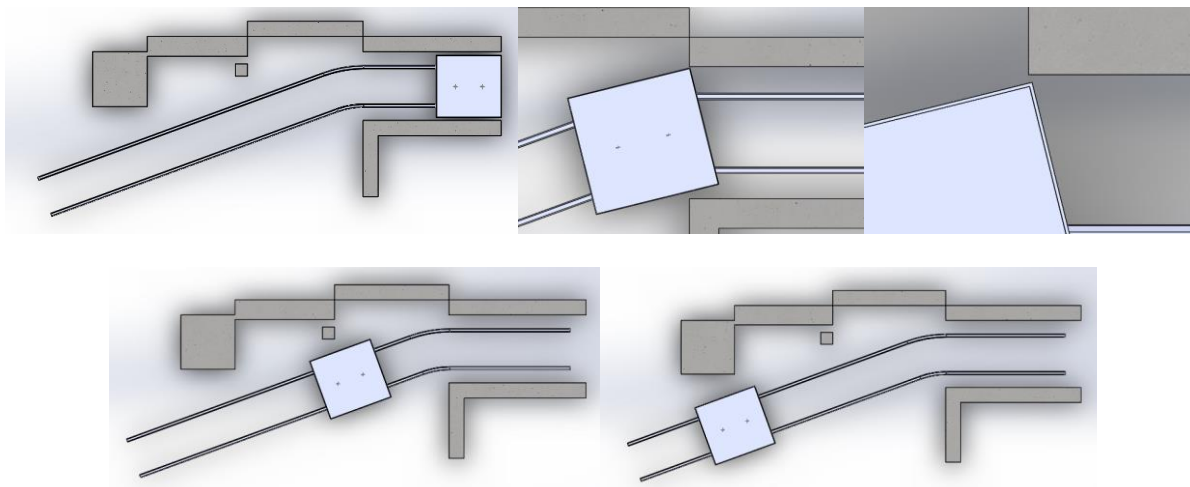


*Nota.* El recorrido con ruedas de conicidad 1:10 demuestra una excelente capacidad para realizar curvas de manera eficiente y precisa.

Tal como se muestra en la Figura 55, se efectuó el recorrido empleando las ruedas cuyo funcionamiento previamente fue verificado. La curva fue trazada con precisión, ajustándose a un diámetro de 2610 mm en el riel izquierda y 3800 mm en la derecha, a una distancia de 4500 mm desde el filo. Todos estos detalles se encuentran minuciosamente documentados en los planos presentados en el Anexo 2 lo que permitió que funcione de manera eficiente y óptima.

### Figura 55

*Recorrido del coche recogedor de chatarra*

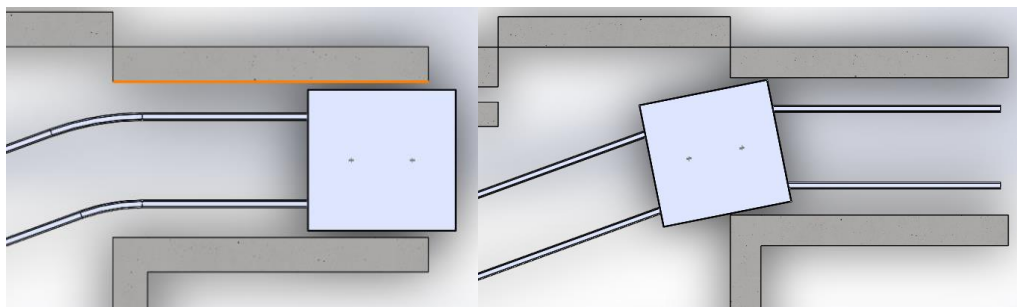


*Nota.* La trayectoria del coche presenta desafíos al salir debido a la curva cerrada, seguida por la necesidad de mantener una distancia segura de la columna.

Al desplazar los rieles hacia atrás en una distancia de 10 cm, como se muestra en la Figura 56, se observa que la proximidad a una colisión se vuelve más evidente, dejando un margen muy reducido para que el giro pueda ser efectuado con éxito.

### Figura 56

*Recorrido del coche variando la posición del riel*



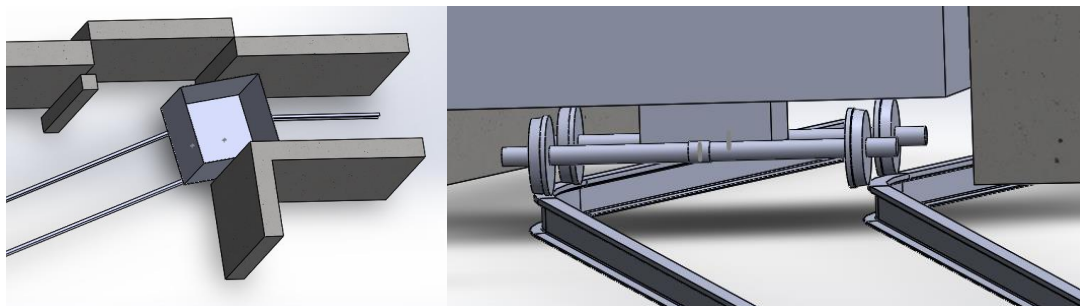
*Nota.* La trayectoria en la pared parece recta, pero en la realidad, puede tener variaciones que causan problemas, al igual que los cambios en las vías que pueden llevar a colisiones.

Al desplazar los rieles y la curva hacia una posición más atrás, como se ilustra en la Figura 57, se generaría una situación propensa a colisiones, lo que resultaría en un impacto

significativo en la canasta y, potencialmente, en el descarrilamiento del coche siendo un peligro para los trabajadores.

### Figura 57

*Recorrido del coche modificando la curva del riel*



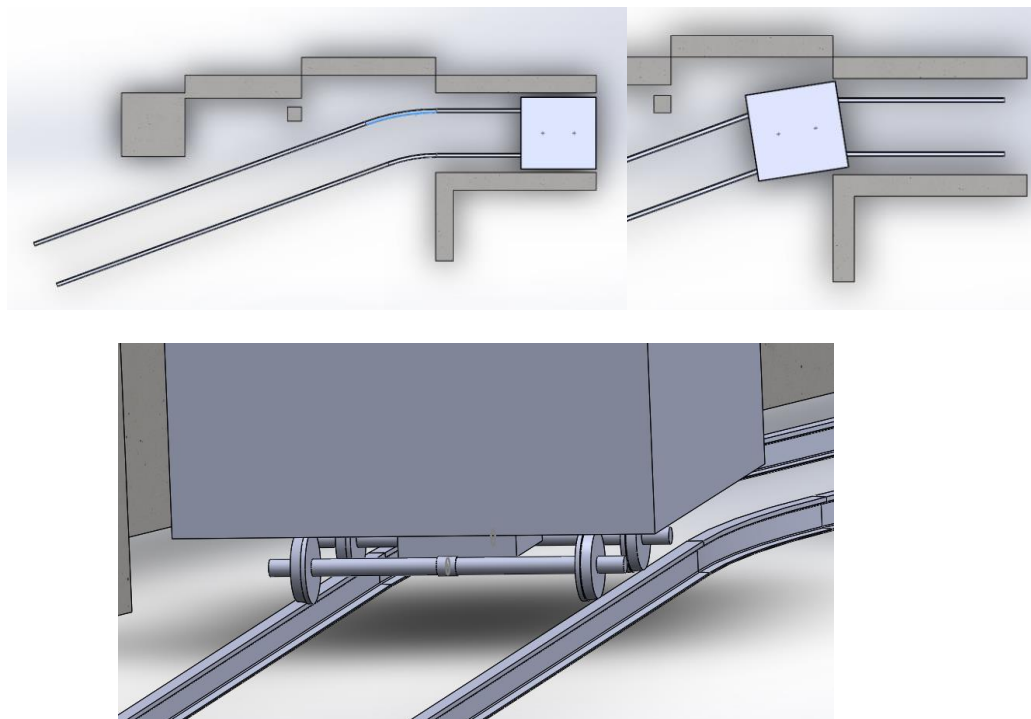
*Nota.* Al modificar la curvatura de las vías, el coche modifica su recorrido aun estando correcto la conicidad de la rueda esta puede colisionar con el lateral de la pared.

Como se puede observar en la Figura 58, la modificación del arco de los rieles no se limita únicamente a evitar el impacto con la columna, sino que también es crucial mantener una distancia constante de 1190 mm entre los rieles. Esta medida es esencial para asegurar que las llantas permanezcan centradas y permitan un giro efectivo. La falta de esta distancia podría resultar en un descarrilamiento, incluso después de haber pasado la curvatura.



## Figura 58

*Recorrido del coche modificando las distancias entre rieles*



*Nota.* La canasta se descarrila al aumentar la separación de los rieles siendo casi imperceptible la variación en la curva con color celeste.

### Implementación del coche recogedor de chatarra

El presente capítulo se describe la fase crucial de la implementación del diseño del coche recogedor de chatarra, donde se han seleccionado cuidadosamente los componentes y elementos, teniendo en cuenta su disponibilidad dentro de la empresa. Tras la etapa de diseño, el enfoque se dirige hacia la concreción y construcción del prototipo.

En este capítulo, se presentan en detalle los diferentes sistemas que conforman el coche recogedor de chatarra, abordando su instalación, ensamblaje y puesta en funcionamiento. Cada componente es analizado minuciosamente, y se explica cómo se integra con el conjunto para garantizar un rendimiento óptimo y una operación eficiente. Asimismo, se discuten los desafíos encontrados durante la construcción y cómo se resolvieron, haciendo énfasis en los ajustes y mejoras realizados para asegurar la viabilidad y efectividad del

prototipo. Se incluyen también detalles sobre los materiales utilizados, los procesos de fabricación y las pruebas realizadas para verificar la funcionalidad y rendimiento de cada sistema.

## **Implementación sistema mecánico**

### ***Construcción de la base***

En la Figura 59, se observa la utilización de una base ya disponible dentro de la empresa para la construcción del coche recogedor de chatarra. Esta base se caracteriza por su estructura sólida y robusta, reforzada en sus uniones con elementos triangulares que proporcionan una mayor resistencia. Asimismo, la canasta del coche descansará sobre perfiles cuadrados de 200 milímetros de ancho, fabricados con acero al carbono que cumple con la norma ASTM A500. Estos perfiles están estratégicamente colocados en el inicio, mitad y final de la base, y se encuentran conectados mediante placas de 25 mm de ancho soldadas, formando un cuerpo único con una excepcional resistencia. Esta elección de materiales y diseño de la base contribuye significativamente a la estabilidad y durabilidad del coche recogedor de chatarra, asegurando un rendimiento confiable y seguro en su operación.

### **Figura 59**

#### ***Base de la canasta***



*Nota.* La base es la estructura soportará todo el peso de la canasta y la chatarra.

En la Figura 60 se presentan los elementos a ser colocados en la base del coche recogedor de chatarra. Estos elementos incluyen dos placas con dos agujeros cada una, diseñados para permitir el paso de pernos hexagonales M10 de 100 mm de longitud, con el propósito de asegurar las chumaceras en su lugar. Asimismo, se visualizan los dos ejes: el primero, que actúa como el eje motriz, y el segundo, que es un eje libre ubicado en la parte posterior. En el eje motriz, se introduce la corona, y finalmente, las ruedas con su conicidad para ser conectadas a los ejes. Además, en la figura, se puede apreciar la conexión entre el motor y el reductor, y en la salida del reductor, el piñón se encuentra instalado, completando así la configuración del sistema de transmisión de movimiento.

### Figura 60

#### *Piezas de la base*



*Nota.* Estos elementos requieren atención en el mantenimiento para asegurar un rendimiento óptimo siendo fundamentales para el movimiento.

En la Figura 61, se evidencia el proceso de acople del eje con el piñón, así como la instalación de las chumaceras y las ruedas utilizando una prensa hidráulica. Durante este ensamblaje, se siguieron las tolerancias precisas indicadas en los planos, lo que facilitó el proceso y garantizó la precisión de las conexiones. Los ejes utilizados en el sistema son de acero al carbón y se maquinaron cuidadosamente, manteniendo las medidas requeridas. En el caso del eje libre, se conservaron sus dimensiones originales, ya que no era necesario modificarlas. En cuanto a las ruedas cónicas, que se fabricaron con materiales de alta calidad, se realizaron maquinados específicos y se sometieron a un tratamiento térmico para endurecer

la banda de rodadura. Esto último hizo que el maquinado del ángulo para lograr la conicidad de las ruedas fuera un proceso desafiante debido a la dureza del material.

### Figura 61

*Ensamble de la estructura de la base*



*Nota.* La prensa hidráulica resulta altamente eficaz para lograr un ajuste preciso entre las ruedas, el eje y la chumacera.

Tras completar el acople del sistema de transmisión, tal como se muestra en la Figura 62 , se procede a realizar ajustes en las chumaceras y el reductor. Es importante destacar que el reductor se encuentra anclado de manera horizontal para garantizar su correcto funcionamiento. Al colocar los dos ejes, se observa que las ruedas se encuentran en una posición propensa al descarrilamiento. Por esta razón, se toma la decisión de invertir las ruedas para prevenir este problema. Después de este ajuste, se desmonta nuevamente el sistema y se

verifican las medidas para asegurar la adecuada colocación de los elementos y garantizar el movimiento fluido mediante la cadena, lo cual permite el movimiento del eje motriz. Estos ajustes y comprobaciones adicionales son esenciales para lograr un funcionamiento seguro y eficiente del coche recogedor de chatarra, y aseguran que el diseño cumpla con los estándares requeridos para su operación efectiva en la práctica.

### **Figura 62**

#### *Acople del sistema de transmisión*



Nota: Tener en cuenta la distancia entre ejes una menor distancia mejora el giro, pero aumenta el esfuerzo debido al peso de la canasta.

En la Figura 63 , se lleva a cabo el desmontaje del coche recogedor de chatarra para realizar el pintado de la base. Como se puede apreciar, se ha optado por utilizar el color amarillo, que es ampliamente reconocido en la industria como un estándar para la pintura de maquinaria y equipos industriales. La elección del color amarillo se basa en su alta visibilidad, lo que lo convierte en una medida de seguridad efectiva para alertar a los trabajadores y al público sobre la presencia de maquinaria en funcionamiento o áreas de trabajo potencialmente peligrosas. Al realizar este proceso de pintado, se busca no solo mejorar la apariencia estética del coche recogedor de chatarra, sino también reforzar las medidas de seguridad en su operación y entorno laboral.

**Figura 63**

*Base pintada*



Nota: Después de verificar su funcionamiento, la estructura se pinta, se aprecian los huecos de las chumaceras y la posición del reductor.

***Rieles***

En la Figura 64, se puede observar el proceso de doblado de los rieles, llevado a cabo siguiendo los planos establecidos. Este trabajo fue realizado utilizando una prensa debido a la dureza de los rieles. Es importante mencionar que estos rieles ya estaban disponibles en la empresa, y previamente se realizaron mediciones precisas de su cabeza, base y altura para determinar su perfil bajo la norma técnica de la República Popular China GB2585-2007. Estos rieles son clasificados como "rieles pesados utilizados para ferrocarriles y túneles" bajo el modelo GB 43 KG.



**Figura 64***Rieles GB43 kg*

*Nota.* La tarea de doblar los rieles es extremadamente delicada y desafiante debido a su dureza, pero este esfuerzo contribuye a prevenir deformaciones que podrían perjudicar el desplazamiento de las ruedas.

**Canasta**

En el proceso de construcción del coche recogedor de chatarra como se ve en la Figura 65, se utilizaron planchas grandes con un espesor de 8 mm para formar la estructura. Estas planchas fueron dispuestas siguiendo el diseño propuesto y se unieron mediante un cordón de soldadura MIG, lo que permitió conformar y aprovechar al máximo el espacio disponible para recolectar la mayor cantidad de chatarra posible, especialmente en la limitada área de la fosa. Para asegurar la estabilidad y evitar desarmes, se añadieron perfiles tipo L de 100x100x6, estratégicamente colocados en la estructura de la canasta.

**Figura 65***Canasta*

*Nota.* Se emplearon las planchas más largas disponibles en la empresa, con un espesor de ocho milímetros. Donde no fue posible obtener una plancha completa, se optó por realizar una soldadura interna y externa, incrementando la dureza y logrando una estructura sólida.

### **Refuerzos**

En la Figura 66, se puede observar claramente el cordón de soldadura que se ha aplicado en los muñones del coche recogedor de chatarra. Estos muñones representan una parte fundamental de la estructura, ya que son los puntos principales donde la canasta será soportada al ser levantada por el puente grúa. Para asegurar la resistencia necesaria, se han añadido refuerzos internos, los cuales constan de dos perfiles cuadrados y una placa estratégicamente ubicados. Además, en el centro se ha pasado un eje para poder colocar la cadena, lo que garantiza una distribución adecuada del peso y una operación segura y eficiente durante el proceso de levantamiento.

### **Figura 66**

*Muñón y refuerzos en la estructura*



*Nota.* El agujero creado para el paso del eje cumple la función de permitir el drenaje de líquidos en caso de que caigan, evitando que se acumulen en la canasta.

### **Cadena y refuerzos externos**

En la observación detallada de la canasta del coche recogedor de chatarra, se identifican refuerzos en los cuatro laterales mediante perfiles en L de dimensiones 65x65x5 mm, tal como se había establecido en el diseño previo. Estos refuerzos se han colocado



cuidadosamente, considerando cálculos precisos para garantizar que la estructura no falle bajo la carga que soportará durante su uso. Adicionalmente, se ha instalado una cadena con una argolla maestra que cumple la función para que el gancho auxiliar realice el giro de la canasta en un ángulo de 180 grados, brindando versatilidad y eficiencia en el manejo de la chatarra recolectada.

### **Figura 67**

#### *Cadena y esfuerzos externo*



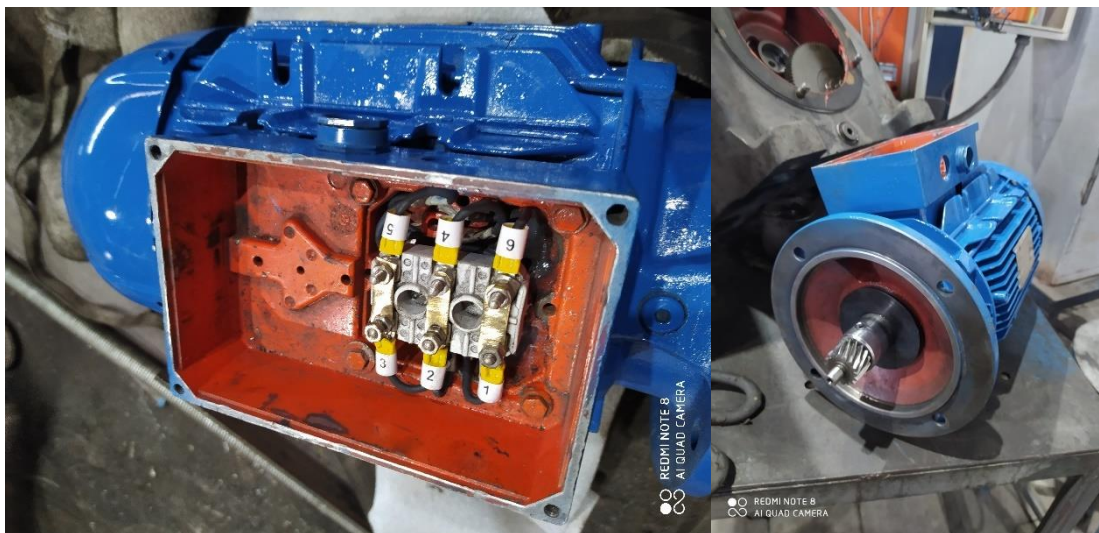
*Nota.* Se efectúan puntos de soldadura preliminares para probar el giro y la posición de los refuerzos con una carga ligera.

### **Implementación sistema eléctrico y electrónico**

Tal como se ilustra en la Figura 68, se tomó la decisión de enviar el motor a un proveedor externo con el propósito de restaurar su condición óptima. En este proceso, se llevó a cabo la conexión estrella-triángulo. Esta elección fue adoptada con el fin de mitigar la corriente de arranque durante su puesta en marcha, contribuyendo así a una mayor eficiencia energética en su funcionamiento. Además, esta configuración permitió su conexión a la red de alimentación de 220 voltios y posibilitó su control a través del variador de frecuencia.

**Figura 68**

*Motor trifásico 5 Hp*



*Nota.* El motor disponible en la empresa, compatible con el acople al reductor, fue enviado para su restauración.

La configuración eléctrica se encuentra detallada en la figura 48, evidenciando la interconexión del variador cuyas funciones programables permiten ajustar la velocidad de operación, ya sea para incrementarla o disminuirla según las necesidades. Cabe destacar que este variador también desempeña un papel fundamental al brindar una sólida protección al motor, asegurando su funcionamiento óptimo en todo momento, de la misma forma suministrando un arranque suave. El contactor y el relé termomagnético han sido estratégicamente colocados en el tablero de control ya existente en la empresa, aunque por razones de seguridad y confidencialidad no es posible presentar dicha disposición.

**Figura 69***Variador de frecuencia*

*Nota.* Se instaló un variador de frecuencia de mayor potencia, proveniente de los recursos internos, como medida de costos.

En la Figura 70, se presenta la conexión del PLC con diversas entradas y salidas que forman parte integral de la operación en la empresa. Entre las conexiones se destaca la utilización de una entrada específica para el sensor óptico, cuya función es crucial en el sistema, así como la conexión directa para el selector con retorno al centro. Para una clara identificación y organización, se procedió a etiquetar el, considerando la presencia de otros botones en el mismo lugar. Es importante señalar que el sensor óptico fue colocado de manera perpendicular a la canasta, garantizando su efectividad en la detección y contribuyendo al óptimo funcionamiento del sistema en su conjunto.

**Figura 70**

*Interruptor y Plc*



*Nota.* El interruptor se posiciona en una ubicación segura que proporciona al usuario una visión clara del movimiento del coche.

### **Implementación del hmi**

El diseño previamente propuesto fue implementado como se ve en la Figura 71. En esta disposición, se ubicó el HMI en el pulpito, permitiendo al operario tener una visualización clara de la alerta en el momento en que la canasta esté completamente llena.

**Figura 71**

*Hmi implementado*



*Nota.* La HMI implementada se ubica en una de las ventanas dentro de las múltiples disponibles en el mismo panel de control.

### ***Implementación del sensor óptico infrarrojo***

La Figura 72 muestra la disposición de la estructura del sensor infrarrojo, diseñada con el propósito de evitar daños causados por el calor excesivo. Se destaca que se ha ubicado en una posición diagonal, permitiéndole detectar el centro de la canasta a 10 cm de distancia antes de estar llena. En la salida del sensor, se aprecia un recubrimiento de fibra de vidrio revestida de silicón, una protección esencial para resistir exposiciones a altas temperaturas. Estas medidas colectivas garantizan una larga vida útil para el sensor, asegurando su confiabilidad y evitando fallos en su funcionamiento.

### **Figura 72**

*Implementación sensor óptico infrarrojo en la fosa*



*Nota.* El sensor no precisa mantenimiento y su ubicación elevada lo hace peligroso de manipular.

### **Implementación de la obra civil**

Como se ilustra en la Figura 73, en el extremo izquierdo vemos bastante chatarra en la fosa. Inicialmente, se llevó a cabo un proceso de limpieza como se lo realizaba con anterioridad por última vez esto hasta obtener el resultado visualizado en el centro de la figura, se procedió a levantar los adoquines por donde pasa los rieles.



**Figura 73**

*Lugar designado para el coche recogedor de chatarra*



*Nota.* Se lleva a cabo la iluminación en el área de trabajo, junto con la preparación del suelo que incluye la remoción de adoquines para la construcción del coche.

Tal y como se muestra en la Figura 74, en la parte izquierda se procedió a trazar la ubicación de los rieles mediante el uso de sementina, a fin de marcar con precisión la ruta deseada para la posterior excavación. En el punto central se observa que surgió un obstáculo inesperado encontrando una cadena (Formado por varilla, estribos y generalmente armado de concreto), lo que plantea complicaciones en la etapa de ensamblaje de las cadenas. Por otro lado, en la sección derecha, se busca que las rieles queden nivelada con la superficie del suelo debido a la presencia de la cadena, se hace imposible realizar esta disposición de manera directa.

**Figura 74**

Zona de preparación para cimentación

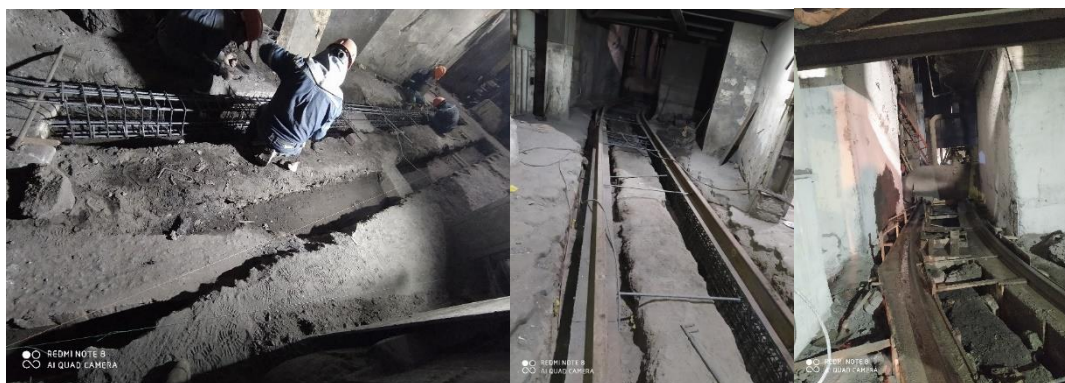


*Nota.* Espacio designado y trazado para para la cimentación del proyecto en base a los planos.

En la Figura 75, se observa la instalación de las cadenas, teniendo en cuenta la curvatura. Luego, se efectuó una prueba de las cadenas junto con las planchas y rieles para validar el diseño según el plano como se muestra en el Anexo 2. Con base en esta verificación, se procedió a realizar la cimentación.

**Figura 75**

*Cimentación de las cadenas*



*Nota.* Preparación de cadenas metálicas curvas con el propósito de crear encofrados que posean la resistencia necesaria para soportar tanto el peso del coche como el de los rieles.

En la Figura 76, se observa el proceso de colocación de la plancha, seguida por los rieles, las cuales están unidas mediante soldadura y en vez de grapas se realizó soldadura. Esta solución se implementó para evitar la apertura bajo la presión del vehículo debido a su peso. Dado que las rieles se encuentran a una altura superior al nivel del suelo, se añadieron dos rampas de cemento en los lados para permitir un paso seguro y prevenir cualquier incidente. Adicionalmente, en el lado derecho, la canasta ha sido instalada en preparación para las pruebas operativas.

### Figura 76

*Obra civil concluida*



*Nota.* Se realiza la colocación de adoquines y rampas en la obra civil, además de fijar la plancha y el riel a la cimentación para asegurar la estructura.

Se destaca que la fase previa fue llevada a cabo por un ingeniero civil, quien realizó los cálculos pertinentes para la cimentación de cadenas y rampas en base al plano realizado esto para garantizar que pueda soportar el peso del coche recogedor de chatarra.

### Pruebas de llenado

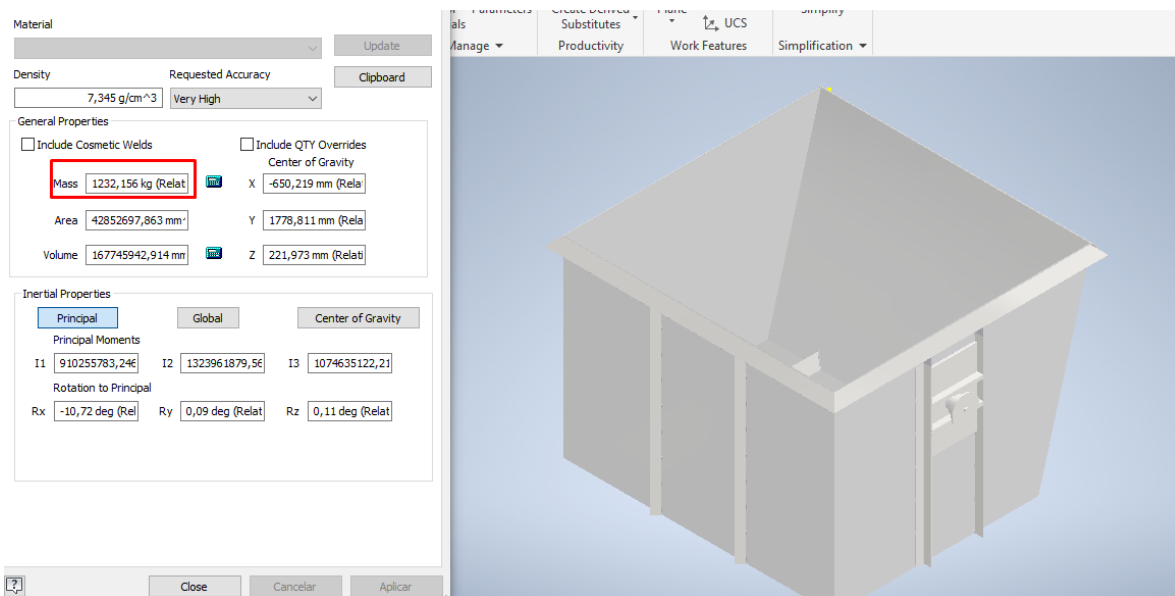
En la Figura 77, se presenta el valor de la masa de la canasta según lo registrado en el software Inventor. Este valor fue confirmado mediante la realización de un pesaje físico de la



canasta, revelando que su peso en vacío es de 1290 kg. Este resultado concuerda de manera notable con el valor obtenido en la simulación.

## Figura 77

### Peso de la canasta



*Nota.* Se realiza una simulación y de forma práctica considerando el peso total de la canasta junto con sus partes y refuerzos.

La En resumen, al considerar la chatarra más pesada y dejando un margen de 10 cm antes de alcanzar su capacidad total de llenado, se obtiene un peso total de 7250 kg.

Figura 78 ilustra el proceso de llenado de la canasta con una variedad de chatarras, cada una con diferentes características. Entre ellas, se encuentra la chatarra nacional, que

presenta un peso más ligero. Aquí, hemos considerado la densidad del acero, que se sitúa entre 7,8 g/cm<sup>3</sup> y 8,03 g/cm<sup>3</sup>. Dado que la chatarra consiste en una mezcla de varios elementos, su peso es variable y significativamente inferior a los valores mencionados. Por otro lado, la chatarra extranjera se caracteriza por ser más pesada. En la prueba de carga máxima de la canasta, el arrabio (material metálico) destaca por tener un volumen más compacto por ende entra más material en un espacio. (Galbarro, 2023)

$$P_t = \text{Pesototal}$$

$$P_{ch} = \text{Pesochatarra}$$

$$P_{ca} = \text{Pesocanasta}$$

$$P_t = P_{ch} - P_{ca} \quad (34)$$

$$P_t = 8540kg - 1290kg$$

$$P_t = 7250kg$$

En resumen, al considerar la chatarra más pesada y dejando un margen de 10 cm antes de alcanzar su capacidad total de llenado, se obtiene un peso total de 7250 kg.

### Figura 78

*Llenado de canasta*



*Nota.* La canasta se carga con chatarra densa y se pesa para determinar su capacidad de carga máxima.

Como se puede observar en la Figura 79, el proceso implica llenar la canasta hasta antes de que alcance su capacidad de desbordamiento, y posteriormente llevarla para su pesaje. Considerando el peso de la canasta tiene un total de 5510 kg. Al restar el peso de la canasta, obtenemos un valor que representa el peso máximo en el mejor de los casos que sea chatarra ligera, el cual sería de 4220 kg.

### Figura 79

*Llenado de canasta con chatarra nacional*



*Nota.* La canasta se carga con chatarra nacional hasta su límite para evaluar su máxima capacidad de carga y se pesa en la balanza.

### Tiempo de llenado de la canasta para prevenir el desborde chatarra

Como se observa en la Figura 80, el sensor óptico infrarrojo detecta a una distancia de 10 cm desde el borde superior de la canasta hacia abajo. Esta configuración permite un margen de tiempo para su vaciado que pueden realizarlo en la noche a partir de que emita una alerta al HMI.

Datos

$$V_{pc} = \text{Volumen de una parte de la canasta}$$

$$V_c = \text{Volumen de chatarra}$$

$$V_c = 0,4 \times 0,4 \times 0,1 = 0,016 \text{ m}^3$$

Se toma en cuenta 2 volúmenes dado a su forma se lo divide en un rectángulo y un triángulo para el cálculo del volumen total

$$V_{pc} = V_{1c} + V_{2t} \quad (35)$$

$$V_{1c} = b * a * h \quad (36)$$

$$V_{1c} = 1,992m * 2,120m * 0,1m = 0,422m^3$$

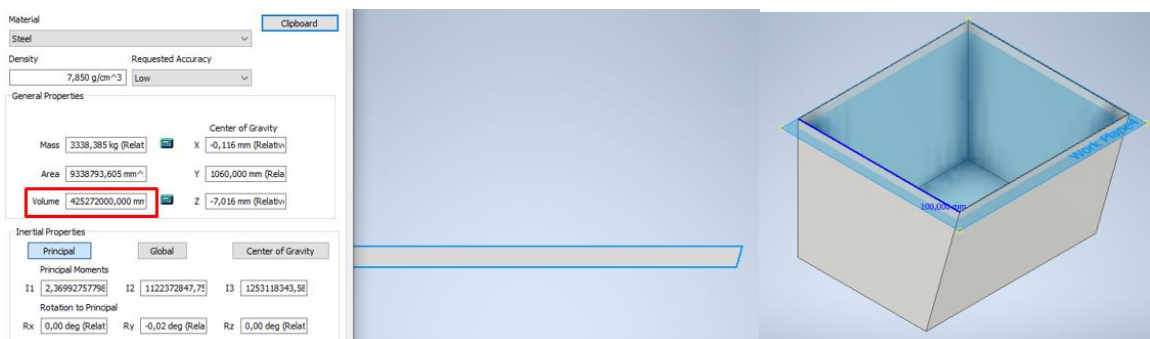
$$V_{2t} = \frac{b * a * h}{2} \quad (37)$$

$$V_{2t} = \frac{(2,020 - 1,992)m * 2,120m * 0,1m}{2} = 0,002968m^3$$

$$V_{pc} = 0,425m^3$$

**Figura 80**

*Volumen del llenado sugerido de la canasta con Inventor*



*Nota.* Mediante Inventor se establece el volumen de llenado recomendado antes del desbordamiento de chatarra fuera de la canasta.

Como se aprecia se obtienen los mismos valores en inventor que los calculados se procede a realizar el cálculo de en cuantas horas este va a llenarse en su totalidad, aproximadamente en 1 hora se llena el volumen de chatarra esto es aproximado dado que la chatarra es irregular en su forma.

$$\begin{array}{ll} 1h & 0,016m^3 \\ t & 0,425m^3 \end{array}$$

$$t = \frac{1h * 0,425m^3}{0,016m^3}$$

$$t = 26,56h$$

$$t = 0,56 \frac{h * 60min}{1h} = 33,6min$$

Se tiene un tiempo de 26 horas y 33,6 minutos para descargar la chatarra antes que esta se llene y empiece a desbordarse.

### **Funcionamiento del coche recogedor de chatarra**

En la Figura 81, se observa la canasta en amarillo siendo colocada sobre la base como parte de un proceso para evaluar la curvatura del riel antes de su ubicación definitiva en la fosa. Esta etapa asegura un movimiento fluido y valida el cálculo preciso de la conicidad de las ruedas. Cabe destacar que las cejas se posicionan en la parte interna de la canasta.

### **Figura 81**

#### *Prueba de funcionamiento*



*Nota.* Se realizó una prueba de funcionamiento en los rieles para verificar la curvatura de las mismas y la adaptación con la conicidad de las ruedas.

En la Figura 82, se ilustra cómo el operario realiza un giro hacia la izquierda en el selector lo que permite que el coche avance. Es importante destacar en caso de un error el coche no se descarrila gracias a los topes colocados tanto en el punto de partida como en el destino final. Una vez que el coche alcanza el tope final, se procede a elevarlo utilizando el puente grúa para continuar con el proceso.

## Figura 82

### *Trayecto de coche recogedor de chatarra*



*Nota.* Recorrido del coche recogedor de chatarra a lo largo de los rieles en la zona de trabajo hasta la posición de embarque por el puente grúa.

En la Figura 83 se posiciona el balancín de cadenas sobre los muñones, mientras que el gancho auxiliar se asegura en la argolla maestra. Después de completar la preparación, se da inicio al proceso de elevación con el propósito de llevar a cabo la descarga, la cual se efectuará en la cesta o cuchara.

## Figura 83

### *Elevación de la canasta*



*Nota.* Canasta empleando las argollas maestras del balancín, mediante cadenas conectando a los muñones.

La secuencia muestra claramente cómo el gancho auxiliar asciende, facilitando una descarga eficiente en la cesta, como se ilustra en la Figura 84. Estos resultados se deben a la planificación del diseño, permitiendo que esta canasta logre una descarga rápida. Además, en



situaciones que lo requieran, la canasta tiene la capacidad de girar hasta 180 grados para asegurar la completa descarga de la chatarra.

**Figura 84**

*Descarga de la canasta en cesta*



*Nota.* Se observa una cesta tipo almeja diseñada para recolectar chatarra.

## Capítulo IV

### Pruebas y resultados

Una vez finalizada la construcción de la máquina, se llevarán a cabo pruebas exhaustivas para evaluar su funcionamiento. Un aspecto clave a evaluar será el tiempo que se tarda en vaciar la canasta en comparación con el método manual que se utilizaba anteriormente. Durante estas pruebas, se analizarán en detalle posibles inconvenientes o mejoras que puedan ser implementadas. Una de las perturbaciones que se considerarán es la posibilidad de encontrar obstáculos en la vía que impidan el avance de las ruedas de la máquina. Estas pruebas permitirán optimizar el rendimiento y asegurar que la máquina sea capaz de superar obstáculos potenciales, garantizando así una operación eficiente y segura en el proceso de recolección de chatarra.

#### **Pruebas de funcionamiento**

Las pruebas efectuadas en la máquina se enfocan en medir el tiempo requerido para recolectar una determinada cantidad de chatarra, y posteriormente, al activarse el sensor que detecta que la canasta está llena, se procede a evaluar el tiempo que toma vaciarla. Esta comparación con el método manual previo permite obtener datos precisos sobre la eficiencia y productividad de la máquina en relación con el proceso de recolección de chatarra. La implementación del sensor asegura que la canasta este llena y evita la caída de chatarra en el camino, garantizando un enfoque seguro, más eficiente y automatizado en la recolección de chatarra.

#### ***Pruebas de funcionamiento del coche sin carga***

En el marco de esta prueba, se ha evaluado el tiempo requerido por la canasta para desplazarse desde su ubicación inicial hasta alcanzar su posición final en el riel. Cabe mencionar que en esta medición no se ha considerado el tiempo que toma el puente grúa en vaciar la canasta. El enfoque está puesto en determinar el tiempo preciso que le toma a la canasta completar el recorrido específico en el riel. Los resultados de estas pruebas se



encuentran detallados en la Tabla 25, proporcionando información relevante sobre los tiempos de desplazamiento.

**Tabla 25**

*Tiempo de recorrido sin carga*

<b>N.º Prueba</b>	<b>Tiempo (s)</b>
1	59
2	60
3	61

*Nota.* Tiempo estimado del recorrido en vacío para verificar el movimiento; la curva no presenta problemas aparentes.

Según los datos presentados en la Tabla 25, se estima que el tiempo de recorrido del coche recogedor de chatarra es de aproximadamente 1 minuto. Esto indica que el motor cumple satisfactoriamente con el desplazamiento y puede moverse sin problemas a lo largo de la curvatura del riel. Es importante mencionar que estas pruebas se llevaron a cabo sin carga de chatarra, por lo que el rendimiento real durante la recolección de chatarra puede variar.

Además, aún no se ha realizado una comparación con el proceso manual anterior. Sin embargo, estos resultados preliminares son alentadores y proporcionan una base sólida para continuar optimizando y ajustando el diseño del coche recogedor de chatarra, buscando alcanzar una operación eficiente y efectiva en el proceso de recolección de chatarra.

### ***Pruebas de funcionamiento del coche con carga***

En el marco de esta prueba, se ha evaluado el tiempo requerido por la canasta para desplazarse desde su ubicación inicial hasta alcanzar su posición final en el riel. Cabe mencionar que en esta medición no se ha considerado el tiempo que toma el puente grúa en vaciar la canasta. El enfoque está puesto en determinar el tiempo preciso que le toma a la canasta completar el recorrido específico en el riel. Los resultados de estas pruebas se

encuentran detallados en la Tabla 26, proporcionando información relevante sobre los tiempos de desplazamiento.

**Tabla 26**

*Tiempo de recorrido con carga*

<b>N.º Prueba</b>	<b>Tiempo (s)</b>
1	70
2	65
3	63

*Nota.* Tiempo de recorrido con carga se incrementa debido al esfuerzo adicional en la curva debido al peso.

#### ***Pruebas de funcionamiento tiempo de desembarque de chatarra***

Una vez que el coche recogedor de chatarra se encuentra en su tramo final, entra al siguiente paso del proceso. El coche será elevado por el balancín de cadena, cuyo control está en manos del operador del puente grúa. Esta etapa de cambio de balancín toma alrededor de 2 minutos en su ejecución. Una vez completado el cambio de balancín, se procede a bajar el balancín, el cual se acerca a la canasta. La canasta, a su vez, se conecta en los muñones y el gancho auxiliar el balancín de cadenas. Este complejo procedimiento de conexión y aseguramiento se lleva a cabo en preparación para la elevación y deposición de la canasta en la cuchara o cesta de almacenamiento final. Esta última fase, que involucra la elevación y el depósito, ocupa aproximadamente 3 minutos, resultando en un tiempo total de alrededor de 5 minutos para completar el proceso de depositar la cesta de chatarra en su destino previsto.

#### **Prueba del sensor óptico de distancia**

Durante la fase de pruebas del sensor óptico, se tomó como referencia la ubicación estratégica de la canasta. Sin embargo, debido a la preocupación por posibles daños al sensor por parte de la chatarra, se optó por ubicarlo en un extremo de la canasta, protegiéndolo con una base especial. Esta configuración permitió dirigir el haz del sensor de manera

perpendicular hacia el centro de la canasta, un punto crucial para la detección precisa del llenado.

Para asegurar mediciones consistentes y fiables, se estableció una distancia de un metro cincuenta entre el sensor y el centro de la canasta. Esta elección se basó en la necesidad de detectar el llenado de la canasta de manera precisa, sin el riesgo de desbordamientos. A través de tres pruebas con diferentes tipos de chatarra, se demostró contundentemente que el sensor óptico es altamente eficaz en la detección del llenado de la canasta, independientemente del material depositado en ella. Esta implementación asegura que el operador del pulpito cuente con información vital para tomar decisiones oportunas y mejorar la eficiencia operativa, contribuyendo así a un manejo más seguro y efectivo de la chatarra en el proceso industrial.

### **Pruebas de soldadura**

Considerando las pautas de la norma NTE INEN-ISO 9712 que se refiere a ensayos no destructivos, se llevaron a cabo pruebas de tintas penetrantes en las uniones soldadas de la canasta, con especial atención en los puntos de mayor esfuerzo, que son los muñones, soportan la carga al elevar la canasta mediante el balancín. Estas evaluaciones estratégicas aseguraron la calidad y confiabilidad de las uniones, fortaleciendo la integridad de las soldaduras y optimizando el rendimiento y seguridad de las estructuras, en cumplimiento con estándares rigurosos y nuestro compromiso con la excelencia en la fabricación.

El ensayo de tintas penetrantes constituye una metodología fundamental para la detección precisa de discontinuidades superficiales en materiales, abarcando desde fisuras y rupturas hasta porosidad y fugas. Al aplicar tintas penetrantes que se muestran en la Figura 85, esta técnica se erige como una herramienta versátil y eficaz en la inspección no destructiva.

Su aplicabilidad en una diversidad de materiales y su amplio espectro de aplicaciones, desde la manufactura hasta la infraestructura, respaldan la mejora continua de la calidad y

confiabilidad en productos y estructuras, al facilitar la identificación temprana de fallas y asegurar su rendimiento a lo largo del tiempo.

### Figura 85

*Spotcheck Aerosol*



*Nota.* El Spotcheck Aerosol son productos utilizados en inspecciones no destructivas, como ensayos de líquidos penetrantes.

Instrucciones de uso:

1. Comience el proceso rociando la superficie con el limpiador adecuado (SKC-S Aerosol), asegurándose de eliminar cualquier suciedad presente. Luego, puede limpiar la superficie con un paño suave o permitir que se seque al aire. Alternativamente, aplique el limpiador sobre un paño limpio y utilícelo para limpiar la pieza, manteniéndola húmeda con el trapo.
2. Es importante esperar hasta que la pieza esté completamente seca antes de proceder a aplicar el penetrante.
3. Aplique el producto SKL-SP2 Aerosol Penetrante en la suelda y espere de 10 a 30 minutos como recomienda el fabricante
4. Para limpiar la superficie de prueba y eliminar el exceso de penetrante, puede optar por dos enfoques: en primer lugar, utilizando un paño adecuado para eliminar el penetrante

en exceso con movimientos minuciosos o, en segundo lugar, aplicando el limpiador sobre un paño limpio para retirar de manera efectiva el exceso de penetrante, garantizando una limpieza exhaustiva de la zona.

5. Aplique el producto SKD-S2 Aerosol revelador en la suelda y espere de 10 a 60 minutos  
Asegurarse de seguir estos procedimientos de manera cuidadosa y precisa para garantizar una inspección efectiva y precisa del material en cuestión.

### Figura 86

*Tintas penetrantes muñones*



*Nota.* Realizado el ensayo de tintas penetrantes bajo la norma ISO 9712

La Figura 86 ilustra el procedimiento de tintas penetrantes aplicado en los dos muñones de la canasta, tal como se observa. Siguiendo las directrices establecidas, en la parte inferior se presentan los resultados obtenidos, destacando un exitoso ensayo donde el penetrante de tono rojo es apenas perceptible en los cordones de soldadura. La presencia del color rojo entre estos cordones, que fue aplicado como parte del proceso de aseguramiento del muñón, refleja resultados positivos al evidenciar la ausencia de porosidades y fisuras. Esta evaluación exitosa genera la confianza y certeza necesaria de que la estructura de la canasta mantendrá su integridad al ser levantada y trasladada por el mecanismo de balancín, reforzando así la seguridad y la funcionalidad de la operación.

### **Resultados de la simulación en Inventor**

Utilizando el software Inventor, se realiza un análisis exhaustivo para evaluar la resistencia de materiales en condiciones de cargas, resultando vital debido a la complejidad estructural, refuerzos y sueldas aplicadas en la canasta. El teorema de Von Mises revela un esfuerzo de 143,6 MPa, destacando su importancia al proporcionar una visión precisa de cómo la canasta maneja estas cargas desafiantes y permitiendo decisiones fundamentadas en su diseño y durabilidad.

Datos

$F_s = \text{Factor de seguridad}$

$\sigma_v = \text{Esfuerzo de Von Mises} = 143,6 \text{ GPa}$

$E = \text{Módulo de elasticidad del acero} = 206,8 \text{ GPa}$

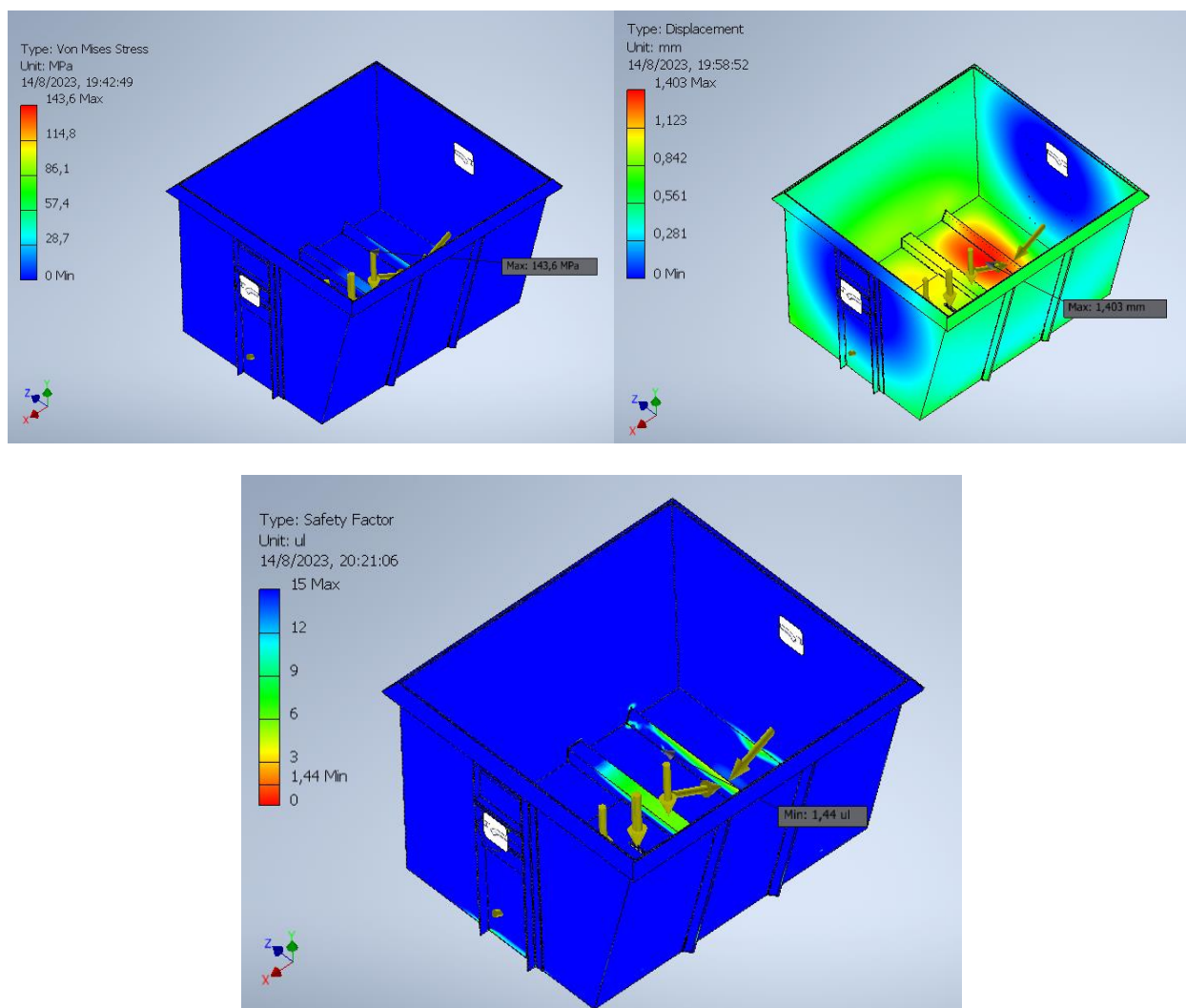
De la misma forma usamos la ecuación **(33)** para obtener el factor de seguridad usando el esfuerzo de Von Mises

$$F_s = \frac{\sigma_v}{E}$$

$$F_s = \frac{206,8}{143,6} = 1,44$$

**Figura 87**

Resultados de análisis CAE para la canasta



*Nota.* Utilizando el software Inventor, se realizó un análisis estático para identificar el punto más crítico en la estructura.

El factor de seguridad de 1,44 es consistente al desplazamiento máximo estimado en 1,4 mm.

Debido a que la máquina no opera continuamente este factor de seguridad es adecuado.

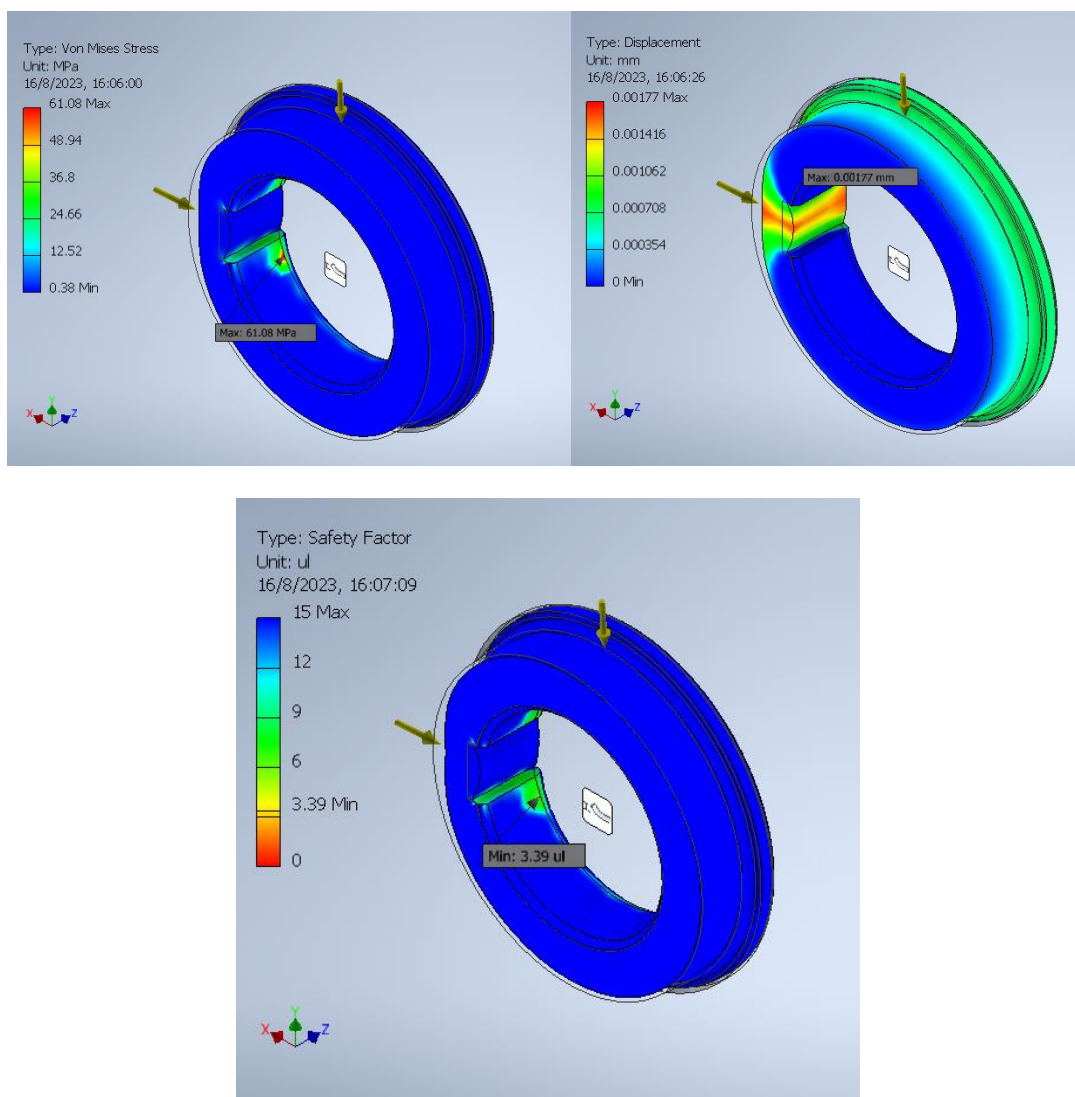
Además, considerando que el peso de la canasta al llenarse no siempre alcanza las ocho toneladas, la aceptabilidad del factor de seguridad se ve reforzada. Agregar soldaduras y refuerzos adicionales podría incrementar el costo, resultando innecesario en vista de la confiabilidad actual del diseño.



La Figura 79 ilustra las ruedas cónicas de acero sometidas a fuerzas en toda la sección cónica incluyendo el redondeo y aseguradas por chaveta, arrojando un esfuerzo Von Mises de 61,08 MPa, desplazamiento mínimo de 0,001416 y factor de seguridad de 3,39. Se optó por utilizar ruedas de ferrocarril disponibles en stock en lugar de fabricar unas más pequeñas, basándose en un enfoque costo-eficiente y la similitud en el tratamiento especial, lo que garantiza su idoneidad para el proyecto.

### Figura 88

#### Resultados de análisis CAE para Ruedas



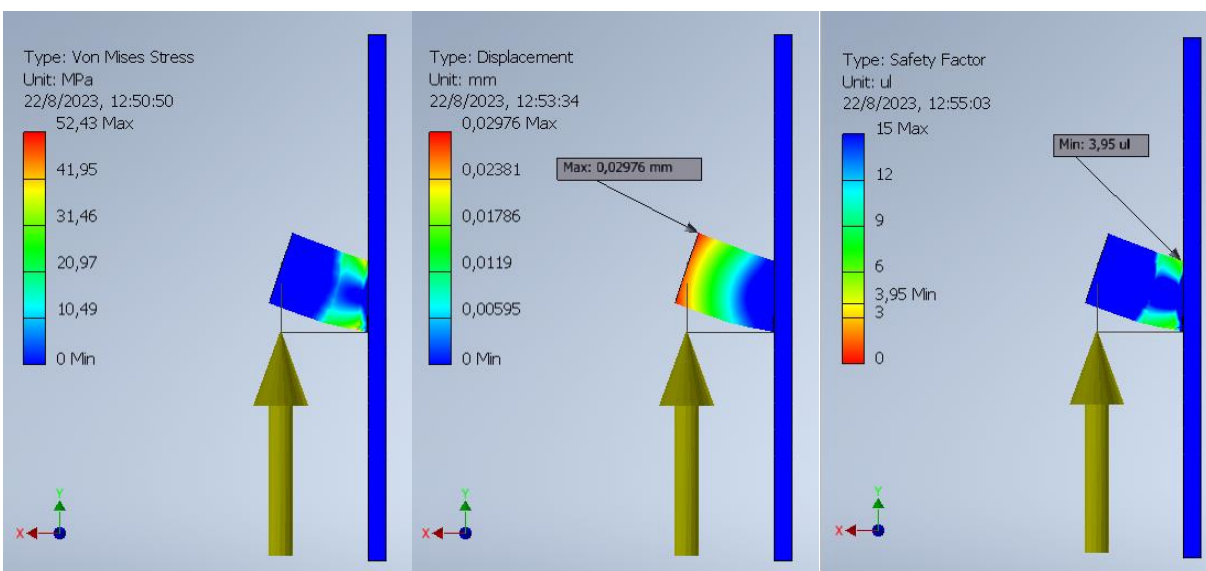


*Nota.* Los resultados del análisis por Elementos Finitos (CAE) aplicado a las ruedas proporcionaron información sobre su comportamiento bajo carga.

En la Figura 89 se muestra la simulación en Inventor del eje, que soporta las ocho toneladas de la canasta al elevarse. Para evitar deformaciones bajo este esfuerzo, se asegura un factor de seguridad de 4, conforme a los requisitos de la empresa. La integridad se refuerza mediante cordones de soldadura en toda la unión del eje con la placa de refuerzo.

### Figura 89

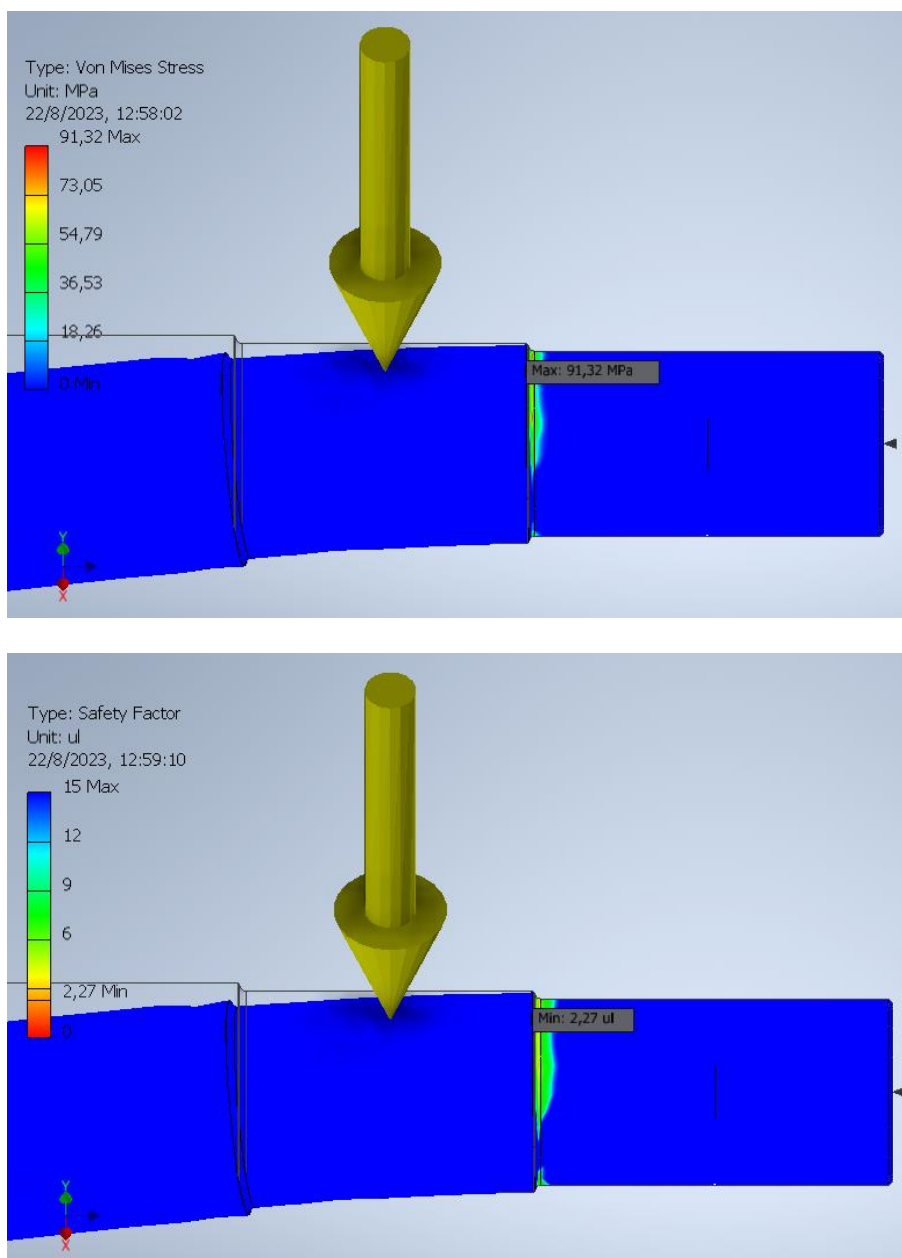
#### Resultados de análisis CAE para el eje del muñón



*Nota.* Se evalúa la fuerza máxima en el extremo del eje del muñón para garantizar la resistencia en el punto crítico, sin considerar una carga distribuida.

En la Figura 90 se presenta una pieza crucial que genera el movimiento del coche recogedor de chatarra durante las curvas. Dado que el eje es rígido, su esfuerzo es mayor en comparación con el desplazamiento lineal. Se establece un factor de seguridad superior a 2 debido al peso de la canasta y el recorrido curvo. La simulación arroja un factor de seguridad de 2,27 asegurando la integridad del eje motriz.

**Figura 90 Resultados de análisis CAE para eje motriz.**



*Nota.* El valor más crítico está en la unión donde va la chumacera.

Se eligió la chaveta paralela de acuerdo con la norma DIN 6885A, la cual se detalla en la Tabla 27. Esta norma nos proporciona las pautas necesarias para dimensionar el chavetero que se incorporará en la rueda, asegurando así un ajuste preciso con el diámetro previamente calculado del eje.

**Tabla 27***Tabla de dimensión de chaveta*

<b>Diámetro del eje</b>	<b>Chaveta</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Chaveteros</b>		
<b>Desde-Hasta</b>	<b><i>b x h</i></b>	<b>altura</b>	<b>b</b>	<b>t</b>	<b>t1</b>
58-68	18*11	+0,2	16	5	D+5.2

*Nota.* Tomado de la Norma DIN 6885 A**Disminución de tiempos**

La Tabla 28 proporciona una perspectiva reveladora de la transformación que ha experimentado el proceso de descarga de chatarra con la introducción del coche recogedor automatizado. Anteriormente, esta tarea solía llevarse a cabo de manera manual, demandando un esfuerzo considerable y tiempo significativo por parte del personal. Sin embargo, con la implementación del coche recogedor equipado con su avanzado sistema de sensor óptico de distancia, la operación ha evolucionado de manera notable. Se puede apreciar cómo esta innovación ha optimizado la eficiencia al reducir drásticamente el tiempo requerido para la descarga de chatarra, independientemente de la cantidad.

**Tabla 28***Resultados de tiempo del proceso*

<b>N.º Prueba</b>	<b>Cantidad (T)</b>	<b>Tiempo Manual (min)</b>	<b>Tiempo con Coche (min)</b>
1	5	150	5
2	7	210	5
3	8	240	6

*Nota.* Se obtuvieron tiempos de recorrido y operación, considerando distintas cargas y condiciones obteniendo un tiempo constante usando el coche.

La eficacia de este proceso automatizado radica en la precisión y confiabilidad del sensor óptico de distancia, que permite una detección precisa del llenado del coche recogedor.

Gracias a esta tecnología, solo dos operadores son necesarios para llevar a cabo la tarea de vaciado, lo que simplifica la operación y elimina la complejidad del proceso manual previo. Además, se destaca la adaptabilidad del sistema a diferentes tipos de chatarra, ya sea de chatarra nacional con menor peso o chatarra importada más pesada. En resumen, la integración del coche recogedor automatizado con el sensor óptico ha revolucionado la eficiencia operativa, reduciendo drásticamente el tiempo y el esfuerzo requeridos para la descarga de chatarra, al tiempo que garantiza una gestión precisa y optimizada de los recursos de la empresa.

### **Ahorro de recursos**

Antes de la implementación del coche recogedor de chatarra automatizado, el proceso de descarga solía requerir la colaboración de un equipo de cuatro personas para llevar a cabo la tarea de manera manual. Esta demanda de recursos humanos se traducía en una inversión significativa de tiempo y personal, lo que a su vez generaba costos operativos considerables para la empresa. Sin embargo, con la llegada del coche recogedor automatizado y su capacidad de detección precisa mediante el sensor óptico, se ha logrado un notorio ahorro de recursos. El equipo humano necesario se ha reducido a la mitad, con tan solo dos operadores encargados de la operación de vaciado. Este ahorro de recursos humanos se traduce en una optimización de los costos operativos, al mismo tiempo que garantiza una operación más ágil y eficiente.

Este cambio en la asignación de recursos no solo ha tenido un impacto económico positivo para la empresa, sino que también ha mejorado la ergonomía laboral y la seguridad de los trabajadores. La reducción en la cantidad de personal involucrado en la descarga de chatarra disminuye los riesgos asociados a la manipulación de cargas pesadas y a la exposición a posibles accidentes. Asimismo, al requerir menos personal en esta tarea, la empresa puede reasignar recursos humanos a otras áreas clave de la operación, optimizando aún más la eficiencia global. En conclusión, la transición del enfoque manual al coche

recogedor automatizado ha demostrado ser una estrategia ganadora en términos de ahorro de recursos y mejora de la eficiencia operativa, al mismo tiempo que prioriza la seguridad y el bienestar de los trabajadores.

### **Seguridad y salud**

Con el objetivo de garantizar la seguridad y prevenir posibles descarrilamientos del coche recogedor de chatarra, se implementaron medidas preventivas en los rieles. Mediante soldaduras estratégicamente ubicadas, se aseguró la fijación de los rieles, evitando su separación bajo el peso de la carga. Además, en los extremos de los rieles se incorporaron topes mecánicos diseñados para impedir el desplazamiento lateral del coche al ingresar y salir.

La implementación exitosa del sistema de coche recogedor de chatarra ha significado un notorio avance en la seguridad laboral, eliminando el riesgo de accidentes y lesiones para los trabajadores en la tarea de extracción de chatarra en la fosa. Esta mejora sustancial en la salud y bienestar del personal se ha traducido en un ambiente laboral más confiable y motivador. Además, la automatización de este proceso ha resultado en una significativa eficiencia en términos de tiempo, permitiendo a los empleados enfocarse en tareas de mayor valor y contribuyendo a una mayor productividad global de la acería.

### **Validación de la hipótesis**

La validación de la hipótesis que postula la disminución significativa en el tiempo requerido para la tarea de extracción de chatarra ha sido contundentemente respaldada por los resultados obtenidos en el proceso de implementación del coche recogedor. En comparación con el método anterior que involucraba a cuatro trabajadores y tomaba un tiempo de 240 minutos para la extracción de 8 toneladas de chatarra de la fosa, el nuevo sistema automatizado ha demostrado su eficacia al realizar la misma tarea en tan solo 5 minutos los cuales pueden variar como máximo a unos 10 minutos. Esta reducción drástica en el tiempo necesario para completar la operación no solo refleja un aumento significativo en la eficiencia, sino que también destaca la precisión y confiabilidad del coche recogedor en comparación con

el enfoque manual anterior. Estos resultados validan de manera concluyente la hipótesis planteada y subrayan el impacto positivo que esta innovación tecnológica ha tenido en el proceso de extracción de chatarra en la acería.

## Capítulo V

### Discusión, conclusiones y recomendaciones

#### Discusión

En el contexto de esta tesis, se investigó el impacto generado por la implementación del coche recogedor de chatarra en la operación entre el horno de arco eléctrico y el Consteel. Los resultados obtenidos revelan una marcada disminución en el tiempo requerido para esta tarea en comparación con el método manual previamente empleado. Esta investigación se alinea con estudios previos que han subrayado el papel crucial del transporte de carga en diversos contextos.

Al contrastar nuestros hallazgos con investigaciones anteriores en el ámbito del transporte de materiales pesados, como por ejemplo la realizada por (Focus Technology Co, 2023), una empresa especializada en la comercialización de transporte pesado como vagones de minería, se observa una carga aproximada de 680 kg en cada vagón, con una velocidad constante de desplazamiento de 1,5 a 3,5 m/s. Este ejemplo ilustra cómo un sistema de transporte con mayor velocidad puede conllevar beneficios notables en el manejo de cargas de considerable peso.

Al comparar nuestros resultados con investigaciones previas en el transporte de materiales pesados por ejemplo es una empresa dedicada a vender transporte pesado como vagones de minería se tiene una carga en cada vagón de 680 kg aproximadamente y tiene una velocidad constante de 1,5 a 3,5 m/s como se aprecia al tener una velocidad mayor en un sistema de transporte es muy beneficioso en el transporte de cargas pesadas.

No obstante, el transporte de cargas pesadas se encuentra diversificado en términos de enfoques, tal como lo expone (Melero, 2023) , quien destaca elementos esenciales en esta área, como la posibilidad de utilizar pallets, vehículos de carga eficientes en términos de combustible, y otras alternativas. Estas consideraciones resultaron fundamentales en el desarrollo del diseño propuesto en esta tesis. Siguiendo las recomendaciones del autor, se

implementó un sensor óptico infrarrojo en nuestro diseño para detectar el nivel de llenado de la canasta, permitiendo la generación de alertas tempranas que previenen posibles desbordamientos.

En relación al entorno de transporte, se menciona por (Holmatro, 2023) que el movimiento horizontal de cargas pesadas puede lograrse a través de sistemas hidráulicos de paralelas, como parte de una solución óptima para la industria de transporte de cargas. Esta entidad se especializa en brindar soluciones avanzadas en movimiento de cargas, y su enfoque en la evaluación de opciones más adecuadas encuentra paralelismos con nuestro enfoque de utilizar los recursos disponibles en la empresa, como en el caso de emplear rieles de tren para el movimiento del coche recogedor de chatarra.

En conclusión, este estudio no solo respalda la efectividad de la automatización en la mejora de la eficiencia de la recolección de chatarra, sino que también destaca la importancia de considerar factores de seguridad y la elección de sensores adecuados para lograr resultados óptimos. A través de la comparación con investigaciones previas, se confirma la contribución única de este trabajo al campo de la automatización en la industria metalúrgica.

## **Conclusiones**

La realización exitosa del diseño y construcción de un sistema de recolección y transporte de residuos de chatarra entre el horno de arco eléctrico (EAF) y el Consteel en la planta Lasso de la empresa Novacero representa un logro significativo en términos de eficiencia operativa y gestión sostenible de desechos. Este sistema no solo optimiza y facilita la transferencia de materiales, sino que también contribuye a la seguridad de los trabajadores.

Se ha abordado de manera integral y meticulosa los elementos clave para el diseño exitoso de un coche recogedor de chatarra desde la consideración detallada del espacio disponible con mediciones en situ y la interacción existente con la columna (estructura de soporte) de igual forma evitando el choque con el precalentador de la cuchara también se evaluó la disponibilidad de voltaje industrial teniendo en la red 220 V y 380 V, la selección



precisa del sensor óptico infrarrojo para detectar la canasta cuando este llena, se ha logrado establecer un enfoque sólido y eficiente.

Conforme al estudio realizado no solo ha sentado las bases para un diseño, operación segura y eficaz del coche recogedor aplicando normas IEC 60034-2-1 (Requisitos técnicos para máquinas eléctricas), DIN 8196 (Dentado de ruedas de cadena), NTE INEN-ISO 9712 (Ensayos no destructivos), UIC 519(Vías férreas) ,sino que también ha demostrado cómo la combinación de aspectos mecánicos, eléctricos y electrónicos puede converger en un diseño coherente y optimizado, marcando así un avance significativo en la mejora de los procesos industriales en este entorno específico.

De acuerdo con el análisis llevado a cabo se ha optado por emplear un motor de 5 caballos de fuerza (hp) en función de la disponibilidad de recursos en la empresa, debido a su capacidad para un montaje horizontal y su acople mediante brida B5 permitiendo conectar al reductor que tiene una ratio de reducción de 28:1 y proviene de LS Leroy Somer. Además, se ha escogido la cadena 16B2 conforme al estudio realizado en el diseño dando como resultado la elección de un piñón de 17 dientes y una corona de 21 dientes de tipo recto. Para lograr el giro necesario, se han empleado ruedas cónicas con una conicidad de 1:10 para lograr una acción diferencial en los ejes rígidos. Se optó por un sensor óptico infrarrojo que permite identificar cuándo el coche se encuentre lleno, desencadenando una alerta que es transmitida al HMI diseñado. Esta interfaz brinda a los operadores la capacidad de visualizar esta información crítica y tomar decisiones sobre el momento adecuado para realizar la descarga, tiene un tiempo de 26 horas y 33,6 minutos para ser descargada antes que este empiece a desbordarse.

En el análisis exhaustivo de la fabricación del coche recogedor de chatarra se presentó desafíos debido a la necesidad de adaptar rieles curvos en la fosa y garantizar la resistencia y seguridad de la estructura. Mediante el ensayo de tintas penetrantes se confirmó la integridad en un 100% en las soldaduras, mientras que un riguroso proceso de selección y

dimensionamiento de materiales aseguró un alto factor de seguridad 2,61 en el eje y 1,44 en la canasta.

Se destaca la viabilidad de un manual de operación y mantenimiento detallado en el Anexo 1, que garantiza un funcionamiento óptimo y una larga vida útil del equipo al proporcionar pautas claras sobre su uso, cuidado y las herramientas necesarias para un mantenimiento efectivo. Esta tesis no solo ha validado su valor en términos de optimización de recursos y seguridad, sino que también ha catalizado el progreso en la gestión de residuos y el rendimiento global de la acería. En Novacero donde es considerado de alto riesgo, esta solución mitiga significativamente el peligro de lesiones y problemas de salud para los trabajadores.

La implementación de este proyecto resultó en una notable mejora en la eficiencia de la tarea, superando el 100% de efectividad en términos de tiempo. La reducción del tiempo requerido para llevar a cabo esta actividad, disminuyendo de 240 minutos para tratar ocho toneladas de chatarra a tan solo 8 minutos. Esta transformación no solo ha contribuido significativamente a la seguridad de los trabajadores, sino que también ha cumplido con éxito el objetivo de reducir de manera sustancial el tiempo involucrado en esta tarea específica.

### **Recomendaciones**

En el proceso de diseño mecánico, resulta esencial considerar de manera primordial la disponibilidad de materiales que se encuentran ya presentes en el mercado ecuatoriano. Esta estrategia persigue el objetivo de evitar la necesidad de recurrir a importaciones desde otros países, lo cual no solo implica tiempos prolongados, sino también costos adicionales.

Es esencial destacar la importancia de llevar a cabo la manufactura de las piezas mecánicas con un enfoque riguroso en las tolerancias y especificaciones detalladas en los planos del diseño. Esta práctica no solo asegura una alineación precisa de los componentes, sino que también desempeña un papel fundamental en el funcionamiento adecuado y eficiente de la maquinaria en su conjunto.

La incorporación de planchas encima de la canasta permitirá lograr una caída más controlada de la chatarra hacia la canasta. Esta medida estratégica evitaría que la chatarra caiga de manera abrupta, minimizando el impacto y el desgaste en la canasta.

Se recomienda colocar una alarma de sirena industrial para cuando el coche recogedor de chatarra este en movimiento, aunque la posibilidad es mínima de que ocurra un accidente dado que el operador para mover el coche se encuentra en una zona segura.

Se recomienda llevar el mantenimiento planteado en los manuales de la misma forma la capacitación del personal en el uso de la canasta garantiza un correcto funcionamiento al igual que en el reemplazo de los elementos si es necesario.

Colocar un enrollador de cables para el motor debido a la curvatura que realiza no presenta inconvenientes de posibles cortes con la rueda dado a que su uso no es constante se descartó debido a el costo y no tener en stock.

Se recomienda mantener velocidades bajas dado a que se puede modificar la velocidad en el variador de frecuencia provocando el desbordamiento de chatarra a elevadas velocidades.

## Bibliografía

- Agicorieles. (13 de 08 de 2023). *Sistema de fijación de rieles*. Obtenido de <http://www.agicorieles.com/sistema-de-sujecion-de-riel.html>
- aula21. (15 de 11 de 2019). *aula21*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-automata-programable-o-plc-y-como-funciona/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20aut%C3%B3mata%20programable,de%20los%20dispositivos%20de%20salida>.
- Cabo, L. A. (2008). *Análisis de la norma IEC 60034-2-1. Aplicación en la determinación de las pérdidas y el rendimiento de motores*.
- Cadersa. (07 de 2023). *Cadersa*. Obtenido de <https://www.cadersa.es/cadenas-de-transmision-segun-iso-606-1982-e-y-din-8187/>
- Castro Távara, P. (2013). *El sistema de detracciones del IGV y su impacto en la liquidez de la empresa de transportes de carga pesada factoría comercial y transportes S.A.C. de Trujillo*.
- Cheaytani, R. (14 de 02 de 2019). *DirectIndustry*. Obtenido de <https://guide.directindustry.com/es/que-sensor-de-proximidad-elegir/>
- Dodieu. (2017). *Dokumen*. Obtenido de <https://dokumen.tips/documents/compuertas-para-tolvas.html?page=4>
- Electronicafacil. (2023). *Electronicafacil*. Obtenido de <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/Valores-normalizados-cables-AWG.html>
- ENERGÉTICA, E. E. (2018). *Motores Eléctricos*.
- Fava, J. (2022). Grupo Ensayos No Destructivos Aplicados a la Industria. Facultad regional Haedo.
- Focus Technology Co. (06 de 08 de 2023). *Made in china*. Obtenido de [https://es.made-in-china.com/co\\_ytminingequipment/product\\_Mining-Wagons-for-Transport-The-Ore-Wagon-for-The-Mine-Mining-Equipment\\_uosohsrnsg.html](https://es.made-in-china.com/co_ytminingequipment/product_Mining-Wagons-for-Transport-The-Ore-Wagon-for-The-Mine-Mining-Equipment_uosohsrnsg.html)

- Galbarro, H. R. (13 de 08 de 2023). *Ingeniería mecánica*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutoriales/pesos.html#metales>
- Holland . (2 de 02 de 2020). *New Holland Ecuador* . Obtenido de <https://newholland.austral.com.ec/producto/minicargadora-l330/>
- Holmatro. (07 de 2023). *Holmatro*. Obtenido de <https://www.holmatro.com/es/industrial/aplicaciones/transporte-pesado-y-elevacion-de-cargas-pesadas/movimiento-horizontal-de-un>
- Lentax. (2018). *Catálogo Nº 722*. Obtenido de <https://www.motorreductores.com.ar/wp-content/uploads/2019/10/motoreductor-lineakl-lentax.pdf>
- López, J. R. (2023). *Juntadeandalucia*. Obtenido de <https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/29/html/Motores%20de%20corriente%20alterna.htm>
- Martinez, D. S. (2018). *DISEÑO Y CÁLCULO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD PARA UNA CINTA TRANSPORTADORA*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/168224/VOLUMEN%20I.pdf>
- Massa Pesagem. (2 de 07 de 2020). *Massa Pesagem*. Obtenido de <https://massa.ind.br/es/tipos-de-vagoes-de-trem/>
- Mateo, I. (13 de 08 de 2023). *Scribd*. Obtenido de Consideraciones para las vías ferreas: <https://es.scribd.com/document/463098805/Consideraciones-para-las-vias-ferreas#>
- McCormac. (2013). *Diseño de estructuras de acero*.
- Melero, J. (20 de 02 de 2023). *Transgesa*. Obtenido de <https://www.transgesa.com/blog/transporte-de-carga-pesada/>
- Moreno, G. J. (2017). *Estudio de compatibilidad de montaje de vía con rueda de material ferroviario de tráfico mixto*.
- Mott, R. L. (2009). *Resistencia de materiales*. México: Pearson Education.

- Novacero S.A. (2022). *Novacero el acero del futuro*. Obtenido de <https://www.novacero.com/quienes-somos/>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2023). *Organización Internacional del Trabajo (OIT)*. Obtenido de <https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/manual-handling/lang--es/index.htm>
- Orozco, D. Á. (2006). DETERMINACIÓN DE LA CONICIDAD EQUIVALENTE DEL SISTEMA VIA. Colombia: UNIVERSIDAD EAFIT.
- PAXZU. (2023). *Ajtransmisiones*. Obtenido de <https://www.ajtransmisiones.com/blog/tipos-de-sistema-de-transmision>
- Pesántez Erazo, A. A. (2012). *Diseño y Construcción de un Módulo de Laboratorio con Variador de Frecuencia para el Control de un Sistema de Bombeo y Determinación del Ahorro Energético*.
- Richard G. Budynas, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México.
- Roydisa. (3 de 07 de 2017). *Reductores Mecánicos*. . Obtenido de <https://www.roydisa.es/archivos/3356>
- SASSIN. (23 de 07 de 2023). *Productos eléctricos* . Obtenido de <http://tbcin.com.uy/home/?product=rele-termico>
- SDI. (19 de 08 de 2022). *SDI*. Obtenido de <https://sdindustrial.com.mx/blog/tipos-de-sensores-industriales/>
- Trujillo, Y. R. (12 de 01 de 2021). *Blog de Ingeniería Mecánica Industrial y Diseño de Productos*. Obtenido de <https://esingenieria.pro/calculo-de-las-transmisiones-por-cadenas/>
- Utilirail. (13 de 08 de 2023). *Utilirail*. Obtenido de <https://www.utilirail.com.mx/fijaciones-pandrol.html>
- Vásquez, L. B. (2015). *Acero y fundiciones* . Club universitario.

Wikiwand. (13 de 08 de 2023). *Wikiwand*. Obtenido de

[https://www.wikiwand.com/es/Juego\\_de\\_ruedas\\_%28ferrocarril%29](https://www.wikiwand.com/es/Juego_de_ruedas_%28ferrocarril%29)

Zomera, G. C. (04 de 08 de 2021). *Mundo ferroviario*. Obtenido de

<https://mundoferroviario.lat/2021/08/04/la-rueda-del-ferrocarril-un-vistazo-tecnico/>

# Anexos





Latacunga, 22 de Marzo del 2023

## ACTA DE CONFORMIDAD

Como coordinador de tesis designado por la gerencia de la empresa "Novacero S.A" a partir de la fecha 22 de marzo del 2023 me permito informar:

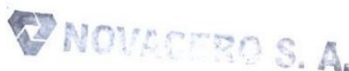
El señor **Ninahualpa Almachi Rommel Wladimir**, con cédula de ciudadanía N°172584533-1 estudiante de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, desarrolló el proyecto de titulación: **"Diseño y construcción de un sistema de recolección y transporte para residuos de chatarra entre el horno de arco eléctrico (EAF) y el Consteel para la empresa Novacero en la planta Lasso"**.

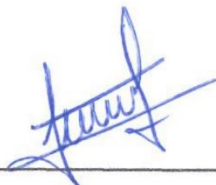
Se debe indicar que la empresa facilitó las instalaciones y los recursos necesarios para la realización del proyecto.

Con este antecedente y la debida autorización de la gerencia, declaro la conformidad con el trabajo realizado por el estudiante que ha cumplido con los plazos y objetivos planteados y no se tiene observaciones ni reclamos del trabajo realizado.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el/los interesados hacer uso del presente documento como bien creyeran conveniente, dentro de las normas legales y morales que nos rigen.

Atentamente:

NOVACERO S. A.



---

Ing. Luis Fernando Paredes Paredes

Tutor empresarial

CI: 1720095163