

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de un elevador industrial automatizado de  
columna vertical con carga y descarga mecánica para  
el transporte de aditivos en la fabricación de  
chocolates de la empresa La Ibérica S.A.-Arequipa**

Willy Eder Ramos Suaña

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental

Tesis digital



Esta obra está bajo una licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional"

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Roberto Belarmino Quispe Cabana  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 13 de Mayo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

Diseño de un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa La Ibérica S.A.-Arequipa

**Autores:**

1. Willy Eder Ramos Suaña – EAP. Ingeniería Mecánica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía

SI

NO

- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores

SI

NO

Nº de palabras excluidas (en caso de elegir “SI”):

- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante

SI

NO

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

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme y acompañarme en mi vida, dándome paciencia, perseverancia y sabiduría para lograr mis metas con éxito.

Agradezco de corazón a mis padres por brindarme su inmenso amor incondicional, por ser mi pilar en todo momento de mi vida.

Agradezco a mi novia Kathia Córdova, por acompañarme en todo este proceso y por ser mi soporte y un ser muy importante en el logro de mis metas.

Agradezco a mi asesor, al Ing. Roberto Quispe, docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental por su sabiduría, conocimiento y apoyo.

Agradezco al Ing. Ronny Vásquez, jefe de mantenimiento de la empresa la Ibérica S.A., por su gran apoyo en La investigación de la tesis.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi amada madre, Eliana Suaña que desde el cielo me guía e ilumina y siempre la llevo en mi mente y corazón.

A mi padre Wilfredo por su apoyo incondicional, a mis abuelos Manuela Tejada y Mario Ramos por sus cuidados y consejos, y a mi novia Kathia Córdova por acompañarme y motivarme día a día.

A mi familia y a todos aquellos que, de alguna forma u otra, contribuyeron al desarrollo de esta tesis.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN .....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN .....	14
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.1.1. Problema General.....	16
1.1.2. Problemas Específicos.....	16
1.2. Objetivos .....	17
1.2.1. Objetivo general .....	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. Justificación e importancia.....	17
1.3.1. Justificación teórica.....	17
1.3.2. Justificación práctica .....	18
1.3.3. Justificación metodológica.....	18
1.4. Delimitación de la presente investigación .....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO .....	19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.2. Bases Teóricas.....	21
2.3. Definición de términos básicos.....	34
CAPÍTULO III.....	36
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN Y DISEÑO .....	36
3.1 Método, tipo o alcance de la investigación .....	36
3.1.1. Método de la investigación.....	36

3.1.2 Tipo de investigación .....	36
3.1.3 Metodología para el diseño .....	37
3.1.4 Estado de tecnología .....	38
<b>3.2. Materiales y métodos .....</b>	<b>39</b>
3.2.1 Definición de las tareas.....	39
Lista de exigencias .....	39
3.2.2 Determinación de las funciones y su estructura.....	40
Estructura de funciones .....	40
3.2.3 Búsqueda de conceptos de solución.....	44
Matriz morfológica .....	44
3.2.4 Evaluación técnica y económica de las propuestas de solución .....	46
Análisis de decisión de solución óptima .....	46
3.2.5 Diseño de la propuesta.....	51
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>114</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>114</b>
4.1 Presentación de resultados .....	114
4.2 Discusión de resultados.....	115
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>118</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>118</b>
5.1: CONCLUSIONES .....	118
5.2: RECOMENDACIONES .....	119
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXOS: PLANOS .....</b>	<b>123</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Tomada de Incauca S.A.S. (10) .....	22
<b>Figura 2:</b> Tomada de Edwards (12) .....	23
<b>Figura 3:</b> Tomada de Miravete y Larrode (13) .....	24
<b>Figura 4:</b> Tomada de Miravete y Larrode (11) .....	25
<b>Figura 5:</b> Tomada de ThyssenKrupp (15).....	27
<b>Figura 6:</b> Tomada de Navarro (16) .....	28
<b>Figura 7:</b> Tomada de Navarro (16) .....	29
<b>Figura 8:</b> Tomada de Lasheras (17) .....	30
<b>Figura 9:</b> Toma da de Andrew y Ferdinand (23) .....	33
<b>Figura 10:</b> Metodología adaptada de la norma VDI-2221- VDI-2225 .....	37
<b>Figura 11:</b> Tomada de Werther International (29) - 2,5TN, .....	38
<b>Figura 12:</b> Tomada de Werther International (29) - 1,2TN .....	38
<b>Figura 13:</b> Tomada de Werther International (29) - 3,5TN. ....	38
<b>Figura 14:</b> Caja negra de elevador industrial de carga y descarga mecánica.....	41
<b>Figura 15:</b> Caja blanca, elevador industrial automatizado.....	44
<b>Figura 16:</b> Propuesta de solución 1 – Transporte de aditivo por elevador de cangilones.....	46
<b>Figura 17:</b> Propuesta de solución 2- Transporte de aditivo por faja transportadora .....	47
<b>Figura 18:</b> Propuesta de solución 3-transporte de aditivos por elevador de columna vertical .....	47
<b>Figura 19:</b> Gráfico de evaluación técnica - económica.....	50
<b>Figura 20:</b> Representación de la solución óptima – elevador de columna vertical.....	50
<b>Figura 21:</b> Diseño de cuchara. ....	51
<b>Figura 22:</b> Centro de gravedad de la cuchara .....	52
<b>Figura 23:</b> Dimensiones generales de la cuchara.....	52
<b>Figura 24:</b> Diagrama de cuerpo libre de cuchara.....	52
<b>Figura 25:</b> Stress máximo Von Mises – Cuchara .....	55
<b>Figura 26:</b> Desplazamiento .....	56
<b>Figura 27:</b> Factor de seguridad de cuchara de carga.....	56
<b>Figura 28:</b> Distribución de garruchas 4” .....	57
<b>Figura 29:</b> Diseño chute de descarga .....	57
<b>Figura 30:</b> Sub ensamble chute de descarga .....	58
<b>Figura 31:</b> Diagrama de cuerpo libre de chute de descarga .....	58
<b>Figura 32:</b> Ángulo de reposo de Azúcar .....	59

<b>Figura 33:</b> Ángulo de descarga.....	59
<b>Figura 34:</b> Diseño del acople .....	60
<b>Figura 35:</b> Diagrama de cuerpo libre del acople.....	60
<b>Figura 36:</b> Von Mises Stress – Acople .....	62
<b>Figura 37:</b> Von Mises Stress – Detalles de Acople .....	62
<b>Figura 38:</b> Desplazamiento de acople.....	63
<b>Figura 39:</b> Diseño del eje hueco. ....	64
<b>Figura 40:</b> Diagrama cuerpo libre de eje hueco.....	64
<b>Figura 41:</b> Von Mises Stress – eje hueco.....	66
<b>Figura 42:</b> Desplazamiento – Eje Hueco .....	66
<b>Figura 43:</b> Factor de seguridad - eje hueco.....	67
<b>Figura 44:</b> Distribución de cargas y restricciones.....	67
<b>Figura 45:</b> Diagrama de corte .....	68
<b>Figura 46:</b> Diseño de carro guía .....	68
<b>Figura 47:</b> Diagrama cuerpo libre de eje hueco.....	68
<b>Figura 48:</b> Diseño carro guía .....	69
<b>Figura 49:</b> Von Mises Stress – carro guía.....	71
<b>Figura 50:</b> Desplazamiento – carro guía.....	71
<b>Figura 51:</b> Factor de seguridad .....	71
<b>Figura 52:</b> Diseño de sistema de transmisión .....	72
<b>Figura 53:</b> Diagrama de cuerpo libre de Sprocket.....	74
<b>Figura 54:</b> Tomada de Rexnord (32) .....	76
<b>Figura 55:</b> Motorreductor .....	77
<b>Figura 56:</b> Ensamble Eje de transmisión – Sprocket.....	78
<b>Figura 57:</b> Diseño del eje de transmisión .....	81
<b>Figura 58:</b> Diagrama de cuerpo libre de Sprocket.....	81
<b>Figura 59:</b> Von Mises Stress – eje de transmisión.....	83
<b>Figura 60:</b> 1st Principal Stress – eje de transmisión .....	83
<b>Figura 61:</b> 3rd Principal Stress – eje de transmisión .....	84
<b>Figura 62:</b> Rodamiento 6204 .....	84
<b>Figura 63:</b> Diseño de la Columna .....	86
<b>Figura 64:</b> Diagrama de cuerpo libre de la columna.....	86
<b>Figura 65:</b> Tomada de Andrew y Ferdinand (23) .....	89
<b>Figura 66:</b> Parámetros de momento de inercia $I_x$ , $I_y$ y área neta $A$ .....	91
<b>Figura 67:</b> Aplicación de la curva de Euler para la columna.....	92
<b>Figura 68:</b> Excentricidad de carga y dimensiones de peralte.....	96

<b>Figura 69:</b> Tomada de Andrew y Ferdinand (23) .....	97
<b>Figura 70:</b> Von Misses de columna - Opción 1 .....	98
<b>Figura 71:</b> Detalle Von Mises Stress columna - Opción 1 .....	98
<b>Figura 72:</b> 1st Principal Stress columna - Opción 1 .....	99
<b>Figura 73:</b> Desplazamiento columna - opción 1 .....	99
<b>Figura 74:</b> Von Mises Stress columna – opción 2 .....	100
<b>Figura 75:</b> Detalle Von Mises Stress columna- opción 2 .....	100
<b>Figura 76:</b> 1st Principal Stress columna – opción 2 .....	101
<b>Figura 77:</b> Desplazamiento columna- opción 2 .....	101
<b>Figura 78:</b> Diseño de la placa base .....	102
<b>Figura 79:</b> Diagrama de cuerpo libre placa base .....	102
<b>Figura 80:</b> Von Mises Stress placa base .....	104
<b>Figura 81:</b> 1st Principal Stress - placa base .....	105
<b>Figura 82:</b> Desplazamiento placa base .....	105
<b>Figura 83:</b> Diagrama de flujo funcionamiento electrónico de elevador .....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Lista de exigencias de proyecto.....	39
<b>Tabla 2:</b> Matriz morfológica del diseño del elevador industrial.....	45
<b>Tabla 3:</b> Evaluación técnica de las propuestas de solución.....	48
<b>Tabla 4:</b> Evaluación económica de las propuestas de solución.....	49
<b>Tabla 5:</b> Valoración técnico-económico de las propuestas de solución.....	49
<b>Tabla 6:</b> Propiedades físicas del acero AISI 304.....	55
<b>Tabla 7:</b> Resultados de simulación - cuchara de carga.....	55
<b>Tabla 8:</b> Resultado de simulación (elementos de acople).....	63
<b>Tabla 9:</b> Resultados de simulación de elementos de eje hueco.....	66
<b>Tabla 10:</b> Resultados de simulación carro guía.....	70
<b>Tabla 11:</b> Selección de Sprocket.....	75
<b>Tabla 12:</b> Factor de servicio.....	75
<b>Tabla 13:</b> Factor $S_1$ .....	79
<b>Tabla 14:</b> Factor $S_2$ .....	80
<b>Tabla 15:</b> Resultados de simulación – eje de transmisión.....	83
<b>Tabla 16:</b> Rodamientos rígidos de bolas.....	85
<b>Tabla 17:</b> Resultados de simulación, elemento: (Columna).....	98
<b>Tabla 18:</b> Resultados de simulación, elemento: columna hipótesis 2.....	100
<b>Tabla 19:</b> Resultados de simulación elemento: placa base.....	104
<b>Tabla 20:</b> Matriz de descripción del funcionamiento electrónico del elevador.....	106
<b>Tabla 21:</b> Resumen de Evaluación Económico.....	113
<b>Tabla 22:</b> Resumen de resultados.....	114
<b>Tabla 23:</b> Resultados de la investigación vs valor inicial.....	117

## RESUMEN

El propósito de la presente tesis, es diseñar un elevador industrial automatizado de columna vertical, con carga y descarga mecánica, utilizado para trasladar aditivos en la producción de chocolates de la empresa LA IBÉRICA de Arequipa; para lo cual, se adaptará la metodología de las dos (2) normas de diseño VDI-2221, así como VDI-2225, complementándose, en el proceso de esta investigación.

Este diseño se realizó siguiendo la normativa nacional e internacional vigente, respetando la normativa AISI en calidad 304, aceros inoxidable usados en la industria alimentaria.

Se realizó el cálculo de cargas y el dimensionamiento de la cuchara que será transportada; así mismo, se desarrolló el diseño del sistema de elevación de cargas y el sistema de transmisión, así como el diseño del control automatizado del elevador de columna vertical con carga y descarga mecánica para el transporte de aditivos.

Se obtuvo como resultado que la estructura vertical será de 4 m de altura por 1 m de ancho; mediante un movimiento ascendente elevará una cuchara con carga de 50 kg, que luego será elevada 4.5 m de altura con respecto al suelo, el cual, luego de estar a su máxima altura, realizará un movimiento horizontal a 90°, que ocasionará que la cuchara vierta su carga sobre la tolva de mezcla; este elevador funcionará con un motor de potencia de 1 HP y estará anclado al suelo mediante el diseño de una placa base de concreto.

**Palabras clave:** Elevador de columna vertical, carga y descarga de aditivos.

## **ABSTRACT**

The purpose of this thesis is to design an automated vertical column industrial elevator, with mechanical loading and unloading, used to transport additives in the production of chocolates by the company LA IBÉRICA of Arequipa; for which, the methodology of the two (2) design standards VDI-2221 will be adapted, as well as VDI-2225, complementing each other in the process of this research.

This design was carried out following the current national and international regulations, respecting the AISI regulations in quality 304 stainless steel used in the food industry.

The calculation of loads and the dimensioning of the transported spoon were carried out, likewise the design of the load lifting system and the transmission system was developed, as well as the design of the automated control of the vertical column elevator with mechanical loading and unloading for the transport of additives.

The results were obtained that the vertical structure will be 4 m high by 1 m wide, by means of an upward movement it will raise a bucket (guide car) with a load of 50 kg, which will then be raised 4.5 m in height with respect to the floor, which after being at its maximum height will perform a horizontal movement at 90°, which will cause the bucket to pour its load onto the mixing hopper; This lift will be powered by a 1 HP power motor and will be anchored to the ground by designing a concrete base plate.

**Keywords:** Vertical column elevator, loading and unloading of additives

## INTRODUCCIÓN

“Por eso, cuando ha logrado una victoria, no repite nuevamente la misma táctica, sino que, respondiendo a las circunstancias, modifica sus métodos hasta el infinito”. – Sun Tzu

Estamos en una etapa de revolución industrial y día a día vemos industrias que quieren implementar soluciones en sus procesos, enfocadas en la mejora continua, optimizando de forma exitosa los procesos para obtener resultados extraordinarios a nivel financiero, productivo y organizacional.

La empresa LA IBÉRICA de la ciudad de Arequipa no es ajena a esta filosofía de mejora de procesos, para lo cual, la presente tesis busca aportar la mejora del proceso de transporte de aditivos para la producción de chocolates, ya que entre 2 personas deben cargar sacos de azúcar de aproximadamente 50 kg, los cuales deben trasladarse y subir por unas escaleras para verter el azúcar a las tolvas de mezclas, que se encuentran a una altura de más de 4 metros.

Esta operación que se vuelve repetida durante todo el momento de producción de chocolate tiene un gran impacto a nivel productivo, ya que existe un incremento de desperdicios de aditivos. Al ser una operación manual, no se puede evitar que el azúcar se derrame en el piso; en consecuencia, existe baja eficiencia productiva, bajos rendimientos y sobrecostos por la baja productividad. Así mismo existe riesgo ocupacional al volverse un proceso inseguro para el personal operario, por su alto riesgo de caídas, atrapamientos, entre otros riesgos fatales, y se vuelve una operación disergonómica al realizar esfuerzo rutinario y repetitivo al cargar peso.

Por tal motivo es que esta investigación tiene como fin, desarrollar el diseño de un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica, utilizado para trasladar aditivos en la producción de chocolates de la empresa LA IBÉRICA, para lo cual se realizará el cálculo de cargas y el dimensionamiento de la cuchara que será transportada por el elevador industrial, así mismo se realizará el diseño del sistema de elevación de cargas y el diseño del sistema de transmisión, de la misma forma, se diseñará el sistema de transmisión y control automatizado del elevador industrial de columna vertical con carga y descarga mecánica, siguiendo la normativa nacional e internacional vigente y la elaboración de planos según los requerimientos necesarios para esta investigación.

## **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

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

En Perú, el chocolate es considerado un producto estratégico de gran relevancia para la economía del país. Esto se debe, en parte, al papel fundamental que desempeña la industria de confitería en la promoción y comercialización del chocolate, así como a la popularidad de las bebidas chocolatadas, las cuales ocupan el segundo lugar en el mercado de bebidas calientes, superando al café y quedando por debajo de las infusiones de mate.(1)

Hoy en día, hablar de la región Arequipa es sin duda pensar en un buen chocolate de la tienda LA IBÉRICA.

El proceso de fabricación de chocolate tiene varias etapas, pero es en el proceso de mezcla de aditivos como el azúcar, donde se determinó un gran inconveniente.

Entre 2 personas deben cargar sacos de azúcar de aproximadamente 50 kg, los cuales deben trasladarse y subir por unas escaleras para verter el azúcar a las tolvas de mezclas, que se encuentran a una altura de más de 4 metros. Esta es una operación que se vuelve repetitiva durante todo el momento de producción de chocolate y tiene un gran impacto en los siguientes puntos:

- Proceso inseguro para el personal operario, por su alto riesgo de caídas, atrapamientos, entre otros riesgos fatales.
- Operación disergonómica al realizar esfuerzo rutinario y repetitivo al cargar peso.
- Incremento de desperdicios de aditivos: al ser una operación manual, no se puede evitar que el azúcar se derrame en el piso.
- Baja eficiencia de producción y bajos rendimientos por incremento de desperdicios de aditivos.
- Sobrecostos por baja productividad y por incremento de desperdicios de aditivos.

Con base en lo manifestado anteriormente, se propone diseñar un elevador industrial automatizado de columna vertical de carga y descarga mecánica, para el traslado de aditivos en la producción de chocolates de la empresa LA IBÉRICA S.A. en la ciudad de Arequipa; con esta investigación se podrá dar solución a este problema con beneficios para esta empresa, así como para la industria chocolatera del Perú.

### **1.1.1.Problema General**

¿Cómo diseñar un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica, para el traslado de aditivos en la producción de chocolates de la empresa LA IBÉRICA, en Arequipa?

### **1.1.2.Problemas Específicos**

- ¿Cómo realizar el cálculo de cargas y el dimensionamiento de la estructura que será transportada por el elevador industrial automatizado de columna vertical para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa La Ibérica, en Arequipa?
- ¿Cómo realizar el diseño del sistema de elevación de cargas de un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica, para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa La ibérica, en Arequipa?
- ¿Cómo realizar el diseño de transmisión de un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica, para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa LA IBÉRICA, en Arequipa?

- ¿Cómo realizar el diseño del sistema de control automatizado de un elevador industrial de columna vertical con carga y descarga mecánica, para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa LA IBÉRICA, en Arequipa?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Diseñar un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica, para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa LA IBÉRICA, en Arequipa.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Realizar el cálculo de cargas y el dimensionamiento de la estructura que será transportada por el elevador industrial automatizado de columna vertical para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa. LA IBÉRICA, en Arequipa.
- Realizar el diseño del sistema de elevación de cargas: un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica, para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa. LA IBÉRICA, en Arequipa; siguiendo la normativa nacional e internacional vigente y la elaboración de planos según los requerimientos necesarios para esta investigación.
- Realizar el diseño del sistema de transmisión de un elevador industrial de columna vertical con carga y descarga mecánica, para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa LA IBÉRICA, en Arequipa, siguiendo la normativa nacional e internacional vigente y la elaboración de planos según los requerimientos necesarios para esta investigación.
- Realizar el diseño del sistema de control automatizado de un elevador industrial de columna vertical con carga y descarga mecánica, para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa LA IBÉRICA, en Arequipa, siguiendo la normativa nacional e internacional vigente.

## **1.3. Justificación e importancia**

### **1.3.1. Justificación teórica**

Esta tesis abordará los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica y pretende dar un aporte de conocimiento y tecnología sobre la elevación

de cargas en la industria chocolatera, diseñando un elevador automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica; realizando cálculos y elaborando planos de diseño mecánico y eléctrico.

### **1.3.2. Justificación práctica**

Esta tesis propone una solución al problema planteado en el proceso de traslado manual de aditivos para la fabricación de chocolate de la empresa LA IBÉRICA S.A. de Arequipa, mediante el diseño de un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica.

### **1.3.3. Justificación metodológica**

Esta tesis busca diseñar un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica, aplicando y adaptando el enfoque metodológico de VDI -2221 así como VDI - 2225; ambos se complementan en el diseño de sistemas mecánicos y productos técnicos y establecen procedimientos básicos que guían el desarrollo de diseño, desde entender el problema hasta poner en práctica y evaluar el producto final, lo cual es fundamental para el desarrollo de esta investigación.

## **1.4. Delimitación de la presente investigación**

Esta investigación se centrará en el diseño de un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica, para el traslado de aditivos en la producción de chocolates de la empresa LA IBÉRICA S.A., en la ciudad de Arequipa, para lo cual se adaptará el enfoque metodológico de las normativas de diseño VDI -2221, así como la VDI – 2225.

Así mismo, el diseño se realizará respetando la normativa AISI en calidad 304 de acero inoxidable usado en la industria alimentaria, cumpliendo con las reglamentaciones sanitarias requeridas por DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental).

El software usado en la presente investigación será el programa Professional Inventor 2019.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

Se ha realizado la búsqueda de recursos bibliográficos como antecedentes para esta investigación, y se encontraron investigaciones relacionadas con la funcionalidad de un elevador de carga, pero con diferentes enfoques a esta investigación y al planteamiento del presente trabajo:

**Gomes y Cadena** (2), en su proyecto de investigación en Colombia, abordó el diseño del sistema de elevación y traslado de cargas en espacios limitados, en la cual se aplicó una serie de pasos en la fase metodológica propuesta por la universidad EAFIT, como la identificación de la necesidad, conceptualización, ingeniería de detalle, simulación de movimiento, prototipo; así mismo de la investigación se obtuvo como resultado los planos de construcción con la precisión de sus dimensiones y cotas en mm de la base, canasta, viga deslizante y. en su totalidad, el sistema de elevación; así también como

resultado, la investigación muestra los cálculos de espesor de placa y la elaboración del prototipo del sistema de elevación. (2)

**Barreno (3)**, Barreno (3), en su estudio presentó la creación de un elevador de traslado, carga y descarga de pequeños productos en una zona comercial de Ecuador. Aplicó la metodología de Bern Lobach, determinando que la opción más adecuada para el diseño es el elevador de tipo tijera, que alcanza una altura de 2 metros y se complementa con un carro que incluye el mecanismo de elevación accionado por un sistema hidráulico y alimentado por baterías. El tiempo requerido por el mecanismo para alcanzar su altura máxima es de 56.6 segundos. (3)

**Limachi y Salazar (4)**, analizó el diseño y la creación de un sistema de elevación para facilitar el acceso a personas con discapacidades en la región de Puno. Este equipo se diseñó para trasladar a 2 personas incluyendo una silla de ruedas, con una capacidad máxima de 5000 N de carga; en esta investigación se empleó un motor de tipo wincha capaz de elevar a una velocidad de 0.133 m/s, con un motor monofásico de 2.0 Hp. (4)

**Mesa y Patiño (5)**, Mesa y Patiño, en su trabajo de investigación abordó la creación de un sistema de elevación de hasta 50 TN, en la fabricación de salas eléctricas en Colombia. Aplicó la metodología de diseño de productos, utilizando la herramienta QFD para identificar las necesidades del cliente y para establecer las funciones del sistema, los parámetros de diseño. Ahora bien, Mesa y Patiño presento su investigación, cumpliendo con criterios de estándares y regulaciones como CMAA, CISC, ASME y ANSI/AISC; después de aplicar la metodología QFD, se optó por implementar 2 grúas tipo Birriel como el sistema de elevación necesario, desestimando la opción de usar una única viga para soportar cargas altas, dado que esta alternativa se vuelve ineficiente al incrementar la carga. (5)

**Sáenz y Mayser (6)** en su proyecto de investigación, desarrolló un conjunto de elementos de elevación para la producción de arándanos, en una compañía agroindustrial de Perú (capacidad de 2 T/H), tiene como finalidad reducir el área de la línea de producción de arándano, por medio de un sistema de traslado mecánico y de gravedad, aplicando metodología propia y tomando en cuenta la velocidad del procesamiento; los autores determinaron la tensión de la malla híbrida de 119.97 MPa, con una fuerza de tensión de 900 N (6), y con el uso de un motor de potencia 0.5 HP.

**Bonet** (7) examinó en su investigación el la creación de un sistema de elevación para manejar cilindros de gas en una fábrica de cigarros en Cuba. El propósito de esta tesis fue investigar la carga relacionada con los cilindros de gas de dicha compañía cubana, utilizando una metodología propia. Posteriormente, se establecieron los parámetros para la transmisión mecánica y se analizó el estado de tensión y deformación de la estructura de soporte y la plataforma de elevación. También se verificó la viabilidad de la transmisión por cadena y se obtuvieron los valores de tensiones y desplazamientos en la estructura de soporte y la plataforma de elevación a través de análisis estáticos ejecutados con el método de elementos finitos, resultando en una potencia del motorreductor de 0.60 Hp. Además, se presentó un análisis económico que señaló que se necesitaría una inversión de 3,021.27 pesos para la construcción de este elevador. (7)

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1 Proceso de Fabricación de Chocolate La Ibérica**

La Fábrica de Chocolates La Ibérica es una emblemática empresa peruana fundada en Arequipa. Desde hace más de 100 años es reconocida por su tradición chocolatera, la marca se distingue por utilizar cacao Chuncho del Cusco, considerado uno de los mejores del mundo.

El proceso de producción de Chocolate, La Ibérica, comienza con la selección de los granos de Cacao Chuncho. Luego, se tuestan, se rompen y se muelen dos veces: primero de manera gruesa y luego fina. (8) El resultado final se combina con leche, azúcar y manteca de cacao. Se mejora el chocolate, y empieza el proceso de conchado, donde se hace un batido. El conchado es uno de los pasos más importantes en la producción del chocolate. Se quitan sabores no deseados, se destacan los aromas y se mejora la pasta de cacao, lo que ayuda a su calidad, uniformidad y cremosidad. (8)

### **2.2.2 Aditivos Alimentarios**

Al respecto, la Organización Mundial de la Salud (OMS), señala que, las sustancias que se añaden a los alimentos para mantener o mejorar su inocuidad, frescura, sabor, textura o apariencia, se llaman aditivos alimentarios. Algunos de estos, se han usado desde hace mucho para conservar alimentos. Por ejemplo, la sal se usa en carnes como el tocino y en pescados secos; el azúcar se utiliza en mermeladas, caramelos y chocolates; y el dióxido de azufre se añade al vino. (9)

A lo largo de estos años, se han desarrollado muchos nuevos aditivos para cumplir con las necesidades de la producción de alimentos. Los aditivos son importantes para asegurar que los alimentos sean inocuos y para mantener su calidad desde su producción hasta que llegan al consumidor. (9)

Es importante señalar que, el comité mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA). es la entidad internacional responsable de la evaluación de la inocuidad de los aditivos alimenticios. (10)



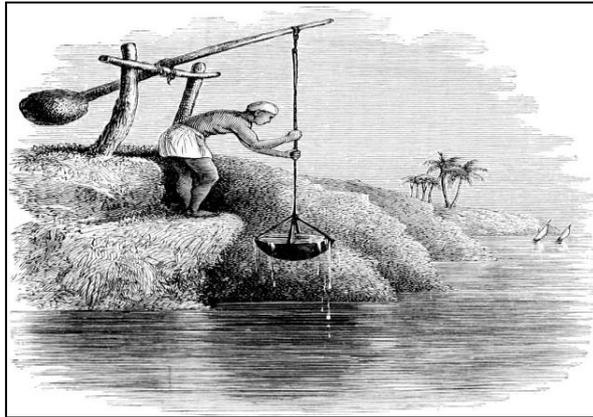
**Figura 1:** Tomada de Incauca S.A.S. (10)

### **2.2.3. Elevador de carga**

A lo largo de los años, podemos ver cuán necesario es disponer de algún sistema o equipo con el que se puedan transportar cargas o personas de forma vertical.

#### **Reseña histórica**

A partir del año 1550 a.C., se ha extendido la utilización del Shadoof en Egipto y Mesopotamia; este aparato se utilizaba para incrementar la cantidad de agua proveniente de los ríos con el propósito de irrigar las áreas agrícolas. Este método implicaba instalar una palanca compuesta por dos brazos alrededor de un eje que pudiera rotar en dirección horizontal, con los brazos de longitud diferenciada. El brazo más corto se sujetaba con el peso de una piedra, lo suficiente para elevar el cubo que se encuentra sujeto al extremo del brazo más largo.. (11)

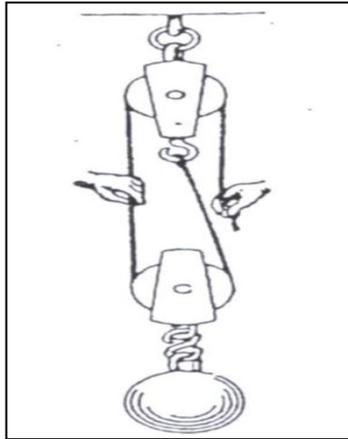


**Figura 2:** Tomada de Edwards (12)

Es de esta manera, es que el shadoof logra alcanzar su máxima expresión, lo que se conocería como la grúa egipcia, la cual se utilizaba de manera efectiva en numerosas tareas de construcción en el antiguo Egipto. Es importante tener en cuenta que el hombre habitaba edificaciones de más de un nivel de altura, considerando la implementación de algún tipo de sistema de transporte vertical, siendo los métodos más rudimentarios las escaleras portátiles, las grúas operadas por animales de carga o los tornos accionados de forma manual. De acuerdo con la investigación realizada por Miravete y Larrode (11), destaca la presencia de un componente importante en el concepto de altura: la polea compuesta, la cual fue concebida y perfeccionada por expertos ingenieros de la antigua Grecia a través de un análisis de las fuerzas involucradas en el proceso. Esta ingeniosa invención, conocida popularmente como polipasto, está conformada por dos elementos fundamentales: una polea estática y otra móvil que se encuentra sujeta al objeto que se desea mover. La cuerda se enrolla primero alrededor de la polea móvil y luego alrededor de la fija, permitiendo así trasladar la carga a una distancia equivalente a la mitad de la longitud total de la cuerda desde el punto de inicio fijo. (11)

Con este principio fundamental se diseñaron y fabricaron enormes grúas especializadas en el manejo de cargas extremadamente pesadas, utilizando uno o dos robustos árboles inclinados y asegurados firmemente con resistentes cabos de alta calidad.

Considerando una variedad de tareas que requerirían grandes volúmenes y mecanismos de transmisión de fuerza, esto condujo al significativo por parte de romanos ingeniosos de los engranajes de ruedas con dientes tallados. (11)



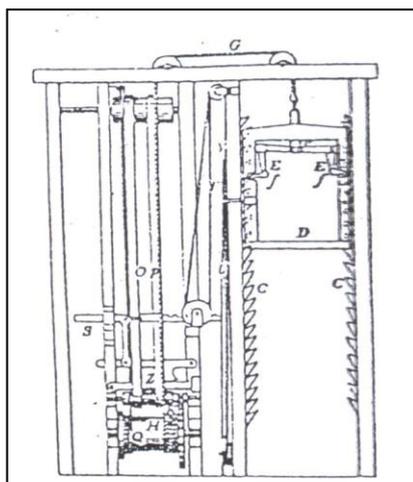
**Figura 3:** Tomada de Miravete y Larrode (13)

Algunas fuentes señalan que, el primer elevador fue construido para el palacio de Nerón, donde se encontró una cabina de madera colgada de un cable de cáñamo y guiada por cuatro rieles de madera dura. En el suelo de la cabina había un cojín de cuero de aproximadamente un metro de grosor que funcionaba como medida de seguridad.

Los esclavos eran los que movían la cabina utilizando un torno, que se encendía con una campana al recibir la orden de empezar. La altura total del viaje de la cabina era de 40 metros. Con el crecimiento del mundo, era clave mejorar estos sistemas para la construcción, el transporte de mercancías y el transporte de personas. Esto llevó a desarrollar sistemas como la grúa móvil (Leonardo Da Vinci), el uso de contrapesos y frenos mecánicos. Las máquinas de vapor se usaban para arrastrar y para ascensores con control hidráulico; estas tecnologías se mejoraron hasta 1845.. (13)

### **La seguridad**

Elisha Graves Otis diseñó el primer ascensor seguro en 1852, fundando la primera empresa constructora de elevadores en el mundo. Este ascensor contaba con un conector automático para seguridad que evitaba el desplome en caso de rotura del cable. Los trinquetes en la cabina del ascensor se engranaban con muescas en el foso cuando el cable se rompía. Los trinquetes en la cabina de seguridad se engranaban con muescas en el foso del ascensor cuando se rompía el cable. (11)



**Figura 4:** Tomada de Miravete y Larrode (11)

### **En el siglo XX**

A comienzos del siglo XX, entre los años 1867 y 1912, se marca el inicio del progreso de la industria mecánica con la creación del ascensor hidráulico y la implementación del sistema de tracción eléctrica. El ascensor eléctrico fue equipado con un interruptor en la cabina para activarlo en ambas direcciones y detenerlo en el piso deseado.

A medida que transcurría el tiempo, se observaba un incremento significativo en la eficacia de estos sofisticados conectores electrónicos, posibilitando la automatización de las puertas, optimizando de manera significativa la velocidad de su desplazamiento, teniendo en cuenta la detención precisa de la cabina, eliminando así la necesidad de un operador a tiempo completo, almacenando eficazmente la información de las llamadas realizadas, y proporcionando una mayor seguridad y protección a los usuarios en relación con el funcionamiento de las puertas. Por consiguiente, es esencial que su progreso tecnológico en los circuitos completados y el microprocesador proporcionen un elevado nivel de eficiencia, beneficio y versatilidad sin restricciones, lo que facilitará la generación de un nuevo conjunto de elevadores flexibles, adaptados a todas las necesidades y demandas que el futuro pueda demandar. (13)

### **Sistemas elevadores de carga**

Tomando esto en cuenta, un elevador es un método de elevación que sirve para mover a personas y/o cargas entre mas de 1 nivel. Está conformado por una cabina que se desplaza, al menos en parte, por rieles rígidos que actúan como guías, ya sea de manera vertical o en un ángulo de hasta 15° respecto a la vertical. Está hecho de

varias piezas mecánico-eléctricas y electrónicas que trabajan juntas para un traslado seguro. (14)

### **Cabina**

También se le llama bastidor de acero, y su estructura metálica es fuerte gracias a la unión de cables con poleas que deben soportar las cargas pesadas que se aplican durante su construcción, principalmente mediante soldadura; salvo para los elementos móviles, que se colocan con uniones de pernos.

Con un conjunto de bastidores y cubículo, se debe diseñar el soporte sin cambiar la carga nominal y sus fuerzas de inercia, permitiendo arranques y paradas con carga completa.

Con su cubículo colocado en el marco y apoyado en su plataforma, siendo su parte de soporte adecuadamente mencionada. Este espacio está revestido en las paredes con planchas metálicas unidas en módulos con el fin de proporcionar resistencia, y un techo confeccionado con el mismo material que las paredes. También está preparado para instalar luces y extractores.

Por lo tanto, el espacio útil de la cabina debe ser adecuado para el tipo de instalaciones que se van a realizar. Dado que es el pozo del elevador, es apropiado compartir la instalación de un contrapeso, ya que el área útil de la cabina existente es del 70%.

La cabina constituye la sección del elevador que soporta a las personas y cargas. Se compone de un marco de metal que se encuentra vinculado a un bastidor, este bastidor está vinculado a cables de suspensión y a la plataforma, que constituye una parte integral del piso de la cabina y soporta de manera óptima el peso, así como al cubículo o caja. (11)

### **Tipos de sistemas elevadores**

Conforme ha pasado el tiempo y se han desarrollado los avances tecnológicos y modernos, los ascensores eléctricos han evolucionado notablemente. Estos dispositivos pueden ser categorizados según diversas características, siendo crucial su sistema de accionamiento, el cual se basa en diferentes fundamentos de diseño y diversos elementos de construcción. (14)

## Clasificación:

- **Elevadores eléctricos (elevador de tracción)**

- a) Elevadores con cuarto de máquina (MRE, por sus siglas en inglés)
- b) Elevadores sin cuarto de máquina (MRL, por sus siglas en inglés)

- **Elevadores hidráulicos**

Para el diseño y construcción de un proyecto, es importante elegir qué tipo de elevador se necesitará, ya sea eléctrico o hidráulico, Un elevador hidráulico es un dispositivo mecánico que utiliza la presión de un fluido, generalmente aceite, para levantar objetos pesados.

Clasificándolos por su uso y tipo de carga se tiene:

- Elevadores para personas
- Elevadores para Carga

1. Clase A

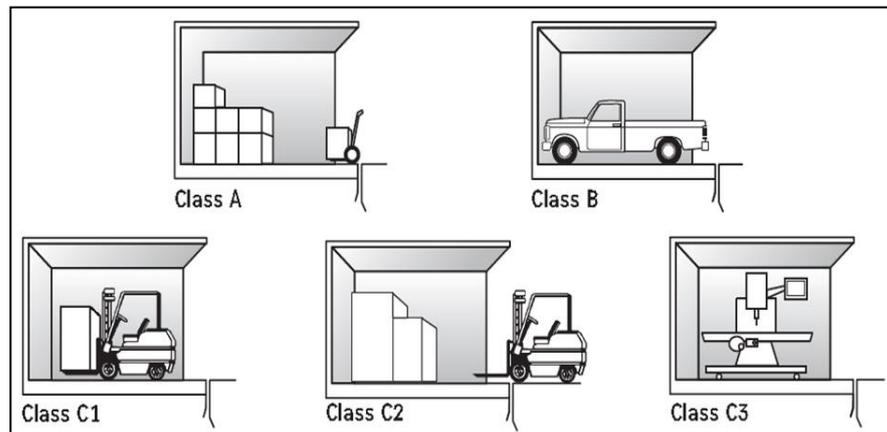
2. Clase B

3. Clase C

a) Clase C1

b) Clase C2

c) Clase C3



**Figura 5:** Tomada de ThyssenKrupp (15)

## Sistema de adherencia

Estos nuevos sistemas funcionan mediante la adhesión del elevador, como avanzados dispositivos que conectan la cabina de manera segura por cables de acero duradero para un contrapeso, siendo este mejorado

modelo de elevador donde los cables son movidos por una polea motriz, ensamblada al grupo tractor, que está cuidadosamente tallada por unos canales trapezoidales que hacen que se adhieran los mismos a través de la fricción que se produce por el movimiento, de ahí su peculiar denominación. (16)

Es así que, los elementos de elevación y su instalación puede efectuarse sin restricciones de altura, en contraposición a otros sistemas en los que, conforme se incrementa la distancia recorrida, las dimensiones de sus componentes mecánicos se incrementan de manera desmedida. (16)

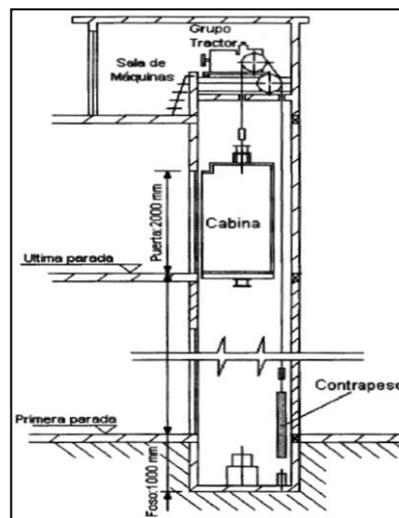


Figura 6: Tomada de Navarro (16)

Por lo tanto, la masa del contrapeso se define como el peso de la cabina vacía más su 50%, que se considera carga útil para el elevador, en su instalación para estos sistemas, requiriendo en su reserva un 30% del área del foso en la que se colocará, ya que al instalar existe un contrapeso para el área útil de la cabina, siendo menor al confrontar con los otros sistemas elevadores.

### **Sistema hidráulico**

El sistema hidráulico es importante porque su fuerza de presión empuja el pistón hacia arriba, elevando la plataforma del elevador. El pistón puede mover la cabina de manera directa o indirecta. (Navarro, F. 2001 Cap.1- págs. 18, 20,24.)

Por lo tanto, se puede decir que tiene todas las ventajas para su uso en sistemas hidráulicos, aunque tiene el problema de que no puede recorrer largas distancias ni

alcanzar velocidades comparables a los elevadores por adherencia, a menos que se usen pistones telescópicos, lo que aumenta mucho su precio.

Por eso, su función principal es enviar el impulso del émbolo a la cabina a través de los cables, utilizando cadenas de rodillos. Esto permite ajustar y aumentar tanto el recorrido como la velocidad de elevación, sin que se aumente demasiado la longitud del émbolo. Tomando en cuenta los pros y contras de este tipo de elevadores.

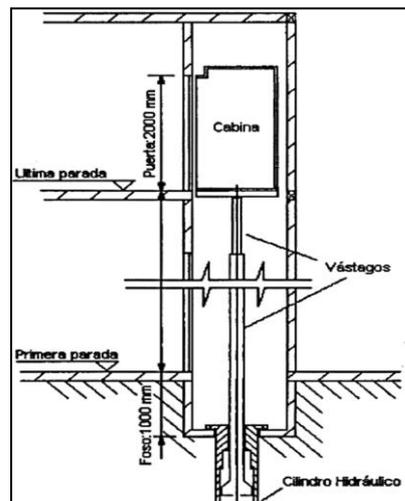


Figura 7: Tomada de Navarro (16)

### Clasificación y características de las instalaciones

Un elevador es importante, ya que es un dispositivo que se usa para mover personas o cargas de un nivel a otro.

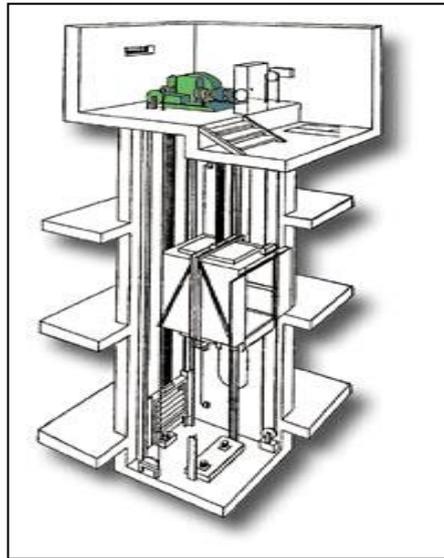
Se pueden clasificar según el tipo de tracción, ya sean electromecánicos o hidráulicos, y se dividen en cuatro partes distintas.

**Hueco:** Es el área destinada en un edificio o estructura para colocar el ascensor.

- **Cuarto de máquinas:** Es el espacio destinado a disponer para la máquina tractora, en sus dispositivos de control, y todos sus demás mecanismos que gobiernan el ascensor.

- **Cabina:** Existiendo plataformas de forma cerrada o abierta que se instalan en la carga y que se desplaza a través del hueco.

- **Foso:** Se refiere a la parte más baja del hueco del ascensor. La cabina debe ir a cada piso cuando un usuario lo pida desde la planta o desde el interior.



**Figura 8:** Tomada de Lasheras (17)

#### 2.2.4 Elevador industrial

Los elevadores industriales son máquinas que se usan para mover cargas pesadas o difíciles de transportar. Son máquinas simples que se utilizan para subir, bajar o mover mercancías de varios tipos entre diferentes niveles o alturas, usando diferentes formas de tracción. La velocidad de los elevadores no debe ser mayor a 0,15 m/s. (18)

Los elevadores industriales han existido durante mucho tiempo. De alguna manera, los humanos siempre han necesitado mover y levantar cargas pesadas, lo que les ha llevado a pensar en nuevos métodos para hacer el trabajo más fácil y rápido. Por ejemplo, animales que llevan cargas, sistemas de poleas y carretillas muy complicados. (18)

Durante años, han sido la solución y la ayuda que las personas utilizan para cargar y transportar. Hoy en día, los elevadores industriales han cambiado para hacernos el trabajo más sencillo. (18)

#### 2.2.5 Sistema de elevación

Un sistema de elevación es un conjunto de elementos empleados para elevar y descender cargas con el objetivo de trasladarlas o suspenderlas. Los elementos

empleados en este sistema pueden variar, e incluir poleas, cuerdas, sistemas de alimentación y control, entre otros dispositivos. Las cargas que se mueven a través de un sistema de elevación pueden ser de naturaleza material, de origen humano o animal. Los sistemas de elevación pueden emplearse en la edificación, bajo tierra o incluso bajo el agua para una extensa gama de usos. Es posible que funcionen de manera mecánica, eléctrica o hidráulica. (19)

Las fábricas pueden usar sistemas de elevación como grúas aéreas para almacenar y mover materiales. Asimismo, las actividades de construcción pueden requerir este sistema para levantar herramientas y materiales del suelo al nivel de trabajo. Los talleres de reparación de vehículos motorizados o barcos pueden necesitar sistemas de elevación para operaciones como quitar un motor de un vehículo o recuperar un motor de barco del agua. En los hospitales, pueden ayudar a los pacientes con tareas que requieren un esfuerzo físico, como levantarse o salir de la cama. (19)

Adicionalmente, un sistema de elevación podría ser utilizado de manera efectiva en operaciones de rescate, como liberar a alguien que está atrapado bajo tierra o trasladar a un animal grande herido para mover un animal grande que está herido. (19).

Según Miravete (20), existe una gran variedad de elevadores y dentro de los más utilizados se encuentran los articulados y de columnas que se muestran a continuación. (20)

### **Elevadores articulados.**

Los elevadores articulados se utilizan ampliamente para elevar cargas desde un nivel bajo hasta una altura media. Se utilizan especialmente en talleres de automóviles donde se cambian neumáticos, se alinean vehículos y se reparan frenos. (20)

Una característica distintiva de estos elevadores es que sus segmentos estructurales forman tijeras y paralelogramos. Estos segmentos pueden ser desplazados a través de sistemas de potencia electro-hidráulicos o neumáticos. (20)

Dentro de los modelos más usados de elevadores articulados se encuentran:

- Elevador de paralelogramo de baja elevación
- Elevador de paralelogramo con plataforma
- Elevador de tijera doble o simple

### **Elevadores de columna**

Los elevadores de columnas son sistemas de transporte vertical utilizados para mover personas o cargas a diferentes alturas, son los modelos de elevadores más comunes y ello se debe a su sencillez y aplicabilidad. En la industria existen 3 modelos que son los más usados:

- a) Elevador de 1 columna.** El elevador de una columna está compuesto por una estructura fija vertical, se usa mayormente en espacios limitados para el transporte vertical
- b) Elevadores de dos columnas.** Este tipo de elevadores se destaca por ofrecer una buena relación entre costo y beneficio, ya que son relativamente económicos y tienen diversas aplicaciones. Entre ellas, se pueden mencionar el cambio de llantas, el cambio de aceites y las reparaciones mecánicas generales. (20)
- c) Elevadores de cuatro columnas.** Estos elevadores tienen una plataforma con dos rieles donde se coloca el vehículo. Se usa principalmente para cambiar aceites, alinear ruedas y reparar cajas de transmisión. (20)

### **Pandeo de columna:**

Según el autor Jack (21), indica que, el esfuerzo bajo el cual una columna se pandea decrece conforme la columna se hace más larga; después que ella alcanza una cierta longitud, ese esfuerzo se habrá reducido al límite proporcional del acero.

Para esa longitud y longitudes mayores, el esfuerzo de pandeo será elástico y las especificaciones LRFD tienen que ver con el pandeo local de elementos en compresión (21). Así mismo, puede calificarse al pandeo como un fenómeno que obedece a la inestabilidad de ciertos materiales al ser sometidos a una compresión. La manifestación del fenómeno se evidencia a partir de una deformación transversal. (22)

El pandeo de la columna sucederá una vez que se calcule la carga factorizada  $U$ , que será la carga crítica. Esto se hace para prevenir que la columna se deforme por

pandeo, analizando el elemento según los criterios de Euler para el diseño de columnas. (22)

El pandeo de una columna es una deformación lateral que ocurre en las secciones de la columna debido a cargas axiales inclinadas sobre el elemento. Sin embargo, se busca evitar el pandeo plástico porque resultaría el fallo de la columna. Por esta razón, se realiza un estudio de la columna basado en tres criterios principales. El primer criterio define la relación entre esbeltez y materiales. El segundo criterio establece la relación entre esbeltez y geometría. Finalmente, se definen la carga crítica y la deformación crítica, que es cuando comienza a ocurrir el pandeo en la estructura de la columna. (23)

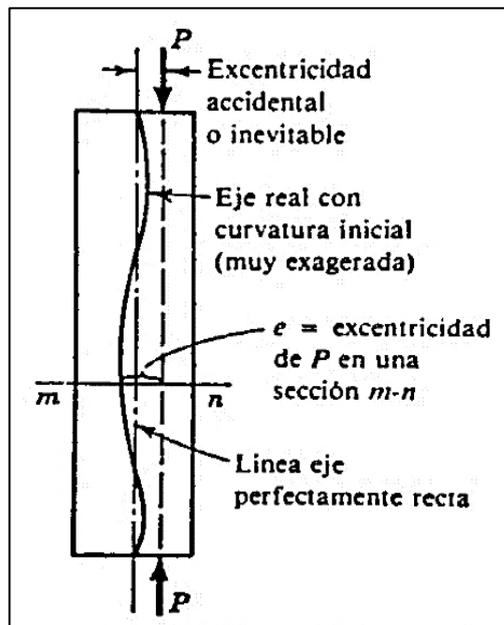


Figura 9: Toma da de Andrew y Ferdinand (23)

### 2.2.6 Sistema de transmisión

El sistema de transmisión se compone de varios elementos que se encargan de llevar el movimiento del motor a las ruedas motrices.

Este sistema también permite cambiar la relación entre el cigüeñal y las ruedas. Esta relación cambia según las condiciones actuales (carga transportada y la forma de la calzada). Según la intervención en la relación de transmisión, el eje de salida de la caja de cambios (eje secundario) puede girar a las mismas revoluciones o a una velocidad mayor o menor que el cigüeñal. (24)

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1 Elevador:**

Un ascensor se define como un equipo de elevación permanente, incluida una cabina para el transporte de pasajeros y/u otras cargas, que se desplaza al menos parcialmente entre guías rígidas, ya sean verticales o inclinadas. (14)

### **2.3.2 Von mises stress:**

Es una de las tensiones equivalentes más comúnmente referidas que se utilizan en las ciencias de los materiales para estimar la resistencia y la durabilidad de estos; así mismo, se utiliza para pronosticar la fluencia de materiales dúctiles cuando se aplican cargas. El nombre se da por Richard Edler Von Mises quien propuso que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasaba cierto valor. (25)

### **2.3.3 Límite elástico:**

El límite elástico, o límite de elasticidad, es la máxima tensión que un material puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes. Es decir, cuando un material supera un límite al aplicársele una fuerza, donde este ya no recupera su forma original.

En el caso de los metales que tienen una sección en línea recta significativa en el diagrama carga/deformación, el límite elástico es aproximadamente igual al límite proporcional (26). El límite elástico indica la tensión en el ensayo de tracción hasta la cual un material puede deformarse elásticamente. El límite se indica en MPa (megapascales) o en N/mm<sup>2</sup>.

### **2.3.4 Cargas muertas:**

Son cargas que tienen una magnitud constante y permanecen en el mismo lugar. Estos son el peso de la estructura y otras cargas que siempre están unidas a ella. (21)

### **2.3.5 Cargas vivas:**

Son cargas que pueden moverse de un lugar a otro y cambiar de tamaño. En otras palabras, todas las cargas que no son muertas son consideradas cargadas vivas. (21)

### **2.3.6 Método LRFD:**

Es el método de diseño conocido como diseño por factores de carga y resistencia (LRFD) está basado en los conceptos de estados límite. El término estado límite se refiere a cuando una estructura o parte de ella deja de desempeñar su función como se pretendía.

Las especificaciones de LRFD prestan atención a ciertos criterios relacionados con límites y ofrecen cierta flexibilidad general en el lado del servicio.

En este enfoque, los factores de carga de trabajo se multiplican por ciertos factores de carga definidos, que generalmente son mayores a 1.0. Esto resulta en cargas factorizadas que se utilizan para diseñar la estructura.

Esta se diseña de manera que su resistencia supere un valor mínimo capaz de soportar cargas aumentadas; se asume que esta resistencia es igual a la resistencia nominal o teórica de esa parte de la estructura. (21)

### **2.3.7 Fórmula de Euler:**

Se usará esta fórmula para calcular la carga de pandeo de la columna; esta fórmula implica la relación de esbeltez de una columna. Aplicando, se hallará el esfuerzo crítico o pandeo de Euler. (21)

$$\sigma_{\ell} = \frac{\pi^2 \mathcal{E}}{k \left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN Y DISEÑO**

#### **3.1 Método, tipo o alcance de la investigación**

##### **3.1.1. Método de la investigación**

Para esta tesis, se usará el método inductivo, que parte de lo particular a lo general, y el método analítico, que parte de un todo al análisis de sus partes. (27) Así mismo, se aplicará la técnica de simulación y modelamiento.

Esta investigación partirá de un caso particular y específico en la empresa de chocolates para obtener conclusiones aplicables a casos y experiencias similares generales en otras empresas de la industria chocolatera del Perú o aplicables en otro tipo de industrias, y se partirá de la idea general de transportar la materia prima al análisis de los componentes necesarios para diseñar el elevador industrial.

##### **3.1.2 Tipo de investigación**

Esta tesis corresponde al tipo tecnológica, toda vez, porque persigue una secuencia ordenada y planificada; también busca aportar una innovación tecnológica y validar su

efectividad (27), aportando en la innovación tecnológica del proceso de transporte de aditivos de esta empresa, así como sirviendo de referencia para la industria chocolatera.

### 3.1.3 Metodología para el diseño

Esta metodología de investigación se deriva de una adaptación de lo regulado en las normas VDI -2221 y VDI – 2225. Ambas normas se integrarán para el desarrollo de la investigación. Las etapas del modelo enmarcan una secuencia de acciones destinadas a recopilar la información requerida para producir un producto, que incluye varias etapas. (28).

La aplicación del enfoque metodológico VDI 2221 ayudará a identificar siete etapas de desarrollo. La primera etapa define todos los requisitos del diseño. La segunda permite crear diagramas para establecer funciones y actividades. En la tercera etapa, se presentan posibles soluciones en una matriz morfológica. La cuarta fase permite hacer bocetos de los diseños preliminares. Además, la metodología VDI 2225 se utilizará para evaluar cada criterio del proyecto, lo que ayudará a elegir el diseño más adecuado. Luego, se procederá con los cálculos preliminares y definitivos, que llevarán al resultado de esta investigación. (28)

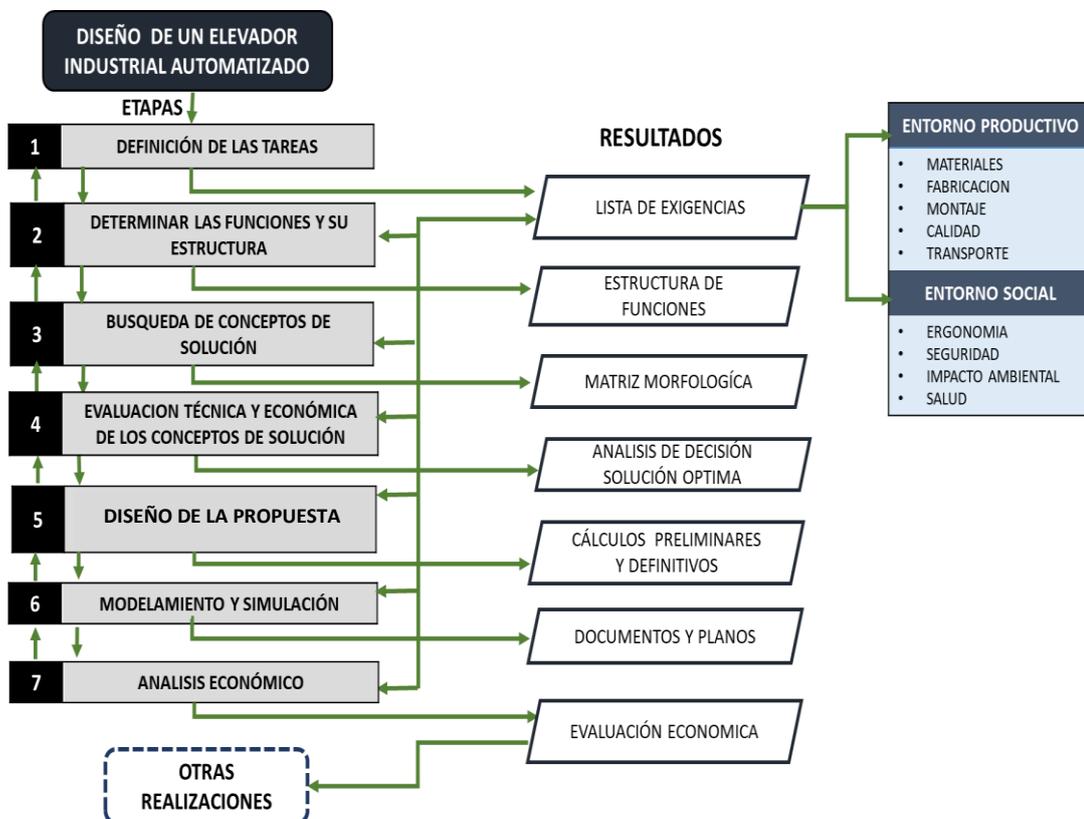


Figura 10: Metodología adaptada de la norma VDI-2221- VDI-2225  
Elaborado por: Elaboración propia

### 3.1.4 Estado de tecnología

Los elevadores de una columna (monocolumna) se deslizan suavemente sobre cualquier superficie plana y se pueden utilizar en interiores o exteriores. Es la opción perfecta para cualquier taller de servicio mecánico que necesite utilizar menos espacio. (29)



**Figura 11:** Tomada de Werther International (29) - 2,5TN,



**Figura 12:** Tomada de Werther International (29) - 1,2TN



**Figura 13:** Tomada de Werther International (29) - 3,5TN.

### 3.2. Materiales y métodos

Para el diseño de un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica para el transporte de 50 kg de aditivos en la producción de chocolate de la empresa La Ibérica S.A. Para esta investigación se realizará aplicando la metodología regulada en la normativa de diseño VDI 2221-2225 adaptándola a esta investigación.

#### 3.2.1 Definición de las tareas

##### Lista de exigencias

Se realizó la lista de exigencias, evaluando la problemática y las necesidades de la empresa La Ibérica en Arequipa.

**Tabla 1:** Lista de exigencias de proyecto

<b>LISTA DE EXIGENCIAS</b>			
<b>PROYECTO</b>		<b>Diseño de un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa La Ibérica</b>	<b>Página: 1/3</b>
			<b>Autor:</b>
			<b>Willy Eder Ramos Suaña</b>
<b>Características</b>	<b>Deseos o exigencias</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Responsable</b>
Función	E	Diseñar un equipo elevador de carga vertical para una carga de 50 Kg de azúcar con materiales inoxidables AISI 304.	W.E.R.S
Función	E	El equipo será programable por PLC	W.E.R.S
Función	E	El equipo alimentará un molino de cuchillas cuya entrada de alimentación está ubicada a 4.5 m de altura con respecto al piso nivel 0	W.E.R.S
Función	E	El equipo sustituirá la maniobra de izaje de carga manual, eliminando riesgos y peligros y optimizando el tiempo de operación	W.E.R.S
Geometría	E	Las dimensiones del equipo deben de adaptarse a la altura requerida y al espacio reducido de operaciones.	W.E.R.S
Cinemática	E	La velocidad de trabajo será regulable y programable por un PLC	W.E.R.S
Cinemática	E	Las posiciones de carga y descarga serán controladas por el PLC y sensores de proximidad inductivos	W.E.R.S
Cinética	E	El equipo soportará los requisitos de carga de trabajo de manera eficiente sin experimentar ninguna deformación que pueda restringir el funcionamiento y el rendimiento adecuado.	W.E.R.S
Fuerza	E	El equipo dispondrá de los refuerzos estructurales necesarios y suficientes para	W.E.R.S

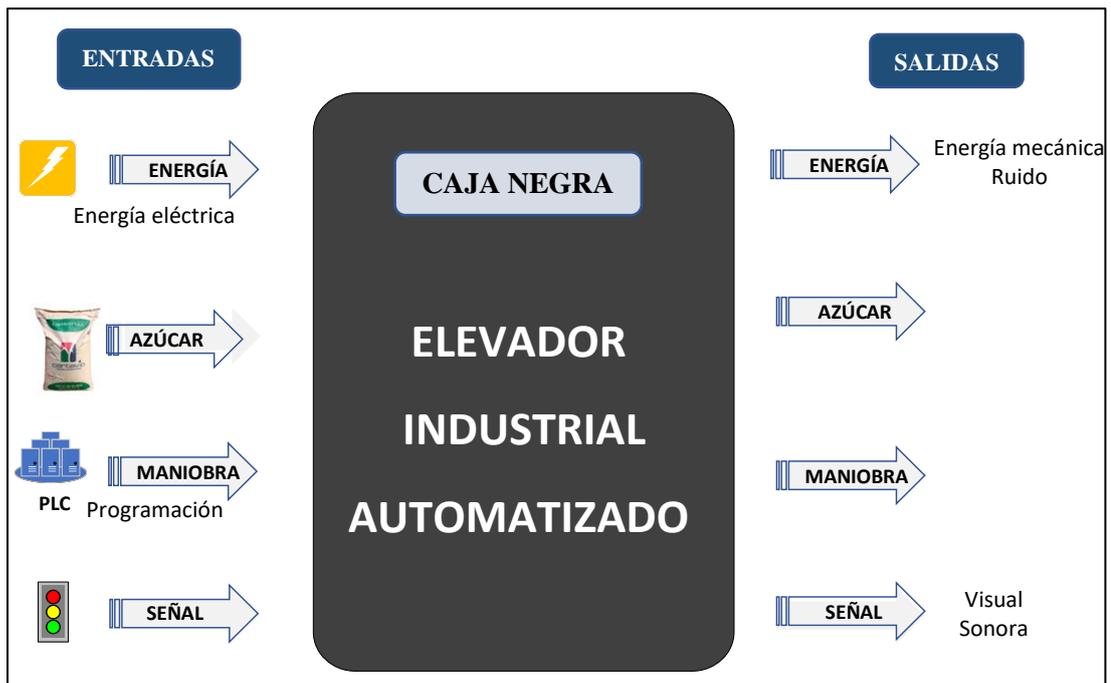
<b>LISTA DE EXIGENCIAS</b>			
<b>PROYECTO</b>		<b>Diseño de un elevador industrial automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica para el transporte de aditivos en la fabricación de chocolates de la empresa La Ibérica</b>	<b>Página: 1/3</b>
			<b>Autor:</b>
			<b>Willy Eder Ramos Suaña</b>
<b>Características</b>	<b>Deseos o exigencias</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Responsable</b>
		garantizar los parámetros de estabilidad y resistencia de la columna.	
Fuerza	E	El equipo conservará su integridad estructural en posición tanto de carga muerta y carga viva.	W.E.R.S
Energía	E	La potencia será proporcionada por un motorreductor.	W.E.R.S
Materia	E	los materiales utilizados en el equipo, no deben afectar las propiedades y características del aditivo (azúcar).	W.E.R.S
Seguridad	E	El equipo contará con la señal ética adecuada de seguridad de riesgos eléctricos, atrapamientos, carga suspendida	W.E.R.S
Señales	E	El equipo contará con indicadores visuales cuando se esté realizando la operación de carga	W.E.R.S
Ergonomía	D	El equipo disminuye significativamente la intervención manual en el proceso de carga, previniendo esfuerzos incorrectos en el operador.	W.E.R.S
Fabricación	E	Se debe tener planos de detalles para facilitar y ejecutar adecuadamente la fabricación de los componentes.	W.E.R.S
Montaje	E	El equipo se diseñará para evitar inconvenientes en el montaje en un área reducida.	W.E.R.S
Transporte	E	El equipo podrá ser transportado en su totalidad, incluyendo todos su componentes y accesorios.	W.E.R.S
Costo	E	La inversión requerida para la fabricación e instalación debe ser viable y accesible según el presupuesto del área.	W.E.R.S

**Elaborado por:** Elaboración propia

### **3.2.2 Determinación de las funciones y su estructura**

#### **Estructura de funciones**

Es importante señalar que, la función del elevador industrial de carga y descarga mecánica para el traslado de aditivos en la Iberica S.A, será representada en la caja negra, donde se verificaran las entradas y salidas.



**Figura 14:** Caja negra de elevador industrial de carga y descarga mecánica

**Elaborado por:** Elaboración propia

## 1° ENTRADAS

### *ENERGÍA*

- Energía humana para cargar el contenedor con el azúcar.
- Energía humana para operar el tablero de mando del equipo.
- Energía eléctrica que alimenta el tablero de mando y motorreductor.
- Energía mecánica otorgada por el motorreductor y sistemas de transmisión.

### *MATERIA*

- Carga de materia prima de azúcar.

### *SEÑALES:*

- Señal visual de acoplamiento adecuado de la carga en el elevador.
- Señal visual de que el equipo está energizado.
- Señal visual de ejecución de la maniobra.

## 2° SALIDAS

### *ENERGÍA*

- Energía mecánica liberada en forma de movimiento, ruido, desgaste de materiales, calor.

## **MATERIA**

- Azúcar granulado

## **SEÑALES**

- Señal ética de uso de equipos de protección personal, atrapamiento, carga suspendida, equipo en movimiento y energizado
- Señal visual luminosa de equipo y tablero energizados
- Señal visual y sonora de equipo en funcionamiento

## **Secuencia y principios tecnológicos**

- Energizar el equipo.
- Encendido de tablero y del equipo.
- Alimentación del azúcar en el contenedor móvil.
- Traslado y acoplamiento del carril del elevador.
- Asegurar las cargas.
- Elevación de la carga.
- Inclinación del contenedor en el carril de descarga.
- Descarga por gravedad a la alimentación del molino.
- Traslado de retorno del contenedor vacío.
- Repetición de ciclo.

## **Estructura de funciones mecánicas**

### **Preparación**

- Inspección diaria para verificar el estado óptimo de los mecanismos y estructuras.
- Hacer pruebas en vacío con el fin de efectuar la verificación del funcionamiento.
- Verificar que las señales del tablero estén indicando el correcto funcionamiento.

### **Ejecución**

- Energía para el equipo.
- Encendido de tablero y del equipo.
- Alimentación del azúcar en el contenedor móvil.
- Traslado y acoplamiento del carril del elevador.
- Asegurar las cargas.
- Elevación de la carga.

- Inclinación del contenedor en el carril de descarga.
- Descarga por gravedad a la alimentación del molino.
- Traslado de retorno del contenedor vacío.
- Repetición de ciclo.

### **Control**

- Verificar que la carga está asegurada en el carril de elevador.
- Verificar que los sensores estén activos.
- Verificar el sistema de elevación con maniobra de carga vacía.
- Verificar señales de alerta que pueda indicar el tablero.

### **Fase Final**

- Descarga del azúcar en la alimentación del molino.
- Retorno del contenedor vacío a nivel de piso.
- Desacople del contenedor del carril.
- Apagado del equipo.
- Limpieza general.

### **Aplicación de sistemas técnicos y limitaciones**

El equipo contará con un recipiente o cuchara que soportará y llevará la carga de 50 Kg de azúcar desde el nivel del suelo a 4.5 m de altura.

El equipo deberá tener un sistema estructural de soporte que a la vez sirva de guía para dos movimientos básicos que tendrá el equipo. Primero, un movimiento ascendente que elevará la cuchara a 4.5 m de altura con respecto al suelo. Segundo, un movimiento horizontal a 90 grados con respecto a las columnas, que ocasionará que la cuchara vierta su carga sobre la tolva de alimentación del molino.

El movimiento sobre las columnas debe ser síncrono y con un tiempo menor de 1.5 min.

### **Representación de la estructura de funciones**

- Carga de materia prima a un depósito.
- Transporte de la materia prima (sistema de transmisión).
- Traslado sobre el eje de soporte de elevación (sistema de elevación).
- Descarga de materia prima.

- Controlar el funcionamiento del proceso (sistema de control).
- Repetir ciclo.

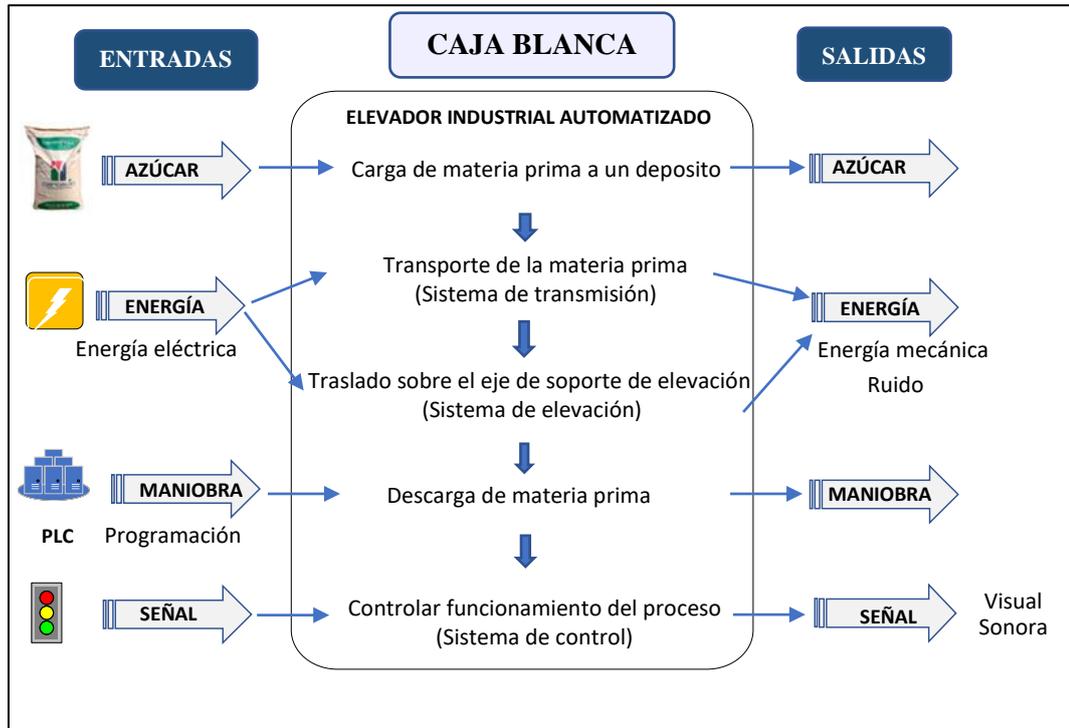


Figura 15: Caja blanca, elevador industrial automatizado

Elaborado por: Elaboración propia

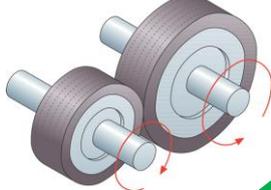
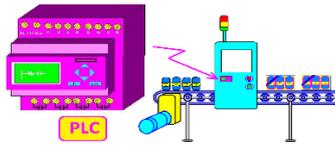
### 3.2.3 Búsqueda de conceptos de solución

#### Matriz morfológica

Luego de identificar la estructura de funciones, se realiza la matriz morfológica en donde se exponen tres posibles propuestas de solución.

- **S1: Solución 1:** Elevador de cangilones
- **S2: Solución 2:** Faja transportadora
- **S3: Solución 3:** Elevador de columna vertical

**Tabla 2:** Matriz morfológica del diseño del elevador industrial.

<b>MATRIZ MORFOLÓGICA DEL DISEÑO DE UN ELEVADOR INDUSTRIAL</b>			
<b>FUNCIONES PARCIALES</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Carga de materia prima a un depósito</b>	<p>Cangilones</p> 	<p>Faja transportadora</p> 	<p>Contenedor / Cuchara</p> 
<b>Transporte de la materia prima</b>	<p>Transmisión de ruedas de fricción</p> 	<p>Transmisión poleas-faja</p> 	<p>Transmisión piñones-cadena</p> 
<b>Traslado sobre el eje de soporte de elevación</b>	<p>Eje de plano inclinado</p> 	<p>Eje de columna vertical</p> 	<p>Eje plano horizontal</p> 
<b>Descarga de materia prima</b>	<p>Canaleta de descarga</p> 	<p>Carril de volteo</p> 	<p>Tolva de descarga</p> 
<b>Controlar el funcionamiento del proceso</b>	<p>Controlador Lógico Programable – PLC sensores, balizas luminosas y auditivas</p> 	<p>Sistema SCADA</p> 	<p>Sistema de control distribuido (DCS)</p> 

Elaborado por: Elaboración propia

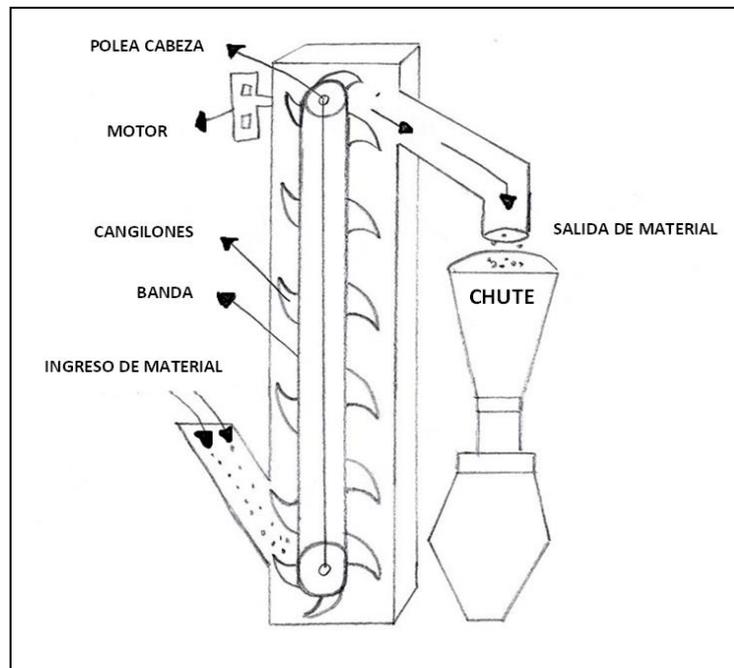
### 3.2.4 Evaluación técnica y económica de las propuestas de solución

#### Análisis de decisión de solución óptima

A continuación, se presentará de manera sencilla dibujos a mano alzada para cada una de las 3 propuestas de solución, para posteriormente obtener la solución óptima.

#### Propuesta de solución 1: Transporte de aditivo por elevador de cangilones

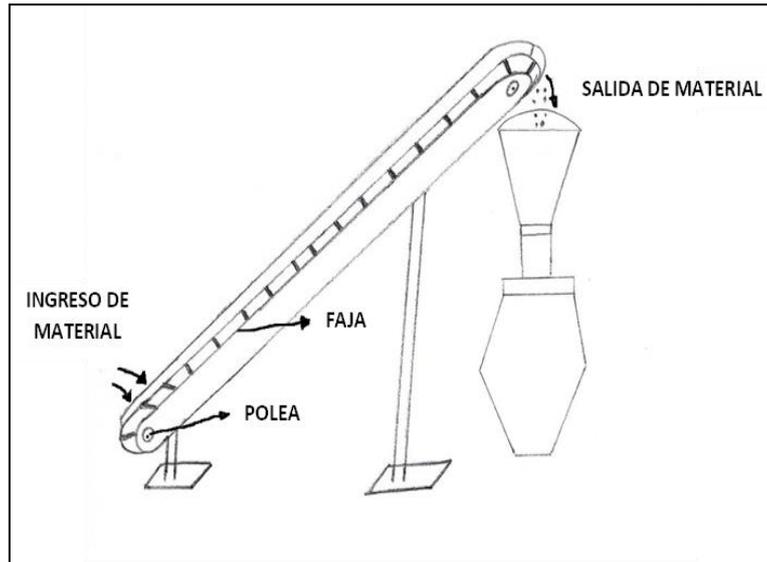
La solución 1 hace referencia al uso de varios cangilones para transportar el aditivo que luego posteriormente deberá ser descargado hacia el chute de mezclado. Este sistema permitirá el transporte del material de forma vertical, el operador encenderá el botón de encendido y se iniciará la operación alimentando cada cangilón de forma manual y continua.



**Figura 16:** Propuesta de solución 1 – Transporte de aditivo por elevador de cangilones  
**Elaborado por:** Elaboración propia

#### Propuesta de solución 2: Transporte de aditivo por faja transportadora

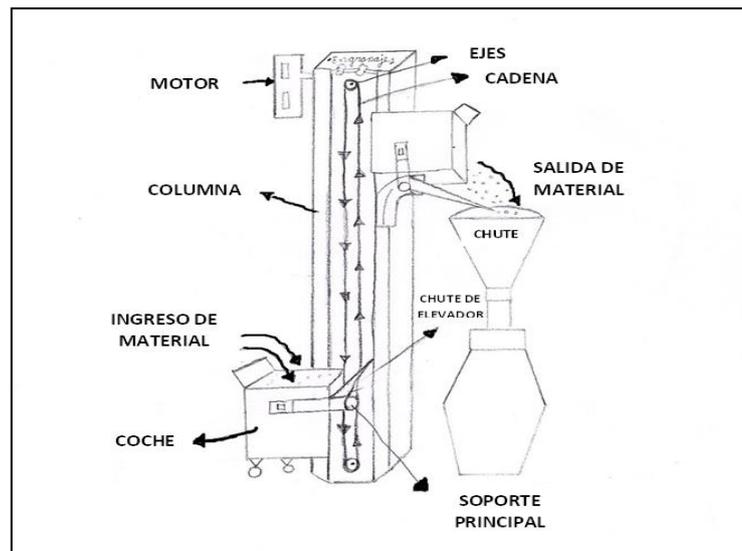
La solución 2, hace referencia al uso de transporte de los aditivos por faja transportadora inclinada, donde el material, luego de ser recibido, se transporta en un eje inclinado para luego ser descargado al chute de mezclado; el operador accionará el botón de encendido y la faja empezará a transportar el material. Así mismo, el operador deberá hacer la carga del aditivo de forma manual y continua.



**Figura 17:** Propuesta de solución 2- Transporte de aditivo por faja transportadora  
**Elaborado por:** Elaboración propia

**Propuesta de solución 3: Transporte de aditivo por elevador de columna vertical.**

La solución 3 hace referencia al transporte de aditivos por un elevador de columna vertical, el cual está comprendido por un carro guía, una columna vertical con un sistema de transmisión con el uso de cadena y piñones; la operación inicia cuando el operador enciende el elevador y alimenta el coche por una única vez los 50 kg del aditivo y el carro guía es transportado de forma vertical para luego dar una inclinación para vaciar el material al chute de mezclado.



**Figura 18:** Propuesta de solución 3-transporte de aditivos por elevador de columna vertical  
**Elaborado por:** Elaboración propia

## Evaluación técnica – económica de las propuestas de solución

Posterior a la identificación de las tres propuestas de solución, se realiza el análisis técnico-económico para determinar cuál es la solución más óptima y adecuada para el problema planteado.

En ese sentido, se aplicó la estructura del método de diseño conforme la normativa VDI 2225, que permitirá conocer la mejor propuesta que represente la relación técnico-económica mas optima para el diseño del elevador industrial de transporte de aditivos para la producción de chocolate.

### Evaluación técnica

**Tabla 3:** Evaluación técnica de las propuestas de solución

ESCALA DE VALORES SEGÚN VDI 2225 CON PUNTAJE "p" DE 0 A 3 y "PT" = Puntaje Total										
"p" : 0= No satisface, 1=Minimo Aceptable, 2=Suficiente, 3= Muy Bien, 4= Ideal										
Variantes del concepto		Factor de Importancia	S1: Elevador de Cangilones		S2: Por faja Transportadora		S3: Elevador de columna Vertical		S4: Solución Ideal	
Nº	Criterios de evaluación	%	p	PT	p	PT	p	PT	p	PT
1	Función	10%	3	0.30	2	0.20	3	0.30	4	0.40
2	Geometría	5%	1	0.05	0	0.00	3	0.15	4	0.20
3	Cinemática	5%	2	0.10	2	0.10	3	0.15	4	0.20
4	Cinética	5%	2	0.10	2	0.10	3	0.15	4	0.20
5	Fuerza	8%	2	0.16	2	0.16	2	0.16	4	0.32
6	Energía	5%	2	0.10	2	0.10	2	0.10	4	0.20
7	Materia	8%	1	0.08	1	0.08	3	0.24	4	0.32
8	Señales	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15	4	0.20
9	Seguridad	7%	3	0.21	2	0.14	2	0.14	4	0.28
10	Ergonomía	10%	2	0.20	3	0.30	3	0.30	4	0.40
11	Fabricación	8%	2	0.16	2	0.16	3	0.24	4	0.32
12	Montaje	8%	2	0.16	1	0.08	3	0.24	4	0.32
13	Transporte	8%	2	0.16	2	0.16	2	0.16	4	0.32
14	Mantenimiento	8%	1	0.08	1	0.08	3	0.24	4	0.32
Puntaje total $PT = \sum p_i(\%) / 100$		100%	28	2.01	25	1.81	38	2.72	56	4
Puntaje unitario $PU = PT/4$			0.50		0.45		0.68		1.00	

**Elaborado por:** Elaboración propia

## Evaluación económica

**Tabla 4:** Evaluación económica de las propuestas de solución

ESCALA DE VALORES SEGÚN VDI 2225 CON PUNTAJE "p" DE 0 A 3 y "PT" = Puntaje Total										
"p" : 0= No satisface, 1=Minimo Aceptable, 2=Suficiente, 3= Muy Bien, 4=Ideal										
Variantes del concepto		Factor de Importancia	S1: Elevador de Cangilones		S2: Por faja Transportadora		S3: Elevador de columna Vertical		S4: Solución Ideal	
Nº	Criterios de evaluación	%	p	PT	p	PT	p	PT	p	PT
1	Costo de material	40%	1	0.40	2	0.80	3	1.2	4	1.6
2	Costo de fabricación	40%	2	0.80	1	0.40	3	1.2	4	1.6
3	Costo de montaje	20%	3	0.60	1	0.20	3	0.6	4	0.8
<b>Puntaje total PT=Σpix(%)i/100</b>		<b>100%</b>	<b>PT- S1</b>	<b>1.80</b>	<b>PT-S2</b>	<b>1.40</b>	<b>PT-S3</b>	<b>3</b>	<b>PT-S4</b>	<b>4</b>
<b>Puntaje unitario PU=PT/4</b>			<b>0.45</b>		<b>0.35</b>		<b>0.75</b>		<b>1.00</b>	

**Elaborado por:** Elaboración propia

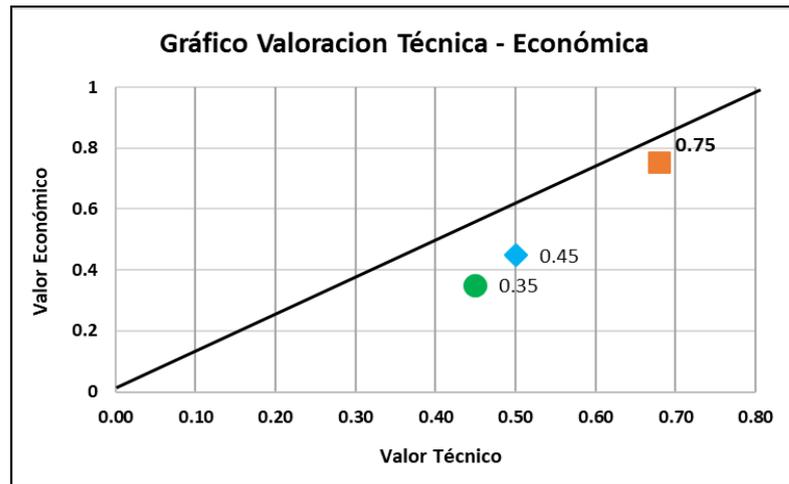
**Tabla 5:** Valoración técnico-económico de las propuestas de solución

Soluciones	Valoración Técnica (Eje X)	Valoración Económica (Eje Y)
<b>S1: Solucion 1</b>	0.50	0.45
<b>S2: Solucion 2</b>	0.45	0.35
<b>S3: Solucion 3</b>	0.68	0.75

**Elaborado por:** Elaboración propia

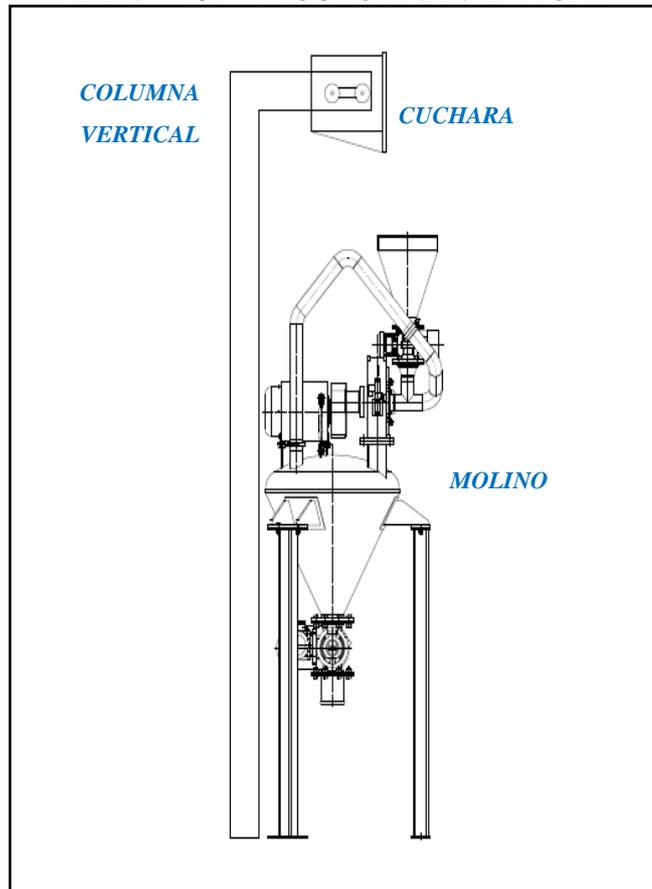
Luego de tener los valores de la evaluación técnico-económica, se realiza una gráfica para establecer la propuesta de solución mas óptima; en ese sentido, se elige aquella solución cuyos valores se encuentren por encima de los demás valores en el eje 'x' (evaluación técnica) como en el eje 'y' (evaluación económica), y aquella que se acerque a la línea, teniendo el valor ideal a 1.

A partir de esa condición, como se ve en la gráfica siguiente, la solución más óptima para el diseño del elevador industrial de transporte de aditivos en la producción de chocolate es la solución **S3**: elevador de columna vertical, cumpliendo con las necesidades y requerimientos de la empresa La IBÉRICA S.A., así como con la evaluación técnica- económica.



**Figura 19:** Gráfico de evaluación técnica - económica  
**Elaborado por:** Elaboración propia

### SOLUCIÓN ÓPTIMA S3 ELEVADOR DE COLUMNA VERTICAL

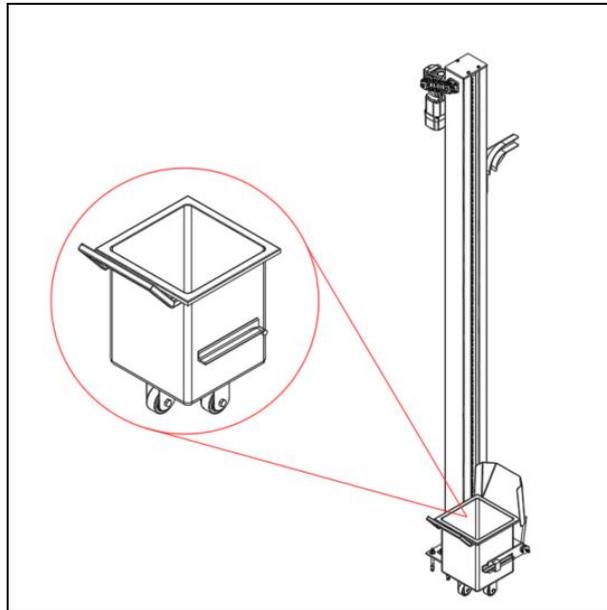


**Figura 20:** Representación de la solución óptima – elevador de columna vertical  
**Elaborado por:** Elaboración propia

### 3.2.5 Diseño de la propuesta

Cálculos preliminares y definitivos:

#### 3.2.5.1 Diseño de cuchara



**Figura 21:** Diseño de cuchara.  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Es importante tomar en consideración la geometría del elevador por la cuchara en forma cúbica, siendo sus bordes redondeados, ya que la base tiene que evitar el depósito y así se amontone el azúcar en sus diferentes aristas.

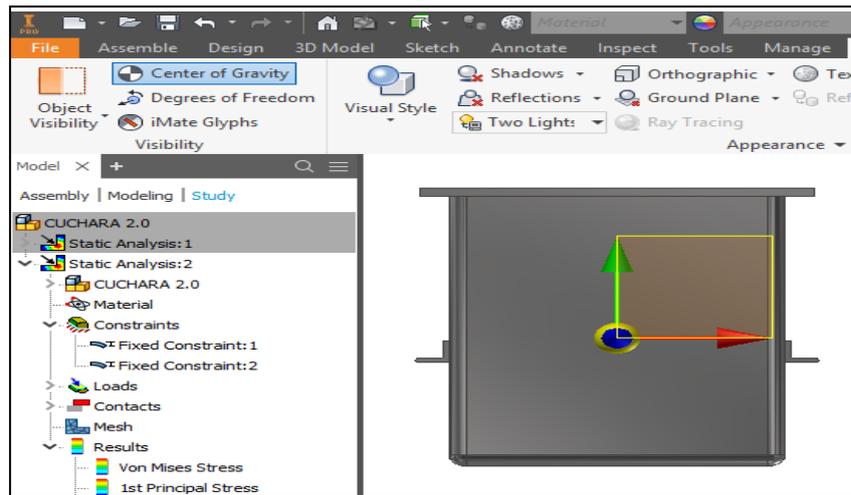
Por lo tanto, se tienen en cuenta las dimensiones de la cuchara por su volumen, siendo por su mayor al volumen que ocupa el azúcar. Teniendo la siguiente fórmula.

$$\rho \text{ azúcar} = 1.1 \text{ g/cm}^3 = 1100 \text{ Kg/m}^3$$

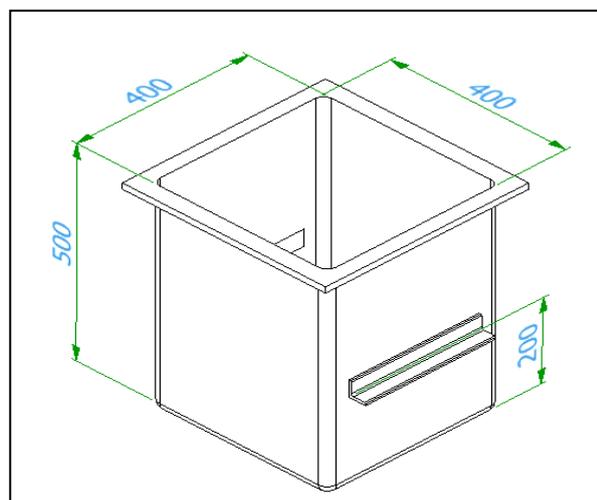
Esto indica que 50 Kg serán equivalentes a 0.045 m<sup>3</sup>.

Siendo así, las dimensiones internas de la cuchara serán dispuestas a las dimensiones de la plancha estructural, buscando la optimización del material a 400 mm x 400 mm x 500 mm, lo que se buscará es poder conseguir un volumen interno de 0.08 m<sup>3</sup>.

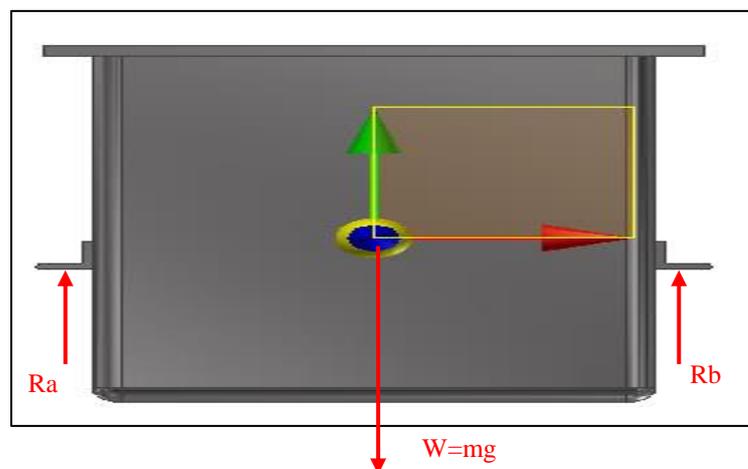
De esta forma, el diseño con la geometría agregando la carga del azúcar se logrará un centro de gravedad por debajo de los 250 mm que es la mitad de la altura de la cuchara.



**Figura 22:** Centro de gravedad de la cuchara  
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 23:** Dimensiones generales de la cuchara  
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 24:** Diagrama de cuerpo libre de cuchara  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Esto se manifestará mediante dos perfiles teniendo la siguiente fórmula L de 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4", ubicados a 200 mm, teniendo en cuenta la proporción a la base del soporte estructural en el que empleará su mecanismo de movimiento asumido por la ubicación dada por debajo del centro de gravedad, que garantizará que la cuchara girará al momento de llegar a la guía a 90°, en la que se seleccionará el espesor adecuadamente para empezar a simular la modelación de la cuchara con un espesor comercial de 1/16".

Para esta simulación, siendo elementos finitos, se tomará como parámetros los dos perfiles L de 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4" como constricciones fijas sin grados de libertad y una carga factorizada de acuerdo al método LRFD (Diseño de estructuras LRFD); se tendrá como límite de stress máximo 205 MPa que corresponderá al acero inoxidable 304.

### **Cálculo de carga (U)**

Es considerada como carga muerta (D) todos sus elementos como una carga estructuralmente que no se encontrará en movimiento durante el funcionamiento del equipo.

Ya que se considerará carga viva (L) a todo elemento que se encuentre en movimiento, ya sea continuo o interrumpido.

Según el manual, LRFD muestra otras cargas como carga de viento, carga de nieve y carga sísmica, las cuales no aplicarán para el presente diseño, ya que el equipo se encontrará dentro de las instalaciones de la planta de producción.

#### ➤ **Carga muerta (D)**

Azúcar: 50 Kg.

#### ➤ **Carga viva (L)**

Azúcar: 50 Kg

Se tendrá presente la ecuación que se ajusta a las cargas requeridas, para lo cual se utilizará una ecuación que incluirá como prioridad la carga muerta (D) y carga viva (L); en la que se empleará la ecuación (3-1), se descartarán las variables Lr, S y Rr. Debido a que el equipo se encuentra dentro de la nave industrial de producción, no se verá afectada por la carga Lr del viento, S carga por nieve y Rr carga por lluvia o hielo.

### Fórmula 1: Cálculo de Carga

$$U = 1.2 D + 1.6 L \quad (3-1)$$

Ecuaciones factorizadas LRFD

- i)  $1.4 D$
- ii)  $1.2 D + 1.6 L + 0.5 (Lr \text{ o } S \text{ o } Rr)$
- iii)  $1.2 D + 1.6 L (Lr \text{ o } S \text{ o } Rr) + (0.5 L \text{ o } 0.8 W)$
- iv)  $1.2 D + 1.3 W + 0.5 L + 0.5 (Lr \text{ o } S \text{ o } Rr)$
- v)  $1.2 D + 1.5 E + 0.5 L + 0.2 S$
- vi)  $0.9 D - (1.3 W \text{ o } 1.5 E)$

Donde:

U: carga factorizada

D: carga muerta

L: carga viva

Lr: carga viva de techo

S: carga de nieve

Rr: carga de lluvia o hielo

W: carga de viento

E: carga de sismo

### Combinación aplicada ecuación (3-1)

$$U = 1.2 D + 1.6 L$$

$$U = 1.2(50 \text{ Kgf}) + 1.6(50 \text{ Kgf})$$

$$U = 140 \text{ Kgf}$$

### Análisis de resultados

Se empleará mediante la simulación por elementos finitos FEM teniendo en cuenta el programa Professional Inventor 2019 por el método elástico, presentándose su límite elástico en las propiedades mecánicas del acero inoxidable 304 para el límite permitido.

**Tabla 6:** Propiedades físicas del acero AISI 304

<b>Acero al Cromo – Níquel Serie 304</b>		
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	Peso específico a 20° C (densidad) (g/cm <sup>3</sup> )	<b>7.9</b>
	Límite elástico (MPa)	<b>205</b>
	Módulo de elasticidad (GPa)	<b>193</b>
	Calor específico a 20° C (J/Kg K)	<b>500</b>
	Conductividad térmica a 20° C/100° C (W/m K)	<b>15/16</b>
	Coefficiente de dilatación a 100° C (x 10 <sup>6</sup> C <sup>-1</sup> )	<b>16.0 – 16.5</b>
	Intervalo de fusión (°C)	<b>13981454</b>
	Resistencia a la tracción (M Pa)	<b>520</b>

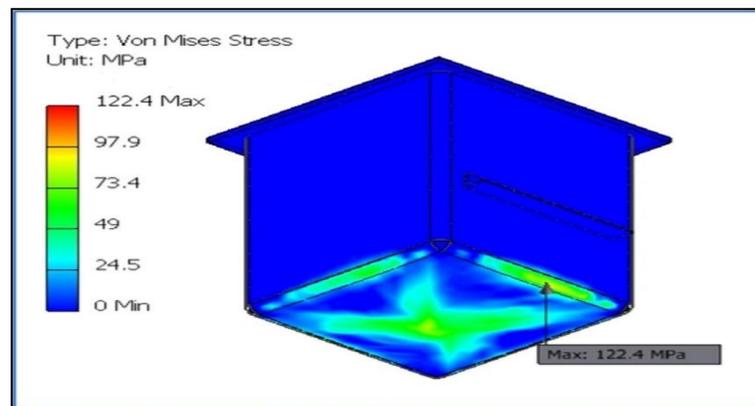
**Elaborado por:** Elaboración propia

Los resultados de la simulación por elementos finitos para un espesor de plancha inox 304 de 1/16” mostrarán que el stress máximo con la carga aplicada de 140 Kgf no supera el límite elástico del material, por lo que es adecuado para soportar dicha carga tanto en reposo como en movimiento.

**Tabla 7:** Resultados de simulación - cuchara de carga

<b>RESULTADOS DE SIMULACIÓN</b>	
Von Mises Stress (MPa)	<b>122.4</b>
Desplazamiento (mm)	<b>3.682 mm</b>
Factor de seguridad	<b>2.04</b>

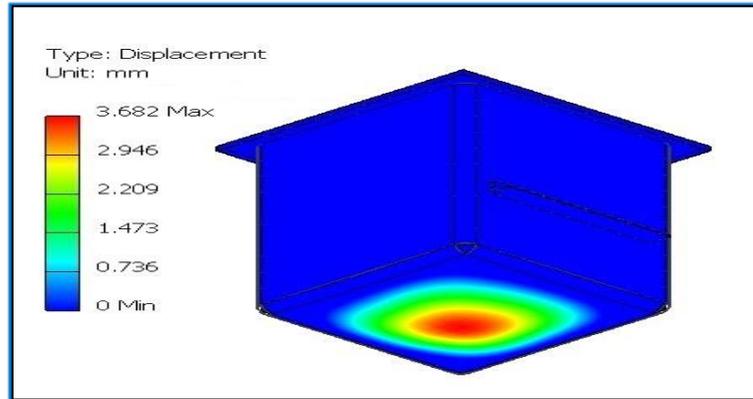
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 25:** Stress máximo Von Mises – Cuchara

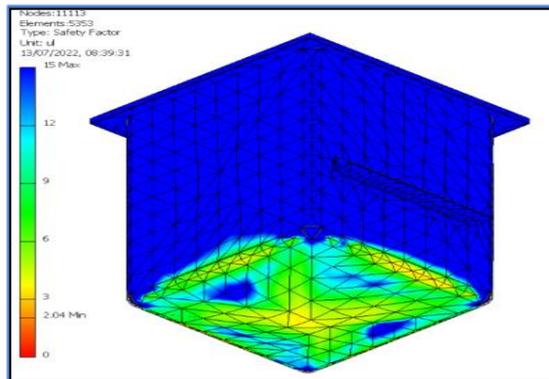
**Elaborado por:** Elaboración propia

Teniendo en cuenta los resultados, muestran un stress máximo Von Mises de 122.4 MPa, que se encuentra por debajo de los límites del esfuerzo elástico permitido de 205 MPa, por lo que el espesor de la plancha seleccionado de 1/16" es el adecuado.



**Figura 26:** Desplazamiento  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Los desplazamientos observados están dentro de los límites elásticos, es decir, que una vez se retire la carga máxima, el material regresará a su posición original.



**Figura 27:** Factor de seguridad de cuchara de carga  
**Elaborado por:** Elaboración propia

El factor de seguridad (FS) se obtiene de la división del esfuerzo máximo con el límite elástico del material. Esto quiere decir que, si se obtiene un factor de seguridad de 1, se habrá alcanzado el límite permitido, indicando que el material fallará por deformación plástica.

Por el contrario, un factor de seguridad superior a 1 indicará que el esfuerzo máximo no ha superado el límite permitido y que toda deformación que se presente será dentro del rango elástico.

#### **Fórmula 2: Factor de Seguridad**

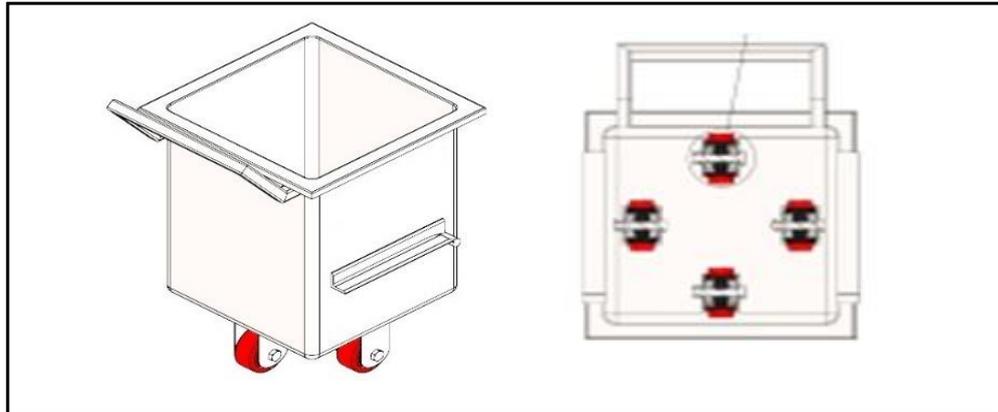
$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \quad (3-2)$$

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{122.4 \text{ MPa}}$$

$$FS = 2.04$$

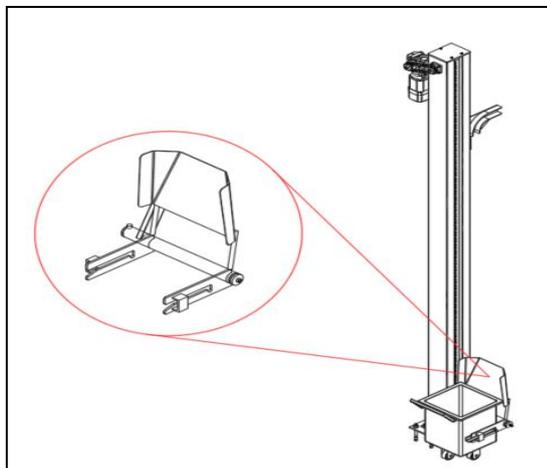
El factor de seguridad teórico es mayor a 1 y coincide con el valor obtenido en la simulación, por lo que los materiales no han superado el límite elástico y toda deformación será dentro de los parámetros permitidos.

Como parte del diseño de la cuchara, se adicionarán accesorios para su desplazamiento y se elegirá una disposición de tal modo que no interrumpa con los mecanismos de izaje, para lo que se seleccionaron 4 ruedas en disposición de rombo que se soldarán bajo forma de soldadura sanitaria AWS D18 a la base de la cuchara.



**Figura 28:** Distribución de garruchas 4”  
Elaborado por: Elaboración propia

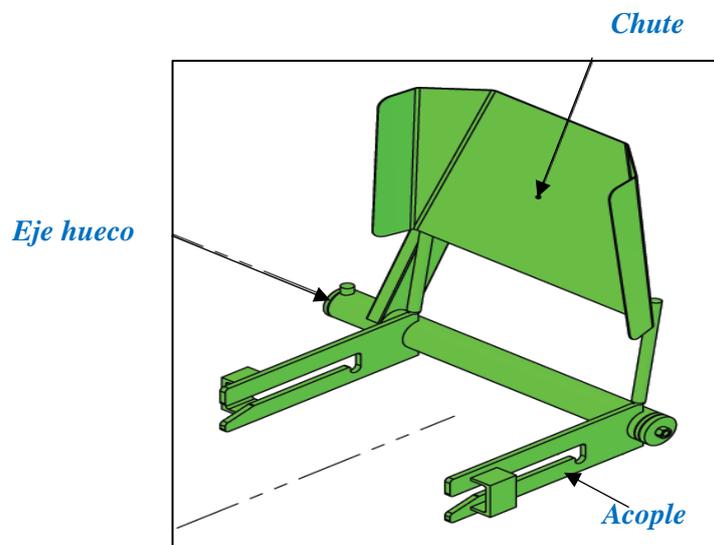
### 3.2.5.2 Diseño chute de descarga



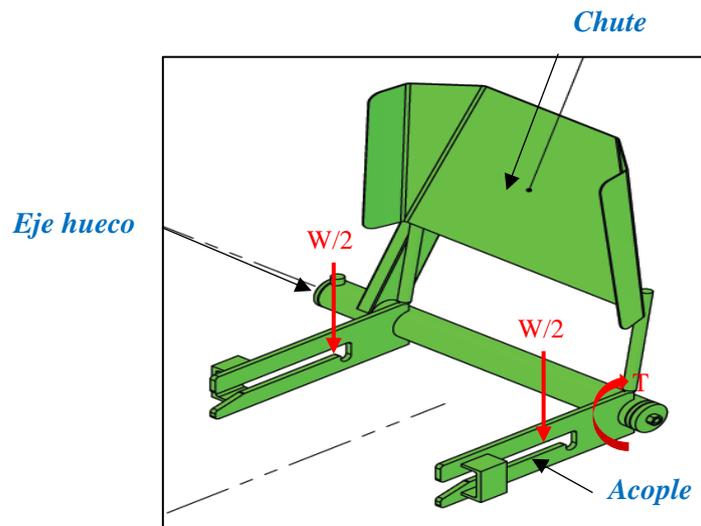
**Figura 29:** Diseño chute de descarga  
Elaborado por: Elaboración propia

Para el diseño del chute de descarga compuesto de tres elementos: primero, 1 tubo que servirá de eje y acople al mecanismo de izaje de la columna; segundo, un elemento de acople que se fijará a la cuchara cuando esta sea cargada a nivel de piso; y tercero, un chute de material plegado que direccionará la descarga a la alimentación del molino.

El subensamble del chute, eje hueco y acople sufre esfuerzos de carga de elevación y de descarga al momento de volcar el material. Los elementos que soportan dichos esfuerzos son el eje y el acople, mientras que el chute sirve como un elemento transitorio de descarga, por lo que se considerarán para su diseño ángulos de inclinación adecuados para que la carga se deslice hacia la alimentación del molino.



**Figura 30:** Sub ensamble chute de descarga  
**Elaborado por:** Elaboración propia

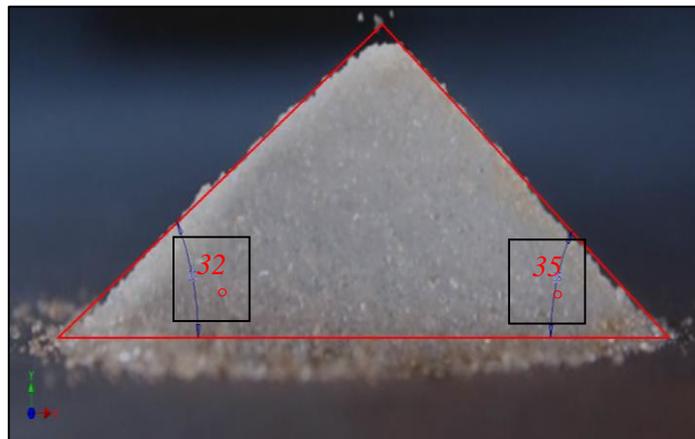


**Figura 31:** Diagrama de cuerpo libre de chute de descarga  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Siendo así el chute, se elegirá una plancha AISI inox 304 de 3/16" de espesor en la optimización de la plancha adquirida para la fabricación de la cuchara y sabiendo por la simulación del recipiente que soportará la carga muerta y dinámica de la carga del azúcar.

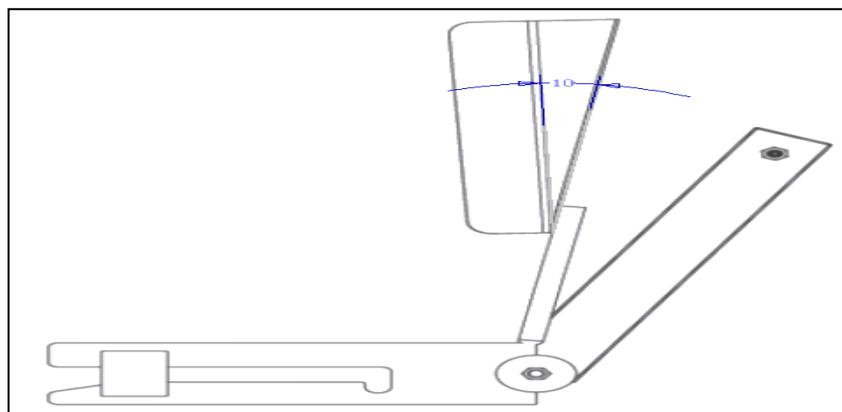
Por lo tanto, en el diseño del chute se debe considerar un ángulo de descarga que sea superior al ángulo de reposo del azúcar. Dicho ángulo se tomará de forma empírica colocando un pequeño montículo hasta que se establezca la geometría.

La imagen se importará a un programa CAD. Se realizará el dibujo sobre la imagen, dando como ángulos de reposo  $32^\circ$  y  $35^\circ$ , en el que se elige el ángulo mayor para el diseño.



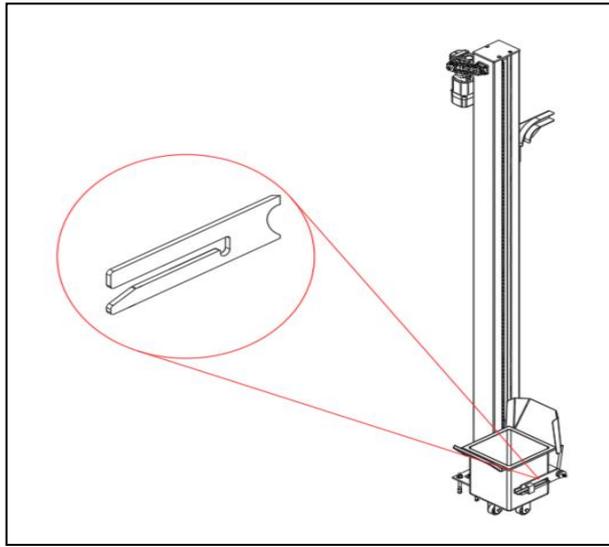
**Figura 32:** Ángulo de reposo de Azúcar

Para lo cual, el ángulo de reposo de  $35^\circ$  se diseñará en el chute de descarga con un incremento de pendiente de  $10^\circ$  para superar el ángulo de reposo de  $35^\circ$  a  $45^\circ$  y que el material se deslice sin inconvenientes.

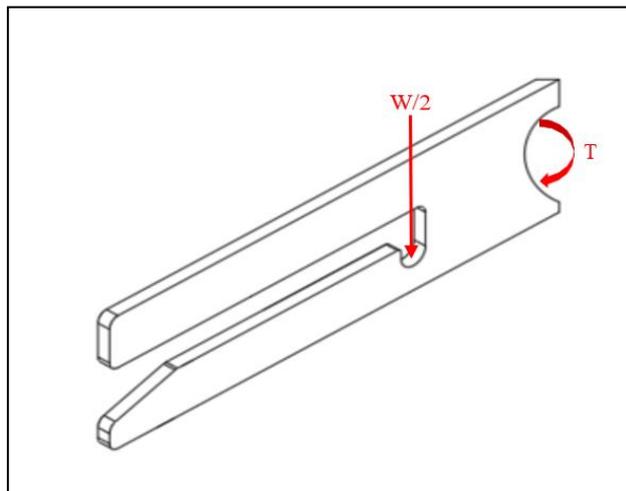


**Figura 33:** Ángulo de descarga  
**Elaborado por:** Elaboración propia

### 3.2.5.3 Diseño del acople



**Figura 34:** Diseño del acople  
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 35:** Diagrama de cuerpo libre del acople  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Es importante para el diseño el acople, teniendo un espesor de 1/4" igual a los perfiles estructurales soldados a la cuchara, debido a que ambos elementos cumplirán con la misma función de soportar la carga de la cuchara y el azúcar; siendo el caso de que no cumpliera con este criterio del límite elástico, se seleccionará otro espesor comercial hasta que se efectúe la condición.

Dicho diseño será evaluado bajo los mismos criterios del material inox 304 y el método elástico simulado por elementos finitos FEM se tomará como punto de restricción sin grados de libertad la cara que se soldará al tubo eje y aplicando la carga (U) en él destaje que acoplará con la cuchara.

Mediante el acople será sometido a las mismas condiciones de carga muerta (D) y carga viva (L) que la cuchara; se aplicará la ecuación (3-1) del manual LRFD (Diseño de estructuras LRFD, siendo la adición de las cargas en los accesorios seleccionados y el chute diseñado.

**Carga muerta (D)**

- Azúcar: 50 Kg.
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg

**D = 69.7 Kg**

**Carga viva (L)**

- Azúcar: 50 Kg
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg

**L = 69.7 Kg**

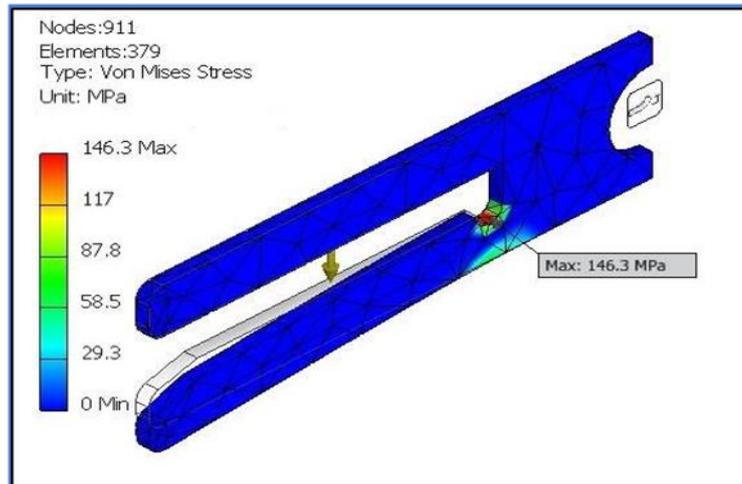
**Combinación aplicada (3-1)**

$$U = 1.2D + 1.6L$$

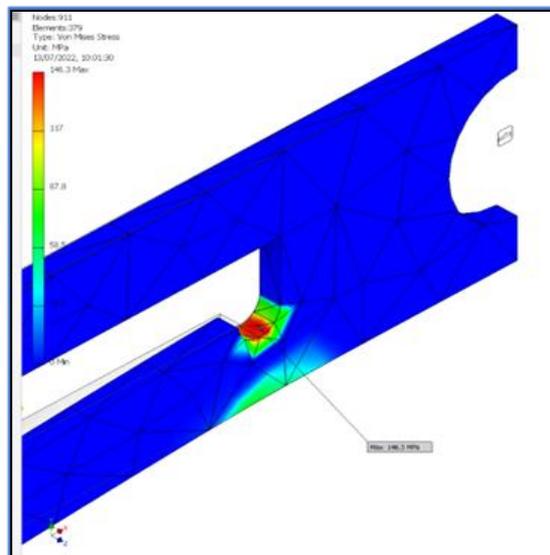
$$U = 1.2(69.7\text{Kgf}) + 1.6(69.7\text{Kgf})$$

**U = 195.16 Kgf**

**Cálculo de acople**



**Figura 36:** Von Mises Stress – Acople  
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 37:** Von Mises Stress – Detalles de Acople  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Teniendo presente que el punto de mayor esfuerzo es de 146.3 MPa, que no supera el límite elástico permitido de 205 MPa. Como se ve en la figura, siendo el punto de mayor stress el que se encuentra en la cara de la muestra donde se enganchará la estructura de la cuchara, por lo que dicha geometría no se puede omitir, y por lo que se optará por el diseño de igual geometría, pero un mayor espesor.

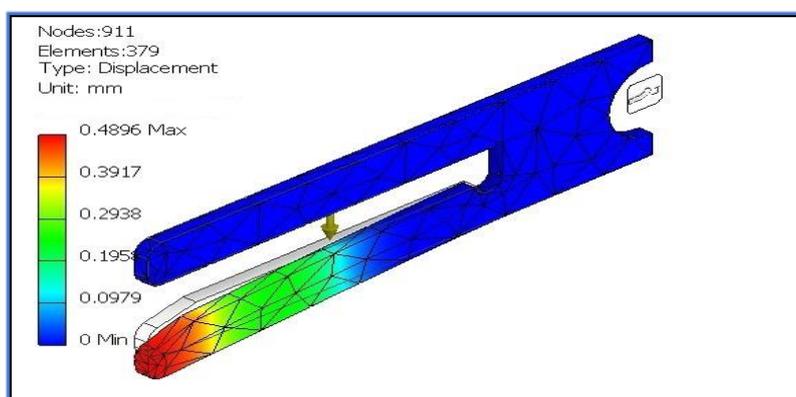
Es por lo que realizará una simulación con un espesor de 3/8", pudiendo obtener como resultado un stress máximo de 146.3 MPa, toda vez, que se encuentra por debajo del límite elástico permitido, por lo que se seleccionará con dicho espesor como el más adecuado.

**Tabla 8:** Resultado de simulación (elementos de acople)

RESULTADOS DE SIMULACIÓN	
Von Mises Stress (MPa)	146.3
Desplazamiento (mm)	0.4896
Factor de seguridad	1.71

**Elaborado por:** Elaboración propia

Los resultados muestran un stress máximo Von Mises de 146.3 MPa, que se encuentra por debajo de los límites del esfuerzo elástico permitido de 205 MPa, por lo que el espesor del material es el adecuado.



**Figura 38:** Desplazamiento de acople

**Elaborado por:** Elaboración propia

El desplazamiento inferior a 1 mm está dentro de los límites elásticos del material, se comporta dentro de las leyes de Hooke y, una vez que se realice la descarga del material, el desplazamiento observado en la simulación regresará a su posición original.

El factor de seguridad (FS) se obtiene de la división del esfuerzo máximo con el límite elástico del material; esto quiere decir que, si se obtiene un factor de seguridad de 1, se habrá alcanzado el límite permitido, indicando que el material fallará por deformación plástica. Por el contrario, un factor de seguridad superior a **1** indicará que el esfuerzo máximo no ha superado el límite permitido y que toda deformación que se presente será dentro del rango elástico.

**Formula 2: Factor de seguridad**

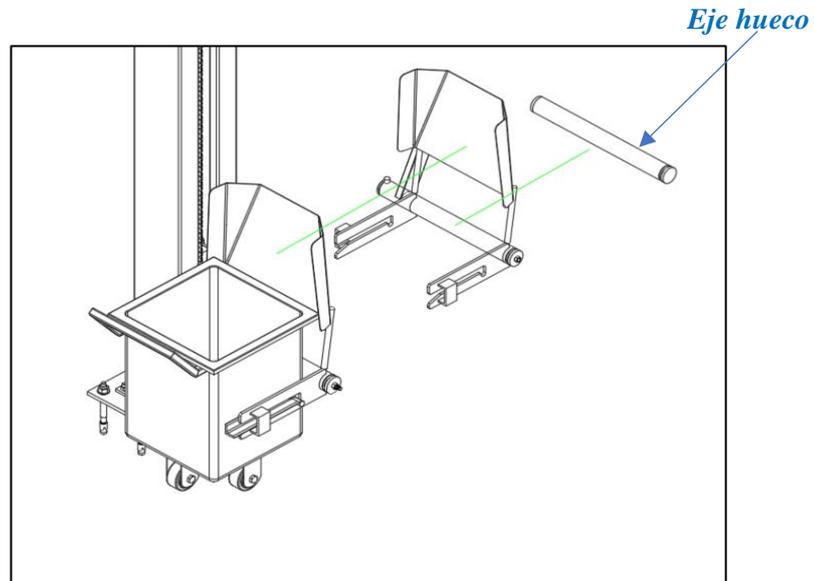
$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \quad (3-2)$$

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{146.3 \text{ MPa}}$$

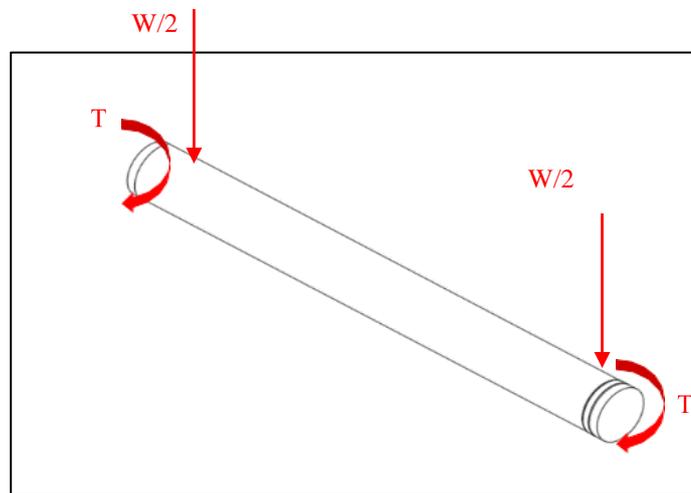
$$FS = 1.7$$

El factor de seguridad teórico es mayor que 1 y coincide con el valor obtenido en la simulación, por lo que los materiales no han superado el límite elástico y toda deformación será dentro de los parámetros permitidos.

#### 3.2.5.4 Diseño del eje hueco



**Figura 39:** Diseño del eje hueco.  
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 40:** Diagrama cuerpo libre de eje hueco  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Es importante para el diseño considerar el tubo, ya que servirá como guía para el eje del chute en su descarga en la que soportará la carga del azúcar, así la cuchara y los demás accesorios añadidos como son: las garruchas, el chute y el acople.

Teniendo en cuenta que se efectuarán simulaciones con un tubo INOX 304 de 2 1/2" SCH 10, se aplicarán los mismos criterios anteriores del material, método elástico y simulación por elementos finitos.

En la que se empleará la fórmula (3-1) del manual LRFD con la adición de las cargas de los accesorios. Seleccionados y el chute diseñado.

**Carga muerta (D)**

- Azúcar: 50 Kg.
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Chute: 3.2 Kg.
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg

$$D = 74.3 \text{ Kg}$$

**Carga viva (L)**

- Azúcar: 50 Kg
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg

$$L = 74.3 \text{ Kg}$$

**Combinación aplicada (3-1)**

$$U = 1.2 D + 1.6 L$$

$$U = 1.2(74.3 \text{ Kgf}) + 1.6(74.3 \text{ Kgf})$$

$$U = 208.04 \text{ Kgf}$$

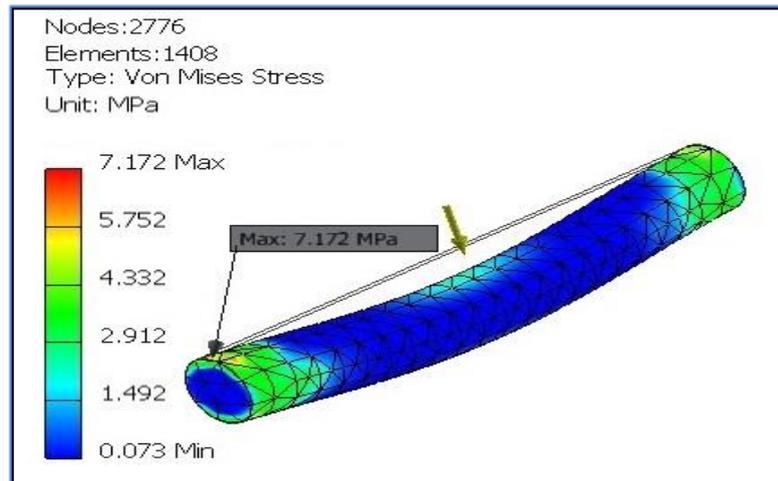
**Análisis de resultados**

Por lo tanto, el resultado del stress máximo se encuentra por debajo del límite elástico permitido, existiendo el menor espesor solicitado comercialmente que se empleará el tubo de sch 10 como material adecuado.

**Tabla 9:** Resultados de simulación de elementos de eje hueco

RESULTADOS DE SIMULACIÓN	
Von Mises Stress (MPa)	7.172
Desplazamiento (mm)	0.0121
Factor de seguridad	15

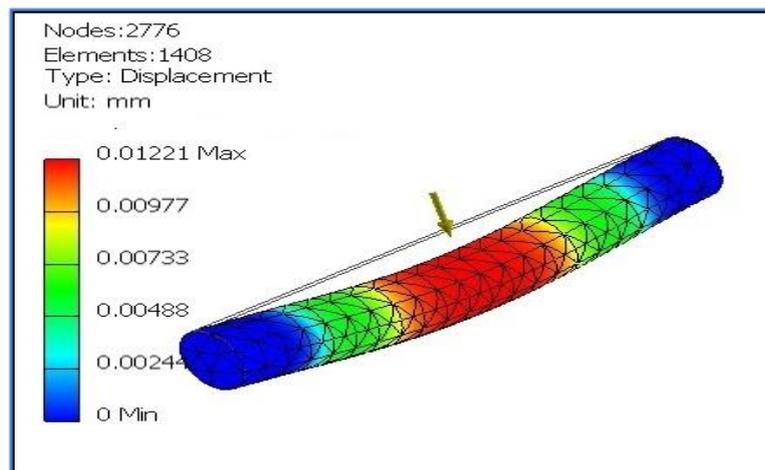
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 41:** Von Mises Stress – eje hueco

**Elaborado por:** Elaboración propia

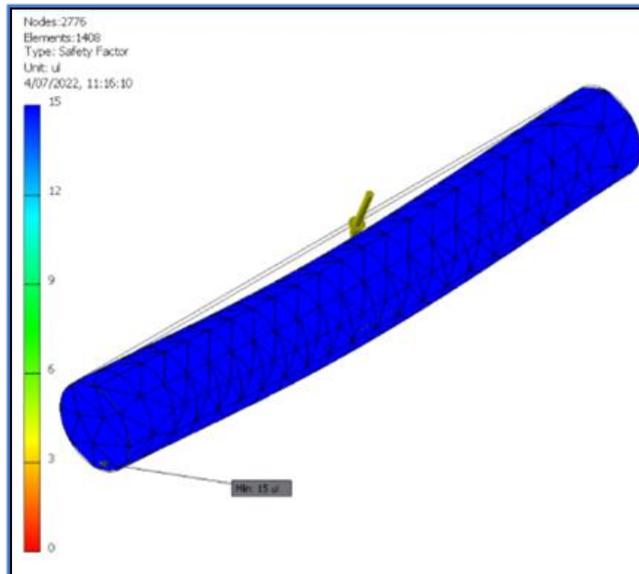
Los resultados muestran un stress máximo Von Mises de 7.172 MPa, que está por debajo del esfuerzo elástico permitido de 205 MPa, por lo que diámetro elegido es el adecuado.



**Figura 42:** Desplazamiento – Eje Hueco

**Elaborado por:** Elaboración propia

Los desplazamientos o deformaciones que puede sufrir el eje están dentro de los límites elásticos del material.

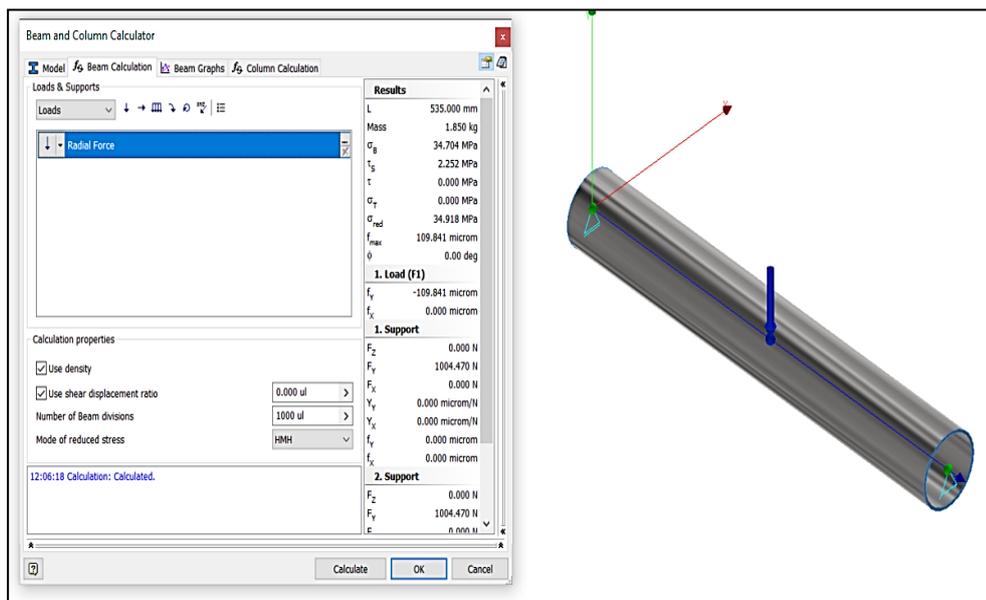


**Figura 43:** Factor de seguridad - eje hueco  
**Elaborado por:** Elaboración propia

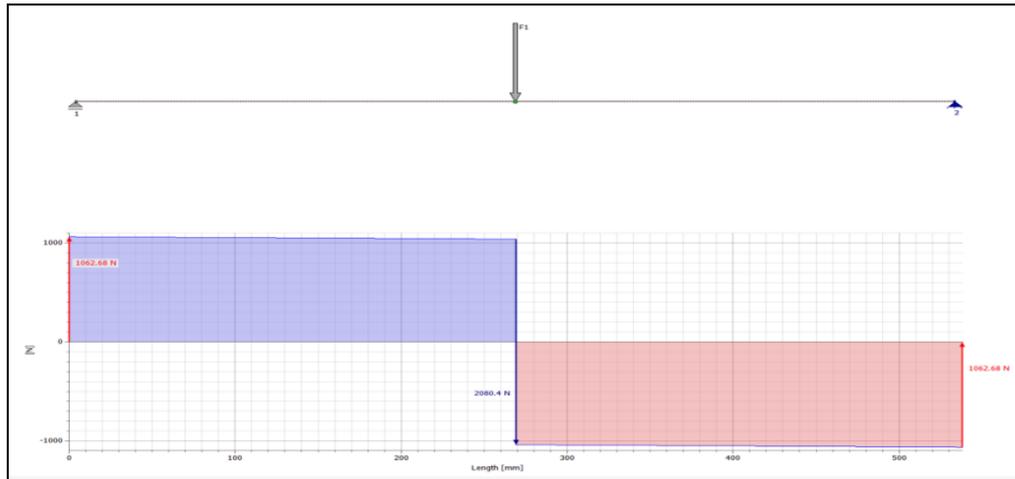
Al respecto, el factor de seguridad mínimo es de 15, lo que excede la gráfica de escala, por lo que el programa asume a todo el elemento con dicho factor.

### **Análisis isostático del eje hueco.**

Para el análisis isostático, se analiza el eje hueco sin las conexiones a otros elementos; esto permite analizar el eje hueco como una viga para poder obtener sus diagramas de corte, momento y realizar un análisis analítico de momentos.

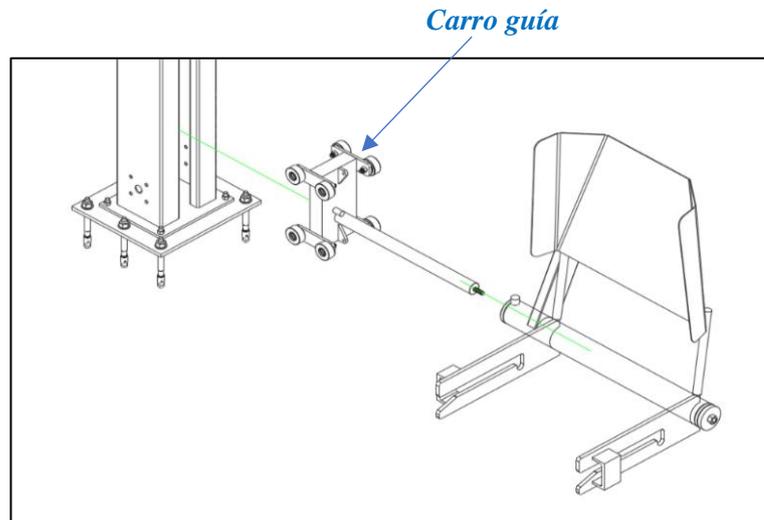


**Figura 44:** Distribución de cargas y restricciones  
**Elaborado por:** Elaboración propia

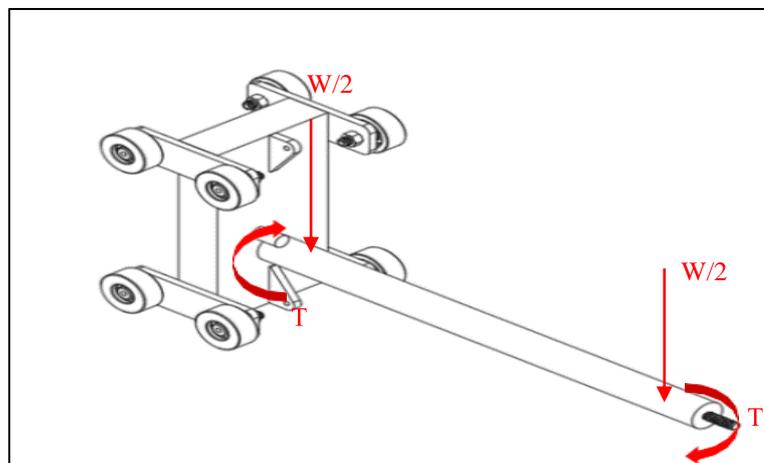


**Figura 45:** Diagrama de corte  
**Elaborado por:** Elaboración propia

### 3.2.5.5 Diseño de Carro guía

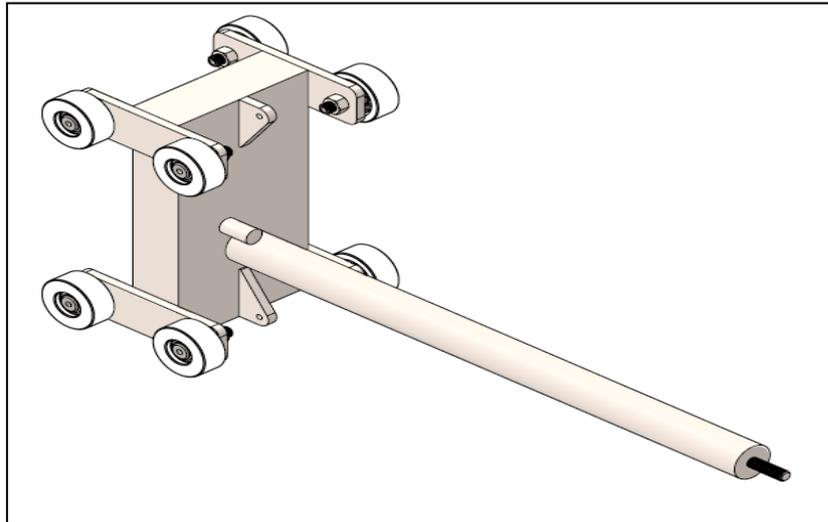


**Figura 46:** Diseño de carro guía  
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 47:** Diagrama cuerpo libre de eje hueco  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Se partió bajo un diseño conceptual de un carro guía que se pueda acoplar fácilmente al eje hueco y su conjunto del ensamble de la cuchara. Ya que recorrerá por el interior de una columna plegada por medio de 8 ruedas de 2.5 pulgadas de diámetro en su disposición de cuatro en la parte superior y cuatro ruedas en la parte inferior para asegurar el alineamiento con las paredes internas de la columna.



**Figura 48:** Diseño carro guía  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Esto se simulará en un modelo bajo los mismos criterios, siendo los componentes que son: método elástico, simulación por elementos finitos y aplicación de carga factorizada (U) del método LRFD.

Para la simulación se tomarán como restricciones radiales los ejes de las ruedas, aplicando la carga sobre el eje del carro que se ensamblará con el eje hueco. Ya que se aplicará la ecuación (3-1) con el incremento de carga que significa la adición de accesorios, en este caso el del eje hueco.

#### **Carga muerta (D)**

- Azúcar: 50 Kg.
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg
- Eje hueco: 4.7 Kg

$$\mathbf{D = 79.0 Kg}$$

### Carga viva (L)

- Azúcar: 50 Kg
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg
- Eje hueco: 4.7 Kg

$$L = 79.0 \text{ Kg}$$

### **Combinación aplicada (3-1)**

$$U = 1.2 D + 1.6 L$$

$$U = 1.2(79.0 \text{ Kgf}) + 1.6(79.0 \text{ Kgf})$$

$$U = 221.2 \text{ Kgf}$$

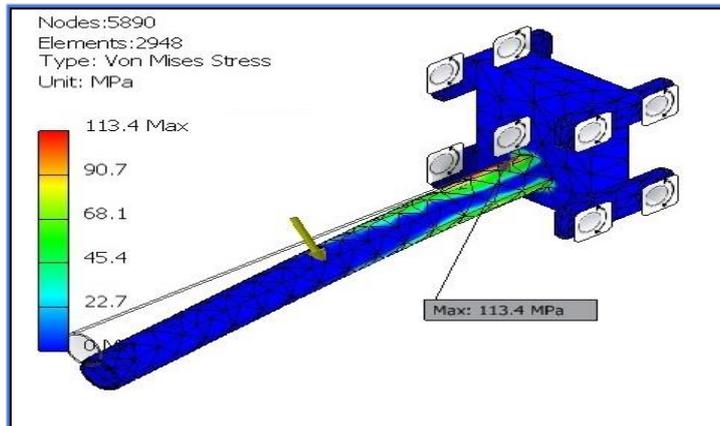
### Análisis de resultados

Considerar el prototipo de carro siendo el elemento crítico del eje hueco, ya que debidamente este soportará la carga del conjunto de la cuchara. Se realizará la simulación con el espesor mínimo comercial SCH 10 para un tubo de 2 pulgadas que embone con el eje hueco de la cuchara. Por lo tanto, se manifestaría el resultado del stress máximo es de 113.4 MPa, lo que afirmará el espesor del tubo, siendo adecuado para el eje del carro por estar por debajo del límite elástico permitido.

**Tabla 10:** Resultados de simulación carro guía

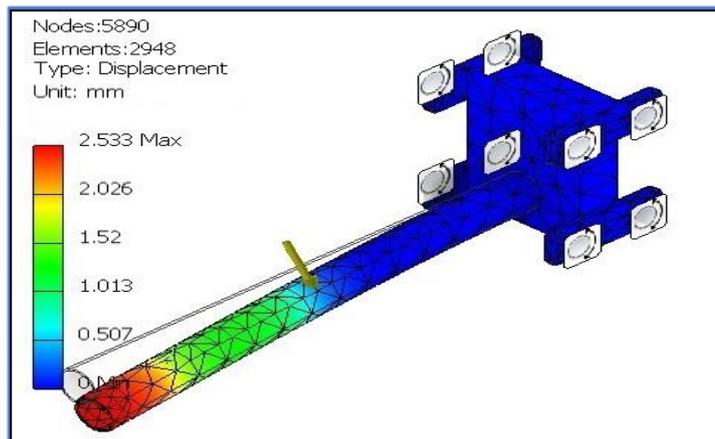
<b>RESULTADOS DE SIMULACIÓN</b>	
Von Mises Stress (MPa)	113.4
Desplazamiento (mm)	2.533
Factor de seguridad	2.2

**Elaborado por:** Elaboración propia

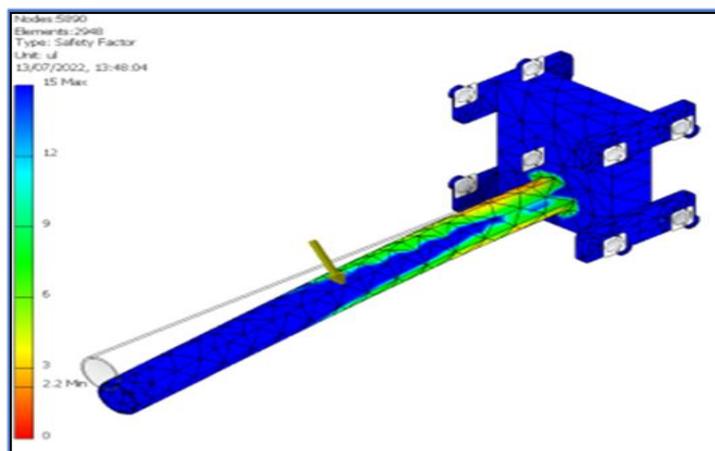


**Figura 49:** Von Mises Stress – carro guía  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Los resultados muestran un stress máximo Von Mises de 113.4 MPa, que se encuentra por debajo de los límites del esfuerzo elástico permitido de 205 MPa, por lo que el diámetro elegido es el adecuado.



**Figura 50:** Desplazamiento – carro guía  
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 51:** Factor de seguridad  
**Elaborado por:** Elaboración propia

El factor de seguridad (FS) se obtiene de la división del esfuerzo máximo con el límite elástico del material, esto quiere decir que, si se obtiene un factor de seguridad de 1 se habrá alcanzado el límite permitido indicando que el material fallará por deformación plástica, por el contrario, un factor de seguridad superior a 1 indicará que el esfuerzo máximo no ha superado el límite permitido y que toda deformación que se presente será dentro del rango elástico.

**Fórmula 2: Factor de Seguridad**

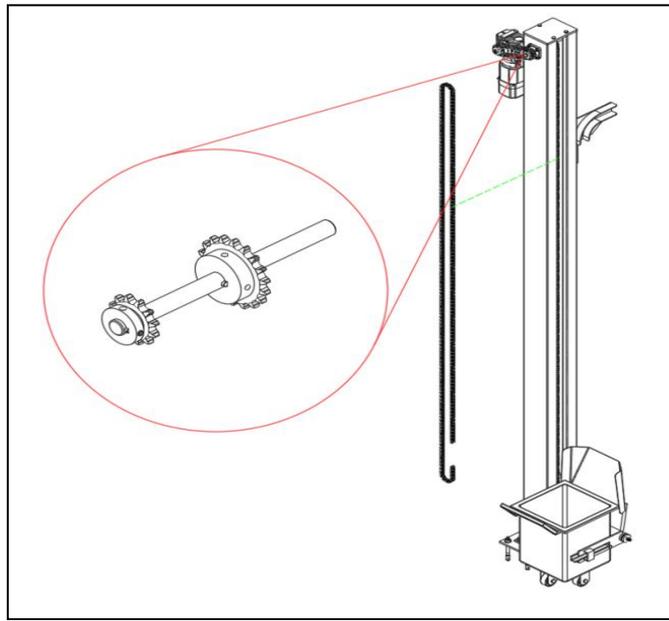
$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \quad (3-2)$$

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{113.4 \text{ MPa}}$$

$$FS = 2.2$$

El factor de seguridad teórico es mayor que 1 y coincide con el valor obtenido en la simulación, por lo que los materiales no han superado el límite elástico y toda deformación será dentro de los parámetros permitidos.

**3.2.5.6 Diseño de Sistema de transmisión**



**Figura 52:** Diseño de sistema de transmisión  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Siendo así, el diseño y el sistema de transmisión tendrían en cuenta los elementos que sean en material inoxidable de acuerdo con la AISI 304.

Por lo tanto, se debe tomar en cuenta en el que sistema debe ser síncrono y de fácil mantenimiento, para ello se tomará la decisión de acuerdo con la tabla ponderada de decisiones.

**a) Cálculo de potencia del sistema (P)**

Por lo cual, su cálculo de potencia tiene que ver con la disposición del equipo y su forma vertical, en la que realizará el cálculo de potencia de forma lineal; así, la fuerza lineal será la sumatoria de la carga del azúcar y la carga de la cuchara, del chute y accesorios. (ref. catálogo general de selección Ranfe)

**Fórmula 3: Cálculo de potencia**

$$P = F.V$$

$$P(\text{Kw}) = F(\text{KN}) \times V(\text{m/s}) \quad (3-3)$$

Donde:

- P: Potencia lineal en Kw
- F: Fuerza lineal en KN
- V: Velocidad requerida en m/s

**a.1) Fuerza lineal requerida (F)**

- Azúcar: 50 Kg
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg
- Eje hueco: 4.7 Kg
- Carro móvil: 17.4 kg

$$F = 96.4 \text{ Kg} = 0.964 \text{ KN}$$

### a.2) Velocidad requerida (v)

Es importante señalar que el requerimiento del cliente se estimará por un tiempo de 44 segundos para cargar y descargar la cuchara a una altura de 4.5 metros, por lo que su velocidad será de 0.102 m/s.

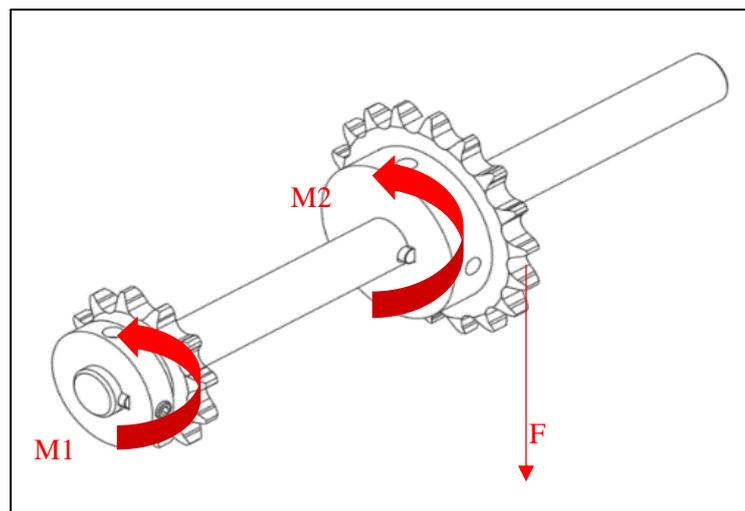
### Aplicando la ecuación (3-3)

$$P(\text{Kw}) = F(\text{KN}) \times v(\text{m/s})$$

$$P(\text{Kw}) = 0.964 \times 0.102$$

$$P(\text{Kw}) = 0.098 \text{ Kw}$$

### Selección de la cadena y sprocket



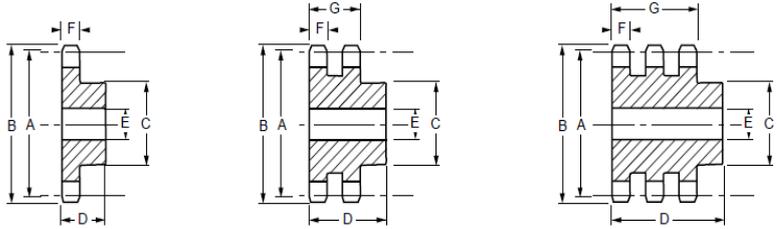
**Figura 53:** Diagrama de cuerpo libre de Sprocket  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Para esto se tendrá en cuenta que, debido a la baja potencia solicitada, se gestionará mediante una cadena simple de una hilera. Su selección, al igual que el sprocket será de acero inox 304 y deberían cumplir con los parámetros requeridos.

Por lo tanto, el sprocket se diseñaría teniendo un eje motriz de 1 pulgada de diámetro y se seleccionará el mayor diámetro primitivo para alcanzar un mejor momento par al momento de seleccionar el motorreductor.

Ya que los elementos seleccionados cumplen con la norma ISO 606 derivada de la norma DIN 8187.

**Tabla 11:** Selección de Sprocket



**Ruedas dentadas**

Nº dientes	Para cadena 82								Para cadena 102							
	Diámetro primitivo	Diámetro exterior	Diámetro cubo	Long. cubo	Diámetro taladro nom.	Diámetro taladro máximo	Ancho diente	Ancho sobre 2 dientes	Diámetro primitivo	Diámetro exterior	Diámetro cubo	Long. cubo	Diámetro taladro nom.	Diámetro taladro máximo	Ancho diente	Ancho sobre 2 dientes
	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm		A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	
15	122,17	133,5	92	40	20	63	15,3		152,72	167,7	118	45	20	75	18,5	
17	138,23	149,5	100	45	20	70	15,3		172,68	187,7	120	50	25	75	18,5	
19	154,32	165,5	100	45	20	75	15,3		192,91	207,9	120	50	25	75	18,5	
21	170,42	182,0	110	50	25	75	15,3		213,04	228	140	55	25	90	18,5	
23	186,53	198,0	110	50	25	75	15,3		233,17	248,2	140	55	25	90	18,5	
25	202,66	211,0	110	50	25	75	15,3		253,33	268,4	140	55	25	90	18,5	
38	307,58	319,0	110	65	30	75	15,3		384,49	399,4	135	70	35	90	18,5	
57	461,08	472,5	125	70	35	80	15,3		576,36	592,3	135	80	40	90	18,5	
76	614,64	626,0	140	80	35	90	15,3		768,32	784,3	140	90	50	90	18,5	
95	768,22	779,5	140	80	40	100	15,3									
114	921,81	993,0	140	80	40	100	15,3									

*Cadenas simples*

Fuente: Tomado de Joresa (30)

Teniendo la selección de la cadena, se requerirá de la potencia del sistema y las r.p.m., en este caso del sprocket que conduce a la cadena.

Por lo cual, el factor de servicio se usará según el tipo de aplicación, mecanismo a accionar y del tipo de máquina motriz.

**Tabla 12:** Factor de servicio

Maquina a accionar	Maquina motriz		
	Motor combustión con transmisión hidráulica	Motor eléctrico	Motor combustión con transmisión mecánica
sin impacto	1	1	1,2
impactos medios	1,2	1,3	1,4
fuertes impactos	1,4	1,5	1,7

Fuente: Tomada de Rexnord (31)

Por lo que la potencia del sistema queda definida por la potencia del sistema multiplicándose por el factor de servicio 1.3

$$P = 0.098 \text{ Kw} \times 1.3$$

$$P = 0.127 \text{ Kw}$$

### Cálculo de r.p.m. (N)

Teniendo el cálculo mediante la velocidad del sistema de 0.102 m/s, se calculará mediante el punto (c); se realiza la conversión a 6.12 m/min para el requerimiento de la ecuación (3-4).

#### Fórmula 4: Cálculo de R.P.M

$$N = \frac{v}{\pi} \cdot d \quad (3-4)$$

Donde:

- N: revoluciones por minuto
- v: velocidad del sistema (m/min)
- d: diámetro del sprocket

$$N = \frac{6.12}{3.14} * 0.198$$

$$N = 9.86 \text{ rpm}$$

Con los datos de la potencia y rpm se selecciona la cadena con el diagrama 1.

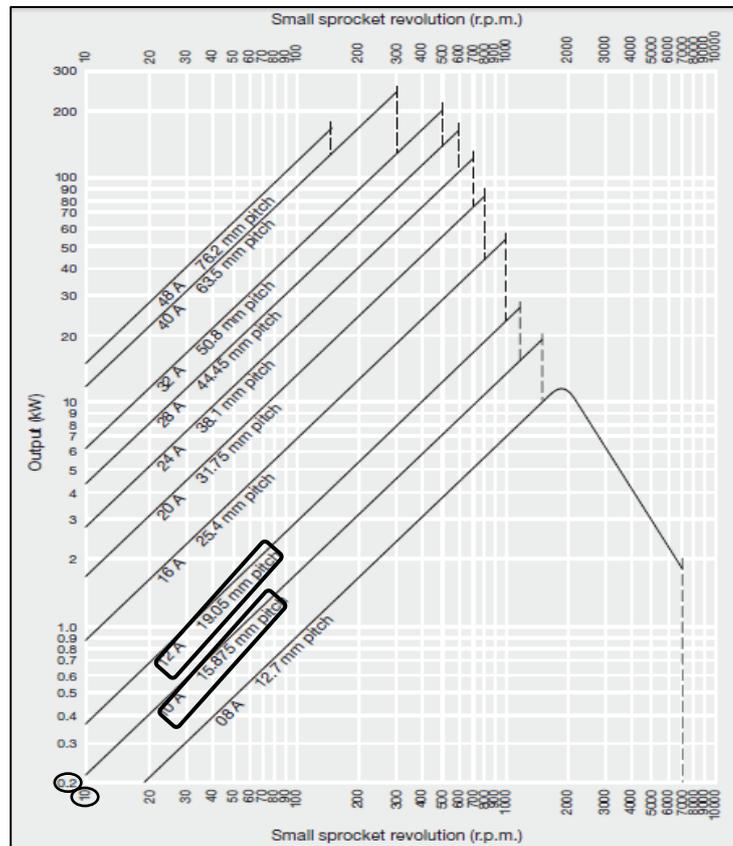


Figura 54: Tomada de Rexnord (32)

Es destacable que se tomará el mínimo valor de 0.2 kW debido a que la potencia requerida está por debajo del mínimo valor en la escala, y se seleccionará el mínimo valor de 10 rpm, por lo que puede seleccionar la cadena 10 A o su inmediatamente superior 12 A, siendo este el elemento seleccionado con un paso de 19.05 mm o su equivalente de 3/4".

### Selección del motorreductor

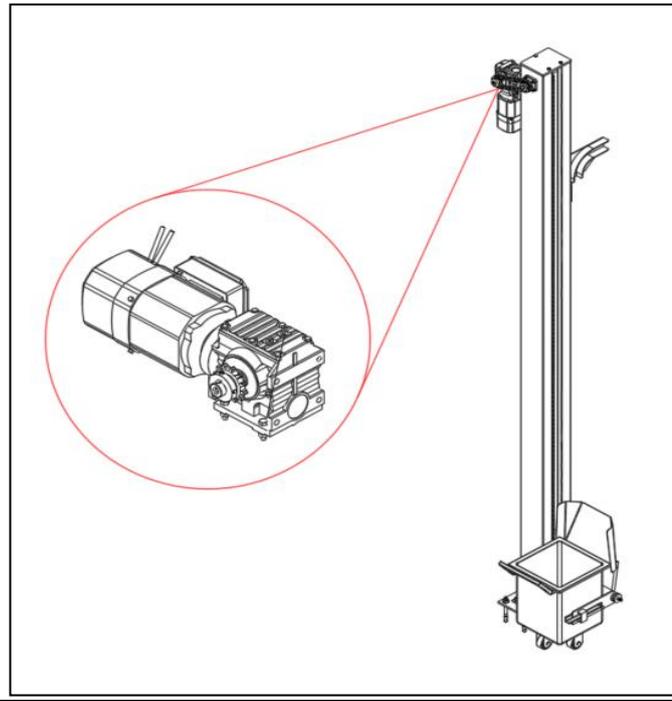


Figura 55: Motorreductor

Un elemento para seleccionar del motorreductor se precisará al calcular, además de los parámetros anteriormente definidos, el momento par requerido (M) y el factor de servicio (fs) (ref. catálogo general de selección Ranfe).

#### Fórmula 5: Cálculo de Motorreductor

$$M_{req} = \frac{M_{ap}}{i} \cdot n \quad (3-5)$$

Donde:

- $M_{req}$ : Momento par requerido (Nm)
- $M_{ap}$ : Momento par aplicado (real) (Nm)
- $i$ : Relación de transmisión
- $\eta$ : eficiencia de transmisión por cadena 95%

### *Momento aplicado (Map)*

#### Fórmula 6: Cálculo del Momento Aplicado

$$Map = Fr \quad (3-6)$$

Donde:

- Map: Momento par aplicado (Nm)
- F: Fuerza lineal requerida (ver punto b) (N)
- r: Radio de sprocket (m) (ver tabla 6)

#### Aplicando la ecuación (3-6)

- $Map = F \cdot r$
- $Map = 964 \times (0.099)$
- **Map = 95.436 Nm**

### Relación de transmisión (i)

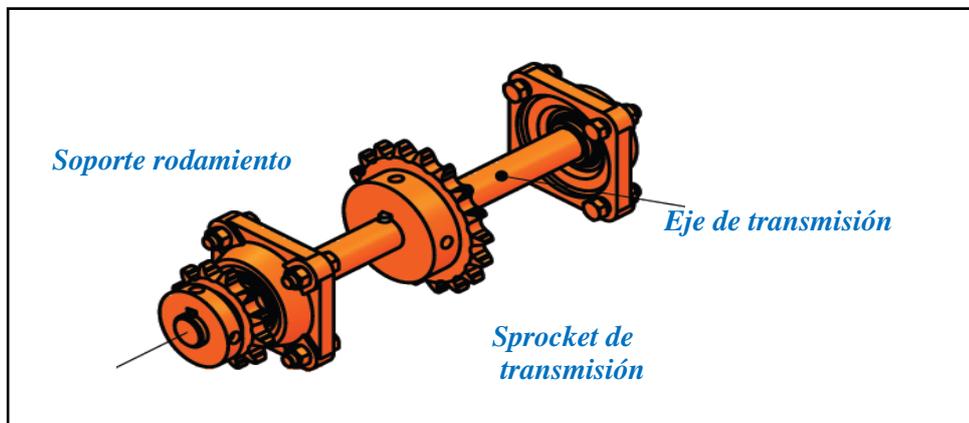
Existiendo, la relación en su transmisión está determinada por el número de dientes sprocket seleccionados y el piñón motriz del reductor que, para ejes de 1 pulgada de diámetro corresponde a un  $Z_1$  de 12 dientes.

#### Fórmula 7: Cálculo de Relación de Transmisión

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (3-7)$$

$$i = 23/12$$

$$i = 1.92$$



**Figura 56:** Ensamble Eje de transmisión – Sprocket  
**Elaborado por:** Elaboración propia

**Aplicación de la ecuación (3-5)**

$$M_{req} = M_{ap} / i \times \eta$$

$$M_{req} = 95.436 / 1.92 \times 0.95$$

$$M_{req} = 52.322 \text{ Nm}$$

El factor de servicio se determina por la naturaleza de la carga con respecto a la duración y frecuencia de funcionamiento, para lo cual se tomarán los valores de su máxima capacidad de diseño.

Para el presente diseño no se tomará en cuenta el factor de servicio con respecto a la temperatura debido a que esta no sobrepasa los 40 °C (ref)

**Fórmula 8: Cálculo de factor de servicio**

$$f_s = S_1 S_2 = M_{adm} / M_{req} \tag{3-8}$$

Donde:

- $f_s$ : factor de servicio del motorreductor.
- $S_1$ : es función de la naturaleza y duración de la carga.
- $S_2$ : es función de la naturaleza y frecuencia de la carga.
- $M_{adm}$ : Momento admisible.
- $M_{req}$ : Momento requerido.

**Tabla 13:** Factor  $S_1$

NATURALEZA DE LA CARGA DE LA MAQUINA ACCIONADA		DURACION DEL FUNCIONAMIENTO horas / día (h /d)				
REF	DESCRIPCION	2	4	8	16	24
U	UNIFORME	0.67	0.85	1	1.25	1.6
M	MEDIA	0.85	1.06	1.25	1.6	2
P	PESADA	1	1.25	1.5	1.9	2.36

**Fuente:** Tomada de Ramfe (33)

Se tomará como dato que el tiempo de subida y bajada es de 44 segundos cada uno; por el arranque se daría cada 88 segundos o 30 arranques por hora. Capacidad máxima.

Tabla 14: Factor  $S_2$

NATURALEZA DE LA CARGA DE LA MAQUINA ACCIONADA		FRECUENCIA DE ARRANQUES arranques / hora (arr / h)							
REF	DESCRIPCION	4	8	16	32	63	125	250	500
U	UNIFORME	1	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.4	1.5
M	MEDIA	1	1	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.4
P	PESADA	1	1	1	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32

Fuente: Tomada de Ramfe (33)

### Aplicación ecuación (3-8)

$$f_s = S_1 \times S_2$$

$$f_s = 1 \times 1.18$$

$$f_s = 1.18$$

Por lo tanto, se realiza la selección de un motorreductor que cumpla o supere los valores calculados de potencia, rpm, momento par y se compara con la (3-8), así como el factor de servicio del proveedor con el calculado. Para determinar el momento admisible, se selecciona el motorreductor de la marca **SEW S 57 DRS80S4BE 1 HP**, donde el momento par de salida es de 190 Nm y su factor de servicio es de 1.35.

### Fórmula 9: Cálculo de factor de servicio aplicado

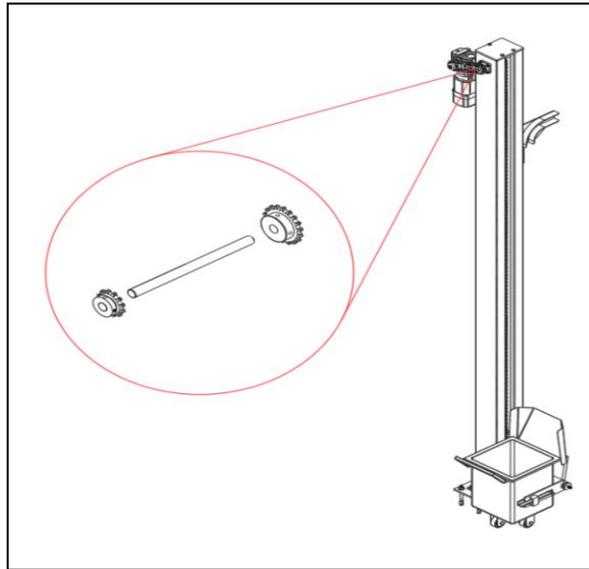
$$f_s = \frac{M_{adm}}{M_{req}} \quad (3-9)$$

$$f_s = (190 \text{ Nm} \times 1.35) / 52.3 \text{ Nm}$$

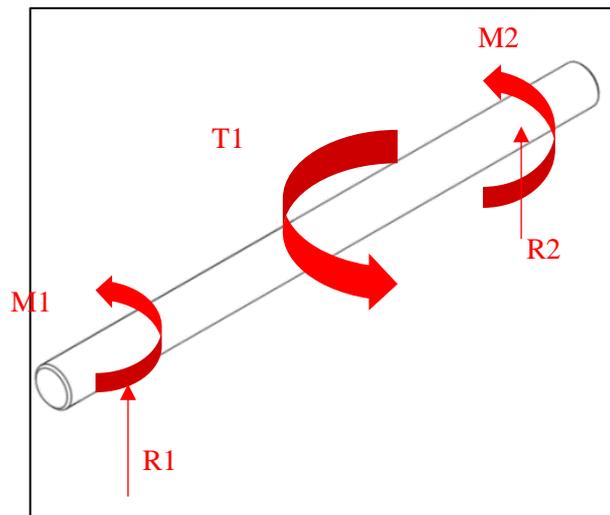
$$f_s = 4.9$$

Así el factor de servicio de 4.9 es mayor al factor de servicio requerido; por lo tanto, el motorreductor operará satisfactoriamente.

### 3.2.5.7 Diseño del eje de transmisión



**Figura 57:** Diseño del eje de transmisión  
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 58:** Diagrama de cuerpo libre de Sprocket  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Para el diseño del eje de transmisión se tomará en cuenta un diámetro de 1 pulgada, teniendo en cuenta los diámetros de ejes de reductores de baja potencia calculados en el punto “a”.

Siendo las cargas que afectarán al eje, son el momento par de salida del motorreductor de 190 Nm que generará una carga de torsión sobre el elemento. Ya que una carga muerta y viva por el peso de la cuchara, el azúcar y accesorios, adicionando la carga de la cadena y sprockets. Para determinar esta carga se aplica la ecuación (3-1).

$$U = 1.2 D + 1.6 L$$

**Carga muerta (D)**

- Azúcar: 50 Kg
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg
- Eje hueco: 4.7 Kg
- Carro móvil: 17.4 kg
- Cadena: 10.9 Kg
- Sproket (02) = 3.4 Kg

$$D = 110.7 \text{ Kg}$$

**Carga viva (L)**

- Azúcar: 50 Kg
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg
- Eje hueco: 4.7 Kg
- Carro móvil: 17.4 kg
- Cadena: 10.9 Kg
- Sprocket (02) = 3.4 Kg

$$D = 110.7 \text{ Kg}$$

**Aplicación ecuación (3-1)**

$$U = 1.2 D + 1.6 L$$

$$U = 1.2(110.7) + 1.6(110.7)$$

$$U = 309.96 \text{ Kgf}$$

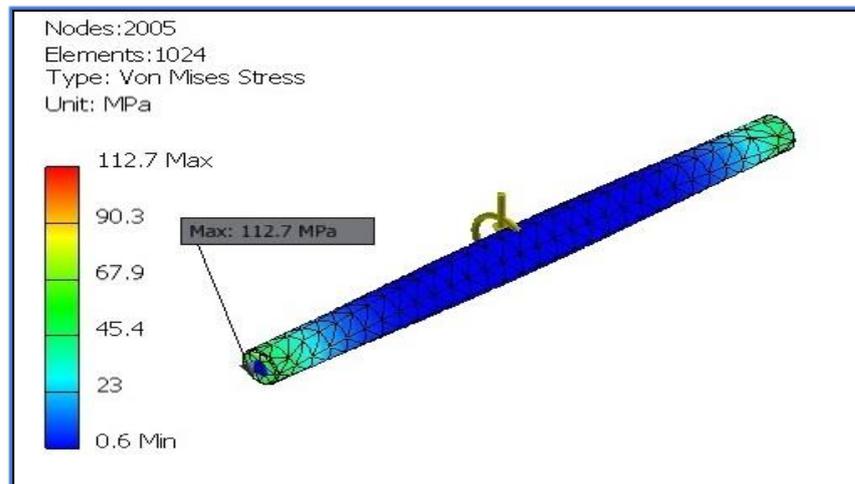
## Análisis de resultados

El resultado del stress máximo es de 112.7 MPa, lo que asegura que el diámetro del eje es el adecuado para soportar las cargas aplicadas dentro de los límites elásticos del material.

**Tabla 15:** Resultados de simulación – eje de transmisión

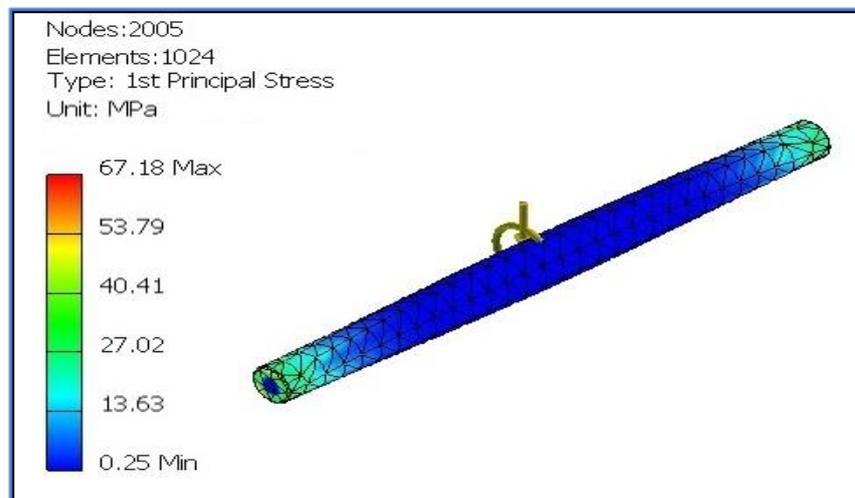
RESULTADOS DE SIMULACIÓN	
Von Mises Stress (MPa)	112.7
1st Principal Stress (MPa)	67.18
3rd Principal Stress (MPa)	0.23
Desplazamiento (mm)	0.03887

**Elaborado por:** Elaboración propia



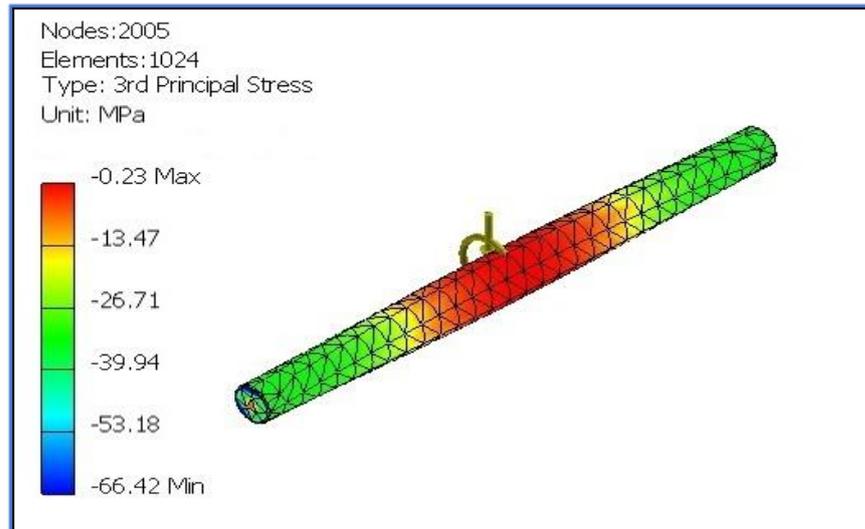
**Figura 59:** Von Mises Stress – eje de transmisión

**Elaborado por:** Elaboración propia



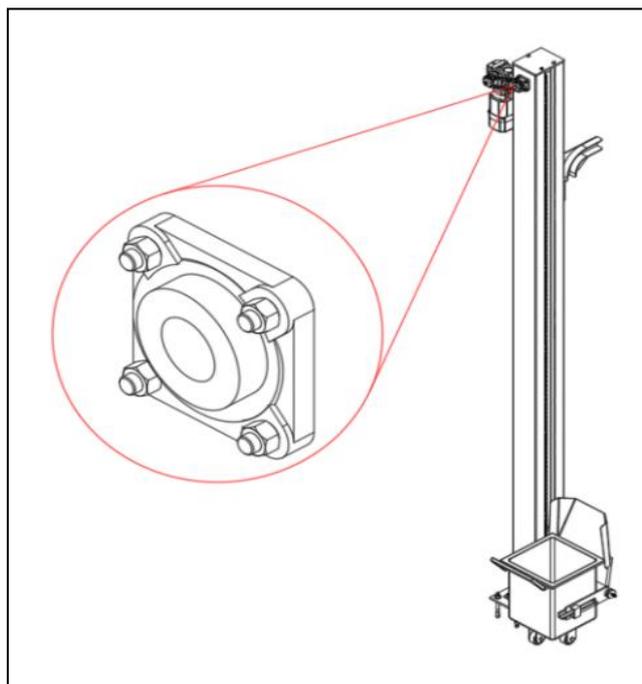
**Figura 60:** 1st Principal Stress – eje de transmisión

**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 61:** 3rd Principal Stress – eje de transmisión  
**Elaborado por:** Elaboración propia

### Selección del rodamiento



**Figura 62:** Rodamiento 6204  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Para la selección del rodamiento se tendrá en cuenta la carga dinámica y estática, que serán a su vez la carga muerta y carga viva de los elementos del sistema de transmisión.

Asimismo, se tendría que seleccionar un rodamiento que se adecuara al diámetro del eje de transmisión que se ha simulado. Ya que dicho rodamiento que cumple con estos parámetros es el rodamiento rígido de bolas de una hilera 6204.

**Carga estática (C)**

**Fórmula 10: Cálculo de carga estática**

$$C = 1.2 \times 1.107 \text{ KN} \quad (3-10)$$

$$C = 1.33 \text{ KN}$$

**Carga dinámica (Co)**

**Formula 11: Cálculo de carga dinámica**

$$Co = 1.6 \times 1.107 \text{ KN} \quad (3-11)$$

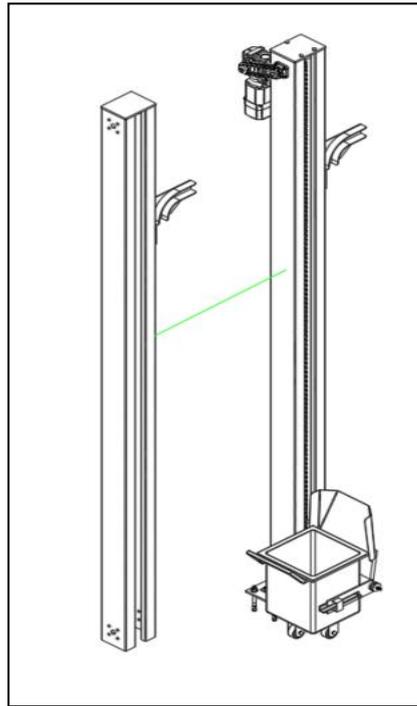
$$Co = 1.77 \text{ KN}$$

**Tabla 16: Rodamientos rígidos de bolas**

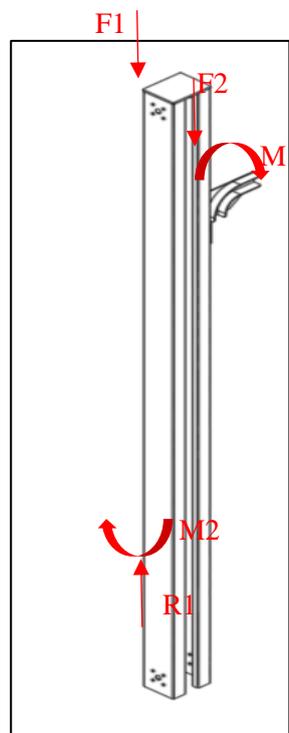
Dimensiones principales	Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
	dinámica C	estática Co		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
d D B	kN	kN	r. p. m.	kg	-		
<b>12</b>	21 5	1,74 0,915	0,039	70 000 43 000	0,0063	61801	
	24 6	2,91 1,46	0,062	67 000 40 000	0,011	61901	
	28 8	5,4 2,36	0,1	60 000 38 000	0,021	* 6001	
	30 8	5,07 2,36	0,1	60 000 38 000	0,026	16101	
	32 10	7,28 3,1	0,132	50 000 32 000	0,037	* 6201	
	37 12	10,1 4,15	0,176	45 000 28 000	0,06	* 6301	
<b>15</b>	24 5	1,9 1,1	0,048	60 000 38 000	0,0065	61802	
	28 7	4,36 2,24	0,095	56 000 34 000	0,016	61902	
	32 8	5,85 2,85	0,12	50 000 32 000	0,03	* 16002	
	32 9	5,85 2,85	0,12	50 000 32 000	0,03	* 6002	
	35 11	8,06 3,75	0,16	43 000 28 000	0,045	* 6202	
	42 13	11,9 5,4	0,228	38 000 24 000	0,082	* 6302	
<b>17</b>	26 5	2,03 1,27	0,054	56 000 34 000	0,0075	61803	
	30 7	4,62 2,55	0,108	50 000 32 000	0,016	61903	
	35 8	6,37 3,25	0,137	45 000 28 000	0,038	* 16003	
	35 10	6,37 3,25	0,137	45 000 28 000	0,038	* 6003	
	40 12	9,95 4,75	0,2	38 000 24 000	0,065	* 6203	
	40 12	11,4 5,4	0,228	38 000 24 000	0,064	6203 ETN9	
	47 14	14,3 6,55	0,275	34 000 22 000	0,11	* 6303	
	62 17	22,9 10,8	0,455	28 000 18 000	0,27	6403	
<b>20</b>	32 7	4,03 2,32	0,104	45 000 28 000	0,018	61804	
	37 9	6,37 3,65	0,156	43 000 26 000	0,037	61904	
	42 8	7,28 4,05	0,173	38 000 24 000	0,05	* 16004	
	42 12	9,95 5	0,212	38 000 24 000	0,067	* 6004	
	47 14	13,5 6,55	0,28	32 000 20 000	0,11	* 6204	
	47 14	15,6 7,65	0,325	32 000 20 000	0,098	6204 ETN9	
	52 15	16,8 7,8	0,335	30 000 19 000	0,14	* 6304	
	52 15	18,2 9	0,38	30 000 19 000	0,14	6304 ETN9	
	72 19	30,7 15	0,64	24 000 15 000	0,41	6404	
<b>22</b>	50 14	14 7,65	0,325	30 000 19 000	0,13	62/22	
	56 16	18,6 9,3	0,39	28 000 18 000	0,18	63/22	

Fuente: Tomada de SKF (34)

### 3.2.5.8 Diseño de la Columna



**Figura 63:** Diseño de la Columna  
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 64:** Diagrama de cuerpo libre de la columna  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Para nuestro diseño, tomará importancia en la construcción de la columna, que cumplirá dos funciones: la primera, de ser soporte estructural de todos los elementos de diseño; y segundo, la función de guía para el ascenso y descenso de la carga por intermedio de la cuchara y su mecanismo en conjunto con el carro móvil.

Para ello, dicha columna tendrá un carril de desviación a 90° para que la cuchara pueda cambiar su dirección hacia la descarga del molino.

Siendo así, el plegado de la columna debería formar una geometría que permitirá cumplir la función de carril interno para el carro móvil, por lo que dichas dimensiones dependerán de las dimensiones del carro móvil. Se empezará con espesores comerciales, comenzando *con una medida* de 1/8" de espesor.

Teniendo en cuenta que primero se determina la carga que soportará la columna de acuerdo con la ecuación (3-1) y después se aplicará el mismo criterio para el carril a 90°.

$$U = 1.2D + 1.6L \quad (3-1)$$

#### Carga muerta (D)

- Azúcar: 50 Kg
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg
- Eje hueco: 4.7 Kg
- Carro móvil: 17.4 kg
- Cadena: 10.9 Kg
- Sprocket (02) = 3.4 Kg
- Rodamientos y soportes (04) = 3.2 Kg
- Motorreductor = 50 Kg.

$$D = 163.9 \text{ Kg}$$

#### Carga viva (L)

- Azúcar: 50 Kg
- Cuchara: 14.5 Kg.

- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg
- Eje hueco: 4.7 Kg
- Carro móvil: 17.4 kg
- Cadena: 10.9 Kg
- Sproket (02) = 3.4 Kg

$$\mathbf{L = 110.7 Kg}$$

### **Aplicación de la ecuación (3-1)**

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$U = 1.2(163.9) + 1.6(110.7)$$

$$\mathbf{U = 177.12 Kg. (kilogramo-fuerza)}$$

La columna diseñada es un elemento que soportará una carga axial y una carga excéntrica, teniendo presente que la columna no se comporta como una columna ideal y que la excentricidad es atípica, excediendo las dimensiones del peralte del perfil; además, la geometría de la columna no es un perfil comercial, sino hecho con material plegado, por lo que los datos del perfil no se encuentran en tablas, sino que serán calculados u obtenidos por la modelación en el programa Professional Inventor.

### **Cálculo de la relación de esbeltez según los materiales (L/r)**

El propósito de este cálculo es comparar la relación de esbeltez de los materiales con la relación de esbeltez basada en la geometría. ya que, si el valor de la esbeltez geométrica es mayor que el de los materiales, alcanzamos a decir que es una columna larga y esbelta, pudiéndose aplicar las fórmulas de Euler en determinar la carga crítica y esfuerzo crítico de pandeo. Siendo el valor de la esbeltez según la geometría menor que el de la esbeltez según los materiales, logramos decir que es una columna corta o intermedia, para lo cual no se aplican las fórmulas de Euler, sino otros métodos empíricos como los del profesor J.B. Johnson o la fórmula de Tetmajer.

Entonces, para determinar la relación de esbeltez según los materiales, se empleará la ecuación (3-13) que se obtiene de despejar la ecuación de esfuerzo crítico de Euler (3-12)

**Fórmula 12: Cálculo de esfuerzo crítico o pandeo de Euler**

$$\sigma_{\ell} = \frac{\pi^2 \mathcal{E}}{k \left(\frac{L}{r}\right)^2} \quad (3-12)$$

Despejando (L / r) se obtiene la ecuación (3-13)

**Fórmula 13: Cálculo de relación de esbeltez**

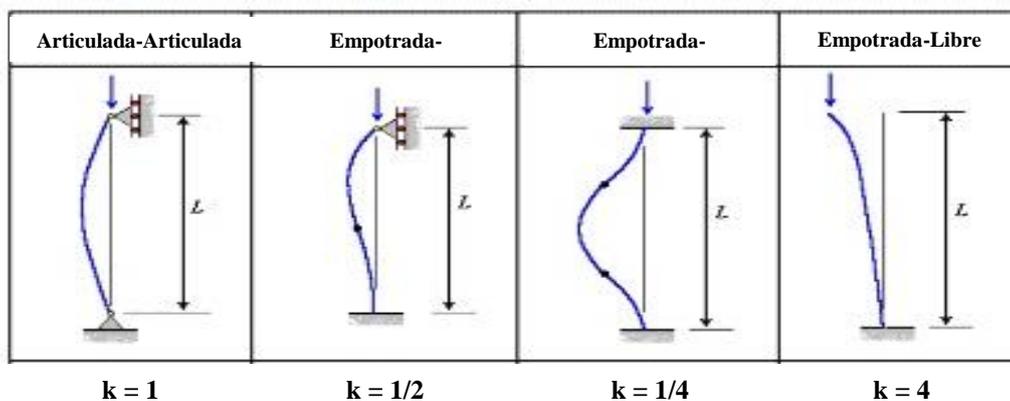
$$\frac{L}{r} = \sqrt{\frac{\pi^2 \mathcal{E}}{k \sigma_{\ell}}} \quad (3-13)$$

Donde:

- L: Longitud de la columna
- r: Radio de giro del perfil estructural
- $\mathcal{E}$ : Módulo de elasticidad del acero inoxidable AISI 304: 193 GPa
- k: Coeficiente para las condiciones de sujeción
- $\sigma_{\ell}$ : Límite elástico del acero inoxidable AISI 304: 205 MPa

**Selección del coeficiente para las condiciones de sujeción (k)**

Para el presente análisis del diseño se considerará el caso de columna fija mediante en su base y libre en su parte superior, asignándole un valor de k=4.



**Figura 65:** Tomada de Andrew y Ferdinand (23)

Remplazamos los parámetros en la ecuación (3-13)

$$\frac{L}{r} = \sqrt{\frac{\pi^2 \mathcal{E}}{k \sigma_\ell}}$$

$$\frac{L}{r} = \sqrt{\frac{(3.1416)^2 (193 \times 10^9 \text{ N/m}^2)}{4(205 \times 10^6 \text{ N/m}^2)}}$$

$$\frac{L}{r} = \sqrt{\frac{1909.928 \times 10^9}{820 \times 10^6}}$$

$$\frac{L}{r} = \sqrt{2329.180}$$

$$\frac{L}{r} = 48.262$$

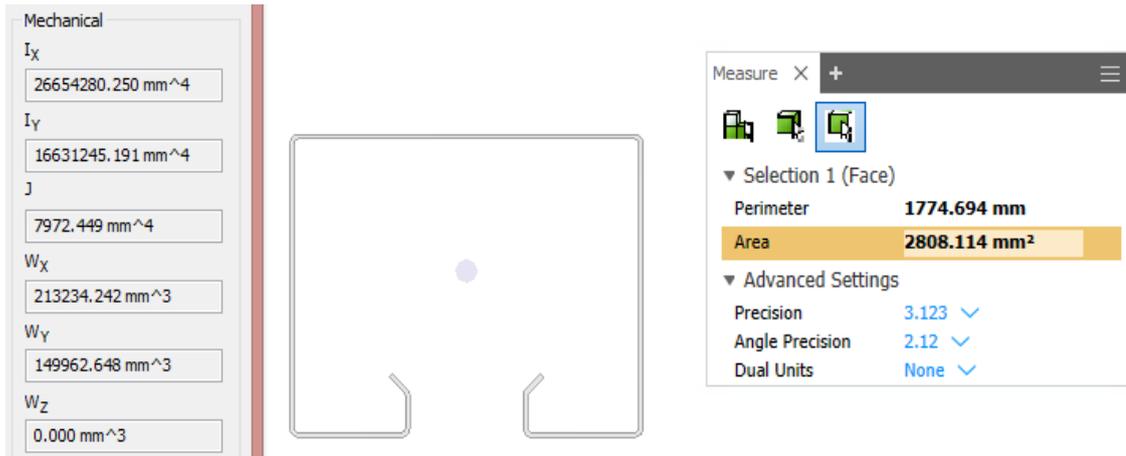
**Cálculo de la relación de esbeltez según la geometría.**

Mediante este cálculo se utilizarán valores propios de la geometría del perfil estructural que se obtienen de tablas estandarizadas.

Dado que el diseño de la columna es único en dicho valor, como el momento de inercia (I) y el área neta serán obtenidos por los datos que da el programa.

En la cual se aplicará la ecuación (3-15), que relaciona el radio (r), el área neta (A) y el momento de inercia, menor, que para el caso del diseño, será el momento de inercia (I<sub>y</sub>). Con esta ecuación se determinará el radio de giro para este perfil y lo reemplazaremos en la ecuación (3-14), que relaciona proporcionalmente lo que sería la longitud de la columna con el radio de giro.

$$\frac{L}{r} = \text{relación de esbeltez según la geometría} \quad (3-14)$$



**Figura 66:** Parámetros de momento de inercia  $I_x$ ,  $I_y$  y área neta  $A$

Determinamos el radio de giro para este perfil con la ecuación

**Fórmula 14: Cálculo del radio de giro**

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (3-15)$$

Donde:

- $r$ : radio de giro del perfil estructural
- $I$ : momento de inercia  $I_y$ : 16631245.191 mm<sup>4</sup>
- $A$ : área neta del perfil estructural: 2808.114 mm<sup>2</sup>

**Remplazamos los valores en la ecuación (3-15)**

$$r = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{16631245.191 \text{ mm}^4}{2808.114 \text{ mm}^2}}$$

$$r = \sqrt{5922.5677}$$

$$r = 76.958 \text{ mm}$$

### Remplazamos el valor de r en la ecuación (3-14)

$$\frac{L}{r} = \frac{4500 \text{ mm}}{76.958 \text{ mm}}$$

$$\frac{L}{r} = 58.473$$

Por lo tanto, podemos decir que el valor de la esbeltez según la geometría de 58.473 es mayor al valor de 48.262 de la esbeltez según los materiales; podemos ubicarla en su gráfica de Euler para este perfil, teniendo una columna esbelta, estando aplicables las ecuaciones de Euler para determinar la carga crítica y esfuerzo crítico para columnas esbeltas.

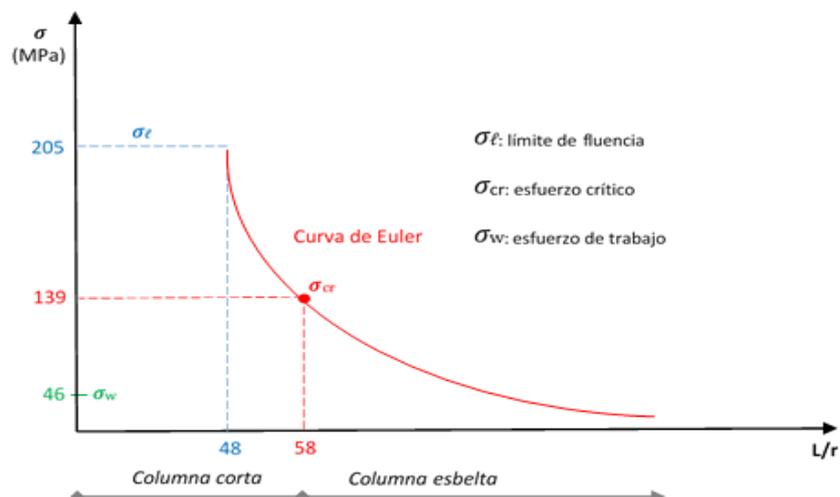


Figura 67: Aplicación de la curva de Euler para la columna

Según los cálculos, podemos decir que para el esfuerzo de fluencia o límite elástico  $\sigma_l$  corresponde una relación de esbeltez de 48 y que este es el punto en la gráfica donde el material falla. También podemos ver que la relación de esbeltez de 58 está dentro de la curva de Euler y que clasifica a la columna como esbelta. Para ello, se calculará el esfuerzo crítico  $\sigma_{cr}$ , que es el esfuerzo máximo que puede soportar una columna permaneciendo recta que sobrepasando este esfuerzo, la columna iniciará su deformación por pandeo. Después se determinará el esfuerzo de trabajo  $\sigma_w$ , que es el esfuerzo idóneo al cual debe trabajar la columna.

### Cálculo del esfuerzo crítico ( $\sigma_{cr}$ )

Para este cálculo se tiene que ver la relación de esbeltez de acuerdo a la geometría, sea mayor a la relación de esbeltez de acuerdo a los materiales, siendo la columna ubicada mediante una clasificación de columna esbelta y dentro de la curva de Euler. Se puede aplicar sus ecuaciones en la que se determina su esfuerzo crítico, teniendo el valor que ya se ha mencionado, no debiendo sobrepasar el esfuerzo obtenido en las simulaciones, ya que esto indicaría que la columna empezaría su deformación por pandeo.

#### Fórmula 15: Cálculo del esfuerzo crítico

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{k \left(\frac{L}{r}\right)^2} \quad (3-16)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{(3.1416)^2 (193 \times 10^9 \text{ N/m}^2)}{4(58.473)^2}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{1904.717 \times 10^9 \text{ N/m}^2}{13676.367}$$

$$\sigma_{cr} = 139270684.97065 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{cr} = 139.271 \text{ MPa}$$

### Cálculo del esfuerzo de trabajo ( $\sigma_w$ )

Para este cálculo del diseño en esfuerzo de trabajo se tomará en cuenta el factor de seguridad de 3, de acuerdo a los cálculos de Euler y aceptados por la AISC.

#### Fórmula 16: Cálculo del esfuerzo de trabajo

$$\sigma_w = \frac{\sigma_{cr}}{3} \quad (3-17)$$

$$\sigma_w = \frac{139.271 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_w = 46.423 \text{ MPa}$$

### Cálculo de la carga crítica ( $P_{cr}$ )

Teniendo la carga crítica, se interpretaría como la carga máxima axialmente en la que podría estar sometida su columna permaneciendo en esta recta, teniendo en cuenta que este valor no debería ser superado por la carga factorizada (U) calculada en la (sección 5.8.1) de  $U = 177.12 \text{ Kgf}$ , ya que esto significaría que la columna sufriría la deformación por pandeo.

#### Fórmula 17: Cálculo de la carga crítica

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \mathcal{E} I_y}{kL^2} \quad (3-18)$$

Donde:

- $P_{cr}$ : Carga crítica
- $\mathcal{E}$ : Módulo de elasticidad del acero inoxidable AISI 304: 193 Gpa
- I: Menor momento de inercia  $I_y$ : 16631245.191 mm<sup>4</sup>
- k: Coeficiente para las condiciones de sujeción
- L: Longitud de la columna

Reemplazando los datos en la ecuación (3-18)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \mathcal{E} I_y}{kL^2}$$

$$P_{cr} = \frac{(3.1416)^2 (193 \times 10^9 \text{ N/m}^2) (1.6632 \times 10^{-5} \text{ m}^4)}{4(4.5 \text{ m})^2}$$

$$P_{cr} = \frac{31677.729 \times 10^3}{81}$$

$$P_{cr} = 391083.074 \text{ N}$$

$$P_{cr} = 391.083 \text{ KN}$$

Pudiendo Aplicar el mismo factor de seguridad de 3, que se usó para el esfuerzo de trabajo  $\sigma_w$

$$P_{cr} = \frac{391.083 \text{ KN}}{3}$$

$$P_{cr} = 130.361 \text{ KN}$$

Podemos decir, que la carga factorizada (U) aplicada a la columna de 177.12 Kgf equivalente a 1.771 KN está por debajo de la carga crítica (Pcr) permitida de 130.361 KN por lo que esta columna no presentará deformación por pandeo.

### **Cálculo del esfuerzo permitido con carga excéntrica**

Por lo tanto, hasta el momento se han realizado los cálculos para que la columna soporte las cargas axiales y así las fórmulas empleadas bajo los criterios del diseño; sin embargo, la columna también soportará una carga excéntrica que es originada por el carril a 90°, que se desplazará la carga a 440 mm con respecto al eje axial del perfil. Se tiene que determinar si la columna podrá soportar esta carga excéntrica.

En este contexto, determinar la carga excéntrica es complejo debido a ecuaciones no lineales como la fórmula secante que idealmente requeriría métodos numéricos. No obstante, AISC emplea técnicas prácticas basadas en curvas y diagramas de diseño que aproximan con precisión los resultados.

Mediante la resolución gráfica, se necesitará ubicar la relación de esbeltez (L/r) correspondiente a la relación según la geometría de 58.473 y la excentricidad (3-19), que es una variante de la fórmula de la secante aplicada a este método.

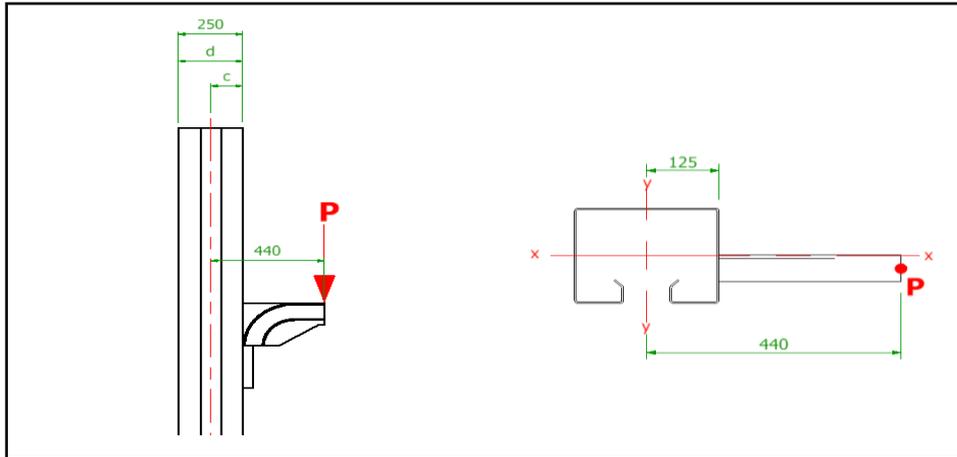
**(3-19)**

#### **Fórmula 18: Cálculo de relación de excentricidad**

$$\text{Relación de excentricidad} = \frac{ec}{r^2} \quad (3-19)$$

Donde:

- e: distancia de la excentricidad de la carga con respecto al eje axial
- c: mitad de la dimensión del peralte del perfil (d/2)
- r: radio de giro



**Figura 68:** Excentricidad de carga y dimensiones de peralte.  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Por lo tanto, en el análisis de la carga excéntrica se deberá calcular un radio de giro tomando en su momento de inercia que esté orientada la carga; para este caso, el momento de inercia que corresponde al sentido de la carga es el momento de inercia  $I_x$ .

**Para el cálculo del radio de giro se utilizará la ecuación (3-15).**

**Fórmula 19: Cálculo del radio de giro**

$$r = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{26654280.250 \text{ mm}^4}{2808.114 \text{ mm}^2}}$$

$$r = \sqrt{9491.8797}$$

$$r = 97.426 \text{ mm}$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (3-19) a excepción de la variable  $c$ , debido a que el parámetro se tomará en cuenta cuando la excentricidad de la carga esté dentro de las dimensiones del peralte. Debido a que la carga excéntrica superará las dimensiones del peralte, se toma en cuenta la dimensión de  $(c)$  dentro de las dimensiones de  $(e)$ . Para este caso, el valor de  $c$  se suprime debido a que este parámetro se toma en cuenta en casos.

**Fórmula 20: Cálculo de relación de excentricidad**

$$\text{Relación de excentricidad} = \frac{ec}{r^2} \quad (3-19)$$

$$\frac{ec}{r^2} = \frac{440}{97.426^2}$$

$$\frac{ec}{r^2} = \frac{440}{9491.825}$$

$$\frac{ec}{r^2} = 0.046$$

Siendo el valor de la relación de la excentricidad que tiende a cero, podemos decir que el valor aproximado del esfuerzo máximo excéntrico es lícito de 115 MPa o que sus valores máximos deben estar entre los 100 MPa y 125 MPa. Estos valores empíricos están sujetos a pruebas de error dependiendo de los resultados de la simulación y ajustando los valores si es que el esfuerzo máximo simulado no está dentro de estos valores.

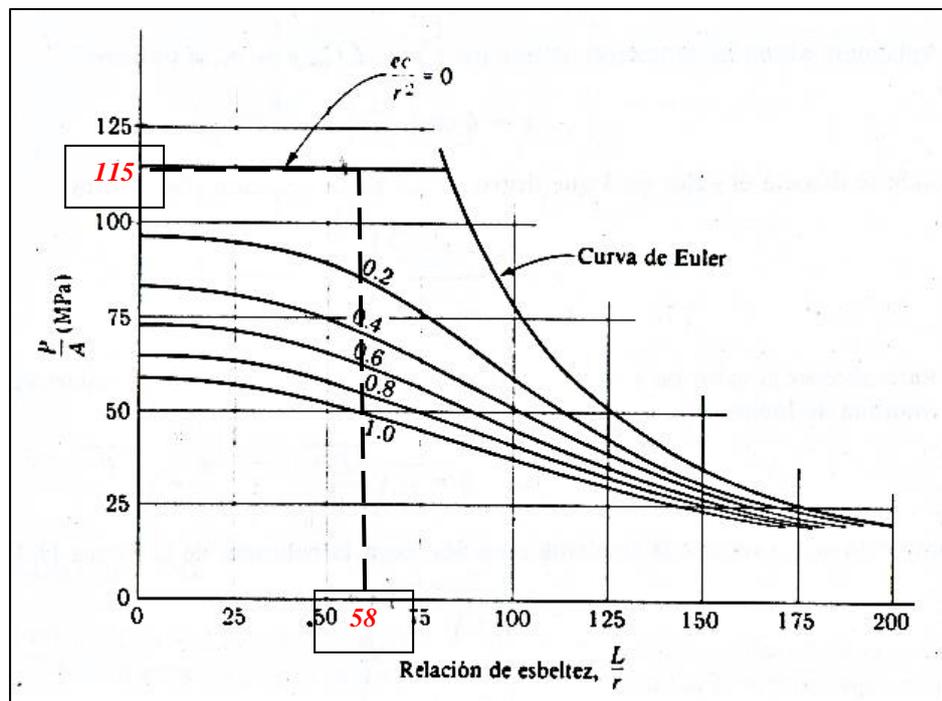


Figura 69: Tomada de Andrew y Ferdinand (23)

Es importante poder comparar los valores calculados con los valores simulados; se utilizará el programa Professional Inventor en los valores obtenidos, ya que estas simulaciones no deben contradecir los resultados obtenidos para que el diseño de la columna sea aceptado.

### Simulación y análisis de resultados de la columna

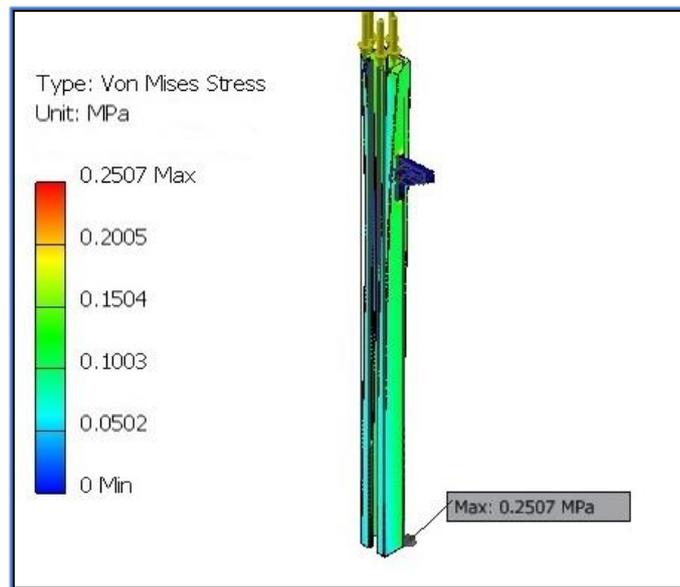
Teniendo la carga factorizada (U) de 1.77 KN, sabiendo que esta no supera la carga crítica ( $P_{cr}$ ), siendo aplicada en la parte superior de la columna de forma axial.

Dichos resultados obtenidos de stress deberían estar en el rango del esfuerzo de trabajo  $\sigma_w$  y no superar el esfuerzo crítico  $\sigma_{cr}$  lo cual implicaría la falla de la columna por pandeo.

**Tabla 17:** Resultados de simulación, elemento: (Columna)

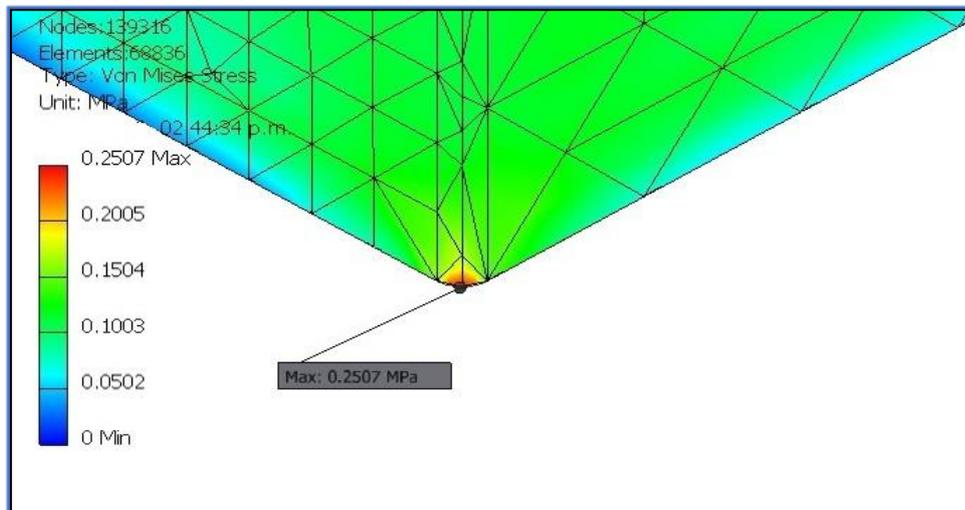
RESULTADOS DE SIMULACIÓN	Opción 1
Von Mises Stress (MPa)	0.2507
1st Principal Stress (MPa)	0.1586
3rd Principal Stress (MPa)	0.0138
Desplazamiento (mm)	0.01223

**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 70:** Von Misses de columna - Opción 1

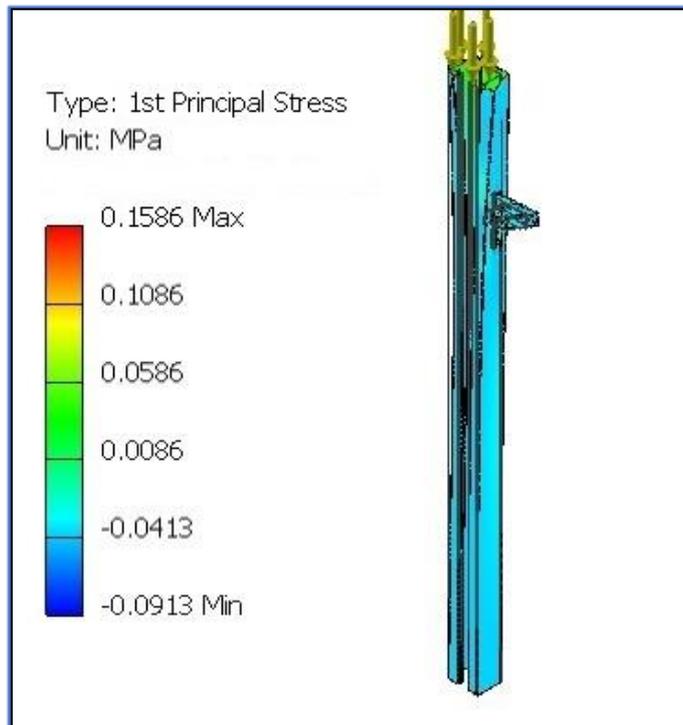
**Elaborado por:** Elaboración propia



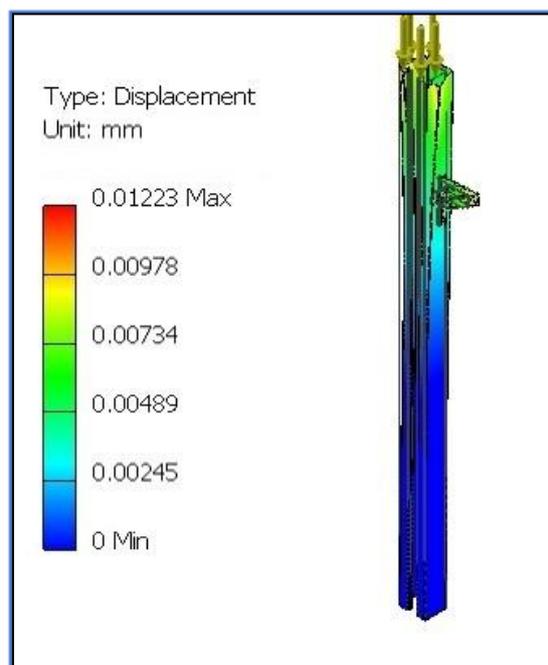
**Figura 71:** Detalle Von Mises Stress columna - Opción 1

**Elaborado por:** Elaboración propia

Los resultados muestran un stress máximo Von Mises de 0.2507 MPa, que está por debajo del esfuerzo de trabajo permitido  $\sigma_w$  de 46.423 MPa, lo que aprueba el diseño de la columna en su carga axial.



**Figura 72:** 1st Principal Stress columna - Opción 1  
**Elaborado por:** Elaboración propia



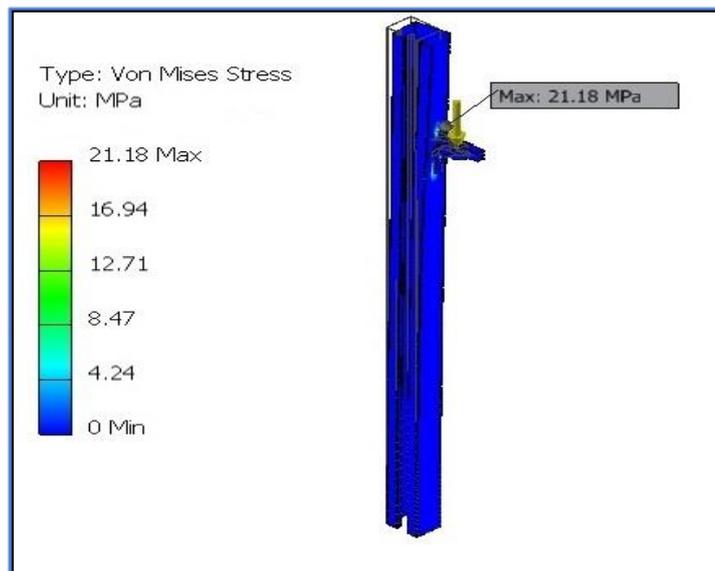
**Figura 73:** Desplazamiento columna - opción 1  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Dado que la simulación de la carga excéntrica (U) a 440 mm en relación con el eje axial del perfil. Siendo obtenidos de stress máximo, no comprometen a superar el esfuerzo de 115 MPa.

**Tabla 18:** Resultados de simulación, elemento: columna hipótesis 2

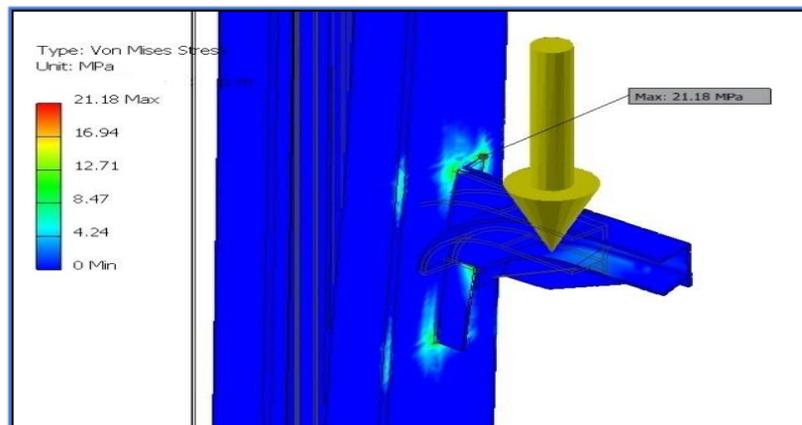
RESULTADOS DE SIMULACIÓN	Opción 2
Von Mises Stress (MPa)	21.18
1st Principal Stress (MPa)	32.8
3rd Principal Stress (MPa)	0.0138
Desplazamiento (mm)	0.6746

**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 74:** Von Mises Stress columna – opción 2

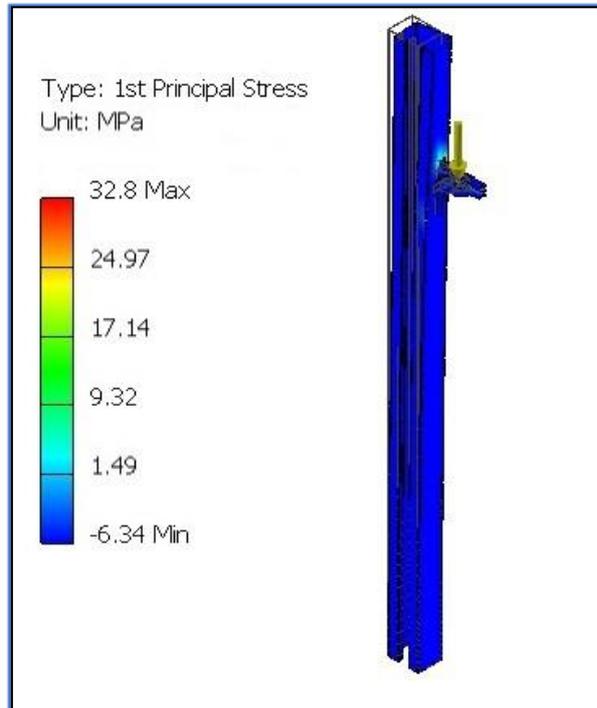
**Elaborado por:** Elaboración propia



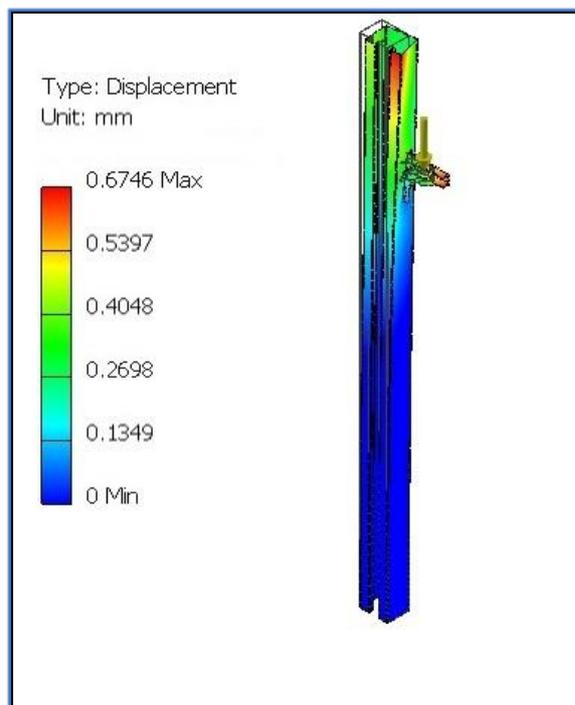
**Figura 75:** Detalle Von Mises Stress columna- opción 2

**Elaborado por:** Elaboración propia

Los resultados muestran un stress máximo Von Mises de 21.18 MPa, que está por debajo del esfuerzo de trabajo permitido  $\sigma_w$  de 115 MPa, lo que aprueba el diseño de la columna en su carga excéntrica.



**Figura 76:** 1st Principal Stress columna – opción 2  
**Elaborado por:** Elaboración propia

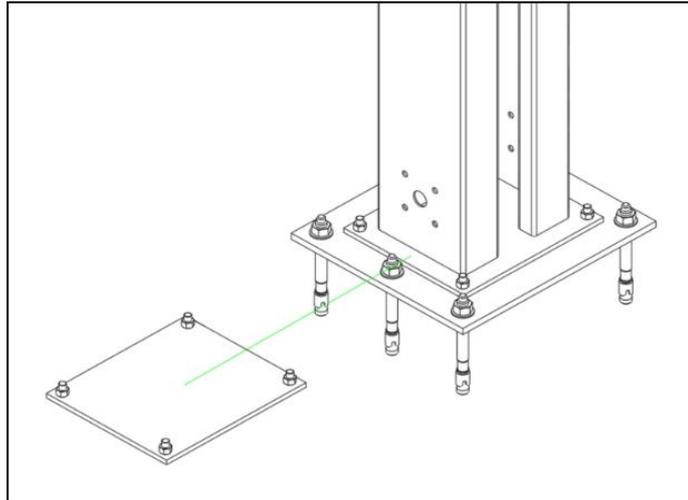


**Figura 77:** Desplazamiento columna- opción 2  
**Elaborado por:** Elaboración propia

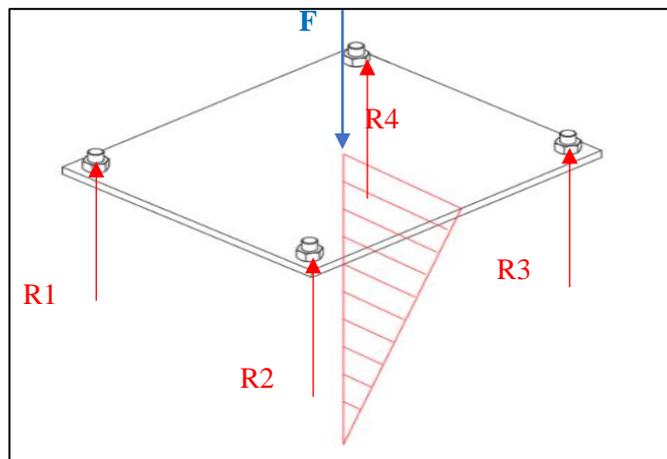
Por lo cual, el espesor seleccionado cumplirá las especificaciones de las cargas aplicadas, teniendo en cuenta que no superará el límite elástico permitido.

Se recomienda instalar tensores en la parte superior de la columna debido a la esbeltez del elemento.

### 3.2.5.9 Diseño de la placa base



**Figura 78:** Diseño de la placa base  
**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 79:** Diagrama de cuerpo libre placa base  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Siendo la base, esta será diseñada en acero inoxidable 304, ya que debe soportar la carga de todos los elementos diseñados y seleccionados, por lo que se realizarán las simulaciones hasta determinar su espesor adecuado y requerido, siendo la hipótesis más adecuada la placa con un espesor de 5/8”.

Se aplicará la ecuación (3-1) adicionando la carga por el peso de la columna.

$$U = 1.2 D + 1.6 L \quad (3-1)$$

**Carga muerta (D)**

- Azúcar: 50 Kg
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg
- Eje hueco: 4.7 Kg
- Carro móvil: 17.4 kg
- Cadena: 10.9 Kg
- Sprocket (02): 3.4 Kg
- Rodamientos y soportes (04): 3.2 Kg
- Motorreductor: 50 Kg.
- Columna: 106.9 kg

$$D = 270.8 \text{ Kg}$$

**Carga viva (L)**

- Azúcar: 50 Kg
- Cuchara: 14.5 Kg.
- Chute: 3.2 Kg.
- Garruchas (04 unid.): 2 Kg
- Acople (02 unid.): 4.6 Kg
- Eje hueco: 4.7 Kg
- Carro móvil: 17.4 kg
- Cadena: 10.9 Kg
- Sprocket (02) = 3.4 Kg

$$L = 110.7 \text{ Kg}$$

### Aplicación de la ecuación (3-1)

$$U = 1.2 D + 1.6 L$$

$$U = 1.2(270.8) + 1.6(110.7)$$

$$U = 412.08 \text{ Kgf}$$

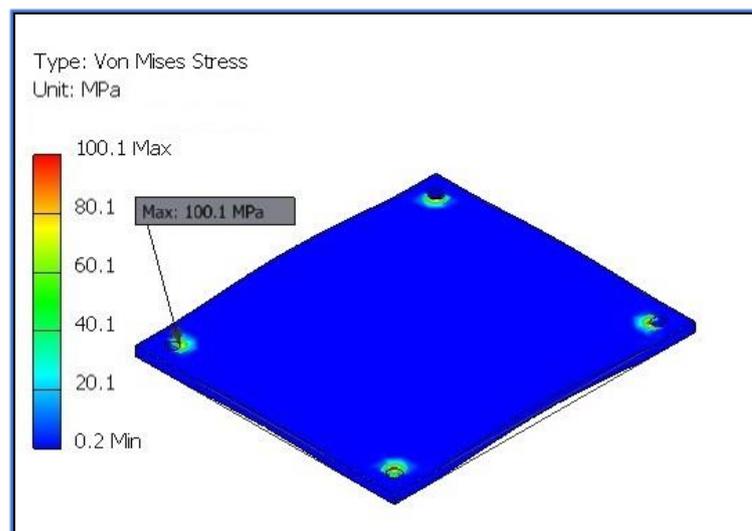
### Análisis de resultados

Por lo tanto, la simulación con un espesor de placa de 5/8", dio como resultado el stress máximo de 100.1 MPa estando debajo del límite elástico, siendo este espesor adecuado para la aplicación.

**Tabla 19:** Resultados de simulación elemento: placa base

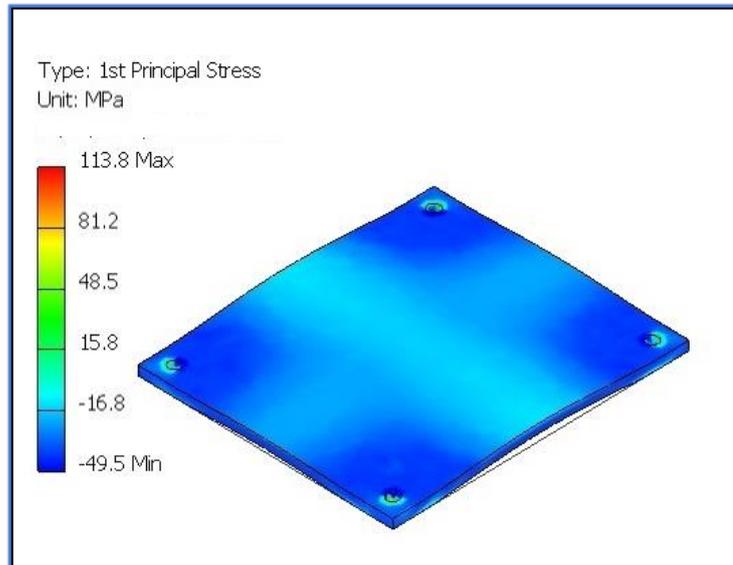
RESULTADOS DE SIMULACIÓN	
Von Mises Stress (MPa)	100.1
1st Principal Stress (MPa)	113.8
3rd Principal Stress (MPa)	35.0
Desplazamiento (mm)	0.1154

**Elaborado por:** Elaboración propia



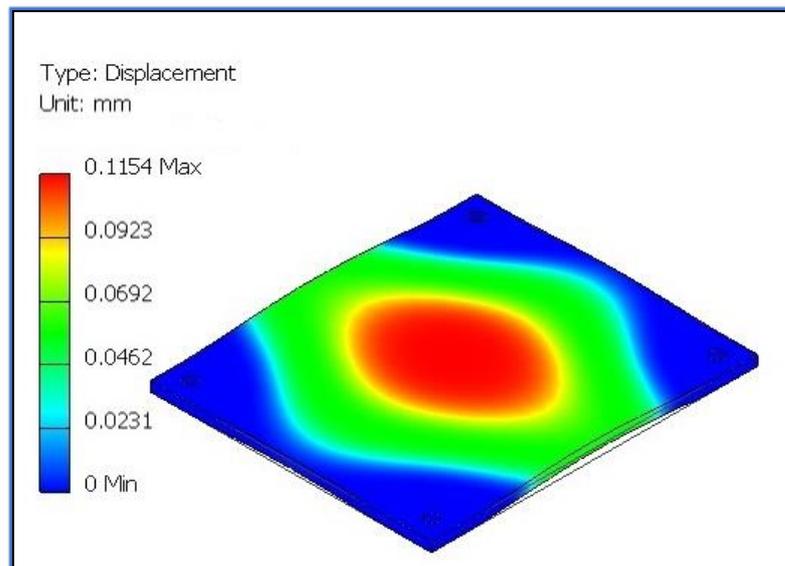
**Figura 80:** Von Mises Stress placa base

**Elaborado por:** Elaboración propia



**Figura 81:** 1st Principal Stress - placa base  
**Elaborado por:** Elaboración propia

Los resultados muestran un stress máximo Von Mises de 101.1 MPa, que se encuentra por debajo de los límites del esfuerzo elástico permitido de 205 MPa, por lo que el espesor de la plancha es el adecuado.



**Figura 82:** Desplazamiento placa base  
**Elaborado por:** Elaboración propia

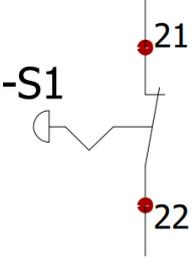
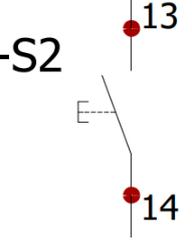
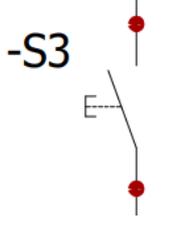
### 3.2.5.10 Sistema eléctrico

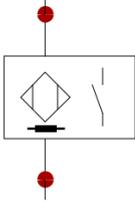
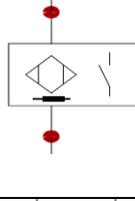
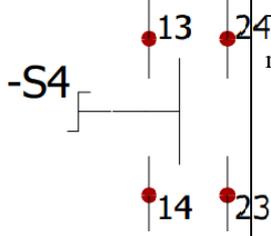
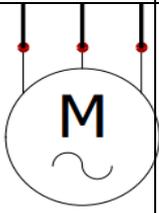
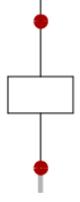
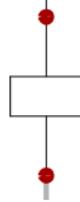
La importancia del inicio, del arranque del motorreductor es fundamental; para ello, se contará con un tablero eléctrico operacional; además, el accionamiento se realizará por medio de una botonera de forma manual.

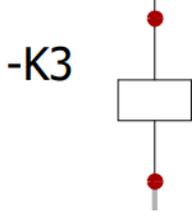
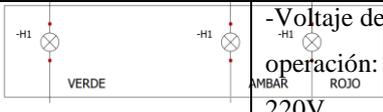
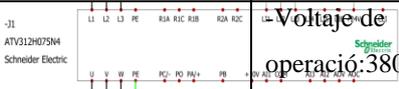
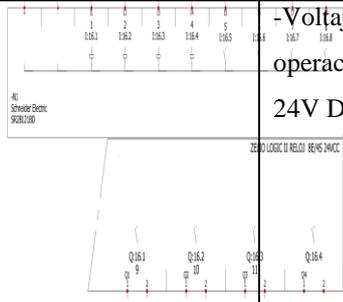
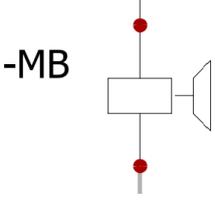
Ya que el tablero contará con un botón de parada de emergencia e indicadores luminosos rojo, verde y amarillo que indicarán respectivamente cuando el equipo esté en su etapa de ascenso, descarga y descenso.

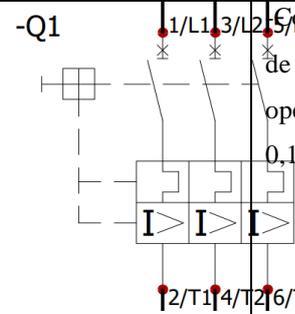
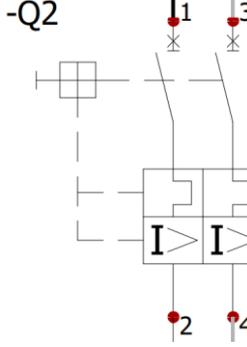
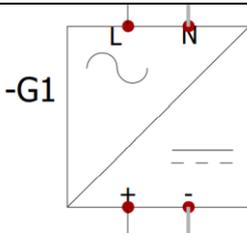
Se deberá tomar en cuenta que el equipo debe contar con la señalética adecuada de seguridad de riesgos eléctricos, atrapamientos, carga suspendida para evitar accidentes al operador.

**Tabla 20:** Matriz de descripción del funcionamiento electrónico del elevador

NOMBRE	ETIQUETA PLC	DIRECCIÓN PLC	ETIQUETA DIAGRAMA ELÉCTRICO	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
Pulsador stop de emergencia tipo hongo Schneider Electric XB5AS542	PARO	I1	S1		-Corriente máxima 3A
Pulsador normalmente abierto, retorno automático de Schneider Electric XB5AA31	SUBIR	I2	S2		-Corriente máxima 3ª
Pulsador normalmente abierto, retorno automático Schneider Electric XB5AA31	BAJAR	I3	S3		-Corriente máxima 3A

NOMBRE	ETIQUETA PLC	DIRECCIÓN PLC	ETIQUETA DIAGRAMA ELÉCTRICO	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
Sensor de proximidad inductivo 24 v	LIMITE ALTO	I4	B1	-B1 	Voltaje de operación: 24V DC
Sensor de proximidad inductivo	LIMITE BAJO	IB	B2	-B2 	Voltaje de operación: 24V DC
Selector de 3 posiciones neutro en centro Schneider Electric XB5AD33	- MANUAL - AUTOMATICO	-IC -ID	S4	-S4 	Corriente máxima 6ª
Motor eléctrico Trifásico			M1	-M1 	-Voltaje de operación: 380 V trifásico. Potencia: 1 HP
Bobina relé relevador Schneider Electric RXM4AB1P7			K1	-K1 	-Voltaje de operación: 220V.
Bobina relé relevador Schneider Electric			K2	-K2 	-Voltaje de operación: 220V.

NOMBRE	ETIQUETA PLC	DIRECCIÓN PLC	ETIQUETA DIAGRAMA ELÉCTRICO	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
RXM4AB1P7					
Bobina, relé relevador Schneider Electric RXM4AB1P7			K3		-Voltaje de operación: 220V.
Torre luminosa Schneider Electric XVMM2R6AGS B			H1		-Voltaje de operación: 220V.
Variador de velocidad Schneider Electric ATV312H075N4			J1		-Voltaje de operación: 380 V trifásico  -Potencia: 1 HP
PLC ZELIO Schneider Electric SR2B121BD			N1		-Voltaje de operación: 24V DC
BOBINA DE FRENO ELECTROMAGNÉTICO			MB		-Máximo voltaje de operación: 590V.

NOMBRE	ETIQUETA PLC	DIRECCIÓN PLC	ETIQUETA DIAGRAMA ELÉCTRICO	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
					-Voltaje de operación: 220V.
Guarda motor 3P Schneider Electric GV2ME01			Q2	-Q1 	-Corriente de operación: 0,1..0,16 A
Interruptor termo magnético 2P Schneider Electric A9F94206			Q2	-Q2 	-Máximo voltaje de operación: 500V.  -Corriente de operación: 6 A
Fuente AC/DC Schneider Electric ABL8MEM2401 2			G1	-G1 	-Voltaje de operación: 230V Máxima corriente de salida: 1,2A -Voltaje de salida: 24Vdc -Potencia: 30W

Elaborado por: Elaboración propia

### **Secuencia para energizar el tablero eléctrico de control del elevador:**

- Primero: Energizar el circuito de fuerza accionando el interruptor guarda motor (Q1), se energizará el variador de velocidad (J1).
- Segundo: Energizar el circuito de control accionando el interruptor termomagnético (Q2); se energiza la fuente AC/DC (G1), arrancando el PLC Zelio.
- Finalizados los dos pasos, se tiene el tablero eléctrico listo para operar.

### **Secuencia en modo automático:**

- Se selecciona el modo automático (selector S4) mandando una señal eléctrica a la entrada ID al PLC Zelio (N1) desactivando el relé (K1), y encendiendo la luz ámbar en la torre luminosa (H1).
- Se acciona el inicio de la secuencia accionando el pulsador “SUBIR”(S2), enviando una señal eléctrica a la entrada (I2) en el PLC Zelio, activando el relé (K2) dando marcha al motor eléctrico del elevador “M1” a través del variador de velocidad (J1).
- Cuando el contenedor se eleva hasta accionar el limite alto sensor inductivo (B1), envía una señal eléctrica a la entrada (I2) en el PLC Zelio (N1) deteniendo el motor del elevador activando por un instante el relé (K1) y desactivando el relé (K2) que controlan al variador de velocidad (J1) al mismo tiempo se acciona el freno electromagnético (MB).
- Se inicia un temporizador de 10s en el PLC Zelio (N1).
- Finalizado el tiempo de 10s, el PLC Zelio (N1) activa el relé (K3) y desactiva el freno electromagnético (MB) dando marcha en reversa al motor eléctrico (M1) a través del variador de velocidad (J1).
- Cuando el contenedor llega al punto más bajo, acciona el límite bajo. Sensor inductivo (B2) envía una señal eléctrica a la entrada (IB) en el PLC Zelio (N1) deteniendo el motor del elevador, activando por un instante el relé (K1) y desactivando el relé (K3) que controlan al variador de velocidad (J1). Al mismo tiempo se acciona el freno electromagnético (MB).
- Al finalizar la secuencia, el sistema se predispone para ser iniciado nuevamente.
- Se puede detener la secuencia en cualquier punto accionando el paro de emergencia “PARO” (pulsador S1) o seleccionando “0” en el selector (selector S4).

## Modo manual

- Se selecciona el modo manual (selector S4).
- Para elevar el contenedor se acciona “SUBIR” (pulsador S2).
- Para descender el contenedor se acciona “BAJAR” (pulsador S3).
- Para detener el contenedor se puede utilizar el paro de emergencia “PARO” (pulsador S1) o seleccionando “0” en el selector (selector S4).

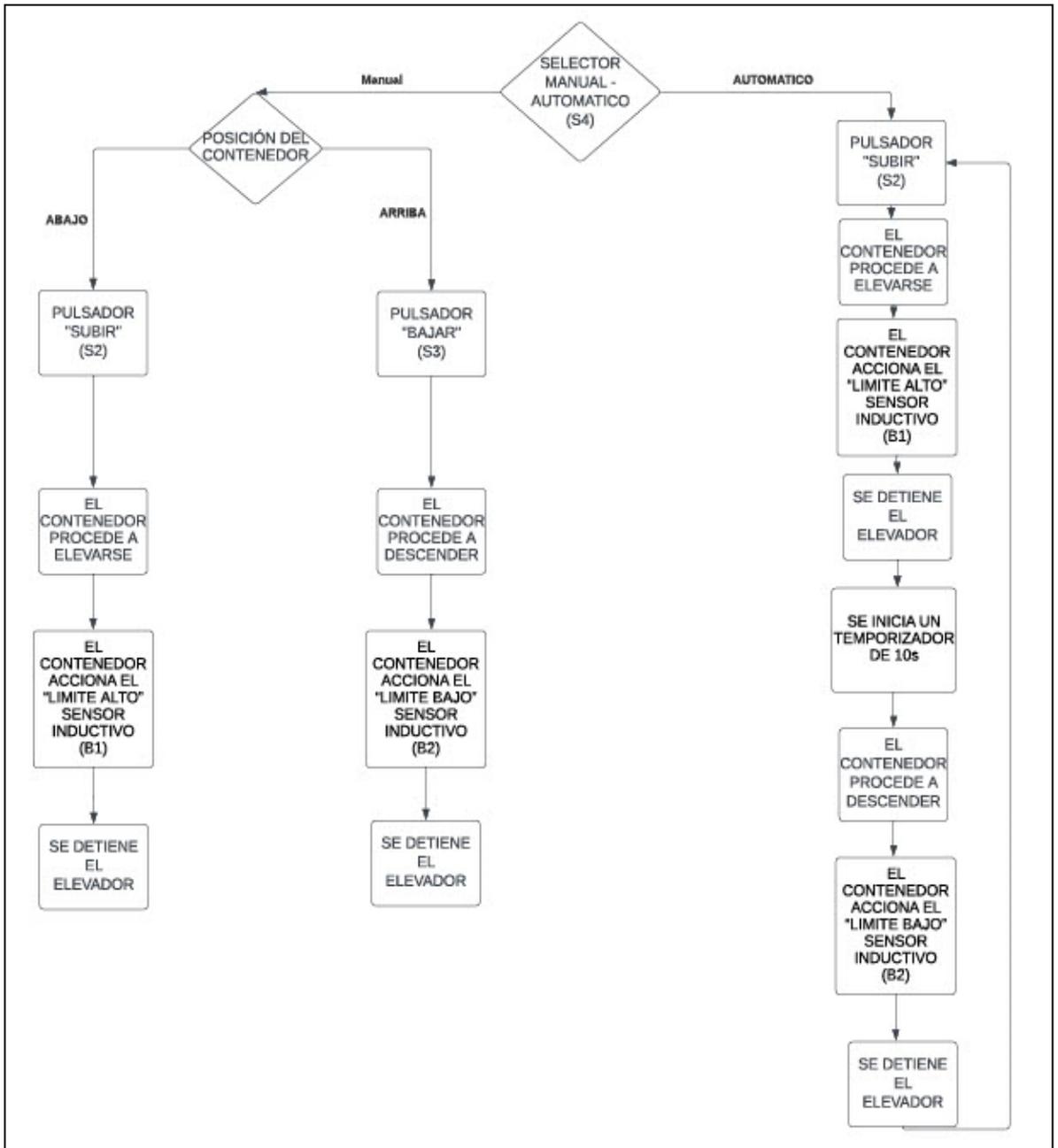


Figura 83: Diagrama de flujo funcionamiento electrónico de elevador

### 3.2.6 Modelamiento y simulación

#### Documentos y planos

Para el modelamiento del diseño se utilizó el software. Inventor 2019 y los planos fueron elaborados en Autocad; dichos planos pueden visualizarse en los anexos.

### 3.2.7 Análisis económico

#### Evaluación económica

Para la fabricación del elevador automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica, se requiere el siguiente presupuesto promedio.

#### a) Materiales y consumibles

##### **MATERIALES Y CONSUMIBLES**

Materiales para Fabricación	Cantidad	Costo inc. IG	Costo Unitario	Costo Parcial
PLANCHA INOX C304 DE 4 mm.	2.00	S/.	1,193.00	S/. 2,386.00
CADENA INOX ASA 60	22.00	S/.	186.44	S/. 4,101.68
PIÑONES INOX. ASA 60	8.00	S/.	237.29	S/. 1,898.32
DEPOSITO INOX EN PLANCHA DE 1/16"	1.00	S/.	600.00	S/. 600.00
CHUMACERA DE PARED INOX DE 25 mm	6.00	S/.	118.64	S/. 711.84
JEBE SANITARIO DE 3 mm.	4.00	S/.	110.00	S/. 800.00
ELECTRODOS E306 INOX.	3.00	S/.	110.00	S/. 330.00
CONSUMIBLES	2.00	S/.	250.00	S/. 500.00
MOTOREDUCTOR SEW-EURODRIVE DE 1 HP	1.00	S/.	2,850.98	S/. 2,850.98
SISTEMA ELECTRICO	1.00	S/.	8,488.00	S/. 8,488.00
SERVICIO DE TORNERIA	1.00	S/.	1,200.00	S/. 1,200.00
<b>1.0 MATERIALES Y CONSUMIBLES</b>				<b>S/. 23,866.82</b>

#### b) Personal que intervendrá en la fabricación y traslado del equipo

Cargo del Operador	Nº de Personas	Días	Horas normales	Horas extras simples	Horas extras adicionales	Horas extras dobles	Costo Parcial con beneficios
SUPERVISOR / ING. RESIDENTE	1.00	5.00	40.00		0.00	0.00	S/. 857.30
TECNICO SOLDADOR	1.00	12.00	96.00		0.00	0.00	S/. 1,815.46
TECNICO ESPECIALIZADO	1.00	12.00	96.00		0.00	0.00	S/. 1,452.37
AYUDANTES / CHOFER	3.00	12.00	288.00		0.00	0.00	S/. 3,267.83
<b>3.0 MANO DE OBRA FABRICACION</b>							<b>S/. 7,392.96</b>

#### c) Equipos de protección personal

NRO DE DIAS DEL PROYECTO	3.00	Días
Ítem	Cantidad	Costo Parcial
Casco	4.00	S/. 3.18
Tapones auditivos 3M	4.00	S/. 1.64
Lentes de seguridad	4.00	S/. 4.36
Respirador media cara con dos vias y	1.00	S/. 2.27
Filtro 2097	1.00	S/. 4.77
Chaleco de seguridad c/bordado y cinta	4.00	S/. 5.45
Uniforme	4.00	S/. 10.91
Zapatos de seguridad basico	2.00	S/. 4.91
Careta de Soldar	2.00	S/. 2.27
Guantes de Soldador	2.00	S/. 4.09
Mandil de cuero	2.00	S/. 3.45
<b>6.0 IMPLEMENTOS PROTECCION PERSONAL</b>		<b>S/. 47.32</b>

A continuación, se presenta el resumen de los gastos mencionados, además de los gastos generales, gastos administrativos y la utilidad generada por el proyecto.

<b><i>TIPO DE CAMBIO DE SOLES A DÓLARES</i></b>	S/. 3.76
---	----------

**Tabla 21:** Resumen de Evaluación Económico

<b>RESUMEN</b>		
<b>1.0 MATERIALES Y CONSUMIBLES</b>		<b>S/. 23,866.82</b>
<b>2.0 MANO DE OBRA FABRICACIÓN</b>		<b>S/. 7,392.96</b>
<b>3.0 IMPLEMENTOS PROTECCIÓN PERSONAL</b>		<b>S/. 47.32</b>
<b>4.0 MOVILIDAD</b>		<b>S/. 98.00</b>
<b>5.0 COSTO DE COMBUSTIBLE</b>		<b>S/. 210.00</b>
<b><i>TOTAL COSTO DIRECTO</i></b>		<b><i>S/. 31,615.10</i></b>
<b>GASTOS GENERALES</b>	<b>5%</b>	<b>S/. 1,580.75</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	<b>5%</b>	<b>S/. 1,580.75</b>
<b><i>TOTAL GASTOS INDIRECTOS</i></b>		<b><i>S/. 3,161.51</i></b>
<b><i>UTILIDAD DEL PROYECTO</i></b>	<b>15%</b>	<b><i>S/. 5,216.49</i></b>
<b><i>COSTO TOTAL DEL PROYECTO NUEVOS SOLES</i></b>		<b><i>S/. 39,993.10</i></b>
<b><i>COSTO TOTAL DEL PROYECTO DÓLARES AMERICANOS</i></b>		<b><i>\$ 10,636.46</i></b>

**Elaborado por:** Elaboración propia

Del cuadro anterior, se concluye que, el costo de la fabricación del elevador automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica es de **S/. 39,993.10 soles**

Ahora bien, como se había mencionado en el alcance del proyecto, la elevación de la carga de azúcar se venía realizando manualmente por dos operarios, lo que implicaba un gasto mensual equivalente a S/3,600 soles.

La fabricación de este diseño de elevador automatizado de columna vertical con carga y descarga mecánica no solo beneficiará a la empresa LA IBÉRICA S.A. con la automatización de su proceso y la seguridad de sus operaciones, sino que también, beneficiará a esta empresa con un ahorro promedio de S/43,200 soles anuales.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Presentación de resultados

**Tabla 22:** Resumen de resultados

Componente	Descripción	Resultado
<b>Diseño de cuchara</b>	Dimensiones	400 mm x 400 mm x 500 mm
	Carga Factorizada: U	140 KgF
	Stress máximo Von Mises Stress (MPa)	122.4 MPa
	Desplazamiento (mm)	3.682 mm
	Factor de Seguridad	2.04
<b>Diseño del acople</b>	Carga Factorizada: U	195.2 KgF
	Stress máximo Von Mises Stress (MPa)	146.3 MPa
	Desplazamiento (mm)	0.4896 mm
	Factor de Seguridad	1.71
<b>Diseño del eje hueco</b>	Carga Factorizada: U	208.04 KgF
	Stress máximo Von Mises Stress (MPa)	7.172 MPa
	Desplazamiento (mm)	0.0121 mm

	Factor de Seguridad	15
<b>Diseño de carro guía</b>	Carga Factorizada: U	221.2 KgF
	Stress máximo Von Mises Stress (MPa)	113.4 MPa
	Desplazamiento (mm)	2.533 mm
	Factor de Seguridad	2.2
<b>Diseño de columna</b>	Carga Factorizada : U	177.12 KgF
	Stress máximo Von Mises Stress (MPa)	21.18 MPa
	Desplazamiento (mm)	0.6746 mm
<b>Diseño del eje de transmisión</b>	Carga Factorizada: U	309.96 KgF
	Stress máximo Von Mises Stress (MPa)	112.7 MPa
	Desplazamiento (mm)	0.03887 mm
<b>Diseño de la placa base</b>	Carga Factorizada: U	412.08 KgF
	Stress máximo Von Mises Stress (MPa)	100.1 MPa
	Desplazamiento (mm)	0.1154 mm

Elaborado por: Elaboración propia

#### 4.2 Discusión de resultados

- El diseño de esta propuesta, reduce el funcionamiento manual sobre la carga, evitando esfuerzos inadecuados y tiempo improductivo.
- El equipo soporta las cargas de trabajo sin sufrir deformaciones. Se realizó el análisis de la cuchara de carga que soportará la carga propia por el peso del azúcar; la carga fue evaluada de acuerdo al método LRFD que asigna combinaciones de carga para casos de carga viva y carga muerta. Debido a que las cargas en el equipo permanecen en movimiento durante las maniobras, todas las cargas son evaluadas como cargas vivas y muertas utilizando la forma adecuada para el caso del equipo  $U=1.2D + 1.6L$ .

- A diferencia del diseño de un sistema de elevación por **Sáenz y Mayser (6)**, donde el ángulo de inclinación de la malla es de  $12.09^\circ$ , en esta tesis, el ángulo para que la cuchara pueda cambiar su dirección hacia la descarga del molino es de  $90^\circ$ .
- El diseño del sistema de transmisión permitirá una velocidad de todo el sistema de  $0.102 \text{ m/s}$ , a diferencia de los resultados encontrados en el proyecto de investigación de **Barreno (3)**, donde el tiempo que tarda el mecanismo en llegar a su máxima altura es de  $56.6 \text{ Segundos}$ , en esta tesis el tiempo para cargar y descargar la cuchara será de  $44 \text{ segundos}$  a una altura de  $4.5 \text{ metros}$ .
- Para la columna se aplicó el análisis de falla por pandeo de acuerdo con las ecuaciones y curva de EULER, donde determina la carga crítica y esfuerzo crítico que no debe superar la sumatoria de carga de todos los componentes, debido a que estos valores críticos indican la falla de la columna por pandeo.
- Para evitar el pandeo plástico y la falla de la columna, se sugieren 3 criterios básicos: El primer criterio es la relación de esbeltez de los materiales. El segundo criterio es la relación de esbeltez de la geometría. Por último, se analiza la carga crítica y el esfuerzo crítico, que son los valores a los que comenzará el pandeo de la columna.
- Los materiales asignados a los componentes cumplen con los requisitos del LRFD (Diseño por factores de carga y resistencia) de cargas muertas y cargas vivas, sin superar el límite elástico del material, siendo los espesores y geometrías asignados a los componentes los más adecuados para el diseño.
- Esta tesis se asemeja a la investigación de **Gomes y Cadena (2)**, en donde se aplicó el software (Inventor Professional) para diseñar el prototipo y modelamiento del diseño de este elevador de columna.
- A diferencia del proyecto de investigación de **Barreno (3)**, donde se siguió la metodología de Bern Lobach, en esta tesis se aplicó la adaptación de las metodologías VDI 2221 y VDI 2225, la cual permitió la selección de los componentes que serán requeridos para la fabricación del elevador de columna; así mismo, se pudo seleccionar el diseño óptimo para la máquina evaluando las diferentes alternativas que se propusieron.

La aplicación de la metodología VDI 2221 permitió identificar las siete etapas de desarrollo; la primera etapa permitió identificar todos los requerimientos del diseño, la segunda etapa permitió realizar diagramas para definir funciones y actividades, en la tercera etapa se logró plasmar las posibles soluciones las cuales fueron descritas en una matriz morfológica, en la cuarta etapa permitió plasmar los diseños preliminares a mano alzada, así mismo, la aplicación de la metodología VDI 2225 permitió evaluar cada criterio para el desarrollo del proyecto y así poder elegir el diseño más óptimo y desarrollar los cálculos preliminares y definitivos, que dieran lugar al resultado de esta investigación.

**Tabla 23:** Resultados de la investigación vs valor inicial

<b>Parámetros</b>	<b>Valor inicial</b>	<b>Resultados</b>
<b>Altura</b>	4m	4m
<b>Peso azúcar</b>	50 kg	50 kg
<b>Número de cargas</b>	10 x día	25 x día
<b>Tiempo por carga</b>	10 min	44 seg
<b>Personal</b>	2 operarios	1 operario
<b>Potencia</b>	Manual	1 HP

**Elaborado por:** Elaboración propia

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1: CONCLUSIONES**

- Se desarrolló el diseño de una estructura que contiene una columna vertical de 4.5 m de altura, y mediante un movimiento ascendente elevará una cuchara con carga de 50 kg, que será elevada 4.5 m de altura con respecto al suelo y la cual, luego de estar a su máxima altura, realizará un movimiento horizontal a 90°, que ocasionará que la cuchara vierta su carga sobre la tolva de mezcla; este elevador estará anclado al suelo mediante el diseño de una placa base de concreto.
- Se realizó el cálculo y el análisis de cargas y dimensiones de la cuchara de carga y chute de descarga a ser transportados, para la carga de 50 kilos de azúcar, lo que equivale al volumen de 0.045 m<sup>3</sup> de azúcar, siendo así que sus dimensiones internas de la cuchara serán de 400 mm x 400 mm x 500 mm, por lo que su volumen interno es de 0.08 m<sup>3</sup>. Así mismo, se realizó la evaluación de tensión de stress máximo Von Mises de la cuchara y el diseño de chute de descarga que permitirá la inclinación de 90° de la cuchara para verter el azúcar a la tolva de mezcla; así mismo, se elaboró el diseño de estructuras usando la metodología LRFD y respetando la normativa nacional e internacional vigente.

- Se desarrolló el diseño del sistema de elevación de cargas mediante el diseño y cálculo del carro móvil y la columna vertical que tendrá una carga factorizada de 1.77 KN que cumplirá 2 funciones: la primera de ser soporte estructural de todos los elementos de diseño y segundo la función de guía para el ascenso y descenso de la carga por intermedio de la cuchara y su mecanismo en conjunto con el carro móvil que tendrá 8 ruedas de 2.5 pulgadas de diámetro, mediante el cálculo de la relación de esbeltez según el tipo de materiales, cálculo del esfuerzo crítico, cálculo de la carga crítica, cálculo del esfuerzo permitido con carga excéntrica, así mismo se elaboró los planos del diseño y se respetó la norma del Instituto americano del hierro y acero (AISI), en calidad 304 acero inoxidable usado en la gestión de calidad de la industria alimentaria.
- Se desarrolló el diseño del sistema de transmisión del elevador y se determinó que la transmisión será por sistema de cadena y estará determinada por 12 dientes sprocket de transmisión seleccionadas, el piñón motriz, el eje de transmisión y el soporte de rodamiento; todos estos elementos deben transmitir la potencia generada por el motorreductor de 1 HP. Asimismo, se elaboraron el plano del diseño.
- Se desarrolló el sistema de control automatizado que estará compuesto por el sistema eléctrico del elevador y la configuración de un PLC, con sensores inductivos y capacitivos para inicio y fin de movimiento con capacidad llena o vacía de tolva de recepción, baliza luminosa y auditiva, selector de 3 posiciones, programación de PLC, fabricación e instalación de tablero eléctrico y botonera de control.

## **5.2: RECOMENDACIONES**

- Se recomienda implementar el diseño de este elevador de columna en la empresa, LA IBÉRICA S.A., y en todas las industrias cuyo proceso se relacione con el traslado manual de cargas, toda vez que este diseño contribuye a mejorar el rendimiento y disminuye la inseguridad de estos procesos.
- Se recomienda que el área y nivel de piso donde el elevador de columna se instale debe estar bien nivelado para evitar posibles vibraciones perturbables al sistema de elevación.
- Se recomienda desarrollar un programa de mantenimiento del elevador de columna, para que, de esta manera, se logre un mayor rendimiento de la máquina en los procesos prescritos en la presente investigación.
- Se recomienda realizar capacitaciones constantes a los operadores que intervienen en la operación del equipo.

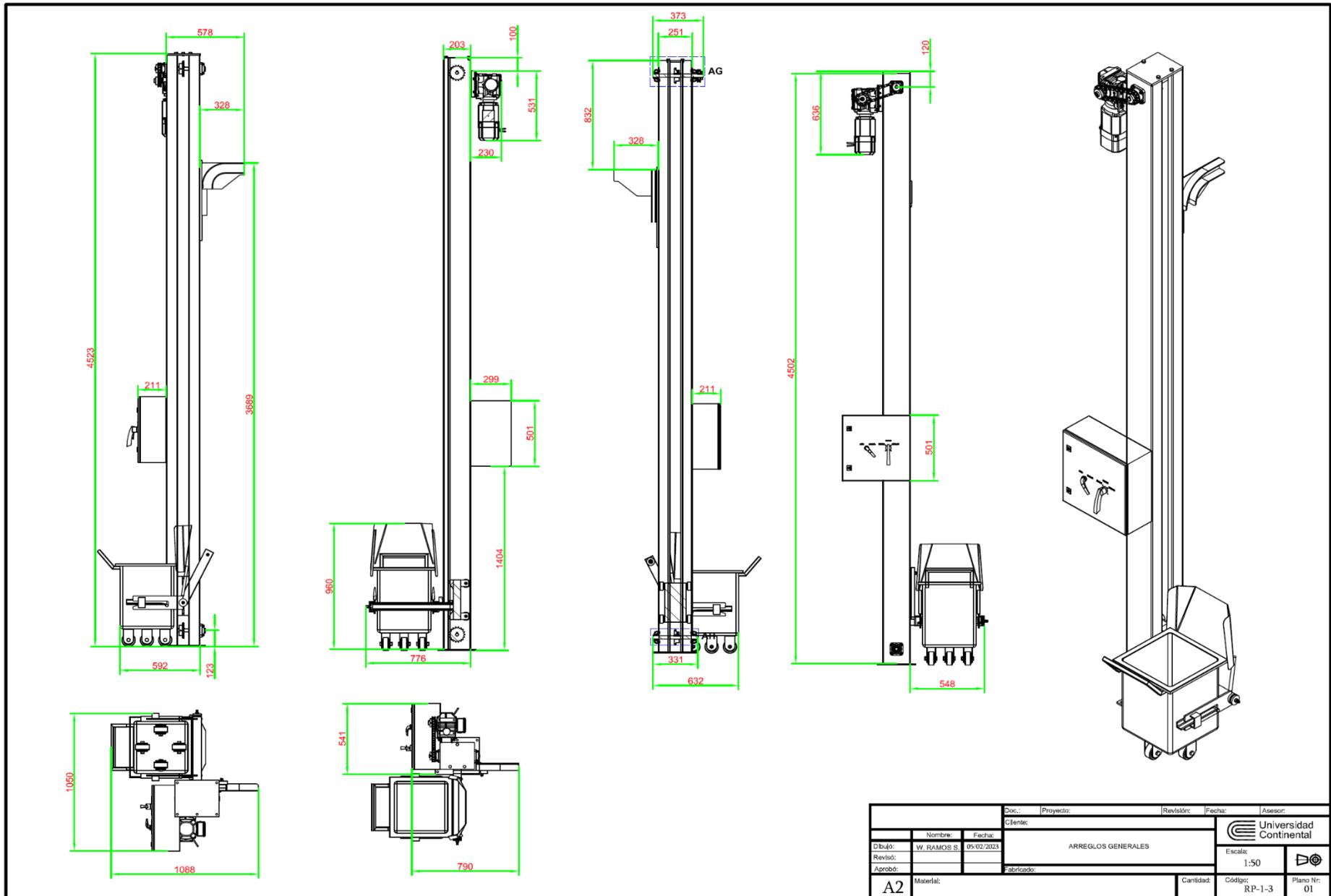
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

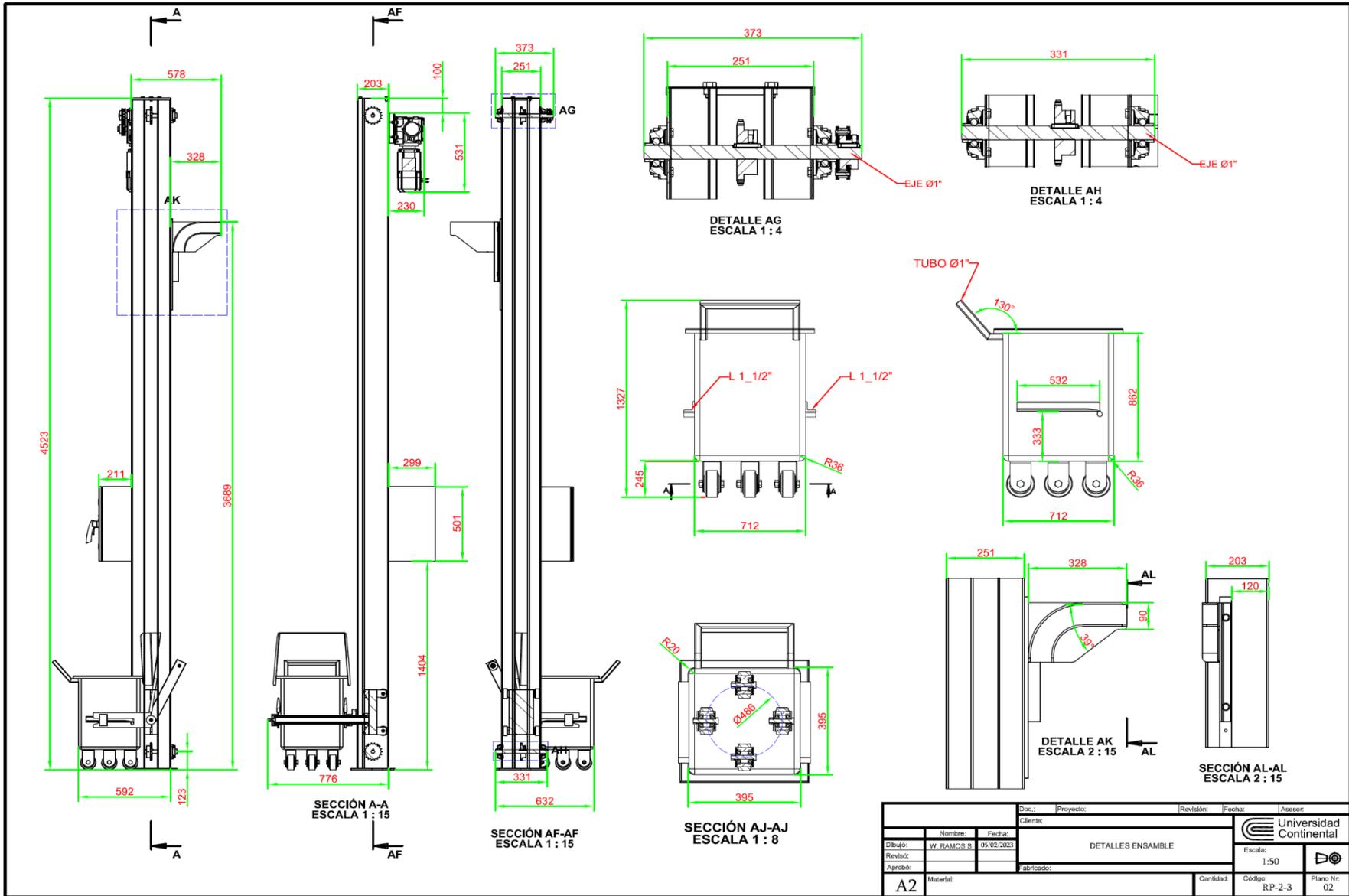
1. **Camara Peruana del Cafe y Cacao. CAMCAFE.** [En línea] 18 de Agosto de 2021. [Citado el: 27 de Abril de 2022.] <https://camcafeperu.com.pe/ES/articulo.php?id=112>.
2. **Gomes Castillo, Eduardo y Cadena Pineda, Jorge.** *Desarrollo de un sistema de elevación y transporte de carga para movilización y .* Colombia, 13 de Setiembre de 2020. Proyecto de Investigación - Unidad Tecnologica Santander .
3. **Barreno Barreno, Luis Armando.** *Diseño de un elevador para carga, descarga y transporte de especies menores en el mercado america.* Ecuador : Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - Sede Ambato, 2020.
4. **Limachi Ramos, Yvan y Salazar Huanca, Angel.** *Diseño e Implementacion de un sistema de Elevacion para personas con Discapacidad.* Puno - Perú, 2019. Tesis para optar el titulo profesional de Ingeniero Mecanico Electricista.
5. **Mesa Beltrran, Jainer y Patiño Báez José.** *“Diseño de un sistema para elevación de cargas con capacidad de desplazar 50 toneladas para la manipulación de salas eléctricas (shelters) en la empresa GIM INGENIERÍA ELÉCTRICA LTDA”.* Colombia , 2018. Proyecto Curricular Ingenieria Mecánica .
6. **Saenz Araujo, Ronald y Mayser Avendaño, Carlos.** *Diseño de un sistema de eleacion y calibrado para la linea de proceso de arandano con capacidad de 2 t/h para la empresa Camposol S.A”.* s.l. : Universidad Cesar Vallejo, 2018.
7. **Bonet Serrano, Jose Antonio.** Propuesta de diseño de un elevador de carga para la manipulacion de los cilindros de gases en la empresa de cigarros "Lazaro Peña" de Holguin. Holguin - Cuba : Universidad de Holguin- Facultad de Ingenieria, 2017.
8. **Pari, Deysi.** Arequipa: Chocolates con el cacao mas antiguo del mundo. *Diario La Republica.* 2019.
9. **Organización Mundial De La Salud .** OMS. *Aditivos Alimentarios.* [En línea] 31 de Enero de 2018. [Citado el: 11 de 05 de 2022.] <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/food-additives#:~:text=Los%20aditivos%20alimentarios%20son%20sustancias,salud%20humana%20antes%20de%20utilizarlos..>

10. Incauca S.A.S - Empresa Agroindustrial Colombia. [En línea] [Citado el: 02 de mayo de 2022.] <https://www.incauca.com/es/producto/azucar-incauca-blanco/>.
11. Miravete Antonio, Larrodé Emilio. *Elevadores: Principios e innovaciones*. Barcelona : Editorial Reverté S.A, 2007.
12. Edwards, Amelia B. "*A Thousand Miles up the Nile*". TIMEA - Travelers in the Middle East Archive, Londres : 1890.
13. Miravete Antonio, Larrodé Emilio. *Transporte Vertical*. España : Editorial Reverte, 1996.
14. Janovský, Lubomír. *Elevator Mechanical Design*. s.l. : Elevator World, Inc., 1999. Third Edition.
15. Elevator, ThyssenKrupp. "*Freight Elevator*". s.l. : ThyssenKrupp Elevator Americas, 2014.
16. Navarro, F. *Diseño, Construcción e instalación de un Elevador de carga en un centro comercial de la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil : Tesis de Grado, 2001.
17. Lasheras. *Ascensores y escaleras mecánicas 1ª Edición*. Viladrau - Barcelona : CEDEL, 1980.
18. Garu Accesibilidad. *Elevadores Industriales: ¿Que son y para que se utilizan?* [En línea] 24 de 12 de 2020. [Citado el: 10 de 05 de 2022.] <https://garuaccesibilidad.com/elevadores-industriales-que-son-y-para-que-se-utilizan/>.
19. Netingbag. *¿Qué es un sistema de elevación?* [En línea] 2022. [Citado el: 30 de 04 de 2022.] <https://www.netinbag.com/es/manufacturing/what-is-a-hoist-system.html>.
20. Miravete, Antonio. *Los Transportes en la ingeniería Industrial*. España : Reverte, 2002.
21. McCormac, Jack C. *Diseño de Estructura de Acero - Metodo LRFD*. Mexico : AlfaOmega - Grupo Editor , 2002. 2da Edición.
22. Porto, Julián Pérez y Merino, María. *Definición de pandeo*. *Definición.de*. <https://definicion.de/pandeo/>, 20115.
23. Andrew, Pytel y Ferdinand, Singer. *Resistencia de Materiales*. EE.UU : Alfaomega - Oxford, 1994.

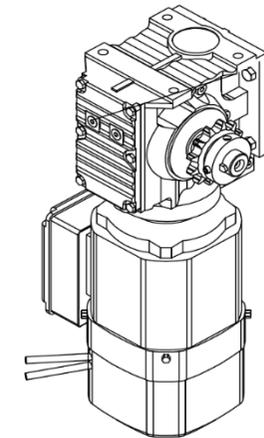
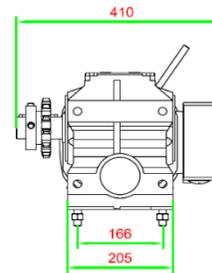
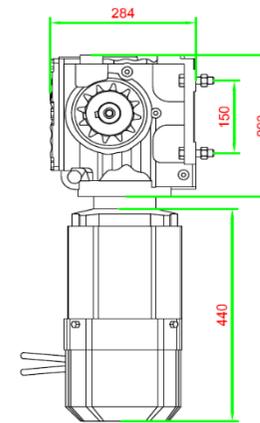
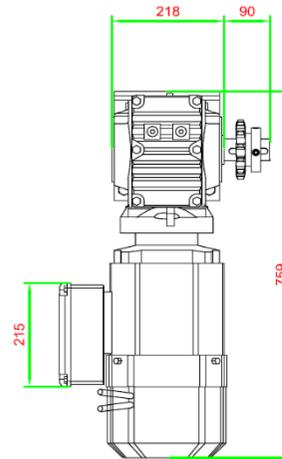
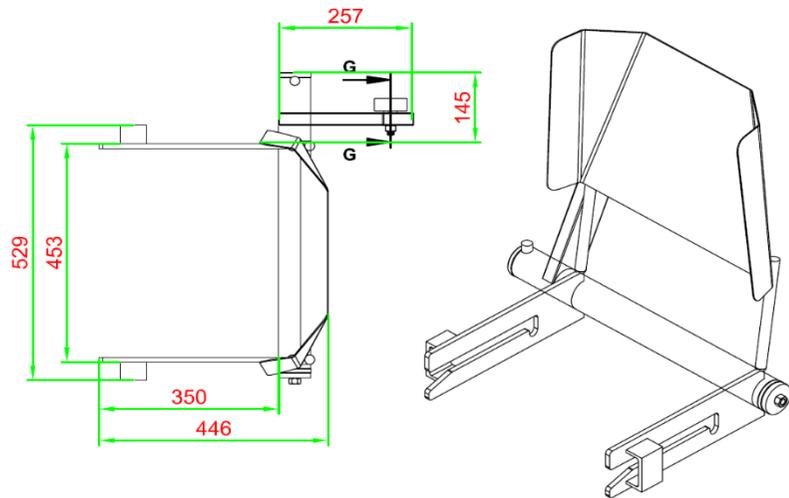
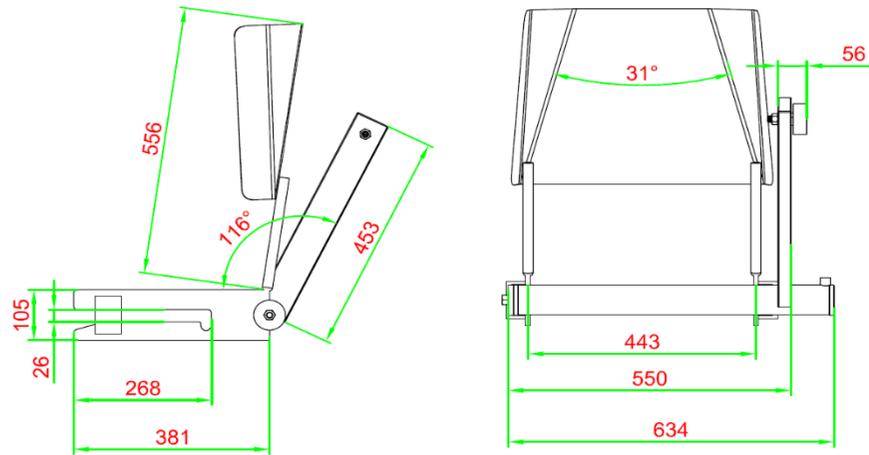
24. **Todomecanica.Blog. *Sistemas de Transmision*. 2013.**
25. **Muñoz, Alberto Mengual. Tension de Von Mises. *Urbipedia*. 2018.**
26. **URSSA. URSSA - Aceros Especiales. [En línea] 2022.**
27. ***Manual de terminos en investigacion cientifica, tecnologica y humanistica*. Sanches Carlessi, Hugo, Reyes Romero, Carlos y Mejia Saenz, Katia. lima : Bussiness Support Aneth S.R.L, 2018.**
28. ***Estudio de las actividades relevantes en el diseño de productos. Modelo VDI 2221 frente al modelo metodológico I+P+D3*. Arias, Khaterine; Sanchez, Michael; Betancourt, Fernando; Leguizamon, Gabriela; Garcia, Rafael; Mendoza, Diego. s.l. : Grupo Editorial Espacios GEES 2021 C.A, 2018, Vol. 39. ISSN0798 1015.**
29. **International, Wether. Wether International S.p.A. [En línea] [Citado el: 02 de 03 de 2024.] <https://www.wertherint.com/>.**
30. **JORESA. Catalogo de Cadenas de Rodillos. [En línea] [Citado el: 20 de 03 de 2024.] <https://irp-cdn.multiscreensite.com/81612fc9/files/uploaded/Catalogo%20Cadenas%20Joresa%202010.pdf>.**
31. **REXNORD. Preseleccion de Cadenas de rodillos Rexnord como cadena de transmision de potencia. [En línea] 12 de 04 de 2024. [Downloads/como-calculiar-una-cadena\\_beh.pdf](#).**
32. ***Catalogo Roller Chains* . CORPORATION, REXNORD. USA : REXNORD, 2014.**
33. ***Catalogo general de seleccion. Motorreductores*. RAMFE. Colombia : RAMFE, 2017.**
34. ***Catálogo General*. Grupo, SKF. Suecia : SKF, Mayo 2006.**

# ANEXOS: PLANOS

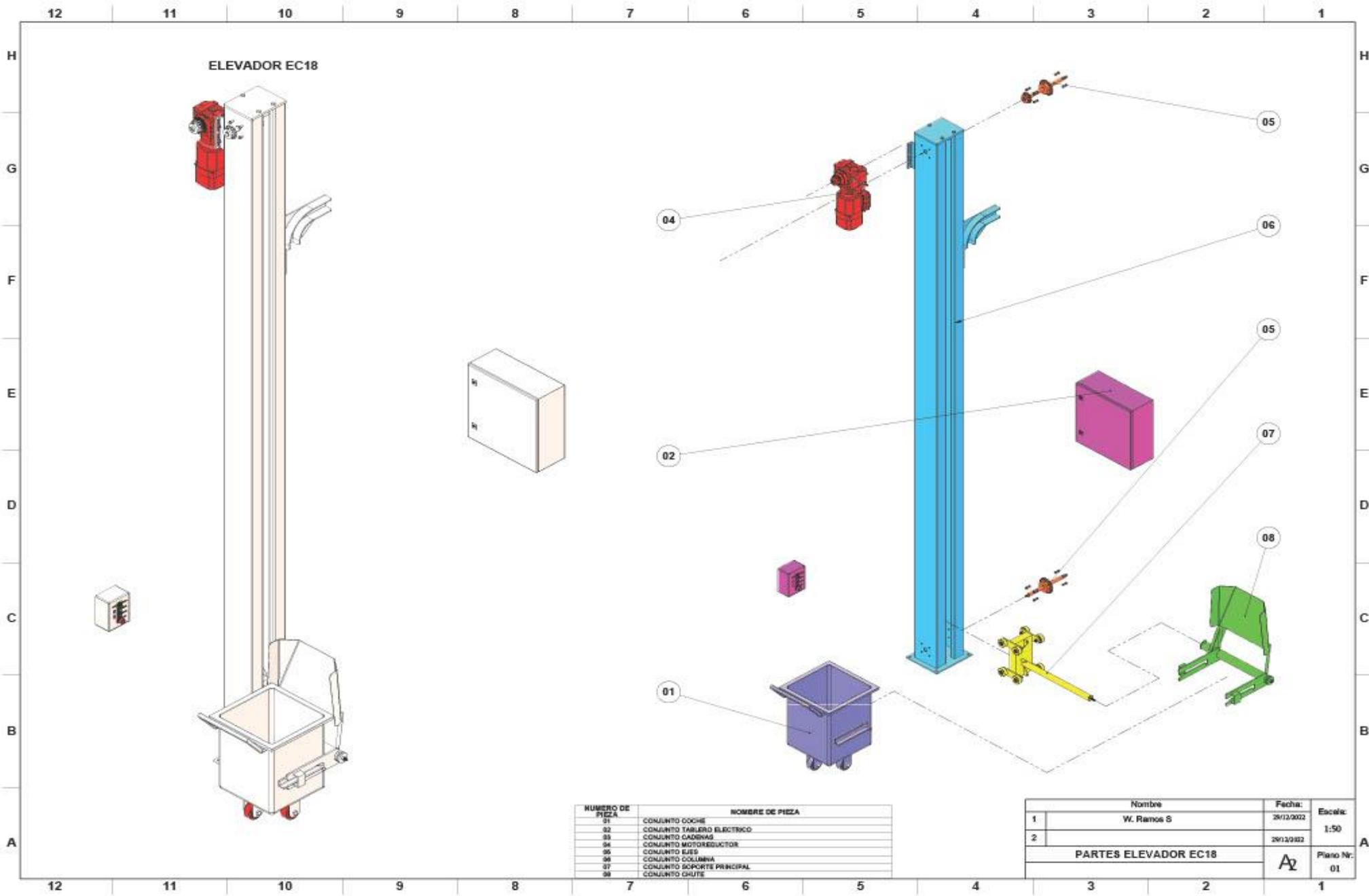




Doc.:		Proyecto:		Revisión:		Fecha:		Asesor:	
Dibujó:		Nombre:		Fecha:		Escala:			
Revisó:		W. RAMOS S		05/02/2023		DETALLES ENSAMBLE		1:50	
Aprobó:		Fabricado:		Cantidad:		Código:		Plano N°:	
A2		Material:				RP-2-3		02	



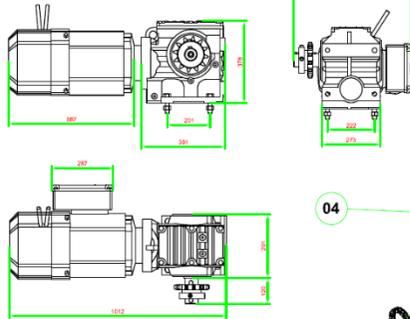
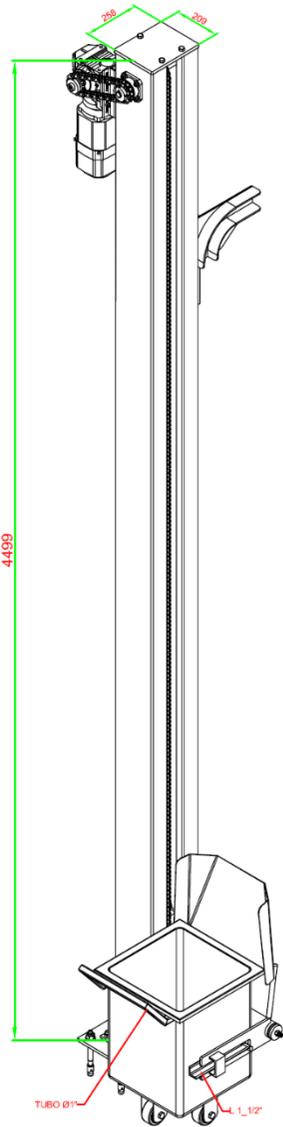
Doc.:		Proyecto:		Revisión:		Fecha:		Asesor:	
Ciente:		 <b>Universidad Continental</b>							
Nombre:		Fecha:		DETALLES MOTORREDUCTOR				Escala:	
Dibujó:		05/02/2023		DETALLES SISTEMA DE VOLTEO				1:10	
Revisó:				Fabricado:					
Aprobó:				Material:		Cantidad:		Plano N°:	
A2								RP-3-3 03	



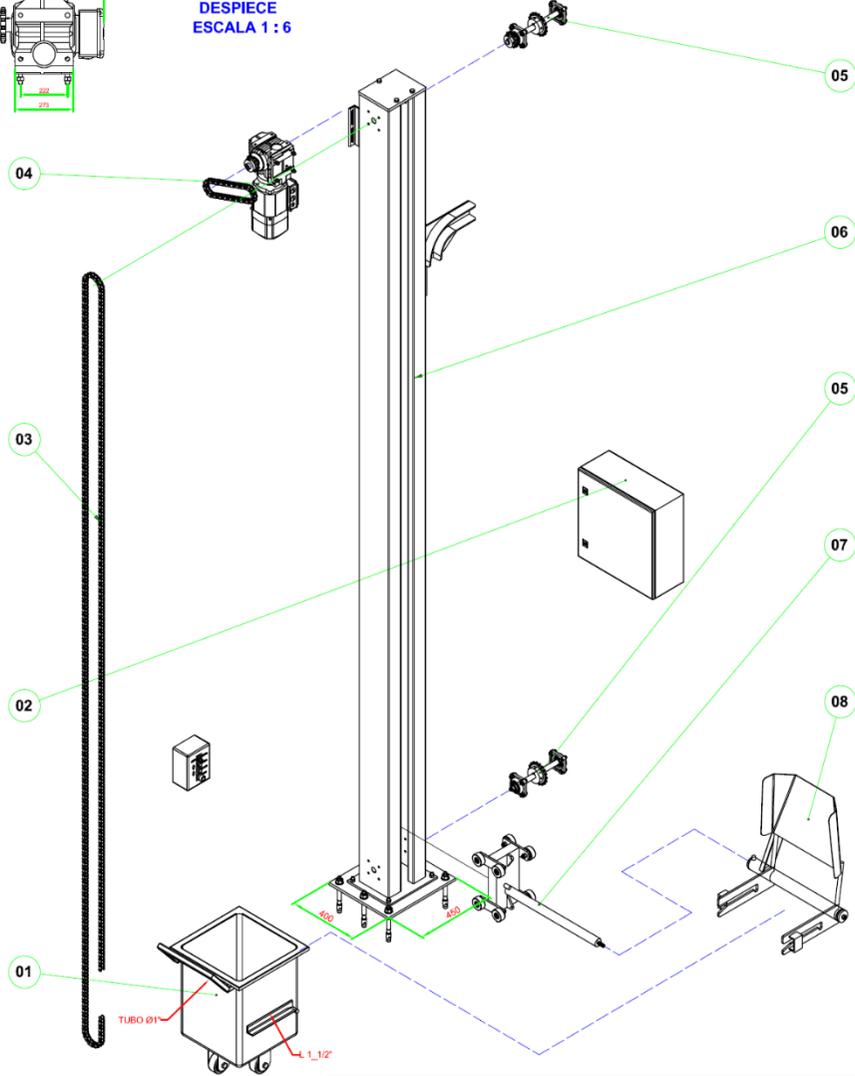
NUMERO DE PIEZA	NOMBRE DE PIEZA
01	CONJUNTO COCHE
02	CONJUNTO TABLERO ELECTRICO
03	CONJUNTO CADENAS
04	CONJUNTO MOTORREDUCTOR
05	CONJUNTO EJES
06	CONJUNTO COLUMNA
07	CONJUNTO SOPORTE PRINCIPAL
08	CONJUNTO GASTE

	Nombre	Fecha:	Escala:
1	W. Ramos S	28/12/2002	1:50
2		28/12/2002	
<b>PARTES ELEVADOR EC18</b>			
		<b>A2</b>	Plano N°: 01

**ELEVADOR EC18**

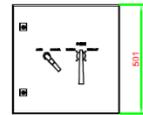
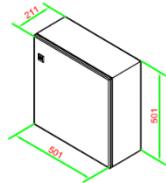


**VISTA ISOMÉTRICA  
DESPIECE  
ESCALA 1 : 6**

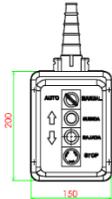


**MEDIDAS GENERALES  
MOTORREDUCTOR**

**TABLERO ELECTRICO**

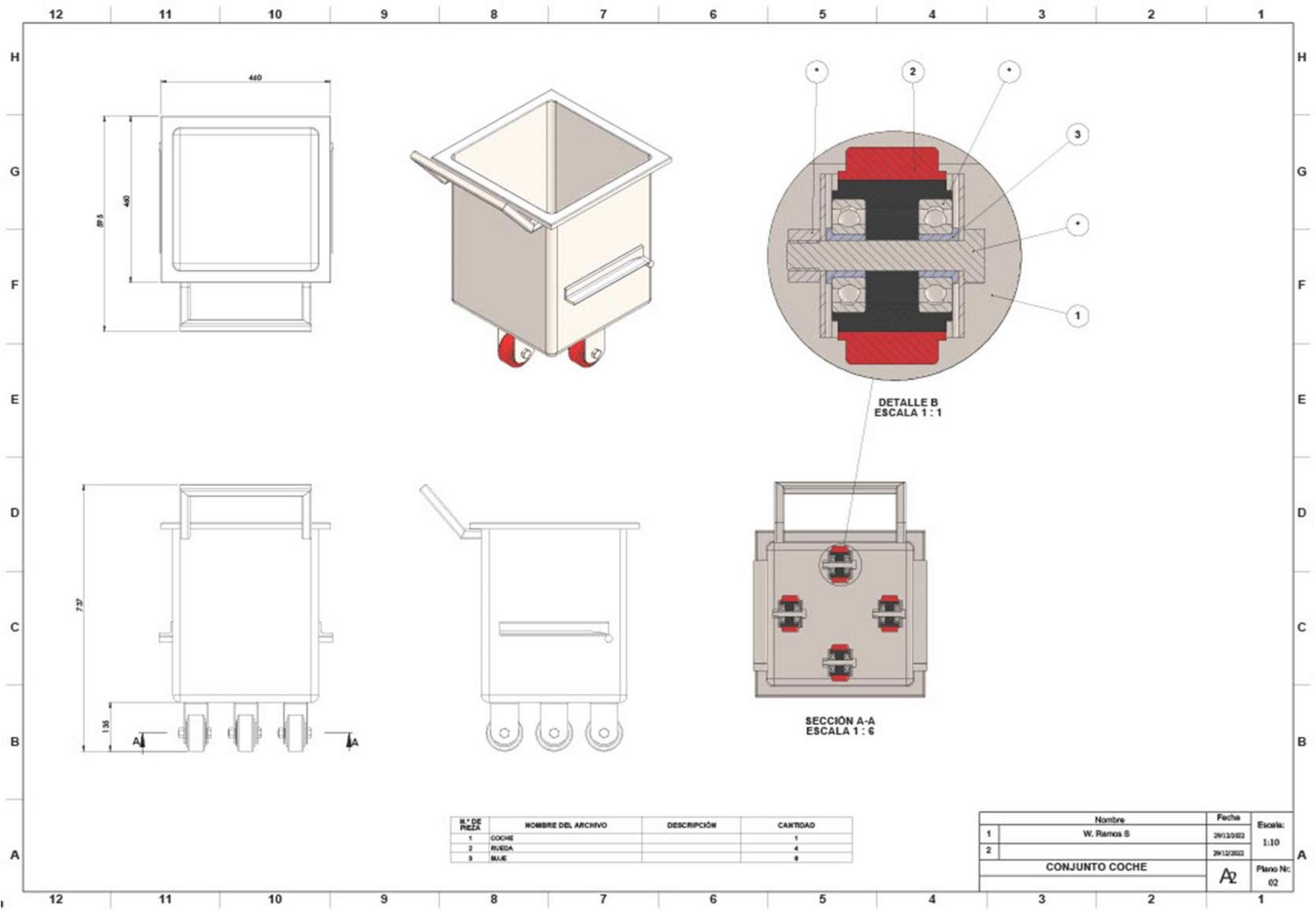


**MANDO**



NUMERO DE PIEZA	NOMBRE DE PIEZA
01	CONJUNTO COCHE
02	CONJUNTO TABLERO ELECTRICO
03	CONJUNTO CADENAS
04	CONJUNTO MOTOREDUCTOR
05	CONJUNTO EJES
06	CONJUNTO COLUMNA
07	CONJUNTO SOPORTE PRINCIPAL
08	CONJUNTO CHUTE

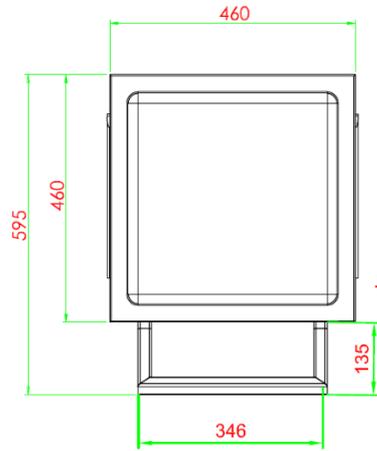
Doc.:		Proyecto:	Revisión:	Fecha:	Asesor:
Ciliente:		 Universidad Continental			
Nombre:		Fecha:		Escala:	
Dibujó:		W RAMOS S.		09/02/2023	
Revisó:		<b>PARTES ELEVADOR EC18</b>			
Aprobó:					
Material:		Fabricado:		Cantidad:	Código:
A2					RP-1-8
					Plano N°: 01



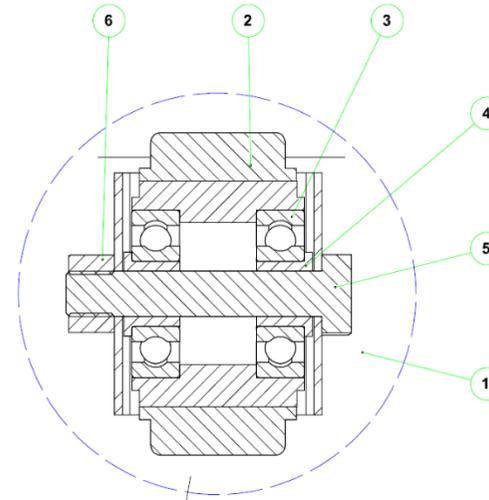
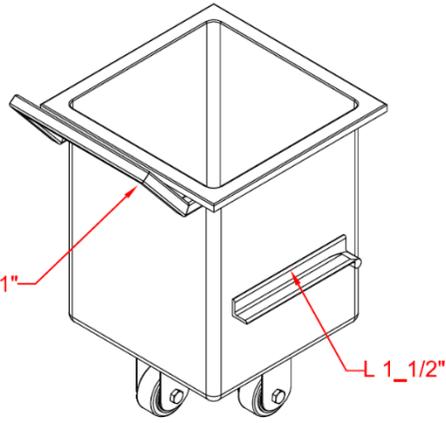
N.º DE PIEZA	NOMBRE DEL ARCHIVO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	COCHE		1
2	RUEDA		4
3	BIJUE		8

	Nombre	Fecha	Escala:
1	W. Ramos S	20/12/2022	1:10
2		20/12/2022	
<b>CONJUNTO COCHE</b>			
		AZ	Plano N.º: 02

VISTA SUPERIOR  
esc 1:6

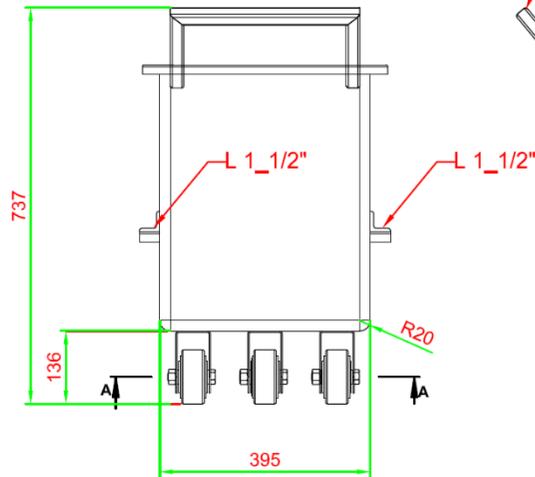


VISTA ISOMÉTRICA

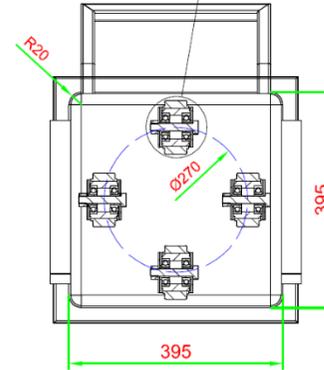
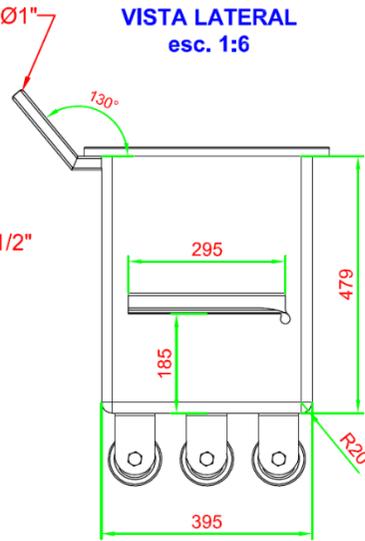


DETALLE B  
ESCALA 1:1

VISTA FRONTAL  
esc. 1:6



VISTA LATERAL  
esc. 1:6

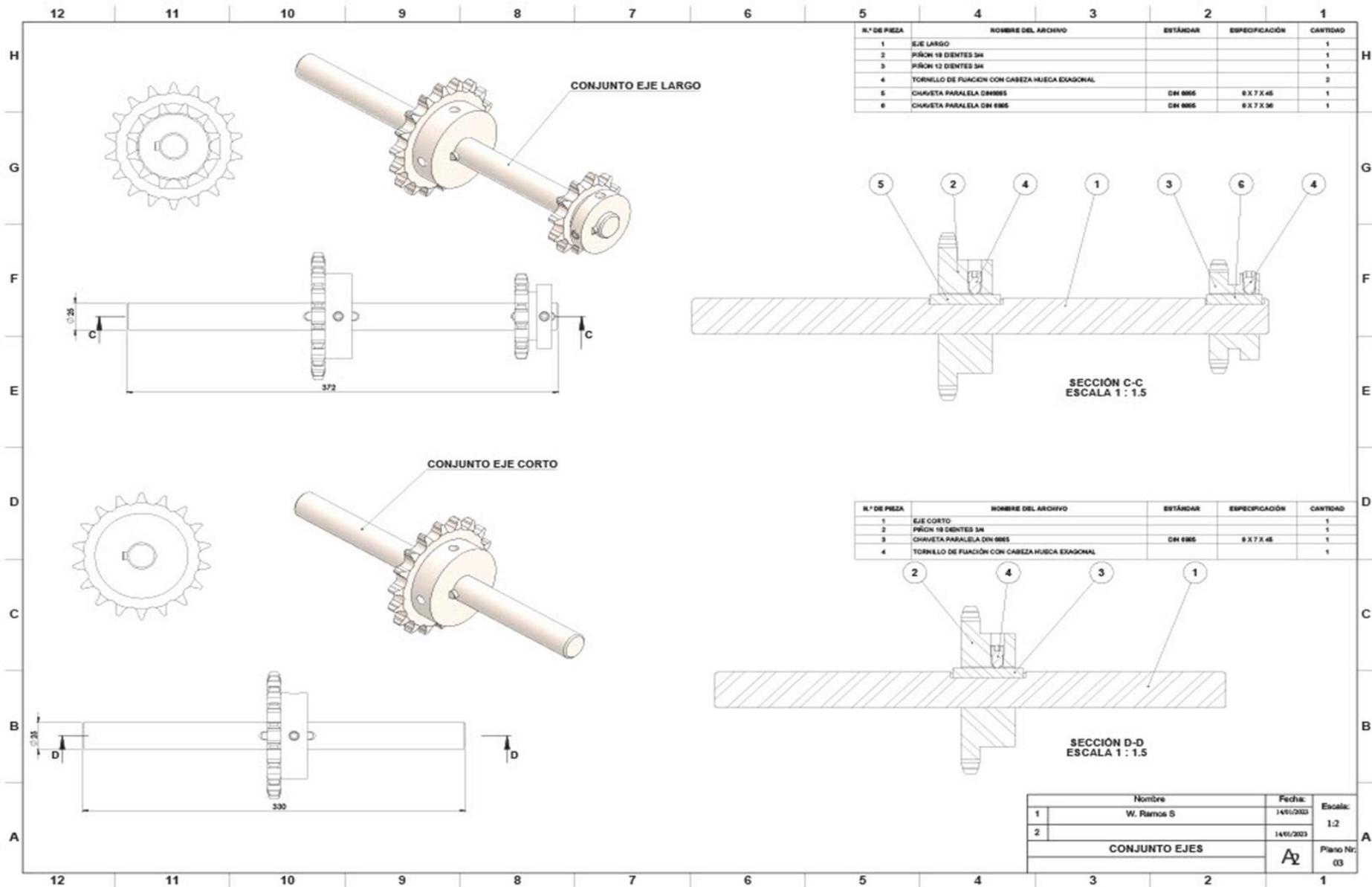


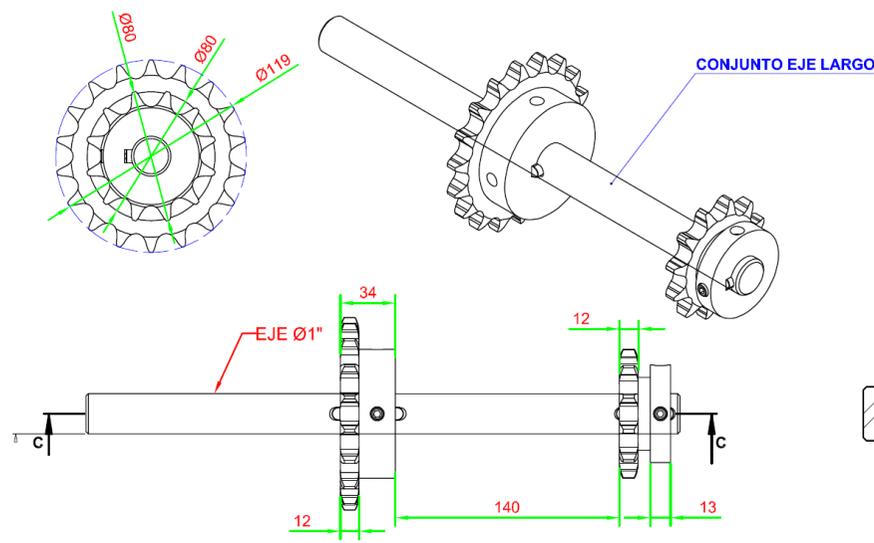
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:6

N.º DE PIEZA	NOMBRE DEL ARCHIVO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	COCHE		1
2	RUEDA		4
3	RODAMIENTO DE BOLAS	SKF 6304	8
4	BIJUE		8
5	PERNO CABEZA EXAGONAL	M14 X 80	4
6	TUERCA EXAGONAL	M14	4

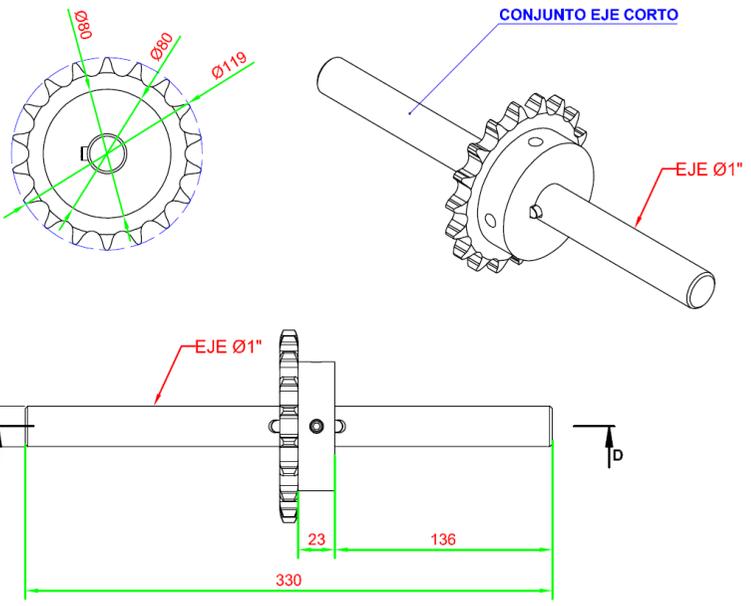
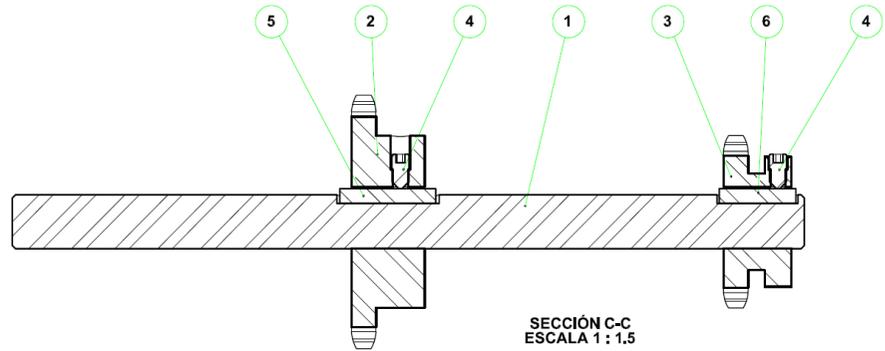
Doc.: Proyecto:		Revisión:		Fecha:		Asesor:	
Nombre:		Fecha:		<b>CONJUNTO COCHE</b>			
Dibujó: W. RAMOS S.		05/02/2023					
Revisó:							
Aprobó:							
Fabricado:		Cantidad:		Código:		Plano N.º:	
A2		Material:		RP-2-8		02	



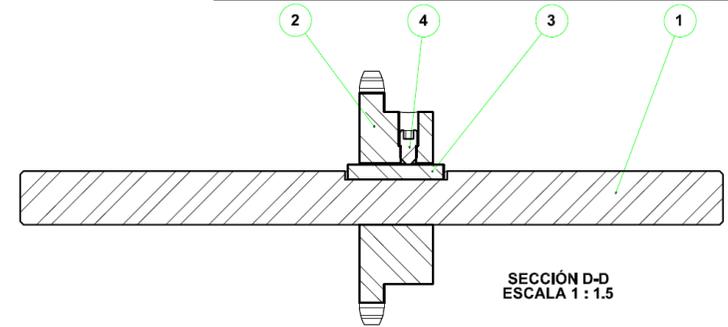




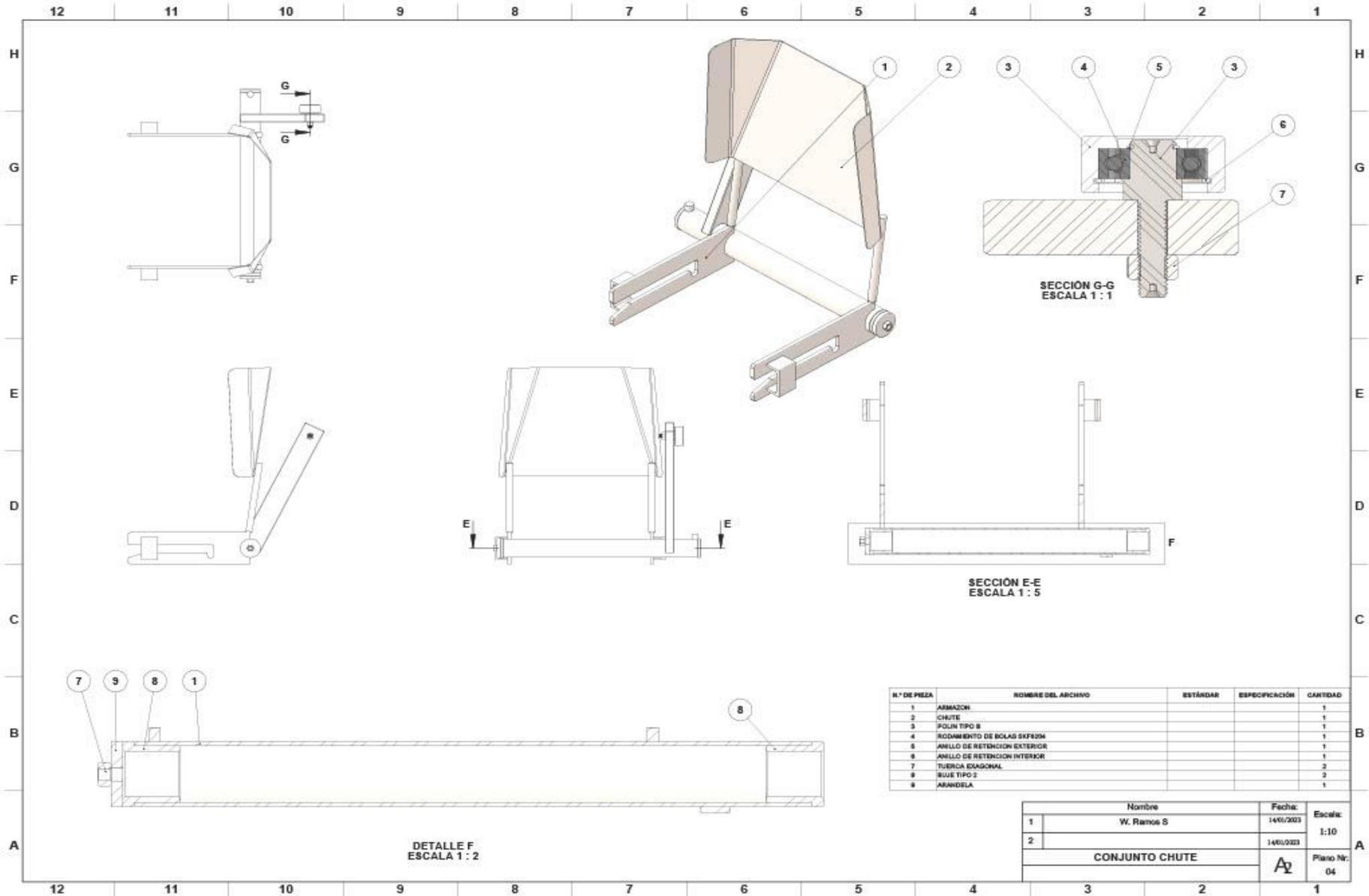
N° DE PIEZA	NOMBRE DEL ARCHIVO	ESTÁNDAR	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD
1	EJE LARGO			1
2	PIÑÓN 18 DIENTES 3/4			1
3	PIÑÓN 12 DIENTES 3/4			1
4	TORNILLO DE FIJACIÓN CON CABEZA HUECA EXAGONAL			2
5	CHAVETA PARALELA DIN6885	DIN 6885	8 X 7 X 45	1
6	CHAVETA PARALELA DIN 6885	DIN 6885	8 X 7 X 36	1

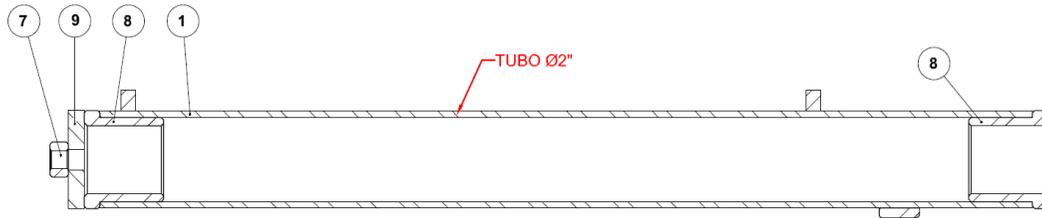
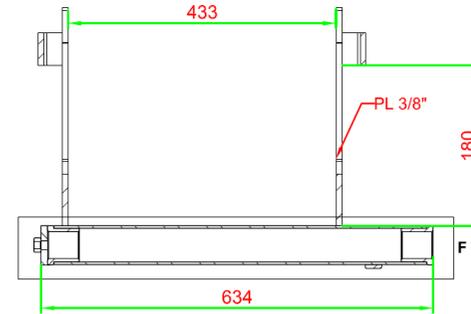
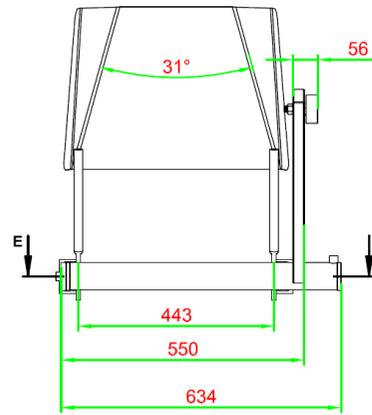
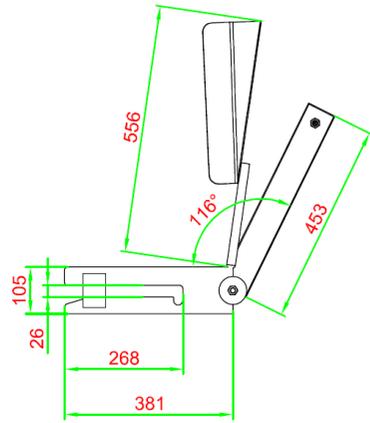
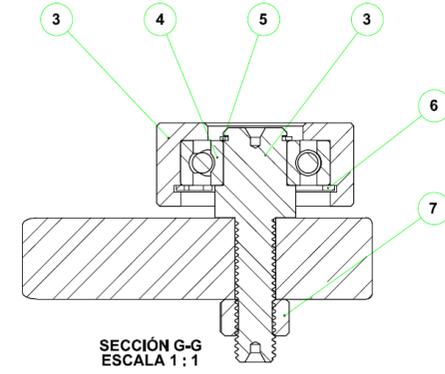
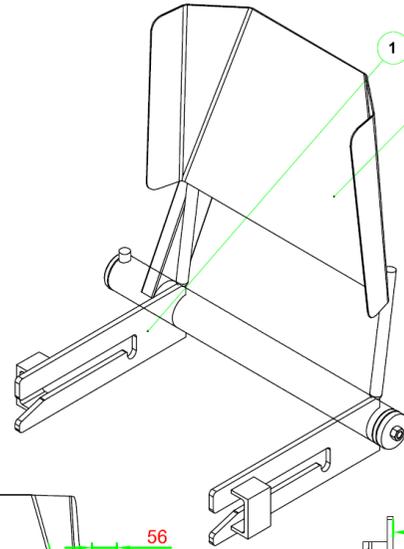
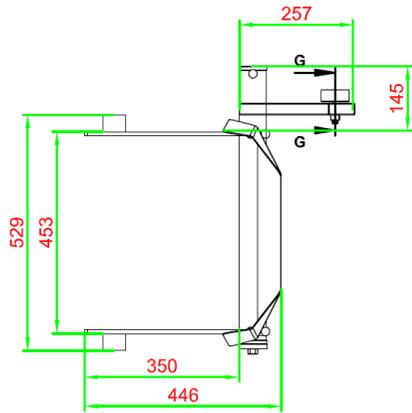


N° DE PIEZA	NOMBRE DEL ARCHIVO	ESTÁNDAR	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD
1	EJE CORTO			1
2	PIÑÓN 18 DIENTES 3/4			1
3	CHAVETA PARALELA DIN 6885	DIN 6885	8 X 7 X 45	1
4	TORNILLO DE FIJACIÓN CON CABEZA HUECA EXAGONAL			1



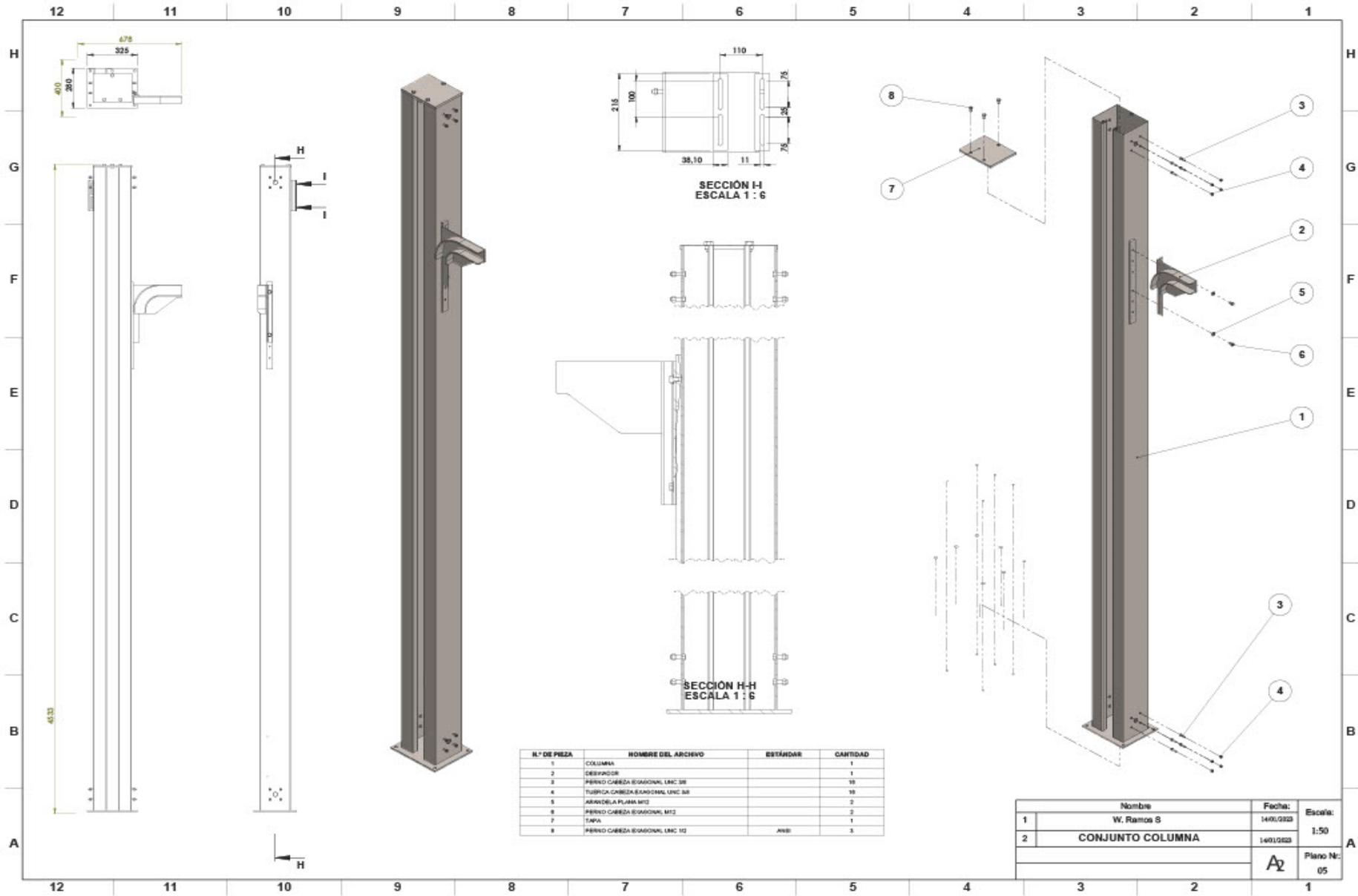
Doc.:		Proyecto:		Revisión:		Fecha:		Asesor:	
Nombre:		Fecha:		<b>CONJUNTO EJES</b>		Universidad Continental		Escala: 1:2 	
Dibujó:		05/02/2023							
Revisó:									
Aprobó:									
A2		Material:		Cantidad:		Código:		Plano N°:	
						RP-3-8		03	

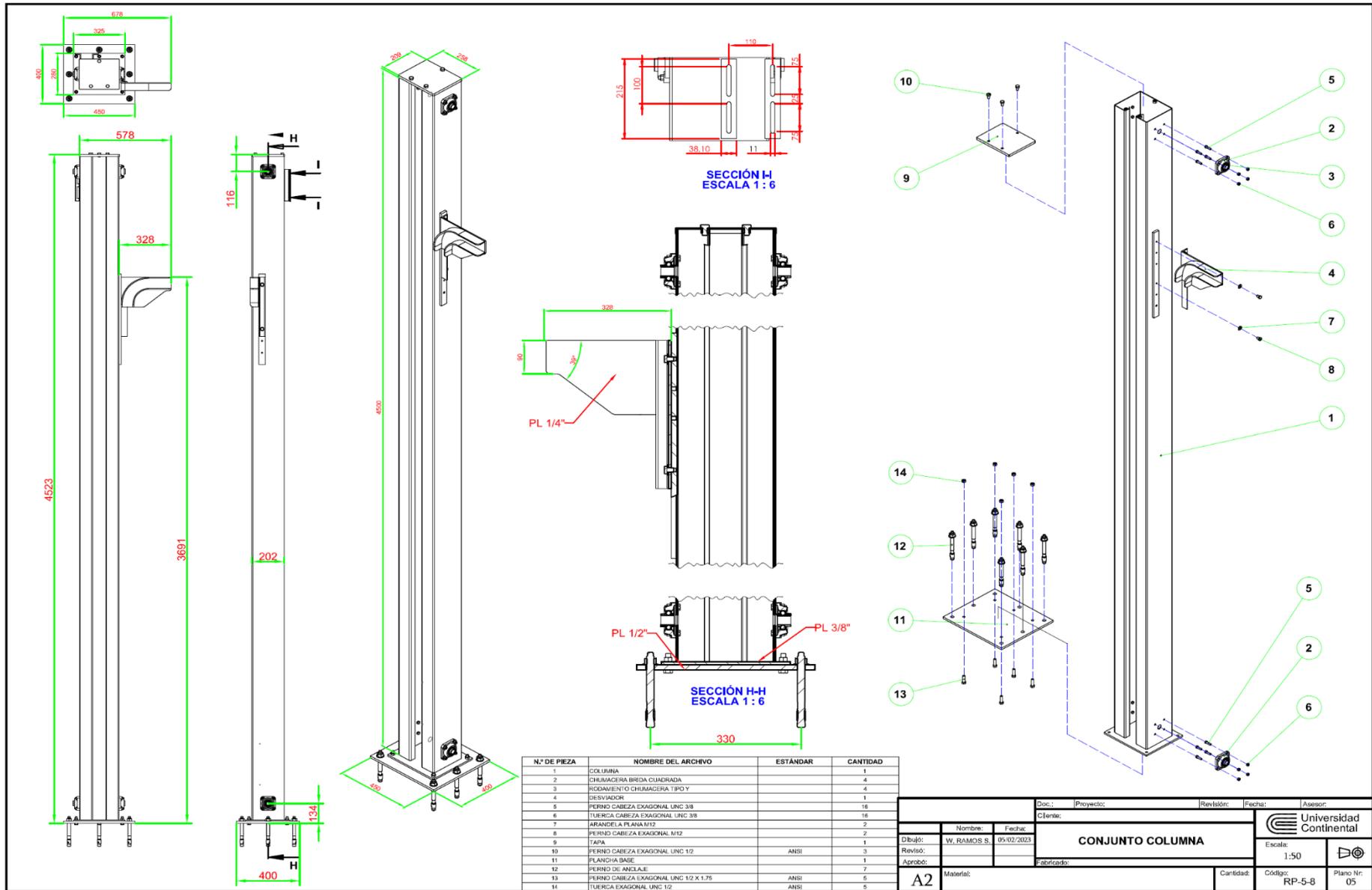


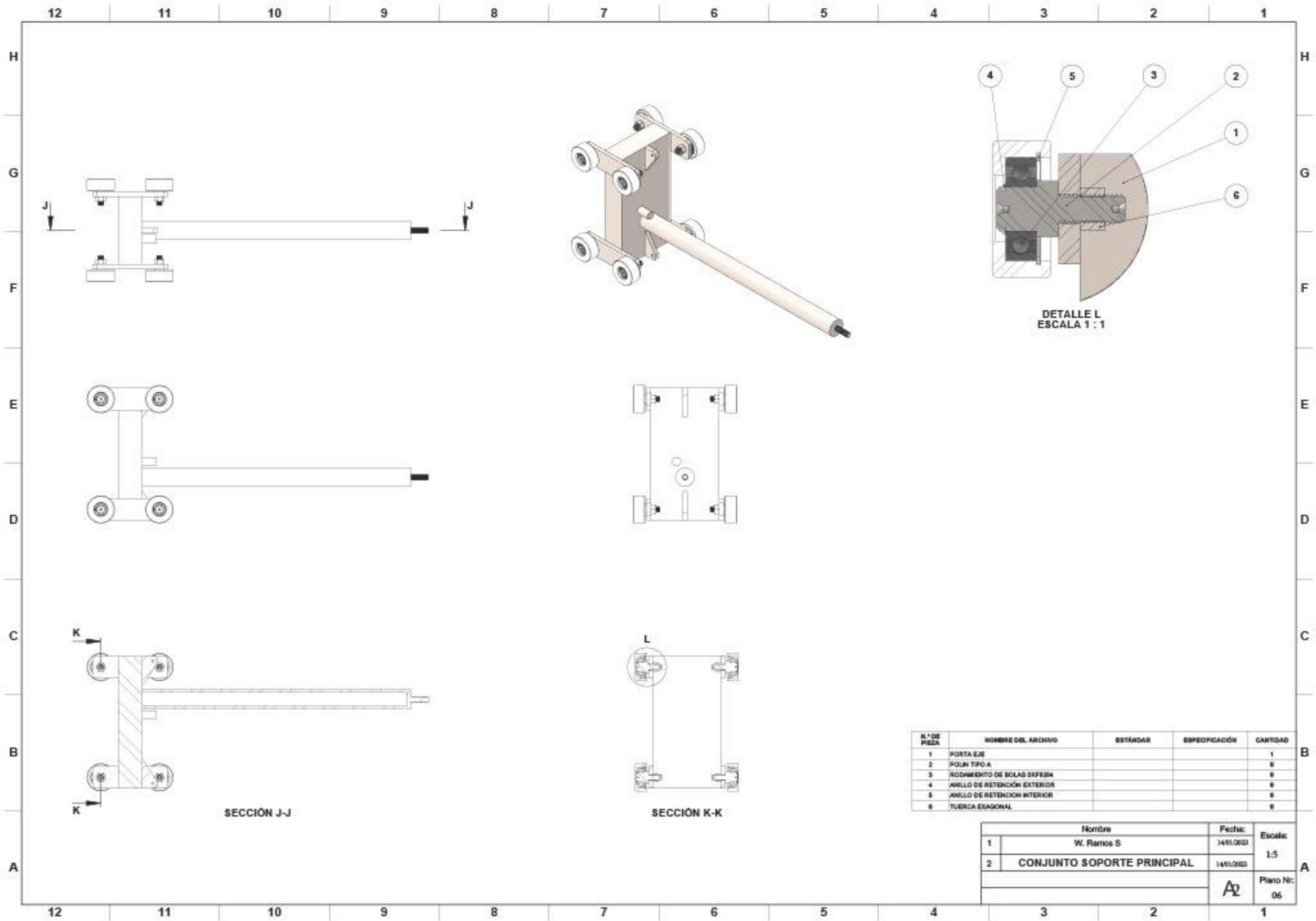


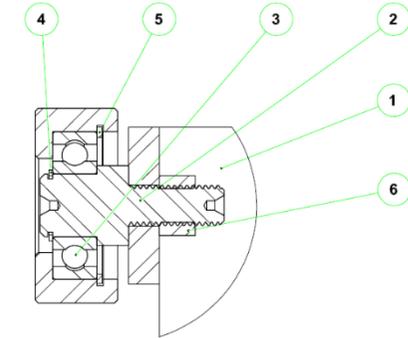
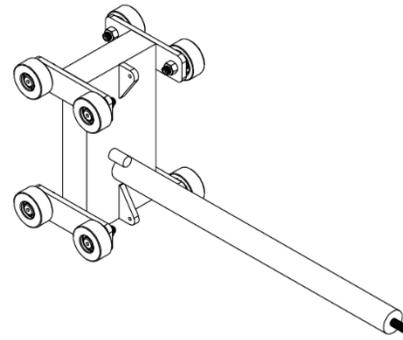
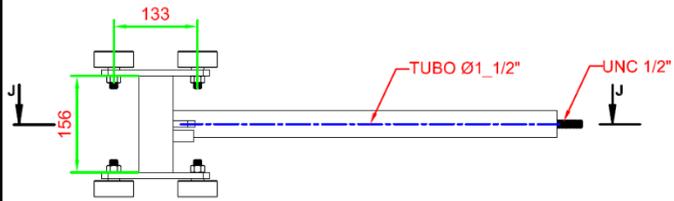
N.º DE PIEZA	NOMBRE DEL ARCHIVO	ESTANDAR	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD
1	ARMAZON			1
2	CHUTE			1
3	POLIN TIPO B			1
4	RODAMIENTO DE BOLAS SKF6204			1
5	ANILLO DE RETENCION EXTERIOR			1
6	ANILLO DE RETENCION INTERIOR			1
7	TUERCA EXAGONAL			2
8	BUJE TIPO 2			2
9	ARANDELA			1

Doc.:		Proyecto:		Revisión:		Fecha:		Asesor:	
Nombre:		W. RAMOS S.		Fecha:		05/02/2023			
Dibujó:		W. RAMOS S.		Fecha:		05/02/2023			
Revisó:				Fecha:					
Aprobó:				Fecha:					
Material:		A2		Cantidad:		Código:		Plano N.º:	
						RP-4-8		04	

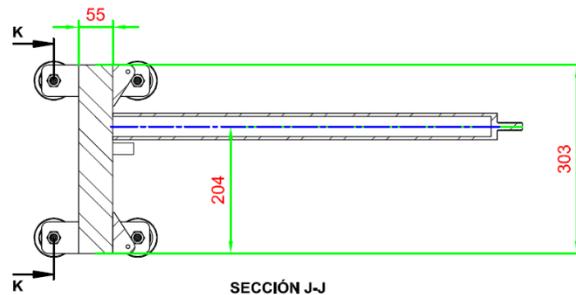
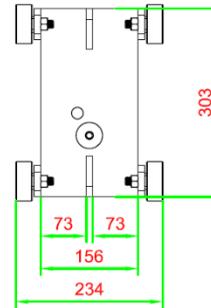
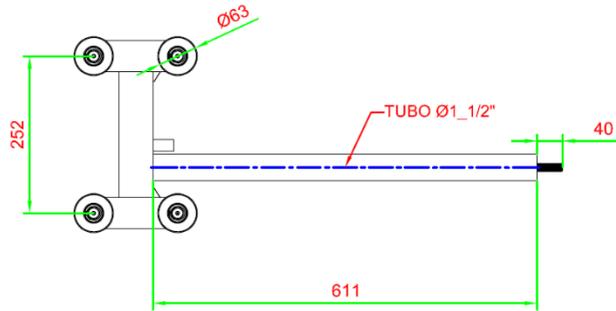




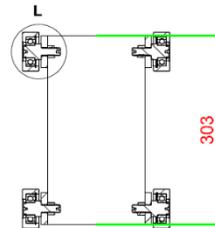




DETALLE L  
ESCALA 1:1



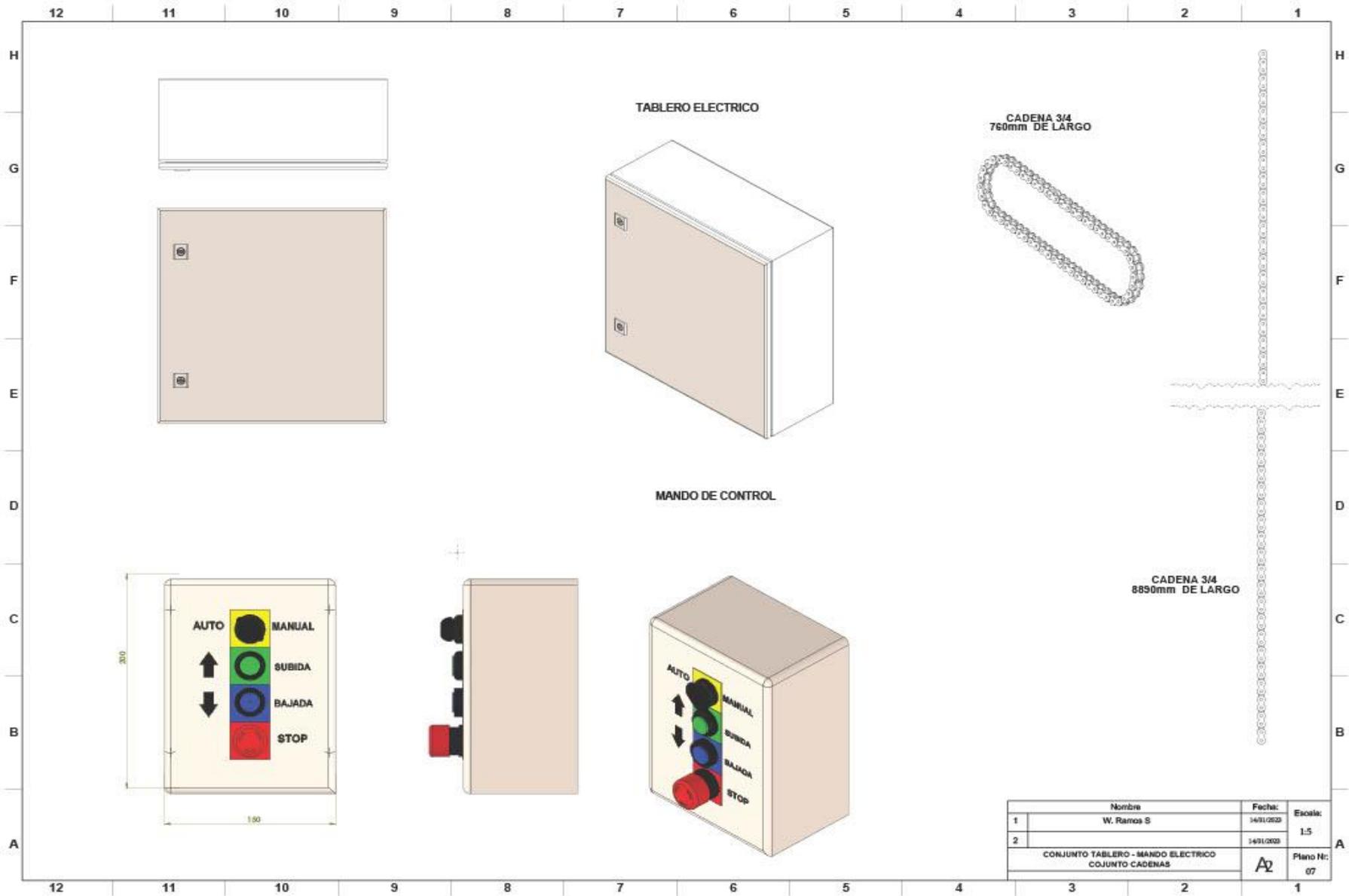
SECCIÓN J-J

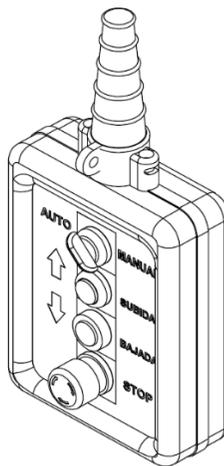
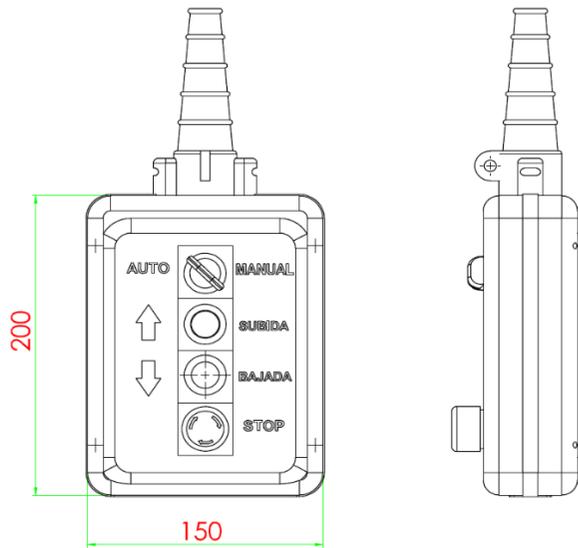
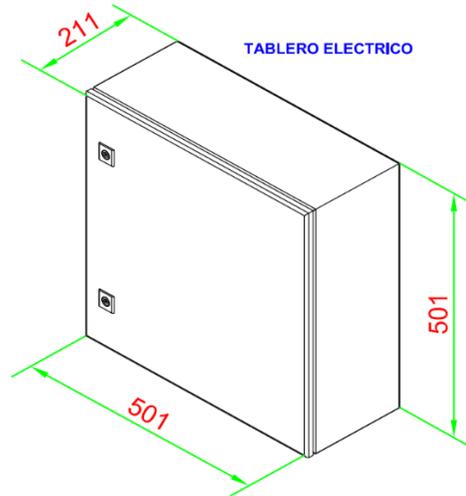
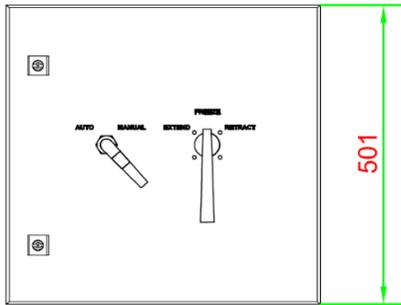
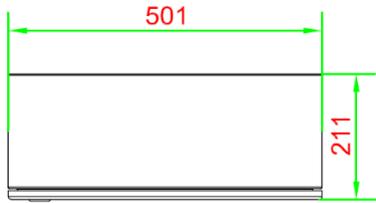


SECCIÓN K-K

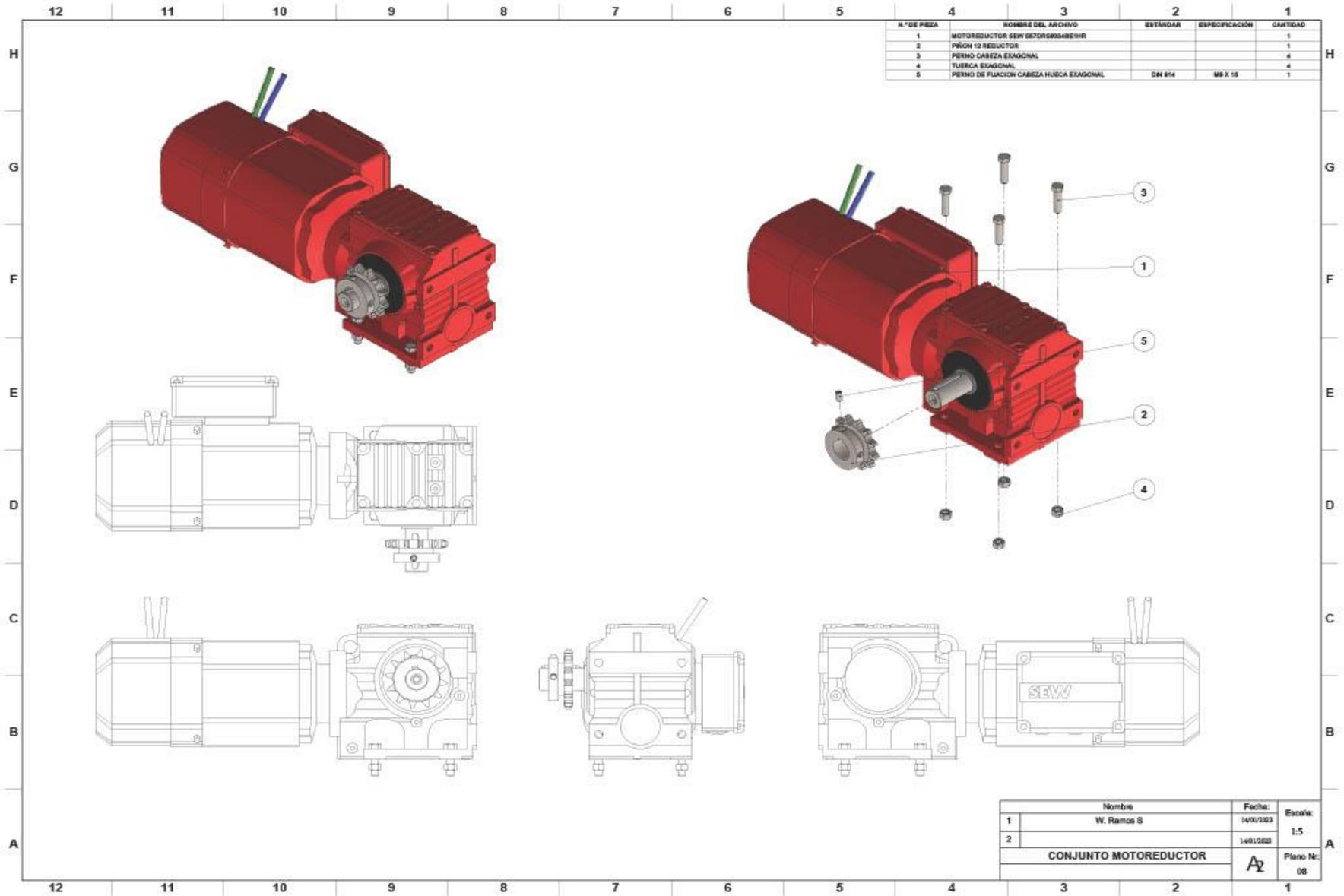
N° DE PIEZA	NOMBRE DEL ARCHIVO	ESTÁNDAR	ESPECIFICACION	CANTIDAD
1	PORTA EJE			1
2	POLIN TIPO A			8
3	RODAMIENTO DE BOLAS SKF6204			8
4	ANILLO DE RETENCION EXTERIOR			8
5	ANILLO DE RETENCION INTERIOR			8
6	TUERCA EXAGONAL			8

Doc:		Proyecto:	Revisión:	Fecha:	Asesor:
Dibujó:		Nombre:	Fecha:		
Revisó:		<b>CONJUNTO SOPORTE PRINCIPAL</b>			Escala:
Aprobó:		Fabricado:			1:5
A2		Material:	Cantidad:	Código:	Plano N°:
				RP-6-8	06





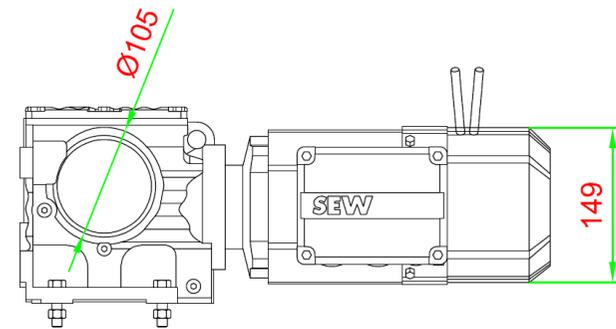
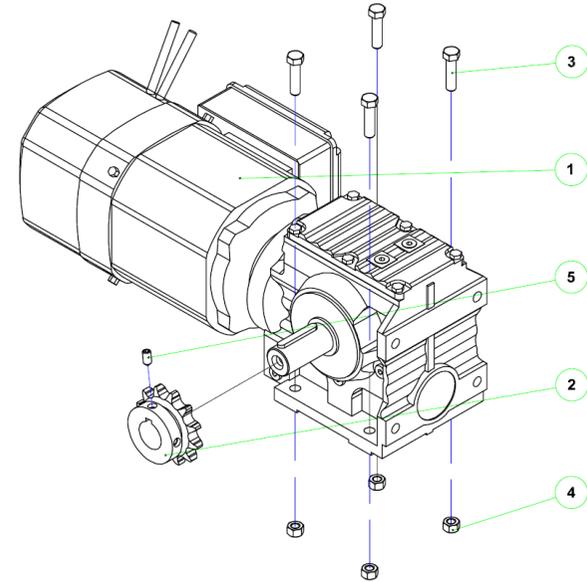
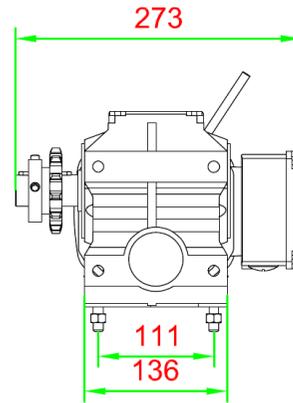
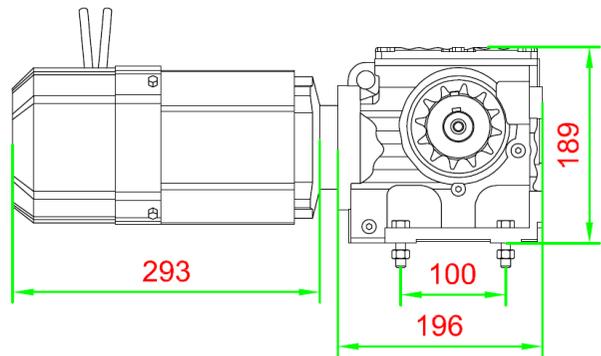
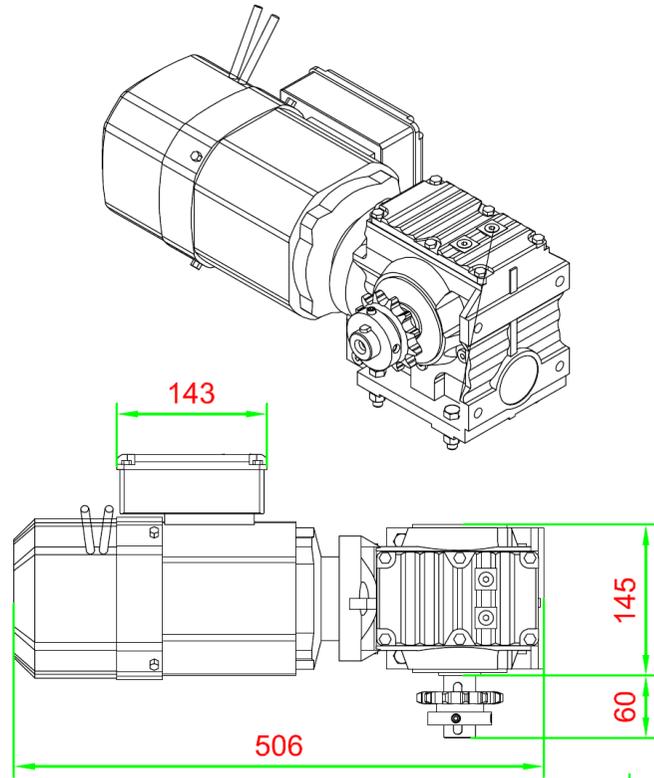
Diseño:		Proyecto:		Revisión:		Fecha:		Asesor:	
Nombre:		Fecha:		Código:		Escala:		 Universidad Continental	
Dibujó:		W. Ramos S.		05/02/2023		CONJUNTO TABLERO - MANDO ELECTRICO		Escala: 1:5	
Revisó:						CONJUNTO CADENAS		 	
Aprobó:						Fabricado:		Código: RP-7-8	
Material:						Cantidad:		Plano N°: 07	



N.º DE PIEZA	NOMBRE DEL ARCHIVO	ESTÁNDAR	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD
1	MOTOREDUCTOR SEW SETDR50M3BE1HR			1
2	PIÑÓN 12 REDUCTOR			1
3	PERNO CABEZA EXAGONAL			4
4	TUERCA EXAGONAL			4
5	PERNO DE FIJACION CABEZA HUECA EXAGONAL	DN 854	ME X 16	1

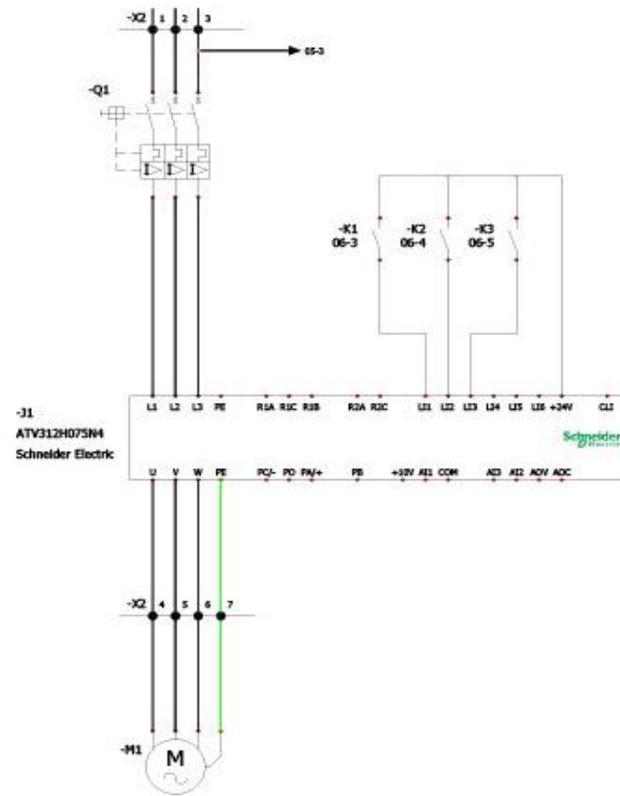
Nombre		Fecha:	Escala:
1	W. Ramco S	14/01/2023	1:5
2		14/01/2023	
<b>CONJUNTO MOTOREDUCTOR</b>		<b>A2</b>	Plano N.º:
			08

N.º DE PIEZA	NOMBRE DEL ARCHIVO	ESTANDAR	ESPECIFICACION	CANTIDAD
1	MOTOREDUCTOR SEW S57DRS80S4BE1HR			1
2	PIÑON 12 REDUCTOR			1
3	PERNO CABEZA EXAGONAL			4
4	TUERCA EXAGONAL			4
5	PERNO DE FIJACION CABEZA HUECA EXAGONAL	DIN 914	MB X 16	1

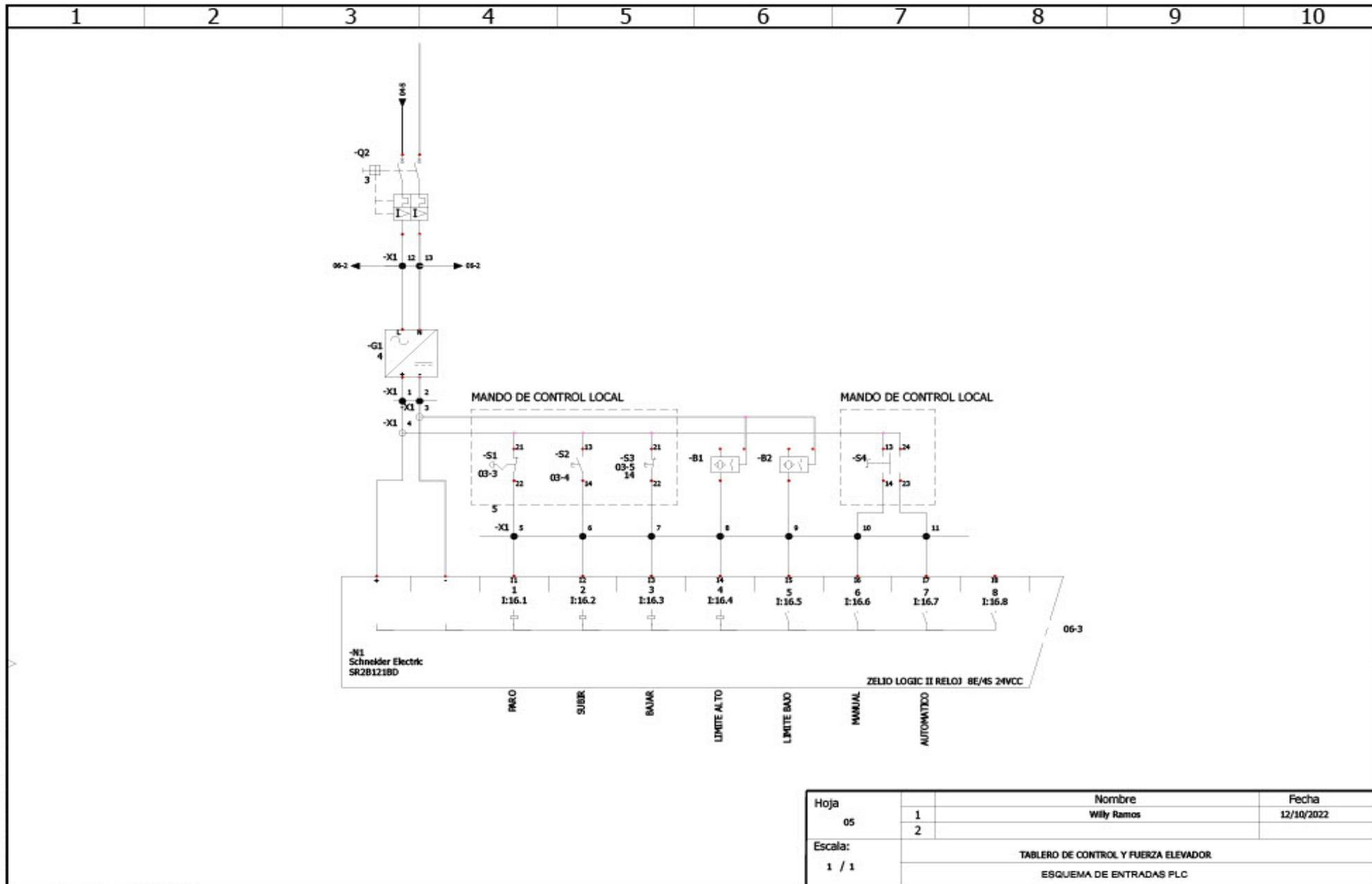


Doc.:	Proyecto:	Revisión:	Fecha:	Asesor:	
Ciente:					
Nombre:	Fecha:	<b>CONJUNTO MOTOREDUCTOR</b>		 Universidad Continental	
Dibujó:	W. RAMOS S.	05/02/2023	Escala:		1:5
Revisó:					
Aprobó:			Fabricado:		
A2	Material:	Cantidad:	Código:	Plano N.º:	
			RP-8-8	08	

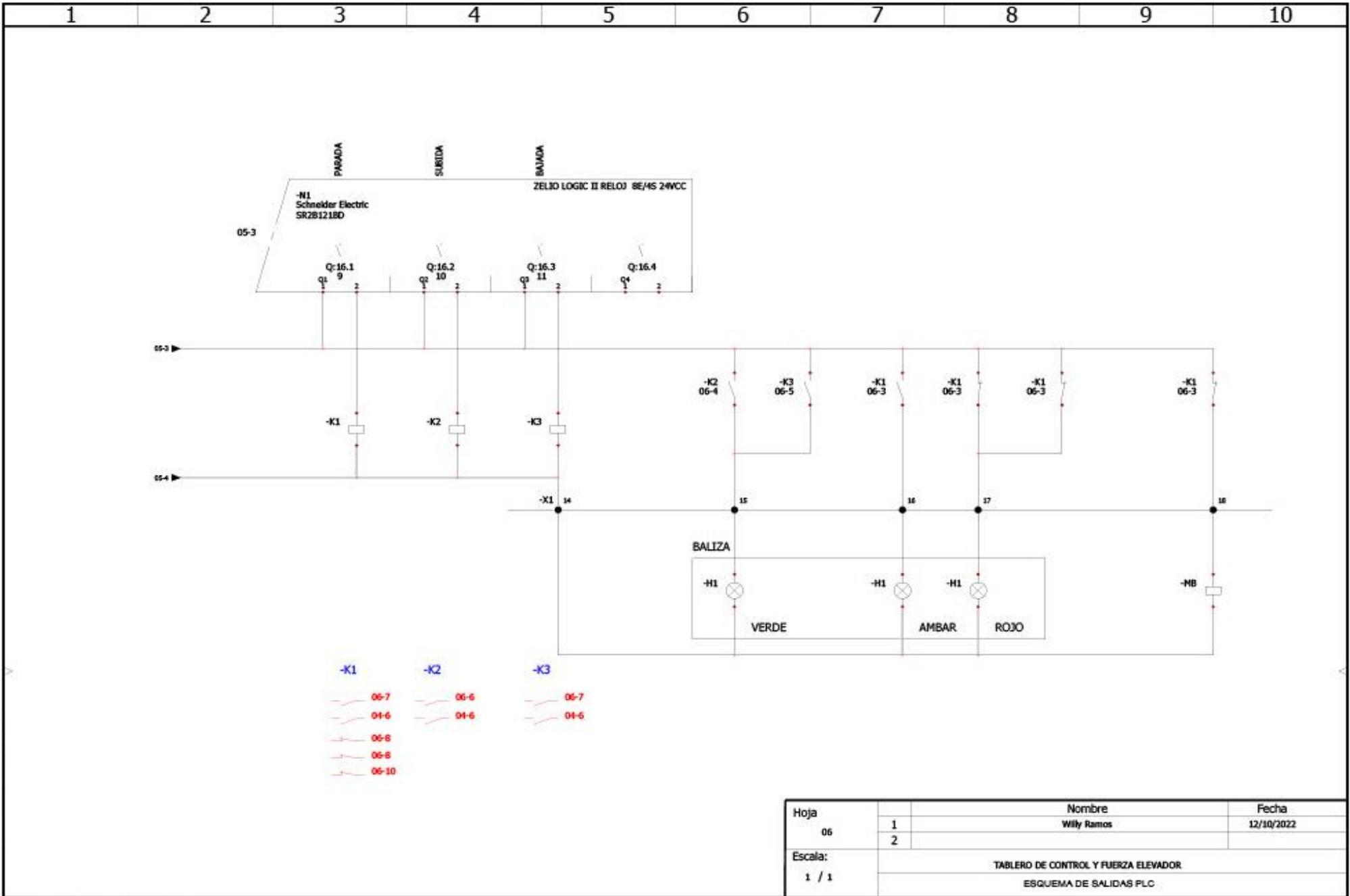




Hoja	04	Nombre	Willy Ramos	Fecha	12/10/2022
Escala:	1 / 1	TABLERO DE CONTROL Y FUERZA ELEVADOR			
		ESQUEMA ELÉCTRICO DE FUERZA			



Hoja 05	1	Nombre	Fecha
	2	Wily Ramos	12/10/2022
Escala: 1 / 1	TABLERO DE CONTROL Y FUERZA ELEVADOR		
	ESQUEMA DE ENTRADAS PLC		



---

### Información de programación

---

Autor : WILLY RAMOS  
Nombre del documento : ELEVADOR  
Versión : 0.0

Módulo : SR2B121BD	XT3 : SR2COM01
Período de ejecución de la aplicación en el módulo : 10 x 2 ms Acción del WATCHDOG : No activo Tipo de Filtrado de Hardware de las Entradas : Lento (3 ms) <input type="checkbox"/> Teclas Zx inactivas	Ver detalles a más distancia
Formato de la fecha : dd/mm/yyyy <input type="checkbox"/> Cambio de horario de verano/invierno activo Zona : Europa Cambio a horario de verano : Marzo, último domingo Cambio a horario de invierno : Octubre, último domingo	

---

### Comentarios

ELEVADOR

---

### Parámetros de Zelio2 COM

---

#### Mensajes con condiciones predefinidas

Alarma Zélio2 :

Alarma Zélio2 COM :

Condición para generar el mensaje : —

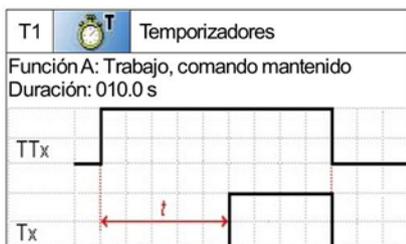
Tamaño máximo del nombre de la estación remota. : 30 caracteres

Tamaño máximo de la dirección de correo electrónico : 30 caracteres

---

### Temporizador

---



### Esquema del programa

No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina	Comentario
001	I1	ID			m6	[ M1	MODO AUTOMATICO (
002	PARO	AUTOMATICO IB	I2		M1	[ M2	
003		LIMITE BAJO M2	SUBIR				
004		I4			M2	[ M3	
005		LIMITE ALTO M3					
006		q1			M3	[ M4	
007		PARADA M4					
008		T1	I4		M4	[ M5	
009		M5	LIMITE ALTO				
010		IB			M5	[ M6	
011		LIMITE BAJO M6					) MODOD AUTOMATICO
012	I1	IC		mA	mD	[ M7	MODO MANUAL(
013	PARO	MANUAL I2	i4	M10	M13 M7	[ M8	
014		SUBIR M8	LIMITE ALTO				
015		I4			M8	[ M9	
016		LIMITE ALTO M9					
017		q1			M9	[ MA	
018		PARADA MA			M10		
019		M10 I3	IB		M7	[ MB	
020		BAJAR MB	LIMITE BAJO		M11		
		M11					

## Entradas físicas

N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
I1		Entradas DIG	—	No hay parámetros	(1/1) (12/1)	PARO
I2		Entradas DIG	—	No hay parámetros	(2/3) (13/2)	SUBIR
I3		Entradas DIG	—	No hay parámetros	(19/2)	BAJAR
I4		Entradas DIG	—	No hay parámetros	(4/2) (8/3) (13/3) (15/2)	LIMITE ALTO
IB		Entradas DIG	—	No hay parámetros	(2/2) (10/2) (19/3) (21/2)	LIMITE BAJO
IC		Entradas DIG	—	No hay parámetros	(12/2)	MANUAL
ID		Entradas DIG	—	No hay parámetros	(1/2)	AUTOMATICO

## Salidas físicas

N.º	Símbolo	Función	Remanencia	Localización (L/C)	Comentario
Q1		Salidas DIG	No	(6/2) (17/2) (23/2) (25/6)	PARADA
Q2		Salidas DIG	No	(31/6)	SUBIDA
Q3		Salidas DIG	No	(33/6)	BAJADA

## Funciones configurables

N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
M1		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(1/6) (2/5) (25/2)	
M2		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(2/6) (3/2) (4/5) (31/2)	
M3		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(4/6) (5/2) (6/5) (25/3) (31/3)	
M4		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(6/6) (7/2) (8/5) (26/3) (35/3)	
M5		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(8/6) (9/2) (10/5) (33/3)	
M6		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(1/5) (10/6) (11/2)	
M7		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(12/6) (13/5) (19/5) (27/1)	
M8		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(13/6) (14/2) (15/5) (32/3)	
M9		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(15/6) (16/2) (17/5) (27/3) (29/2)	
MA		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(12/4) (17/6) (18/2) (28/3)	M10
MB		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(19/6) (20/2) (21/5) (34/3)	M11
MC		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(21/6) (22/2) (23/5) (27/2) (29/3)	M12
MD		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(12/5) (23/6) (24/2) (30/3)	M13
T1		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(8/2) (35/6)	

No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina	Comentario
021		IB			MB	[ MC	
022		LIMITE BAJO MC			M11	M12	
023		M12 q1			MC	[ MD	
024		PARADA MD			M12	M13	) MODO MANUAL
025		M1	m3			[ Q1	ACTUADORES (
026			M4			PARADA	
027	M7	mC	m9				
028		M12	MA				
029		m9	M10 mC				
030			M12 MD				
031		M2	M13 m3			[ Q2	
032			M8			SUBIDA	
033			M5			[ Q3	
034			MB			BAJADA	) ACTUADORES
035			M11 M4			TT1	TEMPORIZADOR