



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA
ESTACIONAMIENTO TIPO CARRUSEL UTILIZANDO UN
CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Victor Manuel Dueñas Villalta
José Daniel Tamayo Gomero
TUTOR: José Alexander Zambrano García

Guayaquil - Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Victor Manuel Dueñas Villalta** con documento de identificación N° **0950175828** y **José Daniel Tamayo Gomero** con documento de identificación N° **0924468176**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 10 de marzo del año 2023

Atentamente,



Victor Manuel Dueñas Villalta
0928363282



José Daniel Tamayo Gomero
0924468176

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Victor Manuel Dueñas Villalta** con documento de identificación N° **0928363282** y **José Daniel Tamayo Gomero** con documento de identificación N° **0924468176**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA ESTACIONAMIENTO TIPO CARRUSEL UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 10 de marzo del año 2023

Atentamente,



Victor Manuel Dueñas Villalta
0928363282



José Daniel Tamayo Gomero
0924468176

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **José Alexander Zambrano García**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA ESTACIONAMIENTO TIPO CARRUSEL UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**, realizado por **Victor Manuel Dueñas Villalta** con documento de identificación N° **0928363282** y por **José Daniel Tamayo Gomero** con documento de identificación N° **0924468176**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de marzo del año 2023

Atentamente,



Ing. José Alexander Zambrano García MSc.
0963020193

Dedicatoria

Yo Victor Manuel Dueñas quiero dedicar está tesis en primer lugar a Dios, a mis padres por la educación que me dieron como persona, sus consejos, aprendizajes y por último pero no menos importante a mi tia"Bejruth" que aunque no se encuentre conmigo en este momento me cuido y apoyo en vida y lo sigue haciendo desde el cielo

Dedicatoria

Yo José Daniel Tamayo, agradezco a Dios quien por su intermedio me dio la fortaleza de no claudicar en los momentos más difíciles, a mis padres y a mi familia por creer en mí, a mis hermanos Emilio y Romina que han sido mis primeros compañeros de vida y con quienes aprendí a trabajar en equipo. Una dedicatoria especial a mis abuelitos y a mis padres que con su amor incondicional me enseñaron que todo es posible y que los sueños se cumplen.

Agradecimientos

Yo Jose Daniel Tamayo, le debo este logro a mi amada universidad, a quien le agradezco todos los conocimientos compartidos, a mis tutores que a lo largo de este camino estudiantil me formaron a nivel intelectual y humanístico, Así mismo a todos los docentes, quienes día a día luchan para educar a ciudadanos íntegros y humanos desde cada cátedra que pueden dictar.

Le agradezco especialmente al Ing. José Zambrano, quien más allá de ser mi tutor en este proyecto, me ha dado toda la ayuda necesaria, despejando mis dudas, y así logrando que este proyecto se haga realidad.

No puedo dejar de mencionar a mi compañero de tesis, gracias por hacer que este equipo funcione 100 % Este logro, más que mío, es de todos aquellos que lo hicieron posible y jamás me alcanzarán las palabras para agradecerles, por tanto.

Resumen

En la presente investigación se propuso diseñar un prototipo automático para estacionamiento tipo carrusel utilizando un control lógico programable. Se implementará un diseño, mecánico, eléctrico y automatizado con HMI y PLC. Como posible solución al problema que vive la universidad por la falta de parqueadero, congestión vehicular, inseguridad que se percibe al dejar el carro en la calle y la pérdida de tiempo al momento de parquear el vehículo en las afueras de la universidad, se propone implementar un estacionamiento tipo carrusel en las instalaciones de la universidad. En cuanto al diseño mecánico, se investigó sobre el material adecuado para la construcción de los pallets, ya que es donde estará estacionado el vehículo; se consideró planchas antideslizantes para evitar deslizamiento del vehículo y, para el reforzamiento del mismo se utilizó vigas IPN. Así mismo se indagó en los otros materiales para la construcción del pallet con el fin de brindar la seguridad de los usuarios. Para el sistema de transmisión se usó un motor(reductor), sistema de engranajes y cadenas donde se seleccionó la opción correcta para la velocidad que se requiere. Para el HMI Y PLC se colocó 3 sensores: uno para tener una mejor precisión para la posición del pallet, el segundo para conocer el tiempo en el que el vehículo estará estacionado y el tercero para la inversión de giro con el fin de optimizar energía y tiempo. Con este diseño se buscará la reducción de congestión vehicular en la universidad, la disminución de autos estacionados en veredas y la pérdida de tiempo que tienen los estudiantes para estacionar su vehículo. También se obtiene beneficios como evitar choques y robos ya que estará en una zona segura de la universidad lo que tranquilizaría al usuario.

Palabras claves: PLC, estacionamiento, Vehículo

Abstract

In the present investigation, the goal was to design an automatic prototype for carousel-type parking using a programmable logic control, a mechanical, electrical and automated design with HMI and PLC was implemented. As a solution to the problem that the university is experiencing due to the lack of parking, traffic congestion in addition to the insecurity that the city experiences and the loss of time when parking the vehicle on the outskirts of the university. It was investigated what material is suitable for the construction of the pallets since it is where the vehicle will be parked, non-slip plates were considered to avoid slipping of the vehicle and to reinforce it IPN beams, likewise, other materials were investigated for the construction of the pallet in order to provide the safety of the users, for the transmission system a motor (reducer), gear system and chains were used where the correct option for the speed required was considered. For the HMI and PLC, 3 sensors were placed, one to have a better precision for the position of the , two, to know the time in which the vehicle will be parked and finally for the inversion of rotation in order to optimize energy and time. With this design, the reduction of vehicular congestion in the university will be sought, the reduction of cars parked on sidewalks and the loss of time that students have to park their vehicle, benefits are also obtained such as avoiding crashes and robberies since it will be in a zone safe from the university which would reassure the user.

Keywords: PLC, parking, Vehicle

ÍNDICE

I.	Problemática	17
II.	Justificación	18
III.	Objetivos	19
III-A.	Objetivo General	19
III-B.	Objetivos específicos	19
IV.	Marco Teórico	20
IV-A.	Marco histórico	20
IV-B.	Tipos de estacionamientos	21
IV-B1.	Estacionamientos convencionales	21
IV-B2.	Estacionamientos Automatizados	22
IV-C.	Sistema estructural	25
IV-C1.	Estructuras reticulares	25
IV-C2.	Armaduras o cerchas	25
IV-C3.	Pórticos rígidos	25
IV-D.	Especificaciones de acero	27
IV-D1.	Normas del Acero	27
IV-E.	Especificaciones de los pernos estructurales	27
IV-E1.	Pernos de alta resistencia	27
IV-E2.	Norma ASTM F436 (arandelas estructurales)	28
IV-F.	Que es la soldadura	28
IV-G.	Tipos de soldadura	30
IV-G1.	Soldadura con TIG o electrodo de tungsteno en ambiente de gas inerte	30
IV-G2.	Soldadura de acero inoxidable con arco manual con electrodo revestido o SMAW	30
IV-G3.	Soldadura de acero inoxidable MIG o Metal Gas Inerte	30
IV-H.	Software de diseño	30
IV-H1.	Autodesk Inventor	31
IV-H2.	Solidworks	31
IV-I.	Sistema de automatizado	32
IV-I1.	PLC S7-1200	32
IV-I2.	HMI	32
IV-J.	Sistemas Eléctricos	34
IV-J1.	Motores eléctricos	34
IV-J2.	Arranque de motor trifásico e inversión de giro	34
IV-J3.	Motor trifásico	34
IV-J4.	Arranque de motor trifásico	34
IV-J5.	Norma de electricidad de Ecuador	34
IV-K.	Software de diseño eléctrico	34
IV-K1.	Cade-SIMU	34
IV-L.	Software de diseño eléctrico	35
IV-L1.	Tia portal	35
V.	Marco metodológico	36
V-A.	Tipo de investigación	36
V-B.	Métodos de investigación	36
V-C.	Instrumentos de la investigación	36
V-D.	Consideración de estudio del suelo	36

	V-D1.	Normas urbanísticas	37
	V-D2.	Estudios a Realizar	37
V-E.		Diseño de la forma de la maquina	37
	V-E1.	Propuesta de diseño	37
	V-E2.	Propuesta del controlador lógico programable	37
	V-E3.	Propuesta de programación	38
	V-E4.	Propuesta de diseño del HMI	38
V-F.		Requisitos del sistema	38
	V-F1.	Colocación de automóviles	38
	V-F2.	Tiempo de espera	39

VI. DISEÑO DEL SISTEMA 40

VI-A.		Diseño de la estructura mecánica	40
	VI-A1.	Selección de material	40
	VI-A2.	Selección del tipo de acero	41
	VI-A3.	Dimensiones para el diseño	41
	VI-A4.	Capacidad máxima de peso	42
	VI-A5.	Determinación de las cargas vivas	43
	VI-A6.	Determinación de las cargas muertas	45
	VI-A7.	Diseño estructural del pallet	45
	VI-A8.	Cálculo de la tensión del brazo	46
	VI-A9.	Diseño de los brazos del pallet	49
	VI-A10.	Barra central del pallet	50
	VI-A11.	Cálculo de la estructura principal	51
	VI-A12.	Cálculo de sistema de transmisión	52
	VI-A13.	Potencia requerida del motor	54
	VI-A14.	Reducción de velocidad	55
VI-B.		Selección del tipo de cadena	55
	VI-B1.	Longitud de cadena	56
	VI-B2.	Cálculo de velocidad lineal	57
	VI-B3.	Esfuerzo de cadena	57
	VI-B4.	Factor de seguridad de cadena	57
VI-C.		Cálculo de engranajes	58
VI-D.		Cálculo de rueda dentada (N4)	60
	VI-D1.	Parte superior del diente	60
	VI-D2.	Parte inferior del diente	60
	VI-D3.	Altura total del diente	60
	VI-D4.	Diámetro primitivo de piñón	60
	VI-D5.	Diámetro exterior de piñón	60
	VI-D6.	Diámetro inferior de piñón	60
	VI-D7.	Espesor de diente	60
VI-E.		Diseño de engranaje (N4B)	60
	VI-E1.	Modulo y paso (N4B)	60
	VI-E2.	Parte superior del diente	61
	VI-E3.	Parte inferior del diente	61
	VI-E4.	Altura total del diente	61
	VI-E5.	Diámetro primitivo de piñón	61
	VI-E6.	Diámetro interior de piñón	61
VI-F.		Cadena de pallets	61
VI-G.		Automatización del sistema	62

VI-G1.	Eleccion de PLC Y HMI	63
VI-G2.	Declaracion de variables	63
VI-G3.	Programacion de HMI	65
VI-H.	Diseño electrico	67
VII.	Simulación y Resultados	68
VII-A.	Similación de la parte mecánica	68
VII-A1.	Base del pallet	68
VII-A2.	Brazo del pallet	70
VII-A3.	Barra principal del pallet	72
VII-A4.	Estructura principal	74
VII-A5.	Soporte de Pallet	76
VII-A6.	Eslabón interno	77
VII-A7.	Eslabón Externo	78
VII-B.	Resultados de la construcción del prototipo	79
VII-C.	Resultados de construcción prototipo escala del sistema automatizado	79
VII-D.	Resultados de la programación PLC Y HMI	80
VIII.	Cronograma de actividades	84
IX.	Presupuesto	84
X.	Conclusiones	85
XI.	Recomendaciones	86
XII.	Anexos	87

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Tráfico en la Universidad	16
2.	Estacionamiento vertical rotatorio automatizado(NASH)	20
3.	Ferris Wheel Auto-Parking	21
4.	Estacionamientos convencionales	22
5.	Tipos de estacionamientos verticales	23
6.	Sistemas DSA	24
7.	Ciclo continuo	25
8.	Estructuras reticulares	26
9.	Armaduras	26
10.	Pórticos rígidos	27
11.	Nomenclatura	28
12.	Normativa de pernos	28
13.	Resistencia de pernos	29
14.	Propiedades mecánicas de las tuercas A194	29
15.	Estilos de arandelas estructurales.	30
16.	Tipos de soldadura	30
17.	Elaboración de una mesa de espirales en Inventor	31
18.	Elaboración de cabina de lavado de vinos	32
19.	PLC S7-1200	32
20.	HMI	33
21.	Motor eléctrico	34
22.	Norma de electricidad	35
23.	Imagen de referencia de un arranque estrella-triángulo	35
24.	TIA Portal	36
25.	Distribución de cargas en ejes	43
26.	Cargas puntuales de pallet	44
27.	Análisis de tensión de la base del pallet	45
28.	Propiedades de plataforma de pallet	45
29.	Diseño estructural del pallet	46
30.	Unión brazo con pallet	47
31.	tabla de especificaciones para pernos	48
32.	Unión brazo con pallet	49
33.	Análisis de tensión del brazo	50
34.	Perfil cuadrado - soporte de barra	50
35.	Análisis de tensión del brazo	51
36.	Análisis de tensión del brazo	51
37.	Distribución de cargas en la estructura	52
38.	Análisis de tensión de la estructura	52
39.	Radio de la cadena	53
40.	Tabla de potencia nominal	56
41.	Tabla 2 de potencia nominal	58
42.	Catálogo - manual de cadenas rexnord	59
43.	Diseño de sistema de movimiento de pallets	62
44.	Tabla de variables	64
45.	Intefaz HMI	66
46.	Diagramas y Fuerza de control	67
47.	Diagramas y Fuerza de control	68
48.	Base del pallet	69
49.	Tensión de Von Mises	69

50.	Desplazamiento	70
51.	Coefficiente de seguridad	70
52.	Brazo del pallet	71
53.	Tensión de Von Mises	71
54.	Desplazamiento	72
55.	Coefficiente de seguridad	72
56.	Barra principal del pallet	73
57.	Tensión de Von Mises	73
58.	Desplazamiento	74
59.	Coefficiente de seguridad	74
60.	Estructura	75
61.	Análisis de Von Mises	75
62.	Desplazamiento	76
63.	Tensión de Von Mises	76
64.	Desplazamiento	76
65.	Coefficiente de seguridad	77
66.	Tensión de Von Mises	77
67.	Desplazamiento	77
68.	Coefficiente de seguridad	78
69.	Tensión de Von Mises	78
70.	Desplazamientos	78
71.	Coefficiente de seguridad	79
72.	Construcción del prototipo	79
73.	Construcción del prototipo	80
74.	Construcción del prototipo	80
75.	Construcción del prototipo	80
76.	Tabla de variables	81
77.	Programación en Tia Portal	82
78.	Programación en Tia Portal	82
79.	Programación en Tia Portal	83
80.	Diseño en HMI	83
81.	Cronograma de actividades	84
82.	Presupuesto	84
83.	Estacionamiento Vertical rotatorio	87
84.	Base de estructura	88
85.	Base del pallet	89
86.	Brazos del pallet	90
87.	Eje del Pallet	91
88.	Transición	92
89.	Engranaje 1	93
90.	Engranaje 2	94
91.	Cadena parte externa	95
92.	Cadena parte interna	96
93.	Engranaje 3	97
94.	Engranaje 4	98
95.	Eslabón interno	99
96.	Eslabón externo	100
97.	Soporte de pallet	101
98.	Catálogo de cadena de rexnord	102
99.	Catálogo SKF especificaciones cadena de rodillo	103

100. Tabla - No. 60 sprockets 750 pitch 104
101. Tabla - factor de trabajo para cadenas del catálogo de transmisión de SKF 105
102. Tabla - Potencia de cadena del catálogo de transmisión SKF 106
103. Catálogo de motores Siemens, SIMOTICS Serie 1LE 106
104. Datos Eléctricos - motores serie 1LE0142 IE1 6 polos (1200 rpm) 107
105. Clasificación de aceros ASTM 108

Introducción

La Universidad Politécnica Salesiana en su campus Centenario se encuentra ubicada en una zona de difícil acceso vehicular debido a pequeños grupos invasores y fábricas cercanas, lo que dificulta el estacionamiento de los vehículos de los estudiantes. Debido a que la ciudad está catalogada como peligrosa, la mayoría de los estudiantes llega en su carro particular. La falta de parqueaderos que posee la universidad congestiona la vía de acceso, ya que los estudiantes que no lograron estacionarse se ubican en la vereda donde muchas veces hacen doble fila y eso genera caos vehicular. La solución para el problema presente fue el diseño de un estacionamiento vertical tipo carrusel que fue diseñado para ser colocado en las esquinas de los parqueaderos con los que cuenta la universidad. Esto podría aumentar la capacidad de los parqueaderos. En la figura 01 se pueden observar el tráfico en la universidad.



Figura 1. Tráfico en la Universidad

I. PROBLEMÁTICA

Ecuador atravesó una crisis económica durante la pandemia en 2019, esto debido a la falta de empleo y la recuperación del COVID que enfrentaba la mayoría de los ecuatorianos, impidiendo así a los ecuatorianos movilizarse y dejar de usar el transporte público debido a que podían contagiarse del virus. Cuando la pandemia

estaba terminando y las personas se recuperaban económicamente a mediados del 2021, pero aun con miedo de subirse al transporte público, decidieron por comprarse un vehículo para así poder movilizarse, ya que los precios de los vehículos livianos habían bajado considerablemente y las personas preferían carros de segunda mano o nuevos que estuvieran en el rango de 15 mil a 20 mil. A principios de este año aumentaron las ventas en el primer

trimestre de 2022: se vendieron 32.075 vehículos en el país. Esto equivale a un aumento de 5 por ciento frente a niveles previos a la pandemia, es decir, 2019, según la AEADE. La Universidad Politécnica Salesiana retornó a sus

clases de manera presencial y en la jornada nocturna acoge a la gran mayoría de sus estudiantes. La mayoría de los estudiantes actualmente cuenta con vehículo propio ocasionando así una gran congestión vehicular y falta de parqueos para todos los estudiantes y personal de la universidad. Debido a que solo se cuenta con estacionamiento de una planta baja, no abastece a todos los vehículos. Por este motivo los estudiantes dejan sus vehículos estacionados a las afueras de las calles, ocasionando así un tráfico vehicular cuando culmina la jornada de estudio. Debido a esto se pierde gran tiempo atrapado en el tráfico llegando tarde a su lugar de destino.

II. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a la problemática indicada, la falta de espacios disponibles para parqueo ocasiona pérdidas de tiempo para los estudiantes, además de los atrasos a la hora de clase, e inclusive incide en la alta tasa de delincuencia que se produce por el tráfico.

Se plantea una alternativa de solución a esta problemática a través del uso de herramientas tecnológicas, proponiendo un estacionamiento automatizado de tipo carrusel que aumente la capacidad de espacio disponible en los parqueaderos y que reduzca los tiempos de espera del usuario para aparcar su vehículo.

Por medio de este proyecto se pone en práctica el conocimiento adquirido en las ciencias de la Ingeniería Mecatrónica, adoptando tecnologías en la solución de problemas. Este prototipo servirá de base para que los estudiantes de la carrera puedan desarrollar más proyectos de automatización sobre temas afines aplicables en el Ecuador.

III. OBJETIVOS

III-A. Objetivo General

Desarrollar el prototipo a escala de un sistema automático de estacionamiento tipo carrusel utilizando un controlador lógico programable para la optimización de espacios, tomando en cuenta los estudios de suelo en las áreas de parqueo pertenecientes a la Universidad Politécnica Salesiana.

III-B. Objetivos específicos

- Investigar el estado del arte de los estacionamientos parecidos y las soluciones implementadas.
- Desarrollar el diseño del sistema mecánico para el estacionamiento tipo carrusel.
- Validar el funcionamiento del sistema mediante pruebas simuladas.
- Construir el prototipo escala del sistema automatizado.
- Diseñar la lógica de control utilizando un controlador lógico programable y un HMI.

IV. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se dará a conocer la historia y origen de los estacionamientos verticales, sus antecedentes, los tipos de estacionamientos que existen; normales o automatizados y por último su funcionamiento.

IV-A. Marco histórico

Los primeros estacionamientos surgieron mucho antes de los automóviles, debido a que los carruajes que eran remolcados por caballos debían tener un sitio donde poder ser protegidos de fenómenos ambientales o simplemente donde pudieran ser guardados durante parte del día y la noche.

A medida que estos “carruajes” o vehículos de tracción animal iban modernizándose, hasta la aparición de los autos, también lo hacían sus espacios de estacionamiento, esto porque debían adaptarse a los nuevos medios de transporte de la época, proporcionando un diseño que aportara confort y sea mucho más funcional para las personas que los poseían.

Debido al gran ascenso de automóviles que se dio durante el siglo XX, empezaron a surgir diferentes tipos de problemas debido al incremento de este. Uno de los problemas que más destacaba era la dificultad para aparcar los vehículos que pasaban por las calles, ya que en esos tiempos las ciudades carecían de zonas o áreas disponibles para dejar los vehículos estacionados de forma segura. Debido a este problema se buscó una solución en donde se puedan crear parqueaderos que puedan almacenar cierta cantidad de vehículos y que a su vez no ocupen mucho espacio, de aquí se trajo la idea de crear un sistema de estacionamiento automatizado que tenga la capacidad de almacenar vehículos de forma vertical.

La idea de este tipo de estacionamientos proviene de dos factores importantes: la necesidad de zonas de aparcamiento y la falta de suelo disponible para estos. Los primeros usos de este sistema automatizado se dieron en Estados Unidos. Apareció en los Ángeles, Chicago, y Nueva York, en la década de 1920 o a inicios del siglo XX. El primer tipo de estacionamiento vertical o también llamado ascensor de coches fue creado por la compañía Nash Motor en 1933, este estacionamiento se caracterizaba por ser una torre cerrada con vidrio,[16].

En la figura 02 se pueden observar el estacionamiento vertical rotatorio automatizado(NASH)



Figura 2. Estacionamiento vertical rotatorio automatizado(NASH)

Otro tipo de estacionamiento vertical automatizado que se puede encontrar es el Ferris Wheel Auto-Parking, ubicado en la ciudad de Pittsburgh. Este estacionamiento se caracterizaba por tener un sistema similar a un carrusel que tenía la capacidad de almacenar 48 vehículos, por lo que este proyecto demostró ser un sistema muy novedoso pese al poco desarrollo tecnológico que había en esa época. Esta torre automatizada se la implemento al costado de edificios como zona de garaje. La zona donde se iba a ubicar este estacionamiento se llama Loop de Chicago, cuya zona se caracteriza por ser área comercial y de negocios más frecuentada de la ciudad, por lo que a su vez estaba siempre congestionada. La idea de este estacionamiento proviene de la Westinghouse Electric Company, que originalmente su diseño y construcción iba a ser de una torre de 32 metros con una capacidad para almacenar 250 vehículos, pero debido al poco avance tecnológico ya mencionado anteriormente se construyó solo para 48 vehículos. [1]

En la figura 03 se puede observar el Ferris Wheel Auto-Parking



Figura 3. Ferris Wheel Auto-Parking

IV-B. Tipos de estacionamientos

En la actualidad existen varios tipos de estacionamientos, apartando desde los estacionamientos convencionales hasta los inteligentes. A continuación, se enseñarán y explicarán el funcionamiento de cada uno.

IV-B1. Estacionamientos convencionales: Este tipo de estacionamientos son los más comunes, ya que son los que más se usan y son fáciles de hacer, estos se suelen encontrar en zonas como, por ejemplo: en sótanos de centro comerciales o de edificios, entre otros. Por lo general, estos se caracterizan por ocupar una gran cantidad de terreno que se encuentran delimitadas por bordes, y marcas de pinturas en el suelo para señalar el área de parqueo para cada vehículo, tal como se ve en la figura 3. Estos estacionamientos usualmente pasan abiertos todas las horas debido a que se usan para estacionar vehículos en áreas públicas o comerciales.[10]

En la figura 04 se pueden observar los estacionamientos convencionales.



Figura 4. Estacionamientos convencionales

IV-B2. Estacionamientos Automatizados: Existen diferentes tipos de estacionamientos automatizados o inteligentes, estos se caracterizan por ser sistemas que son totalmente automatizados, usando mecanismos complejos controlados por controladores programables [2]

Como, por ejemplo, los PLC. Como ejemplos de estos sistemas tenemos los siguientes:

- Sistemas de estacionamiento vertical tipo Carrusel Este sistema, como ya se mencionó anteriormente, funciona como un elevador de vehículos, este tiene plataformas colgantes, las cuales sirven para dejar los vehículos en la parte inferior del estacionamiento para luego poder mover elevarlo. Estas plataformas se mueven a través de una cadena de transmisión, haciendo un movimiento giratorio gracias a un motor reductor que es el encargado de girar las cadenas y guías de transmisión. Un sistema parecido a este es el de un elevador de cangilones, ya que también cuenta con cadenas y guías de transmisión. En la figura 4 podemos observar el diseño de este sistema..[6]

En la figura 05 se pueden observar los tipos de estacionamientos verticales

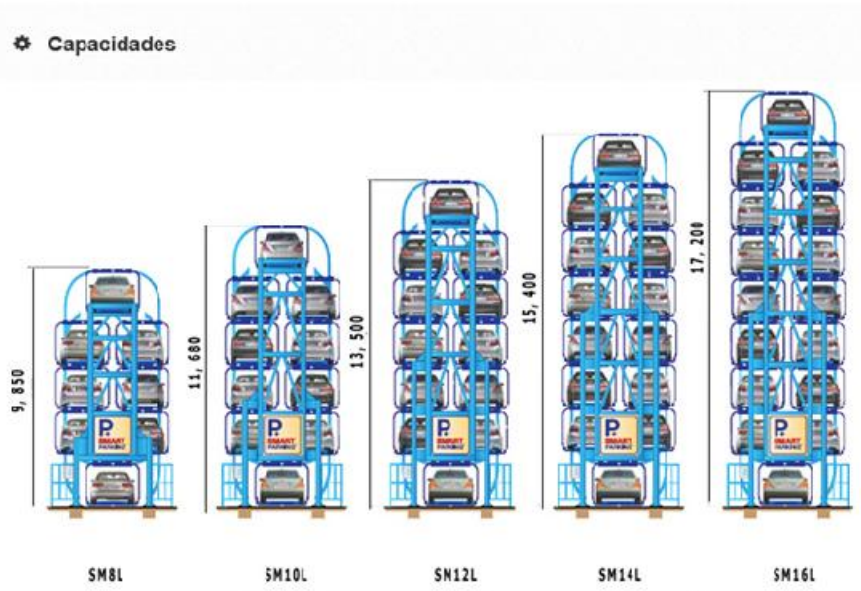


Figura 5. Tipos de estacionamientos verticales

- **Sistemas DSA** Este sistema consiste en una columna giratoria que se mueve hacia delante siguiendo una trayectoria definida que gira 90 grados, junto con la plataforma de parqueo superior. Luego, esta plataforma desciende al piso para así cargar el vehículo, el cual deberá ser ubicado sobre la plataforma para que la columna pueda girar 90 grados, de tal forma que esta pueda seguir su trayectoria moviéndose hacia atrás, hasta que el vehículo quede totalmente estacionado.[14]
 En la figura 06 se pueden observar los sistemas DSA.



Figura 6. Sistemas DSA

- Sistema de Ciclo continuo EEste tipo de estacionamiento consiste en tener dos elevadores en cada lado y una faja. La faja sirve para mover los vehículos de un extremo a otro de forma horizontal para que de esta puedan rotar. La faja es formada por un conjunto de plataformas, las cuales cada una de ellas sostienen un vehículo. Cuando una plataforma de un vehículo llega al extremo derecho del estacionamiento, esta plataforma sube y se empieza a mover de forma horizontal hasta llegar al otro extremo, una vez hecho esto la plataforma con el vehículo desciende y sigue moviéndose de forma horizontal.[11]
En la figura 07 se pueden observar los ciclos continuos.



Figura 7. Ciclo continuo

A medida que ha pasado el tiempo, todo en la vida se ha ido automatizando y los estacionamientos no se quedan atrás, en las grandes ciudades cada vez más aumenta el número de automóviles y van dejando muy por debajo los lugares de estacionamiento. Es por esto que la idea de estacionamientos verticales rotatorios automatizados se ha estado implementando en muchos lugares alrededor del mundo. Optimizando y creando una mayor cantidad de lugares para poder estacionar, despejando las vías urbanas, dejando un mayor espacio de circulación vehicular y esto a su vez, aligera el tráfico. Los materiales y la programación de este tipo de estacionamiento hacen que su funcionamiento proporcione una mayor facilidad para poder estacionar y recuperar el vehículo. Como ventajas de implementar este tipo de estacionamientos se tiene:

- Se puede implementar para una cantidad indistinta de vehículos; 6,8,10,12 y más.
- Ocupa un espacio muy reducido
- Puede tener una larga vida útil si se le da el correcto mantenimiento (15 o 20 años)
- Fácil mantenimiento
- Funciona de manera automática (sin necesidad de un operario)
- Disminuye el tiempo de espera para recuperar el vehículo.
- Sistema de asistencia para estacionar.

IV-C. Sistema estructural

Este tipo de estructura cuenta con un armazón o estructura reticular, el cual es utilizado en otro tipo de estructuras como puentes, edificios, torres de transmisión, vehículos de aviación, etc. Esta estructura está formada por un ensamblaje de miembros individuales, como vigas, vigas de amarres, diagonales, columnas, etc. Este tipo de estructura cuenta con un armazón o estructura reticular, el cual es utilizado en otro tipo de estructuras como puentes, edificios, torres de transmisión, vehículos de aviación, etc. Esta estructura está formada por un ensamblaje de miembros individuales, como vigas, vigas de amarres, diagonales, columnas, etc.

IV-C1. Estructuras reticulares: Este tipo de estructuras son llamadas así debido a que están formados por barras que se unen entre sí, formando nudos articulados y a su vez, elementos prismáticos o triangulares, permitiendo extender la capacidad de carga de la estructura sin incrementar el peso muerto que se le atribuye a esta. En la figura 08 se pueden observar las estructuras reticulares.

IV-C2. Armaduras o cerchas: Este tipo de estructura consiste en una estructura reticular de barras conectadas formando triángulos o pirámides. Las cerchas están formadas de tal manera que en su estructura solo actúan dos tipos de fuerzas: la fuerza de tracción y la fuerza de compresión. Este tipo de armaduras pueden ser planas o tridimensionales, poseyendo un tipo de estructura indeformable, y facilitando la construcción de estructuras alargadas.

En la figura 09 se pueden observar las Armaduras.

IV-C3. Pórticos rígidos: Estos marcos o pórticos son estructuras que por lo general son construidas en acero u hormigón, puesto que tienen una rápida elaboración y con una resistencia bastante alta en comparación con otra estructura, estas estructuras cuentan con varios elementos como: vigas, conexiones, columnas. Estos elementos están



Figura 8. Estructuras reticulares

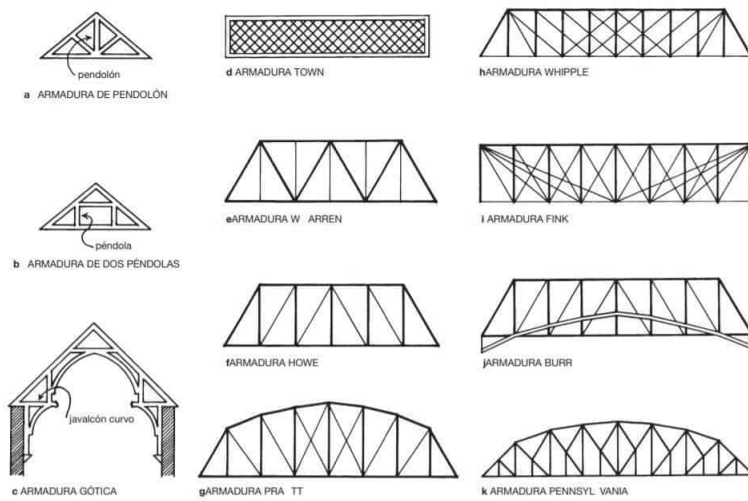


Figura 9. Armaduras

unidos entre sí gracias a las conexiones fijas, las cuales son encargadas de transmitir los momentos y fuerzas, las columnas se encargan de brindar el apoyo necesario para resistir las cargas verticales y horizontales. En la figura 10 se pueden observar los Pórticos rígidos

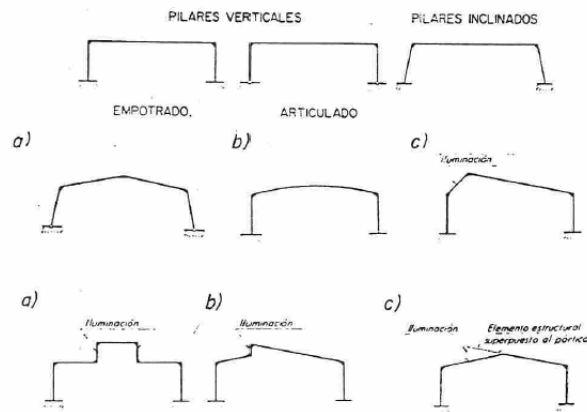


Figura 10. Pórticos rígidos

IV-D. Especificaciones de acero

El Acero es una combinación de aleación de Hierro (Fe) con otros elementos, tales como el Carbono (C), Zinc (Zn), Silicio (Si). Estos conjuntos de aleaciones modifican las propiedades del metal, haciendo que este sea un material más resistente o menos oxidable. El carbono en el acero, es el elemento que tiene un mayor impacto en las propiedades del acero. Las propiedades del acero como la dureza y resistencia aumentan según el porcentaje de carbono que este tiene, mientras tanto un menor porcentaje de carbono, hará que el acero sea más suave y dúctil, así como a su vez el acero será más débil y menos resistente. [5]

IV-D1. Normas del Acero : La clasificación de los aceros está administrada por diferentes normas. Cada norma se puede clasificar de acuerdo al tipo de acero, acero inoxidable, acero al carbono entre otros. Entre las normas internacionales del acero tenemos las siguientes:

- Norma AISI: (Instituto Americano del Hierro y el Acero)
- Norma ISO: (Organización Internacional de Normalización)
- Norma DIN: (Instituto Alemán de Normalización)
- Norma ASTM: (Sociedad Americana de Materiales de Prueba)

las normas ASTM son las normas utilizadas para regularizar la calidad y el tipo de acero que se usan en construcción y estructuras, esta norma certifica las propiedades mecánicas y la soldabilidad del acero, debido que al pertenecer al área de la construcción industrial debe de cumplir con ciertos parámetros para que puedan ser utilizados. Las normas A-36, A-242, A-529, A-588, A-709, A-992, A-514 y A-852 son normas que fueron aprobadas para perfiles laminados y placas por la sociedad americana para pruebas de materiales (ASTM). Las normas ASTM A-53, A-500, A-847 y la A-618 son normas aprobadas por las secciones estructurales huecas. Para el acero estructural usados en sistemas resistentes a cargas sísmicas y para la soldadura de ranura de penetración completa (SRPC), deben cumplir con A-36/A-36M, A-53/A-53M, (Grado B), A-500 (Grado B o C) y A-501. [12]

En la figura 11 se puede observar las Nomenclatura

IV-E. Especificaciones de los pernos estructurales

IV-E1. Pernos de alta resistencia : Los pernos utilizados para sostener las estructuras pesadas como edificios y puentes, se utilizan pernos de alta resistencia, también estos sistemas están diseñados para soportar grandes esfuerzos como vibraciones producidas por vibraciones sísmicas y vientos[9]

En la figura 12 se puede observar la Normativa de pernos

Los tipos de pernos más utilizados para los sistemas estructurales que cumplen con la norma son los ASTM F3125, estos pernos cumplen con los requisitos mecánicos, físicos y químicos para pernos de acero y acero aleado. Esta Norma viene a ser el reemplazo de los seis estándares ASTM que varían entre 1/2" a 1- 1/2" de diámetro, los cuales



Figura 11. Nomenclatura

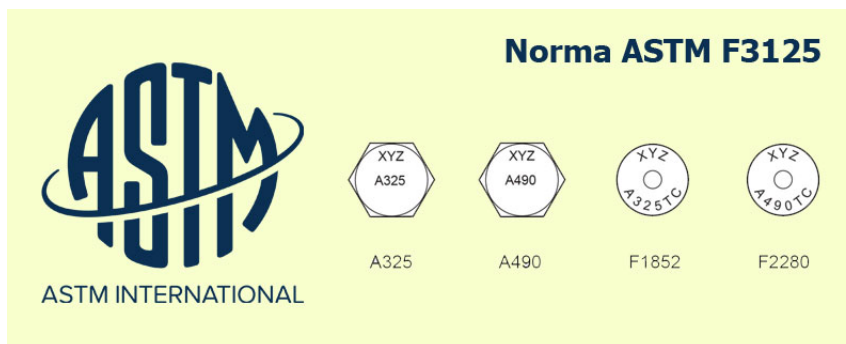


Figura 12. Normativa de pernos

están conformados por A325, A325M, A490, A490M, F1852 y F2280. [9]

En la figura 13 se pueden observar las Resistencia de pernos Para el uso de las tuercas correspondientes según la norma ASTM para los pernos ya mencionados anteriormente, las tuercas que se usaran son los ASTM A194. Estas tuercas pesadas (2H) de acero, carbono y otras aleaciones que fueron diseñadas para uso de alta presión o alta temperatura.

En la figura 14 se pueden observar las diferentes propiedades mecánicas de las tuercas A194.

IV-E2. Norma ASTM F436 (arandelas estructurales): Para las arandelas de las tuercas se tomará en cuenta la norma ASTM F436 debido a que estas son las que se utilizan para estructuras y son las adecuadas para el uso de pernos A325 y A490.

En la figura 15 se pueden observar los diferentes estilos de arandelas estructurales.

IV-F. Que es la soldadura

La soldadura se refiere a la unión o fusión de diferentes piezas de metal mediante calor o compresión. Este proceso requiere una fuente de calor rigurosa y controlada, que suele ser una llama de arco generada a partir de la electricidad de la fuente de alimentación del soldador.

Para una soldadura sólida, el baño de fusión debe proteger ciertos puntos como la oxidación y los efectos del viento que se encuentran al momento de este proceso.

La gran diferencia con este método es que la fuente de calor es aire caliente o una resistencia eléctrica para evitar

F3125 Tipos de pernos

Grado	Resistencia a la tracción, min	Tipo	Estilo
A325	120ksi min	1 o 3	Cabeza Hex pesada
A325M	830MPa min	1 o 3	Cabeza Hex pesada
F1852	120ksi min	1 o 3	Twist-Off/TC (Control de Tensión)
A490	150-173ksi	1 o 3	Cabeza Hex pesada
A490M	1040MPa	1 o 3	Cabeza Hex pesada
F2280	150ksi	1 o 3	Twist-Off/TC (Control de Tensión)

- Tipo 1 – 120ksi - Carbono, carbono boro, aleación o aleación de acero al boro
- Tipo 1 – 150ksi – aleación o aleación de acero al boro
- Tipo 3 – Acero resistente a la intemperie

Figura 13. Resistencia de pernos

A194 Propiedades mecánicas









Marca de identificación de grado ⁵	Especificación	Material	Tamaño nominal, pulg.	Temp. Templado °F	Prueba de carga, ksi	Dureza Rockwell		Ver nota
						Min	Max	
	ASTM A194 Grado 2	Acero al Carbono Medio	1/4 - 4	0	150	159	352	1,2,3
	ASTM A194 Grado 2H	Acero al carbono medio, templado	1/4 - 4	850	175	C24	C38	1,2
	ASTM A194 Grado 2HM	Acero al carbono medio, templado	1/4 - 4	1150	150	159	237	1,2,3
	ASTM A194 Grado 4	Acero al carbono aleado medio, templado	1/4 - 4	1100	175	C24	C38	1,2
	ASTM A194 Grado 7	Acero al carbono aleado medio, templado	1/4 - 4	1100	175	C24	C38	1,2
	ASTM A194 Grado 7M	Acero al carbono aleado medio, templado	1/4 - 4	1150	150	159	237	1,2,3
	ASTM A194 Grado 8	Acero inoxidable AISI 304	1/4 - 4	-	80	126	300	4
	ASTM A194 Grado 8M	Acero inoxidable AISI 316	1/4 - 4	-	80	126	300	4

Figura 14. Propiedades mecánicas de las tuercas A194

que se incendie.
[13]

Circular	Patrón redondo SAE	Tamaños 1/4" a 4"
Biselada	Pendiente biselada 2 en 12 o 9.5 grados para usar con vigas estándar americanas	Tamaños 1/2" a 1-1/2"
Cortada	Circular o Biselada	Tamaños 1/2" a 1-1/2" biselada, 1/4" a 4"

Figura 15. Estilos de arandelas estructurales.

IV-G. Tipos de soldadura

IV-G1. Soldadura con TIG o electrodo de tungsteno en ambiente de gas inerte: Este método utiliza un electrodo de tungsteno no abrasivo para crear un arco eléctrico con el metal que se une. [13]

IV-G2. Soldadura de acero inoxidable con arco manual con electrodo revestido o SMAW: Este tipo de soldadura se caracteriza por mantener y crear un arco eléctrico entre el material base que se está soldando y una varilla metálica llamada electrodo. En este proceso, el electrodo es un alambre revestido en el que el soldador controla manualmente el proceso en todo y en la dirección del arco colocado entre el metal base o la pieza de trabajo y el extremo del electrodo. [13]

IV-G3. Soldadura de acero inoxidable MIG o Metal Gas Inerte: Este proceso protege el gas inerte al crear un arco eléctrico entre el electrodo consumible y el metal base o la pieza de trabajo. En esta soldadura, que es ideal para acero inoxidable, tanto la soldadura como el arco estarán protegidos de la atmósfera por un escudo de gas que consiste en gases inertes, más comúnmente argón o helio.

A veces se utilizan pequeñas cantidades de gases activos como dióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno para mejorar el rendimiento y la humectación de la soldadura para lograr un mejor resultado y brindar un acabado más limpio. En la figura 16 se pueden observar los tipos de soldadura. [13]

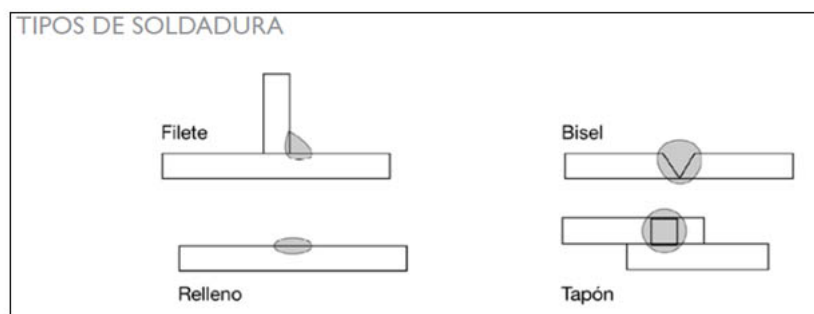


Figura 16. Tipos de soldadura

IV-H. Software de diseño

Un software de diseño de piezas mecánicas es una herramienta que permite a los ingenieros y diseñadores crear modelos digitales en 3D de piezas y ensamblajes mecánicos. Algunas de las funciones típicas que se incluyen en un software de diseño de piezas mecánicas son:

- Herramientas de dibujo y modelado en 3D, como líneas, arcos, curvas y superficies.
- Funciones de medición y análisis, que permiten a los usuarios verificar las dimensiones, la geometría y la funcionalidad de la pieza en el entorno digital.

- Bibliotecas de piezas estándar y materiales, para que los diseñadores puedan incorporar elementos comunes y asegurarse de que cumplen con los estándares de la industria.
- Capacidad para crear ensamblajes, incluyendo la posibilidad de incorporar restricciones y movimientos para simular cómo las piezas interactúan entre sí.
- Herramientas de simulación y análisis de tensiones, que permiten a los usuarios evaluar cómo la pieza funcionará bajo diferentes condiciones de carga y estrés.

IV-H1. Autodesk Inventor : Autodesk Inventor es un programa de diseño asistido por computadora (CAD) de modelado, simulación, visualización y documentación mecánicos en 3D desarrollado por Autodesk. Creator le permite combinar datos 2D y 3D en una sola área, creando una representación virtual del producto final que permite a los usuarios verificar el ajuste, ajuste y funcionalidad de un producto antes de crearlo. Autodesk Inventor incluye versiones independientes, directas y herramientas de modelado paramétrico, así como capacidades de conversión multi-CAD, en sus dibujos computarizados DWG (DraWinG) estándar. El desarrollador utiliza ShapeManager, el motor de modelado geométrico patentado de Autodesk. Este programa compite directamente con SolidWorks, Solid Edge y Creo.

En la figura 17 se puede observar un diseño propio en Autodesk Inventor. [8]

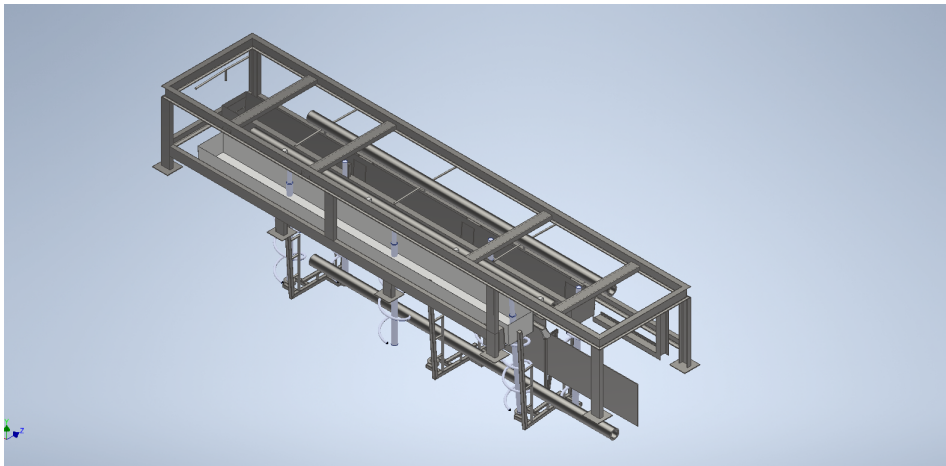


Figura 17. Elaboración de una mesa de espirales en Inventor

IV-H2. Solidworks: SOLIDWORKS es un programa de diseño 3D CAD (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en dibujos 3D y 2D. Programa que proporciona diversas resoluciones para cubrir los puntos involucrados en el proceso de desarrollo del producto. El producto ofrece la posibilidad de generar, diseñar, simular, construir, difundir y gestionar datos del proceso de diseño.

La tarea de SOLIDWORKS en el proceso de desarrollo de productos es bastante específica, su resolución ayuda a acelerar el proceso, ahorrando tiempo y dinero para la innovación de productos.

En la figura 18 se puede observar un diseño propio en solidworks. [15]

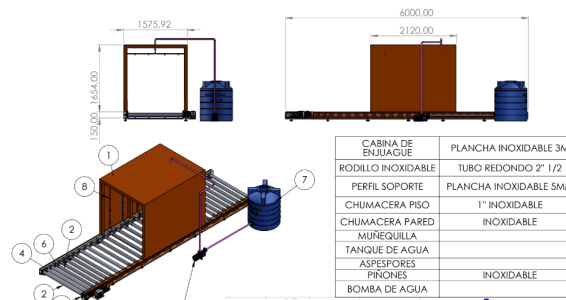


Figura 18. Elaboración de cabina de lavado de vinos

IV-I. Sistema de automatizado

IV-II. PLC S7-1200: Estamos hablando de controladores compactos que pueden realizar tareas simples y productivas con alta precisión. Su diseño es escalable y flexible con 5 CPU, reduciendo los requerimientos de espacio del panel de control. Esta flexibilidad y adaptabilidad hace que el programa sea fácil de aprender y usar, y fácil de navegar, ya que los símbolos y los menús están estandarizados en cada vista.

El dispositivo S7-1200 es altamente adaptable a las necesidades específicas de su proceso gracias a los módulos de comunicación y señales enchufables

En la figura 19 se puede observar una imagen de referencia del PLC.

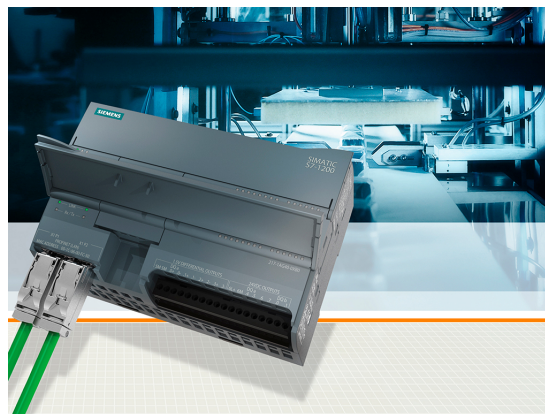


Figura 19. PLC S7-1200

IV-I2. HMI: HMI significa Human Machine Interface y es un panel digital. La información se muestra en tiempo real desde un sistema automatizado. Utilizado en relación con el equipo para gestionar las operaciones y la entrega, Actividades a sistemas automatizados. El uso de HMI Construcción de diversos productos, tejido lácteo, industria, etc. agua y luz. Ingeniero que trabaja en la zona de control de Los procesos utilizan HMI para controlar edificios, máquinas y vehículos.

En la figura 20 se puede observar una imagen de referencia del HMI.



Figura 20. HMI

IV-J. Sistemas Eléctricos

IV-J1. Motores eléctricos: Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación mediante la acción de un campo magnético generado en la bobina. Algunos motores eléctricos son reversibles, porque pueden convertir la energía mecánica en energía eléctrica que funciona como un generador o dínamo. Los motores de tracción eléctrica que se utilizan en las locomotoras o en los automóviles híbridos realizan ambos trabajos de manera constante, cuando se diseñan adecuadamente. Los motores eléctricos pueden funcionar con una fuente de corriente continua (CC) y con una fuente de corriente alterna (CA). En la figura 21 se puede observar una imagen de referencia del motor eléctrico.[17]



Figura 21. Motor eléctrico

IV-J2. Arranque de motor trifásico e inversión de giro:

IV-J3. Motor trifásico : Los devanados de tres etapas, al recibir una corriente, producen un campo magnético que induce la corriente en paralelo en las barras del rotor. Antes de continuar, debemos entender que este campo magnético aparentemente se produce por la aplicación de una corriente alterna en tres etapas. La electricidad de corriente alterna tiene ondas que frecuentemente cambian de negativo a positivo en un segundo. Esta corriente alterna consta de tres etapas que están desfasadas 120° entre sí. Volviendo a un motor trifásico, es la acción de estas tres ondas simultáneas las que producen flujos magnéticos que inducen corrientes en las barras del rotor, creando un par motor para mover el rotor.

IV-J4. Arranque de motor trifásico: Hay tres posiciones posibles para este procedimiento: electromecánico automático tradicional, electromecánico manual y estado sólido. Básicamente, el sistema se basa en alimentar alternativamente los devanados del estator con dos tensiones con la conmutación adecuada, por lo que las consideraciones funcionales realizadas son las mismas para todos ellos.[7]

IV-J5. Norma de electricidad de Ecuador : Esta norma establece los requisitos mínimos para lograr niveles de seguridad aceptables en las instalaciones eléctricas. Las disposiciones de esta norma están hechas para ser aplicadas e interpretadas por profesionales especializados.[4]

En la figura 22 se puede observar la norma NEC.

IV-K. Software de diseño eléctrico

IV-K1. Cade-SIMU: Es un programa de CAD eléctrico que te permite insertar varios símbolos organizados en bibliotecas y dibujar circuitos eléctricos de una forma sencilla y directa para luego realizar simulaciones. El programa en modo simulación muestra el estado de cada elemento eléctrico después de su activación, y también destaca los conductores eléctricos por donde pasa la corriente eléctrica. Usando la interfaz CAD, el cliente dibuja fácil e instantáneamente un diagrama. Una vez que el circuito se ha implementado a través de la simulación, se puede probar la usabilidad.[3]

En la figura 23 se puede observar la imagen de referencia de CADE-SIMU.



Figura 22. Norma de electricidad

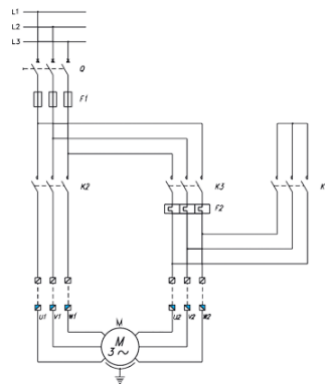


Figura 23. Imagen de referencia de un arranque estrella-triángulo

IV-L. Software de diseño eléctrico

IV-L1. Tia portal: Te brinda acceso sin restricciones a nuestro conjunto completo de servicios de automatización digital, desde la planificación digital y la ingeniería integrada hasta el funcionamiento sin problemas. La nueva versión reduce el tiempo de ventas, por ejemplo, a través de herramientas de simulación, la productividad de su planta aumenta a través de funciones adicionales de diagnóstico y administración de energía y le brinda mayor flexibilidad al conectarse a los niveles de administración. Las nuevas capacidades benefician a los integradores de sistemas y constructores de grupos, así como a los operadores de planta. En la figura 24 se puede observar la imagen de referencia de Tia portal.

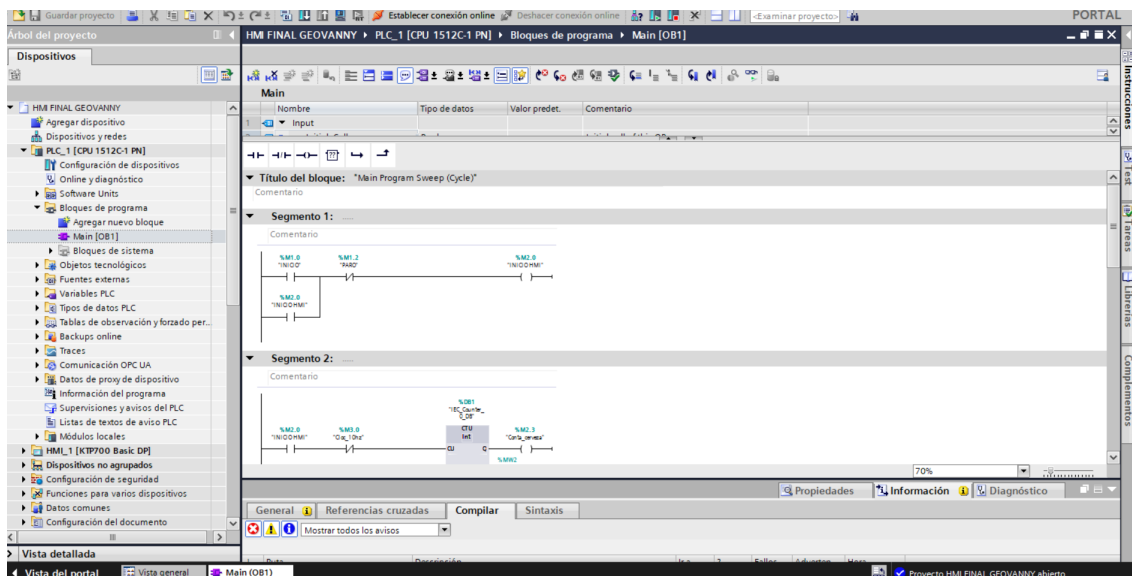


Figura 24. TIA Portal

V. MARCO METODOLÓGICO

V-A. Tipo de investigación

Para este proyecto el tipo de investigación será experimental, de esta forma se podrá recopilar datos y comprobar el funcionamiento del prototipo, ya que se deberán realizar pruebas simuladas para saber la capacidad de carga máxima que el sistema puede aguantar.

V-B. Métodos de investigación

El método de investigación que realizará será de tipo cuantitativa debido a que se deberá recopilar datos sobre los diferentes tipos de cargas que el estacionamiento podrá soportar, el tipo de material del que estará hecho, la estructura, el tipo de motor que se usará para poner en funcionamiento el sistema de transmisión de cadenas que moverán las plataformas y por último el tipo de programación que se llevará a cabo para poder automatizar el sistema.

V-C. Instrumentos de la investigación

El instrumento que se va a utilizar para poder recopilar datos será por medio del programa SolidWorks, ya que gracias a este software se podrá verificar si el diseño estructural y mecánico del estacionamiento es el más óptimo para este sistema. También se usará el programa de Tía Portal versión 15.1 para la simulación del programa y el funcionamiento del HMI.

V-D. Consideración de estudio del suelo

Como recomendación en el estudio del suelo y la construcción de la estructura en las cercanías del río se tomaron en cuenta la siguiente información: Las construcciones en las orillas de los cuerpos de agua están sujetas a varias limitaciones y restricciones para proteger los recursos naturales y la seguridad de la población. Algunas de estas limitaciones son:

- Áreas de protección: existe un área de protección alrededor de los cuerpos de agua, la cual se define según la ley y la reglamentación aplicable. En estas áreas, no se permiten construcciones permanentes.
- Servidumbres legales: las servidumbres legales son áreas específicas alrededor de los cuerpos de agua, que se reservan para garantizar el paso del agua, su protección y la seguridad de las personas. Las construcciones permanentes no se permiten en estas áreas.

- Regulaciones ambientales: las construcciones en las orillas de los cuerpos de agua deben cumplir con las normas ambientales establecidas por las autoridades correspondientes, a fin de proteger el ecosistema y la calidad del agua.
- Normas urbanísticas: las construcciones deben cumplir con las normas urbanísticas establecidas por la Municipalidad de Guayaquil, en cuanto a la altura, densidad, uso de suelo y otros requisitos.

V-D1. Normas urbanísticas: Las normas urbanísticas en Guayaquil en cuanto a la construcción de estructuras en las orillas de los cuerpos de agua están establecidas en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Municipio de Guayaquil. Algunas de estas normas son:

- Altura máxima: la altura máxima de las construcciones en las orillas de los cuerpos de agua no puede superar los 20 metros, salvo excepciones previstas en el POT.
- Densidad: la densidad de las construcciones en las orillas de los cuerpos de agua debe ser moderada, es decir, no se permite la construcción de edificios altos o muy densos.
- Uso de suelo: el uso de suelo permitido en las orillas de los cuerpos de agua está restringido a usos turísticos, recreativos, culturales, deportivos y servicios complementarios.
- Protección de la vista: las construcciones en las orillas de los cuerpos de agua no deben obstruir la vista del cuerpo de agua desde el resto de la ciudad.
- Accesibilidad: las construcciones en las orillas de los cuerpos de agua deben garantizar la accesibilidad universal, es decir, que sean accesibles para todas las personas

V-D2. Estudios a Realizar: Para construir en las orillas de Guayaquil se recomienda realizar una serie de estudios previos que permitan conocer las características del terreno y las condiciones de cimentación necesarias para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras. Entre los estudios recomendados se encuentran:

Estudio de suelo geotécnico: Este estudio permite conocer las características del suelo, como su composición, resistencia y capacidad de carga, así como la presencia de agua subterránea y otros factores que puedan afectar la construcción.

- Estudio topográfico: Este estudio se realiza para determinar la configuración del terreno y obtener información sobre las alturas y cotas del lugar donde se va a construir.
- Estudio de impacto ambiental: Este estudio evalúa el impacto ambiental que puede tener la construcción en el área circundante, y establece las medidas necesarias para minimizar cualquier impacto negativo.
- Estudio hidrológico: Este estudio se enfoca en el comportamiento de las aguas superficiales y subterráneas en el área donde se va a construir, y permite conocer los riesgos de inundaciones, deslizamientos, erosión y otros fenómenos hidrológicos que puedan afectar la construcción.
- Estudio de vientos: Este estudio se enfoca en analizar la velocidad y dirección de los vientos en el área donde se va a construir, lo que permite establecer las medidas necesarias para garantizar la estabilidad de las estructuras.

V-E. Diseño de la forma de la maquina

V-E1. Propuesta de diseño: Para el diseño de base se usará una estructura reticular, esto debido a las pruebas de simulación realizadas, donde resultó ser la más óptima para esta construcción. Los materiales serán aplicados bajo la norma ASTM asegurando la calidad de la estructura. También contará con

la programación en Ladder donde se encargará de controlar el PLC y HMI para obtener la automatización debida. Un requisito del sistema es que pueda ser manejado de manera autónoma y sea amigable cuando el usuario lo manipule, ya sea para que el usuario pueda guardar su vehículo o le sea devuelto. El sistema que se va a utilizar es un logaritmo de control para que se pueda ejecutar las tareas impuestas, se podrá observar mediante el HMI que espacio está disponible en el que pueda guardar su vehículo y de la misma manera al momento de retirarlo.

V-E2. Propuesta del controlador lógico programable : El controlador lógico programable que se usara para hacer posible este proyecto es un PLC Siemens 1200. Este controlador lógico nos facilitara el proceso de automatización del estacionamiento de tipo carrusel, ya que este modelo de PLC se caracteriza por proporcionar el máximo rendimiento a las maquinas que sean de mediano tamaño o, que a su vez exijan bastante en lo que vendría a ser rendimiento, comunicación, flexibilidad y por último funciones tecnológicas

V-E3. Propuesta de programación : Para la programación del PLC Simatic S7 1200 se usará la programación en Ladder o también conocido como diagrama de escalera. Este tipo de lenguaje es el que se usa con mayor frecuencia en los autómatas programables debido a que este tipo de programación está basado en los esquemas eléctricos que poseen los controles clásicos. Por medio de este tipo de programación se realizará un sistema automatizado que pueda mover el sistema mecánico de engranajes y cadenas por medio de un motor reductor. En la programación se busca que el usuario, o por medio del HMI, pueda seleccionar el espacio el cual va a dejar parqueado su vehículo, de tal forma que también pueda sacarlo en cualquier momento.

Luego de que la programación en Ladder esté hecha para que el sistema funcione de forma automática, se busca que el usuario(a) pueda interactuar con el sistema de forma segura y sin que afecte la programación como tal. Por lo tanto, se implementará una interfaz conocida como HMI. Con la que se pueda interactuar de forma sencilla, buscando que la experiencia sea positiva y placentera para la persona que desee estacionar su vehículo.

V-E4. Propuesta de diseño del HMI: La pantalla HMI tiene una importancia relevante, ya que debemos programarlo lo más amigable posible para que la interacción con el usuario sea adecuada y no exista complicaciones. Toda la programación estará en el PLC, de ahí pasará al HMI por medio de un diseño de interfaz el cual dispondrá de varias opciones para que el usuario pueda interactuar de forma sencilla.

Las opciones de las que dispondrá la interfaz del HMI para este proyecto son las siguientes:

- Opción para verificar si hay espacios disponibles.
- Opción para seleccionar el espacio deseado, en caso de que haya uno libre.
- Opción para escoger el espacio en el que se encuentra el vehículo para poder sacarlo del estacionamiento.

De esta forma se busca lograr los objetivos planteados para el proyecto, objetivos como por ejemplo el diseño de la interfaz gráfica para que de esta forma se pueda interactuar de forma rápida, segura y sencilla.

V-F. Requisitos del sistema

Para el diseño del sistema se tienen que tomar en cuenta los siguientes requisitos:

- Espacio suficiente: Se requiere un espacio adecuado para la instalación del sistema de estacionamiento vertical tipo carrusel, que puede ser en un edificio o en un área exterior. El espacio debe ser suficiente para albergar la estructura del sistema, así como para la entrada y salida de vehículos.
- Altura adecuada: El sistema de estacionamiento vertical tipo carrusel requerirá una altura suficiente para alojar los vehículos en los niveles superiores, por lo que se debe considerar la altura del edificio o la altura del área exterior.
- Capacidad: El sistema debe tener la capacidad adecuada para el número de vehículos que se espera que se almacenen en el sistema. Esto se debe considerar en función del número de vehículos que se esperan almacenar, así como del tamaño y peso de los vehículos.
- Diseño de la estructura: La estructura del sistema de estacionamiento vertical tipo carrusel debe estar diseñada para soportar el peso de los vehículos almacenados, así como para resistir las fuerzas del viento y otros elementos climáticos.
- Sistemas de seguridad: El sistema de estacionamiento vertical tipo carrusel debe contar con sistemas de seguridad adecuados para garantizar la seguridad de los vehículos y las personas que los utilizan. Esto puede incluir sistemas de frenado, sistemas de detección de movimiento y sistemas de extinción de incendios.
- Sistema de control: El sistema debe contar con un sistema de control automatizado para facilitar el almacenamiento y la recuperación de los vehículos. Esto puede incluir un software de gestión de estacionamiento, un sistema de control de acceso y sistemas de monitoreo y seguridad.
- Mantenimiento y servicio: El sistema debe contar con un plan de mantenimiento y servicio adecuado para garantizar su funcionamiento continuo y su eficiencia a largo plazo. Esto puede incluir inspecciones regulares, reparaciones y actualizaciones del sistema.

V-F1. Colocación de automóviles: El proceso para colocar los automóviles en un espacio de estacionamiento vertical tipo carrusel puede variar según el diseño específico del sistema, pero a continuación se presenta un ejemplo general de cómo se deben colocar los automóviles en un espacio de estacionamiento vertical tipo carrusel:

- Conducir el vehículo a la entrada del sistema de estacionamiento vertical y seguir las instrucciones en la pantalla o las señales para estacionar el vehículo en el área de carga. Una vez que el vehículo esté en el área de carga, apagar el motor y asegurarse de que las ventanas y las puertas estén cerradas.
- Accionar el botón de inicio en la pantalla o el panel de control para que el sistema comience a mover el vehículo a la posición de almacenamiento adecuada.
- El sistema de estacionamiento vertical moverá el vehículo a través del carrusel hasta el nivel y la posición de estacionamiento asignados. El vehículo se moverá hacia arriba o hacia abajo a lo largo del carrusel hasta que alcance su posición de almacenamiento.
- Una vez que el vehículo esté en su posición de almacenamiento, se activarán los mecanismos de seguridad para asegurar el vehículo en su lugar.
- Para recuperar el vehículo, el usuario debe ingresar su número de identificación o seguir el proceso de verificación de identidad en el panel de control. El sistema de estacionamiento vertical moverá el carrusel a la posición correcta y liberará el vehículo para que se pueda recuperar.
- Es importante seguir las instrucciones del sistema de estacionamiento vertical específico que se esté utilizando y no intentar mover el vehículo manualmente mientras esté en el carrusel.

V-F2. Tiempo de espera: El tiempo de espera para almacenar o recuperar un vehículo en un sistema de estacionamiento vertical tipo carrusel puede depender de varios factores, como la cantidad de vehículos que se están almacenando o recuperando, la complejidad del sistema y la distancia entre la posición de almacenamiento del vehículo y la zona de carga.

En promedio, el tiempo de espera para almacenar o recuperar un vehículo en un sistema de estacionamiento vertical tipo carrusel puede oscilar entre 1 y 3 minutos. Sin embargo, algunos sistemas de estacionamiento vertical tipo carrusel más avanzados y eficientes pueden reducir aún más el tiempo de espera.

Es importante tener en cuenta que los tiempos de espera pueden variar según el tamaño y el tipo de vehículo que se esté almacenando o recuperando, ya que los vehículos más grandes o pesados pueden requerir más tiempo para moverse dentro del sistema. También es importante seguir las instrucciones del sistema de estacionamiento vertical específico que se esté utilizando para garantizar la eficiencia y seguridad del proceso de almacenamiento y recuperación.

VI. DISEÑO DEL SISTEMA

En esta sección del documento se presentarán las propiedades, materiales y el diseño que se llevarán a cabo para el desarrollo del Estacionamiento vertical.

VI-A. Diseño de la estructura mecánica

En esta sección se describe y se explica cuáles fueron los parámetros que se escogieron para el diseño de la estructura mecánica del estacionamiento vertical, tales como el material que se escogió para la estructura de este, el dimensionado y el diseño del mismo.

VI-A1. *Selección de material* : En la siguiente tabla se puede observar los diferentes tipos de materiales que se pueden usar para la construcción de la estructura metálica.

Materiales para la estructura mecánica			
Material	Dureza (HB)	Densidad (Kg/m^3)	conductividad Térmica
Aluminio 2024	120 HB	2770	190
Acero Inoxidable	175-205	8000	45
Acero al carbono	135-160	7850	50.2
Hierro forjado	250	7880	40

Tabla I

PROPIEDADES DE MATERIALES

En esta tabla podemos ver una comparativa entre cuatro diferentes tipos de materiales que se pueden utilizar, entre estos cuatro se seleccionara uno de ellos tomando en cuenta las características requeridas para la elaboración de este.

Se puede observar que el Aluminio 2024 es una aleación de cobre para aumentar su dureza y como se puede observar en el cuadro comparativo, el aluminio es el menos resistente de los 4 materiales presentes en la tabla, ya que tiene una resistencia de 120 HB, pero la densidad que este tiene es de $2770Kg/m^3$, lo cual lo hace el más ligero de ahí, también podemos observar que este tiene una conductividad de térmica de $190W/mK$. El acero al carbono, en cambio, tiene una resistencia mayor al del Aluminio, con una dureza de 135 HB a 160 HB y su densidad es de $7850KG/m^3$, lo cual lo hace más pesado en comparación al Aluminio, y por último tiene una conductividad térmica de $50,2W/mK$, comparándolo con la conductividad del Aluminio, este es mucho más baja. Como tercer material tenemos el del Acero Inoxidable, este se caracteriza por tener una resistencia alta en comparación con los otros materiales mencionados anteriormente, su dureza es de 175HB a 205HB, lo cual lo hace un material bien resistente. La densidad de este es de $8000KG/m^3$ caracterizándolo como el más pesado de los cuatro, ya que el hierro forjado tiene una densidad de $7880Kg/m^3$ y el acero al carbono se encuentra inferior al hierro forjado. La conductividad térmica del acero Inoxidable es de $45W/mk$, lo cual no se diferencia mucho del acero al carbono, sin embargo, este es inferior a él. Por último tenemos al hierro forjado, este material tiene una dureza de 250 HB lo cual lo hace el más resistente de la lista, este material como ya se mencionó anteriormente tiene una densidad de $7880KG/m^3$ y su conductividad térmica es la más baja en comparación a las otras, sin embargo, este material tiene que pasar por un proceso de forjado, ya que de esta forma el hierro alcanza una mayor resistencia, lo cual hace que sea muy costoso.

Una vez explicado las propiedades físicas y químicas de cada material, se decidió ir por el Acero al carbono, ya que este acero tiene propiedades que lo hacen mejor opción en comparación con los otros acero, porque como se

mencionó anteriormente, este tiene una densidad que lo hace más liviano y este al no haber pasado por procesos para aumentar su dureza, hace que sea menos costoso.

VI-A2. *Selección del tipo de acero* : A continuación, se mostrarán 3 diferentes tipos de acero que tomaron en consideración para la fabricación de las planchas, barras y engranajes del estacionamiento vertical.

Tipos de acero			
Nomenclatura	Límite de fluencia (MPa)	Tensión de rotura	porcentaje de carbono
ASTM A283	205	380	0.24
ASTM A36	250	400	0.25
ASTM A242	290	435	0.15

Tabla II
TIPOS DE ACERO PARA LAS PIEZAS MECÁNICAS

En la tabla X se puede observar que el ASTM A36, tiene un límite de fluencia de 250 MPa y una tensión de rotura de 400 MPa, lo cual, en comparación con los otros tipos de acero, este tiene un límite de fluencia medio, ya que el ASTM A242 tiene un total de 290 MPa, sin embargo, el A242 tiene un nivel de carbono muy bajo, dando un total de 0.15 lo cual hace que este no tenga mucha dureza, por otro lado, tenemos el ASTM A283, este material tiene el menor límite de fluencia en comparación con los otros dos aceros mostrados en la tabla, teniendo un valor de 205 MPa y a su vez, su tensión de rotura es de 380 MPa, su porcentaje de carbono no se diferencia mucho al de ASTM A36, ya que el A242 tiene un porcentaje de 0.24 de carbono y el A36 tiene un porcentaje de 0.25 lo cual la diferencia entre estos no es casi notable.

Haciendo un análisis y realizando una comparación de estos tres tipos de acero, se llegó a la conclusión, que el tipo de acero que más conviene para la creación de las piezas mecánicas del estacionamiento vertical es el ASTM A36. Se escogió este material debido a que el A36 tiene un límite de fluencia medio al igual que su tensión de rotura y tiene el porcentaje de carbono más alto, por otro lado, este material es que más se utiliza para construcciones metálicas.

VI-A3. *Dimensiones para el diseño*: Como ya se mencionó anteriormente, el estacionamiento vertical será para el uso de vehículos de categoría M1. En esta categoría existen varios grupos de vehículos con diferentes tipos de carrocería como, por ejemplo: los Sedan, los Coupé, convertibles, SUV y otros más. El grupo de vehículos que se escogió para usar como referencia al dimensionado son los tipos SUV, ya que estos son los vehículos más grandes y pesados en comparación a los otros.

Vehículos SUV mas vendidos del año 2022				
VEHICULOS SUV	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	EJES (mm)
Chevrolet Captiva	4655mm	1830mm	1760mm	2750mm
Jetour X70 Plus	4720mm	1900mm	1695mm	2745mm
Chery Tiggo 2	4200mm	1760mm	1570mm	2555mm
G01 Shineray	4610mm	1855mm	1740mm	2750mm
Duster Reanult	4315mm	1822mm	1630mm	2673mm
Skoda Kodiaq	4697mm	1882mm	1655mm	2791mm
Kia Sorento	4810mm	1900mm	1700mm	2780mm
Mazda CX-60	4745mm	1890 mm	1680 mm	2870 mm
Peugeot 5008	4641 mm	1646 mm	1844 mm	2840 mm
Haval H6	4649 mm	1852 mm	1727 mm	2680 mm
Hyundai Santa Fe	4758 mm	1710 mm	1900 mm	2765 mm

Tabla III

VEHÍCULOS TIPO SUV DEL AÑO 2022

En la tabla mostrada a continuación se muestran los pesos en Kg de cada vehículo mostrada en la tabla anterior.

Pesos de los vehículos SUV	
VEHICULOS SUV	PESOS (kg)
Chevrolet Captiva	1950 Kg
Jetour X70 Plus	1545 Kg
Chery Tiggo 2	1590 Kg
G01 Shineray	1620 Kg
Duster Reanult	1300 Kg
Skoda Kodiaq	1705 Kg
Kia Sorento	1757 kg
Mazda CX-60	1998 Kg
Peugeot 5008	1536 Kg
Haval H6	2125 Kg
Hyundai Santa Fe	2005 Kg

Tabla IV

PESOS DE LOS VEHÍCULOS

A partir de los vehículos mostrados en la tabla, se escogió al vehículo que tenga las dimensiones más grandes para así poder hacer el estudio de las cargas y a su vez, hacer el dimensionado de los pallets, qué son los que se encargaran de sostener a los vehículos cuando estos se encuentren elevados sobre el pallet.

Dimensiones seleccionadas	
Largo (cm)	481 cm
Alto (cm)	170 cm
Ancho (cm)	190 cm
Dist. Ejes (cm)	268 cm
Peso (Kgf)	2125 Kgf

Tabla V

DIMENSIONES SELECCIONADAS PARA EL PALLET

VI-A4. *Capacidad máxima de peso* : El sistema de estacionamiento vertical tipo carrusel fue diseñado para que pueda almacenar 8 vehículos, observando la tabla se puede observar que la carga unitaria que se tomará en cuenta

para cada vehículo será de aproximadamente 2125 Kgf. Se usará la ecuación 1 para calcular la capacidad máxima de peso.

Dada la función:

$$P_c = N \times P_b \quad (1)$$

Donde:

- P_c : Peso de la carga total de vehículos = Kgf
- N : Número de automóviles = 8 vehículos
- P_b : Peso máximo de un automóvil = 2125 Kgf

Al reemplazar los valores en la ecuación 1, se obtiene el siguiente valor.

$$P_c = 8 \times 2125 \text{ Kgf}$$
$$P_c = 17000$$

El peso referencial que soportará la estructura del estacionamiento será de 17000 Kgf.

VI-A5. *Determinación de las cargas vivas*: Para determinar las cargas vivas, primero se tiene que tomar en cuenta que el peso de un vehículo se distribuye entre los dos ejes, eje frontal (A) y eje trasero (B). Tal como se puede observar en la figura 25.



Figura 25. Distribución de cargas en ejes

El peso que se distribuye entre los dos ejes varía, ya que se toma en cuenta la posición del motor y el embrague del vehículo, por lo que el peso en el eje delantero será mayor al del eje trasero. La distribución del peso será de 60 % en el eje delantero y 40 % en el eje trasero. Para la determinación de cargas en cada eje se utiliza la ecuación 2.

$$A + B = 2125 \text{ kgf} \quad (2)$$

La carga del eje delantero (A) se calcula multiplicando el peso del vehículo por el porcentaje de carga (60 %)

$$A = 2125 \text{ kgf} \times 0,60 \%$$
$$A = 1275 \text{ kgf}$$

Para calcular la carga del eje trasero (B), se reemplaza y despeja los datos en la ecuación 2, quedando como resultado el siguiente valor.

$$1275 \text{ kgf} + B = 2125 \text{ kgf}$$

$$B = 2125kgf - 1275kgf$$

$$B = 850kgf$$

Una vez calculada la distribución de cargas en cada eje, como siguiente paso es dividir la carga de cada eje para dos, ya que cada eje tiene dos llantas y estas son las que harán presión en cada punto, por lo que se realiza el siguiente cálculo utilizando la ecuación 3.

$$Cargallanta = \frac{Cargaeje}{2} \quad (3)$$

$$Cllantadelantero = \frac{1275kgf}{2}$$

$$Cllantadelantero = 637,5kgf$$

El peso de cada llanta en el eje delantero sera de $637,5kgf$. ahora se calcula el peso de las llantas traseras.

$$Cllantatrasera = \frac{850kgf}{2}$$

$$Cllantatrasera = 425kgf$$

Como resultado se obtiene que la carga puntual para las llantas del eje delantero es de $637,5kgf$ y las cargas de las llantas traseras es de $425kgf$. Una vez realizado esto, se le añade una carga extra al peso del vehículo llamada sobrecarga. Se considera una sobrecarga debido a que el vehículo pueda tener alguna carga extra sea por el equipaje o cualquier contenido dentro del vehículo. Esta sobrecarga tendrá una carga de $360kgf$, este peso extra se divide para 4, ya que se tiene que distribuir entre cada llanta, dando $90kgf$. Este valor se lo agrega a las cargas ya mencionadas anteriormente. Entonces, la carga de cada llanta delantera sería de $727,5kgf$ y la carga de cada llanta trasera sería de $515kgf$. En la figura 26 se puede observar las cargas puntuales que tendra la base del pallet.

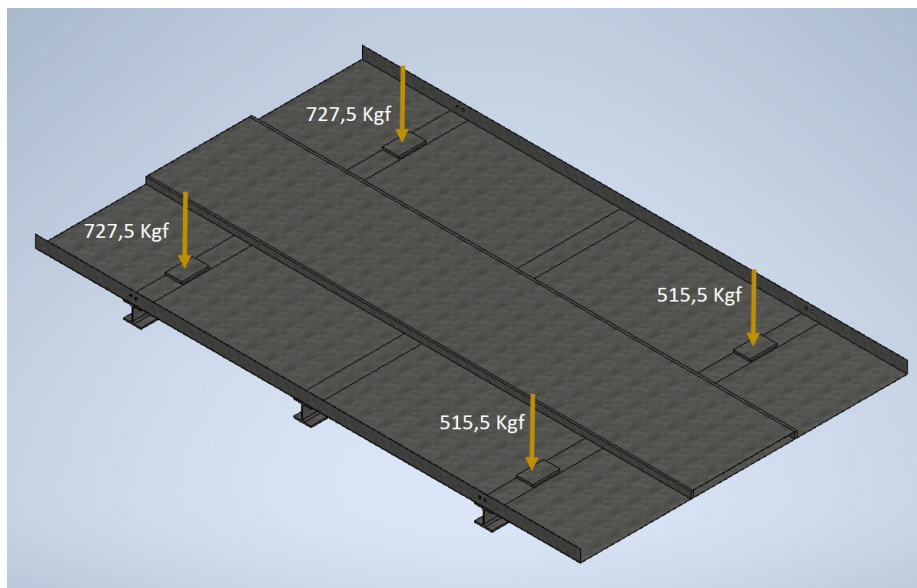


Figura 26. Cargas puntuales de pallet

En la Figura 27 se puede observar el análisis de tensión de la base del pallet aplicando las cargas puntuales, utilizando el programa Inventor.

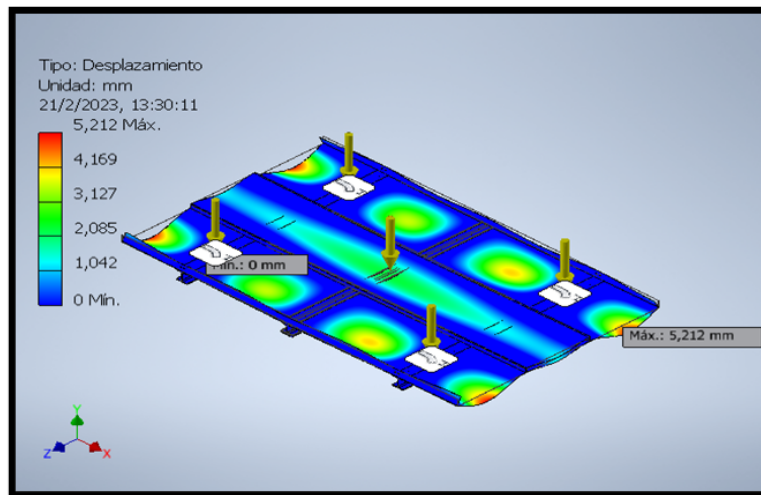


Figura 27. Análisis de tensión de la base del pallet

VI-A6. *Determinación de las cargas muertas:* Pallet:

- Densidad: $8,000\text{g}/\text{cm}^3$
- Masa: $826,77\text{kg}$
- Area: $51,378\text{m}^2$
- Volumen: $0,105\text{m}^3$

En la figura 28 se puede observar las propiedades de la plataforma del pallet.

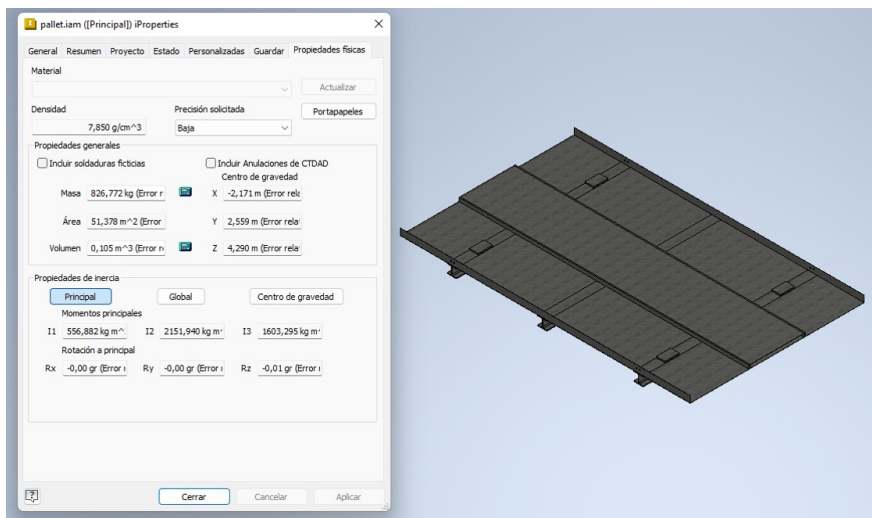


Figura 28. Propiedades de plataforma de pallet

VI-A7. *Diseño estructural del pallet:* Para el diseño estructural del pallet se utilizaron las dimensiones de los vehículos de la tabla 7 y 9, las dimensiones del pallet quedaron de la siguiente forma: el largo del pallet es de 5m ; el ancho del pallet es de 3m ; la altura del pallet es de $2,13\text{m}$ y la distancia entre ejes es de $0,97\text{m}$ de ancho. En la figura 29 se puede observar el diseño del pallet.

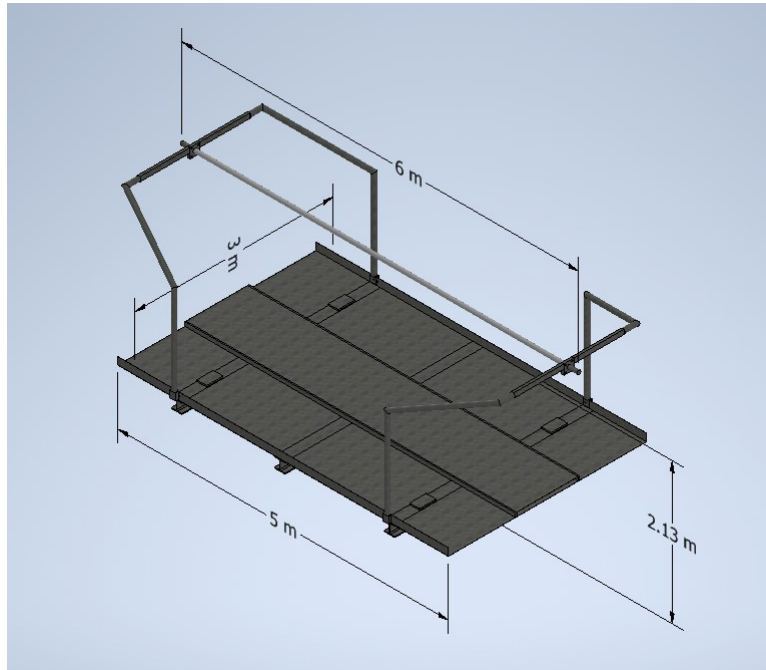


Figura 29. Diseño estructural del pallet

Para la altura total del sistema se toma en cuenta la altura del pallet y el número de contenedores que entran de forma vertical, en este caso 5 plataformas o pallets. Para calcular la distancia total del sistema se utiliza la ecuación 4.

$$D = N \times h \quad (4)$$

Donde:

- D: Altura del sistema (m)
- N: Cantidad de contenedores verticales (5)
- h: Altura del contenedor (2.13m)

Reemplazando los datos en la ecuación 4 , se obtiene el siguiente resultado:

$$D = 5 \times 2,13m$$

Como resultado, la altura total de todo el sistema es de 10.60 m.

VI-A8. *Cálculo de la tensión del brazo* : En la Figura 30 se observa la unión del brazo con la plataforma, por medio de 2 pernos.

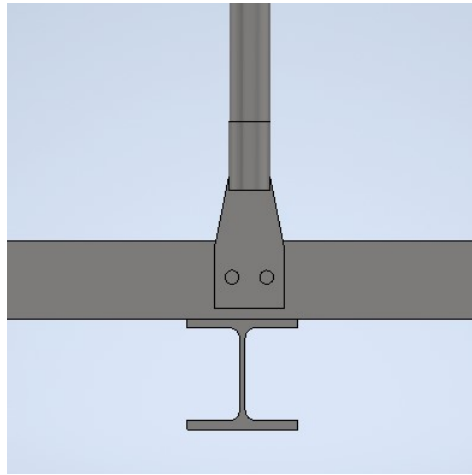


Figura 30. Unión brazo con pallet

Para el cálculo de la tensión del brazo primero, hay que sacar la carga total que soportarán los brazos del pallet, para esto se utilizará la ecuación 5.

$$C_{total} = C_{viva} + C_{muerta} \quad (5)$$

Donde:

- C_{viva} : Carga viva del vehículo (2485Kgf)
- C_{muerta} : Carga muerta (826,77Kgf)

Reemplazando los datos en la ecuación tenemos el siguiente resultado:

$$\begin{aligned} C_{total} &= 2485Kgf + 826,77Kgf \\ C_{total} &= 3311,77Kgf \end{aligned}$$

Una vez calculada la carga que aguantara el brazo del soporte, este resultado se debe dividir entre 4 partes iguales debido a que la carga se repartirá entre los cuatro brazos del pallet, entonces así, poder calcular la fuerza en cada brazo que sostiene el pallet.

$$\begin{aligned} C_{brazo} &= \frac{3311,77}{4} Kgf \\ C_{brazo} &= 827,75Kgf \end{aligned}$$

Una vez la carga total para cada llanta, esta se la debe transformar en Fuerza Newton.

$$\begin{aligned} F_{uerzallanta} &= C_{brazo} \times gravedad \\ F_{uerzabrazo} &= 827,75Kgf \times 9,81m/s^2 \\ F_{uerzabrazo} &= 8120,22N \end{aligned} \quad (6)$$

Una vez calculada la fuerza del brazo que sostendrá el pallet, se procede a calcular el esfuerzo del perno de este.

Para calcular el esfuerzo al que será sometido el perno, primero hay que calcular el área de este, teniendo en cuenta que el perno tiene un diámetro de 20mm. Según el catálogo, se utiliza el área del diámetro menor del perno el cual es $225mm^2$, este valor se lo saca utilizando la tabla del catálogo de pernos, tal como se puede observar en la figura 31.

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
				2	9 180	9 080

Figura 31. tabla de especificaciones para pernos

Una vez obtenida el área del perno, el siguiente paso es calcular el esfuerzo cortante al que será sometido el perno, sabiendo que:

$$F_{brazo} = (8120,22N)$$

Esta fuerza se debe dividir para dos, ya que al ser dos pernos los que conectan el brazo con la base, se reparte la fuerza entre los dos pernos, dando como resultado 4060,11N. El tipo de perno que se usará, es de perno estructural A325, por lo que el esfuerzo del perno A325 es de 634MPa

Para calcular el esfuerzo cortante del perno se utiliza la ecuación 7.

$$Esfuerzo_{Cortante} = \frac{F_{brazo}}{area} \tag{7}$$

$$Esfuerzo_{Cortante} = \frac{4060,11N}{225mm^2}$$

$$Esfuerzo_{Cortante} = 18,04MPa$$

Como resultado tenemos que el esfuerzo cortante del perno es igual a 36.08 MPa. Luego de calcular el esfuerzo al que será sometido el perno, se calcula el factor de seguridad, utilizando la ecuación 8.

$$F_s = \frac{Resistenciaalcorte_{A325}}{Esfuerzo_{perno}} \quad (8)$$

$$F_s = \frac{0,577 \times 634MPa}{18,04MPa}$$

$$F_s = 20,27$$

Ya realizado el cálculo, se puede observar que el factor de seguridad de los pernos es de 20.27, esto quiere decir que los dos pernos en cada brazo pueden aguantar 20 veces la misma carga.

VI-A9. Diseño de los brazos del pallet: Teniendo en cuenta el peso total del pallet con las cargas vivas, muertas y peso del vehículo, se tiene un valor de, 3311.77 Kgf, con este valor, por medio de esto se pueden obtener las dimensiones de los brazos, considerando 50 mm diámetro en cada brazo. Para los brazos se utilizan barras redondas de acero ASTM 36. Una vez realizado los cálculos se realiza el diseño de este, utilizando el software Inventor, tal como se puede observar en la Figura 32.

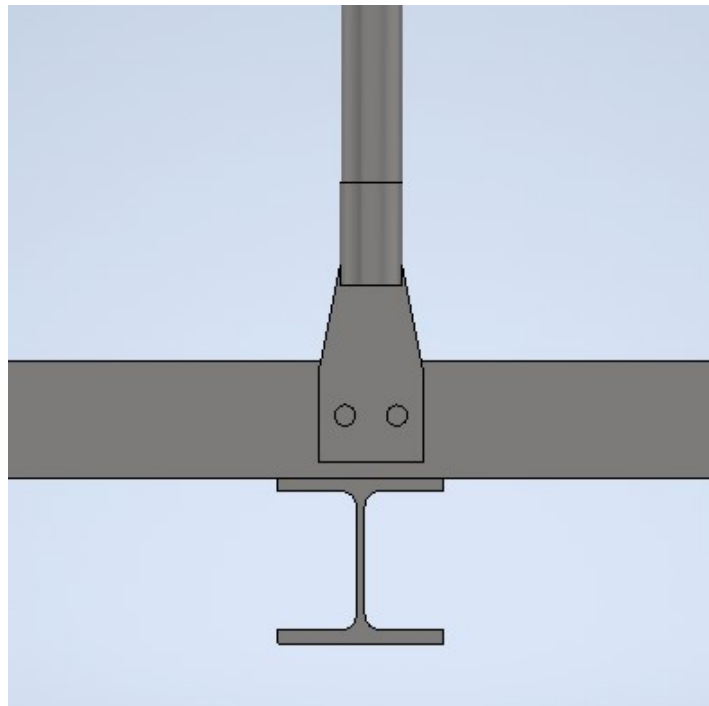


Figura 32. Unión brazo con pallet

En la figura 33 se muestra la simulación del análisis de tensión del brazo, utilizando el programa Inventor.

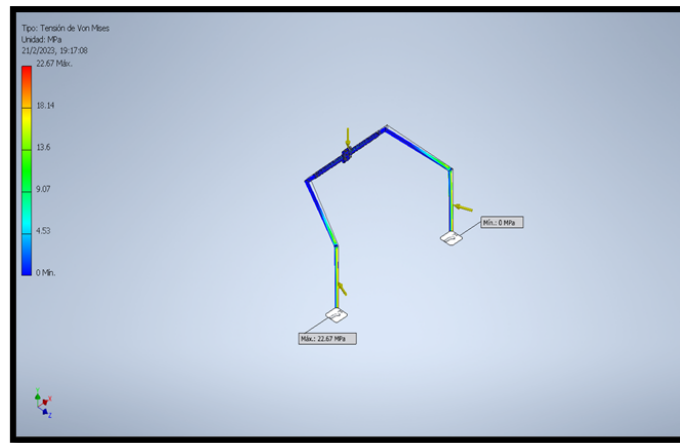


Figura 33. Análisis de tensión del brazo

En la figura 34 se muestra un perfil cuadrado que está ubicado en la parte superior central de los brazos, este perfil está acompañado de una plancha cuadrada de 150 mm x 150 mm, que a su vez está conformada por 4 agujeros de 20 mm de diámetro y un agujero central de 60 mm de diámetro, el cual irá incorporado una barra principal que sostendrá los brazos y el pallet.

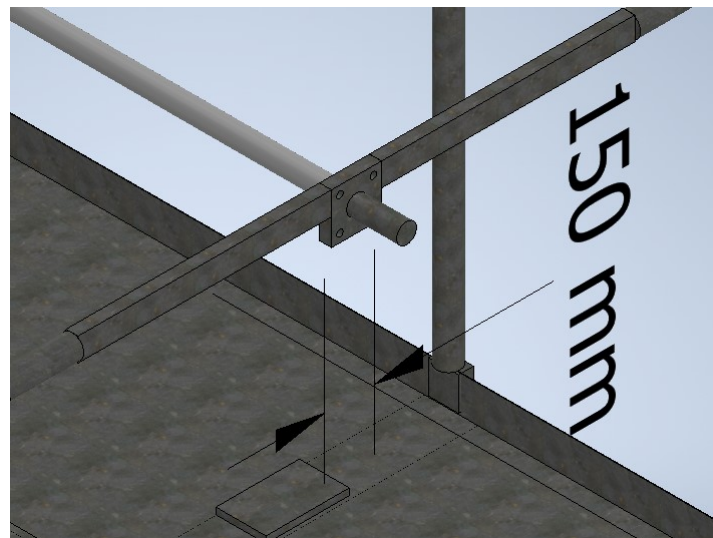


Figura 34. Perfil cuadrado - soporte de barra

VI-A10. Barra central del pallet: Para el cálculo de la barra principal que sostendrá los brazos del pallet y a su vez toda la carga total mismas pallet, primero hay que considerar las cargas vivas, muertas, y sobrecargas, así mismo como el peso del vehículo, dando un total de 3672,22 Kgf. Esta carga se divide para 2 debido a que se reparte entre los extremos de la barra que hay en cada pallet.

$$\frac{3311,77}{2} = 1655,88\text{kgf}$$

Cada extremo de la barra soportara una carga de 1655.88 Kgf. Seguido de esto se transforma esta carga a fuerza N.

$$1656\text{kgf} \times 9,81\text{m/s}^2 = 16245,36\text{N}$$

La fuerza aplicada en cada extremo es de $16245,36N$, al sumar estas dos fuerzas, da un total $32490,72N$, siendo este la fuerza total que será aplicada en la barra principal.

En la figura 34 se presenta una platina en el extremo de la barra, esta platina servirá para unir y mantener fijo la barra principal con los brazos del pallet, para así evitar que esta se salga y a su vez dar una capacidad extra para que pueda soportar más las fuerzas que serán aplicadas por cada pallet.

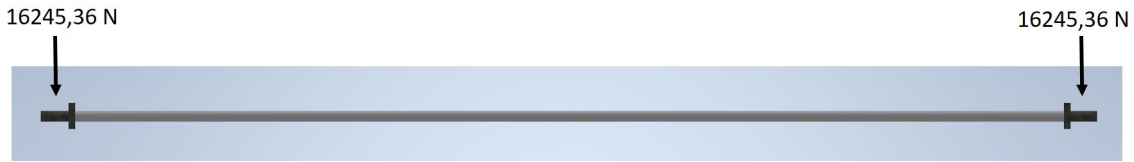


Figura 35. Análisis de tensión del brazo

En la Figura 35 se muestra la simulación de cargas de la barra central.

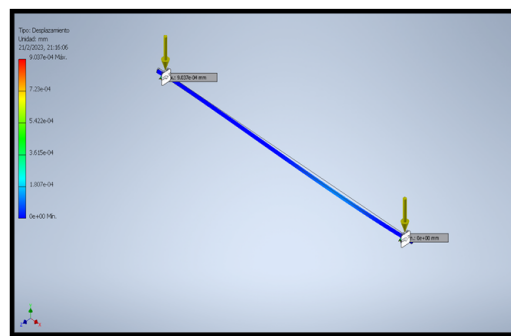


Figura 36. Análisis de tensión del brazo

VI-A11. *Cálculo de la estructura principal:* Para el análisis se debe tener en cuenta el peso total de cada ensamble del pallet con el peso del vehículo o carga viva.

Peso del pallet: $1398,44kgf$

Carga viva: $2485Kgf$

$$Masa = pesopallet + cargatotal. \quad (9)$$

$$Masa = 1398,44kgf + 2485kgf$$

$$Masa = 3883,44kgf$$

Seguido de esto se procede a multiplicar la masa por 8 debido a que el sistema tendrá una cantidad de 8 pallets y como ya se mencionó anteriormente, el estacionamiento vertical tendrá una capacidad de almacenamiento de 8 vehículos.

$$= 3883,44 \times 8 = 31067,52Kgf$$

Luego de haber calculado el peso total que soportara la estructura, se procede a transformar esta carga a fuerza Newton.

$$31067,52Kgf \times 9,81 = 304772,37N$$

Una vez conseguida la fuerza que soportará la estructura, se divide esta fuerza para dos, ya que, al ser dos estructuras, esta fuerza se repartirá para las dos estructuras.

$$\frac{304772,37N}{2} = 152386,2N$$

Esta carga se debe dividir para 2 debido a que esta se reparte en la estructura tal como se puede observar en la Figura 37.

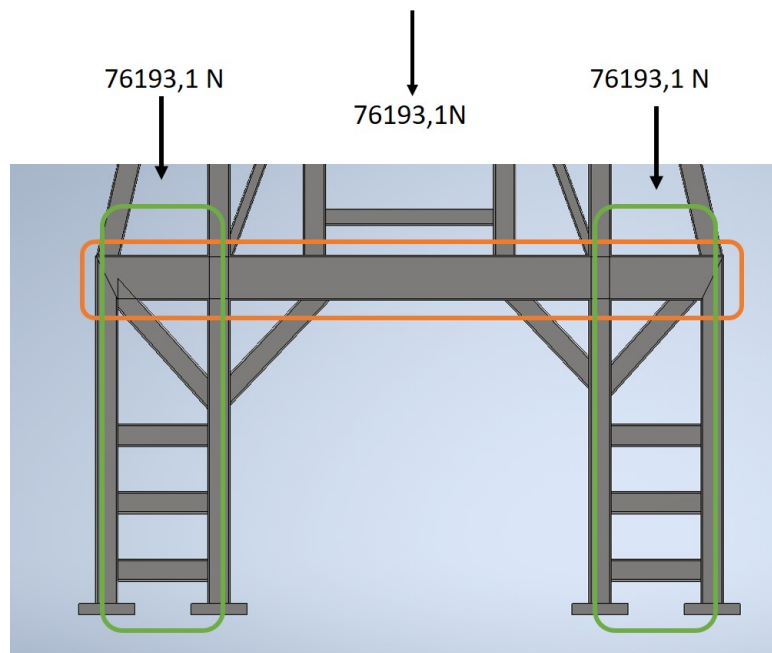


Figura 37. Distribución de cargas en la estructura

En la figura 38 la simulación de tensión, utilizando el programa inventor.

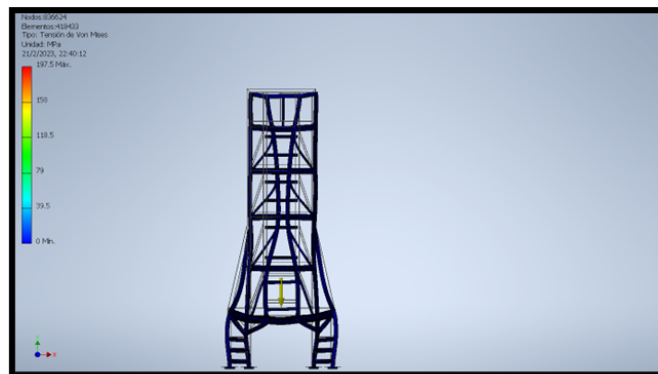


Figura 38. Análisis de tensión de la estructura

VI-A12. Cálculo de sistema de transmisión : Para estimar la potencia que requerirá el motor se necesitan algunos factores como las cargas aplicadas en cada eslabón previamente estimada de las fuerzas de los vehículos, pallet, los brazos y barra principal.

Para poder calcular la potencia estimada que requerirá el motor, se necesita la carga aplicada de cada eslabón, el peso total del pallet completo y la velocidad con la que está operando el sistema.

Para el cálculo de la velocidad lineal se necesita la longitud de la cadena desde la parte más alta hasta la más baja, ya que al momento del desplazamiento se elegirá un recorrido con menor longitud de cadena. Se utiliza la ecuación 10.

$$L_{cadena} = 8,663m + (\pi + R) \quad (10)$$

$$L_{cadena} = 11,33m$$

Para este sistema se considera un motor reductor, que se pueda acoplar a un sistema de transmisión de engranajes y cadenas, para una velocidad óptima con el cual los pallets y los vehículos no tengan un movimiento brusco, se utilizará un tiempo de $4 \frac{m}{min}$ debido a que este se considera un movimiento estable. Para el cálculo del tiempo óptimo se usó la ecuación 11.

$$t = \frac{d}{v} \quad (11)$$

Donde:

- t : tiempo
- d : Distancia:(11.33m)
- V : Velocidad lineal referencial($4 \frac{m}{min}$)
- R : Radio de cadena (0.85m). Este valor es el radio de la rueda dentada N4. Este valor se puede observar en la Figura 39.

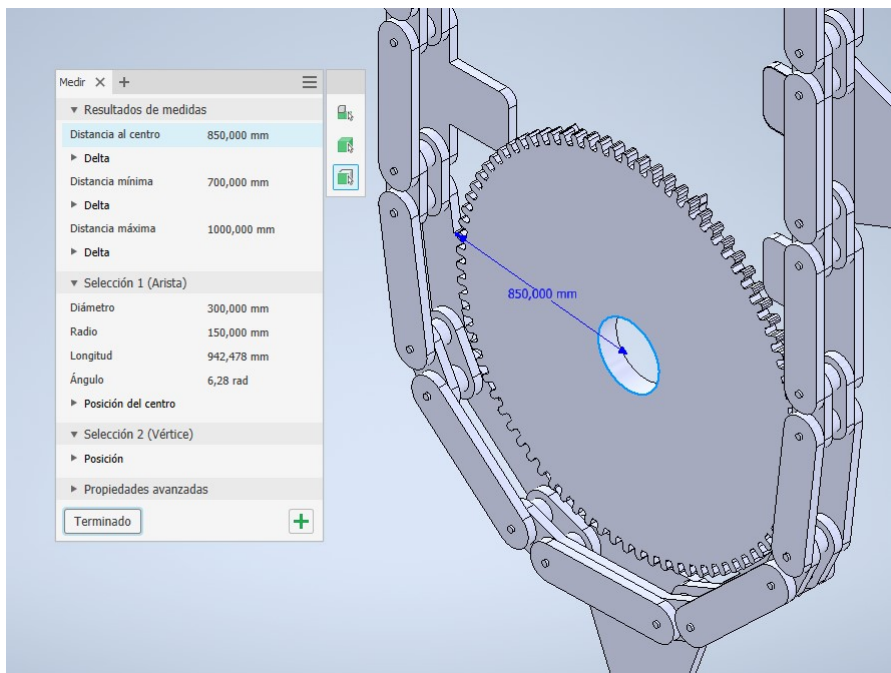


Figura 39. Radio de la cadena

Reemplazando estos valores en la ecuación 11, se obtiene que el tiempo es de aproximadamente 3 minutos, lo que hace referencia del tiempo que tardará en llegar del punto más bajo al más alto del sistema.

$$t = 3min$$

$$V = 4 \frac{m}{min} * \frac{1}{60} \frac{m}{min}$$

$$V = 0,067 \frac{m}{s}$$

Una vez obtenida la velocidad lineal, se procede a hallar la velocidad angular. Para esto, se utiliza la ecuación 12.

$$W = \frac{V}{R} \quad (12)$$

Reemplazando los datos en la ecuación, da como resultado el siguiente valor.

$$W = \frac{0,067}{0,85} = 0,078 \text{rads/s}$$

Luego se transforma esta velocidad a rpm, obteniendo como resultado 0,74rpm

VI-A13. *Potencia requerida del motor:* Para hallar la potencia requerida del motor es necesario el peso de los pallets y de los vehículos dividido para 2 , el cual es = 152386.2 N Para calcular el torque se usa la ecuación 13.

$$T = Ft \times R \quad (13)$$

R: Radio de la cadena (0.85m)

$$T = 152386,2N \times 0,85m = 129528,25N/m$$

Para hallar la potencia se utiliza la ecuación 14.

$$P = T \times W \quad (14)$$

P = Potencia

T = Torque

W = Velocidad Angular (0.067rad/s)

$$P = 129528,25N/m \times 0,067\text{rad/s}$$

$$P = 10103,20w$$

$$P = 10,10Kw$$

Una vez obtenida la potencia en Kw, se transforma a HP:

$$P = 10,10Kw \times 1,34Hp/Kw$$

$$P = 13,53Hp$$

Para disminuir la velocidad del motor de 1160 rpm a 0.78 rpm, se utilizan 3 reducciones, las cuales son: por cadena, por engranaje y por motor reductor. Para esto se utiliza la ecuación 15.

$$Prequerida = \frac{Putil}{Nmr \times Nc \times Ner} \quad (15)$$

Porengranaje : 0,94 %

porcadena : 0,98 %

porreductor : 0,96 %

Dando la siguiente operación:

$$\frac{13,53Hp}{0,94\% \times 0,96\% \times 0,98\%} = 15,29Hp$$

15.29 Hp a Kw es 11.40 Kw. La potencia requerida para el motor es de 12Kw.

El motor que se usará para mover el sistema será un motor trifásico de 6 polos con una potencia de 20 HP y 1160 rpm. Las especificaciones se pueden observar en los anexos, en la figura 91.

VI-A14. *Reducción de velocidad:* Una vez hallada la potencia requerida, la cual es de 12 Kw con velocidad de 1160 Rpm, se utilizará un reductor de velocidad con una relación de 70:1, es decir el reductor será de 70. Entonces:

$$\frac{1160}{70} = 16,57rpm$$

16.57 rpm será la velocidad de giro del eje de salida del reductor. esta velocidad se la divide para la velocidad angular transformada a rpm es decir 0,78 rad/s a rpm es 0,74 rpm.

$$\frac{16,57}{0,74} = 22,40$$

la reducción total de transmisión será de 22.40, el cual consistirá en 2 partes, una será por transmisión por cadena, el cual consistirá de dos catarinas, una de 13 dientes (N1) y la segunda de 52 dientes (N2) con una relación de transmisión de 4. La segunda parte será por engranajes, con un piñón (N3) de 16 dientes y una rueda dentada (N4) de 83 dientes, con una relación de 5.2.

VI-B. *Selección del tipo de cadena*

Para el cálculo de la cadena se necesita la potencia del motor, la velocidad de salida y la relación de transmisión entre los engranajes mostrados en la figura 21.

Para esto se obtienen los siguientes datos, en donde:

- Prequerida: potencia requerida = 12Kw
- V-giro: Velocidad de giro = 16.57 rpm
- N1: 13 dientes
- N2: 52 dientes

Antes de empezar con el cálculo de la transmisión por cadena hay que tener en cuenta que el factor de trabajo para la cadena de rodillos es de 1.3, ya que para este sistema el tipo de carga es de transportadores pesados con un choque moderado. En la siguiente imagen se puede observar los diferentes factores de servicio para transmisiones por cadenas.

Una vez seleccionado el factor de servicio, se calcula la transmisión de potencia corregida, utilizando la ecuación 16.

$$P_c = P_{requerida} \times F_s \quad (16)$$

Pc: Potencia corregida.

Al reemplazar los datos en la ecuación, se obtiene la potencia, la cual es:

$$P_c = 12Kw \times 1,3$$

$$P_c = 15,6Kw$$

Una vez obtenida la potencia corregida que tendrá el sistema, considerando que el factor de trabajo de la cadena por rodillos será para trabajos pesados (1.3), se procede a seleccionar el tipo de cadena. Para esto se utilizó el catálogo de SKF para cadenas de transmisión. utilizando la tabla de potencia nominal mostrada en la figura 40.

Power Rating Tables (kW) – ANSI Chains

Table 10v

240H-1; (76.2 mm Pitch) Power ratings in kilowatt (ANSI standard)																	
Z	Pitch circle Dia. mm	rpm of small (faster) sprocket z_1															
		2	5	10	25	27	50	75	100	150	200	250	300	400	500	600	700
13	318,41	2,05	4,95	9,63	23,22	25,00	45,16	66,66	87,86	129,66	170,91	211,74	252,24	178,94	128,04	97,41	77,29
15	366,50	2,37	5,71	11,12	26,79	28,84	52,11	76,91	101,37	149,61	197,21	244,32	291,04	221,79	158,70	120,73	95,80
17	414,69	2,69	6,48	12,60	30,36	32,69	59,06	87,16	114,89	169,56	223,49	276,89	329,85	267,59	191,47	145,66	115,59
19	462,96	3,01	7,24	14,08	33,93	36,53	66,01	97,42	128,41	189,51	249,79	309,46	368,66	316,17	226,23	172,10	136,58
21	511,26	3,32	8,00	15,56	37,50	40,38	72,96	107,67	141,92	209,46	276,08	342,03	407,46	367,39	262,88	199,98	158,70
23	599,61	3,63	8,76	17,05	41,07	44,22	79,90	117,93	155,44	229,41	302,38	374,61	446,26	421,10	301,32	229,22	181,90
25	607,98	3,95	9,53	18,52	44,65	48,07	86,85	128,19	168,95	249,36	328,67	407,19	485,07	477,20	341,46	259,76	206,13
Lubrication method		TYPE 1					TYPE 2					TYPE 3					

Figura 40. Tabla de potencia nominal

Para esto se realiza una interpolación en donde, se escoge el rango entre 10 y 25 rpm ya que la velocidad de entrada es de 16.57 rpm, entonces se tiene lo siguiente:

$$X = 16,57rpm \rightarrow Y$$

$$X1 = 10rpm \rightarrow 9,63 \rightarrow Y1$$

$$X2 = 25rpm \rightarrow 23,22 \rightarrow Y2$$

Para el cálculo de la potencia de cadena se utiliza la ecuación 17.

$$Y = \frac{Y2 - Y1}{X2 - X1} \times (X - X1) + Y1 \quad (17)$$

Reemplazando los datos en la ecuación quedaría lo siguiente.

$$Y = \frac{23,22-9,63}{25-10} \times (16,57 - 10) + 9,63 \quad Y = 15,58Kw$$

La potencia de la cadena es de 15.58 Kw por lo que, si cuadra con la potencia del motor, entonces según la tabla, el tipo de cadena será de 240H-1 con un paso de 7.62 cm.

VI-B1. *Longitud de cadena:* Para calcular la longitud de la cadena se utilizará la fórmula de la ecuación 18.

$$L = 2 \times C + \frac{P}{2} \times (N1 + N2) + \frac{p^2(N2 - N1)}{4 \times \pi^2 \times C} \quad (18)$$

Donde:

- L: longitud de cadena
- N1: número de dientes (13)
- N2: número de dientes (52)
- C: distancia entre centros (86.9 cm)
- P: paso de cadena (7.62cm)

Al reemplazar los datos en la ecuación 18 se obtiene el siguiente resultado.

$$L = 2 \times 86,9cm + \frac{7,62}{2} \times (13 + 52) + \frac{p^2(52-13)}{4 \times \pi^2 \times 86,9cm} \quad L = 422,11cm$$

Para el cálculo de los pasos de la cadena, se utiliza la ecuación 19.

$$pasos = \frac{L}{P} \quad (19)$$

donde:

- L: longitud de cadena = 422.11 cm
- P: paso de cadena = 7.62 cm

Al reemplazar los datos en la ecuación se obtiene la cantidad de pasos que tendrá la cadena.

$$Pasos = \frac{422,11cm}{7,62cm} = 55,39pasos \rightarrow 56pasos$$

Redondeando el valor se obtiene que la cadena tendrá 56 pasos.

VI-B2. *Cálculo de velocidad lineal:* Para calcular la velocidad lineal que tendrá la cadena se utilizará la ecuación 20.

$$Vl = \frac{P \times N1 \times Vgiro}{60} \quad (20)$$

Donde:

- Vl: velocidad lineal de cadena
- P: paso de cadena en m = 0.0762 m
- N1: de dientes (13)
- Vgiro: Velocidad de giro (16.57 rpm)

Reemplazando los datos en la ecuación, se obtiene el siguiente resultado:

$$Vl = \frac{0,0762m \times 13 \times 16,57}{60}$$
$$Vl = 0,27m/s$$

VI-B3. *Esfuerzo de cadena:* Para calcular el esfuerzo de la cadena se necesitarán los siguientes datos:

- Fo: esfuerzo soportado por cadena
- P: potencia requerida (12 Kw)
- V1: Velocidad lineal (0.27 m/s)
- M: Masa unitaria (16.15 Kg/m)

La cadena al ser 240H-1 tiene como masa unitaria un valor de 16.15 Kg/m. Este valor se lo saco usando la tabla que se ve en la imagen . Una vez obtenido los datos, se utilizará la ecuación 21, en donde se reemplazarán los datos.

$$Fo = \frac{Prequerida}{Vl} \quad (21)$$
$$Fo = \frac{120000w}{0,27m/s}$$
$$Fo = 44444,44N$$

VI-B4. *Factor de seguridad de cadena:* En la figura 41 se puede observar el catálogo con las especificaciones y características de las cadenas por rodillo, la masa de la cadena, según el catálogo es de 30,4Kg/m y la tensión de rotura es de 510,3Kn.

Table 1

SKF Xtra Strength H & BH Chains

ANSI Chain number	BS/ISO Chain number	Dimensions										Transverse pitch	Ultimate tensile strength	Average tensile strength	Weight per meter	Designation
		Pitch	Roller diameter	Width between inner plates	Pin diameter	Pin length	P. length	Inner pl. height	Plate thickness	Q min	Q ₀					
		P	d ₁ max	b ₁ min	d ₂ max	L max	L _c max	L _c max	h ₂ max	T max	P ₁	kN		kg/m		
		mm														
35H-1*	-	9,525	5,08	4,77	3,58	13,3	14,3	-	9,0	1,50	-	7,9	10,8	0,41	PHC 35H-1...	
40H-1	08AH-1	12,700	7,95	7,85	3,96	18,8	19,9	-	12,00	2,03	-	14,1	19,1	0,82	PHC 40H-1...	
50H-1	10AH-1	15,875	10,16	9,40	5,08	22,1	23,4	24,4	15,09	2,42	-	22,2	30,2	1,25	PHC 50H-1...	
60H-1	12AH-1	19,050	11,91	12,57	5,94	29,2	31,0	31,6	18,00	3,25	-	31,8	42,7	1,87	PHC 60H-1...	
80H-1	16AH-1	25,400	15,88	15,75	7,92	36,2	37,7	39,4	24,00	4,00	-	56,7	71,4	3,10	PHC 80H-1...	
100H-1	20AH-1	31,750	19,05	18,90	9,53	43,6	46,9	46,9	30,00	4,80	-	88,5	112,4	4,52	PHC 100H-1...	
120H-1	24AH-1	38,100	22,23	25,22	11,10	53,5	57,5	57,5	35,70	5,60	-	127,0	160,9	6,60	PHC 120H-1...	
140H-1	28AH-1	44,450	25,40	25,22	12,70	57,6	62,2	62,2	41,00	6,40	-	172,4	217,3	8,30	PHC 140H-1...	
160H-1	32AH-1	50,800	28,58	31,55	14,27	68,2	73,0	73,0	47,80	7,20	-	226,8	285,8	10,30	PHC 160H-1...	
180H-1	36AH-1	57,150	35,71	35,48	17,46	75,9	81,6	-	53,60	8,0	-	281,0	341,8	14,83	PHC 180H-1...	
200H-1	40AH-1	63,500	39,68	37,85	19,85	86,6	93,5	93,5	60,00	9,50	-	353,8	444,5	19,16	PHC 200H-1...	
240H-1	48AH-1	76,200	47,63	47,35	23,81	109,6	115,9	-	72,30	12,70	-	510,3	622,5	30,4	PHC 240H-1...	
60H-2	12AH-2	19,050	11,91	12,57	5,94	55,3	57,1	57,7	18,00	3,25	26,11	63,6	84,5	3,71	PHC 60H-2...	
80H-2	16AH-2	25,400	15,88	15,75	7,92	68,8	70,3	72,0	24,00	4,00	32,59	113,4	145,3	6,15	PHC 80H-2...	
100H-2	20AH-2	31,750	19,05	18,90	9,53	82,7	86,0	86,0	30,00	4,80	39,09	177,0	225,9	9,03	PHC 100H-2...	
120H-2	24AH-2	38,100	22,23	25,22	11,10	102,4	106,4	106,4	35,70	5,60	48,87	254,0	322,7	13,13	PHC 120H-2...	
140H-2	28AH-2	44,450	25,40	25,22	12,70	109,8	114,4	114,4	41,00	6,40	52,20	344,8	437,7	16,60	PHC 140H-2...	
160H-2	32AH-2	50,800	28,58	31,55	14,27	130,1	134,9	134,9	47,80	7,20	61,90	453,6	571,6	20,20	PHC 160H-2...	
200H-2	40AH-2	63,500	39,68	37,85	19,85	164,9	171,8	171,8	60,00	9,50	78,31	707,6	894,9	38,11	PHC 200H-2...	
60H-3	12AH-3	19,050	11,91	12,57	5,94	81,4	83,2	83,8	18,00	3,25	26,11	95,4	113,9	5,54	PHC 60H-3...	
80H-3	16AH-3	25,400	15,88	15,75	7,92	101,4	102,9	104,6	24,00	4,00	32,59	170,1	203,5	9,42	PHC 80H-3...	
100H-3	20AH-3	31,750	19,05	18,90	9,53	121,8	125,1	125,1	30,00	4,80	39,09	265,5	314,8	12,96	PHC 100H-3...	
120H-3	24AH-3	38,100	22,23	25,22	11,10	151,2	155,2	155,2	35,70	5,60	48,87	381,0	444,7	19,64	PHC 120H-3...	
140H-3	28AH-3	44,450	25,40	25,22	12,70	162,0	166,6	166,6	41,00	6,40	52,20	517,2	598,4	24,90	PHC 140H-3...	
160H-3	32AH-3	50,800	28,58	31,55	14,27	192,0	196,8	196,8	47,80	7,20	61,90	680,4	787,3	30,10	PHC 160H-3...	
200H-3	40AH-3	63,500	39,68	37,85	19,85	243,2	250,1	250,1	60,00	9,50	78,31	1061,4	1228,2	57,06	PHC 200H-3...	

* Bushing chain: d1 indicates external diameter of bushing
Standard lengths are 30 ft. and 5 m. To complete designation, add chain length. For example, a 5 m box of 160H-1 is PHC 160H-1X5MTR.
For links, add "CL" for "connecting" and "OL" for "offset" to the designation.
For cottered, add a "C" after the number of strands. For example 350H-1 with a cottered pin is designated PHC 160H-1C.
For heavy duty multistrand chain drives, special sprockets are needed due to differences in transverse pitch.

Figura 41. Tabla 2 de potencia nominal

Para calcular el factor de seguridad de la cadena se utilizará la ecuación 22.

$$Fs = \frac{R}{Fo} \tag{22}$$

En donde:

- R: es la carga de rotura. Esta carga se puede observar en la figura 41.
- P: potencia requerida (12 Kw)

$$Fs = \frac{510300N}{44444,44N}$$

$$Fs = 11,48$$

El factor de seguridad de la cadena es de 11.48, lo que hace que esta cadena pueda soportar más de 11 veces la carga aplicada en esta, haciendo que sea una cadena segura para usar en el sistema.

VI-C. Cálculo de engranajes

Como ya mencionado anteriormente, el sistema de transmisión consistirá en dos etapas, la primera etapa consiste en un sistema de transmisión de cadena el cual, la cadena seleccionada según los cálculos y el catálogo utilizado, es cadena 240H-1 o 48A-1, con un paso de 7.62 cm o 3 pulgadas entonces, para la selección de los piñones y

ruedas dentadas se utilizó el catálogo de cadenas Rexnord para sacar las ruedas dentadas del sistema de transmisión por cadena tal como se puede observar en la figura 42.

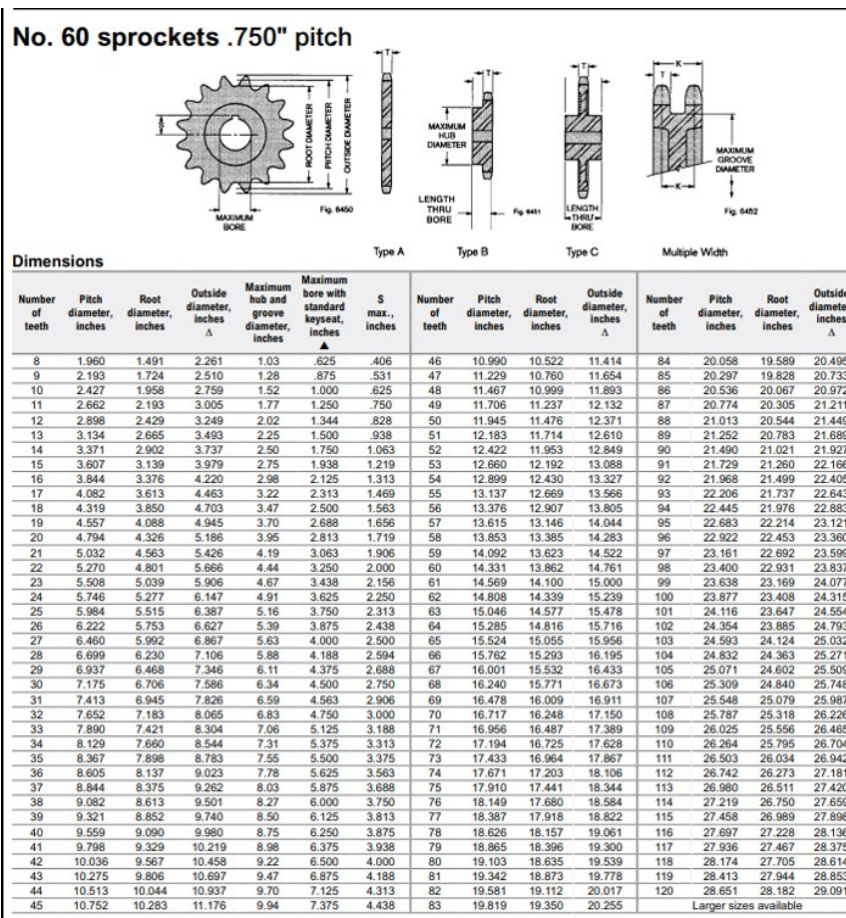


Figura 42. Catálogo - manual de cadenas rexnord

Según el catálogo de la figura 42, se va a utilizar un piñón de 13 dientes que será la rueda motriz (N1), con un paso de 76.2 mm y para la rueda conductora (N2), se utilizara una rueda dentada de 52 dientes con el mismo módulo, con una relación de transmisión de 4, utilizando el mismo paso de 76.2 mm.

Para la segunda parte del sistema de transmisión el cual será por medio de engranajes, se utilizará un piñón de 16 dientes (N3), Este piñón actuará como la rueda motriz de la segunda parte del sistema de transmisión. Para la selección del piñón N3, se utilizó el catálogo de cadenas de Rexnord, para los piñones de número 60 que se puede observar en la figura 36. Este piñón tendrá un paso de 97.6 mm según el catálogo. Para calcular el módulo de piñón 16 dientes (N3), se utiliza la ecuación 23

$$m = \frac{\text{PasoCircular}}{\text{dientes}} \quad (23)$$

reemplazando los datos en la ecuación 23 se obtiene el siguiente resultado:

$$m = \frac{97,6}{16}$$

$$m = 6,1mm$$

Una vez conseguido el módulo del piñón se puede calcular las medidas de la rueda conductora que es de 83 dientes (N4).

VI-D. Cálculo de rueda dentada (N4)

VI-D1. *Parte superior del diente*: Para el cálculo de la parte superior o altura superior del diente, en este caso “hc”, se utilizará la ecuación 24.

$$hc = 1 \times m \quad (24)$$

Tomando en cuenta que “m” es el módulo de la rueda dentada el cual es de 6.1 mm, al reemplazar los datos en la ecuación, se obtiene como altura de la parte superior del diente 6.1 mm.

VI-D2. *Parte inferior del diente*: Para el cálculo de la parte inferior o altura inferior del diente, en este caso “hp”, se utilizará la ecuación 25.

$$hp = 1,167 \times m \quad (25)$$

Al reemplazar los datos en la ecuación se obtiene la altura inferior del diente el cual es de 7.11 mm.

VI-D3. *Altura total del diente* : Para la altura total del diente se tiene que sumar la parte inferior con la parte superior, tal como se ve en la ecuación 26.

$$h = hc + hp \quad (26)$$

$$h = 6,10mm + 13,21mm$$

$$h = 13,21mm$$

VI-D4. *Diámetro primitivo de piñón* : Para calcular el diámetro primitivo “Dp”, se utiliza la ecuación 27.

$$Dp = m \times N \quad (27)$$

$$Dp = 6,10mm \times 83 \quad Dp = 506,3mm$$

El diámetro primitivo del piñón (N4), es de 506.3 mm.

VI-D5. *Diámetro exterior de piñón* : Para hallar el diámetro exterior, se necesita el diámetro primitivo el cual se sabe que es de 506.3 mm, este valor se lo suma 2 veces y se multiplica por el módulo, tal como se puede observar en la ecuación 28.

$$De = Dp + (2 \times m) \quad (28)$$

$$De = 518,5mm$$

VI-D6. *Diámetro inferior de piñón* : Para el diámetro inferior (Di), se resta el diámetro primitivo (Dp) para 2 y se lo multiplica por el módulo, tal como se puede observar en la ecuación 29.

$$Di = Dp - (2 \times m) \quad (29)$$

$$Di = 494,1mm$$

VI-D7. *Espesor de diente*: Para calcular el espesor del diente, primero hay que saber el paso, se tiene en consideración el paso de la cadena el cual es 6.35 cm. Este valor se lo divide para 2, tal como se ve en la ecuación 30.

$$S = \frac{P}{2} \quad (30)$$

$$S = 19,15mm$$

VI-E. Diseño de engranaje (N4B)

VI-E1. *Modulo y paso (N4B)*: El engranaje N4B se encuentra ubicado en la misma cara del engranaje N4. Este engranaje es el encargado de mover la cadena que mueve todo el sistema de pallets. Para calcular el módulo del engranaje (N4B), se utilizará la ecuación 31.

$$de = m \times (N4B + 2) \quad (31)$$

- N4B: 8 dientes
- De: 1600 mm

Se despeja la ecuación, quedando de la siguiente forma:

$$m = \frac{De}{N4B+2}$$

Se reemplaza los datos y queda:

$$m = 160mm$$

Una vez calculado el módulo, el cual es de 160 mm, se procede a calcular el paso de este, utilizando la ecuación 32.

$$P = 160 \times \pi = 502,65mm$$

VI-E2. *Parte superior del diente:* Se utiliza la ecuación 24.

$$hc = 160mm$$

VI-E3. *Parte inferior del diente:* Para el cálculo de la parte inferior o altura inferior del diente, en este caso “hp”, se utilizará la ecuación 25.

$$hp = 186,72mm$$

VI-E4. *Altura total del diente :* Para la altura total del diente se tiene que sumar la parte inferior con la parte superior, tal como se ve en la siguiente ecuación.26

$$h = 160mm + 186,72mm$$

$$h = 346,72mm$$

VI-E5. *Diámetro primitivo de piñón:* Se utiliza la ecuación 27.

$$Dp = 1280mm$$

VI-E6. *Diámetro interior de piñón:* Se utiliza la ecuación 29.

$$Di = 906,56mm$$

Una vez realizado todos los cálculos se procede a diseñar el engranaje (N4B)

VI-F. *Cadena de pallets*

Para el cálculo de la cadena que llevara el sistema de los pallets, se utilizara la ecuación 32, teniendo en cuenta que el Radio es de 0.85 m

$$Ltcadena = 8,663m \times 2 + (2 \times \pi) \times R \tag{32}$$

$$Ltcadena = 8,663m \times 2 + (2 \times \pi) \times 0,85$$

$$Ltcadena = 22,67m$$

La longitud total de la cadena de eslabones es 22.67 cm. en la Figura 43 se puede observar el diseño de esta.



Figura 43. Diseño de sistema de movimiento de pallets

VI-G. Automatización del sistema

Para controlar el movimiento del estacionamiento, se requieren varios componentes eléctricos, que incluyen un PLC, un HMI, un sensor encoder, un sensor inductivo, un motor, un variador de frecuencia y componentes que cubren al motor y el PLC.

- El PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico programable que se utiliza para controlar el funcionamiento del estacionamiento rotatorio. Se programa para recibir señales de los diferentes sensores y para enviar señales al variador de frecuencia y al motor para controlar el movimiento del estacionamiento.
- El HMI (Interfaz Hombre-Máquina) es un dispositivo que permite a los usuarios interactuar con el PLC y monitorear el estado del sistema. En el caso del estacionamiento rotatorio, el HMI podría mostrar información sobre la ubicación de los vehículos y permitir a los usuarios seleccionar una ubicación para estacionar su vehículo.
- El sensor encoder es un dispositivo que se utiliza para medir la velocidad y la posición del motor. El sensor envía señales al PLC, lo que permite al sistema controlar el movimiento del motor con precisión.
- El sensor inductivo se utiliza para detectar la presencia de los vehículos en el estacionamiento. El sensor envía señales al PLC, que utiliza esta información para controlar el movimiento del estacionamiento y evitar colisiones.
- El motor es el componente que impulsa el movimiento del estacionamiento. El motor está conectado a un variador de frecuencia, que controla la velocidad y la dirección del motor.
- El variador de frecuencia es un dispositivo que controla la velocidad y la dirección del motor, ajustando la frecuencia de la corriente eléctrica que alimenta el motor. Esto permite al sistema controlar la velocidad y la dirección del motor con precisión.

En resumen, todos estos componentes trabajan juntos para controlar el movimiento del estacionamiento vertical

rotatorio, permitiendo a los usuarios estacionar y recuperar sus vehículos de manera segura y eficiente. El PLC es el cerebro del sistema, coordinando las acciones de los diferentes componentes y garantizando un funcionamiento seguro y confiable.

VI-G1. Eleccion de PLC Y HMI: Para la automatización del estacionamiento vertical rotatorio de 8 vehículos, se ha seleccionado el PLC S7-1200 y el HMI KTP 700 Basic como la elección técnica. El PLC S7-1200 es un controlador lógico programable que se utilizará para coordinar y controlar el movimiento del estacionamiento rotatorio, mientras que el HMI KTP 700 Basic se utilizará como la interfaz hombre-máquina para interactuar con el sistema y monitorear su estado. Estas selecciones proporcionarán una solución efectiva y eficiente para la automatización del estacionamiento vertical rotatorio de 8 vehículos.

VI-G2. Declaracion de variables : Cómo pueden observar en la tabla de la figura 30 nos encontramos con alguna declaraciones de variables previo a programar ya que así se nos facilitara al momento de comenzar la programación. Comenzaremos indicando en que consiste cada variable de memoria.

- MB0 se refiere a una variable de memoria de bits que está ubicada en la zona de memoria de bits MB y se podría utilizar para indicar el estado de una entrada o salida digital del controlador o para activar o desactivar una función específica del programa. En resumen, MB0 es una variable de memoria de bits que se encuentra en la zona de memoria de bits MB y se utiliza para almacenar un valor binario en la dirección 0 dentro de esa zona de memoria.
- I0.1 es una sección de la memoria del controlador que se utiliza para leer el estado de las entradas digitales del controlador. Estas entradas digitales pueden ser sensores, interruptores, botones, entre otros. En el caso de la variable I0.1, se trata de la segunda entrada digital en la zona de memoria de entrada (I), y su estado puede ser 0 o 1. Por lo tanto, esta variable se puede utilizar para verificar el estado de un sensor o interruptor en el programa del controlador. En resumen, I0.1 es una variable de entrada de bits digitales ubicada en la zona de memoria de entrada (I) del controlador y se utiliza para leer el estado de la segunda entrada digital en la dirección 0.1 de esta zona de memoria.
- M1.0 se refiere a una variable de memoria de bits. Esta variable está ubicada en la zona de memoria de bits (M) y se encuentra en la dirección 1.0 dentro de esta zona de memoria. Este bit se puede utilizar para controlar algún aspecto del programa, por ejemplo, para activar o desactivar una función o para monitorear el estado de un sensor.

en la Figura 44 se puede observar la tabla de variables para la automatización del sistema.

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...
1	System_Byte	Byte	%MB1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	FirstScan	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	AlwaysTRUE	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	AlwaysFALSE	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Clock_Byte	Byte	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Clock_10Hz	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Clock_5Hz	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Clock_2.5Hz	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Clock_2Hz	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Clock_1.25Hz	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Clock_1Hz	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Clock_0.625Hz	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	In Encoder A	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	In Encoder B	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	Marcha Sistema	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Paro Sistema	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	Paro Emergencia	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	Sensor Inductivo	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	Drive Run	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	Drive Fallo	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	Marcha Drive	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	Velocidad Drive	Word	%QW80	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 44. Tabla de variables

VI-G3. Programacion de HMI: Para la programación del HMI tenemos una interfaz donde estará las selecciones de pallets del 1 al 8 además de una pequeña referencia de autos como si estuvieran en el estacionamiento vertical rotatorio, cada selección del pallet contara con pulsadores que cuando se acciona resalta un color para constatar que se lo está seleccionando además de contar con una sección donde nos diga en que piso se encuentra ahora mismo puesto que así facilitaría la elección de los pallets. En la figura 45 se puede observar el diseño de la interfaz del HMI.

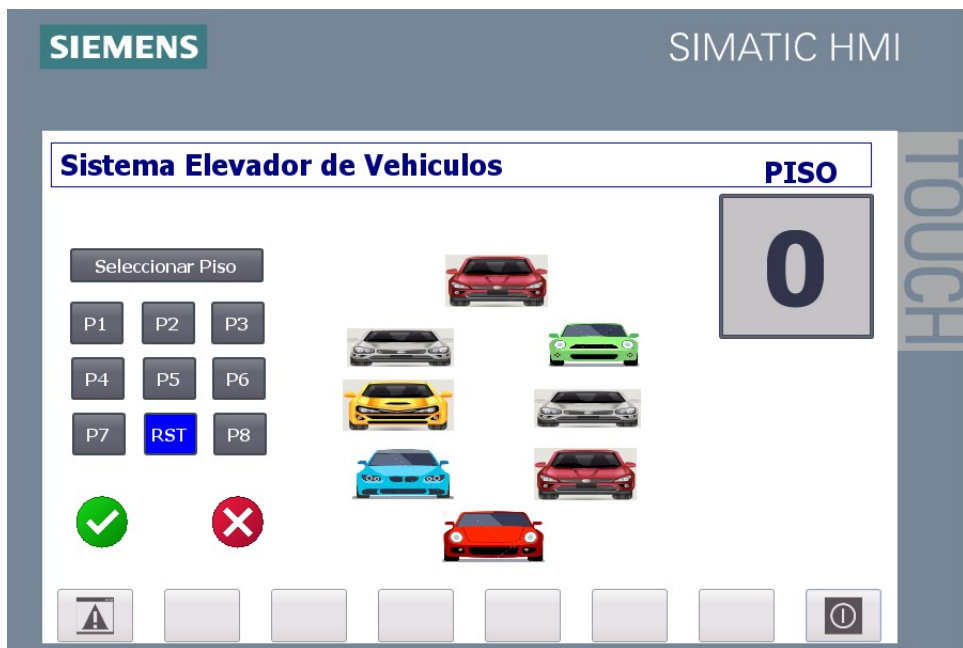


Figura 45. Intefaz HMI

VI-H. Diseño eléctrico

El diagrama de fuerza es un esquema que representa las conexiones eléctricas entre los componentes de un sistema de control de motores eléctricos. En este caso, se utiliza para mostrar cómo se interconectan los componentes de un sistema que incluye un PLC, HMI, brekes, guarda motor, motor, variador de frecuencia, botoneras de encendido y apagado, y paro de emergencia. El diagrama de fuerza se utiliza para diseñar y documentar el sistema, y para facilitar la solución de problemas y el mantenimiento.

El diagrama de control es un esquema que representa las conexiones lógicas entre los componentes de un sistema de control de motores eléctricos. En este caso, se utiliza para mostrar cómo se interconectan los componentes de un sistema que incluye un PLC, HMI, brekes, guarda motor, motor, variador de frecuencia, botoneras de encendido y apagado, y paro de emergencia. El diagrama de control se utiliza para programar el PLC y para entender cómo funciona el sistema.

En el diagrama de fuerza, se pueden observar las conexiones eléctricas entre los componentes del sistema. En primer lugar, se conecta el breke al motor, lo que permite detener el motor rápidamente en caso de emergencia. A continuación, se conecta el guarda motor al motor, lo que protege el motor contra sobrecargas y cortocircuitos. Luego, se conecta el variador de frecuencia al motor, lo que permite controlar la velocidad del motor. Finalmente, se conecta el PLC al HMI y a los botones de encendido y apagado, lo que permite controlar el sistema y monitorear su estado.

En el diagrama de control, se pueden observar las conexiones lógicas entre los componentes del sistema. En primer lugar, se establece una conexión entre los botones de encendido y apagado y el PLC, lo que permite iniciar y detener el sistema. A continuación, se establece una conexión entre el HMI y el PLC, lo que permite al usuario monitorear y controlar el sistema. Luego, se establecen conexiones lógicas entre los componentes del sistema, tales como el paro de emergencia, el breke, el guarda motor, el motor y el variador de frecuencia, lo que permite controlar el sistema de manera segura y eficiente.

En resumen, el diagrama de fuerza y de control son herramientas esenciales para el diseño, programación y mantenimiento de un sistema de control de motores eléctricos. El diagrama de fuerza muestra las conexiones eléctricas entre los componentes del sistema, mientras que el diagrama de control muestra las conexiones lógicas entre los componentes del sistema. Ambos diagramas son necesarios para entender y controlar el sistema de manera segura. En las figuras 46 y 47 se pueden observar los diagramas de control y esquemas eléctricos del sistema.

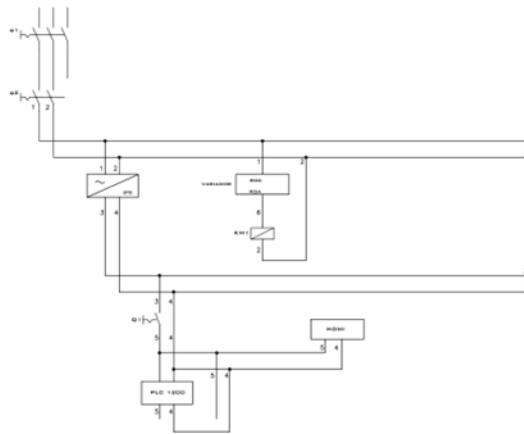


Figura 46. Diagramas y Fuerza de control

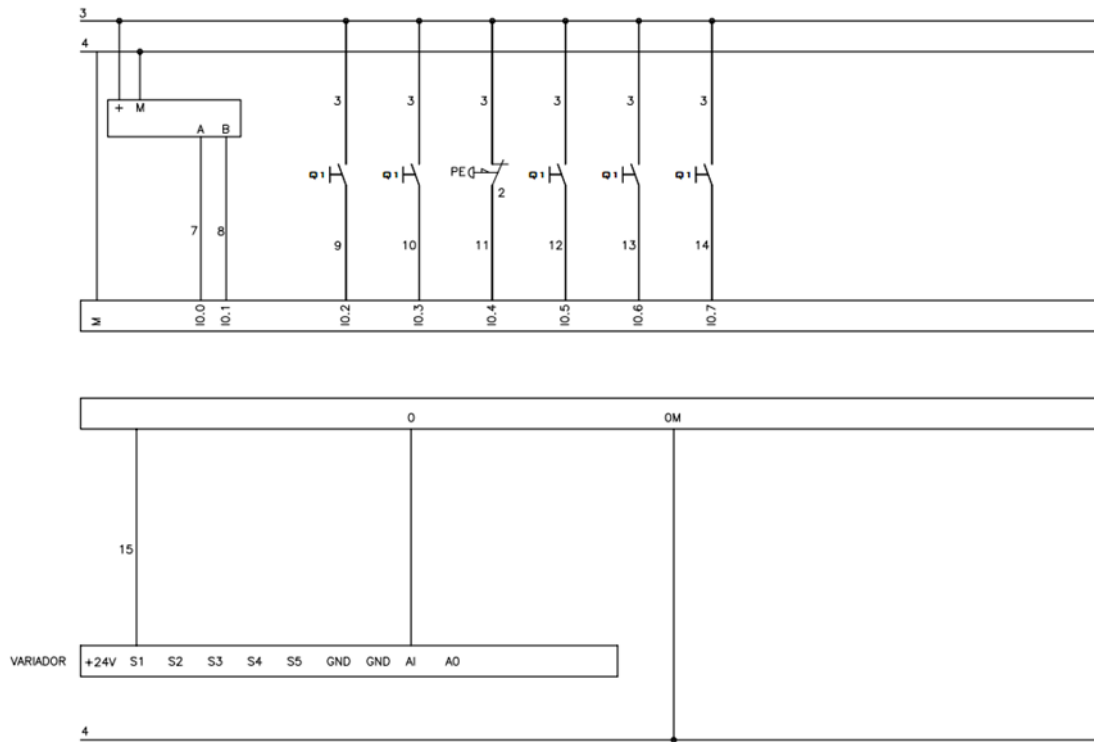


Figura 47. Diagramas y Fuerza de control

VII. SIMULACIÓN Y RESULTADOS

A continuación se presentaran los análisis a los que fueron sometidos las diferentes piezas para conocer su comportamiento frente a las fuerzas dadas.

VII-A. Simulación de la parte mecánica

VII-A1. Base del pallet: Una vez obtenido las dimensiones del pallet en conjunto con los soportes, se realizó el diseño y previamente la simulación en el software inventor para conocer el esfuerzo del cual está sometido el pallet, como son: Coeficiente de von mises, desplazamiento y coeficiente de seguridad. Una vez colocado los valores del apoyo de las 4 llantas del automóvil sobre las superficies del pallet en puntos ya predeterminados, se aplica una carga equivalente al peso del automóvil distribuido en 4 partes (1231,2817 lbf), como se observa en la figura 48.

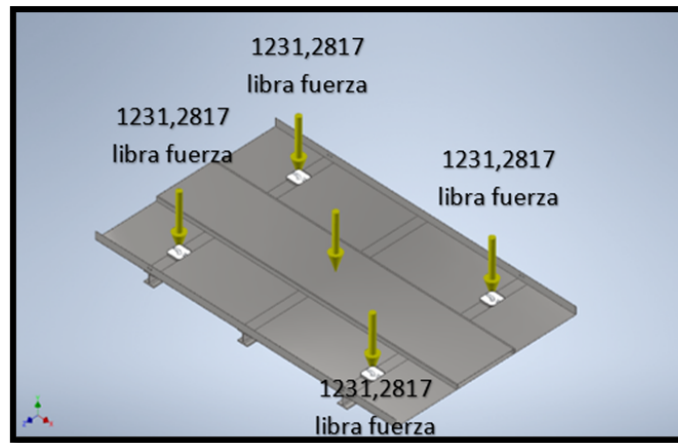


Figura 48. Base del pallet

En la figura 49 se observa el análisis de von mises con respecto al peso del automóvil mas pesado previamente seleccionado, la tensión mínima es de 0.001MPa y la tensión máxima de 23.69 MPa, en comparación con el acero A36 seleccionado que tiene un límite de fluencia (250MPa), se puede observar que es apto para el diseño en cuanto a la tensión.

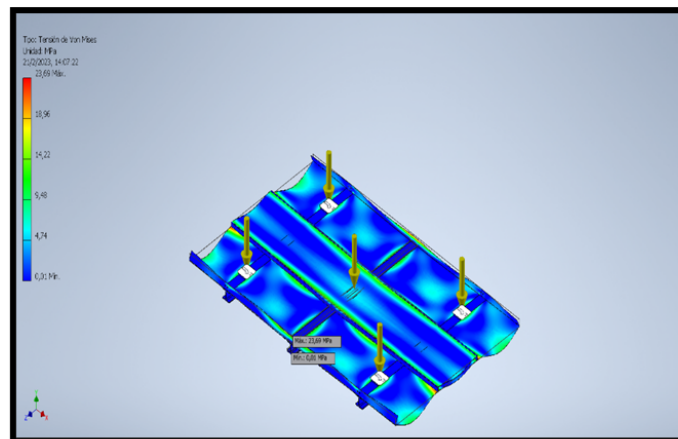


Figura 49. Tensión de Von Mises

Luego de conocer la tensión de von mises, se Procedió a realizar el análisis de desplazamiento de la misma manera que el análisis anterior, como se muestra en la figura, se tiene una deformación que va desde 0 a 5.12 mm,

al obtener una deformación mínima el pallet es óptimo para los desplazamientos, tal como se puede observar en la Figura 50.

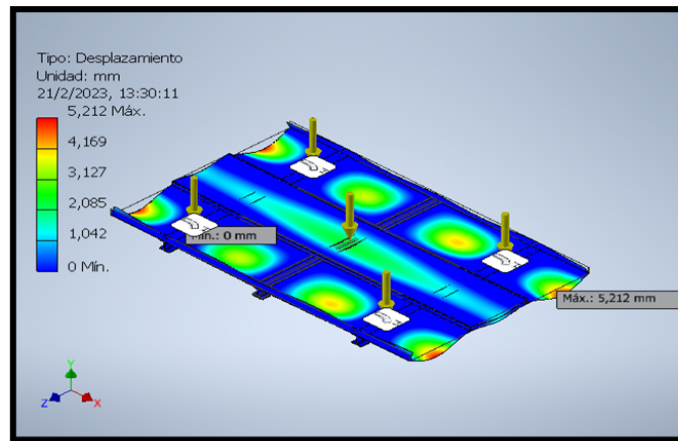


Figura 50. Desplazamiento

Para culminar con el análisis a evaluar el factor de seguridad, como se puede observar en la figura 51, donde indica si el pallet puede soportar la carga que se le impuso y si puede soportar otra vez su peso, nos indica que el factor de seguridad es de 2.5.

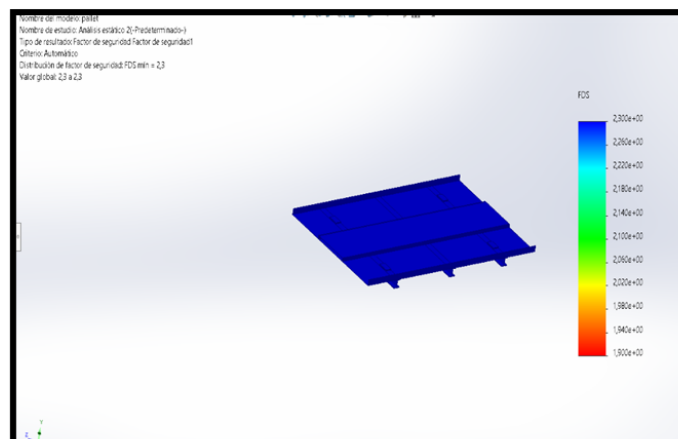


Figura 51. Coeficiente de seguridad

VII-A2. Brazo del pallet: Con los pesos analizados en los pallets, se aplicó la fuerza de manera vertical en los brazos de los pallets mediante los cálculos previamente realizados, donde da un valor de, 8405.96N. Se aplicará esta fuerza a los dos brazos, como se observa en la figura 52.

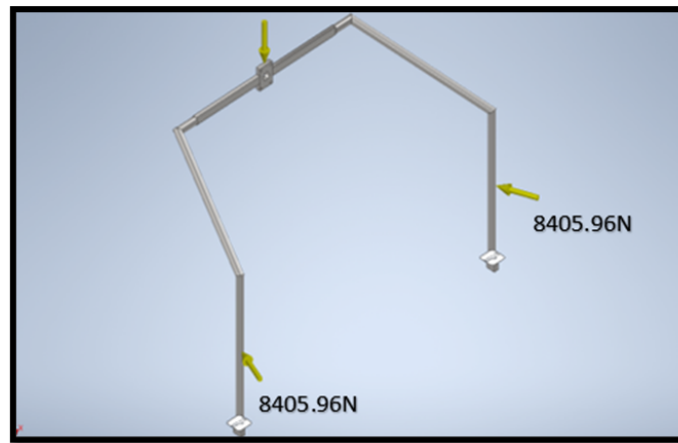


Figura 52. Brazo del pallet

Se realizó el análisis de tensión de von mises para conocer su tensión, obtenido los resultados de una mínima de 0 MPa hasta 22.67 MPa, como se conoce el material seleccionado resiste (250 Mpa) por lo que los brazos del pallet resisten y están aptos para su construcción, como se puede observar en la figura 53.

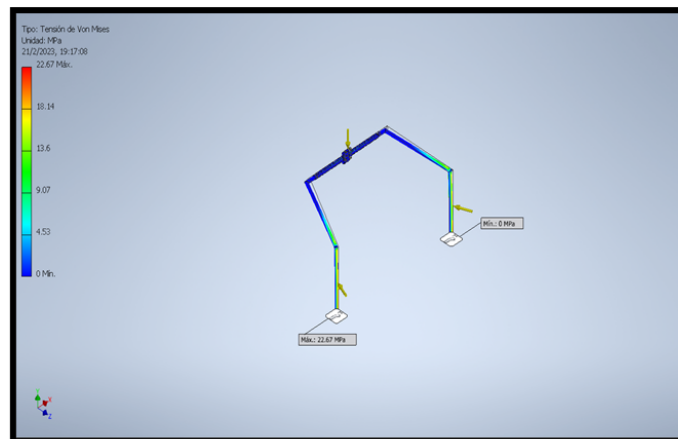


Figura 53. Tensión de Von Mises

Una vez obtenidos los resultados de la tensión de von mises se procede a realizar el análisis de desplazamiento para saber la deformación de los brazos del pallet para conocer la deformación al momento de subir el automóvil a la plataforma, como se puede observar se deforma alrededor de 8mm que es una deformación menor lo que nos indica que los brazos están óptimos para su construcción. Como se observa en la figura 54.

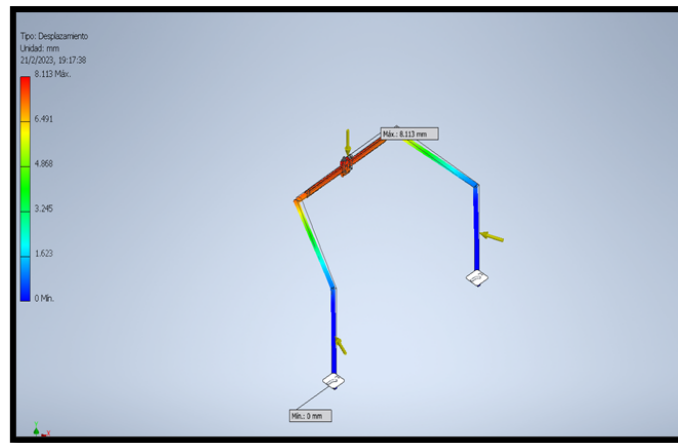


Figura 54. Desplazamiento

Luego se procedió a realizar el análisis del factor de seguridad donde se indicará la resistencia del peso que puede soportar los brazos y estima cuantas veces puede soportarlos dando como resultado 2.5 lo que nos indica que resiste el doble de su peso siendo óptimo para su construcción, como se puede observar en la figura 55.

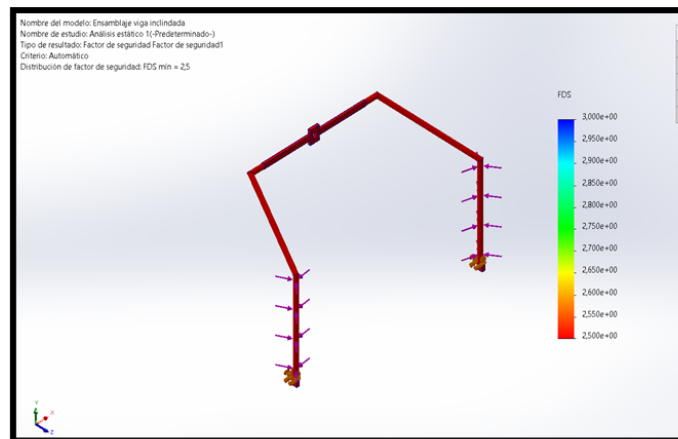


Figura 55. Coeficiente de seguridad

VII-A3. *Barra principal del pallet:* Teniendo en cuenta los resultados anteriores del pallet y brazos, dan como resultado una fuerza de, 2930 kgf. Esta fuerza se lo multiplicará por $9,81m/s^2$, nos da una fuerza de, 28743.3N, donde serán repartidas en ambos extremos de la barra principal como se puede observar en la figura 56.

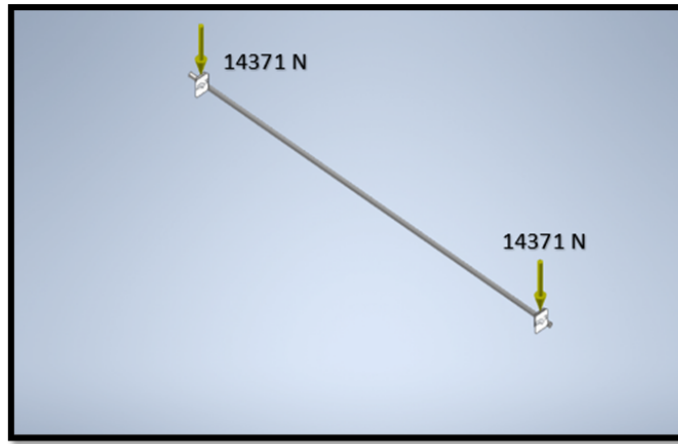


Figura 56. Barra principal del pallet

Como en los análisis anteriores, se analizó la tensión de Von Mises donde, podemos observar que tenemos una máxima tensión de 8 MPa, lo que nos indica que la barra principal si es apta, ya que como conoces nuestra tensión de acero A36 (250MPa), como se puede observar en la siguiente figura 57.

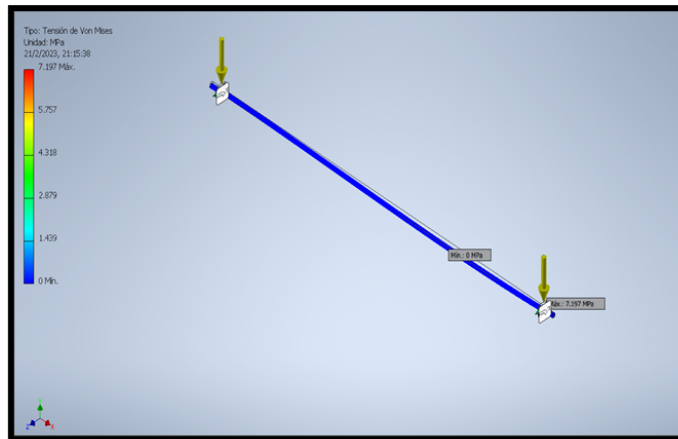


Figura 57. Tensión de Von Mises

Ahora vamos a conocer la deformación en cuanto a el desplazamiento que sufren y como se puede observar es menos de 1 mm, tal como se demuestra en la figura 58.

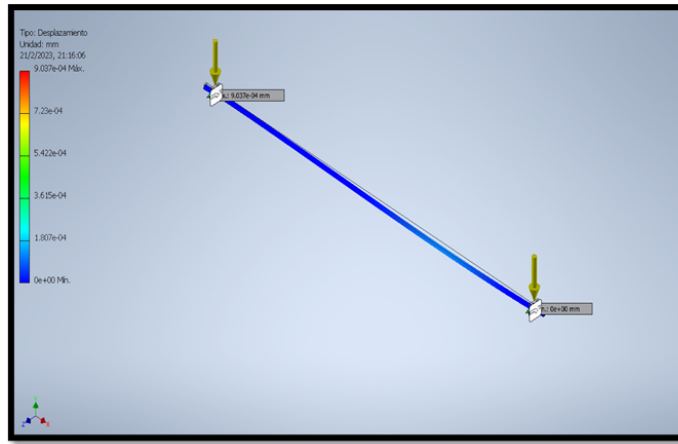


Figura 58. Desplazamiento

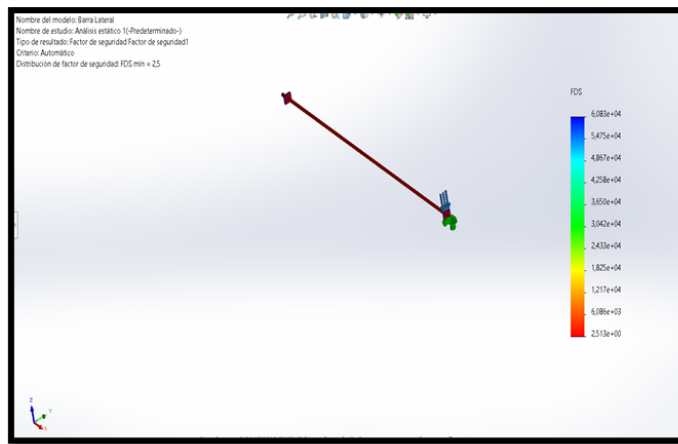


Figura 59. Coeficiente de seguridad

Como se puede observar en la figura 59, la barra puede resistir el doble de su peso, por lo que nos da un coeficiente de seguridad aceptable y apto para su construcción.

VII-A4. Estructura principal: Para calcular el peso que debe soportar la estructura se hizo una estimación de peso sumando las diferentes cargas como: los 8 vehículos, el pallet completo, lo que nos da un total de, 122850.44. En la figura 60 se puede observar el diseño de la estructura.

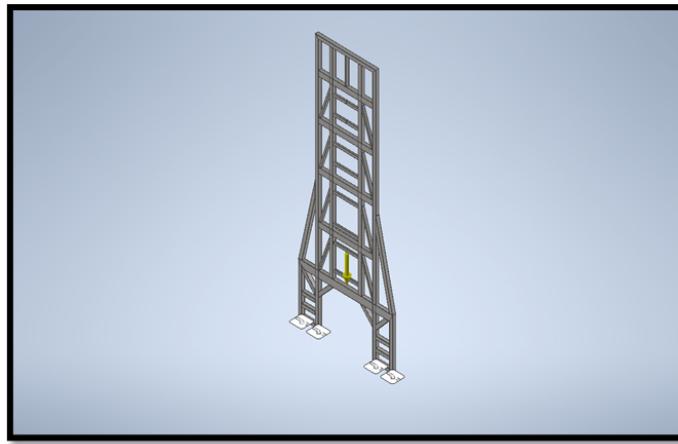


Figura 60. Estructura

En la figura 61, se puede observar el análisis de Von Mises, indica que la tensión es de 197 MPa, lo que es aceptable, ya que la tensión de la estructura soporta 250 MPa, por lo que la estructura principal es apta para su construcción.

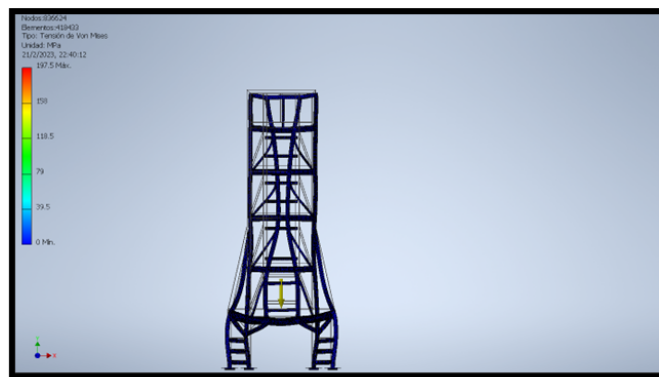


Figura 61. Análisis de Von Mises

La siguiente simulación es el análisis de esfuerzo, donde se puede observar, es de casi 0.5mm, lo que significa que sufre un mínimo desplazamiento en la estructura, indicando que la estructura es apta para la construcción. La simulación de esta se puede observar en la figura 62.

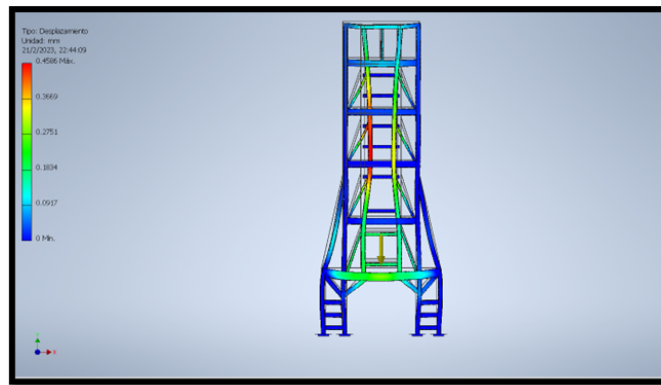


Figura 62. Desplazamiento

VII-A5. *Soporte de Pallet:* Para conocer los esfuerzos que hacen los soportes y cadenas de eslabones al momento de soportar el pallet y darle movimiento se calcula el peso del pallet y del vehículo, que es 7.836 lb y se lo divide para 2 debido a que la carga está compartida en ambos lados de la estructura que soporta al pallet, después se realizaron las simulaciones respectivas donde, como primer análisis se tiene la tensión de Von Mises que indica que si es viable, debido a que si soporta las cargas establecidas. Los análisis se pueden observar en las figuras 63, 64 y 65.

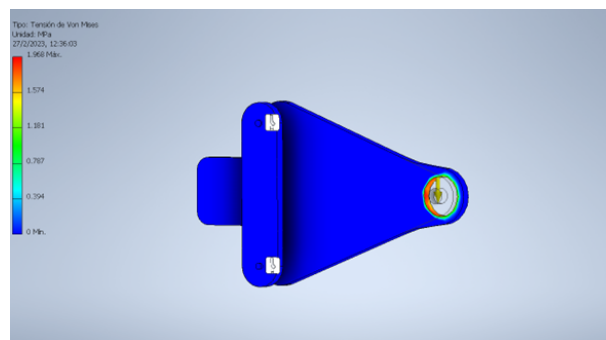


Figura 63. Tensión de Von Mises

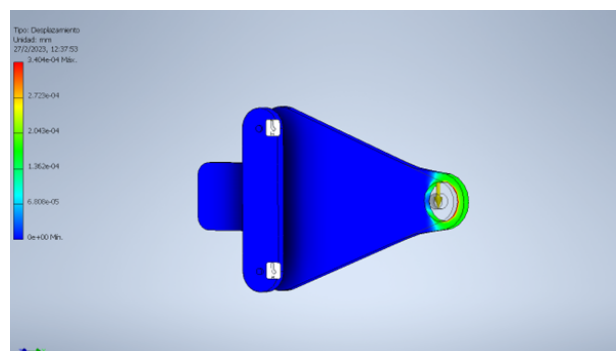


Figura 64. Desplazamiento

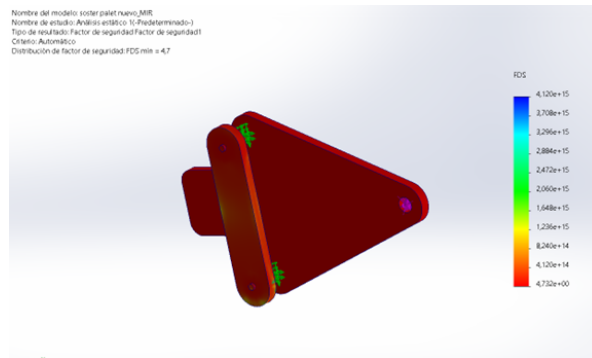


Figura 65. Coeficiente de seguridad

VII-A6. *Eslabón interno*: Para el eslabón interno se le aplicó la misma fuerza que al soporte para poder conocer el esfuerzo que hace al momento de hacer tensión con el soporte y el pallet, además de su eslabón externo arroja un resultado positivo en la tensión de Von Mises como se puede observar, indicando que si se puede realizar su construcción. Los análisis se pueden observar en las figuras 66, 67 y 68.

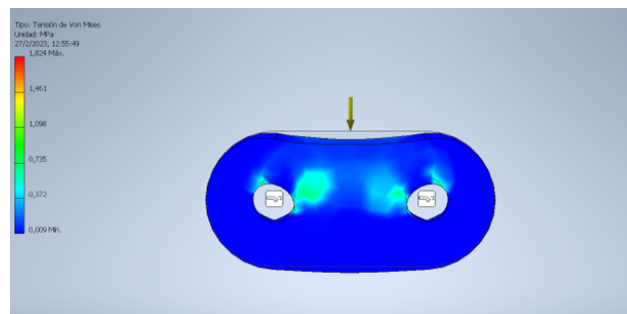


Figura 66. Tensión de Von Mises

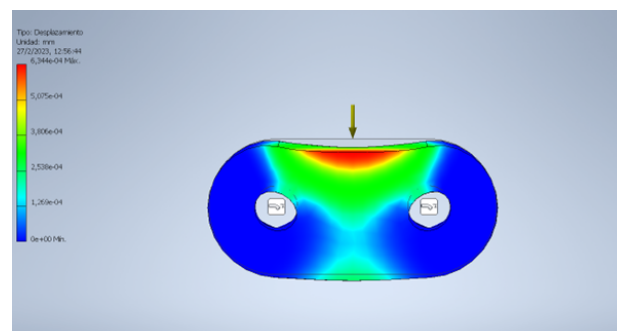


Figura 67. Desplazamiento

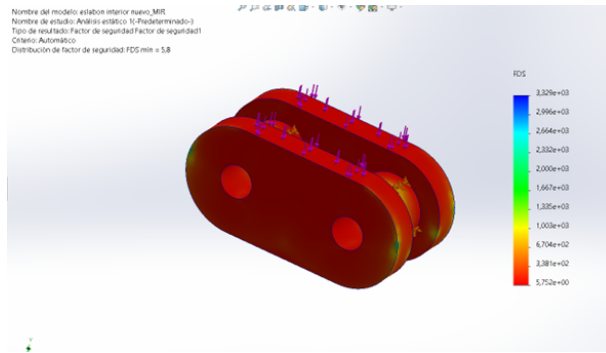


Figura 68. Coeficiente de seguridad

VII-A7. *Eslabón Externo*: Para el eslabón externo se aplicaron los mismos pasos que realizados con el eslabón interno y como se puede observar tiene un comportamiento favorable, lo indica que su diseño es bueno y que puede ser construido sin problemas. Los análisis se pueden observar en las figuras 69, 70 y 71.

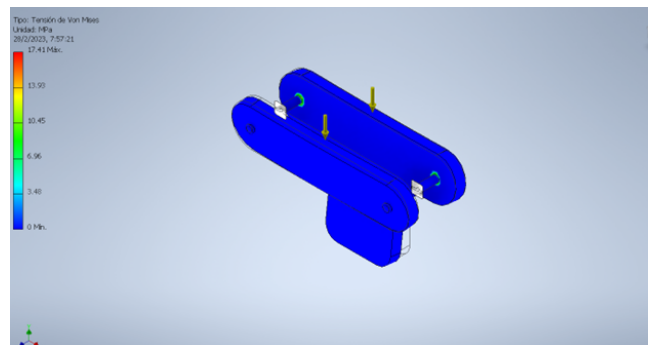


Figura 69. Tensión de Von Mises

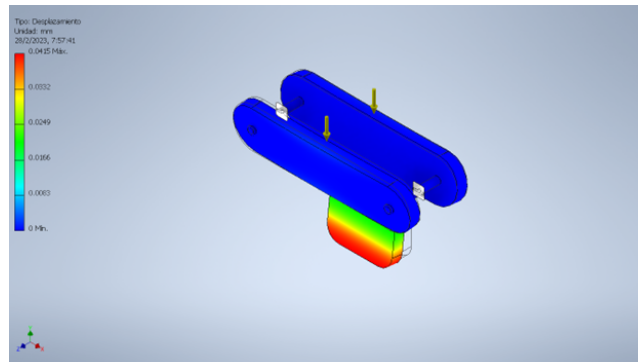


Figura 70. Desplazamientos

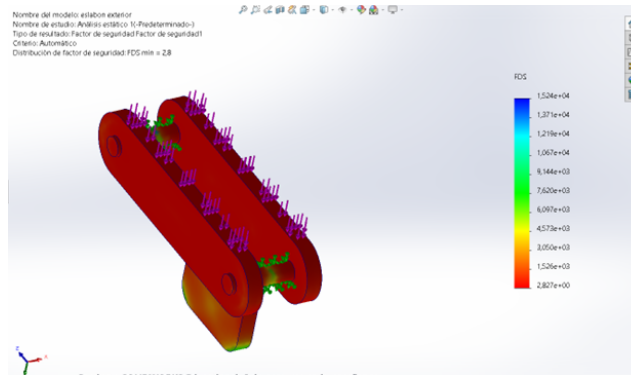


Figura 71. Coeficiente de seguridad

VII-B. Resultados de la construcción del prototipo

- Por medio de los cálculos y análisis de cargas, se concluyó que el diseño del sistema del estacionamiento vertical tipo carrusel, si es viable, ya que este, por medio de los análisis de cargas y tensión mostrados anteriormente, se demostró que la estructura si soporta las cargas establecidas de los 8 pallets con los 8 vehículos, e incluso el sistema puede soportar más de las cargas establecidas, debido a que tienen un coeficiente de seguridad alto.

VII-C. Resultados de construcción prototipo escala del sistema automatizado

Como se puede observar en las simulaciones realizadas, El prototipo cumple con todos los parámetros establecidos, debido a que el estudio está dedicado a zonas de parqueo en la ciudad, la correcta validación de este sistema se aplicará en pruebas reales, gracias a la implementación de este sistema de parqueadero, se puede optimizar en un alto porcentaje en la capacidad de estacionamiento, ocupando poco espacio considerando que se pueden ingresar un total de 7 vehículos, mejorando la cantidad de espacio horizontal para la entrada de más vehículos, y de esa forma evitando el amontonamiento en la ciudad. Pese a que su costo de instalación puede resultar alto, sus beneficios al ser mayores validan la adquisición de estos en las zonas de parqueo, para esto primero se debe realizar un correcto estudio del suelo en donde se aplicará este sistema, el dónde se obtenga las características físicas del terreno, la composición de las capas, su profundidad y así determinar el tipo de cimentación adecuado para construir la obra, tal como se pueden observar en las figuras 72, 73, 74, 75.



Figura 72. Construcción del prototipo



Figura 73. Construcción del prototipo



Figura 74. Construcción del prototipo



Figura 75. Construcción del prototipo

VII-D. Resultados de la programación PLC Y HMI

En la programación del PLC primero Programamos las variables donde vamos a llamar al, encoder, sensor inductivo, marcha, stop, paro de emergencia, motor y demás variables dónde nos ayudara a tener una mejor programación, tal Como se pueden observar en las figuras 76.

Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Access	Write	Visible	Comment
System_Byte	Default tag table	Byte	%M1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FirstScan	Default tag table	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
DiagStatusUpdate	Default tag table	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
AlwaysTRUE	Default tag table	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
AlwaysFALSE	Default tag table	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_Byte	Default tag table	Byte	%M0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_10Hz	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_5Hz	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_2.5Hz	Default tag table	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_2Hz	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_1.25Hz	Default tag table	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_1Hz	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_0.625Hz	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_0.5Hz	Default tag table	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
In Encoder A	Default tag table	Bool	%E0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
In Encoder B	Default tag table	Bool	%E0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Marche Sistema	Default tag table	Bool	%E0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Paro Sistema	Default tag table	Bool	%E0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Paro Emergencia	Default tag table	Bool	%E0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sensor Inductivo	Default tag table	Bool	%E0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Falla Drive	Default tag table	Bool	%E0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Run Drive Contactor	Default tag table	Bool	%E0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Marche Drive DER	Default tag table	Bool	%A0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Velocidad Drive	Default tag table	Word	%W0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Halt Sistema	Default tag table	Bool	%M0.9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Encoder 1	Default tag table	Dint	%ED1000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Transf_Encoder	Default tag table	Dint	%MD4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_2	Default tag table	Word	%M8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Dato de suma de veces por valor alcanzado
Tag_3	Default tag table	Bool	%A0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Marche Drive IQZ	Default tag table	Bool	%A0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_1	Default tag table	Bool	%M1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_4	Default tag table	Bool	%M4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_5	Default tag table	Bool	%M22.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_6	Default tag table	Bool	%M2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
...

Figura 76. Tabla de variables

En la programación en el PLC V17, las variables ya mencionadas cumplen la siguiente función.

- El encoder es un dispositivo que se utiliza para medir la velocidad y la posición de rotación de un eje. En tu estacionamiento vertical rotatorio, el encoder se monta en el eje que gira para mover los vehículos. Cuando el eje gira, el encoder detecta su movimiento y envía señales eléctricas al controlador de la estación vertical rotatoria para informarle sobre la posición actual del eje. Esto permite al controlador saber en qué posición se encuentra cada vehículo y en qué momento debe detener o mover el eje para que los vehículos se muevan a la posición correcta.
- El sensor inductivo es un dispositivo que se utiliza para detectar la presencia de objetos metálicos cerca de él. En tu estacionamiento vertical rotatorio, el sensor inductivo se coloca en una posición estratégica para detectar la presencia de cada vehículo mientras se mueve hacia arriba o hacia abajo. Cuando un vehículo se encuentra cerca del sensor inductivo, este detecta su presencia y envía una señal eléctrica al controlador de la estación vertical rotatoria para informarle sobre la presencia del vehículo. Esto permite al controlador detener o mover el eje para evitar colisiones entre los vehículos y garantizar una operación segura del estacionamiento vertical rotatorio.
- Marcha: La función de la marcha es hacer que el motor del estacionamiento vertical rotatorio comience a girar para mover los vehículos hacia arriba o hacia abajo. Al activar la marcha, se le suministra energía eléctrica al motor, lo que hace que comience a girar el eje. La velocidad a la que gira el eje puede ser controlada por un variador de frecuencia, que regula la cantidad de energía que se suministra al motor.
- Stop: La función del stop es detener el movimiento del eje y, por lo tanto, detener la rotación del motor. El stop se activa al detener el suministro de energía eléctrica al motor del estacionamiento vertical rotatorio. Al detener el movimiento del motor, se detiene también el movimiento de los vehículos, lo que permite a las personas subir o bajar de ellos con seguridad.
- Paro de emergencia: Es una función que se utiliza en caso de emergencia, como un fallo en el sistema o un peligro inminente. Al activar el paro de emergencia, se corta inmediatamente el suministro de energía eléctrica al motor, lo que detiene el movimiento de los vehículos. El paro de emergencia se implementa mediante un botón o interruptor de color rojo y se encuentra en una ubicación fácilmente accesible en caso de necesidad. Esta función es esencial para garantizar la seguridad de las personas y los vehículos que utilizan el estacionamiento vertical rotatorio, tal como se pueden observar en las figuras 77, 78, 79.

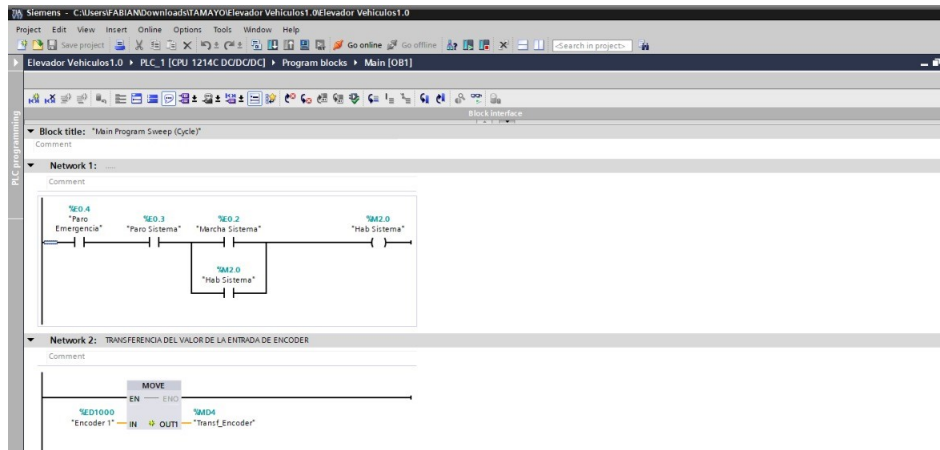


Figura 77. Programación en Tia Portal

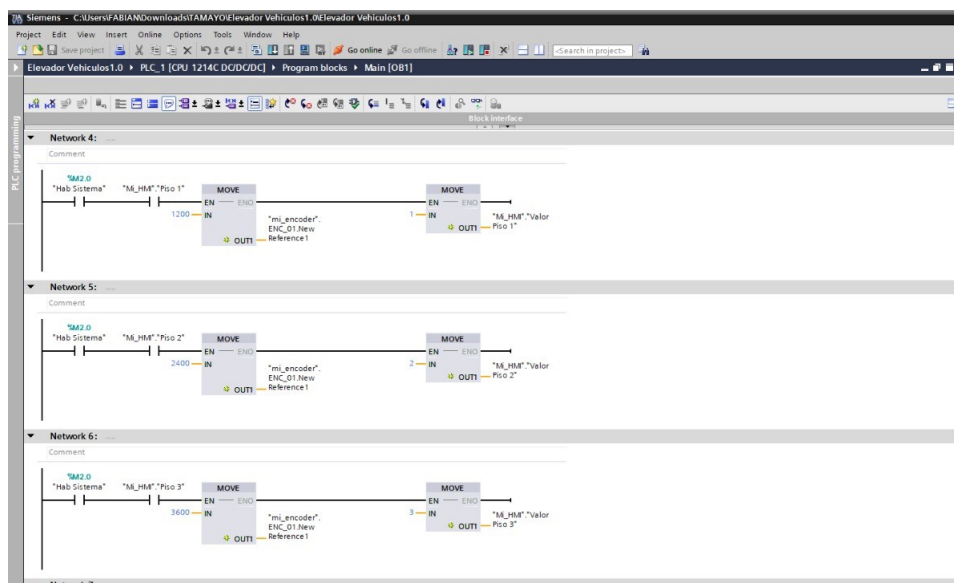


Figura 78. Programación en Tia Portal

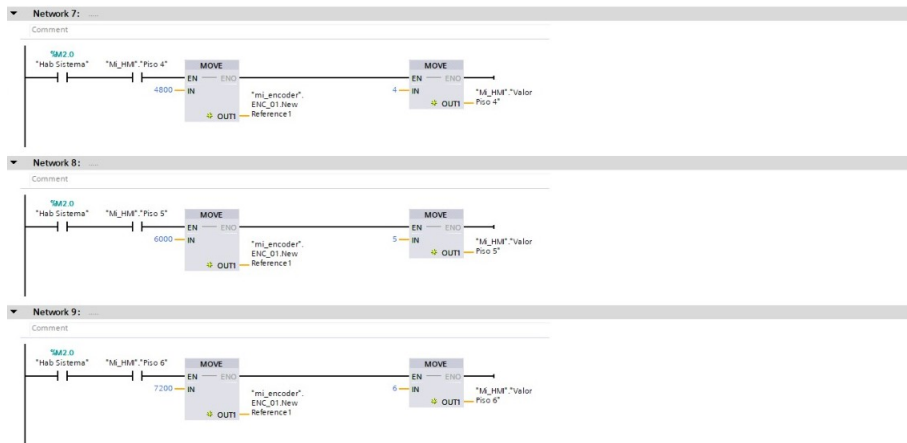


Figura 79. Programación en Tia Portal

Y por último, en el HMI se diseñó de tal forma que el usuario pueda observar en que piso se encuentra su vehículo, además de tener dos pulsadores de marcha y Paro, tal como se puede observar en la figura 80.

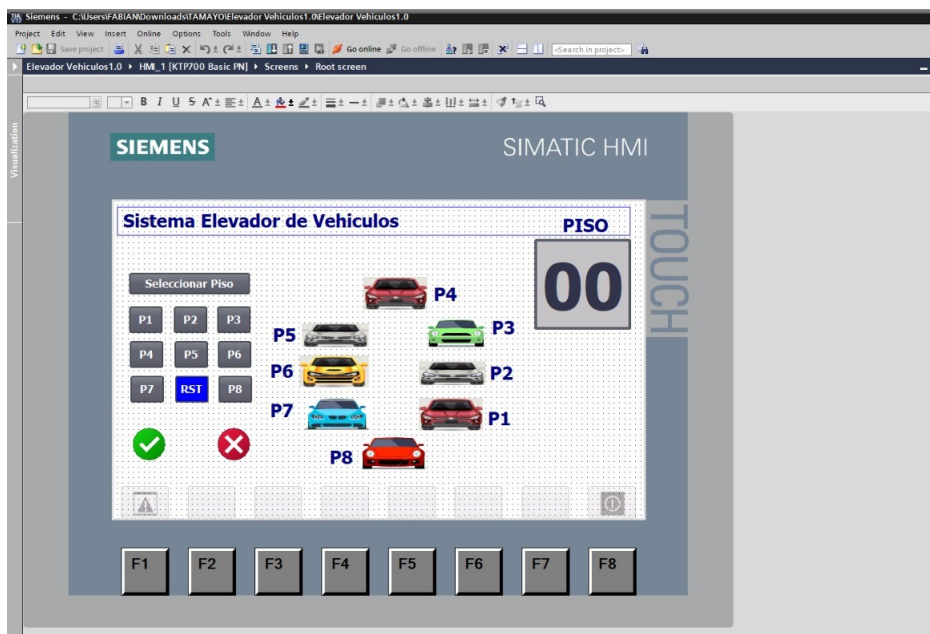


Figura 80. Diseño en HMI

VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE TESIS																						
OBJETIVOS	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				Horas
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	
Investigar el estado del arte de los estacionamientos parecidos y las soluciones implementadas.	Investigar que mejoras se fueron haciendo con respecto al diseño original																					
	revisar como se automatizo a lo largo del tiempo y que mejoras se le puede hacer aun																					
Desarrollar el diseño del sistema mecánico para el estacionamiento tipo carusel.	Hacer un estudio sobre la capacidad maxima que puede soportar la estructura, cargas vivas y muertas																					
	Diseñar la base de la estructura y realizar los calculos correspondientes																					
Validar el funcionamiento del sistema mediante pruebas simuladas.	Resultado la simulación de fuerza para la base de la estructura																					
	Resultado la simulación de fuerza para la los soportes																					
Construir el prototipo escala del sistema automatizado.	Indagar con respecto a los materiales que sean los adecuadas																					
	Se realizan las primeras pruebas para observar como se ve el prototipo																					
Diseñar la lógica de control utilizando un controlador lógico programable y un HMI	Implementar el desarrollo automatizado con PLC y HMI																					
	Programación en el software TIA PORTAL V16																					
	Programación de la pantalla HMI																					
	Comprobar la conexión entre TIA PORTAL Y HMI																					

Figura 81. Cronograma de actividades

IX. PRESUPUESTO

<i>Presupuesto</i>				
Clasificación	Descripción	Unidades	Precio unitario	Total
1	Estructura base	2	\$ 150,00	\$ 300,00
2	Transmision	3	\$ 350,00	\$ 1.050,00
3	motor	1	\$ 200,00	\$ 200,00
4	pallets	8	\$ 20,00	\$ 160,00
5	variador de frecuencia	1	\$ 200,00	\$ 200,00
6	brekes	4	\$ 20,00	\$ 80,00
7	borneras	10	\$ 3,00	\$ 30,00
8	base de instalacion electrica	1	\$ 85,00	\$ 85,00
9	soporte de instalacion electrica	1	\$ 80,00	\$ 80,00
10	matrimonio	1	\$ 20,00	\$ 20,00
11	Relay	2	\$ 12,00	\$ 24,00
12	Laptop	2	\$ 1.000,00	\$ 2.000,00
13	Mano de obra	2	\$ 150,00	\$ 300,00
14	Cables	40	\$ 10,00	\$ 400,00
15	Herramientas	5	\$ 10,00	\$ 50,00
			Total final	\$ 4.979,00

Figura 82. Presupuesto

X. CONCLUSIONES

- El estacionamiento vertical rotatorio de 8 vehículos es una solución eficiente para maximizar el espacio de estacionamiento en áreas urbanas donde el espacio es limitado, ya que no solo puede estar destinado para la universidad, también puede ser destinado para la parte céntrica de la ciudad que no se abastece para el parqueo de autos especialmente en días festivos.
- Este tipo de estacionamiento puede ahorrar tiempo y esfuerzo para los conductores, ya que no necesitan buscar un espacio libre para estacionar su vehículo.
- El sistema rotatorio permite un fácil acceso y salida del estacionamiento, ya que los vehículos están dispuestos en un círculo y se pueden mover para llegar al que se desea.
- Dependiendo de la ubicación y el uso previsto, el costo de implementar un estacionamiento vertical rotatorio de 8 vehículos puede variar significativamente. Es necesario evaluar cuidadosamente los costos y beneficios antes de decidir si es la solución adecuada para un determinado proyecto o sitio.
- En la parte de simulación nos ayudó mucho para verificar que los cálculos que realizamos para los diseños, donde la simulación fue favorable y pudimos constatar que la resistencia, deformación y coeficiente de seguridad son óptimas.
- La lógica de control se realizó para que la interfaz entre la máquina-Hombre sea amigable, por lo cual se realizó de tal forma que su manipulación al momento de seleccionar cualquier pallet sea la sencilla y se pueda observar.

XI. RECOMENDACIONES

- Se propone contar con una estrategia de mantenimiento de los estacionamientos verticales, principalmente en la lubricación del sistema de transmisión, porque tienen la capacidad de producir fricciones en los engranajes que crean pequeños depósitos y se desgastan los engranajes, adicionalmente esto asegura la vida útil efectiva del estacionamiento.
- Se recomienda comprar las piezas correctas y con la normativa adecuada para la seguridad de los usuarios, ya que al no usarse de la manera correcta puede recurrir al fallo del sistema.
- En el caso de que el usuario o dueño del vehículo sea el que manipule el estacionamiento, se recomienda una breve capacitación por el conocimiento del funcionamiento del sistema.
- En el caso de aumentar los espacios de los vehículos, se recomienda recalculer los diseños de la estructura, además de los factores de seguridad, ya que se exige como mínimo un factor de seguridad de 2 para brindar seguridad a los vehículos. En el caso de aumentar los espacios de los vehículos, se recomienda recalculer los diseños de la estructura, además de los factores de seguridad, ya que se exige como mínimo un factor de seguridad de 2 para brindar seguridad a los vehículos.
- Es importante tener en cuenta que el mantenimiento adecuado del sistema es esencial para garantizar su durabilidad y seguridad. También se deben tomar precauciones de seguridad al usar este tipo de estacionamiento.

XII. ANEXOS

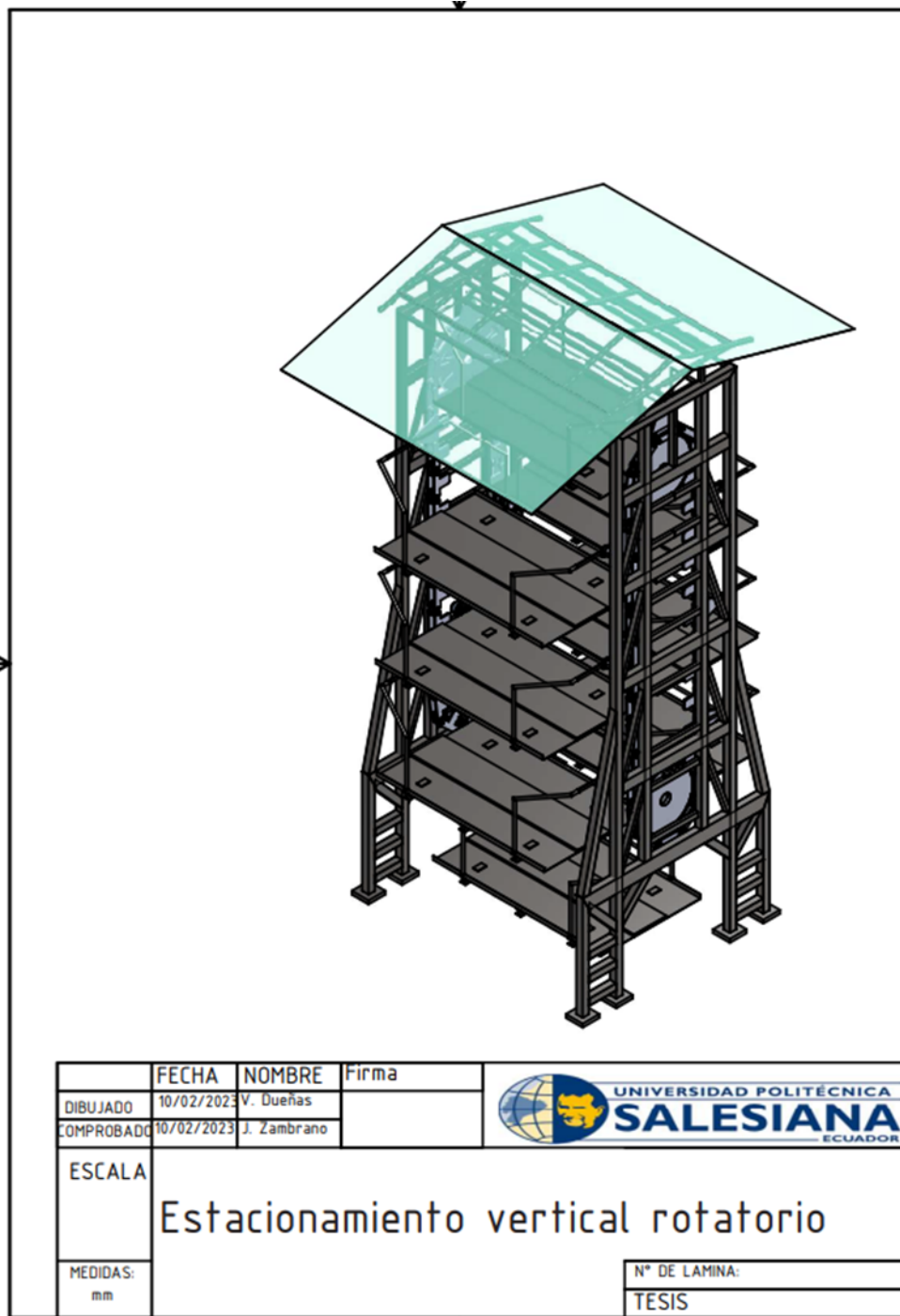


Figura 83. Estacionamiento Vertical rotatorio

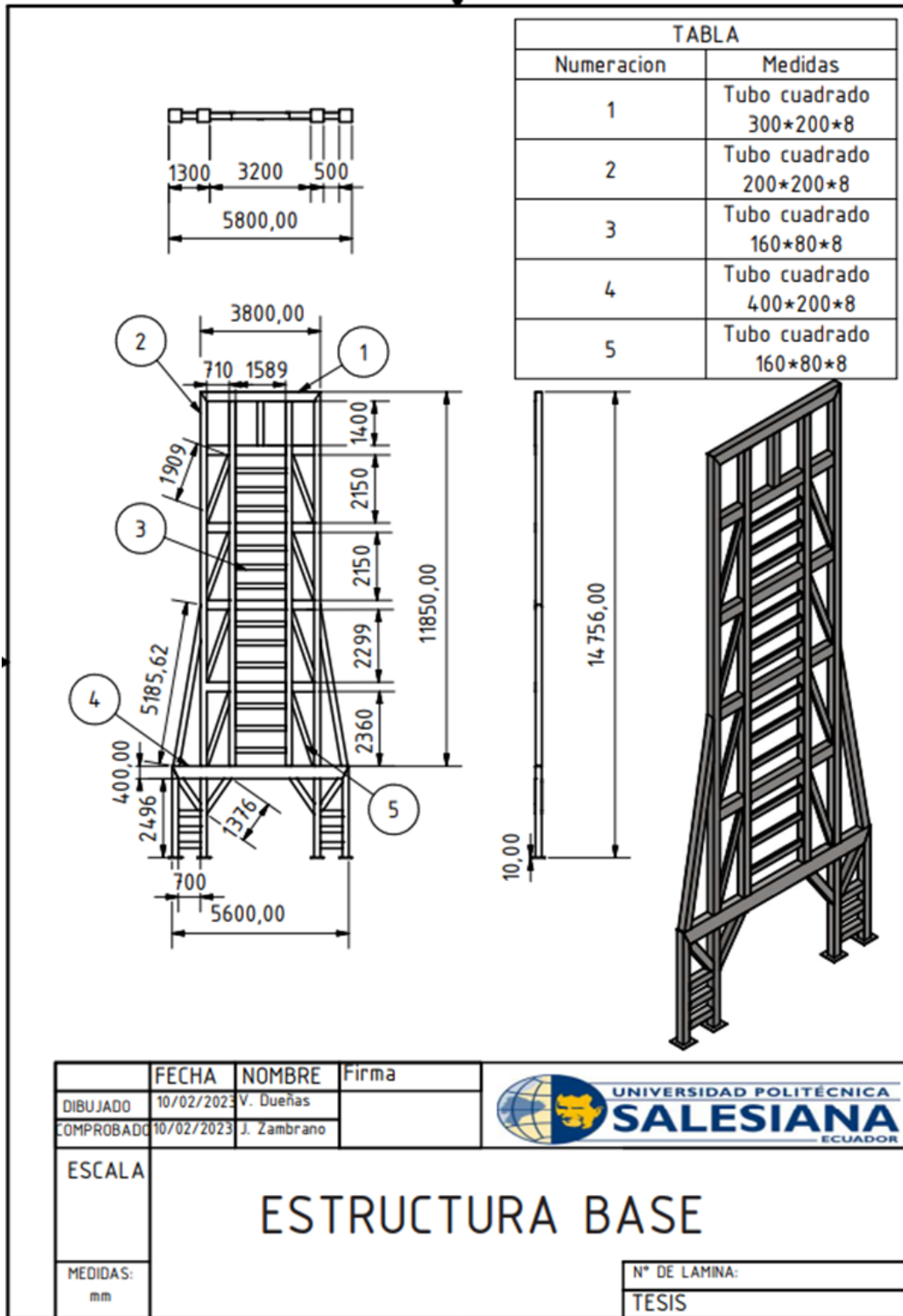
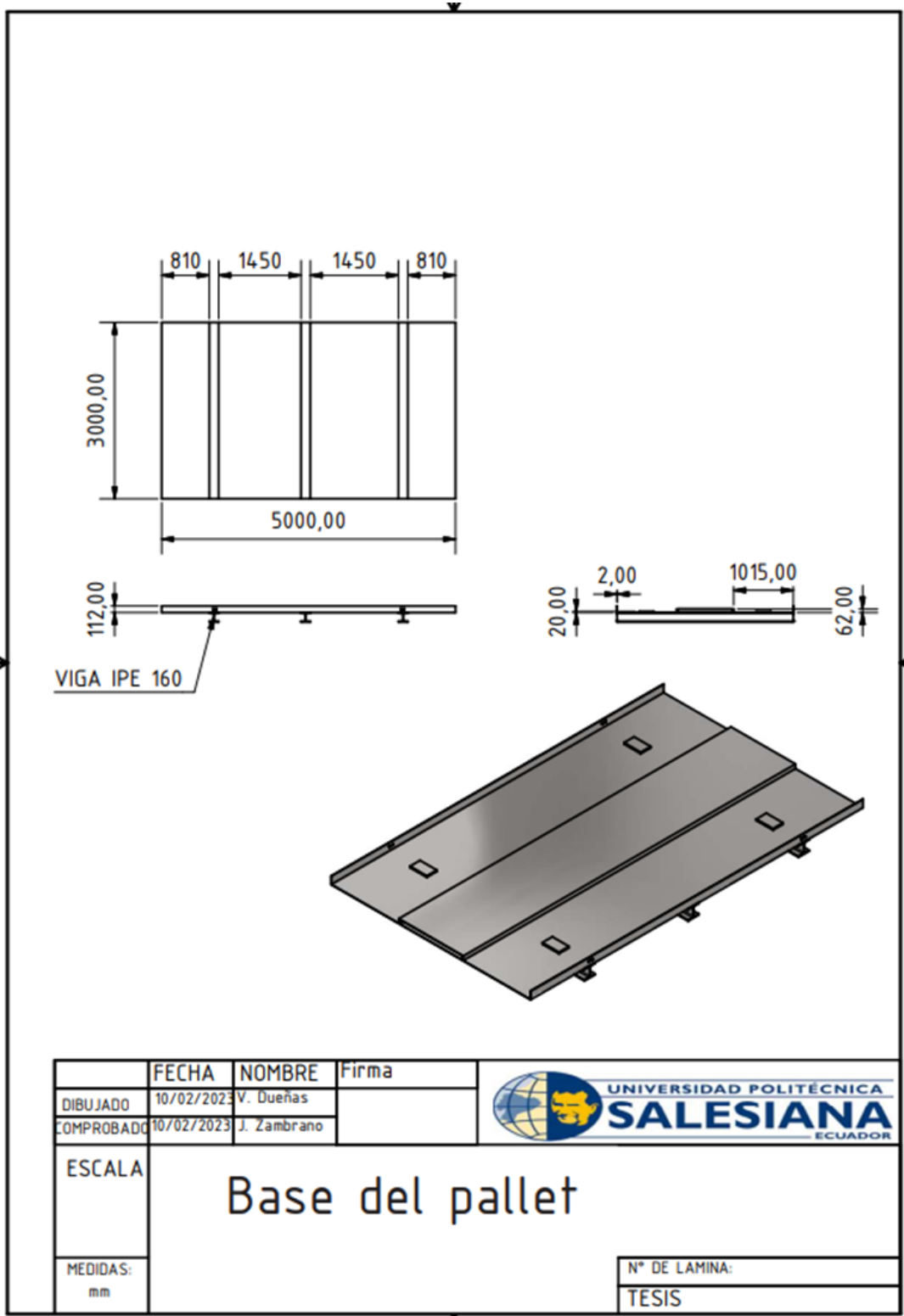


Figura 84. Base de estructura



	FECHA	NOMBRE	Firma
DIBUJADO	10/02/2023	V. Dueñas	
COMPROBADO	10/02/2023	J. Zambrano	
ESCALA	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  </div> <h2 style="margin: 0;">Base del pallet</h2>		
MEDIDAS: mm			
	N° DE LAMINA:		
	TESIS		

Figura 85. Base del pallet

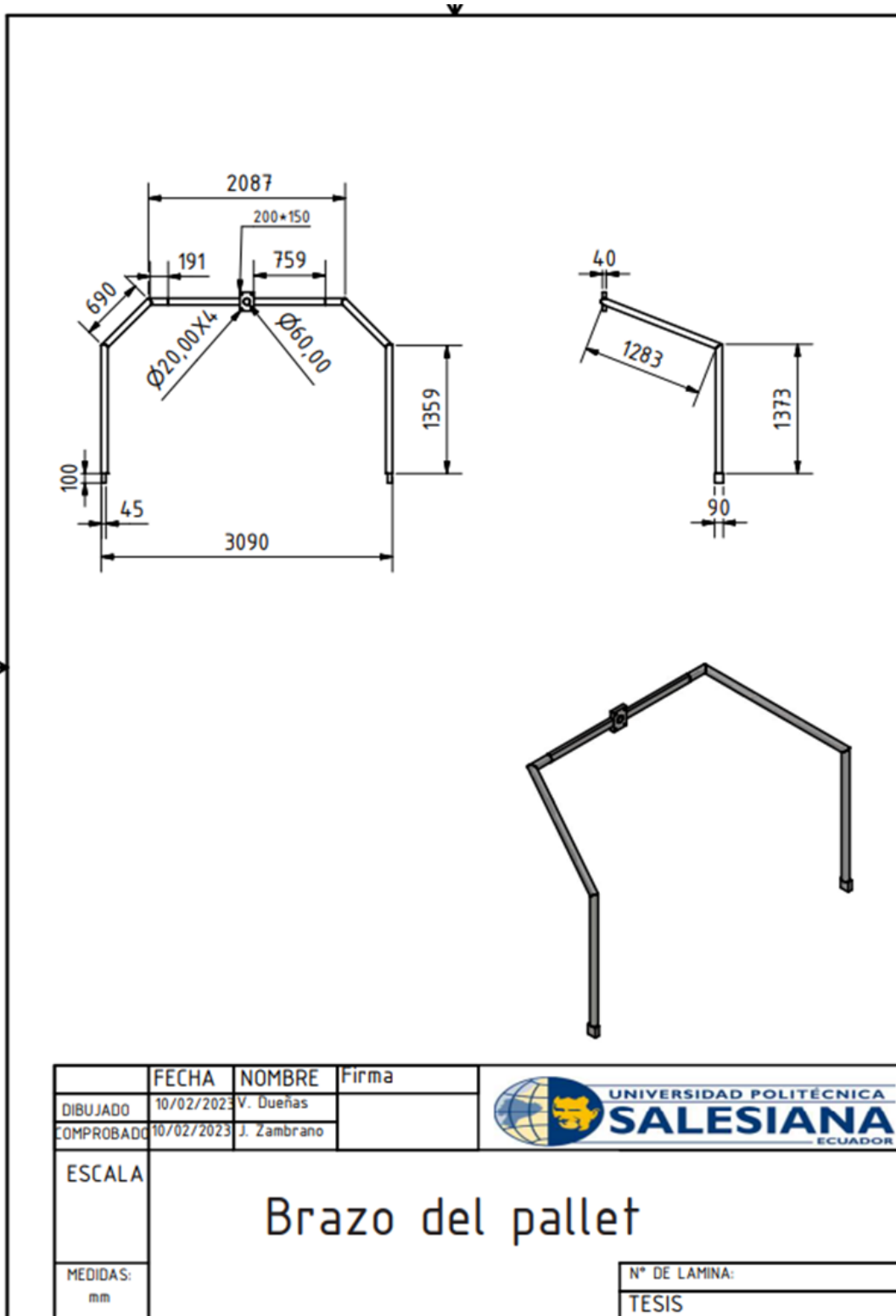


Figura 86. Brazos del pallet

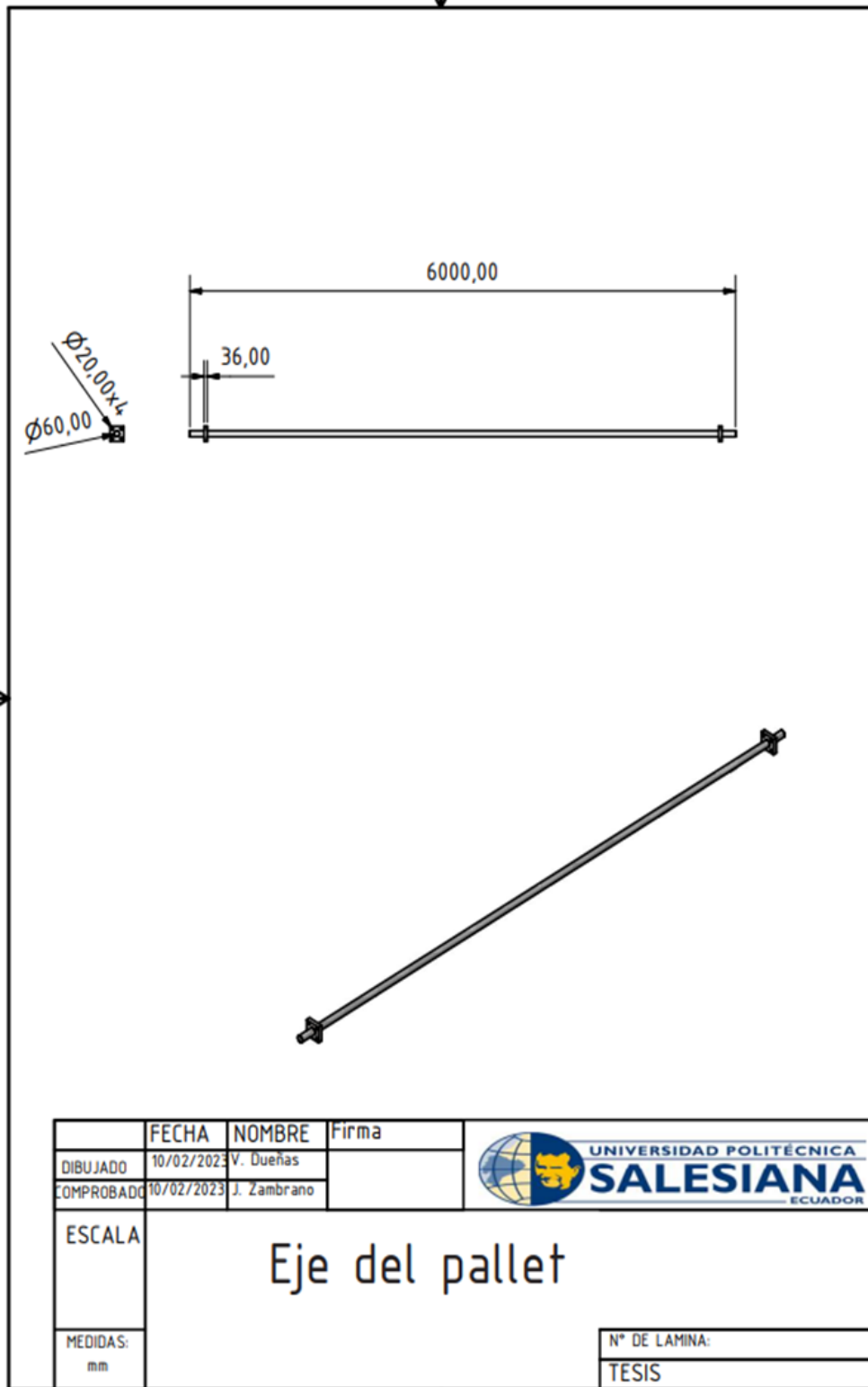


Figura 87. Eje del Pallet

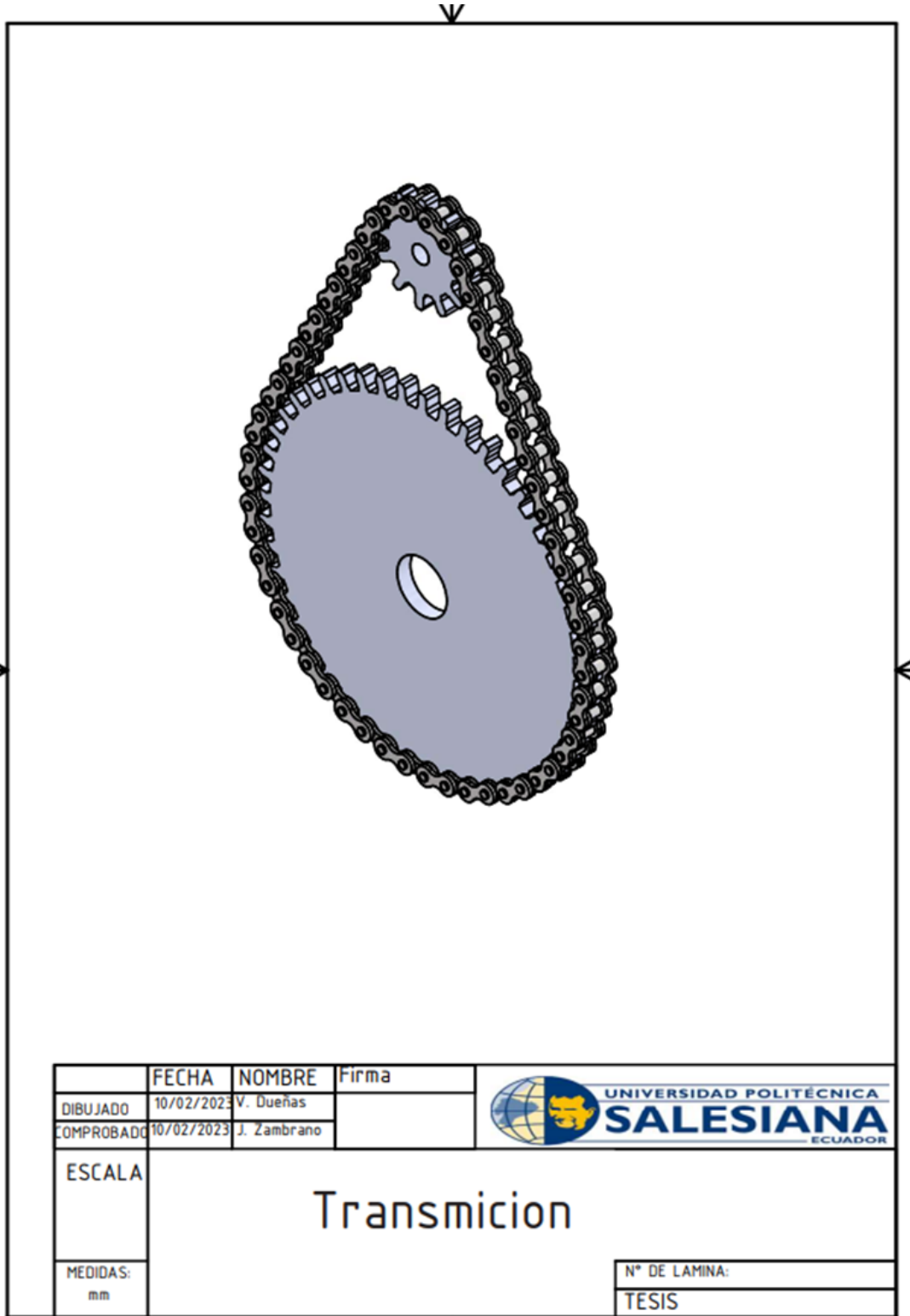


Figura 88. Transición

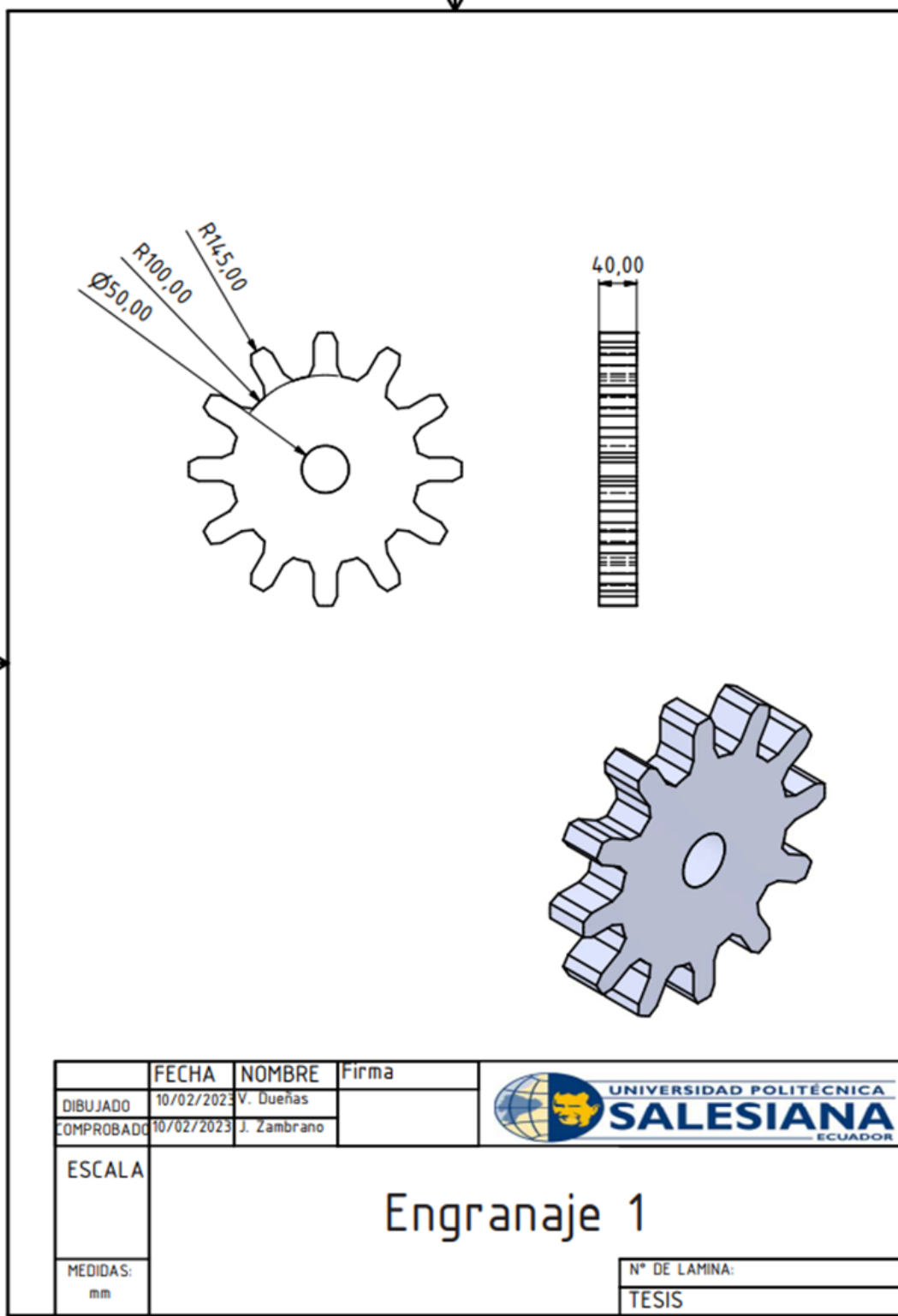


Figura 89. Engranaje 1

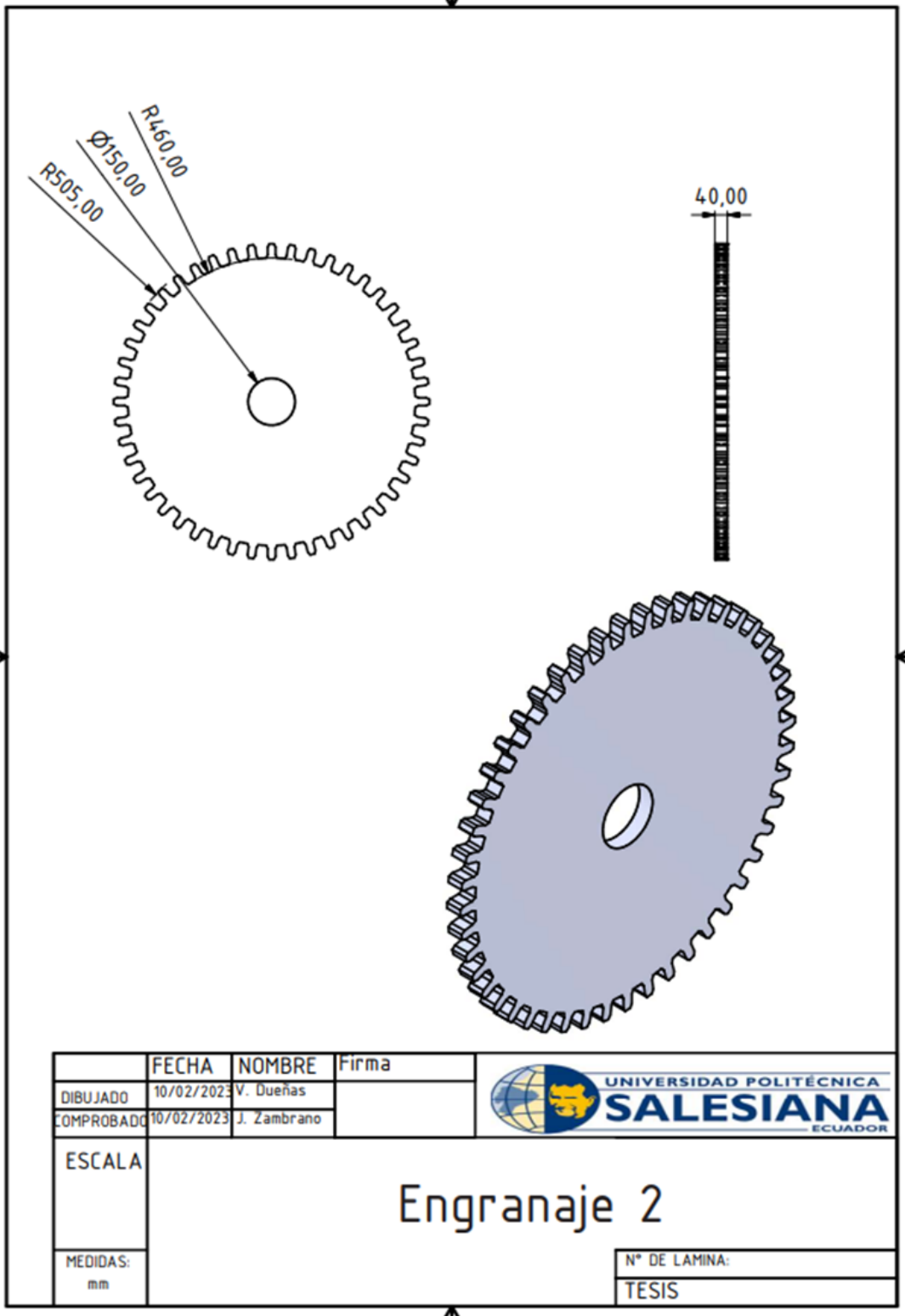


Figura 90. Engranaje 2

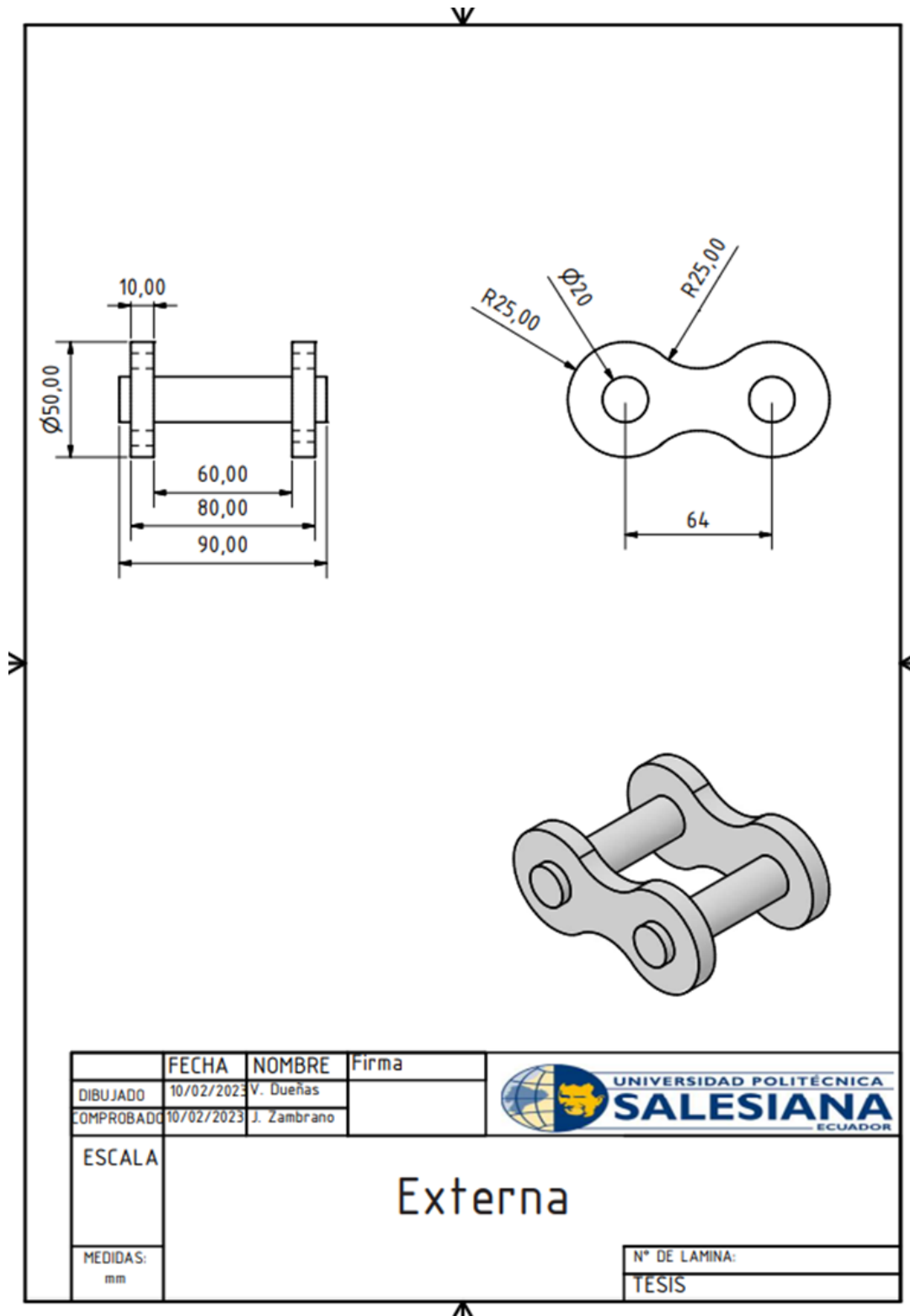


Figura 91. Cadena parte externa

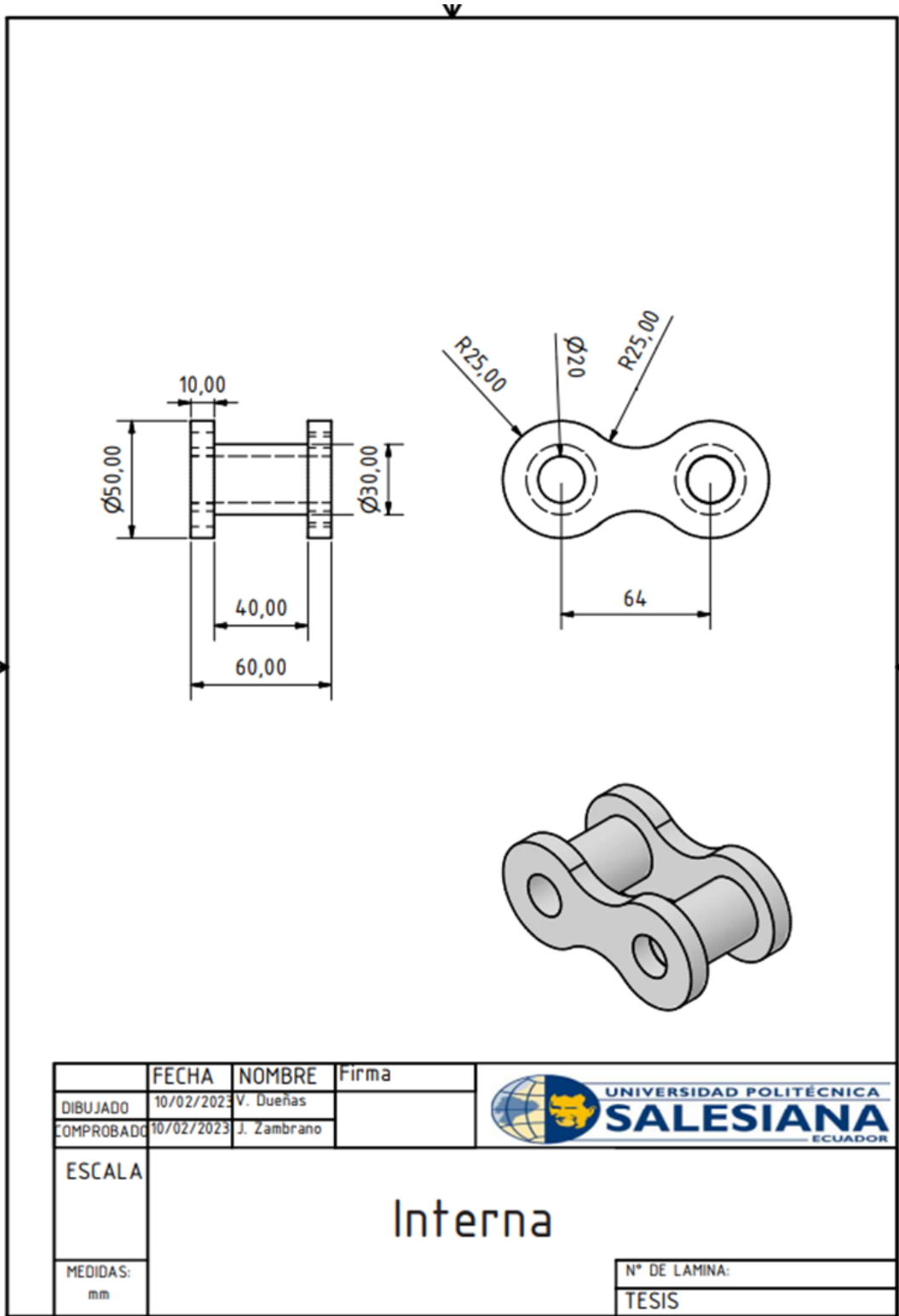


Figura 92. Cadena parte interna

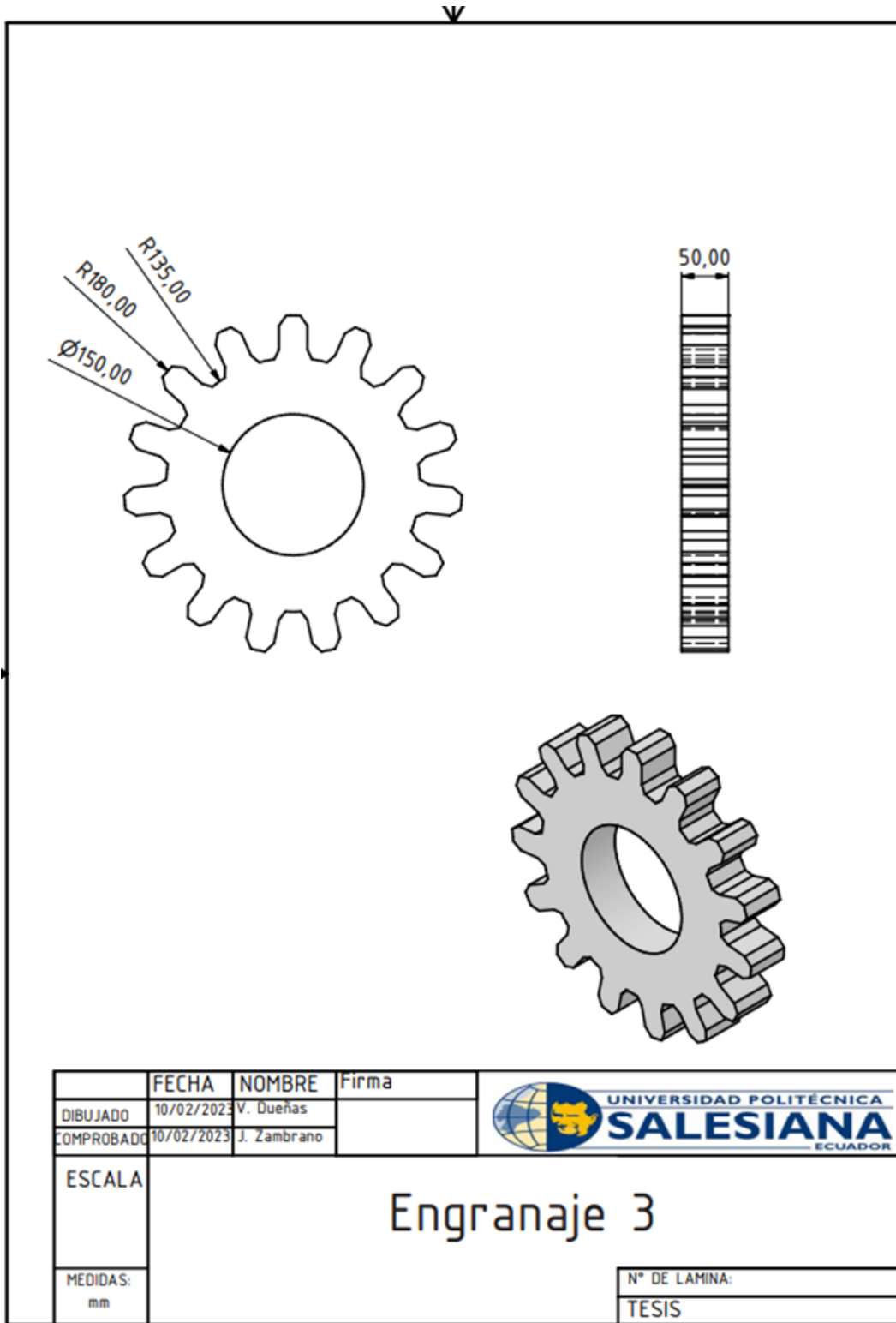


Figura 93. Engranaje 3

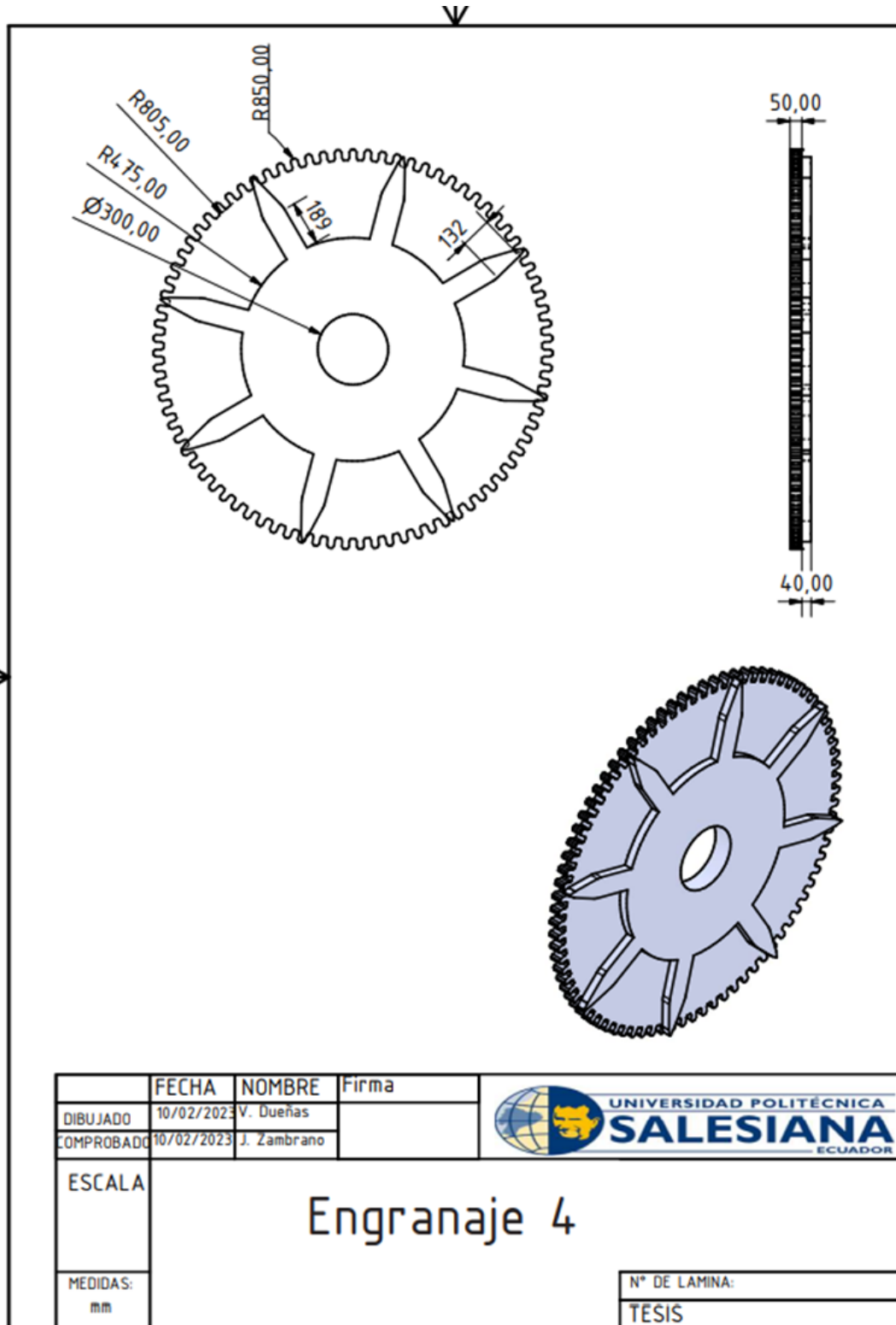


Figura 94. Engranaje 4

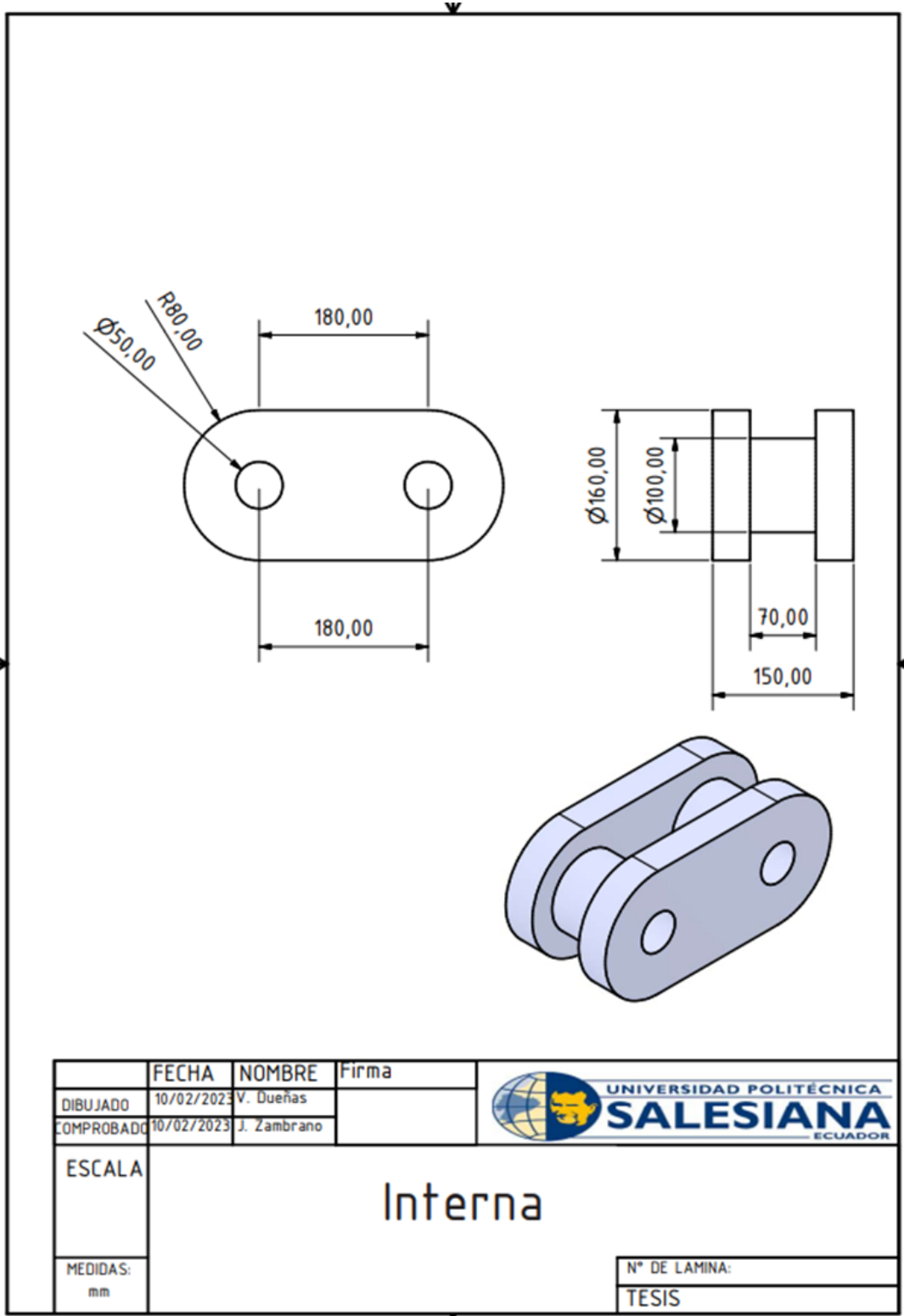


Figura 95. Eslabón interno

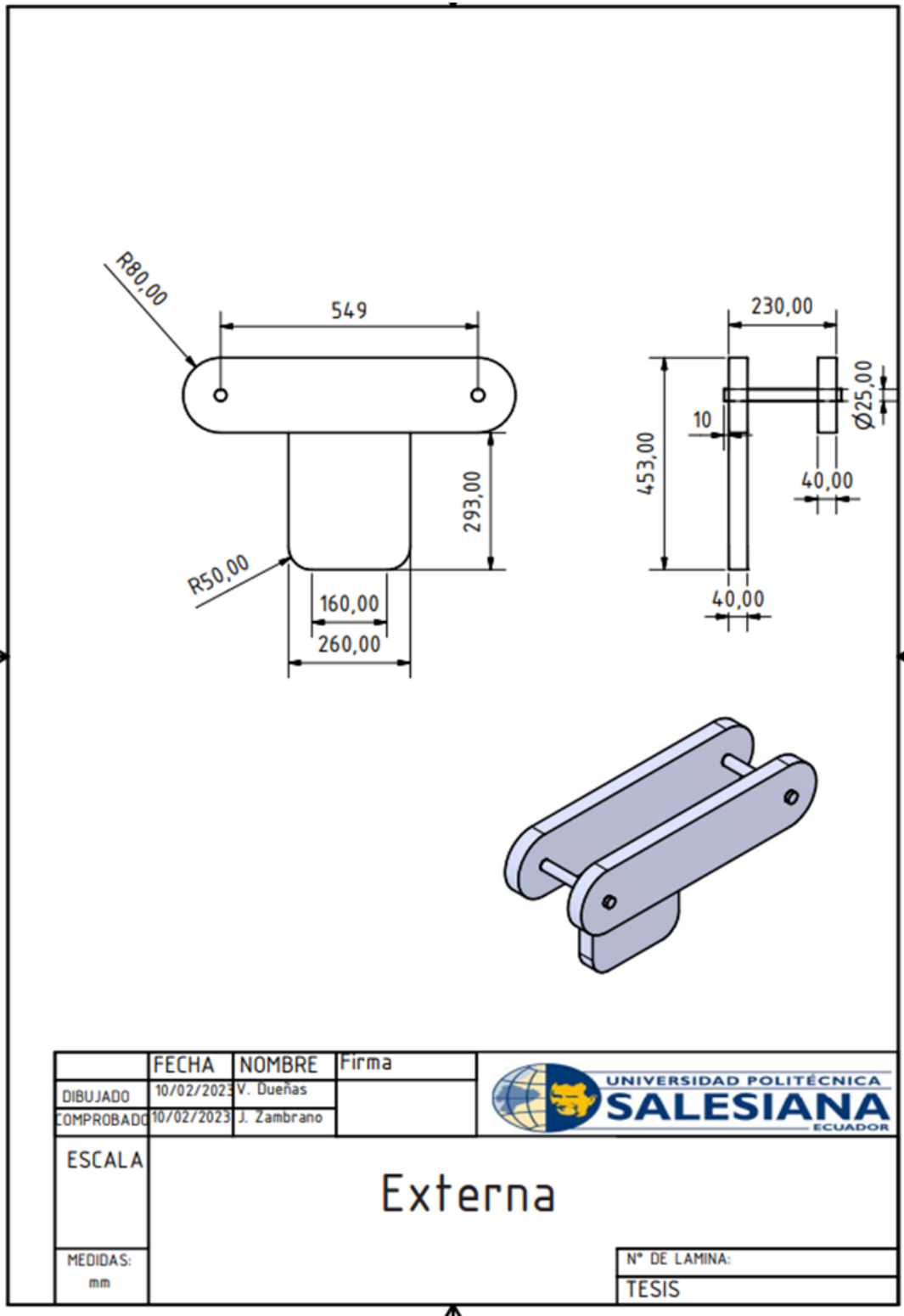


Figura 96. Eslabón externo

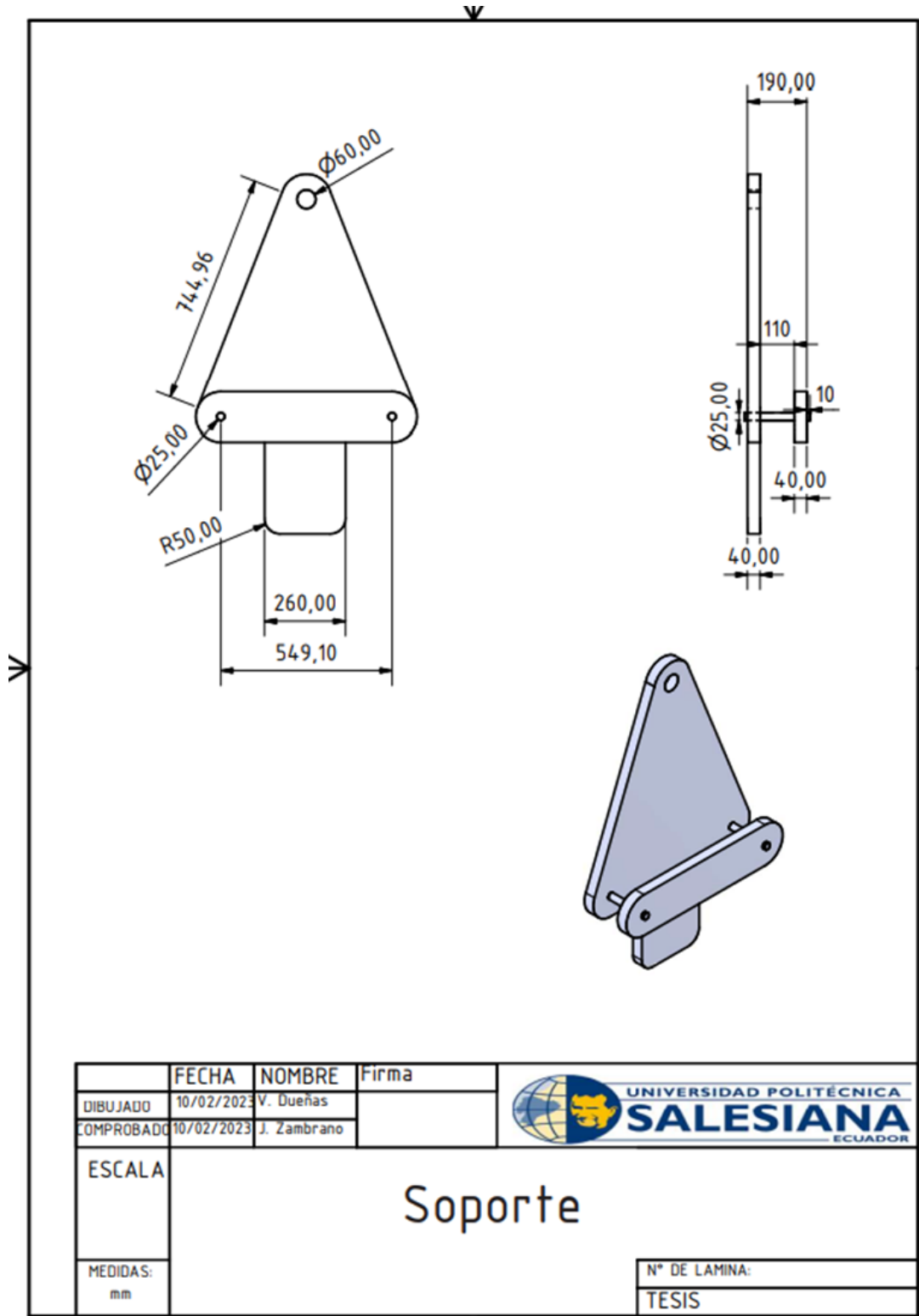
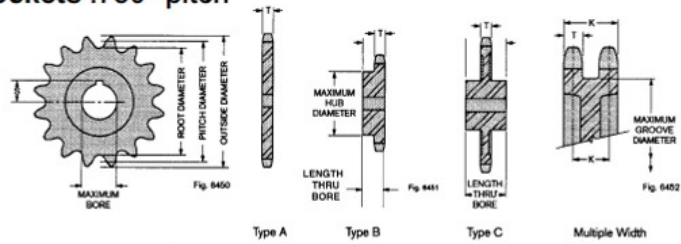


Figura 97. Soporte de pallet

No. 60 sprockets .750" pitch



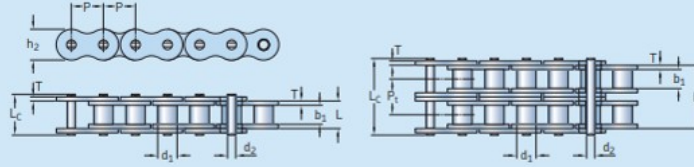
Dimensions

Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Maximum hub and groove diameter, inches	Maximum bore with standard keyseat, inches ▲	S max., inches	Type A				Type B				Type C				Multiple Width			
							Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ
8	1.960	1.491	2.261	1.03	.625	.406	46	10.990	10.522	11.414	84	20.058	19.589	20.495								
9	2.193	1.724	2.510	1.28	.875	.531	47	11.229	10.760	11.654	85	20.297	19.828	20.733								
10	2.427	1.958	2.759	1.52	1.000	.625	48	11.467	10.999	11.893	86	20.536	20.067	20.972								
11	2.662	2.193	3.005	1.77	1.250	.750	49	11.706	11.237	12.132	87	20.774	20.305	21.211								
12	2.898	2.429	3.249	2.02	1.344	.828	50	11.945	11.476	12.371	88	21.013	20.544	21.449								
13	3.134	2.665	3.493	2.25	1.500	.938	51	12.183	11.714	12.610	89	21.252	20.783	21.689								
14	3.371	2.902	3.737	2.50	1.750	1.063	52	12.422	11.953	12.849	90	21.490	21.021	21.927								
15	3.607	3.139	3.979	2.75	1.938	1.219	53	12.660	12.192	13.088	91	21.729	21.260	22.166								
16	3.844	3.376	4.220	2.98	2.125	1.313	54	12.899	12.430	13.327	92	21.968	21.499	22.405								
17	4.082	3.613	4.463	3.22	2.313	1.469	55	13.137	12.669	13.566	93	22.206	21.737	22.643								
18	4.319	3.850	4.703	3.47	2.500	1.563	56	13.376	12.907	13.805	94	22.445	21.976	22.883								
19	4.557	4.088	4.945	3.70	2.688	1.656	57	13.615	13.146	14.044	95	22.683	22.214	23.121								
20	4.794	4.326	5.186	3.95	2.813	1.719	58	13.853	13.385	14.283	96	22.922	22.453	23.360								
21	5.032	4.563	5.426	4.19	3.063	1.906	59	14.092	13.623	14.522	97	23.161	22.692	23.599								
22	5.270	4.801	5.666	4.44	3.250	2.000	60	14.331	13.862	14.761	98	23.400	22.931	23.837								
23	5.508	5.039	5.906	4.67	3.438	2.156	61	14.569	14.100	15.000	99	23.638	23.169	24.077								
24	5.746	5.277	6.147	4.91	3.625	2.250	62	14.808	14.339	15.239	100	23.877	23.408	24.315								
25	5.984	5.515	6.387	5.16	3.750	2.313	63	15.046	14.577	15.478	101	24.116	23.647	24.554								
26	6.222	5.753	6.627	5.39	3.875	2.438	64	15.285	14.816	15.716	102	24.354	23.885	24.793								
27	6.460	5.992	6.867	5.63	4.000	2.500	65	15.524	15.055	15.956	103	24.593	24.124	25.032								
28	6.699	6.230	7.106	5.88	4.188	2.594	66	15.762	15.293	16.195	104	24.832	24.363	25.271								
29	6.937	6.468	7.346	6.11	4.375	2.688	67	16.001	15.532	16.433	105	25.071	24.602	25.509								
30	7.175	6.706	7.586	6.34	4.500	2.750	68	16.240	15.771	16.673	106	25.309	24.840	25.748								
31	7.413	6.945	7.826	6.59	4.563	2.906	69	16.478	16.009	16.911	107	25.548	25.079	25.987								
32	7.652	7.183	8.065	6.83	4.750	3.000	70	16.717	16.248	17.150	108	25.787	25.318	26.226								
33	7.890	7.421	8.304	7.06	5.125	3.188	71	16.956	16.487	17.389	109	26.025	25.556	26.465								
34	8.129	7.660	8.544	7.31	5.375	3.313	72	17.194	16.725	17.628	110	26.264	25.795	26.704								
35	8.367	7.898	8.783	7.55	5.500	3.375	73	17.433	16.964	17.867	111	26.503	26.034	26.942								
36	8.605	8.137	9.023	7.78	5.625	3.563	74	17.671	17.203	18.106	112	26.742	26.273	27.181								
37	8.844	8.375	9.262	8.03	5.875	3.688	75	17.910	17.441	18.344	113	26.980	26.511	27.420								
38	9.082	8.613	9.501	8.27	6.000	3.750	76	18.149	17.680	18.584	114	27.219	26.750	27.659								
39	9.321	8.852	9.740	8.50	6.125	3.813	77	18.387	17.918	18.822	115	27.458	26.989	27.898								
40	9.559	9.090	9.980	8.75	6.250	3.875	78	18.626	18.157	19.061	116	27.697	27.228	28.136								
41	9.798	9.329	10.219	8.98	6.375	3.938	79	18.865	18.396	19.300	117	27.936	27.467	28.375								
42	10.036	9.567	10.458	9.22	6.500	4.000	80	19.103	18.635	19.539	118	28.174	27.705	28.614								
43	10.275	9.806	10.697	9.47	6.875	4.188	81	19.342	18.873	19.778	119	28.413	27.944	28.853								
44	10.513	10.044	10.937	9.70	7.125	4.313	82	19.581	19.112	20.017	120	28.651	28.182	29.091								
45	10.752	10.283	11.176	9.94	7.375	4.438	83	19.819	19.350	20.255	Larger sizes available											

Figura 98. Catálogo de cadena de rexnord

Table 1

SKF Xtra Strength H & BH Chains

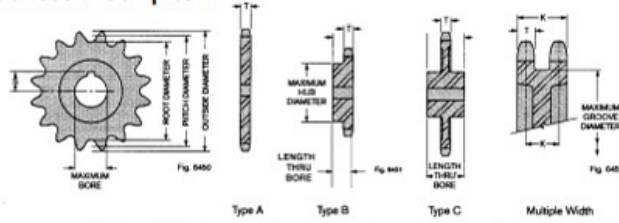


ANSI Chain number	BS/ISO Chain number	Dimensions					P. length cottered	Inner pl. height	Plate thickness	Transv. pitch	Ultimate tensile strength		Average tensile strength	Weight per meter	Designation			
		Pitch	Roller diameter	Width between inner plates	Pin diameter	Pin length					Q _{min}	Q ₀	q					
		P	d ₂ max	b ₁ min	d ₂ max	L max	L _c max	L _c max	h ₂ max	T max	P _t	Q _{min}	Q ₀	q				
		mm													kN		kg/m	-
35H-1*	-	9,525	5,08	4,77	3,58	13,3	14,3	-	9,0	1,50	-	7,9	10,8	0,41	PHC 35H-1...			
40H-1	08AH-1	12,700	7,95	7,85	3,96	18,8	19,9	-	12,00	2,03	-	14,1	19,1	0,82	PHC 40H-1...			
50H-1	10AH-1	15,875	10,16	9,40	5,08	22,1	23,4	24,4	15,09	2,42	-	22,2	30,2	1,25	PHC 50H-1...			
60H-1	12AH-1	19,050	11,91	12,57	5,94	29,2	31,0	31,6	18,00	3,25	-	31,8	42,7	1,87	PHC 60H-1...			
80H-1	16AH-1	25,400	15,88	15,75	7,92	36,2	37,7	39,4	24,00	4,00	-	56,7	71,4	3,10	PHC 80H-1...			
100H-1	20AH-1	31,750	19,05	18,90	9,53	43,6	46,9	46,9	30,00	4,80	-	88,5	112,4	4,52	PHC 100H-1...			
120H-1	24AH-1	38,100	22,23	25,22	11,10	53,5	57,5	57,5	35,70	5,60	-	127,0	160,9	6,60	PHC 120H-1...			
140H-1	28AH-1	44,450	25,40	25,22	12,70	57,6	62,2	62,2	41,00	6,40	-	172,4	217,3	8,30	PHC 140H-1...			
160H-1	32AH-1	50,800	28,58	31,55	14,27	68,2	73,0	73,0	47,80	7,20	-	226,8	285,8	10,30	PHC 160H-1...			
180H-1	36AH-1	57,150	35,71	35,48	17,46	75,9	81,6	-	53,60	8,0	-	281,0	341,8	14,83	PHC 180H-1...			
200H-1	40AH-1	63,500	39,68	37,85	19,85	86,6	93,5	93,5	60,00	9,50	-	353,8	444,5	19,16	PHC 200H-1...			
240H-1	48AH-1	76,200	47,63	47,35	23,81	109,6	115,9	-	72,30	12,70	-	510,3	622,5	30,4	PHC 240H-1...			
60H-2	12AH-2	19,050	11,91	12,57	5,94	55,3	57,1	57,7	18,00	3,25	26,11	63,6	84,5	3,71	PHC 60H-2...			
80H-2	16AH-2	25,400	15,88	15,75	7,92	68,8	70,3	72,0	24,00	4,00	32,59	113,4	145,3	6,15	PHC 80H-2...			
100H-2	20AH-2	31,750	19,05	18,90	9,53	82,7	86,0	86,0	30,00	4,80	39,09	177,0	225,9	9,03	PHC 100H-2...			
120H-2	24AH-2	38,100	22,23	25,22	11,10	102,4	106,4	106,4	35,70	5,60	48,87	254,0	322,7	13,13	PHC 120H-2...			
140H-2	28AH-2	44,450	25,40	25,22	12,70	109,8	114,4	114,4	41,00	6,40	52,20	344,8	437,7	16,60	PHC 140H-2...			
160H-2	32AH-2	50,800	28,58	31,55	14,27	130,1	134,9	134,9	47,80	7,20	61,90	453,6	571,6	20,20	PHC 160H-2...			
200H-2	40AH-2	63,500	39,68	37,85	19,85	164,9	171,8	171,8	60,00	9,50	78,31	707,6	894,9	38,11	PHC 200H-2...			
60H-3	12AH-3	19,050	11,91	12,57	5,94	81,4	83,2	83,8	18,00	3,25	26,11	95,4	113,9	5,54	PHC 60H-3...			
80H-3	16AH-3	25,400	15,88	15,75	7,92	101,4	102,9	104,6	24,00	4,00	32,59	170,1	203,5	9,42	PHC 80H-3...			
100H-3	20AH-3	31,750	19,05	18,90	9,53	121,8	125,1	125,1	30,00	4,80	39,09	265,5	314,8	12,96	PHC 100H-3...			
120H-3	24AH-3	38,100	22,23	25,22	11,10	151,2	155,2	155,2	35,70	5,60	48,87	381,0	444,7	19,64	PHC 120H-3...			
140H-3	28AH-3	44,450	25,40	25,22	12,70	162,0	166,6	166,6	41,00	6,40	52,20	517,2	598,4	24,90	PHC 140H-3...			
160H-3	32AH-3	50,800	28,58	31,55	14,27	192,0	196,8	196,8	47,80	7,20	61,90	680,4	787,3	30,10	PHC 160H-3...			
200H-3	40AH-3	63,500	39,68	37,85	19,85	243,2	250,1	250,1	60,00	9,50	78,31	1061,4	1228,2	57,06	PHC 200H-3...			

* Bushing chain: d1 indicates external diameter of bushing
 Standard lengths are 10 ft. and 5 m. To complete designation, add chain length. For example, a 5 m box of 160H-1 is PHC 160H-1X5MTR.
 For links, add "CL" for "connecting" and "DL" for "offset" to the designation.
 For cottered, add a "C" after the number of strands. For example 160H-1 with a cottered pin is designated PHC 160H-1C.
 For heavy duty multistrand chain drives, special sprockets are needed due to differences in transverse pitch.

Figura 99. Catálogo SKF especificaciones cadena de rodillo

No. 60 sprockets .750" pitch



Dimensions

Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Maximum hub and groove diameter, inches	Maximum bore with standard keyseat, inches Δ	S max., inches	Type A				Type B				Type C				Multiple Width			
							Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ
8	1.960	1.491	2.261	1.03	.625	.406	46	10.990	10.522	11.414	84	20.058	19.589	20.495								
9	2.193	1.724	2.510	1.28	.875	.531	47	11.229	10.760	11.654	85	20.297	19.828	20.733								
10	2.427	1.958	2.759	1.52	1.000	.625	48	11.467	10.999	11.893	86	20.536	20.067	20.972								
11	2.662	2.193	3.005	1.77	1.250	.750	49	11.706	11.237	12.132	87	20.774	20.305	21.211								
12	2.898	2.429	3.249	2.02	1.344	.828	50	11.945	11.476	12.371	88	21.013	20.544	21.449								
13	3.134	2.665	3.493	2.25	1.500	.938	51	12.183	11.714	12.610	89	21.252	20.783	21.689								
14	3.371	2.902	3.737	2.50	1.750	1.063	52	12.422	11.953	12.849	90	21.490	21.021	21.927								
15	3.607	3.139	3.979	2.75	1.938	1.219	53	12.660	12.192	13.088	91	21.729	21.260	22.166								
16	3.844	3.376	4.220	2.98	2.125	1.313	54	12.899	12.430	13.327	92	21.968	21.499	22.405								
17	4.082	3.613	4.463	3.22	2.313	1.469	55	13.137	12.669	13.566	93	22.206	21.737	22.643								
18	4.319	3.850	4.703	3.47	2.500	1.563	56	13.376	12.907	13.805	94	22.445	21.976	22.883								
19	4.557	4.088	4.945	3.70	2.688	1.656	57	13.615	13.146	14.044	95	22.683	22.214	23.121								
20	4.794	4.326	5.186	3.95	2.813	1.719	58	13.853	13.385	14.283	96	22.922	22.453	23.360								
21	5.032	4.563	5.426	4.19	3.063	1.906	59	14.092	13.623	14.522	97	23.161	22.692	23.599								
22	5.270	4.801	5.666	4.44	3.250	2.000	60	14.331	13.862	14.761	98	23.400	22.931	23.837								
23	5.508	5.039	5.906	4.67	3.438	2.156	61	14.569	14.100	15.000	99	23.638	23.169	24.077								
24	5.746	5.277	6.147	4.91	3.625	2.250	62	14.808	14.339	15.239	100	23.877	23.408	24.315								
25	5.984	5.515	6.387	5.16	3.750	2.313	63	15.046	14.577	15.478	101	24.116	23.647	24.554								
26	6.222	5.753	6.627	5.39	3.875	2.438	64	15.285	14.816	15.716	102	24.354	23.885	24.793								
27	6.460	5.992	6.867	5.63	4.000	2.500	65	15.524	15.055	15.956	103	24.593	24.124	25.032								
28	6.699	6.230	7.106	5.88	4.188	2.594	66	15.762	15.293	16.195	104	24.832	24.363	25.271								
29	6.937	6.468	7.346	6.11	4.375	2.688	67	16.001	15.532	16.433	105	25.071	24.602	25.509								
30	7.175	6.706	7.586	6.34	4.500	2.750	68	16.240	15.771	16.673	106	25.309	24.840	25.748								
31	7.413	6.945	7.826	6.59	4.563	2.906	69	16.478	16.009	16.911	107	25.548	25.079	25.987								
32	7.652	7.183	8.065	6.83	4.750	3.000	70	16.717	16.248	17.150	108	25.787	25.318	26.226								
33	7.890	7.421	8.304	7.06	5.125	3.188	71	16.956	16.487	17.389	109	26.025	25.556	26.465								
34	8.129	7.660	8.544	7.31	5.375	3.313	72	17.194	16.725	17.628	110	26.264	25.795	26.704								
35	8.367	7.898	8.783	7.55	5.500	3.375	73	17.433	16.964	17.867	111	26.503	26.034	26.942								
36	8.605	8.137	9.023	7.78	5.625	3.563	74	17.671	17.203	18.106	112	26.742	26.273	27.181								
37	8.844	8.375	9.262	8.03	5.875	3.688	75	17.910	17.441	18.344	113	26.980	26.511	27.420								
38	9.082	8.613	9.501	8.27	6.000	3.750	76	18.149	17.680	18.584	114	27.219	26.750	27.659								
39	9.321	8.852	9.740	8.50	6.125	3.813	77	18.387	17.918	18.822	115	27.458	26.989	27.898								
40	9.559	9.090	9.980	8.75	6.250	3.875	78	18.626	18.157	19.061	116	27.697	27.228	28.136								
41	9.798	9.329	10.219	8.98	6.375	3.938	79	18.865	18.396	19.300	117	27.936	27.467	28.375								
42	10.036	9.567	10.458	9.22	6.500	4.000	80	19.103	18.635	19.539	118	28.174	27.705	28.614								
43	10.275	9.806	10.697	9.47	6.875	4.188	81	19.342	18.873	19.778	119	28.413	27.944	28.853								
44	10.513	10.044	10.937	9.70	7.125	4.313	82	19.581	19.112	20.017	120	28.651	28.182	29.091								
45	10.752	10.283	11.176	9.94	7.375	4.438	83	19.819	19.350	20.255	Larger sizes available											

Hub length thru bore, inches

Sprocket Type	Number of Teeth	Chain Width, Number of Strands					
		1	2	3	4	5	6
B	8 to 30	1.25	2.13	3.00	4.00	4.88	5.75
	31 to 50	1.50	2.38	3.25	4.25	5.13	6.00
	51 to 83	1.75	2.63	3.50	4.50	5.38	6.25
	84 to 120	2.00	2.88	3.75	4.75	5.63	6.50
C	20 to 40	2.25	2.75	3.75	4.75	5.50	6.25
	41 to 80	2.50	3.00	3.75	4.75	5.50	6.25
	81 to 120	3.00	3.50	4.00	5.00	5.75	6.50

Tooth dimensions, inches

Dimension	Chain Width, Number of Strands					
	1	2	3	4	5	6
T	.459	.444	.444	.418	.418	.418
L	-	1.342	2.240	3.112	4.010	4.908
K	-	.897	.897	.897	.897	.897
Machined sprockets +.000", -.011"						
Tolerances for T and L Hot rolled steel plate sprockets or unfinished forgings +.000", -.036"						

Recommended standard bore tolerances, keyseat dimensions, eccentricity tolerances, and similar data, page G-2.

Δ Non-functional dimension that may vary with the type of cutter used.
 \blacktriangle Based on maximum hub diameter.

C-20 (7010)

Dimensions and other engineering data are subject to change. Certified specifications of ordered product furnished upon request.

Figura 100. Tabla - No. 60 sprockets 750 pitch

Chain selection procedure and design guidelines

The following is a general guideline for the selection of roller transmission chains, whether DIN/BS or ANSI.

Information required

For correct selection, as much of the following information should be supplied

- Power (kW or HP) or torque
- Type of prime mover (e.g. electric motor, I.C. engine etc.)
- Type of DriveN equipment
 - Hours of operation
 - Type of loading / environment / duty etc
- Speeds (dR and dN) or one speed and the ratio
- Centre distance (nominal) usually between 30 – 80 pitches

- Application service factor (F_a) Takes into account the application, type of prime mover duty etc
Compensates for the chains' speed
→ **Table 2**
- Speed factor (F_s)
- Temperature factor (F_t) Compensates for the ambient temperature (up to 250 °C)

Additionally, the service factor should be increased by a factor of 1.05 to 1.1 for each of the following conditions

- Frequent stop / starts
- Insufficient lubrication
- Short centres (usually regarded as less than 30 pitches)
- More than two sprocket system
- Reversing torque / load
- High load variations

Service factors

Application service factor (F_a)

For transmission chain there may be a number of service factors that need to be applied. These may be:

Application service factor (F_a)		Type of prime mover		
Load classification	Driven equipment	Electric motor or turbine	Internal combustion engine > 6 cylinders, with flywheel, or hydraulic coupling	Internal combustion engine < 6 cylinders, with NO flywheel, or hydraulic coupling
Uniform load (U)	Agitators; centrifugal blowers; generators, centrifugal pumps; Uniformly loaded belt conveyor, lightly loaded chain conveyors	1.0	1.0	1.2
Moderate shock (M)	Centrifugal compressors, kilns and dryers; conveyors and elevators with intermittent, medium load fluctuations; Dryers; Pulverisers; machinery with moderate pulsating loads (machine tools paper, textiles)	1.3	1.2	1.4
Heavy shock (H)	Press, construction and mining equipment; reciprocating machinery, (compressors, reciprocating feeders, oil well rigs) rubber mixers, roll lines, machinery with heavy shock or reversing torques	1.5	1.4	1.7 – 1.9

Figura 101. Tabla - factor de trabajo para cadenas del catálogo de transmisión de SKF

Power Rating Tables (kW) – ANSI Chains

Table 10v

240H-1; (76.2 mm Pitch) Power ratings in kilowatt (ANSI standard)																	
Z	Pitch circle Dia.	rpm of small (faster) sprocket z_1															
		2	5	10	25	27	50	75	100	150	200	250	300	400	500	600	700
13	318,41	2,05	4,95	9,63	23,22	25,00	45,16	66,66	87,86	129,66	170,91	211,74	252,24	178,94	128,04	97,41	77,29
15	366,50	2,37	5,71	11,12	26,79	28,84	52,11	76,91	101,37	149,61	197,21	244,32	291,04	221,79	158,70	120,73	95,80
17	414,69	2,69	6,48	12,60	30,36	32,69	59,06	87,16	114,89	169,56	223,49	276,89	329,85	267,59	191,47	145,66	115,59
19	462,96	3,01	7,24	14,08	33,93	36,53	66,01	97,42	128,41	189,51	249,79	309,46	368,66	316,17	226,23	172,10	136,58
21	511,26	3,32	8,00	15,56	37,50	40,38	72,96	107,67	141,92	209,46	276,08	342,03	407,46	367,39	262,88	199,98	158,70
23	599,61	3,63	8,76	17,05	41,07	44,22	79,90	117,93	155,44	229,41	302,38	374,61	446,26	421,10	301,32	229,22	181,90
25	607,98	3,95	9,53	18,52	44,65	48,07	86,85	128,19	168,95	249,36	328,67	407,19	485,07	477,20	341,46	259,76	206,13
Lubrication method		TYPE 1					TYPE 2					TYPE 3					

Figura 102. Tabla - Potencia de cadena del catálogo de transmisión SKF



Figura 103. Catálogo de motores Siemens, SIMOTICS Serie 1LE

Potencia (HP)	Referencia Motor	Factor de Servicio	Tamaño constructivo	Datos nominales		Corriente Nominal			Eficiencia		Datos de arranque			Rodamientos AS / BS	Peso Neto B3 (kg)
				Velocidad (rpm)	Torque (Nm)	220 VDD A	380 VYY A	440 VD A	Factor de Potencia	100%	Corriente x Inom	Torque x Tnom	Torque rotor bloqueado x Tn		
Datos Eléctricos motores serie 1LE0142 IE1 6 polos (1200 rpm)															
0,75	1LE0142-0DC36-4AA4-Z D80	1,15	80 M	1.120	4,7	2,90	1,69	1,46	0,74	68,0	5,0	2,0	2,4	6204 2RZ C3	16,5
1	1LE0142-0DC86-4AA4-Z D80	1,15	80 M	1.105	6,5	3,65	2,15	1,84	0,74	72,0	5,0	2,0	2,4	6204 2RZ C3	16,0
1,5	1LE0142-0EC46-4AA4-Z D80	1,15	90 L	1.140	9,2	5,60	3,25	2,80	0,70	75,0	5,0	2,1	2,7	6205 2RZ C3	22,0
2	1LE0142-0EC86-4AA4-Z D80	1,15	90 L	1.125	12,7	7,00	4,05	3,50	0,73	77,0	5,0	1,8	2,5	6205 2RZ C3	23,0
3	1LE0142-1AC86-4AA4-Z D80	1,15	100 L	1.130	18,6	10,20	5,90	5,10	0,73	78,5	5,0	2,1	2,7	6206 2RZ C3	32,0
4	1LE0142-1BC86-4AA4-Z D80	1,15	112 M	1.145	25,0	12,80	7,40	6,40	0,73	83,5	6,2	3,0	3,3	6206 2RZ C3	50,0
5	1LE0142-1CC26-4AA4-Z D80	1,15	132 M	1.160	30,5	16,10	9,30	8,00	0,73	83,5	6,2	2,2	3,1	6208 2RZ C3	62,0
8	1LE0142-1CC36-4AA4-Z D80	1,15	132 M	1.155	45,5	23,50	13,50	11,70	0,74	85,0	6,3	2,4	3,3	6208 2RZ C3	70,0
10	1LE0142-1CC86-4AA4-Z D80	1,15	132 M	1.150	62,3	31,00	17,80	15,40	0,74	86,0	6,0	2,2	3,1	6208 2RZ C3	85,0
15	1LE0142-1DC46-4AA4-Z D80	1,15	160 L	1.165	90,2	45,00	26,00	22,50	0,73	89,0	6,8	2,1	2,7	6209 2RZ C3	125,0
20	1LE0142-1DC86-4AA4-Z D80	1,15	160 L	1.160	124,0	58,00	33,50	29,00	0,76	89,5	6,8	2,1	3,0	6209 2RZ C3	140,0
25	1LE0142-1EC86-4AA4-Z D80	1,15	180 L	1.170	151,0	69,00	40,00	34,50	0,79	90,2	6,3	2,0	2,8	6210 RZ C3	173,0
30	1LE0142-2AC56-4AA4-Z D80	1,15	200 L	1.175	179,0	80,00	46,00	40,00	0,81	91,0	6,8	2,2	2,7	6212 RZ C3	222,0
40	1LE0142-2AC86-4AA4-Z D80	1,15	200 L	1.178	243,0	108,00	63,00	54,00	0,79	91,7	7,2	2,4	3,0	6212 RZ C3	244,0
50	1LE0142-2BC86-4AA4-Z D80	1,15	225 M	1.178	300,0	129,00	74,00	64,00	0,83	91,7	7,2	2,6	3,2	6213 RZ C3	308,0
60	1LE0142-2CC86-4AA4-Z D80	1,15	250 M	1.182	364,0	154,00	89,00	77,00	0,83	91,7	7,2	3,0	3,2	6215 C3	430,0
75	1LE0142-2CC76-3AA4-Z D80	1,00	250 M	1.180	445,0	190,00	110,00	95,00	0,84	92,1	7,2	2,5	2,5	6215 C3	460,0
100	1LE0142-2DC83-3AA4-Z D80	1,15	280 M	1.185	605,0	-	-	124,00	0,85	93,0	7,8	2,4	2,4	6317 C3	570,0
125	1LE0142-2DC73-3AA4-Z D80	1,00	280 M	1.182	727,0	-	-	155,00	0,85	93,0	7,8	2,4	2,4	6317 C3	575,0
150	1LE0142-3AC53-3AA4-Z D80	1,15	315 L	1.185	887,0	-	-	181,00	0,86	94,1	7,0	2,0	2,6	6319 C3	955,0
200	1LE0142-3AC63-3AA4-Z D80	1,10	315 L	1.185	1.209,0	-	-	240,00	0,86	94,1	8,2	2,5	2,9	6319 C3	970,0
250	1LE0142-3AC73-3AA4-Z D80	1,00	315 L	1.185	1.492,0	-	-	305,00	0,85	94,1	7,5	2,3	2,3	6319 C3	1.120,0

Figura 104. Datos Eléctricos - motores serie 1LE0142 IE1 6 polos (1200 rpm)

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico		Tensión de rotura	
	Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A53 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131 Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381 Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500 Grado A	33	228	>45	>310
Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501	36	250	>58	>400
ASTM A516 Grado 55	30	205	55-75	380-515
Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524 Grado I	35	240	60-85	415-586
Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529	42	290	60-85	415-550
ASTM A570 Grado 30	30	205	>49	>340
Grado 33	33	230	>52	>360
Grado 36	36	250	>53	>365
Grado 40	40	275	>55	>380
Grado 45	45	310	>60	>415
Grado 50	50	345	>65	>450
ASTM A709 Grado 36	36	250	58-80	400-550
API 5L Grado B	35	240	60	415
Grado X42	42	290	60	415

Figura 105. Clasificación de aceros ASTM

REFERENCIAS

- [1] Anfrix, *Ferris Wheel Auto-Parking*. 2015.
- [2] A. Brunette y P. S. Segundo, *Introducción a la Automatización Industrial*. 2020.
- [3] CADESIMU, *CADESIMU*. 2018.
- [4] M. de Desarrollo Urbano y Vivienda, *Estructura de la NEC*. 2022.
- [5] EnciclopediaHumanidades, *Acero*. 2023.
- [6] C. D. ESTUPIÑÁN VÁSQUEZ y M. PUENTES ELORZA, *DISEÑO DE UN SISTEMA DE PARQUEO VERTICAL TIPO CARRUSEL*. 2020.
- [7] A. Farina, *Motores eléctricos trifásicos: arranque e inversión del giro*. 2018.
- [8] M. G., *¿Qué es Autodesk Inventor y cuáles son sus características principales?* 2022.
- [9] Imporpernos, *Norma ASTM F3125 (pernos estructurales)*. 2019.
- [10] JoseCardenas, *Un estacionamiento que acabará con los problemas de espacio*. 2015.
- [11] S. logistic, *Obtencion de Manutencion y Almacenaje.com. Obtenido de Manutencion y Almacenaje*. 2016.
- [12] N. Mundiales, *Norma ASTM*. 2015.
- [13] H. Muratalla, *Tipos de soldadura para acero inoxidable*. 2022.
- [14] S. Pihue y S. RODAS, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO VERTICAL ROTATORIO TIPO CARRUSEL AUTOMATIZADO PARA 8 VEHÍCULOS DE CUATRO RUEDAS DE LA CATEGORÍA M1 UTILIZANDO PLC SIEMENS Y HMI,» Tesis doct., Universidad Ricardo Palma, Peru, 2021.
- [15] SolidBI, *SOLIDWORKS. Qué es y para qué sirve*. 2022.
- [16] Wendy, *THE CAR PARKING MACHINE 1932*. 2015.
- [17] Wikipedia, *Motor eléctrico*. 2018.