



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ROTACIÓN DE TANQUES DE GAS PARA LAS
CABINAS DE PINTURA Y HORNO DE CURADO EN LA EMPRESA TECNERO S.A.”

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

AUTOR: FABIÁN ORLANDO YUQUILIMA ARÉVALO

TUTOR: ING. NELSON GUSTAVO JARA COBOS, Ph.D.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fabián Orlando Yuquilima Arévalo con documento de identificación N° 0107547382, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 06 de febrero del 2023

Atentamente,



Fabián Orlando Yuquilima Arévalo

0107547382

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

Yo, Fabián Orlando Yuquilima Arévalo con documento de identificación N° 0107547382, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Diseño de un sistema de rotación de tanques de gas para las cabinas de pintura y horno de curado en la empresa Tecnero S.A.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 06 de febrero del 2023

Atentamente,



Fabián Orlando Yuquilima Arévalo

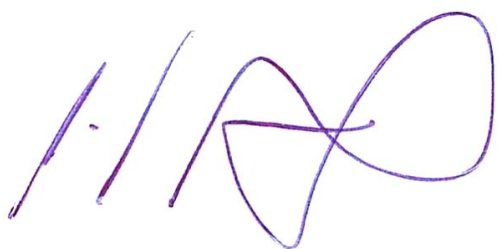
0107547382

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Nelson Gustavo Jara Cobos con documento de identificación N° 0102679644, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ROTACIÓN DE TANQUES DE GAS PARA LAS CABINAS DE PINTURA Y HORNO DE CURADO EN LA EMPRESA TECNERO S.A.”, realizado por Fabián Orlando Yuquilima Arévalo con documento de identificación N° 0107547382, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 06 de febrero del 2023

Atentamente,



Ing. Nelson Gustavo Jara Cobos, PhD.
0102679644

RESUMEN

El proyecto tiene como fin principal el diseñar un sistema de rotación para pintar los cilindros de gas doméstico GLP que se fabrican en la empresa Tecnero S.A. Este proceso se realiza en la cabina de pintura y horno de polimerización que permite que los cilindros producidos tengan mejores características al final de su proceso de producción. La empresa Tecnero S.A., se dedica fundamentalmente a la fabricación y mantenimiento de cilindros metálicos para almacenamiento de GLP a nivel doméstico.

En base de la estructura que presentan los distintos tipos de mecanismos que existen para realizar movimientos de rotación y, también tomando en cuenta las restricciones de diseño que se presentó por parte de la empresa, se realizó una revisión bibliográfica que permitió identificar alternativas para incorporar a la cabina de pintura y horno de polimerización. De esta revisión bibliográfica se determinó que uno de los mecanismos más adecuados para realizar el movimiento de rotación es el de piñón y cadena a fin de solventar las restricciones de diseño planteadas.

Una vez seleccionada la tecnología se realizan los cálculos respectivos para proceder con la fase de diseño del sistema de rotación, con la finalidad de determinar que el sistema diseñado sea el correcto y funcione de la manera adecuada. También se selecciona los diferentes equipos y partes normalizadas que complementaran al mecanismo de rotación diseñado.

Establecido el diseño y los componentes necesarios para el sistema de rotación se procede a realizar el análisis técnico financiero, el cual presenta los costos totales del diseño del sistema de rotación incluido su ensamblaje y la puesta en marcha de este. Dando así una visión sobre la rentabilidad de la implementación del sistema de rotación diseñado.

Palabras clave: Cabina de pintura, sistema de rotación, cilindros de GLP domésticos

ABSTRACT

The main purpose of the project is to design a rotation system to paint LPG domestic gas cylinders that are manufactured in the company Tecnero S.A. This process is carried out in the paint booth and polymerization oven, which allows the cylinders produced to have better characteristics at the end of their production process. The company Tecnero S.A. is mainly dedicated to the manufacture and maintenance of metal cylinders for LPG storage at the domestic level.

Based on the structure presented by the different types of mechanisms that exist to perform rotation movements and, also taking into account the design restrictions that were presented by the company, a bibliographical review was carried out that allowed the identification of alternatives to incorporate into the paint booth and polymerization oven. From this bibliographic review, it was determined that one of the most appropriate mechanisms to carry out the rotation movement is the pinion and chain in order to solve the design restrictions raised.

Once the technology is selected, the respective calculations are made to proceed with the design phase of the rotation system, in order to determine that the designed system is correct and works properly. The different equipment and standardized parts that will complement the designed rotation mechanism are also selected.

Once the design and the necessary components for the rotation system have been established, the financial technical analysis is carried out, which presents the total costs of the rotation system design, including its assembly and its start-up. Thus giving a vision of the profitability of the implementation of the rotation system designed.

Keywords: Paint booth, rotation system, domestic LPG cylinders

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	Introducción	11
2.	Problema	12
2.1.	Antecedentes	12
2.2.	Diagnóstico de la situación actual de la empresa	12
2.2.1.	Ubicación de la empresa	12
2.2.2.	Misión de la empresa	13
2.2.3.	Visión de la empresa	13
2.3.	Importancia y alcances	13
2.4.	Delimitación	14
3.	Objetivos	14
3.1.	Objetivo general	14
3.2.	Objetivos específicos	14
4.	Marco teórico	14
4.1.	Análisis de la cabina de pintura	15
4.2.	Análisis del horno de polimerizado	15
4.3.	Tipos de movimientos	15
4.4.	Mecanismo	16
4.5.	Mecanismos de traslación	16
4.5.1.	Cadenas	16
4.6.	Mecanismos de rotación	17
4.6.1.	Engranajes	17
4.7.	Mecanismos de transmisión de movimiento	18
4.7.1.	Transmisión de engranajes con cadena	18
4.7.2.	Piñón cremallera	19
4.8.	Control de velocidad de motorreductores	19
4.9.	Variadores de velocidad	20
5.	Metodología	20
5.1.	Diagnóstico de la cabina de pintura	21
5.1.1.	Determinación de la necesidad	21
5.1.2.	Definición de variables	22
5.1.3.	Proceso de pintado	22
5.2.	Diagnóstico del horno de polimerizado	22
5.2.1.	Determinación de la necesidad	22
5.2.2.	Definición de variables	23

5.2.3.	Proceso de polimerizado	23
5.3.	Diseño de las mejoras a incorporar.....	23
5.3.1.	Diseño de los piñones.....	24
5.3.2.	Selección del material de los piñones	27
5.3.3.	Selección de la cadena	33
5.3.4.	Diseño de la base para el piñón	35
5.3.5.	Selección del motorreductor.....	36
5.3.6.	Diseño de la base para el motorreductor.....	38
5.4.	Esquema eléctrico de control de velocidad de motorreductores.....	40
5.5.	Análisis técnico financiero.....	41
5.6.	Simulación en Ansys.....	47
6.	Resultados	53
7.	Conclusiones.....	55
8.	Referencias	55
9.	Anexos	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logo de la empresa	12
Figura 2. Producción de cilindros de gas.....	13
Figura 3. Descomposición de una cadena[3].....	17
Figura 4. Representación normalizada de engranajes y parámetros característicos[2]	18
Figura 5. Transmisión engranaje cadena[1]	18
Figura 6. Piñón cremallera[1].....	19
Figura 7. Cuadro metodológico [Autor].....	21
Figura 8. Diseño propuesto para el sistema de rotación [Autor]	24
Figura 9. Partes del diente de engranaje [6]	24
Figura 10. Factor de geometría, J. [12]	30
Figura 11. Factor de proporción del piñón. [12]	31
Figura 12. Factor de alineamiento del engranado. [12].....	31
Figura 13. Actor de espesor de borde. [12]	32
Figura 14. Factor dinámico.[12].....	32
Figura 15. Acoplamiento de una cadena y Catarina.[6]	33
Figura 16. Datos para la selección de cadena[12]	34
Figura 17. Diagrama de cuerpo libre [Autor].....	36
Figura 18. Datos para la selección de motorreductor[10]	37
Figura 19. Medidas del motorreductor[10]	38
Figura 20. Diseño de base para el motorreductor [Autor].....	39
Figura 21. Diagrama de cuerpo libre base motorreductor [Autor]	40
Figura 22. Diagrama eléctrico para el control de velocidad de motorreductor [Autor]	41
Figura 23. Mallado del piñón de la cadena [Autor].....	48
Figura 24. Esfuerzo de Von- Mises sobre el piñón [Autor].....	48
Figura 25: Deformación total del piñón [Autor]	49
Figura 26. Mallado del eje del piñón de cadena [Autor].....	49
Figura 27. Esfuerzo de Von-Mises sobre el eje [Autor]	50
Figura 28. Deformación total del eje del piñón [Autor]	50
Figura 29. Mallado de la base del piñón de la cadena [Autor]	51
Figura 30. Esfuerzo de Von-Mises sobre la base del piñón de la cadena [Autor].....	51
Figura 31. Deformación total de la base del piñón de la cadena [Autor]	51
Figura 32. Mallado de la base del motorreductor [Autor].....	52
Figura 33. Esfuerzo de Von-Mises sobre la base del motorreductor [Autor].....	52
Figura 34. Deformación total de la base del motorreductor [Autor]	52
Figura 35. Deformación total de la base del motorreductor [Autor]	53
Figura 36. Ensamble del mecanismo de rotación [Autor]	53
Figura 37. Cabina de pintura incorporada el mecanismo de rotación [Autor]	54
Figura 38. Horno de polimerizado incorporado el mecanismo de rotación [Autor]	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del acero AISI 1050 [7]	27
Tabla 2. Propiedades mecánicas del acero AISI 1050[8]	27
Tabla 3. Factor de sobrecarga.[12].....	30
Tabla 4. Factor de tamaño. [12]	30
Tabla 5. Análisis de costos unitarios de componentes mecánicos [Autor]	42
Tabla 6. Análisis de costos unitarios del sistema eléctrico [Autor]	44
Tabla 7. Análisis de precios unitarios de ensamble y puesta en marcha [Autor]	45
Tabla 8. Análisis costos unitarios totales [Autor]	47

1. Tema

Diseño de un sistema de rotación de tanques de gas para las cabinas de pintura y horno de curado en la empresa Tecnero S.A.

2. Introducción

En la actualidad existen muchas máquinas y equipos para la producción de cilindros de gas que cuentan con diferentes tipos de sistemas que permiten que el proceso productivo sea mucho más eficiente y permita obtener un producto de buena calidad y con buenas prestaciones. La empresa Tecnero S.A. se dedica a la producción de cilindros de gas de uso doméstico de 15 kg y al mantenimiento de los mismos y también de cilindros de 45 kg de uso industrial.

Tecnero S.A cuenta dentro de su proceso productivo con una cabina de pintura y un horno de polimerizado para el curado de los cilindros. Dentro de la cabina de pintura se tiene un mecanismo de rotación de piñón cremallera que hace que los cilindros tengan un movimiento rotacional dentro de la cabina de pintura, sin embargo, este mecanismo de rotación presenta ciertas falencias haciendo que la pintura no sea depositada homogéneamente sobre el cilindro.

En el horno de polimerizado se tiene un tramo de paneles infrarrojos que le da un curado inicial a los cilindros de gas que ya fueron pintados, aquí se identificó que no existe ningún tipo de mecanismo que haga que el cilindro rote a lo largo del tramo de paneles infrarrojos, por lo que el cilindro no es curado homogéneamente.

Por estos motivos, el objetivo principal de este trabajo es diseñar un sistema de rotación para la cabina de pintura y el horno de polimerizado, mediante el cual se obtenga un movimiento giratorio homogéneo dentro de la cabina y el horno de polimerizado, garantizando así la correcta aplicación de pintura y un curado mucho más homogéneo de los cilindros de gas.

Con el diseño se plantea también realizar que la velocidad de giro de los cilindros de gas dentro de la cabina y el horno de polimerizado se pueda regular desde 1m/s hasta valores de 10m/s y así poder tener un mayor control sobre el proceso productivo y mejorar el mismo.

Para cumplir con estos objetivos se implementarán mejoras en la cabina de pintura y en el horno de polimerizado mediante el uso de dispositivos eléctricos como motorreductores y variadores de velocidad, permitiendo que el proceso de pintado y polimerizado de cilindros de gas sea de una forma más tecnificado y optimizado.

3. Problema

3.1. Antecedentes

En la ciudad de Cuenca se encuentra ubicada la empresa Tecnero S.A. dedicada a la fabricación y mantenimiento de tanques de gas. Dentro del proceso de producción de los tanques de gas se tienen diferentes etapas, tanto como para la fabricación de asas, bases y cilindros. Para la fabricación de asas las etapas son: des embobinado, troquelado, estampado, doblado y corte, pre rolado, rolado, embutido y estructurado. Para la fabricación de las bases las etapas son: des embobinado, troquelado, doblado y corte, pre rolado, rolado, suelda, embutición. Finalmente, para la producción de cilindros las etapas son: estampado de disco casquete superior, embutición del casquete superior, troquelado para porta válvula, corte de falda, bordoneado, marcar porta válvulas, suelda de porta válvulas, soldado de cuerpo, revisión, soldar asa y base, alivio de tensiones, enfriado, prueba hidrostática, granallado, pintura, horno de curado, pintado de logotipo y tara. La cabina de pintura que la empresa actualmente tiene cuenta con un sistema de rotación piñón- cremallera que permite tener una rotación del tanque de gas, pero, la aplicación de pintura no es del todo homogénea en toda la superficie del tanque de gas. El horno de curado actualmente no cuenta con ningún tipo de sistema de rotación para los tanques de gas lo que provoca que los tanques de gas tengan su proceso de curado solo en las superficies laterales y no en la totalidad de su superficie. Para lo que se requiere garantizar la efectividad del sistema de rotación, el ahorro de la cantidad de pintura y la disminución de combustible empleado en el funcionamiento del horno de curado.



Figura 1. Logo de la empresa. Fuente: Autor

3.2. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

3.2.1. Ubicación de la empresa

La empresa Tecnero S.A. está ubicada en la calle Juan Eljuri Chica y Cornelio Vintimilla detrás de Parmalat, sector parque industrial, cantón Cuenca, provincia del

Azuay, ofrece a sus clientes la reparación de cilindros de 15 y 45kg y la fabricación de cilindros de 15kg.

3.2.2. Misión de la empresa

TECNERO S.A. es una solución global en la fabricación y mantenimiento de cilindros para envasar GLP. Para un mercado ávido de calidad, cumplimiento y servicio; gracias al cual crecemos permanentemente con el apoyo de los accionistas y el esfuerzo de nuestro talento humano.

3.2.3. Visión de la empresa

TECNERO S.A. impulsará la expansión de C.E.M. Lojagas, fabricando y efectuando mantenimiento a sus cilindros para envasar GLP, buscando siempre una ventaja tecnológica y el crecimiento de nuestro talento humano.



Figura 2. Producción de cilindros de gas

3.3.Importancia y alcances

La cabina de pintura y el horno de curado con los que cuenta la empresa Tecnero S.A. presentan un funcionamiento adecuado, sin embargo, sus procesos presentan ciertas falencias que hacen que el consumo de pintura y combustible sean un tanto elevados, por lo que es necesario implementar mejoras en la cabina de pintura y el horno de curado para

hacer mucho más eficientes estos procesos. Para esto serán analizadas las variables que influyen en la cabina de pintura y horno de curado, para de esta manera asegurar el funcionamiento del sistema a implementar.

3.4.Delimitación

El presente proyecto puede tener un alcance macro, ya que este tipo de sistema de rotación puede ser implementado dentro de una línea de producción en distintas industrias que se encuentran dentro de el mismo sector productivo o en diferentes sectores productivos a nivel nacional.

4. Objetivos

4.1.Objetivo general

Diseñar un sistema de rotación de tanques de gas para las cabinas de pintura y el tramo de paneles infrarrojos del horno de polimerizado.

4.2.Objetivos específicos

- Identificar los parámetros y variables necesarias para garantizar la rotación de los tanques de gas dentro de la cabina de pintura y el horno de polimerizado.
- Proponer un diseño para la rotación de tanques de gas con los parámetros adecuados.
- Validar el diseño en software de ingeniería.
- Realizar un análisis técnico financiero que determine los costos de implementación del diseño de rotación de tanques de gas.

5. Marco teórico

En este apartado se desarrollará el análisis de la cabina de pintura y horno de curado que actualmente posee la empresa, posterior se realizará la revisión bibliográfica sobre los tipos de movimientos que existen, elementos que serán parte del sistema de rotación, mecanismos de rotación que puedan ser implementados y equipos que servirán para el diseño del sistema de rotación y finalmente algunos indicadores financieros que permitirán verificar la viabilidad del diseño sistema de rotación a desarrollar.

5.1. Análisis de la cabina de pintura

La cabina de pintura con la que actualmente cuenta la empresa posee un pistón neumático el cual permite la automatización del sistema de aplicación de pintura evitando la intervención de mano de obra dentro del proceso de pintura de los cilindros.

La cabina de pintura con la automatización permitió el incremento de la cantidad de cilindros pintados por hora pasando de 113 cilindros a 165 cilindros pintados, mejorando de cierta manera la homogeneidad de la pintura aplicada sobre la superficie del cilindro.

Actualmente la cabina de pintura cuenta con un sistema de rotación del tipo de piñón cremallera, que no es del todo eficiente, el cual permite que los tanques tengan un movimiento rotatorio dentro de la cabina mientras se aplica la pintura. La aplicación de pintura sobre los cilindros no es homogénea evidenciándose en la superficie del tanque ciertos lugares con un espesor mayor que otro.

5.2. Análisis del horno de polimerizado

El horno de curado con el que cuenta la empresa es del tipo continuo, con un ciclo de curado sugerido de 5 minutos a una temperatura de 190 °C, el horno alcanza temperaturas máximas de 239,7 °C al aire y 220°C en contacto, con una velocidad de polimerizado de 1,10 m/min.

Actualmente el horno no cuenta con ningún tipo de mecanismo de giro lo que ocasiona que la cantidad de combustible utilizado para el funcionamiento sea alta, siendo este un valor de 0,1818 kg de combustible por cada cilindro.

5.3. Tipos de movimientos

Un cuerpo rígido con movimiento, en el caso general, tendrá un movimiento complejo, definido por una combinación de rotación y traslación.

Así se definen para el movimiento en el plano:

- Rotación pura: El cuerpo posee un punto (centro de rotación) que no tiene movimiento respecto al marco de referencia estacionario, los demás puntos describen arcos respecto a ese centro.
- Traslación pura: Todos los puntos del cuerpo describen trayectorias paralelas.

- Movimiento complejo: Es una combinación simultanea de rotación y traslación. Los puntos del cuerpo se moverán en trayectorias no paralelas y habrá en todo momento un centro de rotación que cambiará continuamente de ubicación.[1]

5.4.Mecanismo

En el campo de las máquinas y dispositivos mecánicos, se llama mecanismo al conjunto de elementos rígidos, móviles unos respecto de otros, unidos entre sí mediante diferentes tipos de uniones que se conocen como pares cinemáticos (pernos, uniones de contacto, etc.). El propósito de estos mecanismos es la transmisión de movimientos y fuerzas.

Todas las máquinas se componen de mecanismos. Un mecanismo es un sistema que transforma un movimiento y una fuerza de entrada en otra de salida. Podemos encontrar distintos tipos de mecanismos como: Polea, Biela-Manivela, leva, Engranajes, Tornillo sin fin y Rueda helicoidal, Cadena y piñones, Piñón Cremallera, Manivela, Tornillo, Palancas, Mecanismos articulados.

5.5.Mecanismos de traslación.

5.5.1. Cadenas.

La transmisión por cadena se efectúa entre árboles paralelos engarzando los dientes de un piñón con los eslabones de una cadena. El acoplamiento entre cadena y dientes se efectúa sin deslizamiento y engranan uno a uno.

Se emplea cuando se tiene que transmitir grandes potencias con relaciones de transmisión reducida.[2]

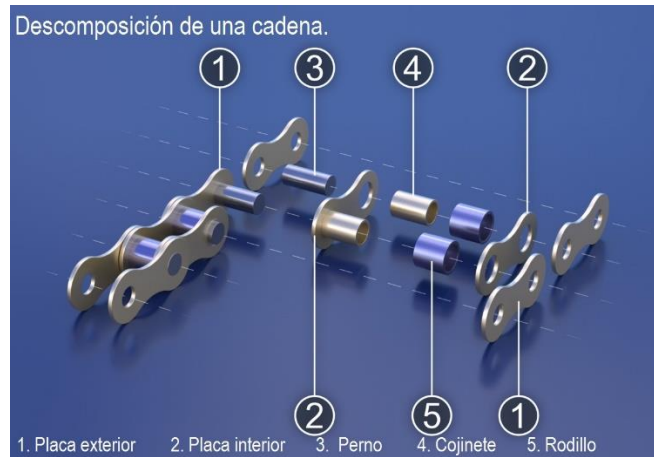


Figura 3. Descomposición de una cadena[3]

5.6.Mecanismos de rotación.

5.6.1. Engranajes

Los engranajes son juegos de ruedas que disponen de unos elementos salientes denominados dientes, que encajan entre sí, de manera que unas ruedas arrastran a las otras. Transmiten el movimiento circular a circular.

La condición para que las ruedas “engranen”, es decir, que puedan acoplarse y transmitir el movimiento correctamente, es que tengan los mismos parámetros o dimensiones en el diente.[2]

Una rueda dentada transmite el movimiento a la contigua que se mueve en sentido opuesto al original. Son sistemas muy robustos que permiten transmitir grandes potencias entre ejes próximos, paralelos, perpendiculares u oblicuos, según su diseño. Por el contrario, son bastante ruidosos.[2]

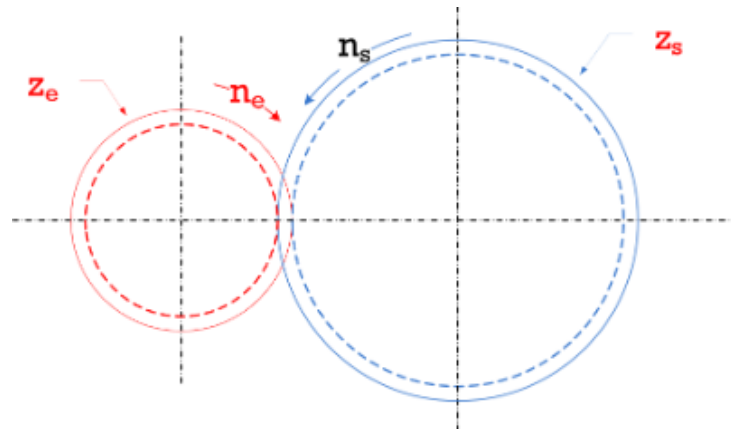


Figura 4. Representación normalizada de engranajes y parámetros característicos[2]

5.7.Mecanismos de transmisión de movimiento.

5.7.1. Transmisión de engranajes con cadena.

Este es un mecanismo de transmisión circular que consta de una cadena sin fin (cerrada) cuyos eslabones engranan con ruedas dentadas (piñones) que están unidas a los ejes de los mecanismos conductor y conducido.[3]

Este mecanismo es un método de transmisión muy utilizado porque permite transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes paralelos, que estén bastante separados. Es el mecanismo de transmisión que utilizan las bicicletas y motocicletas, y en muchas máquinas e instalaciones industriales.[3]

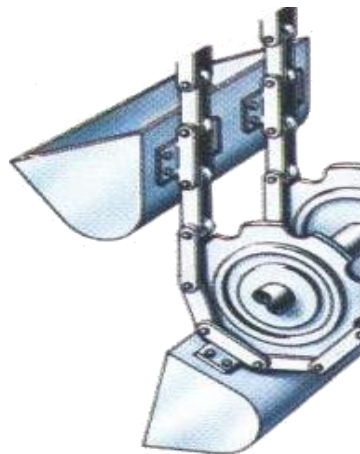


Figura 5. Transmisión engranaje cadena[1]

5.7.2. Piñón cremallera

El piñón es una rueda dentada corriente, y la cremallera es una pieza recta en cuya superficie se han tallado unos dientes. Al girar el piñón, la cremallera se desplaza a un lado o a otro y viceversa, es decir, éste es un mecanismo reversible.[1]

Este mecanismo es universalmente utilizado para controlar la dirección de los automóviles: el volante está unido al piñón y la cremallera provoca la inclinación de las ruedas hacia los lados. También se puede encontrar en los ferrocarriles de montaña o en las taladradoras de columna.[1]

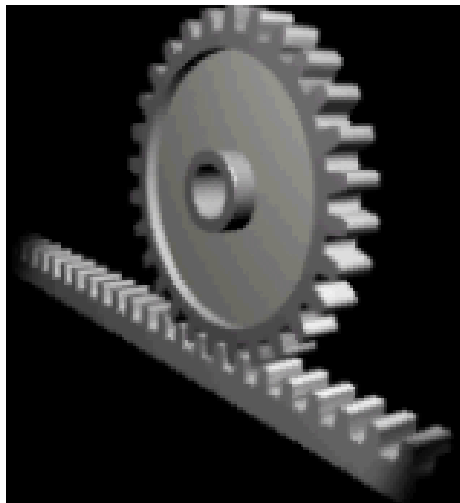


Figura 6. Piñón cremallera[1]

5.8. Control de velocidad de motorreductores

En el ámbito de la industria los motorreductores son utilizados en una infinidad de aplicaciones, entre las más populares son las bandas transportadoras, también en la industria alimenticia, en la industria petrolera, incluso se pueden utilizar con gran variedad de formas en la industria automotriz evitando un consumo excesivo de combustible.

El control de velocidad de los motorreductores presenta grandes ventajas, una de ellas es el prolongar la vida útil del motorreductor ya que se logra evitar que se realicen operaciones muy bruscas que pueden afectar en el funcionamiento del motorreductor.

Otra ventaja muy importante que nos da el control de la velocidad es que se puede controlar el par motor o que genera que se ahorre la energía que consume el equipo eléctrico derivando en disminución de gastos de energía eléctrica dentro de una empresa.[4]

5.9.Variadores de velocidad

Un variador de velocidad es el equipo utilizado en sistemas de accionamiento electromecánicos para controlar la velocidad y el par del motor de CA variando la frecuencia y el voltaje de entrada del motor. Los variadores de velocidad pueden ser: eléctricos, hidráulicos, mecánicos o incluso electrónicos.

Existen una gran variedad de variadores de velocidad que se pueden emplear de acuerdo al tipo de necesidad que se tenga, entre los más conocidos están los variadores mecánicos, variadores eléctricos- electrónicos y los variadores de velocidad hidráulicos. Siendo los más utilizados dentro de la industria los variadores eléctricos.[4]

6. Metodología

En la Figura 7 se presenta la metodología a seguir para el desarrollo del presente proyecto en donde se muestra los diferentes pasos que se seguirán durante el desarrollo del proyecto.

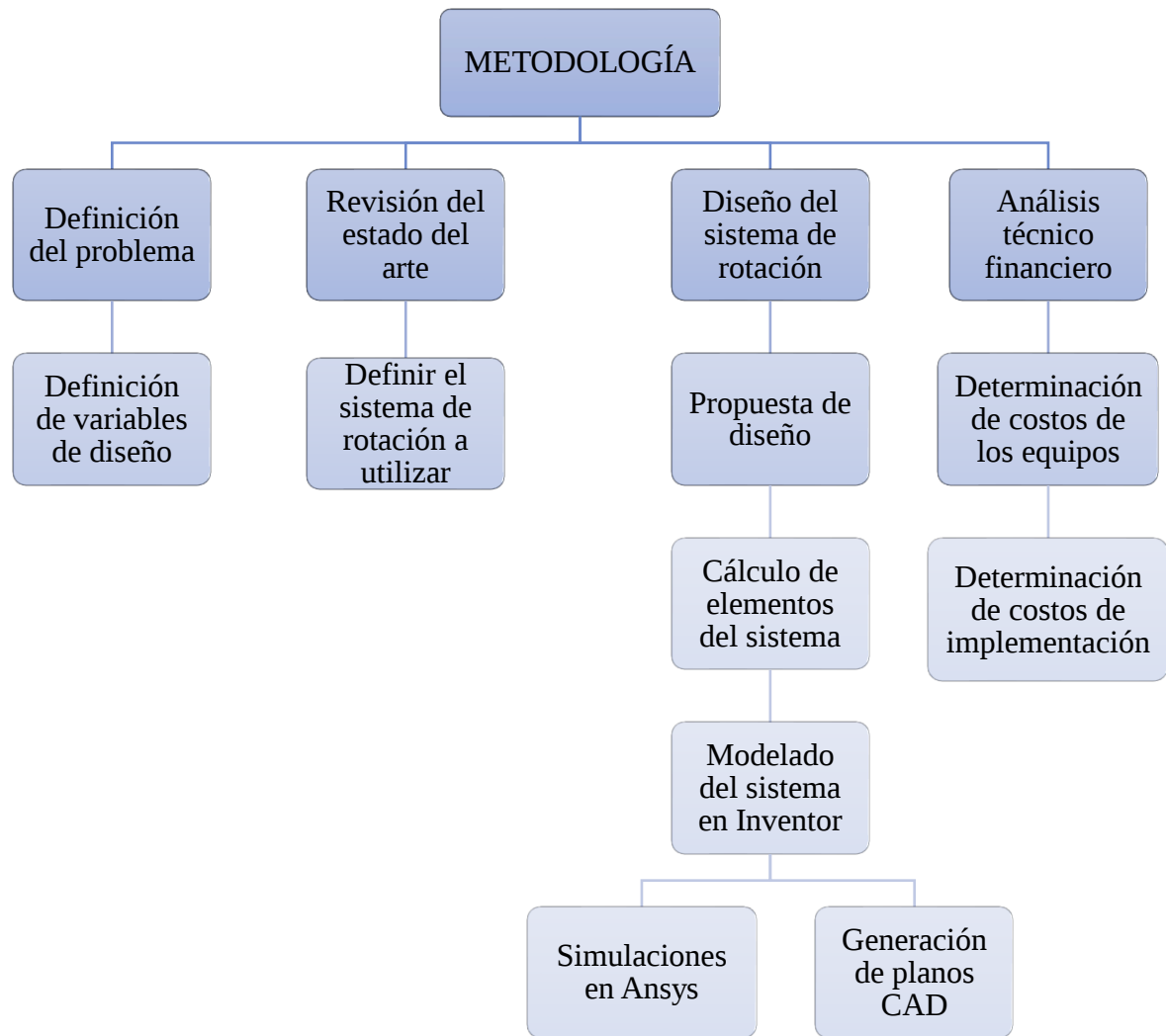


Figura 7. Cuadro metodológico [Autor]

6.1. Diagnóstico de la cabina de pintura

6.1.1. Determinación de la necesidad

Dentro del proceso de producción de tanques de gas la empresa cuenta con una cabina de pintura en donde los tanques de gas son recubiertos con pintura polimérica mediante el uso de aplicadores, tres estáticos y uno con desplazamiento vertical. Dentro de esta cabina se tiene un mecanismo de rotación mediante piñón cremallera que no es del todo eficiente ya que no permite que los cilindros tengan una velocidad de giro y de avance controlada para efectuar el pintado de los cilindros. En esta cabina el problema que se presenta es que la aplicación de pintura no es homogénea evidenciándose en la superficie del tanque ciertos lugares con un espesor mayor que otro.

6.1.2. Definición de variables

- Mantener la cantidad de cilindros de gas pintados por hora de producción.
- Regular la velocidad de avance de los cilindros de gas dentro de la cabina de pintura entre 0 m/s y 10 m/s.
- Todos los materiales y equipos utilizados para el sistema deben ser de fácil adquisición a nivel local o nacional para un posible reemplazo.
- La ubicación de los componentes del sistema debe ser ubicados estratégicamente para realizar mantenimiento.

6.1.3. Proceso de pintado

El proceso de pintado de los cilindros de gas comienza cuando ingresa a la cabina de pintura a una velocidad de 1 m/s dentro de la cabina, una vez ingresado en la parte inicial hay una pistola de pintura que es movida de manera vertical mediante un pistón, pintando inicialmente el cuerpo del cilindro.

A medida que el cilindro va avanzando en la cabina hay diferentes pistolas de pintura que depositan la pintura sobre las demás partes del cilindro, en primera instancia se pinta el asa del cilindro y posteriormente la base del cilindro.

Cuando el cilindro a completado su recorrido por la cabina de pintura sale completamente pintado y se dirige a la siguiente etapa del proceso de producción que es el curado.

6.2. Diagnóstico del horno de polimerizado

6.2.1. Determinación de la necesidad

Para el curado de cilindros existe un horno de polimerizado mixto, con un primer tramo de paneles infrarrojos y un segundo tramo de convección forzada, actualmente el problema que se presenta es que los tanques al pasar sin ningún movimiento de rotación dentro del tramo de paneles infrarrojos únicamente son polimerizados en las partes laterales y la parte frontal y posterior no son polimerizadas, lo que ocasiona que la temperatura del tramo de convección forzada sea mayor lo que genera un mayor consumo de GLP para el funcionamiento del horno.

6.2.2. Definición de variables

- Regular la velocidad de avance de los cilindros de gas en función de las necesidades para mantener características óptimas de polimerizado.
- Todos los materiales y equipos utilizados deben ser diseñados para soportar las temperaturas de 220 °C al aire y 240°C en contacto dentro del horno de polimerizado.
- Todos los materiales y equipos utilizados para el sistema deben ser de fácil adquisición a nivel local o nacional para un posible reemplazo.
- La ubicación de los componentes del sistema debe ser ubicados estratégicamente para su respectivo mantenimiento.

6.2.3. Proceso de polimerizado

Una vez que el cilindro sale de la cabina de pintura es cuando se dirige hacia el horno de polimerizado, en donde el cilindro pasa por paneles infrarrojos que permiten que la pintura se cure y se adhiera completamente al cilindro de gas.

La temperatura a la cual se encuentra sometido el cilindro en esta etapa de polimerizado mediante paneles infrarrojos es de 240 °C

6.3.Diseño de las mejoras a incorporar

Para realizar el diseño del sistema de rotación se tomaron en cuenta diferentes variables que permitan que el sistema sea el adecuado, entre estas variables la más relevante o importante está el espacio que se tiene tanto en la cabina de pintura como en el horno de polimerizado ya que hay que colocar adecuadamente los equipos del sistema y no interferir con los equipos que se encuentran ya colocados dentro de la cabina de pintura y el horno de polimerizado.

Teniendo en cuenta estas variables el diseño planteado para el sistema de rotación realizado en Inventor se presenta en la figura:

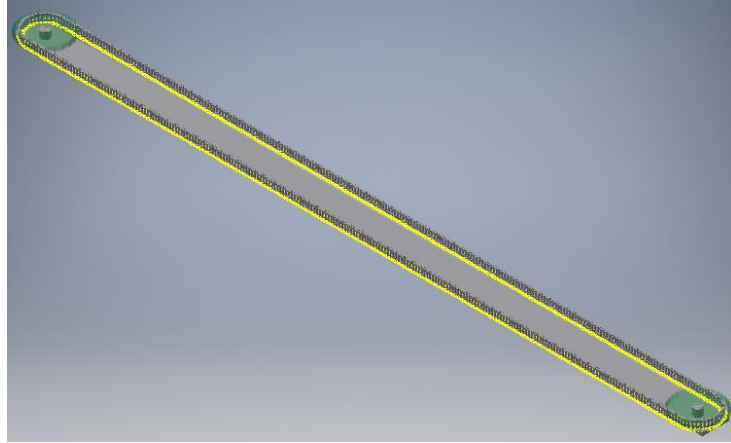


Figura 8. Diseño propuesto para el sistema de rotación [Autor]

El diseño planteado es un mecanismo de piñón cadena, se optó por este mecanismo ya que permite que el sistema pueda trabajar a bajas velocidades permitiendo o garantizando la rotación del cilindro de gas dentro de la cabina de pintura y el horno de polimerización. Este tipo de mecanismo también es apto para trabajar a temperaturas altas como se requiere dentro del horno de polimerizado.

6.3.1. Diseño de los piñones

Como primera parte del sistema de rotación se han diseñado los piñones que serán los encargados de dar movimiento al sistema, para esto se ha tomado como referencia la figura # y los siguientes datos:

- Módulo (m) = 4
- Circulo de paso (CP) = 200 mm

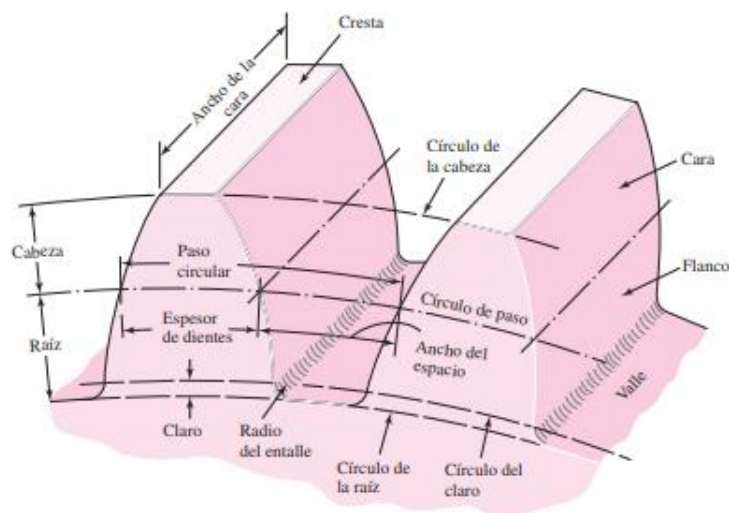


Figura 9. Partes del diente de engranaje [6]

El módulo fue seleccionado en función de los más comerciales que se encuentran dentro del medio y el diámetro primitivo se lo tomó en función al espacio que se tienen dentro de la cabina y el horno de polimerizado.

Con los datos iniciales se calcularán los diferentes parámetros que componen un piñón con las siguientes ecuaciones:

$$Z = \frac{CP}{m} \quad (1)$$

Donde:

Z = Número de dientes

CP = Circulo de paso

m = Módulo

Reemplazando en la ecuación (1):

$$Z = \frac{200}{4}$$

$$Z = 50 \text{ dientes}$$

Con la ecuación (2) encontramos el paso circular:

$$Pc = \pi * m \quad (2)$$

Donde:

Pc = Paso circular

m = Módulo

Remplazando:

$$Pc = \pi * 4$$

$$Pc = 12,566 \text{ mm}$$

Con la ecuación (3) encontramos la cabeza del diente

$$A = m \quad (3)$$

Donde:

$A = \text{Cabeza del diente}$

$m = \text{Módulo}$

Remplazando:

$$A = 4$$

Con la ecuación (4) encontramos el espesor del diente

$$S = Pc * \frac{19}{40} \quad (4)$$

Donde:

$S = \text{Espesor del diente}$

$Pc = \text{Paso circular}$

Remplazando:

$$S = 12,566 * \frac{19}{40}$$

$$S = 5,969 \text{ mm}$$

Con la ecuación (5) encontramos la raíz del diente

$$Rd = 1,25 * m \quad (5)$$

Donde:

$Rd = \text{Raíz del diente}$

$m = \text{Módulo}$

Remplazando:

$$Rd = 1,25 * 4$$

$$Rd = 5 \text{ mm}$$

Con la ecuación (6) encontramos el radio de entalle

$$R = \frac{Pc}{12} \quad (6)$$

Donde:

R = Radio de entalle

P_c = paso circular

Remplazando:

$$R = \frac{12,566}{12}$$

$$R = 1,047 \text{ mm}$$

Con todos estos datos calculados es posible diseñar el piñón del sistema de rotación. Los dibujos de los piñones diseñados se los puede observar en el Anexo1.

6.3.2. Selección del material de los piñones

Para la selección del material que se utilizará para los piñones se ha recurrido a catálogos de proveedores del medio. Para optar por el material correcto hay que tener en cuenta ciertas consideraciones como el medio en el que van a estar trabajando, la temperatura a la cual va a trabajar y la resistencia a la corrosión de ciertos elementos químicos.

El material que se ha seleccionado es el AISI 1050 ya que es utilizado ampliamente en la fabricación de engranajes y ejes forjados y al ser un acero de medio carbono presenta una resistencia a la tracción y una tenacidad media.

La composición química del material es:

Tabla 1. Composición química del acero AISI 1050 [7]

C	Mn	S	P
0.48-0.55	0.60-0.90	<0.050	<0.040

Las propiedades mecánicas del material son:

Tabla 2. Propiedades mecánicas del acero AISI 1050[8]

AISI NO.	Procesamiento	Resistencia ultima MPa (ksi)	Resistencia de fluencia MPa (ksi)	Elongación en 2 in, %	Reducción en área %	Dureza Brinell
1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179

CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
----	-----------	----------	----	----	-----

Es muy importante también recalcar que este tipo de material es adecuado para la aplicación en nuestro sistema ya que este material puede ser empleado en ambientes de trabajo en donde las temperaturas sean superiores a los 200 °C.

- Cálculo de esfuerzos en el piñón

Para el cálculo de esfuerzos en el piñón se utiliza la ecuación de numero de esfuerzo flexionante:

$$S_t = \frac{W_t * P_d}{F * J} K_s K_o K_m K_B K_v \quad (7)$$

Donde:

S_t = Esfuerzo flexionante

W_t = Fuerza tangencial

P_d = Paso diametral

F = Ancho de cara

J = Factor de geometría

K_s = Factor de sobrecarga

K_o = Factor de tamaño

K_m = Factor de distribución de carga

K_B = Factor de espesor

K_v = Factor dinámico

Para la realización y aplicación de la ecuación (8) se necesitan los siguientes datos iniciales:

Número de dientes = 50

Paso diametral (Pd) = 6,35 in

Ancho de cara (F) = 0,39 in

Velocidad de giro del piñón (Va) =15 rpm

Con estos datos se calcula la fuerza tangencial con la ecuación:

$$W_t = \frac{33000 * P}{V_t} \quad (8)$$

Donde:

$P = \text{Potencia}$

$V_t = \text{velocidad tangencial, ft/min}$

Para calcular la velocidad tangencial se emplea la ecuación:

$$V_t = \frac{\pi * D_p * V_a}{12} \quad (9)$$

Donde:

$D_p = \text{Diámetro de paso}$

$V_a = \text{Velocidad el giro del piñón}$

El diámetro de paso se obtiene con la ecuación:

$$D_p = \frac{\# \text{ de dientes del piñón}}{\text{Paso diametral}} \quad (10)$$

Reemplazando tenemos:

$$D_p = \frac{50}{6,35} \cong 8$$

Reemplazando D_p en la ecuación (9), tenemos:

$$V_t = \frac{\pi * 8 * 15}{12}$$
$$V_t = 31,41 \text{ ft/min}$$

Reemplazando V_t en la ecuación (8), se tiene:

$$W_t = \frac{33000 * 0,5 \text{ HP}}{31,41 \text{ ft/min}}$$
$$W_t = 525,31 \text{ lbf}$$

Una vez calculada la fuerza tangencial, se obtienen el factor de forma J de la Figura 10:

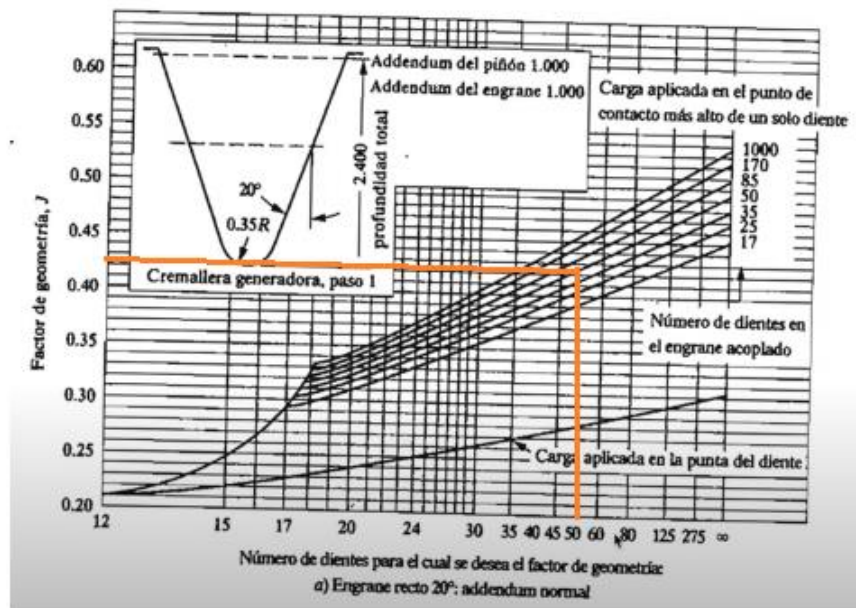


Figura 10. Factor de geometría, J . [12]

Tomando de referencia el número de dientes de 50 se obtiene un valor de factor de forma J de 0,43.

El siguiente paso es obtener los coeficientes de corrección de esfuerzos. Para obtener el factor K_s vamos a la Tabla 3:

Tabla 3. Factor de sobrecarga.[12]

Fuente de potencia	Máquina impulsada			
	Uniforme	Choque ligero	Choque moderado	Choque pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75
Choque ligero	1.20	1.40	1.75	2.25
Choque moderado	1.30	1.70	2.00	2.75

En la Tabla 3 se observa que la fuente de potencia en este caso es del tipo uniforme ya que es un motorreductor y se considera choque ligero ya que el sistema es del tipo de banda transportadora, entonces el valor $K_s=1,25$

El factor K_o se obtiene de la Tabla 4:

Tabla 4. Factor de tamaño. [12]

Paso diametral, P_d	Módulo métrico, m	Factor de tamaño, K_s
≥ 5	≤ 5	1.00
4	6	1.05
3	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.40

El factor K_o depende únicamente del paso diametral, en este caso el factor K_o es igual ya 1 ya que el paso diametral que se usa es mayor a 5.

Para obtener el factor K_m se utiliza la ecuación:

$$K_m = 1 + C_{pf} + C_{ma} \quad (11)$$

Donde:

C_{pf} = Factor de proporción del piñón

C_{ma} = Factor de alineamiento del engranado

Para encontrar el valor de C_{pf} se usa la Figura 11:

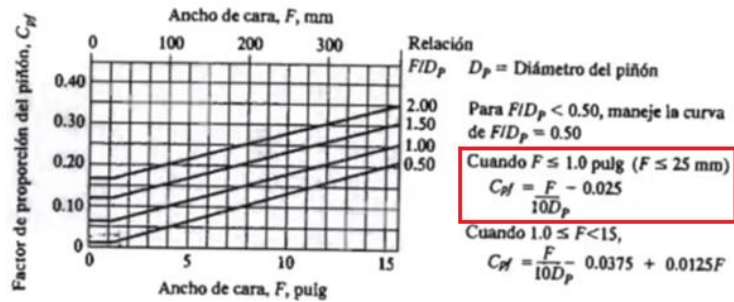


Figura 11. Factor de proporción del piñón. [12]

De acuerdo a la figura cuando se tiene un ancho de cara menor a 1 pulg se hace uso de la ecuación señalada, obteniendo un valor de $C_{pf} = 0,02$.

El valor de C_{ma} se obtiene de la Figura 12:

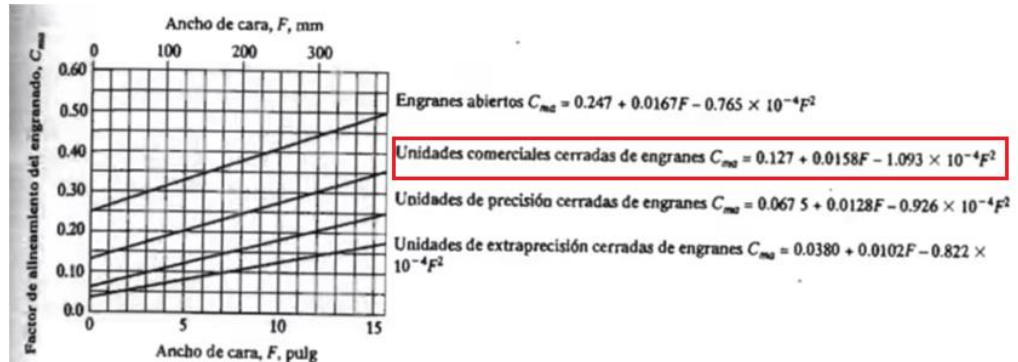


Figura 12. Factor de alineamiento del engranado. [12]

Con la Figura 12 de acuerdo con la aplicación de los engranes se utiliza la formula considerando unidades comerciales cerradas de engranes, reemplazando el valor de ancho de cara se tiene que $C_{ma} = 0,13$

Con los valores obtenidos se reemplaza en la ecuación (11) y se tiene que:

$$K_m = 1 + 0,02 + 0,13$$

$$K_m = 1,15$$

El valor de K_B se obtiene con la Figura 13:

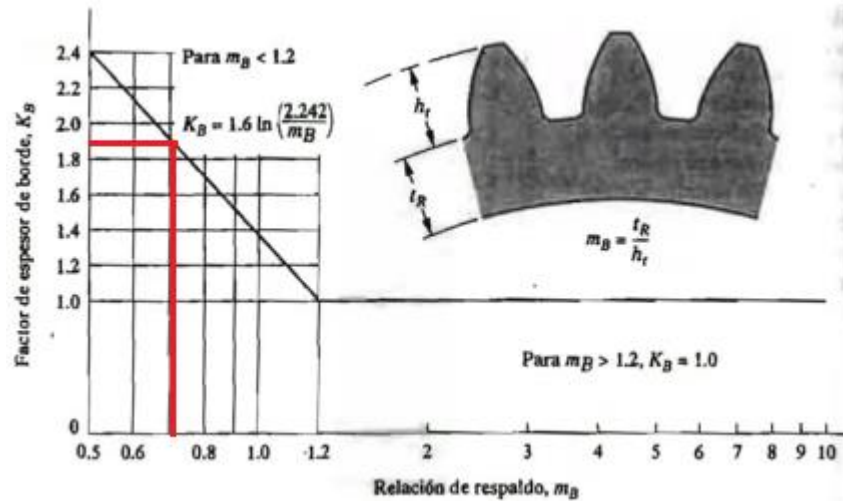


Figura 13. Actor de espesor de borde. [12]

Tomando como relación de respaldo $m_B = 0,71$ y ya que es menor a 1.2 se tiene de acuerdo con la gráfica que $K_B = 1,83$

El factor K_v se obtiene de la Figura 14:

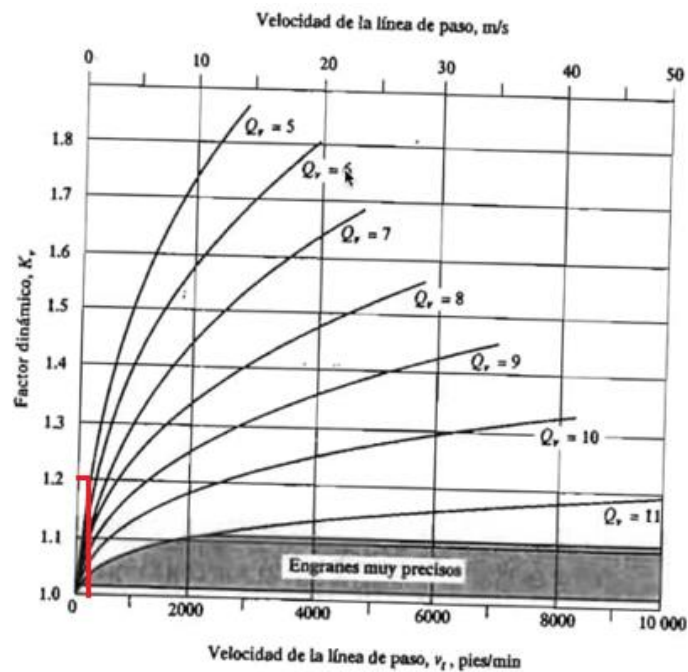


Figura 14. Factor dinámico. [12]

Colocando el valor de la velocidad de línea de paso de 31,41 ft/min y tomando un valor de $Q_v=5$ ya que los engranajes no se necesitan que tengan un nivel muy importante de precisión al momento de fabricación, es decir una fabricación normal de los engranajes, se tiene un valor de factor dinámico $K_v = 1,2$

Con todos los factores obtenidos se reemplaza en la ecuación (7) obteniendo:

$$S_t = \frac{525,31 * 6,35}{0,39 * 0,43} (1,25)(1)(1,15)(1,83)(1,2)$$

$$\underline{S_t = 62790,87 \text{ Psi}}$$

El valor del esfuerzo flexionante en el piñón es de 62790, 87 Psi

6.3.3. Selección de la cadena

La cadena del sistema se tendrá que seleccionar en base a los piñones que se han diseñado y también tomar en cuenta que tendrá que soportar cargas térmicas del horno y también debe ser resistente a la corrosión por la pintura que se tiene dentro de la cabina de pintura.

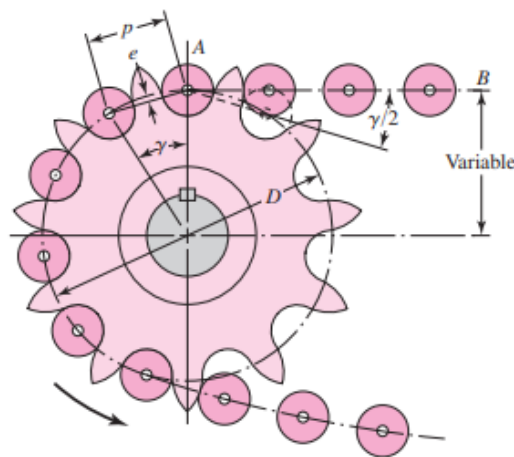


Figura 15. Acoplamiento de una cadena y Catarina.[6]

Previo la selección de la cadena se calcula el paso p de acuerdo con el diámetro D y al ángulo de articulación. Se calcula con la ecuación:

$$p = D * \text{sen}(180^\circ/N) \quad (12)$$

Donde:

D = Diámetro primitivo del engranaje

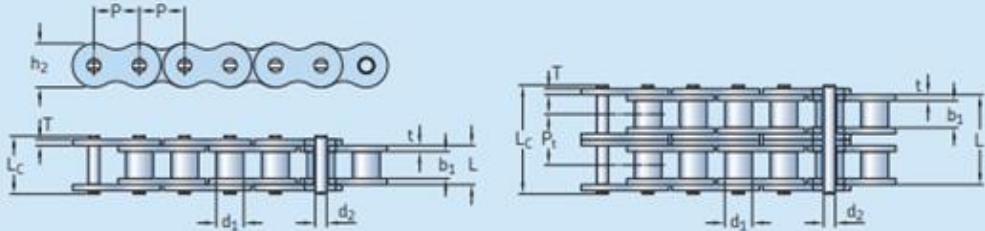
N = Número de dientes del engranaje.

Reemplazando:

$$p = 200 * \text{sen}(180^\circ/50)$$

$$p = 12,57 \text{ mm}$$

Para lo cual se ha recurrido a los catálogos de proveedores que se tienen a nivel nacional para elegir la cadena adecuada y que más se ajuste a nuestro sistema y tomando en cuenta el paso calculado se tiene en los catálogos que el diámetro superior es de 12,7 mm correspondiente a una cadena de número 40 con una sola hilera.



Chain number	Dimensions Pitch	Roller diameter	Width between inner plates	Pin diameter	Pin length	Inner plate height	Plate thickness	Ultimate tensile strength	Weight per meter	Designation		
	P	d ₁ max	b ₁ min	d ₂ max	L max	L _c max	h ₂ max	t max	T max	Q min	q	
—	mm									kN	kg/m	—
25-1SS1	6,350	3,30	3,18	2,31	7,90	8,40	6,00	0,80	0,80	2,5	0,15	PHC 25-1SS...
35-1SS1	9,525	5,08	4,77	3,58	12,40	13,17	9,00	1,30	1,30	5,5	0,33	PHC 35-1SS...
40-1SS	12,700	7,95	7,85	3,96	16,60	17,80	12,00	1,50	1,50	9,6	0,63	PHC 40-1SS...
50-1SS	15,875	10,16	9,40	5,08	20,70	22,20	15,09	2,03	2,03	15,2	1,03	PHC 50-1SS...
60-1SS	19,050	12,70	11,90	6,35	25,40	27,14	18,27	2,54	2,54	19,0	1,35	PHC 60-1SS...
80-1SS	25,400	15,88	15,75	7,92	32,70	35,00	24,00	3,25	3,25	38,9	2,62	PHC 80-1SS...
100-1SS	31,750	19,05	18,90	9,53	40,40	44,70	30,00	4,00	4,00	60,0	3,94	PHC 100-1SS...
120-1SS	38,100	22,23	22,22	11,10	50,30	54,30	35,70	4,80	4,80	72,5	5,72	PHC 120-1SS...
140-1SS	44,450	25,40	25,22	12,70	54,40	59,00	41,00	5,60	5,60	94,0	7,70	PHC 140-1SS...

Figura 16. Datos para la selección de cadena[12]

- Velocidad máxima de la cadena

Para el cálculo de la velocidad máxima de la cadena se utiliza la ecuación:

$$V_{max} = \frac{\pi * n * p}{12 * \text{sen}(y/2)} \quad (13)$$

Donde:

$n = \text{velocidad del engranaje, rpm}$

$p = \text{paso de la cadena, in}$

Reemplazando:

$$V_{max} = \frac{\pi * 10rpm * 0,49 \text{ in}}{12 * \text{sen}(180/50)}$$

$$V_{max} = 20,43 \text{ ft/min}$$

- Velocidad minina de la cadena

$$V_{min} = \frac{\pi * n * p \cos (y/2)}{12 \sin (y/2)} \quad (14)$$

Reemplazando:

$$V_{min} = \frac{\pi * 10rpm * 0,49 \cos (180/50)}{12 \sin (180/50)}$$

$$V_{min} = 20,38 \text{ ft/min}$$

- Potencia nominal

La potencia nominal para la cadena se obtiene con la formula:

$$H1 = 0,004N1^{1,08}n1^{0,9}p^{(3-0,07p)} \quad (15)$$

Donde:

$N1 = \text{Número de dientes del engranaje}$

$n1 = \text{Velocidad del engranaje}$

$p = \text{Paso de la cadena, in}$

Reemplazando:

$$H1 = 0,004(50)^{1,08}(10)^{0,9}(0,49)^{(3-0,07p)}$$

$$H1 = 0,26 \text{ HP}$$

La cadena seleccionada es del tipo SKF resistente a la corrosión de fabricada con acero de grado SS304 y SS316 que se desempeñan y trabajan muy bien a altas temperaturas, siendo también resistente a la permeabilidad magnética y resistente a los productos químicos más agresivos. En este caso se ha seleccionado la cadena 40-1SS.

6.3.4. Diseño de la base para el piñón

Las bases para el piñón es una parte importante ya que será aquí donde se asentarán tanto el piñón como la cadena por lo que tendrá que ser capaz de soportar ese peso y evitar que la base se flexione una vez que el sistema esté en funcionamiento.

Las cargas que soportara la base son de 680 N.

- Cálculo de momento flector en la base

Para el cálculo del momento flector en la base se toma la carga $P = 680\text{N}$ como la carga que va a actuar sobre la base. La distancia a la cual se encuentra la fuerza P del punto A es de 200 mm.

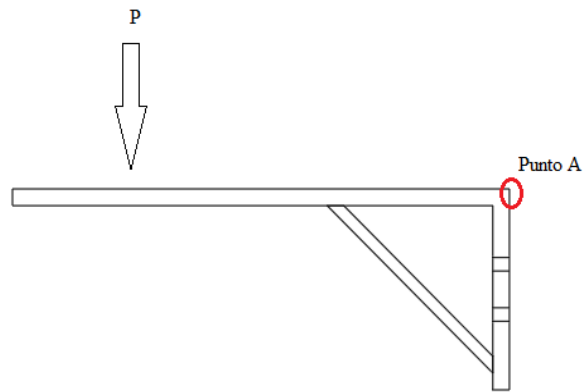


Figura 17. Diagrama de cuerpo libre [Autor]

Para calcular el momento en el punto A hacemos uso de la ecuación (16)

$$MA = F * d \quad (16)$$

Donde:

My = Momento en Y

F = Fuerza

d = distancia

Remplazando:

$$MA = 680\text{N} * 0.2\text{m}$$

$$MA = 136 \text{ N} * \text{m}$$

El valor del momento sobre la base del piñón es de 136 N*m

6.3.5. Selección del motorreductor

Para la selección del motorreductor que se va a emplear para el sistema de rotación se ha tomado como referencia las rpms que se desea a la salida, es decir la velocidad que se desea tener en el piñón que se encontrará montado sobre el eje del motorreductor. La velocidad deseada a la salida es de 10 rpm.

Otro dato a tomar en cuenta previa la selección del motorreductor es la potencia que se necesita para que el sistema funcione de manera adecuada. Para obtener la potencia se calcula de la siguiente manera:

Primero se obtiene la fuerza que actúa en el motorreductor, aquí tomando en cuenta el peso que tienen el cilindro que será movido mediante el sistema de rotación, siendo 15kg el peso del cilindro y un total de 8 cilindros que se mueven por el sistema de rotación, se obtiene un valor equivalente de fuerza igual a 1177,2 N, con este valor se obtiene la potencia:

$$P = \frac{F * d}{t}$$

$$P = 1177,2 \text{ N} * 0,16 \text{ m/s}$$

$$P = 188,32 \text{ W} \approx 0,18 \text{ kW}$$

Con el valor de la potencia obtenida se acude al catalogo y se selecciona el motorreductor adecuado.

0.18 kW						
n_2 min ⁻¹	M_2 Nm	S	i	R_{n2} N		
8.1	196	2.3	162.0	6500	C363_162.0 S05 M05B4	138
8.7	183	1.1	151.7	5000	C223_151.7 S05 M05B4	130
8.9	179	1.7	148.4	5500	C323_148.4 S05 M05B4	134
9.4	169	2.7	139.8	6500	C363_139.8 S05 M05B4	138
9.7	165	1.2	136.5	5000	C223_136.5 S05 M05B4	130
9.7	164	1.8	136.0	5500	C323_136.0 S05 M05B4	134
10.5	152	3.0	125.8	6500	C363_125.8 S05 M05B4	138
10.8	148	2.0	122.4	5500	C323_122.4 S05 M05B4	134
10.8	148	1.4	122.2	5000	C223_122.2 S05 M05B4	130
11.8	135	1.5	112.0	5000	C223_112.0 S05 M05B4	130
11.8	135	3.3	111.5	6500	C363_111.5 S05 M05B4	138
11.9	134	2.2	110.6	5500	C323_110.6 S05 M05B4	134
12.8	125	2.4	103.3	5500	C323_103.3 S05 M05B4	134
12.9	124	3.6	102.2	6500	C363_102.2 S05 M05B4	138

Figura 18. Datos para la selección de motorreductor[10]

En referencia al catálogo se ha seleccionado el motorreductor de tipo coaxial (C) ya que este tipo de motorreductores nos ofrecen un alto rendimiento y presentan también una baja sonoridad. También son muy rentables ya que su precio no es muy alto y sus costes

de mantenimiento son muy escasos, por lo que esta sería la opción más adecuada en cuanto a nuestro sistema de rotación, teniendo en cuenta que se van a utilizar en total una cantidad de 4 motorreductores, es decir 2 para la cabina de pintura y 2 para el horno de polimerizado.

6.3.6. Diseño de la base para el motorreductor

La base del motorreductor se diseñará en base a las medidas que tenga el motorreductor, las cuales vienen proporcionadas por el mismo catálogo del fabricante. Las medidas del motorreductor que se ha seleccionado se presentan en la Figura 19:

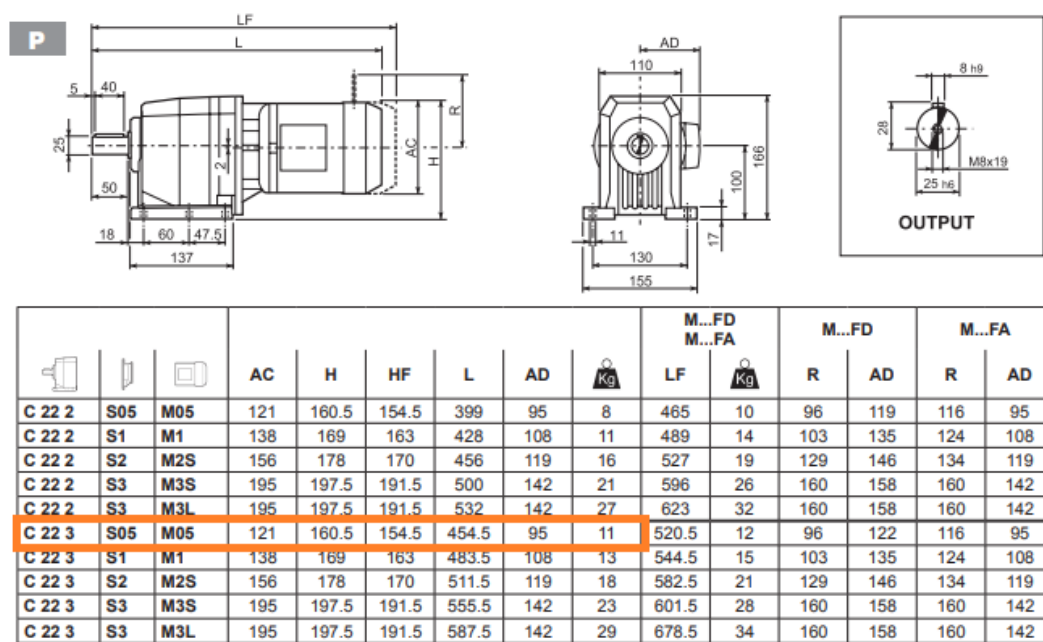


Figura 19. Medidas del motorreductor[10]

De acuerdo con las medidas que se observan en la Figura 19, proporcionadas por el fabricante la base diseñada para el motorreductor se presenta en la figura.

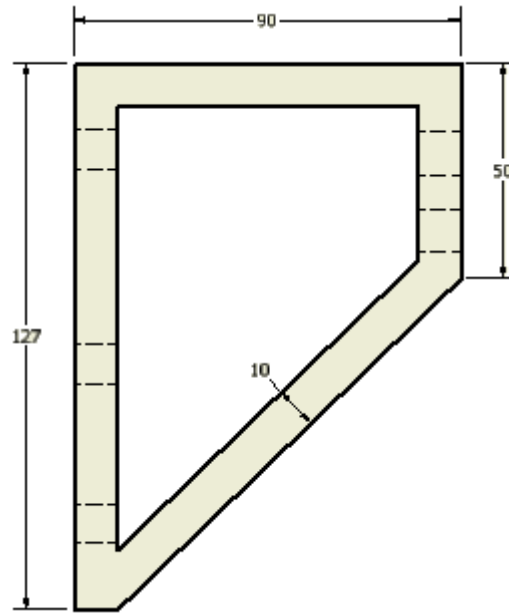


Figura 20. Diseño de base para el motorreductor [Autor]

- Cálculo de momento flector en la base del motorreductor

Para el cálculo del momento flector en la base del motorreductor se considera como única carga el peso del motorreductor con un valor de 27kg.

Para encontrar la fuerza que actúa sobre la base provocando un momento se utiliza la ecuación (18)

$$F = m * g \quad (18)$$

Donde:

F = Fuerza

m = Masa

g = Gravedad

Reemplazando:

$$F = 27 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 264,87 \text{ N}$$

La fuerza actúa a una distancia d del punto A, en donde la base se considera como empotrada, considerando el ancho de la base de 90 mm y la mitad del ancho del motorreductor que es de 70,5 mm la distancia d tiene un valor de 160,5 mm.

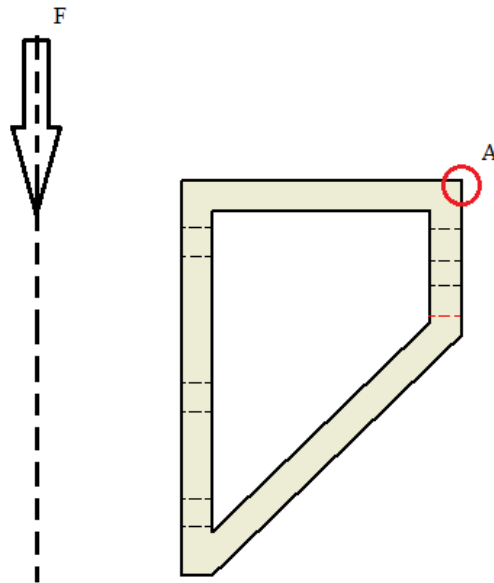


Figura 21. Diagrama de cuerpo libre base motorreductor [Autor]

La fuerza F genera un momento en el punto A en sentido antihorario con signo positivo, para calcularlo utilizamos la ecuación (16)

Remplazando:

$$MA = 264,87 \text{ N} * 0,1605 \text{ m}$$

$$MA = 42,51 \text{ N} * \text{m}$$

Por lo tanto, el momento que se genera en la base del motorreductor es de 42,51 N*m

6.4. Esquema eléctrico de control de velocidad de motorreductores

Para realizar el control de la velocidad de los motorreductores es necesario la aplicación de ciertos componentes eléctricos que nos facilitaran este tipo de tareas y que permiten tener un fácil control de la velocidad y sobre todo evitar que los equipos eléctricos sufran de algún tipo de daño durante su funcionamiento, garantizando la vida útil de los equipos.

Los equipos que se utilizaran para el diseño del circuito de control de velocidad para el circuito de potencia son: un disyuntor de III que nos ayudara a proteger el circuito en caso de que exista una variación entre la corriente entrante y la corriente saliente, un contactor de III, un variador de velocidad.

Para el circuito de mando se utilizará un disyuntor I, un pulsante N.C, un pulsante N.A, un contactor abierto y una bobina que energizará el circuito.

El circuito de potencia y el circuito de mando para la regulación de la velocidad de giro del motorreductor que se desee en cuanto a las necesidades se lo puede observar en la Figura 22.

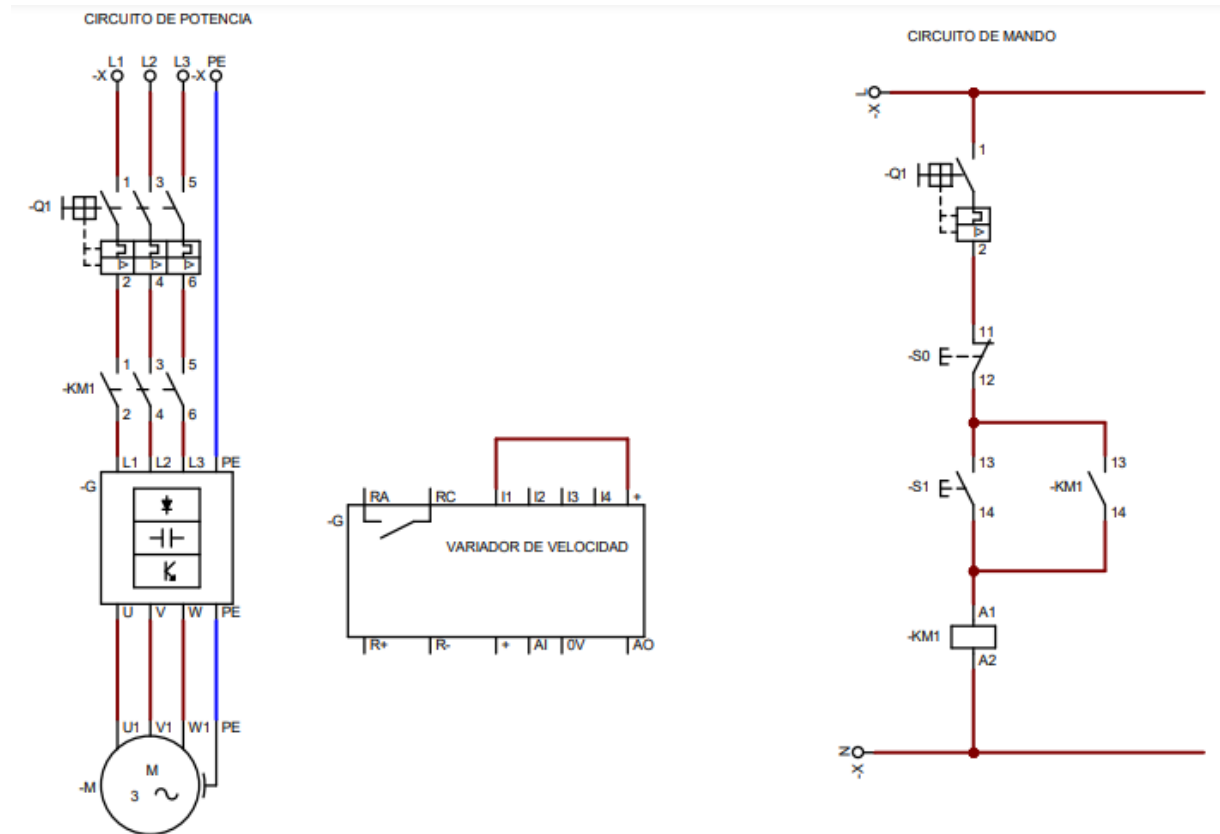


Figura 22. Diagrama eléctrico para el control de velocidad de motorreductor [Autor]

El funcionamiento del circuito de control de velocidad se energiza con el disyuntor abierto Q1 permitiendo el paso de la energía hacia el pulsante S0 normalmente cerrado, cuando se acciona el pulsante S1 normalmente abierto se activa también el contacto KM1 de la bobina energizando completamente todo el circuito permitiendo que el motorreductor comience a girar.

Una vez que el motorreductor esté en funcionamiento se puede mediante el variador de la velocidad controlando valores de frecuencia en Hz variar la velocidad de acuerdo a lo que se requiera durante el funcionamiento del motorreductor, haciendo que gire a mayores o a menores rpm's dependiendo la necesidad.

6.5. Análisis técnico financiero

En este apartado del proyecto se muestran los costos de construcciones de los diferentes elementos que componen el sistema de rotación, mano de obra que se verá involucrada en

la construcción de ciertos elementos y los costos de implementación del sistema en su totalidad, para detallar todo esto se ha realizado el análisis de precios unitarios como se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Análisis de costos unitarios de componentes mecánicos [Autor]

PROYECTO: Diseño de un sistema de rotación de tanques de gas para las cabinas de pintura y horno de curado en la empresa Tecnero S.A. ÁNALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL OFERENTE:					
PROYECTO: Diseño de un sistema de rotación de tanques de gas para las cabinas de pintura y horno de curado en la empresa Tecnero S.A.					
ITEM:	1				
DESCRIPCION:	Componentes mecánicos				
UNIDAD:	u				
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor		3%MO			80,29
(Taladro, brocas, llaves de boca, dados,etc)					
Cortador Plasma		1	13,00	4	52,00
Torno		1	25,00	14	350,00
Fresadora		1	25,00	4	100,00
				PARCIAL M	582,29
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO/U	COSTO TOTAL C=A*B
Plancha de acero AISI 1050 10mm		u	1,00	420	420,00
Plancha de acero A36 10mm		u	1,00	200	200,00
Perno M8x45 con arandela y tuerca		u	20,00	0,7	14,00
Motorreductor 2HP		u	4,00	850	3400,00
Cadena de rodillos		u	1,00	70	70,00

					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
				PARCIAL N	4104,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B* C
Cuenca	u	1	35,00	20	700,00
					0,00
				PARCIAL O	700,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO O HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B* C
Ayudante mecánico		2	3,22	360	2318,40
Ingeniero Mecánico		1	3,58	100	358,00
					0,00
				PARCIAL P	2676,40
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)					8062,69
INDIRECTOS Y UTILIDAD				20,00%	1612,54
COSTO TOTAL DEL RUBRO					
VALOR PROPUESTO					9675,23

Tabla 6. Análisis de costos unitarios del sistema eléctrico [Autor]

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL OFERENTE:					
PROYECTO: Diseño de un sistema de rotación de tanques de gas para las cabinas de pintura y horno de curado en la empresa Tecnero S.A.					
ITEM:	2				
DESCRIPCION:	Sistema eléctrico				
UNIDAD:	u				
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor		3%MO			33,50
(Taladro, brocas, llaves de boca, dados,etc)					
				PARCIAL M	33,50
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U	COSTO TOTAL C=A*B
Variador de velocidad		u	1,00	50	50,00
Disyuntor		u	4,00	25	100,00
Pulsante		u	8,00	5	40,00
Contactores		u	4,00	10	40,00
Rollo de cable #10		u	1,00	5	5,00
Borneras		u	20,00	0,5	10,00
					0,00
					0,00
					0,00
				PARCIAL N	245,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Cuenca	u	10	3,00	1	30,00

				PARCIAL O	30,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C	
Ayudante eléctrico	2	1,73	240		830,40
Ingeniero mecánico	1	3,58	80		286,40
					0,00
				PARCIAL P	1116,80
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)					1425,30
INDIRECTOS Y UTILIDAD			20,00%		285,06
COSTO TOTAL DEL RUBRO					
VALOR PROPUESTO					1710,36

Tabla 7. Análisis de precios unitarios de ensamble y puesta en marcha [Autor]

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL OFERENTE:					
PROYECTO: Diseño de un sistema de rotación de tanques de gas para las cabinas de pintura y horno de curado en la empresa Tecnero S.A.					
ITEM:	3				
DESCRIPCION:	Ensamble y puesta en marcha				
UNIDAD:	u				
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C	
Herramienta menor	3%MO			2,63	
(Taladro, brocas, llaves de boca, dados, etc.)					

				PARCIAL M	2,63
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO/U	COSTO TOTAL C=A*B	
Ensamble general	u	1,00	400	400,00	
Puesta en marcha del equipo	u	1,00	180	180,00	
Montaje del equipo	u	1,00	230	230,00	
				PARCIAL N	810,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
					0,00
				PARCIAL O	0,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C
Técnico 1		1	2,00	25	50,00
Técnico 2		1	1,50	25	37,50
					0,00
				PARCIAL P	87,50
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)					900,13
INDIRECTOS Y UTILIDAD				20,00%	180,03

COSTO TOTAL DEL RUBRO					
VALOR PROPUESTO					1080,15

Tabla 8. Análisis costos unitarios totales [Autor]

ANÁLISIS DE COSTOS TOTALES					
<i>PROYECTO: Diseño de un sistema de rotación de tanques de gas para las cabinas de pintura y horno de curado en la empresa Tecnero S.A.</i>					
N°	Descripción	Unid.	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Componentes mecánicos	u	1	9675,23	9675,23
2	Sistema eléctrico	u	1	1710,36	1710,36
3	Ensamble y puesta en marcha	u	1	1080,15	1080,15
				TOTAL	12465,75

6.6.Simulación en Ansys

Los resultados obtenidos mediante simulaciones dentro de software Ansys tiene que ver con la deformación que tienen los elementos cuando se encuentran sometidos a las cargas de trabajo, también se tienen resultados de análisis de Von Mises en las piezas que se encuentran sometidos a cargas permanentes durante el funcionamiento del sistema y por último el análisis de momento de las bases tanto del piñón como en la base del motorreductor.

En la Figura 23 se observa la malla generada para el piñón de la cadena, se recomienda que la malla que se utilice sea la del valor más alto para así obtener buenos resultados el momento que realicemos las respectivas simulaciones.

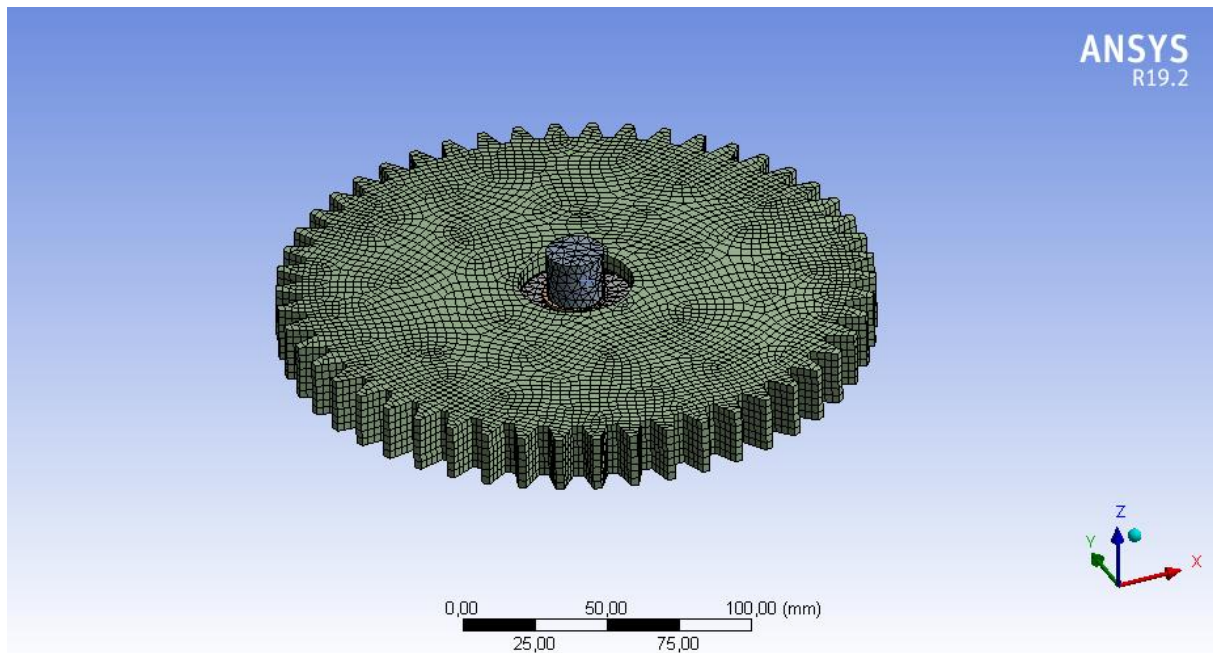


Figura 23. Mallado del piñón de la cadena [Autor]

En la Figura 24 se observa como el piñón reacciona al esfuerzo de Von- Mises que tiene un valor de 26,35 MPa como valor máximo para el piñón de la cadena. Es necesario recalcar que para la realización de esta simulación se colocó al piñón junto con el eje donde va colocado el piñón, esto con la intención de observar cómo es el comportamiento en conjunto de los elementos al momento que se encuentren trabajando con las cargas del sistema.

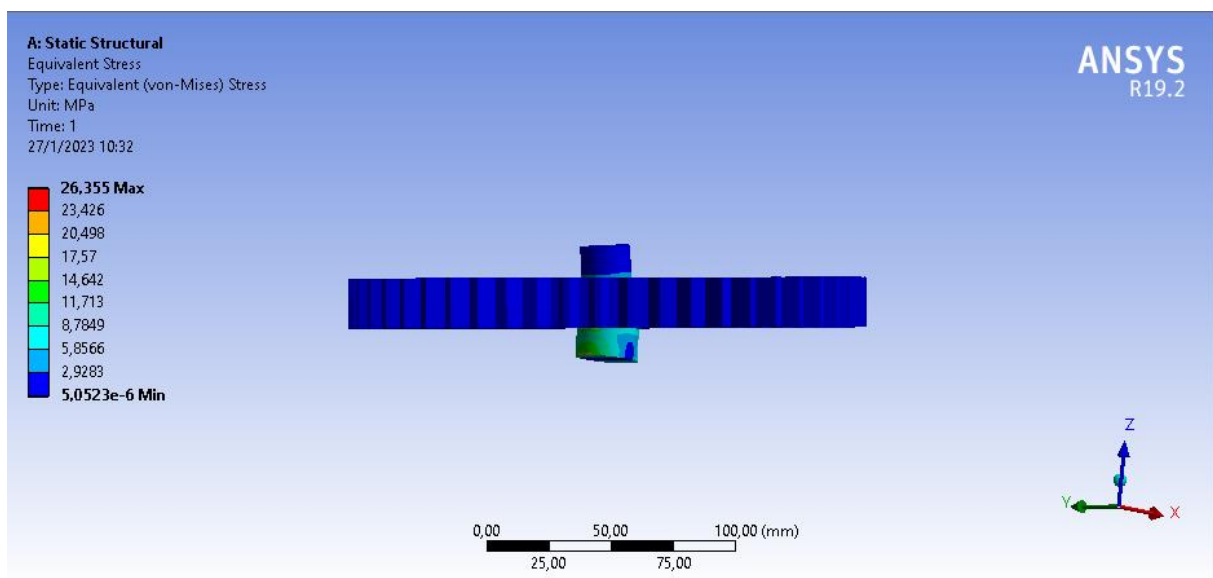


Figura 24. Esfuerzo de Von- Mises sobre el piñón [Autor]

La Figura 25 muestra los lugares del piñón donde más se puede deformar por motivo de las cargas que soporta el piñón, para este caso el valor de la deformación es sumamente pequeño con un valor 0,011 mm como valor máximo de la deformación.

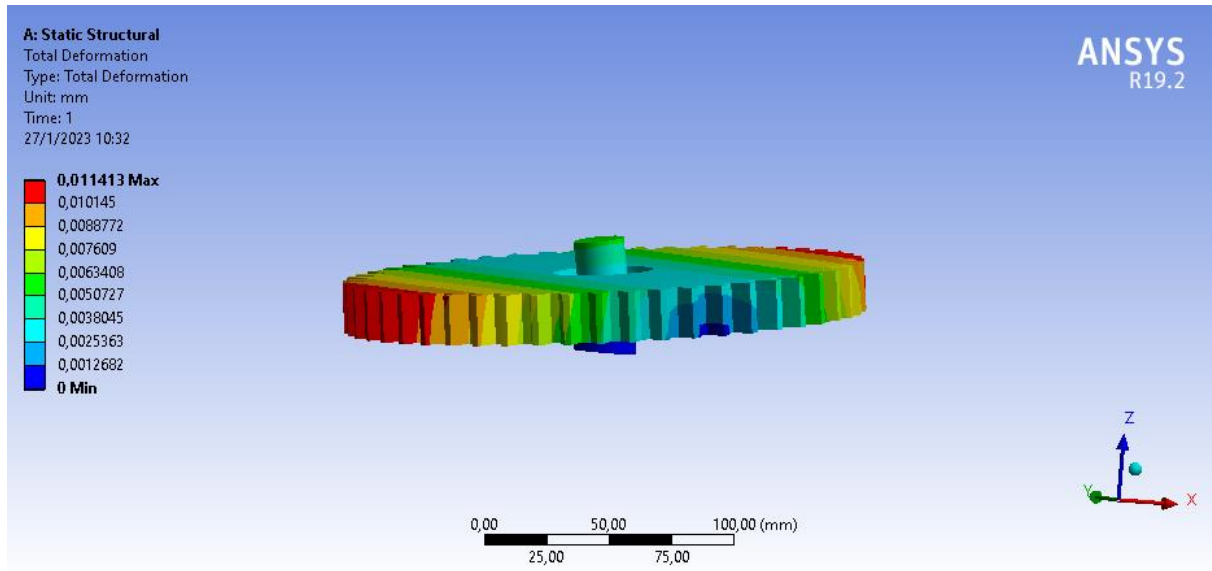


Figura 25: Deformación total del piñón [Autor]

En la Figura 26 se puede apreciar el mallado para el eje donde se colocará el piñón para la cadena.

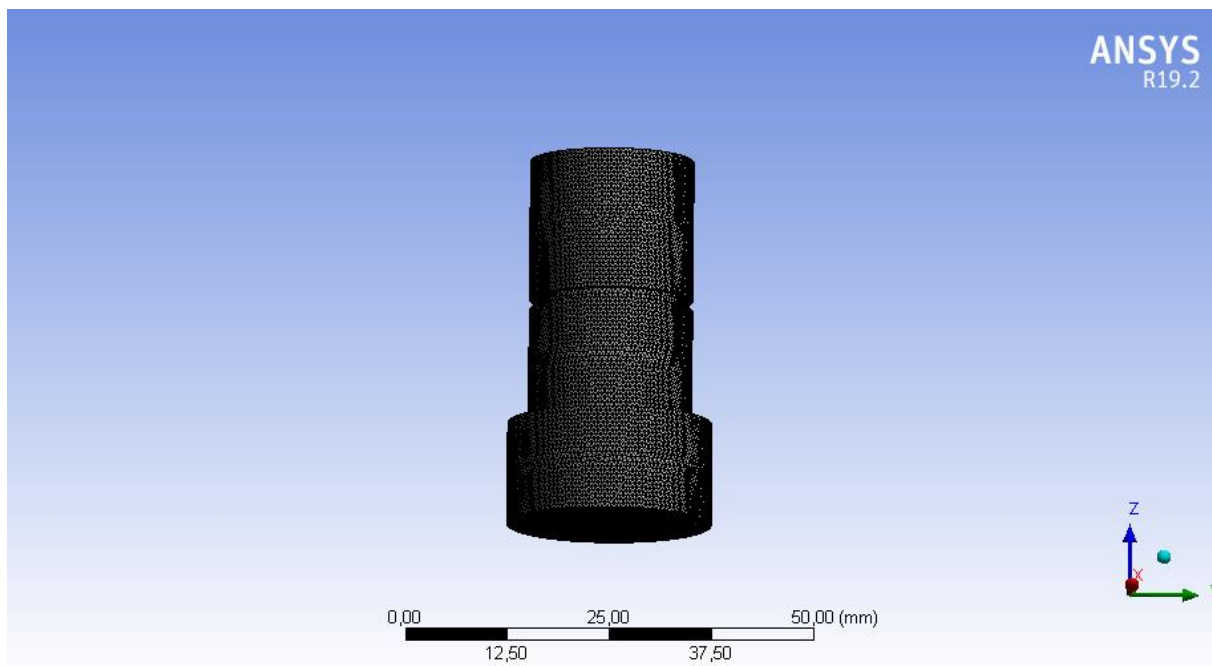


Figura 26. Mallado del eje del piñón de cadena [Autor]

En la Figura 27 se puede observar el valor del esfuerzo de Von-Mises al cual esta sometido el eje durante la aplicación de la carga que se tiene en el sistema.

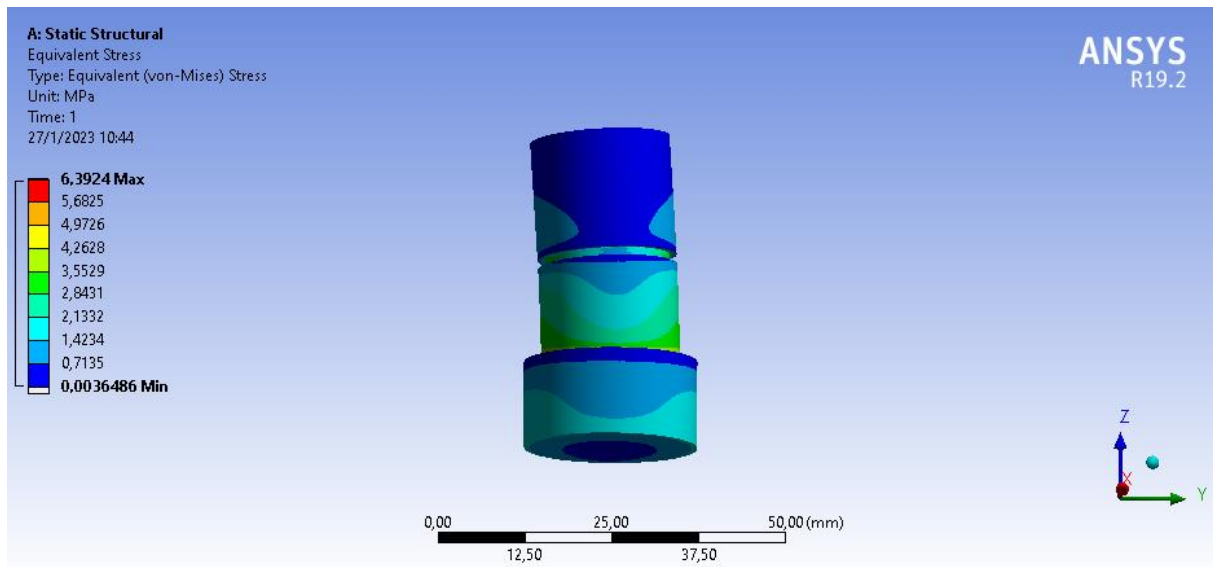


Figura 27. Esfuerzo de Von-Misses sobre el eje [Autor]

Al igual que en el piñón, en la Figura 28 se presenta la deformación que tendrá el eje y, de la misma forma se obtiene un valor muy bajo, siendo este un valor máximo de 0,0012 mm

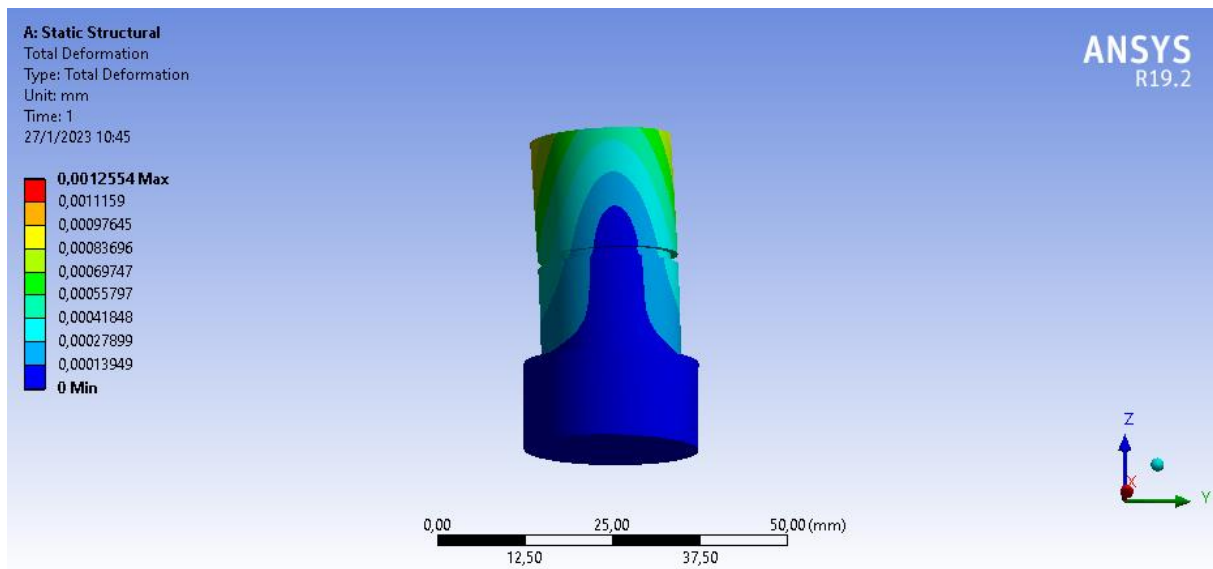


Figura 28. Deformación total del eje del piñón [Autor]

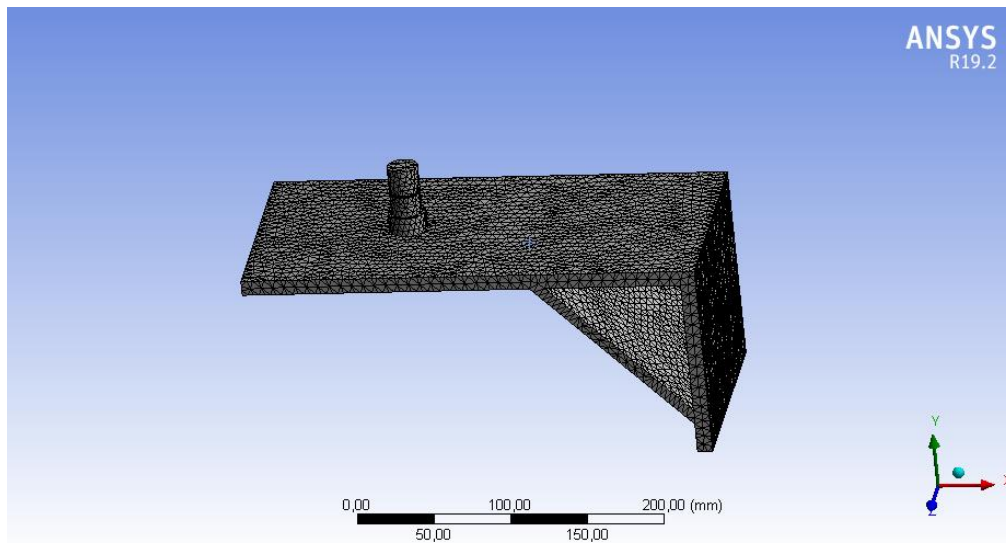


Figura 29. Mallado de la base del piñón de la cadena [Autor]

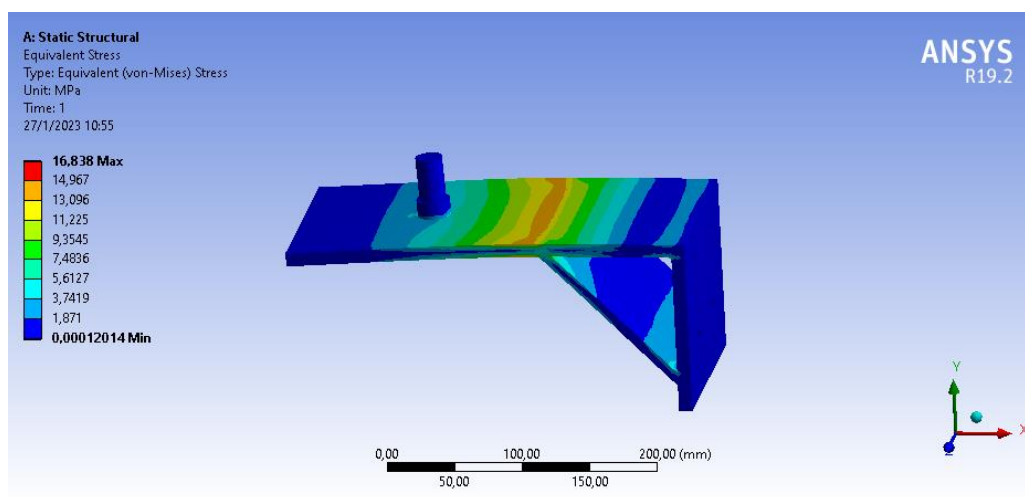


Figura 30. Esfuerzo de Von-Mises sobre la base del piñón de la cadena [Autor]

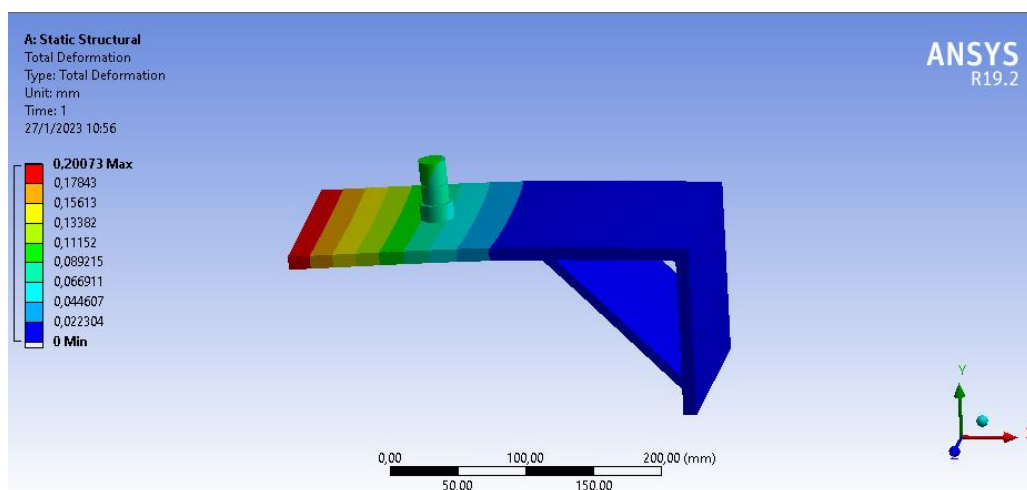


Figura 31. Deformación total de la base del piñón de la cadena [Autor]

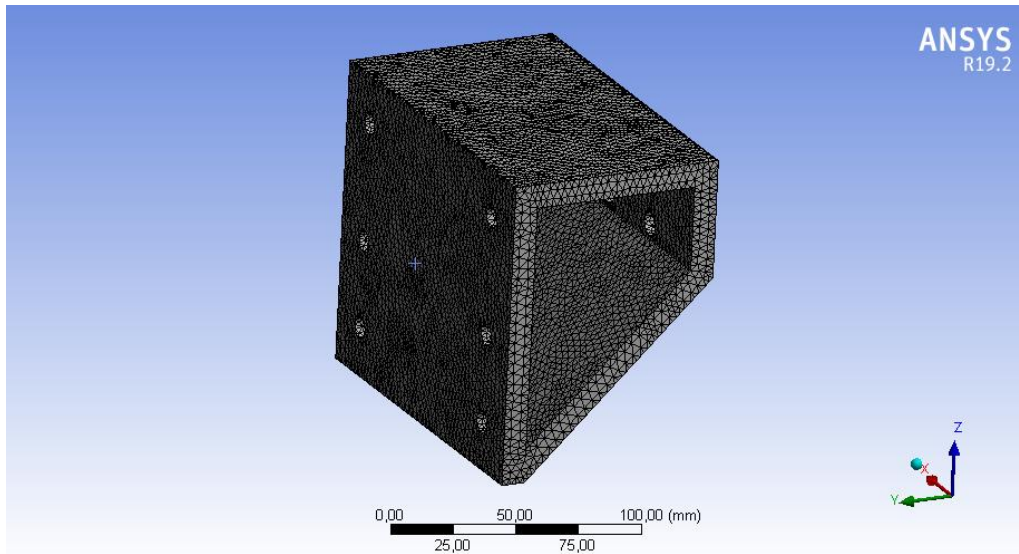


Figura 32. Mallado de la base del motorreductor [Autor]

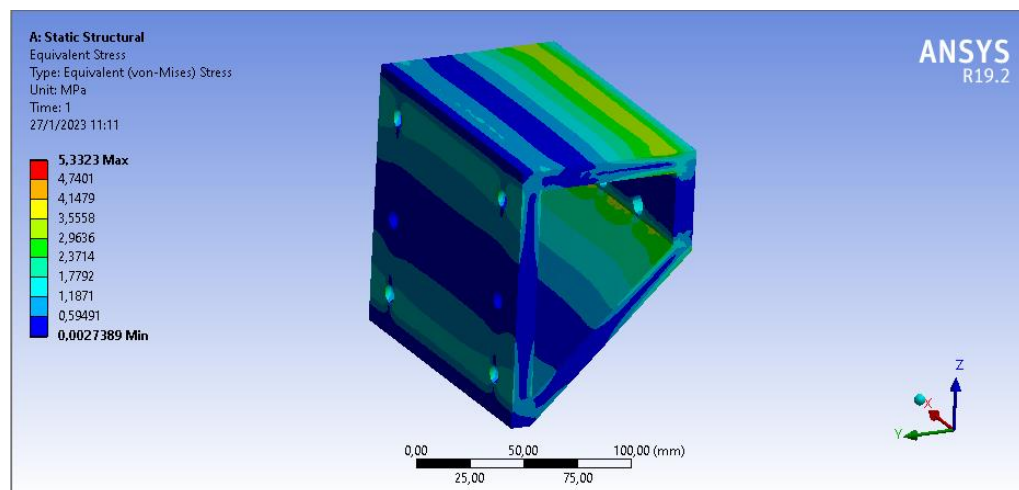


Figura 33. Esfuerzo de Von-Mises sobre la base del motorreductor [Autor]

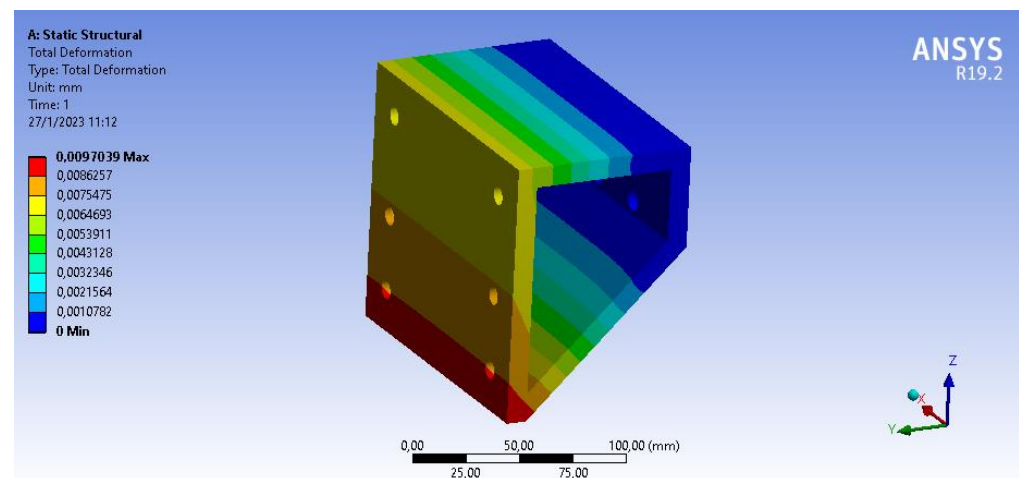


Figura 34. Deformación total de la base del motorreductor [Autor]

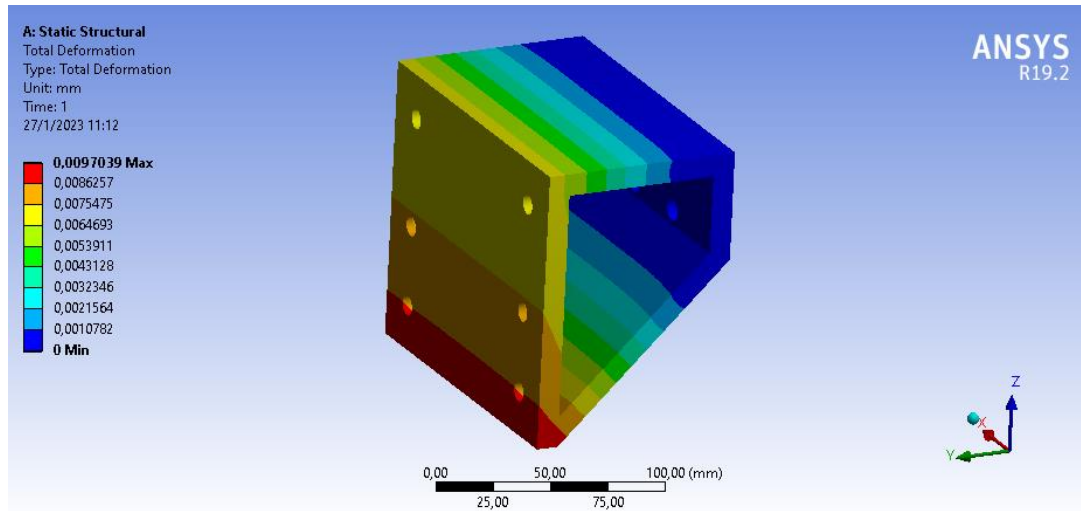


Figura 35. Deformación total de la base del motorreductor [Autor]

7. Resultados

Como resultado se obtuvieron los diseños del sistema de rotación tanto en la cabina de pintura como en el horno de polimerización, donde se pueden observar los distintos elementos que conforman el sistema y la ubicación del sistema de rotación dentro de la cabina de pintura y horno de polimerización.

En la Figura 36 se muestra el ensamble de todas las partes y componentes del sistema de rotación diseñado para la cabina de pintura y el horno de polimerizado en su tramo de paneles infrarrojos.

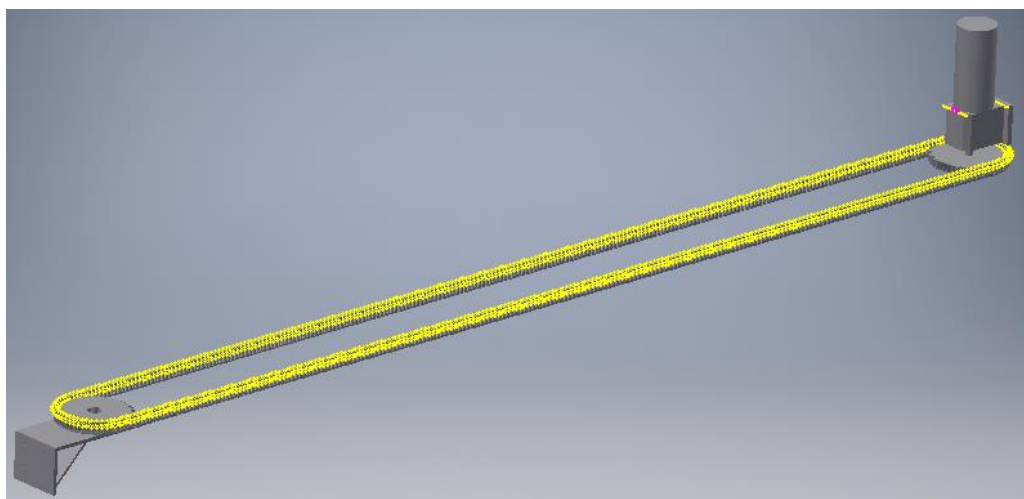


Figura 36. Ensamble del mecanismo de rotación [Autor]

La Figura 37 muestra el montaje del sistema de rotación diseñado dentro de la cabina de pintura, se puede observar la posición en la que se encuentra ubicado el sistema que es la

parte superior, ya que es ahí donde se encuentran las rieles por donde se trasladan los cilindros de gas durante el proceso de producción.

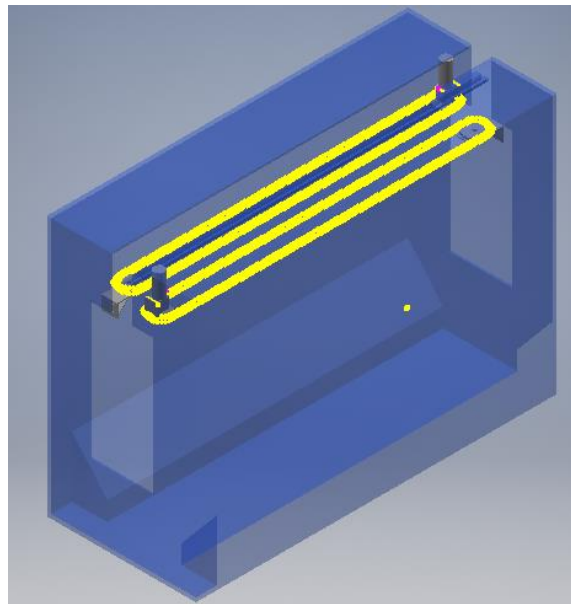


Figura 37. Cabina de pintura incorporada el mecanismo de rotación [Autor]

La Figura 38 muestra la disposición del sistema de rotación dentro del horno de polimerización en su tramo de paneles infrarrojos, en el montaje del sistema hay que tomar en cuenta que la altura a la que se deberían colocar los componentes debe ser una altura prudente, para que los componentes no sufran mucho el impacto de la temperatura que se tiene dentro del horno.

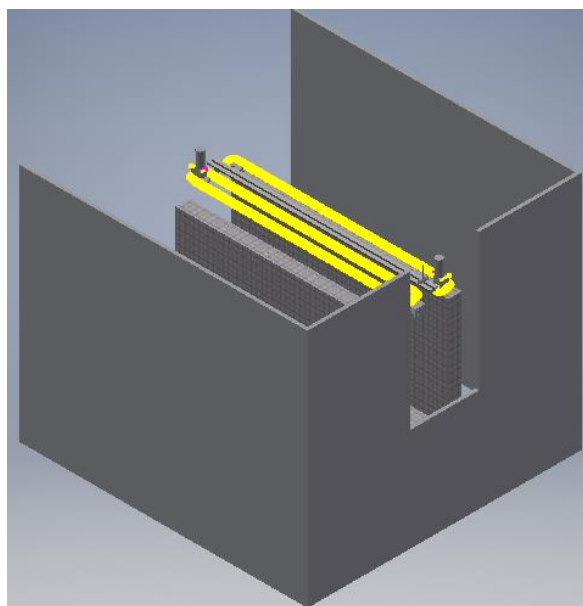


Figura 38. Horno de polimerizado incorporado el mecanismo de rotación [Autor]

8. Conclusiones

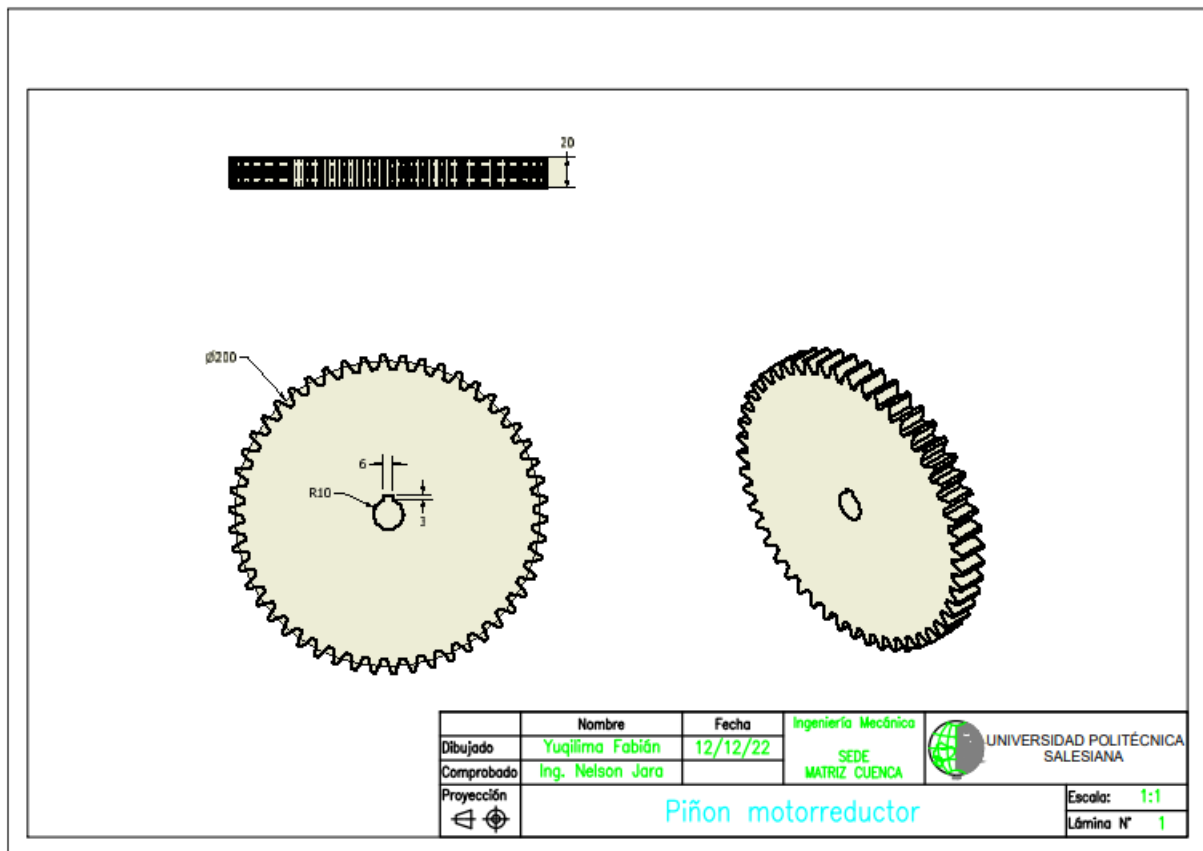
- Se diseñó y se simuló las partes y componentes que se verán afectados por las cargas de trabajo que se tendrá durante el funcionamiento del sistema de rotación, tomando en cuenta que las parte más afectadas por las cargas de trabajo serán los piñones que se encuentran en constante fricción con la cadena y con la catalina que permite el giro libre del cilindro de gas, sin embargo tomando en cuenta las simulaciones realizadas en software de Ingeniería y aplicando las cargas pertinentes de trabajo, los valores de las deformaciones y esfuerzos que se observan en los piñones mientras se encuentran en funcionamiento son relativamente bajos, por lo que se podría asumir que el diseño de los elementos estaría correcto.
- Se realizó también el circuito eléctrico, que permite controlar la velocidad de salida del motorreductor para poder controlar de mejor manera la velocidad a la que gira el cilindro dentro de la cabina de pintura y el horno de polimerización,
- Se ha verificado mediante simulación que el circuito funciona de manera correcta, sin embargo, sería muy importante poder comprobar la validez de este durante el montaje y puesta en marcha del sistema.
- Mediante el análisis técnico financiero se puede deducir que el costo del sistema de rotación, incluido el montaje y puesta en marcha, resulta ser de cierta manera rentable, tomando en cuenta que ciertos elementos y componentes del sistema de rotación, tienen que ser traídos de otra ciudad, debido a los precios que se manejan los diferentes proveedores de los equipos y elementos utilizados para el diseño del sistema de rotación.

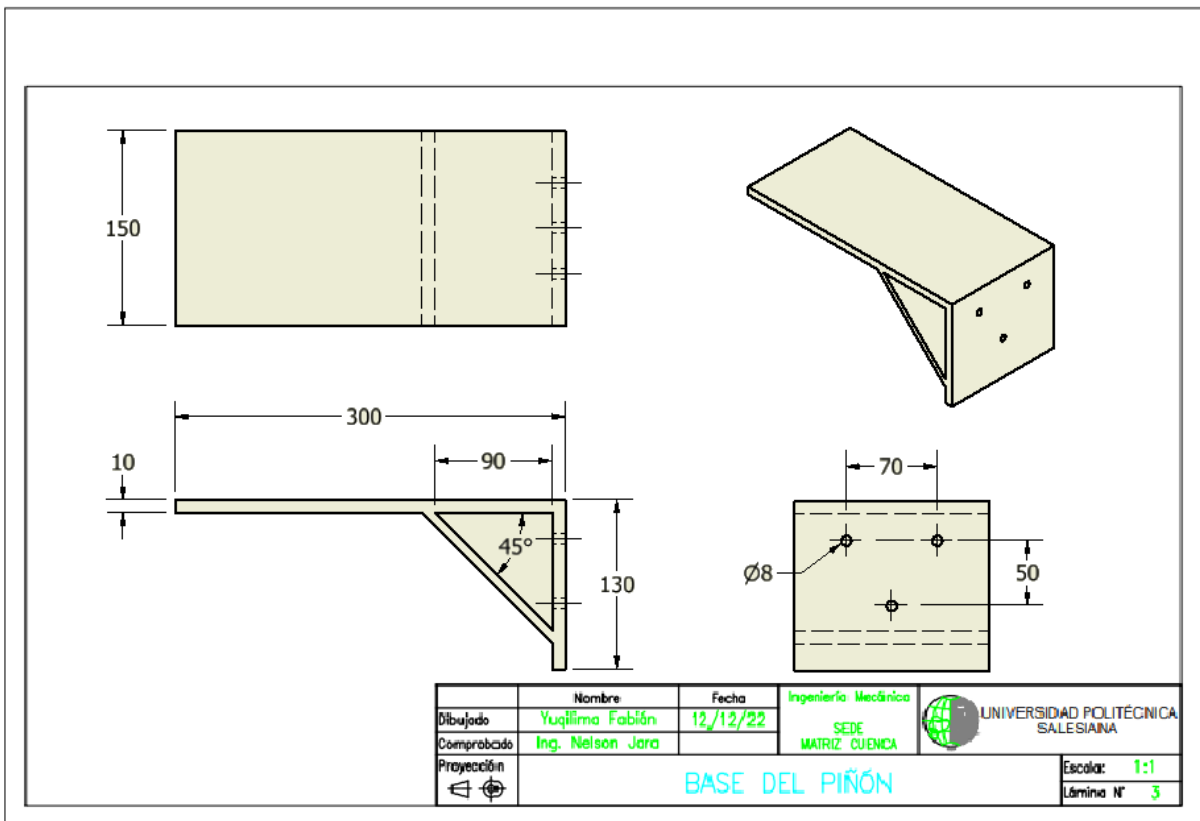
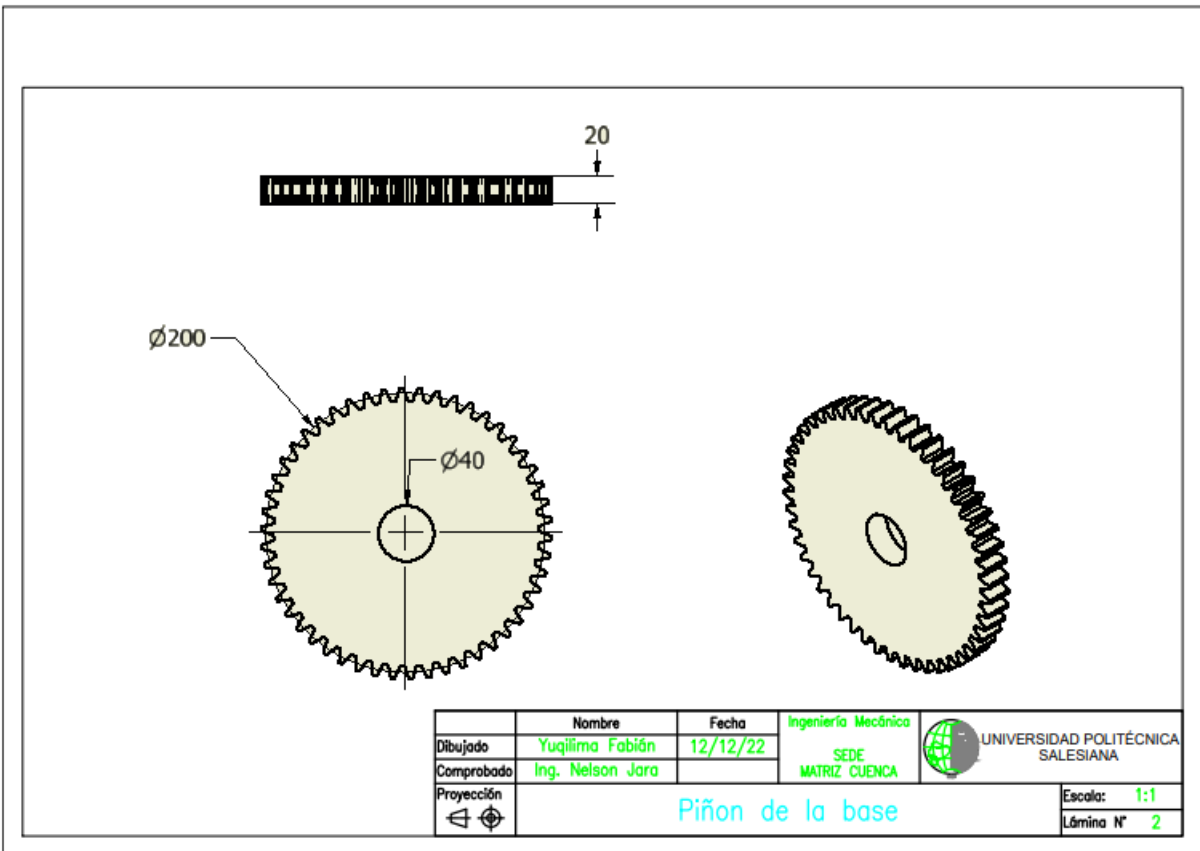
9. Referencias

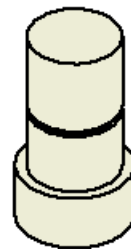
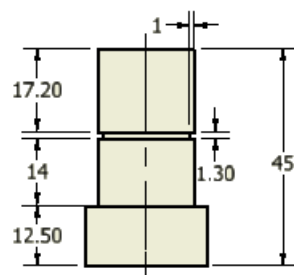
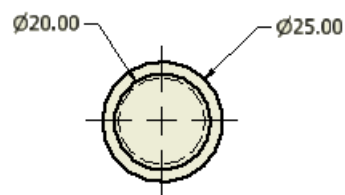
- [1] «Mecanismos de transformación». <https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/41/html/transfor.html> (accedido 2 de febrero de 2023).
- [2] «4.4.- Cadenas.» https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/44_cadenas.html (accedido 2 de febrero de 2023).
- [3] «Mecanismos de transmisión del movimiento | Aprendemos tecnología». <https://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transmision-del-movimiento/> (accedido 2 de febrero de 2023).
- [4] «Variadores de velocidad: todo lo que necesitas saber sobre las cajas reductoras – Blog CLR». <https://clr.es/blog/es/variadores-de-velocidad/> (accedido 1 de febrero de 2023).

- [5] J. Linares, «Variadores de velocidad: todo lo que necesitas saber sobre las cajas reductoras», 7 de marzo de 2019. <https://clr.es/blog/es/variadores-de-velocidad/> (accedido 1 de febrero de 2023).
- [6] J. E. Shigley, J. J. Uicker, J. H. Pérez, y H. C. de Contín, *Teoría de máquinas y mecanismos*. McGraw-Hill México;, 1983.
- [7] «Acero 1050: características, propiedades, análogos - Metinvest». <https://metinvestholding.com/es/products/steel-grades/1050> (accedido 31 de enero de 2023).
- [8] «Propiedades_aceros.pdf». Accedido: 31 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://lim.ii.udc.es/docencia/din-sismec/Propiedades_aceros.pdf
- [9] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*, Cuarta edición. Pearson, 2006.
- [10] «Bonfiglioli. Catálogo de motorreductores». 30 de junio de 2020.

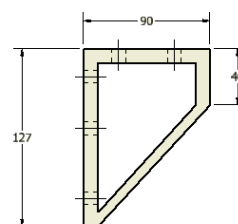
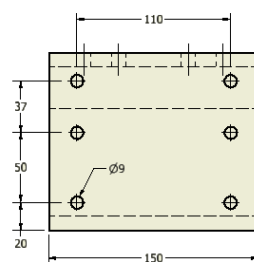
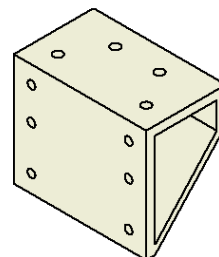
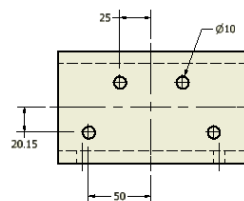
10. Anexos - Planos







	Nombre	Fecha	Ingeniería Mecánica	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
Dibujado	Yuqilima Fabián	12/12/22	SEDE	
Comprobado	Ing. Nelson Jara		MATRIZ CUENCA	
Proyección	EJE DE LA BASE			
				Escala: 1:1
				Lámina N° 4



	Nombre	Fecha	Ingeniero Mecánica	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
Dibujado	Yuqilima Fabián	12/12/22	SEDE	
Comprobado	Ing. Nelson Jara		MATRIZ CUENCA	
Proyección	 BASE MOTORREDUCTOR			
				Escala: 1:1
				Lámina N° 5