UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

DISEÑO DE HERRAMIENTA DE EXTRACCIÓN PARA ENGRANAJES "GEAR RING" DE CARGADOR FRONTAL MODELO 992 CATERPILLAR, PARA EMPRESA AUEL LTDA.

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en

PROYECTO Y DISEÑO MECÁNICO

Alumno:

Angelo Fabrizio Lloyd López

Profesor Guía:

Sr. Santiago Geywitz Bernal.

2020

RESUMEN EJECUTIVO

Keywords: HERRAMIENTA DE EXTRACCIÓN, ENGRANAJES GEAR RING.

En el primer capítulo se expone todos los antecedentes generales que serán necesarios evaluar para el diseño de herramienta de extracción de engranajes Gear ring de cargador frontal modelo 992 CATERPILLAR, obviamente partiendo desde el inicio del proyecto que es el objetivo general y los objetivos específicos, luego se expondrá la metodología de diseño a utilizar que será las más acorde a nuestro proyecto seguido de las especificaciones técnicas, que deberemos profundizar en detalle para poder llegar a escoger la solución más adecuada y precisa para nuestro proyecto, esta parte nos mostrará el origen del proyecto y su necesidad básica que fue solicitada por el taller de la maestranza AUEL LTDA.

En el segundo capítulo se mostrará la ingeniería básica del proyecto, dando a conocer los requisitos específicos y necesarios para el diseño de nuestra herramienta, desde esta etapa surgirán los bosquejos de nuestra solución, los cuales mostraron de manera gráfica y reconocible cada una de las partes de la herramienta, es por eso que reforzaremos con información cada uno de estos segmentos, para lo cual se integrarán los respectivos análisis sistémico y funcional mostrando los subsistemas y componentes, con la intención de despejar todas las dudas que surjan al lector.

Se evidenciarán todos los cálculos y análisis pertinentes en la siguiente sección de ingeniería de detalle y sus respectivas memorias de cálculo del proyecto y análisis de esfuerzo básico a cada componente de la herramienta. Para culminar se mostrarán los costos y presupuestos necesarios para poder concretar el proyecto con su fabricación.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO **2**

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN **1**

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO **5**

1.1.1. Objetivo principal 5

1.1.2. Objetivos específicos 5

1.2. METODOLOGÍA DE DISEÑO **6**

1.2.1. Análisis Del Problema 7

1.2.2. Diseño Conceptual 7

1.2.3. Realización 8

1.2.4. Diseño De Detalle 8

1.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS **9**

1.3.1 Maestranza AUEL 9

1.3.2 Taller CRC 10

1.3.3 Reparaciones de componentes 11

1.3.4 Engranaje Gear Ring 12

1.3.5 Equipos que deben interactuar con la herramienta 13

1.4. NORMATIVA Y ASPECTOS LEGALES **15**

1.4.1 Normas 15

1.4.1.1. Normas Chilenas 15

1.4.1.2 Ley 20.949 15

1.4.1.3 Norma Chilena 427 16

1.4.1.4 Instituto chileno del acero 16

1.4.1.5 Instituto Nacional de Normalización 16

1.4.2 Normas Internacionales 16

1.4.2.1 Sociedad americana para prueba de materiales 17

1.4.2.2 Sociedad americana de soldadura 17

1.4.2.3 ASME 17

1.4.2.4 ASME B30.9 17

1.4.2.5 Principales Prácticas Operativas según ASME B30.9 18

1.4.2.6 Norma EN 818 18

1.4.2.6.1 Características de las eslingas de cadena 19

CAPÍTULO 2: INGENIERÍA DE DESARROLLO **1**

2.1 INGENIERÍA CONCEPTUAL **22**

2.1.1. Detalle de requerimientos 22

2.1.1.2 Engranajes unidos a la masa. 22

2.1.2. Solución Proyecto 24
2.1.2.1 Idea y funcionamiento de la herramienta de extracción 24
2.1.3 Descripción proceso de fabricación 25
2.1.3.1 Materiales 25
2.1.3.1.1 Perfiles Tubulares 25
2.1.3.1.2. Planchas De acero 26
2.1.3.1.3. Soldadura 27
2.1.3.2 Talleres y herramientas involucrados en la fabricación 28
2.1.3.2.1. Taller de corte y perforaciones 28
2.1.3.2.1. Taller de Mecanizado 30
2.1.3.2.1. Taller de Soldadura 31

2.2. INGENIERÍA BÁSICA 31
2.2.1. Análisis Sistémico 31
2.2.1.1. Subsistema Estructural 31
2.2.1.2. Subsistema De Conexión 32
2.2.1.3. Subsistema De Fijación 32
2.2.2. Caja Negra 32
2.2.3. Análisis Funcional 33
2.2.4 Diagrama de bloque 35
2.2.5 Diagrama de flujo 36

2.3 INGENIERÍA DETALLE 36
2.3.1 Maqueta virtual 36
2.3.1.2. Subconjuntos 37
2.3.3 Cálculo de tensiones 40
2.3.3.1. Desarrollo problema de planteo 41
2.3.4 Análisis de esfuerzos a la herramienta 43
2.3.4.1 Base de cálculo 43
2.3.4.2 Análisis de esfuerzo básico a la herramienta en su extensión mínima 44
2.3.4.3 Análisis de esfuerzo básico a la herramienta en su extensión máxima 48
2.3.5 Cálculo de soldadura 52
2.3.5.1 Longitudes de secciones soldadas 52
2.3.5.2 Resultado de análisis de esfuerzo en Secciones soldadas 52
2.3.6 Costos y presupuestos del proyecto 56
2.3.6.1 Costos directos del proyecto 56
2.3.6.1.1 Cubicación de materiales 56
2.3.6.1.2 Costo por mano de obra 57
2.3.6.1.3 Costo por diseño 58
2.3.6.1.4 Costos indirectos del proyecto 58
2.3.6.1.5 Presupuesto del proyecto 59

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 60

BIBLIOGRAFÍA 61

ANEXOS 62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Modelo del proceso de diseño según French (1999)
Figura 1-2. Layout de maestranza AUEL
Figura 1-3. Tren de Potencia
Figura 1-4. Cargador Frontal 992.
Figura 1-5. Mando Final
Figura 1-6. Cadena de 3 ramales
Figura 1-7. Puente Grúa
Figura 1-8. Gancho Puente Grúa
Figura 1-9. Longitud eslinga.
Figura 1-10. Dimensiones de un eslabón y una cadena.
Figura 2-1. Vista isométrica engranajes y masa del mando final.
Figura 2-2. Vista superior engranajes y masa del mando final.
Figura 2-3. Vista frontal engranajes y masa del mando final.
Figura 2-4. Bosquejo principal solución del proyecto.
Figura 2-5. Perfiles Tubulares.
Figura 2-6. Planchas de acero
Figura 2-7. Mesa cortadora de plasma
Figura 2-8. Perforadora de banco
Figura 2-9. Tronzadora de metal
Figura 2-10. Centro de mecanizados.
Figura 2-11. Taller de soldadura.
Figura 2-12. Caja negra de la herramienta de extracción
Figura 2-13. Subsistema estructural
Figura 2-14. Subsistema de conexión
Figura 2-15. Subsistema de fijación
Figura: 2-16. Diagrama de bloque
Figura 2-17. Diagrama de flujo
Figura 2-18. Maqueta Virtual Herramienta extracción
Figura 2-19. Modelado 3D subconjunto Perfil tubular interno y cuña de encaje
Figura 2-20. Modelado 3D subconjunto Pared, orejas y placas de aumento
Figura 2-21. Modelado 3D subconjunto Pared, perfil tubular externo, pasador y placa de fijación
Figura 2-22. Plano distribución de tensiones de la herramienta
Figura 2-23. Diagrama de cuerpo libre
Figura 2-24. Tensión de Von Misses extensión mínima de la herramienta
Figura 2-25. Diagrama de desplazamiento o deformación extensión mínima de la herramienta
Figura 2-26. Diagrama de factor de seguridad extensión mínima de la herramienta
Figura 2-27. Tensión de Von Misses extensión máxima de la herramienta

Figura 2-28. Diagrame de desplazamiento o deformación extensión máxima de la herramienta
Figura 2-30. Resultado sección soldadura de empalme 1
Figura 2-31. Resultado sección soldadura de empalme 3
Figura 2-32. Resultado sección soldadura de empalme 4
Figura 2-32. Resultado sección soldadura de empalme 5
Figura 2-33. Resultado sección soldadura de empalme 6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Dimensiones y tolerancias
Tabla 2-1. Propiedades físicas.
Tabla 2-3. Propiedades físicas y químicas del acero
Tabla 2-4. Resumen de resultados del análisis extensión mínima de la herramienta.
Tabla 2-5. Resumen de resultados del análisis extensión máxima de la herramienta
Tabla 2-6. Longitudes de secciones soldadas
Tabla 2-7. Cubicación de materiales
Tabla 2-8. Costo por mano de obra
Tabla 2-9. Costo por diseño
Tabla 2-10. Costo del proyecto total

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

AISC: American Institute of Steel Construction; Instituto Americano del Acero
ANSI: American National Standards Institute; Instituto Americano de Normalización
ASTM: American Society for Testing and Materials; Sociedad Americana de Ensayo de Materiales
ICHA: Instituto Chileno del Acero
INN: Instituto Nacional de Normalización
Nch: Norma Chilena
ASME: American Society of Mechanical Engineers
3D: Tres dimensiones
INN: Instituto nacional de normalización
AWS: American Welding Society

SIMBOLOGÍA

%: Porcentaje
kg: Kilogramo
L: Largo
m: Metro
m^2: Metro cuadrado
m^3: Metro cúbico
mm: Milímetro
N: Newton
P: Peso
Mpa: Mega pascal
kg/cm^2: Kilogramos por centímetro cuadrado
kg/mm^2: Kilogramos por milímetro cuadrado
kg/m3: Kilogramos por metro cubico
Ø: Diámetro
Ksi: Mil libras por pulgada cuadrada
Plg: Pulgadas
$: Peso chileno

INTRODUCCIÓN

Desde los primeros momentos del ser humano en esta tierra, siempre ha tenido que coexistir con la constante lucha por la sobrevivencia y la evidencia más clara de esto son sus creaciones para hacer su diario vivir más fácil y cómodo, se puede observar desde las primeras herramientas hechas tales como flechas, hachas, redes, entre otras. El obsesivo deseo del ser humano por facilitar todo su quehacer y facilitar por sobre todo su existencia plena, lo ha llevado a desarrollar muchos inventos para su diario vivir y es allí donde nacen las herramientas, que si vamos a su definición textual según la RAE es: "Conjunto de instrumentos que se utilizan para desempeñar un oficio o un trabajo determinado", esto le ha permitido avanzar en tecnología y conocimiento en muchos ámbitos y áreas, para lo cual utilizamos y desempeñamos en nuestro diario vivir, dicho esto podemos ejemplificar desde un celular hasta un simple tenedor, todas estas son herramientas que le permiten al ser humano desarrollarse de mejor manera y facilitar sus tareas del día a día.
En este trabajo se diseñará una herramienta de extracción de engranajes Gear ring del cargador frontal modelo 992 CATERPILLAR, para la maestranza AUEL LTDA. Solicitada en la práctica industrial por una necesidad del trabajo.

En este proyecto partiremos desde lo más básico hasta el proyecto realizado, se pondrá en contexto como surge la necesidad, sus requerimientos y posterior a esto todo lo necesario y básico en un proyecto, tales como análisis, información técnica y cálculos entre otros, para poder dar paso a la generación de su planimetría y diseño final de este plasmado en los planos.
Con el resultado obtenido se podrá solucionar una necesidad real y clara en la industria.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN

En este primer capítulo que se hablará de los objetivos, tanto principales como específicos del diseño de la herramienta, para luego seguir con la metodología de diseño que se utilizará en el proyecto.

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Para comenzar los objetivos se dividirán en dos, el primero es el objetivo principal del proyecto, el cual representa la meta de este. Luego, en segundo lugar, se dan a conocer los objetivos específicos los cuales, son un conjunto de etapas que se llevan a cabo para lograr cumplir con el proyecto.

1.1.1. Objetivo principal

El proyecto tendrá como objetivo principal diseñar una herramienta de extracción para engranajes "GEAR RING" de cargador frontal, modelo 992 Caterpillar, es decir, que esta pueda cumplir de manera eficiente y capaz su labor esencial, la cual es levantar los engranajes. Todo esto presentado desde el estudio teórico.

1.1.2. Objetivos específicos

Para poder cumplir con el objetivo principal, primero se debe lograr completar los objetivos específicos, los cuales se definirán en una serie de etapas, estas consistirán en:

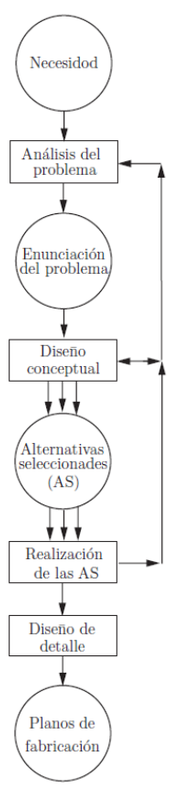
- Recopilar información técnica y antecedentes de engranajes "GEAR RING".
- Diseñar herramienta, de acuerdo con las medidas y dimensiones del engranaje.
- Diseñar y modelar la herramienta utilizando el software AutoCAD 2018.
- Realizar análisis de esfuerzo básico en softwares de Autodesk.
- Confeccionar planimetría oficial de la herramienta.

1.2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

En este trabajo, la metodología que se aplicará será la propuesta por Michael French en año 1999, la cual es denominada “Modelo De Fases”.

French propone cuatro etapas principales en el proceso de diseño, este es un procedimiento por el cual se va avanzando por etapas, todo esto con el fin de poder llegar al objetivo general, es decir la metodología funciona de manera sucesiva, esta surge a partir de una necesidad base. Lo anterior, nos permitirá proceder a la primera fase que es el “Análisis Del Problema”, más conocida como clarificación de la tarea, en esta parte el cliente cumple un rol fundamental, ya que dará a conocer su problema y necesidades conjuntas de lo requerido. La segunda etapa, está descrita como “Diseño Conceptual”, en esta se plantean variedades de soluciones potenciales al problema de diseño. La tercera etapa es la “Realización”, en la cual se concretan dibujos y bocetos preliminares del diseño. Y, por último, la cuarta etapa es el “Diseño De Detalle”, esta viene dada por la constitución de todas las piezas del objeto en cuestión.

En la figura 1-1 que se presenta a continuación, se mostrarán todas las etapas de la metodología antes descrita, con sus respectivas etapas y conceptos generales.



Fuente: https://es.slideshare.net/ricardocuberos/metodos-de-diseo-clase-5

Figura 1-1. Modelo del proceso de diseño según French (1999)

1.2.1. Análisis Del Problema

En esta primera etapa, se analiza en detalle, la necesidad que motivó este proyecto, además se formula la problemática, funciones y subfunciones que va a cumplir la herramienta. También en esta etapa se incorporan condiciones de más precisión, estas conforman las especificaciones del diseño. Luego de que se analiza todos estos aspectos, se debe llegar a una formulación con la que el cliente se sienta satisfecho. No obstante, es muy probable que, en el proceso del desarrollo de la metodología, surjan algunas revisiones y por ende modificaciones necesarias al modelo inicial.

Para este proyecto el análisis del problema consiste inicialmente en el diseño de una herramienta de extracción de engranajes, la cual estará adaptada para un elemento específico. Su función principal es facilitar el proceso de extracción de dichos engranajes, la que, a su vez, les permite acoplarse de fácil manera a sus herramientas ya existentes. Por lo cual debe cumplir con algunas especificaciones básicas:

- Diseño innovador y seguro.
- Dimensiones y geometrías adecuadas para una sencilla y fácil conexión, para su posterior montaje.

1.2.2. Diseño Conceptual

En esta segunda etapa se produce una variedad de soluciones probables al problema de diseño, a través de diversos métodos tales como: dinámica de grupos, lluvia de ideas, sinéctica, entre otras. Posteriormente una vez evaluadas todas las propuestas, estas se analizan en detalle, hasta llegar a un reducido campo de alternativas, las cuales contengan las más altas probabilidades de satisfacer todas las necesidades y especificaciones del diseño.

En primer lugar se analizará distintas soluciones, partiendo con el tipo de herramienta y sus detalles, en la empresa se manejaban un par de opciones, las cuales eran: orejas de levante, que consiste en hacer perforaciones con hilo interno a los engranajes y así poder levantarlos mediante alguna conexión de pernos, y posteriormente se elevan con alguna cadena conectada al puente grúa, sin embargo este no convencía del todo a la empresa, ya que la seguridad que impartía esta acción era muy baja, y además al cliente

no le agradaba que se perforara el engranaje. Otro de los sistemas empleados por la empresa era una cadena de cuatro puntas, esta descrita por su propio nombre, daba la facilidad de poder obtener más puntos de apoyo o de extracción, no obstante, no había nada con lo que se pudiera conectar al engranaje, lo cual implicaba tener que soldar piezas externas al elemento principal.

Una de las posibles soluciones es observar todos los sistemas empleados por la empresa y poder obtener lo mejor de cada uno y realizarles modificaciones. La solución anterior es aplicable al diseño de la herramienta; si en esta etapa se pudiera proponer un mecanismo interesante y adecuado como solución, entonces se podría estudiar el mecanismo de cuña o encaje, esta es una idea innovadora y a su vez de fácil interpretación y diseño, también podemos adherir a este sistema el uso de mecanismos como de puntos de enganche o conexión, esto con el fin de adquirir un fácil y rápido uso y montaje de este. Para concluir, el diseño conceptual evidenciara las condiciones de factibilidad del proyecto, para seguir en curso con la siguiente etapa de la metodología.

1.2.3. Realización

En esta tercera etapa, las alternativas propuestas en la primera fase se materializan en forma de boceto y dibujos preliminares de diseño, luego se evalúan a través de varios criterios dichas alternativas y se decide cuál de ellas se llevará a la etapa siguiente. Ya decidida la potencial solución, se debe materializar el producto por medio de un conjunto organizado, tales como componentes, formas, dimensiones y acabados. Como consecuencia de lo anterior, se podrá obtener los conceptos definidos del diseño, estos muestran cómo se enlazan las diferentes partes.

Esta etapa se puede llegar a comparar con la ingeniería básica de un proyecto, porque incluye la solución definitiva o reciente de este, como bosquejos, croquis y cada estudio de los subsistemas y partes del proyecto. Este proceso lo podemos separar en dos partes, la primera consta de los diseños preliminares que son aclarados en su forma, materiales y conexión entre estos. La segunda parte será la selección del mejor diseño preliminar tras pruebas de funcionalidad, uso, apariencia, percepción del usuario potencial, durabilidad y facilidad de elaboración, manufactura o construcción.

En conclusión, para este proyecto se decidirá diseñar una herramienta de extracción, la cual contará con puntos de conexión o enlace al puente grúa, seguido del mecanismo de cuña o encaje extensible.

1.2.4. Diseño De Detalle

En esta cuarta y última etapa, una vez que se ha obtenido una realización aceptable del objeto diseñado, todas las partes que constituyen la pieza se diseñan en detalle, o bien se seleccionan de catálogo como es el caso de componentes estándar, tales como rodamientos, tornillos y motores. El producto final es un resumen de la necesidad que motivó este trabajo.

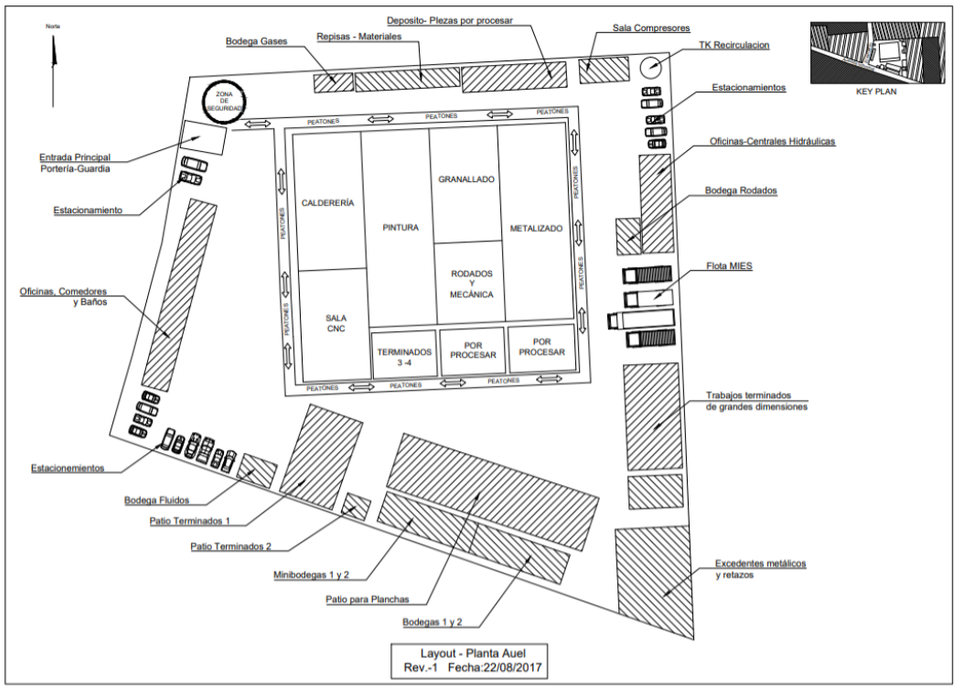
Esta como última etapa del proceso de diseño, comienza por una definición entregada por planos de conjunto y estudios anexos, estas tienen como objetivo común, la recopilación de todo documento necesario para la fabricación del producto, en esta fase la metodología alcanza las secciones como planos de fabricación, análisis de carga y/o de esfuerzo. Debido a esta última etapa, esta se destaca por ser la más extensa, ya que es la que contendrá más información de la herramienta. Para concluir, en la etapa de diseño de detalle será nombrada la ingeniería de detalle, etapa donde se mostrarán todos los análisis y resultados finales de la ingeniería básica del proyecto.

1.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En este punto se abordarán las especificaciones técnicas del proyecto, las cuales consisten en presentar el lugar donde se implementará la herramienta y los equipos que se utilizarán para llevar a cabo el funcionamiento de esta, tales como puente grúa y con mayor importancia el engranaje Gear Ring, finalizando con una evaluación de las actuales herramientas o sistemas de trabajos empleados.

1.3.1 Maestranza AUEL

En este punto, se dará a conocer sobre la maestranza AUEL y a lo que se dedica esta, para poner en contexto la situación, los principales trabajos a realizar en esta planta son: fabricación, reparación y mantención de equipos industriales. En la figura 1.2 se explica la distribución y talleres de la maestranza.



Fuente: Documento propiedad privada AUEL LTDA.

Figura 1-2. Layout de maestranza AUEL

En la figura 1-2 se muestra un Layout vista de planta de la maestranza AUEL, donde se puede apreciar diferentes sectores de trabajo y recreación, para tener en cuenta a modo de conocimiento general, la oficina de proyectos donde se desempeñan los proyectistas, se encuentra en un container que esta ubicado en un segundo piso y en el plano este sector esta descrito como oficinas y comedores, ya que al lado de la oficina esta el comedor.

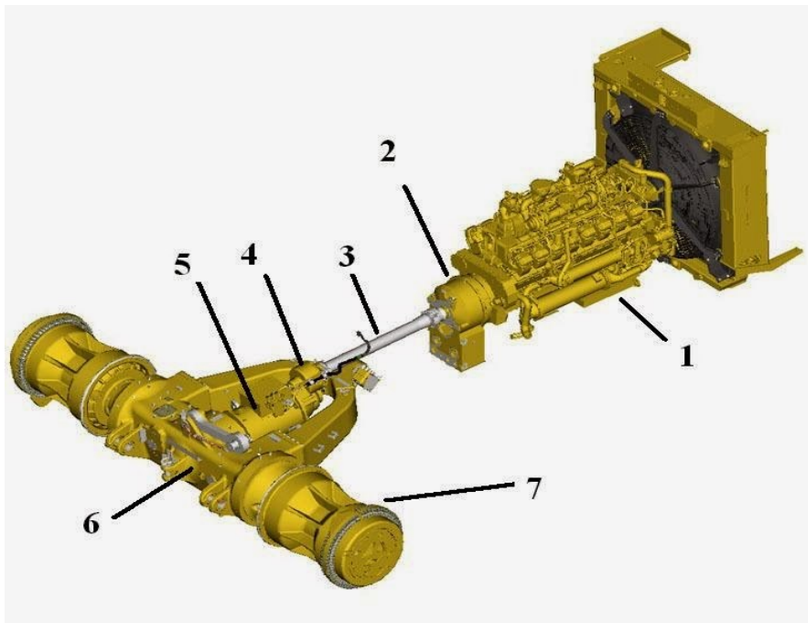
1.3.2 Taller CRC

La Herramienta de extracción fue solicitada por el taller CRC, como se puede reconocer en el Layout (Figura 1.2) por el nombre de metalizado. Este tiene la abreviación de CRC, que significa “Centro de Reparación De Componentes”, este es un taller exclusivo para la reparación de los trenes de potencia (Figura 1.3) pertenecientes a los cargadores frontales 992 CATERPILLAR (ver Figura 1.4). La reparación abarca todos sus componentes internos, tales como mandos finales, transmisiones, frenos, convertidores, diferenciales, suspensiones, masas delanteras, cilindros de levante, cilindro de volteo, cilindro de dirección y entre otros.

Este proyecto es una licitación ganada, y las reparaciones son de 3 tipos:

- Se cobra el 50% de un componente y el cliente a cambio entrega uno de ese otro 50%.

- reparación puntual: el cliente por medio de licitaciones, entrega un componente para ser reparado ese mismo.
- Venta completa: se vende componente reparado al 100% sin intercambio



Fuente: http://tucaterpillar.blogspot.com/2008/06/servpro-ingeniera-e-industrias-es-una.html
Figura 1-3. Tren de Potencia

Fuente: https://www.lectura-specs.es/es/modelo/maquinaria-para-la-construccion-y-obras-publicas/cargadoras-de-ruedas-caterpillar/992k-1042564
Figura 1-4. Cargador Frontal 992.

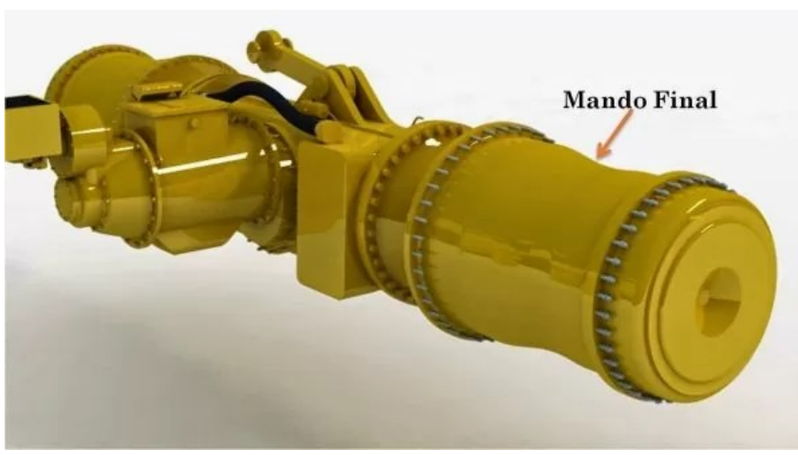
1.3.3 Reparaciones de componentes

En este mando se hace la reparación del componente, en el caso específico de este, es una reparación a cero horas, la cual consiste en cambiar todas las piezas de

desgastes y de sacrificio para que el componente tenga su Vidal útil desde cero horas, prácticamente es un overhaul.

A veces hay componentes que requieren reparaciones puntuales, ya que puede tener una falla específica, por lo cual se tiene que desarmar el componente, y con mayor detalle se evaluará y se atacaría directamente el problema y su respectivo cambio de piezas del sector en cuestión.

En nuestro caso con la herramienta solicitada, se extraerá el engranaje de corona dentada o Gear Ring, para poder realizar la reparación y a su vez a esta pieza se le podrán hacer ensayos no destructivos (END), por tintas penetrantes, y así poder determinar si posee alguna fisura o grieta interna por la fuerza que se ejerce dentro del él, ya que están las dos reducciones de velocidad y aumento de torque y las dos reducciones planetarias.



Fuente: https://maqpe.com/mando-final/

Figura 1-5. Mando Final

1.3.4 Engranaje Gear Ring

El engranaje es una pieza fundamental, la que se encuentra dentro del mando final (ver Figura 1-5), perteneciente al cargador frontal 992 CATERPILLAR, este es un engranaje que lleva por nombre Gear Ring, traducido al español corresponde a anillo de engranaje, lo anterior es su respectivo nombre de identificación dentro de la gama de piezas y repuestos CATERPILLAR. Sus características principales son:

- Diámetro Exterior: Ø 980[mm]
- Peso: 635 [Kg]
- Tipo de engranaje: Corona Dentada interior.

1.3.5 Equipos que deben interactuar con la herramienta

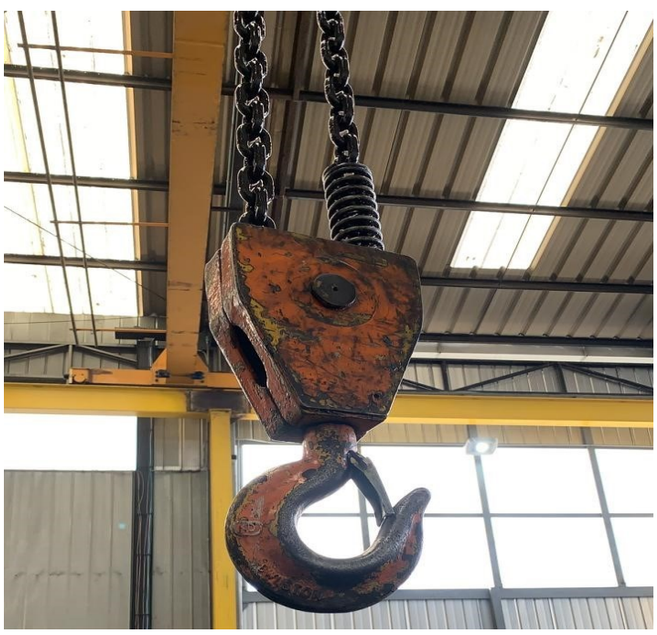
A pesar de que el objetivo principal de este proyecto es poder diseñar una herramienta la cual permite extraer los engranajes Gear Ring, se debe observar y analizar las herramientas que ya se encuentran establecidas en el taller. Una de las herramientas principales y necesarias es el Puente Grúa (Figura 1-7) la cual se encuentra a disposición en el taller. Su principal característica es que puede levantar 5.000 [Kg] aproximadamente. Si se pone atención a esta herramienta, unas de las consideraciones que se debe tener, es que esta cuenta con un gancho en su extremo (Ver Figura 1.8) el cual le permite enlazar con variados equipos, herramientas o materiales.

También se encuentra una cadena de tres ramales (ver Figura 1-6), esta nos permite dividir el peso de la carga puntual que necesitamos izar, en este caso en vez de ser el tradicional gancho, ocuparemos esta cadena la cual posee 3 puntos de conexión de gancho al puente grúa. Tiene como carga máxima de izaje:

- A 60° levanta 5.20 [Ton]
- A 90° levanta 4.20 [Ton]
- A 120° levanta 3 [Ton]
- Esta herramienta tiene un factor de seguridad de 4:1
- Diámetro cadena: 8 [mm]

Fuente: https://www.l-ex.es/products/elevacion/pulpos/pulpo-de-cadena/pulpo-cadena-3-ramales-112t-o13mm/

Figura 1-6. Cadena de 3 ramales



Fuente: Imagen propiedad privada AUEL LTDA

Figura 1-7. Puente Grúa

Fuente: Imagen propiedad privada AUEL LTDA

Figura 1-8. Gancho Puente Grúa

Para concluir, se puede observar que existen varias especificaciones técnicas muy relevantes, las cuales se deben considerar a la hora de establecer un diseño para la herramienta de extracción. Las principales especificaciones por cumplir son:

- Levantar 635 [Kg].

- La herramienta tiene que poseer tres puntos de conexión para enlazarla al puente grúa.
- El método de extracción debe considerar un diámetro interior cercano a los 692 [mm]

1.4. NORMATIVA Y ASPECTOS LEGALES

Cuando se diseña una herramienta de acero es de suma importancia guiarse por algunas leyes y normas, para llevar un proceso de manera óptima. En esta parte del proyecto se trabajará en los aspectos legales y normas que se deberán seguir en el diseño de la herramienta.

1.4.1 Normas

Según el diccionario es un término que proviene del latín y significa escuadra, esta es una regla que debe ser respetada y la que permite ajustar ciertas conductas o actividades. Para el diseño de la herramienta que se fabricará, se debe tener en cuenta varias normas y reglas, las cuales pueden ser a nivel internacional o nacional.

1.4.1.1. Normas Chilenas

Las normas chilenas corresponden a las normas que han sido estudiadas y aprobadas a nivel nacional. Estas normas se desarrollan bajo las necesidades de construcción del país. También muchos institutos que están al tanto de las normas internacionales, se encargan de que en el país también se puede tener esta aprobación y tener los estándares y el nivel de otros países, estos son los siguientes:

1.4.1.2 Ley 20.949

Conocida como “Ley del Saco” El peso máximo que los trabajadores pueden manipular manualmente es de 25 kilos. Se prohíbe manipulación manual de carga y descarga para mujeres embarazadas. Los menores de 18 años y mujeres no pueden llevar, transportar, cargar, arrastrar o empujar de manera manual, sin ayuda mecánica, cargas mayores a 20 kilos.

1.4.1.3 Norma Chilena 427

La Nch 427 se refiere a las especificaciones para el cálculo de estructuras de acero para edificios. Esta norma ha sido preparada por el Instituto Chileno del Acero (ICHA). Permite diseñar cualquier tipo de construcción de acero donde se emplean perfiles tipo:

- Laminados
- Armados (Remaches, apernados, soldados)
- Plegados (Formados en frío)

1.4.1.4 Instituto chileno del acero

El instituto Chileno del Acero (ICHA) es una institución encargada de promover el uso de acero y proporcionar soluciones técnicas en acero para el desarrollo integral. A su vez, se encarga de reunir los distintos componentes de la red de valor del Acero con el objetivo de desarrollarse en el mercado mediante nuevas tecnologías, eliminando o disminuyendo las barreras que puedan limitar su utilización.

1.4.1.5 Instituto Nacional de Normalización

El instituto nacional de normalización (INN) es una organización encargada del estudio y elaboración de las normas técnicas a nivel nacional. Esta norma establece los procedimientos que se deben seguir para estudiar y mantener la vigencia de una norma chilena.

1.4.2 Normas Internacionales

Las normas Internacionales que se mencionan a continuación corresponden a normas americanas, principalmente para estructuras de acero. Especificaciones para edificios de acero estructural que corresponde a una norma de origen americano para construcciones de acero. ANSI/AISC 360-10. Los componentes del acero son definidos por la Norma Americana del Acero (AISC), siempre bajo los parámetros del instituto Americano de Normas (ANSI). Estas especificaciones establecen criterios para el diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero.

1.4.2.1 Sociedad americana para prueba de materiales

La Sociedad Americana para Prueba de Materiales es una organización encargada de editar normas, artículos y documentos técnicos relacionados con todo tipo de materiales. Entre las áreas que cubre se encuentran procesos de tratamientos, productos de hierro y acero, Ingeniería y materiales de construcción, plásticos, textiles, etc. Entre su amplio repertorio de normas, se encuentra la ASTM A-36, esta norma corresponde al Acero A36 que es una aleación del acero al carbono. Se puede utilizar en una amplia variedad de formas (planchas, tubos, barras, láminas, etc.), y las piezas pueden ser unidas mediante cualquier tipo de soldadura.

1.4.2.2 Sociedad americana de soldadura

La sociedad Americana de Soldadura, American Welding Society por su sigla en inglés AWS es una organización que tiene como misión avanzar en la ciencia, la tecnología y la aplicación de la soldadura. Promueve el desarrollo de la tecnología, la teoría y la práctica de la soldadura. Se dedica a la certificación de inspectores de soldadura de acuerdo con sus normas, donde se requiere aprobar un examen que compruebe los conocimientos de los inspectores sobre los procesos y procedimientos de la soldadura.

1.4.2.3 ASME

ASME es el acrónimo de American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Es una asociación de profesionales, que ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos industriales.

1.4.2.4 ASME B30.9

La norma ASME B30.9 requiere que una persona designada inspeccione las eslingas y los accesorios nuevos antes de su primer uso, además de que el usuario u otra persona designada realicen una inspección visual de la eslinga cada día que se utiliza. Además, una persona designada deberá realizar una inspección periódica, por lo menos anualmente, y deberá llevar un registro de cada inspección. Para más información sobre las inspecciones, consulte la sección Inspección de Cadenas de este documento, o consulte la norma ASME B30.9-1.9.

1.4.2.5 Principales Prácticas Operativas según ASME B30.9

- El peso de la carga debe conocerse, calcularse, estimarse o medirse. La carga que soporten las eslingas dependerá de dónde se ubique el centro de gravedad.
- Seleccione la eslinga que tenga características adecuadas para el tipo de carga, seguridad y entorno.
- Las eslingas no deben cargarse por encima de su capacidad nominal.
- Debe tenerse en consideración el ángulo de carga de la eslinga, que afecta la capacidad nominal. (Consulte en la Tabla 4 los datos de carga de Grado 100 (SPECTRUM 10®) y la Tabla 5 para los datos de carga de Grado 80 (SPECTRUM 8®)).
- Nunca arme una eslinga con un ángulo menor de 30 grados de la horizontal.
- Las eslingas en "U" deberán tener la carga balanceada para evitar que se deslice.
- La eslinga debe engancharse de un modo que proporcione control de la carga.
- Nunca cargue un gancho de forma lateral, trasera, o de punta.
- Asegúrese siempre de que el gancho soporte la carga. La carga nunca debe soportarla el seguro.

1.4.2.6 Norma EN 818

En la manipulación de las cargas con frecuencia se interponen, entre estas y el aparato o mecanizo utilizado, unos medios auxiliares que sirven para embragarlas con objeto de facilitar la elevación o traslado de estas, al tiempo que hacen más segura esta operación. Estos medios auxiliares son conocidos con el nombre de eslingas. Su rotura o deficiente utilización puede ocasionar accidentes graves e incluso mortales por atrapamiento de personas por la carga desprendida. Es necesario, por tanto, emplear eslingas adecuadas en perfecto estado y utilizarlas correctamente. Así pues, los trabajadores que efectúan las operaciones de eslingado y transporte de cargas suspendidas, deben estar debidamente formados.

Una eslinga de cadena es un conjunto constituido por cadena o cadenas unidas a unos accesorios adecuados en los extremos superior o inferior capaces, de acuerdo a los requerimientos de la norma UNE-EN 818-1, para amarrar cargas del gancho de una grúa o de otro aparato de elevación. En relación con las eslingas de cadena son relevantes las siguientes definiciones:

- Accesorio de extremo: Eslabón o anilla, conjunto de eslabones o anillas, gancho u otro dispositivo permanentemente unido al extremo superior o inferior de una eslinga, que se utiliza para unir la eslinga a la carga o al aparato de elevación.

- Eslabón maestro: También llamado anilla, es el eslabón que forma el terminal de extremo superior de una eslinga, mediante el cual la eslinga se cuelga del gancho de una grúa o de otro aparato de elevación.

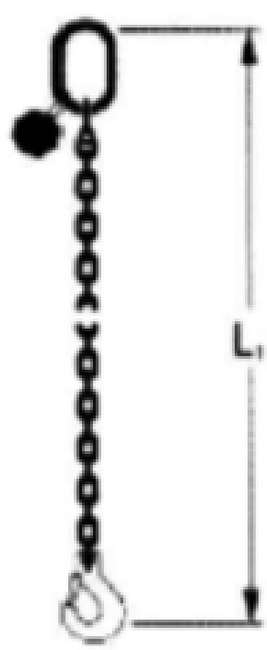
- Dimensión nominal de una eslinga: Dimensión nominal de la cadena utilizada para la fabricación de la eslinga, expresada en [mm].

- Clase nominal de una eslinga: También llamado grado de la cadena. Hace referencia a la calidad del acero de la cadena empleada en la confección de la eslinga. La Norma UNE-EN 818- 4 hace referencia a cadena no calibrada de clase 8 (Grado 80), que corresponde a cadena de acero con tensión media a la carga de rotura mínima de 800 N/mm2. Existen cadenas de clase superiores, concretamente de Grado 100 y Grado 120.

1.4.2.6.1 Características de las eslingas de cadena

En general las cadenas utilizadas en la confección de eslingas deberán ser conformes a los requisitos establecidos en la Norma UNE-EN 818-2 y los accesorios adecuados.

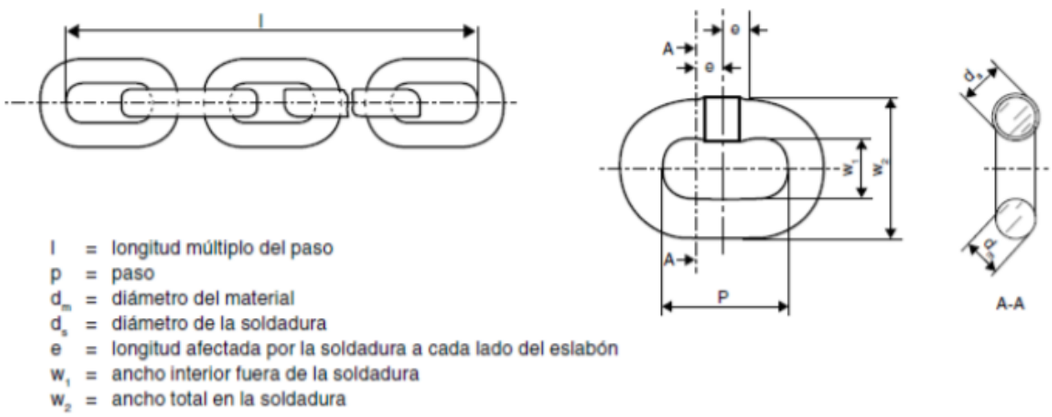
- Longitud de la eslinga: La longitud nominal de una eslinga, se mide entre apoyos (ver figura 1-9)



Fuente: Eslingas de Cadena información general (UNE-EN 818-2-4-6)

Figura 1-9. Longitud eslinga

- <u>Dimensiones de los eslabones:</u> En la Norma UNE-EN 818-2, aparecen las dimensiones y tolerancias que deberán tener los eslabones de las cadenas, en la figura 1-10 se podrá apreciar las dimensiones de cada eslabón según la norma y en la tabla 1-1 se podrá apreciar las dimensiones y tolerancias en detalles para cada caso.



Fuente: Eslingas de Cadena información general (UNE-EN 818-2-4-6)

Figura 1-10. Dimensiones de un eslabón y una cadena

Dimensión nominal d_n	Tolerancia del diámetro del material	Diámetro de la soldadura d_s máximo	Paso p_n	Paso p máximo	Paso p mínimo	Anchura interior fuera de la soldadura w_1 mínima	Anchura exterior en la soldadura w_2 máxima
4	± 0,16	4,4	12	12,4	11,6	5,2	14,8
5	± 0,2	5,5	15	15,5	14,6	6,5	18,5
6	± 0,24	6,6	18	18,5	17,5	7,8	22,2
7	± 0,28	7,7	21	21,6	20,4	9,1	25,9
8	± 0,32	8,8	24	24,7	23,3	10,4	29,6
10	± 0,4	11	30	30,9	29,1	13	37
13	± 0,52	14,3	39	40,2	37,8	16,9	48,1
16	± 0,64	17,6	48	49,4	46,6	20,8	59,2
18	± 0,9	19,8	54	55,6	52,4	23,4	66,6
19	± 1	20,9	57	58,7	55,3	24,7	70,3
20	± 1	22	60	61,8	58,2	26	74
22	± 1,1	24,2	66	68	64	28,6	81,4
23	± 1,2	25,3	69	71,1	66,9	29,9	85,1
25	± 1,3	27,5	75	77,3	72,8	32,5	92,5
26	± 1,3	28,6	78	80,3	75,7	33,8	96,2
28	± 1,4	30,8	84	86,5	81,5	36,4	104
32	± 1,6	35,2	96	98,9	93,1	41,6	118
36	± 1,8	39,6	108	111	105	46,8	133
40	± 2	44	120	124	116	52	148
45	± 2,3	49,5	135	139	131	58,5	167
NOTA: Medidas en milímetros							

Fuente: Eslingas de Cadena información general (UNE-EN 818-2-4-6)

Tabla 1-1. Dimensiones y tolerancias

CAPÍTULO 2: INGENIERÍA DE DESARROLLO

2. INGENIERÍA DE DESARROLLO

En el segundo capítulo se desarrollará la solución a la problemática del proyecto: diseñar una herramienta de extracción con un mecanismo sencillo, con materiales y geometría acordes a las especificaciones que se necesitarán. Acompañada de bosquejos explicativos, además de un análisis sistémico y funcional del proyecto, materiales y descripción de todo lo que conlleva su fabricación, desde herramientas hasta talleres por los cuales debe pasar para poder concretarlo, de manera de que el lector pueda imaginarse con mayor facilidad la solución que se propone.

2.1 INGENIERÍA CONCEPTUAL

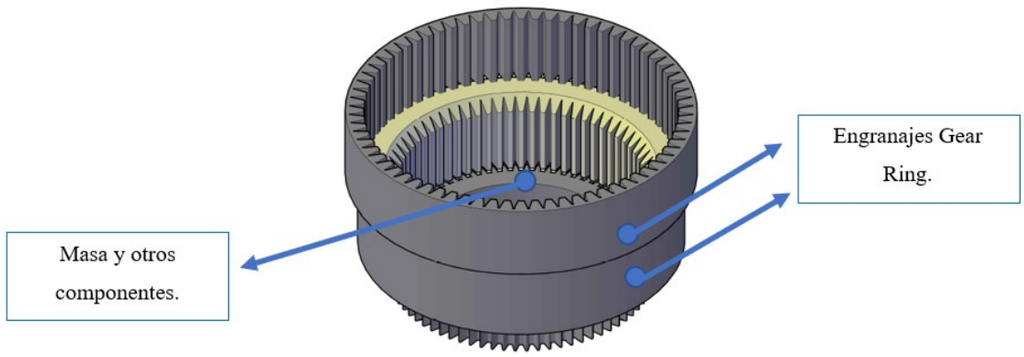
En esta sección se mostrará y evidenciará todo lo que compone el proceso de fabricación, ya sea materiales, máquinas y herramientas, todo esto a partir de la solución prevista para nuestro proyecto.

2.1.1. Detalle de requerimientos

Si bien en capítulos anteriores se mencionan los requerimientos básicos los cuales debe cumplir esta herramienta, en este punto detallaremos en específico el diámetro interior del engranaje que es parte de las reducciones planetarias, y donde debe encajar nuestra herramienta ya que estos engranajes están unidos a la masa del mando final.

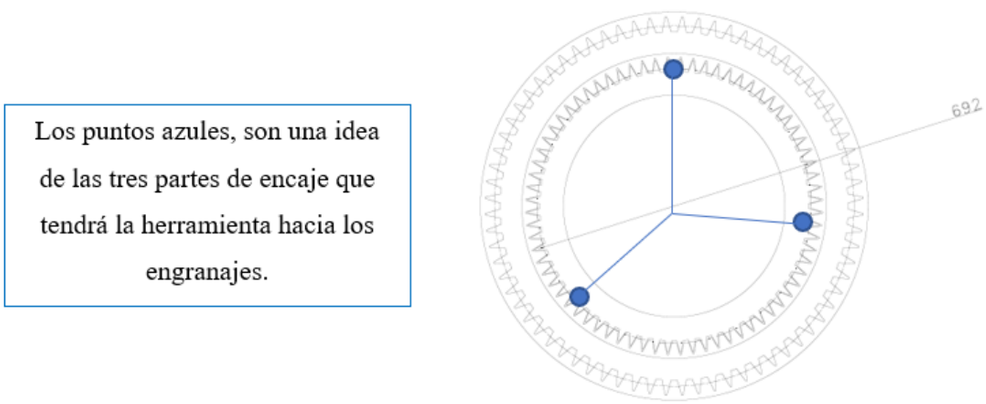
2.1.1.2 Engranajes unidos a la masa.

En esta parte se muestran de manera gráfica, las dimensiones y espacios que poseen los engranajes, y los demás componentes que acompañan las coronas dentadas, lo cual nos servirá como requerimiento y para tenerlos en cuenta a la hora de presentar la solución. (ver figura 2-1).



Fuente: Elaboración propia de modelado 3D

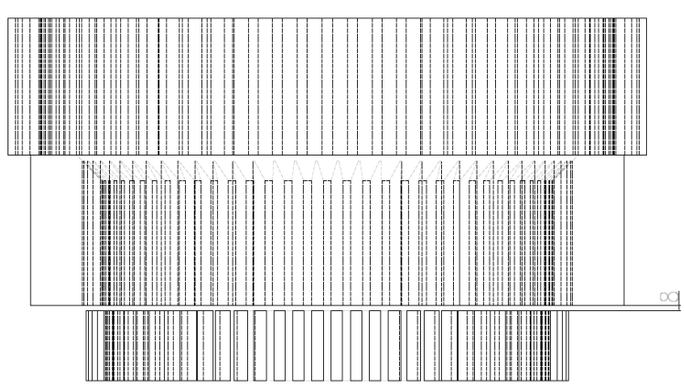
Figura 2-1. Vista isométrica engranajes y masa del mando final.



Fuente: Elaboración propia de plano del engranaje.

Figura 2-2. Vista superior engranajes y masa del mando final.

Al observar la figura 2-2, podemos ver claramente una idea básica de cómo estará distribuido el sistema de fijación o conexión de la herramienta a los engranajes, el cual se encajará a estos.



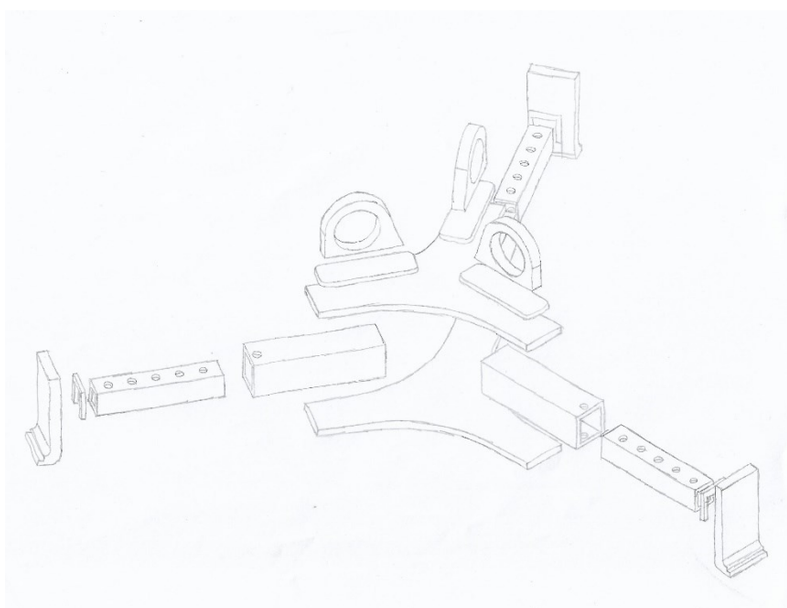
Fuente: Elaboración propia de plano de engranaje

Figura 2-3. Vista frontal engranajes y masa del mando final.

En la figura 2.3. podemos observar que existe un espacio de 8 [mm], el cual utilizaremos y formará parte de nuestros requisitos a la hora de diseñar la solución a nuestra necesidad.

2.1.2. Solución Proyecto

A continuación, se presentará la solución oficial del proyecto, y se explicará el funcionamiento y como se compone, hasta este punto será de manera breve en forma explicativa y gráfica mediante dibujos a mano alzada, a continuación, se mostrará un dibujo de mano alzada de la solución. (ver figura 2-4)



Fuente: elaboración propia de dibujo alzado

Figura 2-4. Bosquejo principal solución del proyecto

2.1.2.1 Idea y funcionamiento de la herramienta de extracción

La solución escogida luego de un detallado análisis, principalmente basada en nuestros requerimientos y acorde a la necesidad del proyecto el diseño será: una herramienta de extracción de engranajes Gear Ring, el cual consistirá básicamente de tres perfiles tubulares, que una vez unidos, contendrán en su interior otros perfiles tubulares de menor tamaño los cuales permitan un deslizamiento tanto interno como externo a través

de los primero perfiles, estos perfiles tendrán perforaciones las cuales nos permitirán con su respectivo pasador la fijación al tamaño o diámetro que nosotros queramos seleccionar, y su fijación mínima tendrá el diámetro del requisito antes visto que es de 692 [mm] de diámetro, estos tendrán en su extremos placas o cuñas mecanizadas, las cuales nos permitirán el encaje entre los engranajes y los demás componentes del mando final. Este encaje tiene que cumplir con 8 [mm] de espesor el cual es un requisito antes nombrado, y finalmente poseerá tres orejas en su parte superior las cuales nos permitirán la conexión o anclaje a la cadena de tres ramales y posteriormente al puente grúa, esto será para que nuestra carga puntual se divida en tres puntos de sujeción y no solo uno.

2.1.3 Descripción proceso de fabricación

En esta sección se mostrará de manera resumida el proceso de fabricación por el cual necesita pasar nuestro proyecto para poder concretarlo, aquí veremos desde los materiales que se usaron hasta las herramientas y talleres por los cuales necesita ser inspeccionado y trabajado.

2.1.3.1 Materiales

En resumen, se dará a conocer los materiales que se utilizaron para la fabricación de esta herramienta, en este caso solo sus propiedades físicas y aplicaciones.

2.1.3.1.1 Perfiles Tubulares

Este tipo de perfil son fabricados por Cintac mediante frio soldados eléctricamente por alta frecuencia, formando perfiles de sección circular cuadrada y rectangular su uso está dividido en dos campos.

- Para uso general: estos perfiles son fabricados con acero comercial según SAE 1006/1010, el cual le da un rango de composición química mínima y máxima, dando como característica principal excelente soldabilidad.

- Para uso estructural: para la fabricación de estos perfiles es necesario utilizar distinto tipo de acero soldable que puede ser A42-27ES o A37-24ES (la primera cifra indica la resistencia a la tracción en [$\frac{kg}{mm^2}$], la segunda cifra indica la resistencia a la fluencia en [$\frac{kg}{mm^2}$] estos materiales garantizan mayor resistencia a la función estructural que tendrán, y también garantizan cifras mecánicas para la resistencia a la tracción, límite de fluencia y alargamiento.(ver figura 2-4.)

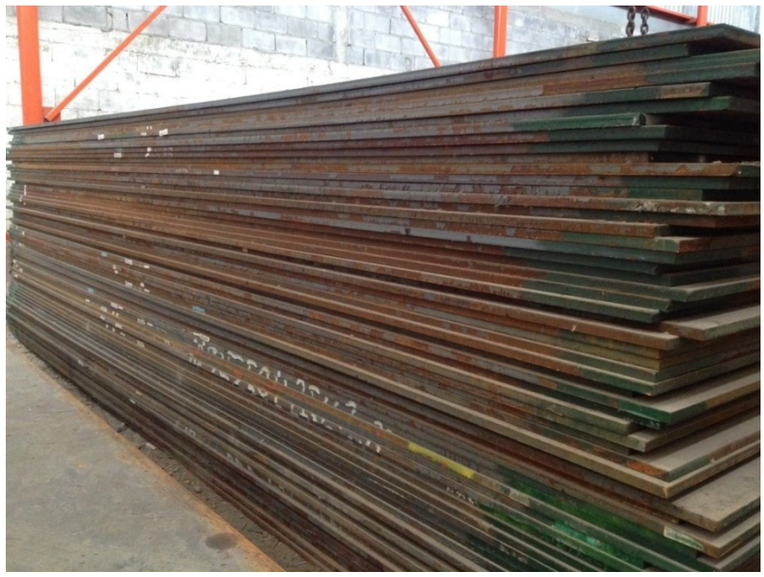
Fuente: https://www.cintac.cl/tubulares/

Figura 2-5. Perfiles Tubulares

2.1.3.1.2. Planchas De acero

El acero A36 es una aleación de acero al carbono de propósito general muy comúnmente usado mundialmente. El acero suave es el tipo más común de acero utilizado en la construcción, la manufactura y muchas otras industrias. De los aceros al carbono, el acero ASTM A36 es una de las variedades más comunes en parte debido a su bajo costo. Ofrece una excelente resistencia y fuerza para un acero bajo en carbono y aleación.

El acero A36 (ver figura 2-6), tiene una densidad de 7860 [$\frac{kg}{mm^3}$] (0.28 lb/in³). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 [plg] (203,2 mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250 [MPA] (36 ksi), y un límite de rotura mínimo de 400 [MPa] (58 ksi). Las planchas con espesores mayores de 8 [plg] (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220 [MPA] (32 ksi), y el mismo límite de rotura.



Fuente: http://www.aamsa.com/productos/placa/placa-a-36/#:~:text=El%20acero%20A36%2C%20tiene%20una,400%20MPa%20(58%20ksi).

Figura 2-6. Planchas de acero

2.1.3.1.3. Soldadura

Para este proyecto, la unión de todas sus partes fue mediante soldadura E6011 mediante método al arco soldadura manual.

- Electrodo con hierro en polvo en el revestimiento. La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobre cabeza
- Es apto para ser ocupado en variadas aplicaciones de soldadura, especialmente en trabajos que se requiera alta penetración
- Aplicaciones típicas se encuentran en cordón de raíz de cañerías, reparaciones generales, estructuras y planchas galvanizadas. (ver Tabla 2-1) para sus propiedades físicas.

CARACTERISTICAS TIPICAS DEL METAL DEPOSITADO	
Limite de Fluencia	424 Mpa
Resistencia a la Tracción	495 Mpa
Agrietamiento en 50 mm	27%
Energía Absorbida	34 J a -30°C

Fuente: http://www.cryogas.com.co/Descargar/INDURA%206011%20%E2%80%93%20AWS%20E-6011?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fco%2Fbiblioteca%2Fdb54d3924c364f2c8e2c3377b65f8ba9.pdf

Tabla 2-1. Propiedades físicas.

2.1.3.2 Talleres y herramientas involucrados en la fabricación

Todo proyecto mecánico se compone de muchos pasos y proceso, uno de los más importantes es el proceso de fabricación, el cual ahondaremos en este punto para ver y tener claro por qué talleres deben pasar nuestros materiales escogidos que en su totalidad y complemento darán finalmente parte a nuestro proyecto fabricado.

Es por eso que a continuación veremos de manera superficial a que se dedica cada taller que nosotros requerimos de la maestranza AUEL y sus respectivos trabajos específicos para nuestra herramienta.

2.1.3.2.1. Taller de corte y perforaciones

Este taller se dedica al dimensionado de las planchas de acero y no tan solo al dimensionado, aquí se ocupa una máquina esencial en la industria de la fabricación, la cual es la mesa cortadora de plasma (ver figura 2-7.), esta nos da la ventaja de dimensionar y cortar en específico alguna figura o idea requerida en dos dimensiones, la cual fue de mucha ayuda a nuestro proyecto, ya que todas las formas y dimensiones de las planchas que nosotros requeríamos fueron obtenidos en esta máquina, nosotros realizamos los dibujos en dos dimensiones para obtener la forma requerida y una vez listos, fueron exportados y enviados al operador de esta máquina, la cual reconoce y es compatible con

los programa de dibujo y modelamiento 3D, en este caso se ocupó el programa AutoCAD 2018 para generar los dibujos correspondientes requeridos.

Fuente: http://www.auel.cl/caldereria.html

Figura 2-7. Mesa cortadora de plasma

En este mismo taller también hay una sección la cual es de dimensión y perforación, para la cual se ocupó y se requirió para el dimensionado de largos y perforaciones de nuestros perfiles tubulares, en el cual se ocuparon la perforadora de banco (ver figura 2.8.) y la tronzadora de metal (ver figura 2.9.).

Fuente: https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/taladro-de-banco-introduccion

Figura 2-8. Perforadora de banco

Fuente: https://www.todofer.com/es/ingletadoras/874-tronzadora-metal-dewalt-dw872-.html

Figura 2-9. Tronzadora de metal

2.1.3.2.1. Taller de Mecanizado

En este taller se encuentran grandes centros de mecanizados (ver figura 2.10), el cual se utilizó para mandar a mecanizar un trozo de plancha de acero para poder dar la forma y concavidad requerida a nuestra cuña de encaje la cual se mostrará en el próximo capitulo, nuestra herramienta se compone de 3 cuñas de encaje, las cuales requieren de una forma exacta y precisa por lo que, el mejor taller y el más apropiado para lograr esto era el taller de mecanizado.

Fuente: http://www.auel.cl/mecanizados.html

Figura 2-10. Centro de mecanizados.

2.1.3.2.1. Taller de Soldadura

Una vez obtenidos todos los componentes, tales como los perfiles tubulares cortados y perforados, las planchas de acero cortadas, de los talleres antes mencionados, llega todo al taller de soldadura (ver figura 2-11), donde el maestro a cargo del proyecto recibe los planos correspondientes para juntar todas las piezas y las suelde, ya que todas las uniones de las piezas de las herramientas son mediante soldadura.

Fuente: http://www.auel.cl/caldereria.html

Figura 2-11. Taller de soldadura.

2.2. INGENIERÍA BÁSICA

La ingeniería básica es parte esencial de cada proyecto para poder conocer y tener la mejor información de la solución prevista, es por eso que en este punto nos enfocaremos en cada parte de la herramienta, tanto el sistema en general y subsistemas.

2.2.1. Análisis Sistémico

A continuación, se mostrarán los distintos estudios en los que se divide un análisis sistémico. Conjunto de métodos y medios que se emplean al investigar y construir los objetos complejos y super complejos, ante todo, métodos de formulación, adopción y fundamentación de las decisiones, al diseñar, crear y controlar los sistemas sociales, económicos, “hombre-máquina” y técnicos.

2.2.1.1. Subsistema Estructural

Este se compone por el conjunto de elementos fijos que permitirán la sustentación de la herramienta, a su vez estos permitirán una mayor área de soporte y para el resto de las piezas al momento de someterlo a esfuerzos, las principales partes que integran son los perfiles tubulares externos, la placa de fijación y las paredes superior e inferior, estos anteriormente mencionados deben ser materiales resistentes a los esfuerzos y peso de los engranajes.

2.2.1.2. Subsistema De Conexión

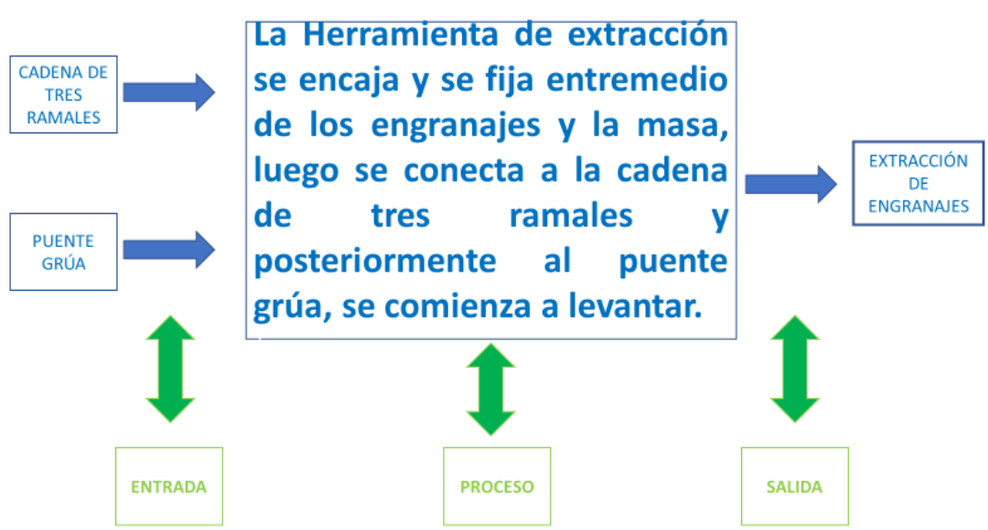
Como bien se informa anteriormente, nuestra herramienta contará con un sistema de conexión o enganche al puente grúa nuestra herramienta interactúa con el puente grúa, pero no de manera directa, es para eso que pusimos como requisito que contenga 3 puntos de enganche para su posterior conexión con la cadena de tres ramales y esta última conecta al puente grúa, las piezas que integran este subsistema son las orejas de conexión y la placa de aumento.

2.2.1.3. Subsistema De Fijación

El subsistema de fijación consiste básicamente en el encaje de la herramienta entre los engranajes y la masa y otros componentes, para que posteriormente la herramienta sea levantada y por ende levante los engranajes, esto se compone de los perfiles tubulares interiores, las cuñas de encaje y el pasador.

2.2.2. Caja Negra

En este punto se mostrará el proceso y funcionamiento de la herramienta. (ver figura 2-12)



Fuente: Elaboración propia de estudio de proceso

Figura 2-12. Caja negra de la herramienta de extracción

2.2.3. Análisis Funcional

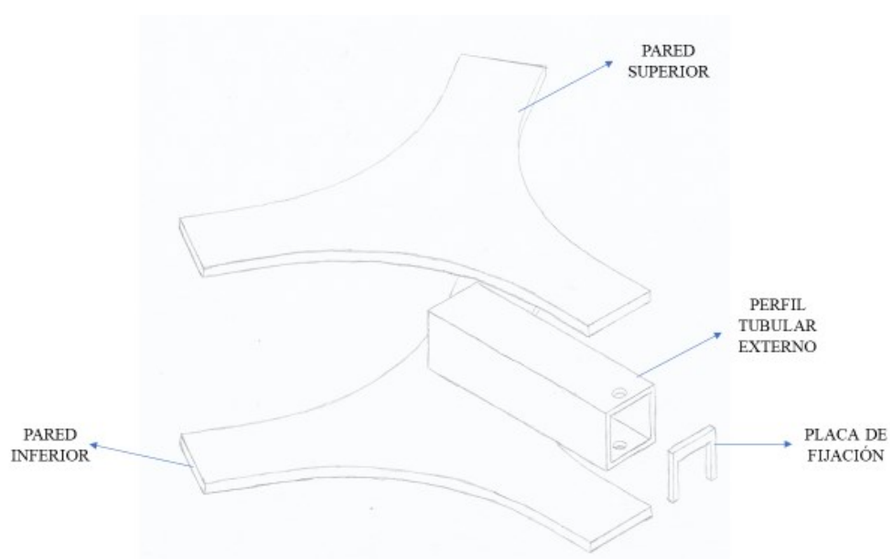
El Análisis Funcional consiste en explicación de cada parte de cada subconjunto y las partes que lo componen, por lo cual se demostrará de manera explicativa y gráfica.

Subsistema estructural: se compone de las siguientes piezas (ver figura 2-13.)

- Pared superior e inferior: Estas piezas tiene la función de proteger y aumentar el área de apoyo de nuestra herramienta, estas ayudaran a contener todo el sistema de fijación y de conexión.

- Perfil tubular externo: Este componente, consiste en un perfil tubular dimensionado el cual tiene una mayor dimensión que el perfil tubular interno, valga la redundancia este servirá de contención para los perfiles internos y a su vez le dará la posibilidad de servir como riel y que sirva como sistema corredizo, a su vez tiene una perforación para poder fijar el perfil interior a longitud deseada.

- Placa de fijación: Esta placa fue diseñada exclusivamente para evitar un juego o movimiento no deseado de los perfiles tubulares internos al momento de deslizarse hacia adelante o atrás.



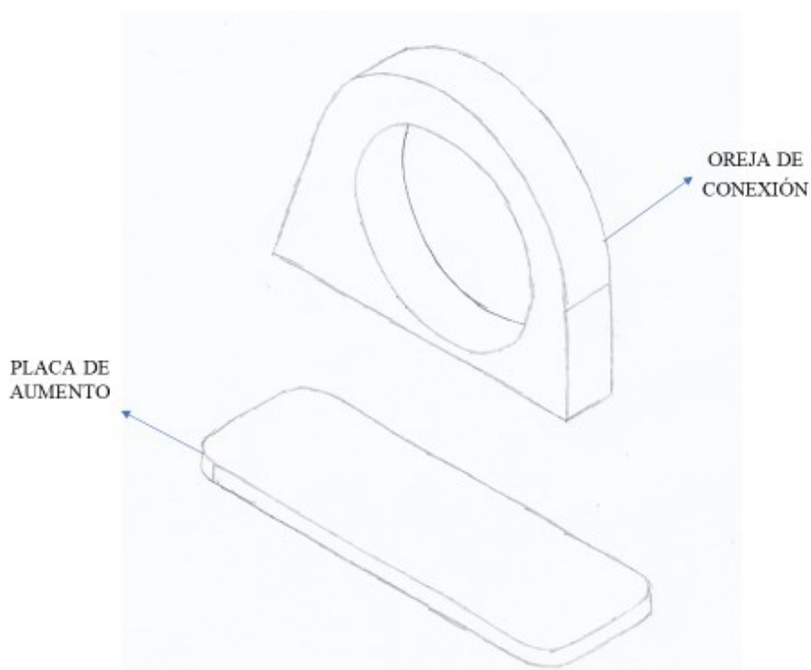
Fuente: Elaboración propia bosquejo de herramienta de extracción.

Figura 2-13. Subsistema estructural

Subsistema de conexión: se compone de las siguientes piezas (ver Figura 2-14.)

- Oreja de conexión: Estas orejas permitirán la conexión de la cadena de tres ramales desde la herramienta al puente grúa, estas orejas van soldadas a la pared superior de la herramienta, esta tiene el diámetro necesario para que se puedan introducir los ganchos de las cadenas.

- Placa de aumento: Esta placa fue fabricada específicamente para darle más espesor a la base de las orejas, ya que las orejas en su base tienen poco espesor debido al diseño de sus perforaciones para los ganchos.



Fuente: Elaboración propia bosquejo de herramienta de extracción.

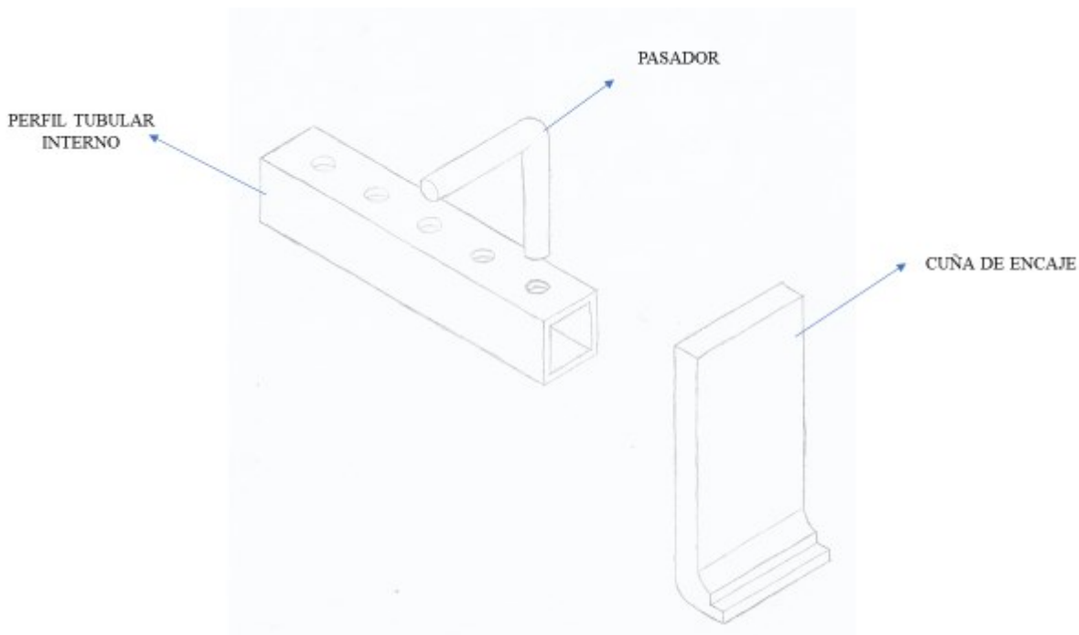
Figura 2-14. Subsistema de conexión

Subsistema de fijación: se compone de las siguientes piezas (ver Figura 2-15)

- Perfil tubular interior: Este perfil es de menor dimensión que el exterior para que pueda deslizarse dentro de este, a su vez contiene varias perforaciones para posteriormente poder fijar la herramienta al diámetro deseado, al extenderlo a la primera perforación se fija y da el diámetro requerido para nuestros engranajes.

- Pasador: su función principal es intersectar el perfil tubular externo e interno, para poder detenerlo en el diámetro requerido, este tiene una geometría en L, para poder evitar que este pase de largo y no se caiga.

- Cuña de encaje: Esta es una placa de acero primeramente dimensionada y posteriormente enviada al taller de mecanizado, esto debido a su geometría exacta requerida para que pueda encajar en el espacio de 8 [mm] entre los engranajes y la masa del mando final.

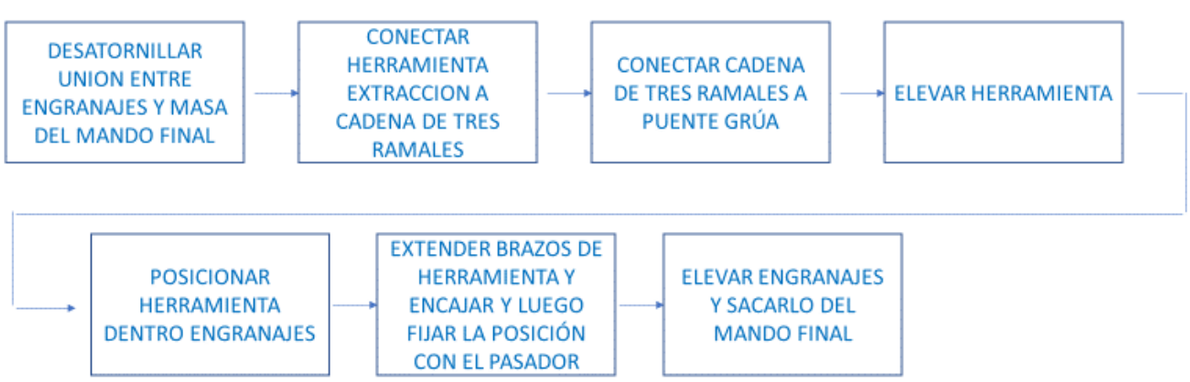


Fuente: Elaboración propia bosquejo de herramienta de extracción.

Figura 2-15. Subsistema de fijación

2.2.4 Diagrama de bloque

Aquí se describirá el proceso de uso y funcionamiento de la herramienta. (ver diagrama 2-16)

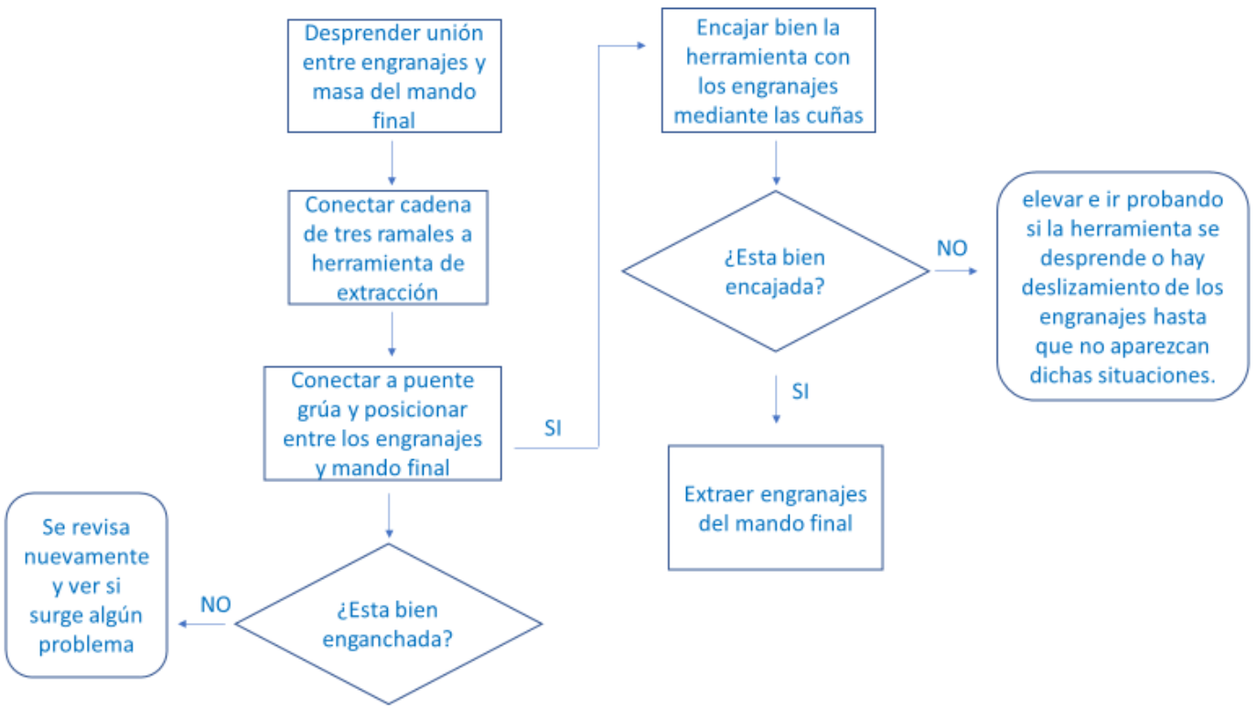


Fuente: Elaboración propia estudio de proceso

Figura: 2-16. Diagrama de bloque

2.2.5 Diagrama de flujo

En este diagrama se recreará una posible realización y uso de la herramienta con las incógnitas que puedan suceder a la vez del uso de esta. (ver diagrama 2-17)



Fuente: Elaboración propia estudio de proceso

Figura 2-17. Diagrama de flujo

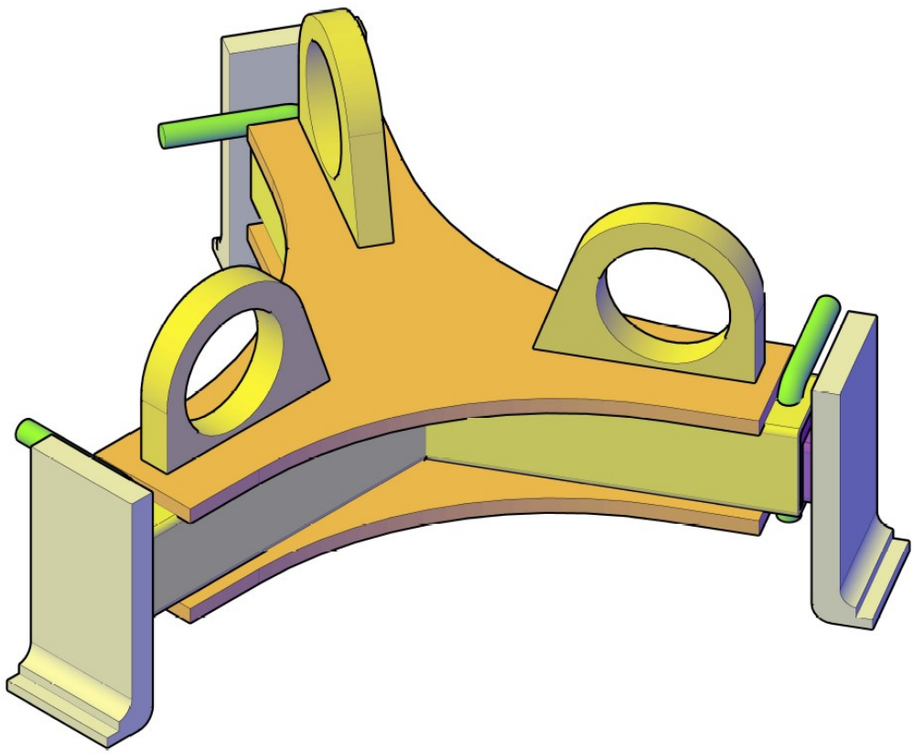
2.3 INGENIERÍA DETALLE

En etapa se mostrará el diseño virtual del proyecto, que es la maqueta virtual de la herramienta de extracción para engranajes Gear Ring, mostrando los modelamientos del proyecto en general, así también como los subconjuntos y componentes de estos, a su vez se informará mediante memorias de cálculos y análisis de esfuerzos básicos todas las capacidades y propiedades tanto de materiales como del proyecto.

2.3.1 Maqueta virtual

A continuación, en la Figura 2-18 se mostrará la maqueta virtual diseñada en AutoCAD 2018, para poder evidenciar todas sus partes y componentes, tanto del conjunto

en general, subconjuntos y sus piezas, esto nos dará una mejor referencia y claridad sobre nuestro proyecto y su distribución de partes.



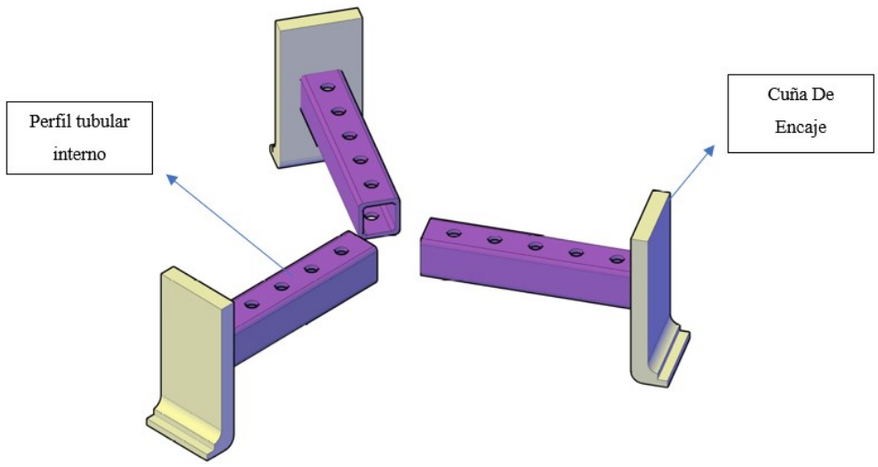
Fuente: Elaboración propia modelado 3D

Figura 2-18. Maqueta Virtual Herramienta extracción

2.3.1.2. Subconjuntos

Se expondrán los modelados 3D de cada pieza y subconjunto, de manera que se pueda apreciar de mejor manera y con claridad las dimensiones y formas de estos.

- Subconjunto Perfil tubular interno y cuña de encaje.



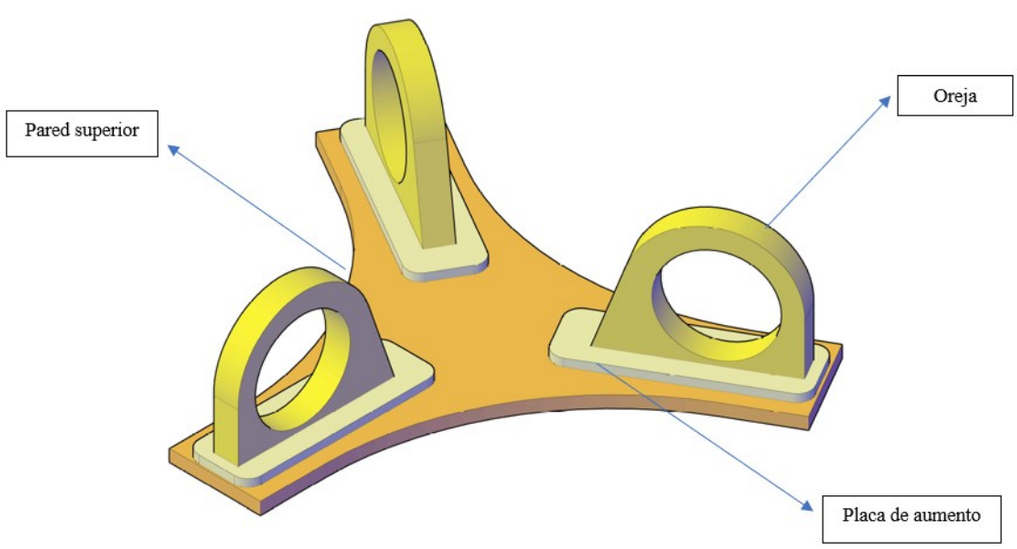
Fuente: Elaboración propia modelado 3D

Figura 2-19. Modelado 3D subconjunto Perfil tubular interno y cuña de encaje

Este subconjunto (ver figura 2-19) es la unión de las cuñas de encaje con los perfiles tubulares internos, estas dos piezas se encuentran unidas mediante soldadura y forman un parte independiente del conjunto, los perfiles tubulares internos tienen unas medidas de 50x50x5 y están soldados al centro de la parte trasera de la cuña de encaje.

La cuña de encaje es una placa de acero Astm-A36 primeramente dimensionada y posteriormente mecanizada para conseguir las partes y formas requeridas.

- Subconjunto Pared, oreja y placa de aumento.



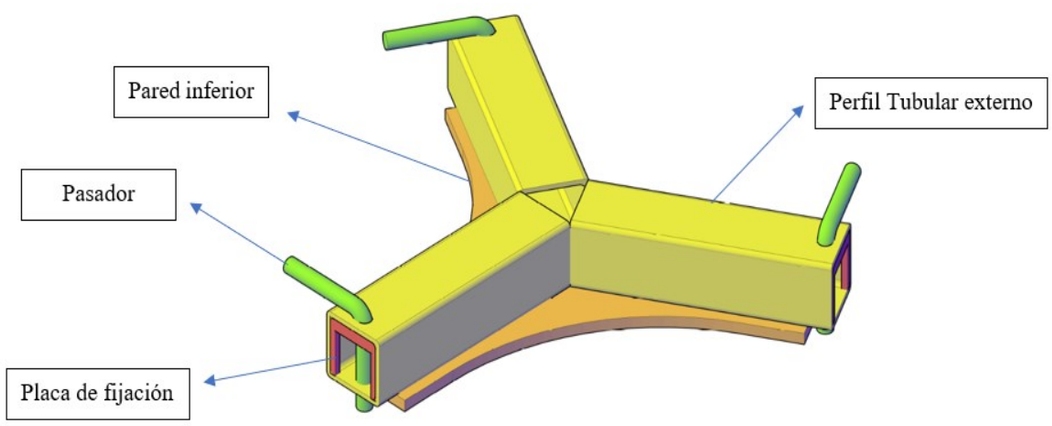
Fuente: Elaboración propia modelado 3D

Figura 2-20. Modelado 3D subconjunto Pared, orejas y placas de aumento

La pared superior (ver figura 2-20), es la base para posicionar las orejas y las placas de aumento, estas se posicionarán sobre los perfiles tubulares externos, y serán el subsistema que permitirá el levantamiento de la herramienta, por ende, la extracción de los engranajes

Todas estas piezas se obtuvieron del proceso de mesa de corte de planchas de acero de distinto espesor. Las placas de aumento se utilizan específicamente para aumentar el área de soporte de la oreja.

- Subconjunto Pared, perfiles tubulares externos, pasador y placas de fijación.



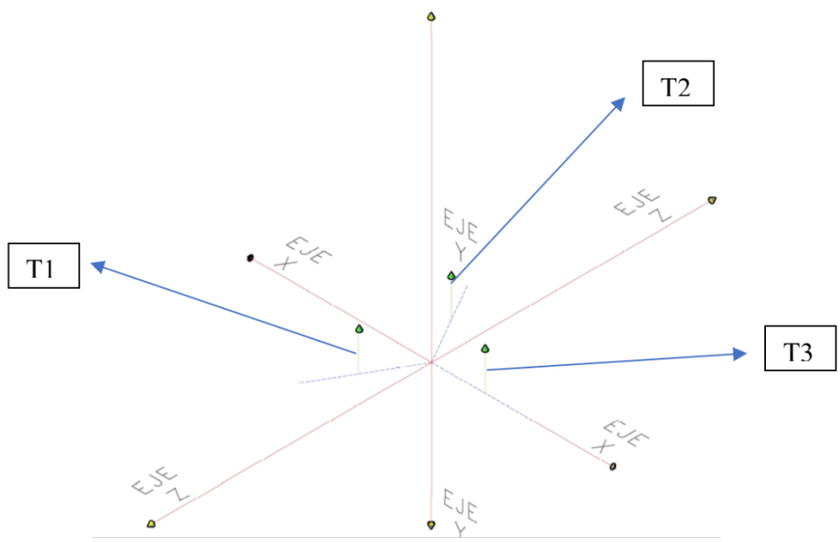
Fuente: Elaboración propia modelado 3D

Figura 2-21. Modelado 3D subconjunto Pared, perfil tubular externo, pasador y placa de fijación

Este subconjunto (ver figura 2-21) es básicamente la estructura, esta consiste en la pared que será la base de los perfiles tubulares externos de dimensiones 75x75x5 estos contendrán los perfiles tubulares internos los cuales podrán deslizarse a través de este, a su vez para fijar el perfil tubular interno está el pasador para fijarlo al largo necesario y la placa de fijación es para que el perfil tubular interno no tenga un movimiento lateral al desplazarlo.

2.3.3 Cálculo de tensiones

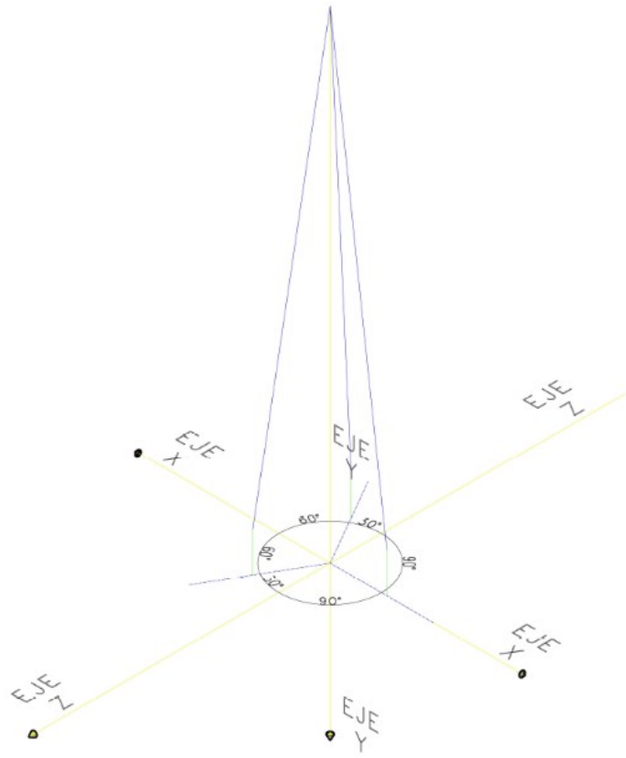
Con los datos informados anteriormente, sabemos que nuestra herramienta tiene que ser capaza de soportar un peso de 635 [Kg], por seguridad y para no estar cercanos y justos en el peso cerraremos la cifra en 650 [Kg] o bien 6374.32 [N], a continuación, calcularemos las tensiones que se generan en cada punto de anclaje o conexión de la herramienta teniendo como dato el peso, los ángulos que se generan entre estos puntos y el ángulo interno del centro al punto de anclaje. En la figura 2-22 se podrá ver de manera gráfica nuestras tensiones.



Fuente: Elaboración propia distribución de Tensiones de la herramienta

Figura 2-22. Plano distribución de tensiones de la herramienta.

Una vez planteados nuestros puntos de tensiones, se mostrará, en la figura 2-23, el diagrama de cuerpo libre de este problema con las cadenas que sostendrán la herramienta.



Fuente: Elaboración propia diagrama de cuerpo libre

Figura 2-23. Diagrama de cuerpo libre

2.3.3.1. Desarrollo problema de planteo

Este ejercicio se desarrollará en base a la materia "estática de equilibrio en tres dimensiones", para poder encontrar las magnitudes de las tensiones en cada punto de conexión de nuestra herramienta, en el cual debemos plantear tres ecuaciones con las incógnitas de las tensiones para posteriormente despejar y hallar el resultado.

- $T_{1XZ} = T_1 sen(7°)$

  $T_{1X} = T_1 sen(7°) \cdot sen(30°) = 0.06T_1$

  $T_{1Z} = T_1 sen(7°) \cdot cos(30°) = 0.1T_1$

  $T_{1y} = T_1 cos(7°) = 0.99T_1$

$$\boxed{T_1 = 0.06T_1\hat{\imath} + 0.99T_1\hat{\jmath} - 0.1T_1\hat{k}} \longrightarrow \text{Primera ecuación.}$$

- $T_{2xz} = T_2 sen(7°)$

  $T_{2X} = T_2 sen(7°) \cdot sen(30°) = 0.06T_2$

  $T_{2Z} = T_2 sen(7°) \cdot cos(30°) = 0.1T_2$

  $T_{2y} = T_2 cos(7°) = 0.99T_2$

$$\boxed{T_2 = 0.06T_2\hat{\imath} + 0.99T_2\hat{\jmath} - 0.1T_2\hat{k}} \longrightarrow \text{Segunda ecuación.}$$

- $T_{3xz} = T_3 sen(7°)$

  $T_{3x} = T_3 sen(7°) = 0.12T_3$

  $T_{3y} = T_3 cos(7°) = 0.99T_3$

$$\boxed{T_3 = -0.12T_3\hat{\imath} + 0.99T_3\hat{\jmath}} \longrightarrow$$ Tercera ecuación.

$\sum f(x) = 0$

$0.06T_1 + 0.06T_2 - 0.12T_3 = 0$ (1)

$\sum f(y) = 0$

$0.99T_1 + 0.99T_2 + 0.99T_3 - 650 = 0$ (2)

$\sum f(z) = 0$

$-0.1T_1 + 0.1T_2 = 0$ (3)

<u>DESPEJAR</u>

(3) $-0.1T_1 + 0.1T_2 = 0$

$0.1T_2 = 0.1\,T_1 \quad /: 0.1$

$\frac{0.1}{0.1}T_2 = \frac{0.1}{0.1}T_1$

$T_2 = T_1$

(1) $0.06\,T_1 + 0.06T_2 - 0.12\,T_3 = 0$

$0.12\,T_1 = 0.12T_3$

$T_1 = T_3$

(2) $0.99\,T_1 + 0.99T_2 + 0.99\,T_3 - 650 = 0$

$2.97\,T_1 = 650$

$T_1 = 650/2.97$

$T_1 = 218.85$

$T_1 = T_2 = T_3 = 218.85\ [Kg]$

Finalmente se puede concluir que las tensiones que se generan en los puntos de conexión, es la misma magnitud para las tres, se genera una tensión de 218.85 [Kg] en cada punto de anclaje.

2.3.4 Análisis de esfuerzos a la herramienta

En la presente sección analizaremos profundamente "la herramienta de extracción", para posteriormente poder validar su diseño, sus capacidades físicas y mecánicas para su uso posterior.

Evaluaremos esta herramienta desde la concepción de su diseño hasta su finalización, todo esto se verá contextualizado a su función principal, la cual deberá tener la resistencia necesaria para poder levantar un engranaje de 635 [Kg], para lo cual en el análisis definiremos el peso en 650 [Kg] para redondear y deja en sobre medida su resistencia.

2.3.4.1 Base de cálculo

El material que se usará para el diseño de la herramienta de extracción, en el cual nos basaremos para evaluar todos los esfuerzos posteriores, será **ACERO Astm-A36**, el que se encuentra en la biblioteca de materiales por el nombre ACERO en el programa INVENTOR.

Hay que destacar que todas las partes y componentes de la herramienta están fabricadas en el material acero Astm-A36, para lo cual verificaremos sus propiedades físicas y químicas y su esfuerzo admisible en la tabla 2-2.

Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
(Kg / mm2)	MPa	(Kg / mm2)	MPa	%
25,5 (mín.)	250 (mín.)	40,8 (min.)	400 (mín.)	20 (mín.)

Composición Química (Valores típicos)				
% C	% Mn	% Si	% P	% S
≤ 0,26	0,80 - 1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05

Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío (**)		
Espesor E (mm.)		
Hasta 20 mm. (incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (incl.)
1,5 X E	1,5 X E	1,5 X E

Fuente: http://www.acerosotero.cl/pdf/fichas/plancha_acero_carbono_astma36.pdf

Tabla 2-2. Propiedades físicas y químicas del acero

El esfuerzo admisible lo sacamos a partir de las propiedades mecánicas del material (ACERO Astm-A36), el cual nos dice que tiene un esfuerzo de fluencia de 250 [Mpa]= 2550[$\frac{Kg}{cm^2}$], y con el coeficiente de seguridad, que podríamos considerar un coeficiente mínimo de n=2.

Donde:

- σ adm= Esfuerzo admisible del material seleccionado [$\frac{Kg}{cm^2}$]
- σ fluencia= Esfuerzo de fluencia del material seleccionado [$\frac{Kg}{cm^2}$]
- n= coeficiente de seguridad. Para este proyecto el coeficiente de seguridad será n=2
- Reemplazando:

$$\sigma \text{ adm} = \frac{2550}{2} \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$

$$\sigma \text{ adm} = 1275 \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$

$$\sigma \text{ adm} = 125 \text{ [Mpa]}$$

2.3.4.2 Análisis de esfuerzo básico a la herramienta en su extensión mínima

A continuación, se mostrará el análisis a través de Inventor Professional 2020 al cual se someterá la herramienta en su extensión mínima, se aplicará las cargas en cada cuña de encaje donde sostendrá el peso nuestra herramienta y se aplicará fuerza en las orejas para ver cómo actúan las tensiones antes calculadas y ver si resisten.

En cada cuña de encaje se aplicará el peso total de los engranajes dividido en 3

- Peso total: 6.374,32/3 [N] = 2.124,7 [N]
- Carga aplicada en cada oreja: 2.137,85 [N]

RESULTADOS

Propiedades físicas

Material	Acero
Densidad	7,85 g/cm^3
Masa	49,5205 kg
Área	1535200 mm^2
Volumen	6308340 mm^3
Centro de gravedad	x=4829,21 mm y=4959,44 mm z=58,5387 mm

Material(es)

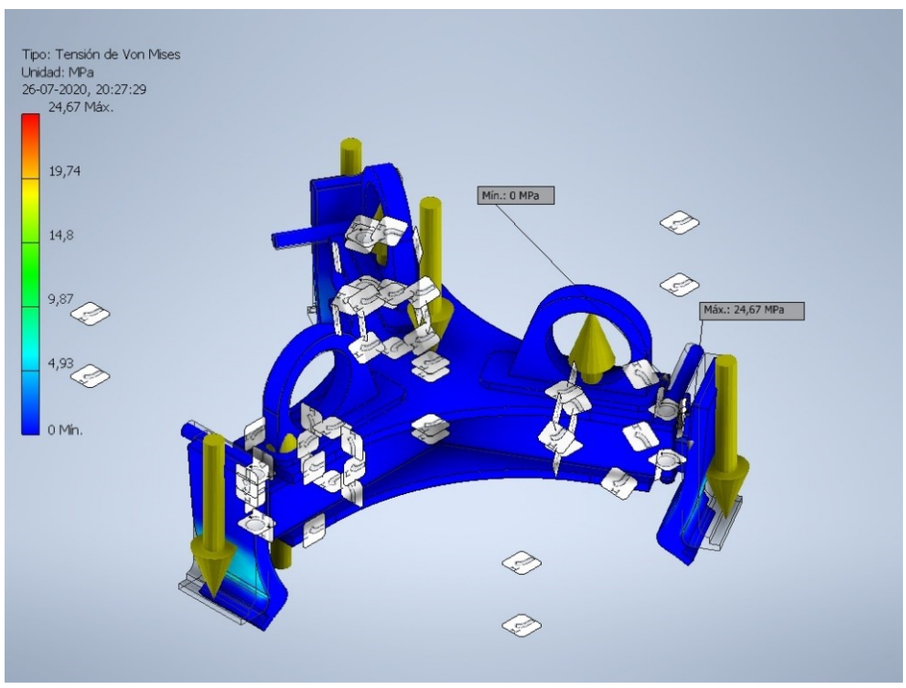
Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm^3
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Nombre(s) de pieza	CONJUNTO-OFICIAL.ipt	

Fuente: Elaboración propia librería de materiales Inventor Professional 2020

Tabla 2-3. Propiedades físicas y características del material

La tabla 2-3 es obtenida de la biblioteca de materiales de Inventor Professional 2020, el cual nos entrega toda la información detallada y propiedades físicas del material que usaremos en nuestro caso.

Diagrama de estrés de Von Misses



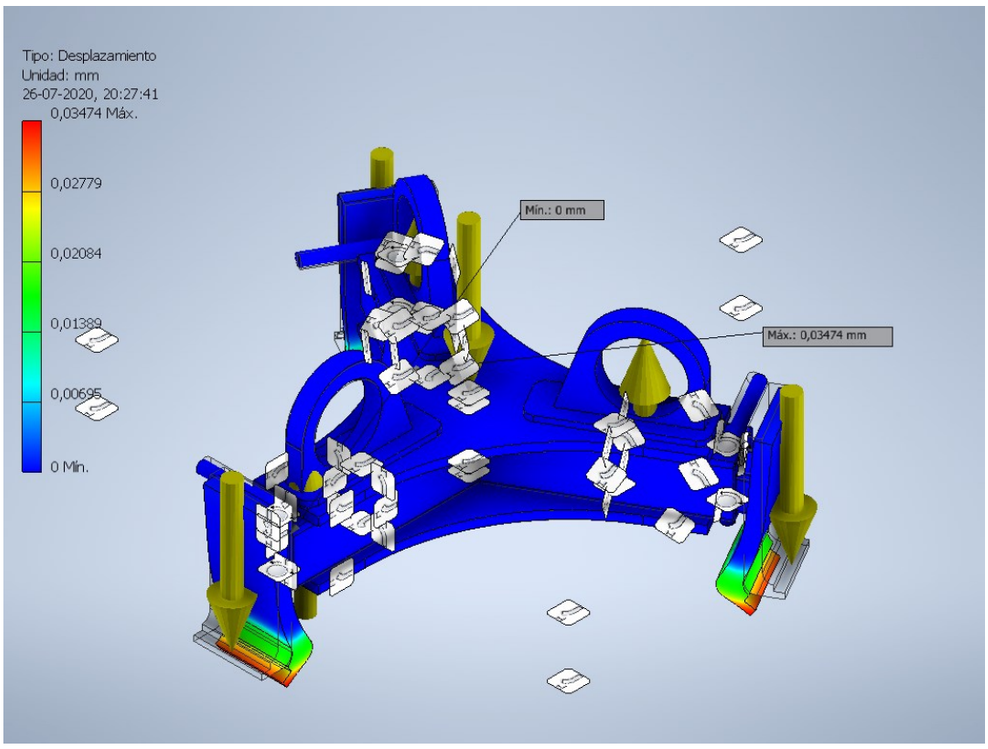
Fuente: Elaboración propia Resultado análisis de esfuerzo Inventor Professional 2020

Figura 2-24. Tensión de Von Misses extensión mínima de la herramienta

Resultado diagrama de Von Misses (ver figura 2-24)

- Esfuerzo máximo de fluencia 24,67 [Mpa]
- Esfuerzo mínimo de fluencia 0 [Mpa]

Diagrama de deformación o desplazamiento



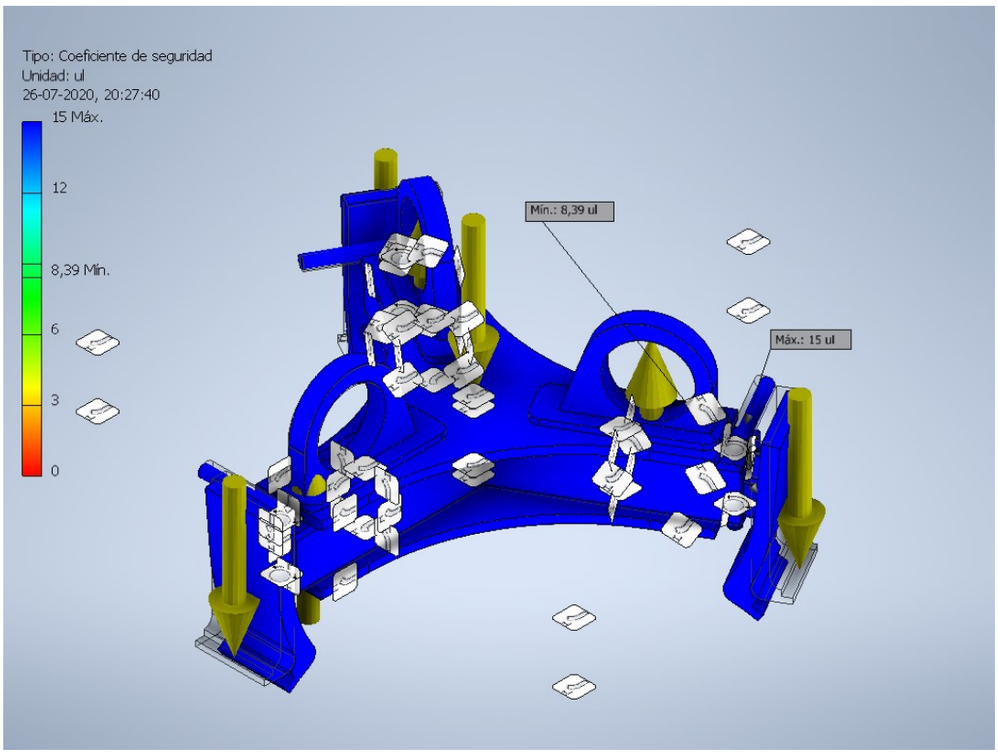
Fuente: Elaboración propia Resultado análisis de esfuerzo Inventor Professional 2020

Figura 2-25. Diagrama de desplazamiento o deformación extensión mínima de la herramienta

Resultado diagrama de deformación (ver figura 2-25)

- Deformación máxima 0,03474 [mm]
- Deformación mínima 0 [mm]

<u>Diagrama de factor de seguridad</u>



Fuente: Elaboración propia Resultado análisis de esfuerzo Inventor Professional 2020

Figura 2-26. Diagrame de factor de seguridad extensión mínima de la herramienta

Resultado diagrama de factor de seguridad (ver figura 2-26)

- Factor de seguridad máximo 15 [ul]
- Factor de seguridad mínimo 8,39 [ul]

<u>Resumen de resultados</u>

Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	6308400 mm^3	
Masa	49,5209 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	24,6732 MPa
Primera tensión principal	-7,16439 MPa	12,5523 MPa
Tercera tensión principal	-32,9867 MPa	2,2942 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0347357 mm
Coeficiente de seguridad	8,38966 su	15 su
Tensión XX	-25,1403 MPa	8,72265 MPa
Tensión XY	-7,60439 MPa	8,62594 MPa
Tensión XZ	-9,59071 MPa	9,49373 MPa
Tensión YY	-22,7062 MPa	8,56382 MPa
Tensión YZ	-10,4877 MPa	10,8298 MPa
Tensión ZZ	-20,1523 MPa	11,1682 MPa
Desplazamiento X	-0,0279397 mm	0,0141797 mm
Desplazamiento Y	-0,0242715 mm	0,0242705 mm
Desplazamiento Z	-0,0206172 mm	0,00143869 mm
Deformación equivalente	0 su	0,000111789 su
Primera deformación principal	-0,0000000652037 su	0,0000537415 su
Tercera deformación principal	-0,000130807 su	0,00000000046085 su
Deformación XX	-0,0000883842 su	0,0000389626 su
Deformación XY	-0,0000470748 su	0,0000533987 su
Deformación XZ	-0,000059371 su	0,0000587707 su
Deformación YY	-0,000072782 su	0,0000374079 su
Deformación YZ	-0,0000649237 su	0,0000670418 su
Deformación ZZ	-0,0000801517 su	0,0000483829 su
Presión de contacto	0 MPa	203,33 MPa
Presión de contacto X	-26,1901 MPa	110,408 MPa
Presión de contacto Y	-38,6521 MPa	39,7312 MPa
Presión de contacto Z	-46,643 MPa	171,907 MPa

Fuente: Elaboración propia Resultado análisis de esfuerzo Inventor Professional 2020

Tabla 2-4. Resumen de resultados del análisis extensión mínima de la herramienta.

Una vez obtenido los resultados (ver tabla 2-4) entregados por los diferentes cálculos de las fórmulas, software de diseño y modelado 3D, podemos determinar lo siguiente:

-El esfuerzo máximo que actúa sobre nuestro diseño es de 24,67 [Mpa] simulando una carga de 6.374,32 [N] lo que conlleva a una deformación máxima de 0,03474 [mm] lo cual es óptimo ya que se encuentra muy por debajo del esfuerzo admisible del material, por lo tanto, cumple su objetivo principal y como dato adicional el peso máximo que puede levantar nuestra herramienta sin extender, basándonos en el coeficiente de seguridad 2 y que nuestro esfuerzo admisible es de 125 [Mpa] es un peso de: 3.322,71 [Kg] = 32.584,67 [N].

Lo que debemos tener en consideración es el factor de seguridad real para nuestra herramienta, el cual sería nuestro esfuerzo admisible dividido en el esfuerzo máximo que nos entregó el diagrama de Von Misses, que es 24,67 [Mpa]

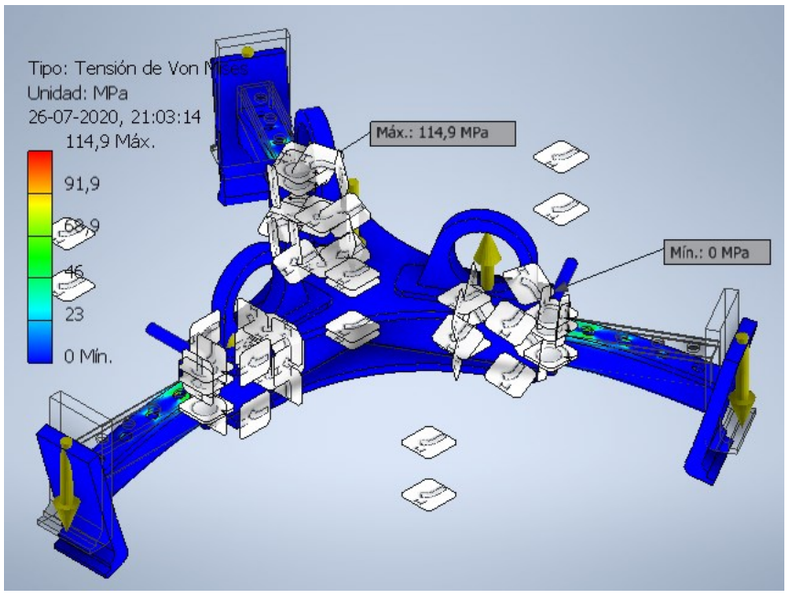
σ adm= $\frac{125}{24,67}$[Mpa]= 5,066 Coeficiente de seguridad

a diferencia con el que entrega el software que es de 8, podemos decir que el programa tiene parámetros determinados y en cierta manera se asegura y da en sobre medida el coeficiente de seguridad.

2.3.4.3 Análisis de esfuerzo básico a la herramienta en su extensión máxima

Se someterá a un análisis de esfuerzo la herramienta de extracción con todos los antecedentes anteriores en cuanto a materiales y esfuerzos admisibles y coeficiente de seguridad.

Diagrama de estrés de Von Misses



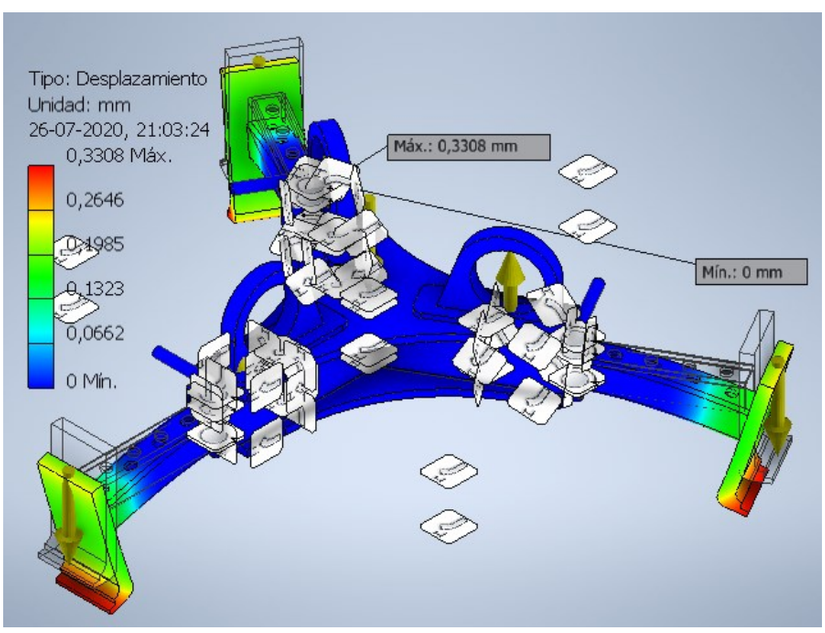
Fuente: Elaboración propia Resultado análisis de esfuerzo Inventor Professional 2020

Figura 2-27. Tensión de Von Misses extensión máxima de la herramienta

Resultado diagrama de Von Misses (ver figura 2-27)

- Esfuerzo máximo de fluencia 114,9 [Mpa]
- Esfuerzo mínimo de fluencia 0 [Mpa]

<u>Diagrama de deformación o desplazamiento</u>



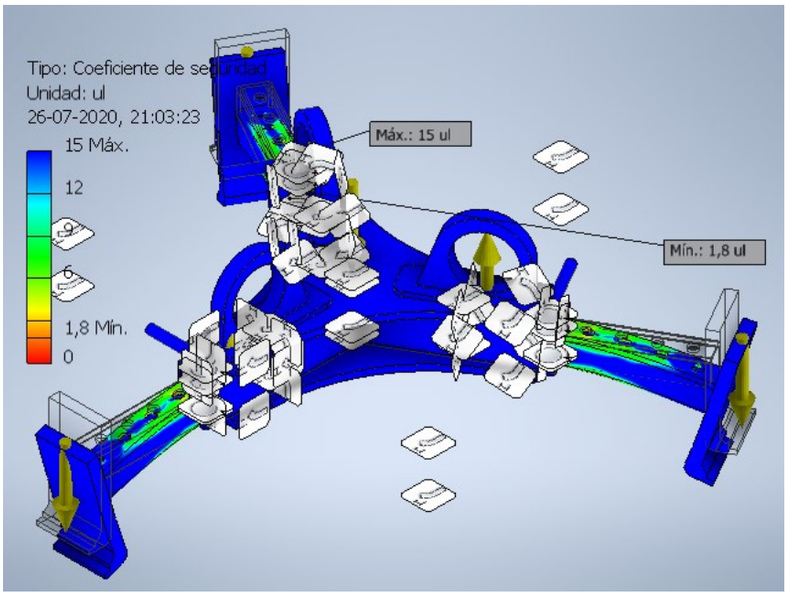
Fuente: Elaboración propia Resultado análisis de esfuerzo Inventor Professional 2020

Figura 2-28. Diagrama de desplazamiento o deformación extensión máxima de la herramienta

Resultado diagrama de deformación (ver figura 2-28)

- Deformación máxima 0,3308 [mm]
- Deformación mínima 0 [mm]

Diagrama de factor de seguridad



Fuente: Elaboración propia Resultado análisis de esfuerzo Inventor Professional 2020

Figura 2-29. Diagrama de factor de seguridad extensión máxima de la herramienta

Resultado diagrama de factor de seguridad (ver figura 2-29)

- Factor de seguridad máximo 15 [ul]
- Factor de seguridad mínimo 1,8 [ul]

Resumen de resultados

⊟ **Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	6308400 mm^3	
Masa	49,5209 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	114,915 MPa
Primera tensión principal	-9,59939 MPa	118,805 MPa
Tercera tensión principal	-121,455 MPa	7,44801 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,330779 mm
Coeficiente de seguridad	1,80133 su	15 su
Tensión XX	-119,622 MPa	114,241 MPa
Tensión XY	-51,0268 MPa	46,8644 MPa
Tensión XZ	-27,2697 MPa	15,2025 MPa
Tensión YY	-91,668 MPa	89,8203 MPa
Tensión YZ	-14,9905 MPa	15,2179 MPa
Tensión ZZ	-30,5288 MPa	16,981 MPa
Desplazamiento X	-0,163469 mm	0,128176 mm
Desplazamiento Y	-0,142507 mm	0,145469 mm
Desplazamiento Z	-0,28565 mm	0,00170169 mm
Deformación equivalente	0 su	0,000489464 su
Primera deformación principal	-0,000000230678 su	0,000545284 su
Tercera deformación principal	-0,000559231 su	0,00000000207844 su
Deformación XX	-0,000550181 su	0,000515184 su
Deformación XY	-0,00031588 su	0,000290113 su
Deformación XZ	-0,000168812 su	0,0000941105 su
Deformación YY	-0,000396807 su	0,000390222 su
Deformación YZ	-0,0000927986 su	0,0000942063 su
Deformación ZZ	-0,000168733 su	0,000171479 su
Presión de contacto	0 MPa	412,654 MPa
Presión de contacto X	-75,7023 MPa	340,26 MPa
Presión de contacto Y	-37,2429 MPa	108,408 MPa
Presión de contacto Z	-56,0389 MPa	232,553 MPa

Fuente: Elaboración propia Resultado análisis de esfuerzo Inventor 2020

Tabla 2-5. Resumen de resultados del análisis extensión máxima de la herramienta

Una vez obtenido los resultados (ver tabla 2-5) entregados por los diferentes cálculos de las fórmulas, software de diseño y modelado 3D, podemos determinar lo siguiente:

- El esfuerzo máximo que actúa sobre nuestro diseño es de 114,91 [Mpa] simulando la misma carga anterior de 6.374,32 [N] lo que conlleva a una deformación máxima de 0,330779 [mm] lo cual está dentro del rango aceptable ya que se encuentra muy por debajo del esfuerzo admisible del material, por lo tanto resiste un peso similar que sin la extensión de sus brazos, pero lo que si hay que tener en cuenta es lo que podrá levantar y se mostrará como dato adicional el peso máximo que puede levantar nuestra herramienta con sus brazos extendidos, basándonos en el coeficiente de seguridad 2 y que nuestro esfuerzo admisible es de 125 [Mpa] es un peso de: 707 [Kg] = 6.940,18 [N].

Lo que debemos tener en consideración es el factor de seguridad real para nuestra herramienta, el cual sería nuestro esfuerzo admisible dividido en el esfuerzo máximo que nos entregó el diagrama de Von Misses, que es 114,9 [Mpa]

σ adm= $\frac{125}{114.9}$[Mpa]= 1.087 Coeficiente de seguridad

a diferencia con el que entrega el software que es de 1.8, podemos decir que el programa tiene parámetros determinados y en cierta manera se asegura y da en sobre medida el coeficiente de seguridad.

2.3.5 Cálculo de soldadura

Se procederá a desarrollar un cálculo básico de todas las secciones soldadas de nuestra herramienta, esto lo demostramos con un cálculo por medio del software Inventor Professional 2020 a las cuales se someterán el peso de nuestro engranaje, que es lo que tiene que soportar, 6.374,32 [N], a una soldadura E6010.

2.3.5.1 Longitudes de secciones soldadas

En la tabla 2-6. Se muestra cada sección soldada y sus respectivas longitudes para un posterior cálculo.

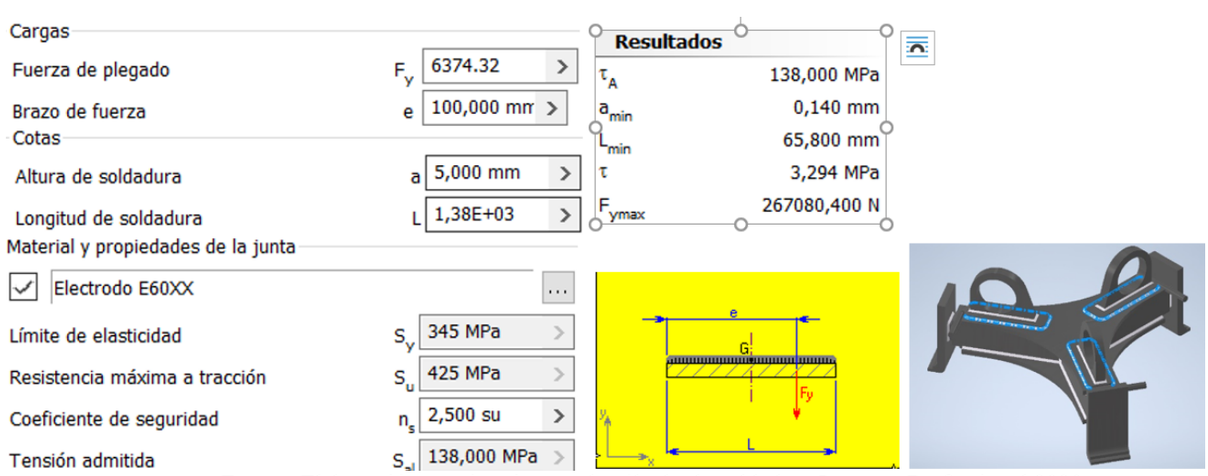
ID	Tipo	Longitud	Unidad de medida	Masa	Unidad de medida	Área	Unidad de medida	Volumen	Unidad de medida
Soldadura de empalme 1	Empalme	1,38E+03	mm	0,048	kg	2,41E+04	mm^2	1,76E+04	mm^3
Soldadura de empalme 3	Empalme	1,13E+03	mm	0,024	kg	1,57E+04	mm^2	8,92E+03	mm^3
Soldadura de empalme 4	Empalme	2,98E+03	mm	0,1	kg	5,08E+04	mm^2	3,71E+04	mm^3
Soldadura de empalme 5	Empalme	195	mm	0,006	kg	3,70E+03	mm^2	2,11E+03	mm^3
Soldadura de empalme 6	Empalme	574,248	mm	0,021	kg	1,04E+04	mm^2	7,57E+03	mm^3

Fuente: Elaboración propia mediante Inventor Professional 2020

Tabla 2-6. Longitudes de secciones soldadas

2.3.5.2 Resultado de análisis de esfuerzo en Secciones soldadas

- Sección soldadura de empalme 1



Fuente: Elaboración propia asistente de cálculo de soldadura Inventor Professional 2020

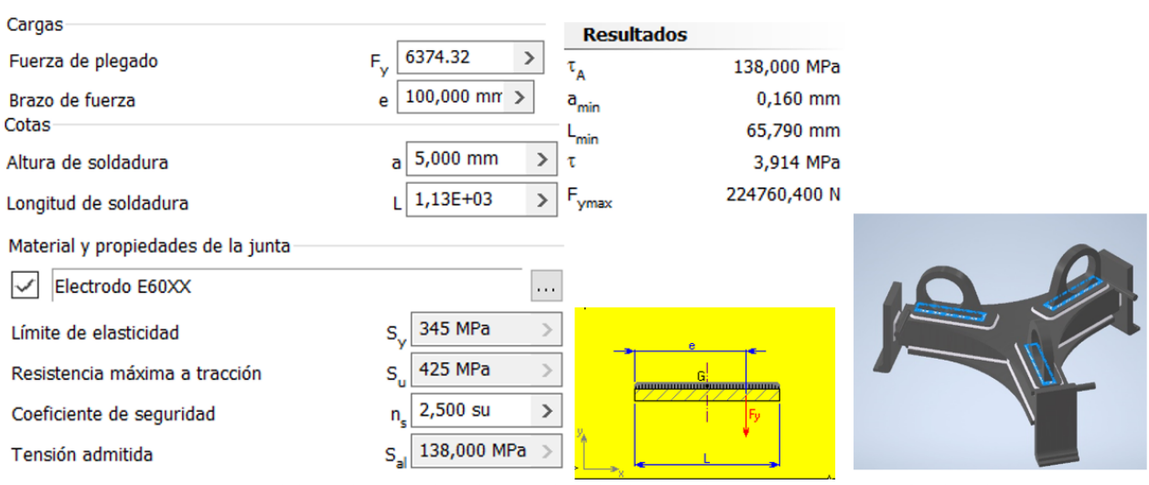
Figura 2-30. Resultado sección soldadura de empalme 1

Con los resultados entregados por el software (ver figura 2-30), una vez aplicada la carga que debe resistir y teniendo en cuenta las propiedades de la soldadura, se puede concluir los siguiente de la soldadura aplicada en esta sección:

- Admite una tensión: 138,000 [Mpa]
- Debe tener una altura mínima de soldadura: 0.140 [mm]
- Longitud mínima: 65,800 [Mpa]
- Tensión o fuerza de corte máximo generado en la soldadura: 3,294 [Mpa]
- Fuerza de plegado máxima: 267080,400 [N]

Por lo tanto, con los datos ingresados y los datos recibidos podemos concluir que esta sección de soldadura entrega un cálculo positivo lo cual nos dice que el calculo es compatible con el diseño y a su ves resiste.

- <u>Sección soldadura de empalme 3</u>



Fuente: Elaboración propia asistente de cálculo de soldadura Inventor Professional 2020

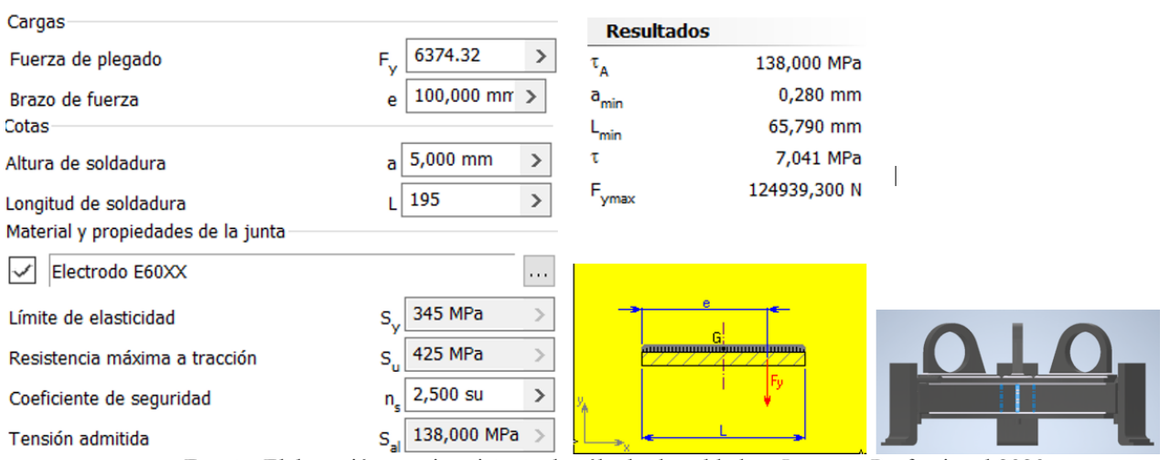
Figura 2-31. Resultado sección soldadura de empalme 3

Con los resultados entregados por el software (ver figura 2-31), una vez aplicada la carga que debe resistir y teniendo en cuenta las propiedades de la soldadura, se puede concluir los siguiente de la soldadura aplicada en esta sección:

- Admite una tensión: 138,000 [Mpa]
- Debe tener una altura mínima de soldadura: 0,160 [mm]
- Longitud mínima: 65,790 [Mpa]
- Tensión o fuerza de corte máximo generado en la soldadura: 3,914 [Mpa]
- Fuerza de plegado máxima: 224760,400 [N]

Por lo tanto, con los datos ingresados y los datos recibidos podemos concluir que esta sección de soldadura entrega un cálculo positivo lo cual nos dice que el cálculo es compatible con el diseño y a su vez resiste.

- <u>Sección soldadura de empalme 4</u>



Fuente: Elaboración propia asistente de cálculo de soldadura Inventor Professional 2020

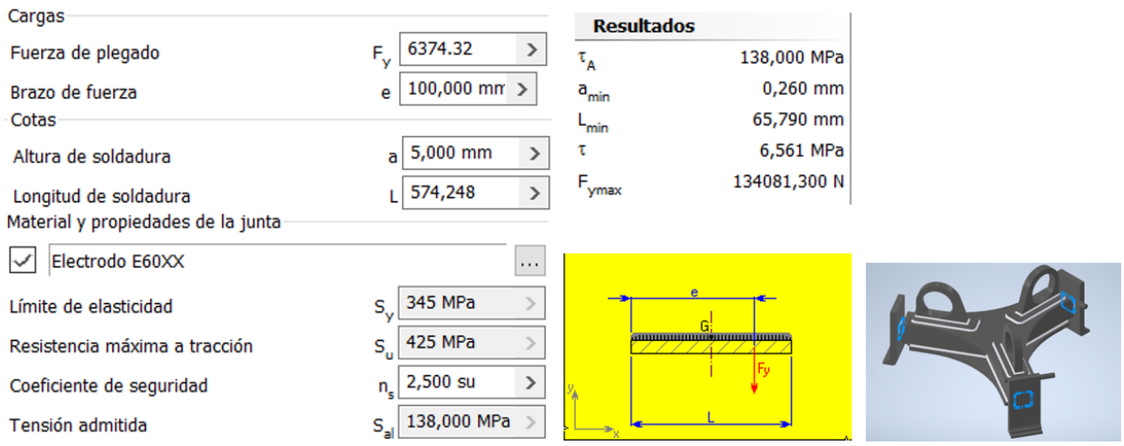
Figura 2-32. Resultado sección soldadura de empalme 4

Con los resultados entregados por el software (ver figura 2-32), una vez aplicada la carga que debe resistir y teniendo en cuenta las propiedades de la soldadura, se puede concluir los siguiente de la soldadura aplicada en esta sección:

- Admite una tensión: 138,000 [Mpa]
- Debe tener una altura mínima de soldadura: 0,280 [mm]
- Longitud mínima: 65,790 [Mpa]
- Tensión o fuerza de corte máximo generado en la soldadura: 7,041 [Mpa]
- Fuerza de plegado máxima: 124939,300 [N]

Por lo tanto, con los datos ingresados y los datos recibidos podemos concluir que esta sección de soldadura entrega un cálculo positivo lo cual nos dice que el cálculo es compatible con el diseño y a su vez resiste.

- <u>Sección soldadura de empalme 5</u>



Fuente: Elaboración propia asistente de cálculo de soldadura Inventor Professional 2020

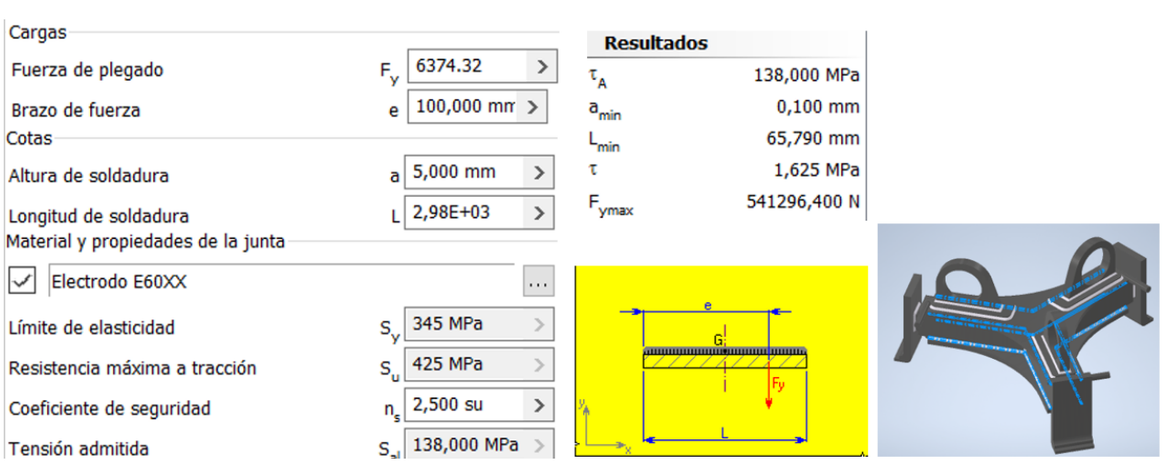
Figura 2-33. Resultado sección soldadura de empalme 5

Con los resultados entregados por el software (ver figura 2-33), una vez aplicada la carga que debe resistir y teniendo en cuenta las propiedades de la soldadura, se puede concluir los siguiente de la soldadura aplicada en esta sección:

- Admite una tensión: 138,000 [Mpa]
- Debe tener una altura mínima de soldadura: 0.140 [mm]
- Longitud mínima: 65,800 [Mpa]
- Tensión o fuerza de corte máximo generado en la soldadura: 3,294 [Mpa]
- Fuerza de plegado máxima: 267080,400 [N]

Por lo tanto, con los datos ingresados y los datos recibidos podemos concluir que esta sección de soldadura entrega un cálculo positivo lo cual nos dice que el cálculo es compatible con el diseño y a su vez resiste.

- <u>Sección soldadura de empalme 6</u>



Fuente: Elaboración propia asistente de cálculo de soldadura Inventor Professional 2020

Figura 2-34. Resultado sección soldadura de empalme 6

Con los resultados entregados por el software (ver figura 2-34), una vez aplicada la carga que debe resistir y teniendo en cuenta las propiedades de la soldadura, se puede concluir los siguiente de la soldadura aplicada en esta sección:

- Admite una tensión: 138,000 [Mpa]
- Debe tener una altura mínima de soldadura: 0,100 [mm]
- Longitud mínima: 65,790 [Mpa]
- Tensión o fuerza de corte máximo generado en la soldadura: 1,625 [Mpa]
- Fuerza de plegado máxima: 541296,400 [N]

Por lo tanto, con los datos ingresados y los datos recibidos podemos concluir que esta sección de soldadura entrega un cálculo positivo lo cual nos dice que el cálculo es compatible con el diseño y a su vez resiste.

2.3.6 Costos y presupuestos del proyecto

En la última parte de este capítulo se analizarán los costos del proyecto tales como: los costos directos (materiales, mano de obra y equipos) y los costos indirectos (servicios generales, servicios de fabricación y gastos generales). Estos serán la base para generar el presupuesto final del proyecto, que incluirá los siguientes puntos: costos directos, costos indirectos, imprevistos y presupuesto del proyecto.

2.3.6.1 Costos directos del proyecto

Dentro de los costos directos de este proyecto se mostrará los materiales, resultantes de la cubicación de la herramienta de extracción, la mano de obra, enfocándonos en los trabajadores y horas hombre que necesitará el proyecto y el costo de los equipos que se utilizarán, por ejemplo, máquinas herramientas, máquinas de soldar, oxicorte y otros, en donde solo se calculará un factor simulando el arriendo de éstos. Estos se sumarán a la lista de materiales.

2.3.6.1.1 Cubicación de materiales

Los materiales para cubicar son principalmente Astm-A36 y SAE-. En las siguientes tablas se mostrarán los materiales utilizados en el proyecto, en donde se indicarán la masa de cada elemento a utilizar. El objetivo de la cubicación a mostrar será

determinar la masa en bruto total de la herramienta de extracción, para luego multiplicar ese valor por el precio de venta aproximado de los materiales.

LISTA DE MATERIALES										
ÍTEM	CANTIDAD		DESCRIPCION				LARGO (mm)	MARCA	PESO kg.		OBSERVACIONE
	TOTAL	UNIDAD							UNIDAD	TOTAL	
			HERRAMIENTA DE EXTRACCIÓN							101,11	
			PERFIL CUADRADO								
1	3	1	50x50x5				265	_04	1,80	5,40	ASTM A-36
			PERFIL CUADRADO								
2	3	1	75x75x5				274,3	_05	3,02	9,05	ASTM A-36
								-			ASTM A-36
			CUÑA DE ENCAJE								
3	3	1	PLACA E=	44	X	100	200	_07	6,91	20,72	ASTM A-36
			PLACA DE AUMENTO								
4	3	1	PLACA E=	8	X	65	203	_06	0,83	2,49	ASTM A-36
			OREJA								
5	3	1	PLACA E=	25		125	163	_02	4,00	12,00	ASTM A-36
			PARED								
6	2	1	PLACA E=	12	X	514	514	_01	24,89	49,77	ASTM A-36
			PASADOR								
7	3	1	Ø16				200	_08	0,37	1,10	SAE-1020
			PLACA DE FIJACIÓN								
8	3	1	PLACA E=	6	X	65	65	_03	0,198	0,59	ASTM A-36

PESO TOTAL:	101,11 [Kg]
VALOR NETO POR KILO:	$560-.
CARGO POR USO DE EQUIPOS POR KILO:	$500-.
PRECIO TOTAL + IVA:	$127.539-.

Fuente: Elaboración propia Excel cubicación del proyecto

Tabla 2-7. Cubicación de materiales

Para calcular el costo del ítem "Lista de materiales" (ver Tabla 2-7) se asignará un valor de $560.- (valor neto promedio cotizado en barracas de acero como KUPFER) por cada kilogramo resultante de la cubicación. Además, se sumará un cargo por uso de equipos de $500.- por kilogramo cubicado obteniéndose un valor final de $127.539-.

2.3.6.1.2 Costo por mano de obra

A continuación, se calcularán los costos por mano de obra (ver tabla 2-8), para lo cual se asignará una cantidad de horas hombre según la estimación de la duración de cada trabajo, en los cuales se considerarán procesos de mecanizado soldadura y gases (oxicorte) y montaje.

ITEM	ESPECIALIDAD	DESCRIPCIÓN	CANT. H-H	VALOR H-H ($)	PRECIO ($)
1	MECANIZADO	FANRICACIÓN CUÑAS DE ENCAJE	3	5.000	15000
2	MESA DE CORTE	DIEMNSIONADO PIEZAS Y CORTE DE PLANCHAS	7	4.000	28000
3	SOLDADURA	SOLDADURA DE SUB CONJUNTOS	2	3.000	6000
4	MONTAJE SOLDADURA	MONTAJE EN TERRENO	3	3.500	10500
TOTAL:			15	TOTAL:	$59.500-.

Fuente: Elaboración propia Excel presupuesto del proyecto

Tabla 2-8. Costo por mano de obra

Finalmente, el cálculo de los costos directos del proyecto será la suma de los costos por materiales y mano de obra, obteniendo como resultado la suma de $187.039.-

2.3.6.1.3 Costo por diseño

El costo del diseño (ver tabla 2-9), al igual que los cálculos anteriores, son estándares determinado por el individuo que diseña según las variantes del mercado. Para este proyecto se ha determinado tener valores para dibujar y desarrollar planimetría, el cual se cobra por Hr de modelado. Además, se determina un valor de simulación realizada, el cual se cobra con el mismo método.

COSTOS DE DISEÑO	Cant. H	VALOR H ($)	PRECIO ($)
LEVANTAMIENTO EN TERRENO	16	2500	40000
MODELACIÓN Y OBTENCIÓN DE PLANOS	125	3500	437500
ANALISIS DE ESFUERZO	4	10000	40000
TRASLADOS Y OTROS	/	/	50000
TOTAL:			$567.500-.

Fuente: Elaboración propia Excel presupuesto del proyecto

Tabla 2-9. Costo por diseño

Finalmente, el cálculo de los costos directos del proyecto será la suma de los costos por materiales y mano de obra y diseño, obteniendo como resultado la suma de $754.539.-

2.3.6.1.4 Costos indirectos del proyecto

Se definirán los costos indirectos como aquellos gastos que implicarán la ejecución de los costos directos. Dentro de los costos indirectos de este proyecto se contemplarán:

- Servicios de fabricación: serán los costos asociados a la fabricación y mano de obra del proyecto. Algunos servicios de fabricación: fletes, bonos, colaciones, supervisión, pruebas. Se especificarán los costos de fabricación como un 35% de los costos directos anteriormente definidos, totalizando la suma de $264.088.- ($754.539x 0,35).

- Servicios generales: serán los costos relacionados a la logística del proyecto, por ejemplo, área de adquisiciones, bodegaje y pañoleros, transportes y combustibles. Éstos se calcularán asignando un valor de $2.000.- por cada hora hombre calculada anteriormente en los costos por mano de obra (15 H-H), sumando un valor de $30.000.- ($2.000 x 15).

- Gastos generales: serán los costos fijos que se necesitarán dentro de un proyecto, que se interpretarán como gastos administrativos (planilla de finanzas, secretariado) y gastos fijos, como electricidad y teléfono. Al igual que los servicios generales, los costos generales se calcularán en base a un valor según la cantidad de horas hombres esto son la mano de obra y horas hombre del diseño estipuladas, y tendrán un valor de $1.500.- por H-H, consiguiendo un total de $240.000.- ($1.500.- x 160).

2.3.6.1.5 Presupuesto del proyecto

Definidos los costos directos e indirectos, se podrá resumir en la siguiente tabla (ver tabla 2-10) el presupuesto y el costo total del proyecto, se observará un resumen del costo total del presupuesto, incluyendo los subtotales de costos directos, costos indirectos, los cuales ascenderán a la suma de $1.288.627.-

ESPECIALIDAD	DESCRIPCIÓN	CANT. H-H	VALOR H-H ($)	PRECIO ($)
COSTOS DIRECTOS	MATERIALES		/	$127.539
COSTOS DIRECTOS	MANO DE OBRA	15	/	$59.500
COSTOS DIRECTOS	COSTO DE DISEÑO	145	/	$567.500
COSTOS INDIRECTOS	SERVICIO DE FABRICACIÓN		/	$264.088
COSTOS INDIRECTOS	SERVICIOS GENERALES		/	$30.000
COSTOS INDIRECTOS	GASTOS GENERALES		/	$240.000
GASTO TOTAL DEL PROYECTO DE HERRAMIENTA DE EXTRACCIÓN				**$1.288.627**

Fuente: Elaboración propia Excel presupuesto del proyecto

Tabla 2-10. Costo del proyecto total.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para concluir, podemos decir de manera concreta que se cumplió con el objetivo principal, que nuestra herramienta pudiera levantar los engranajes en cuestión, a su vez se dio énfasis y se obedeció a todos los objetivos específicos denominados para este proyecto, entre ellos diseñar y modelar la herramienta teniendo en cuenta todos los requisitos y especificaciones técnicas, confeccionar su planimetría oficial, tanto de ensamblaje como de conjunto y su pertinente análisis de esfuerzo. Los resultados del análisis de la herramienta cumplieron con el objetivo deseado, ya que, bajo condiciones ideales, nuestro instrumento se encuentra dentro de los parámetros máximos de deformación.

El objetivo se cumple en su totalidad en cuanto a los objetivos mencionados, los resultados entregados por el software son confiables ya que el esfuerzo de fluencia máximo en nuestra herramienta sin extender, es de 24,67 [Mpa] por lo tanto, no excede los 125 como factor de seguridad [Mpa] (9.87% de 250 [Mpa]), su factor de seguridad es de 8.3 ul el cual debe ser mayor a 1 ul y sus desplazamientos máximos varían entre 0 mm hasta 0,03474 [mm].

Esto comprueba absolutamente que nuestra herramienta está habilitada para poder operar y ponerla a prueba, ya que nuestro principal objetivo es que resistiera 635 [Kg] que básicamente es el peso de los engranajes.

De todas manera esta también incorpora una opción de extender sus puntos de encaje para con los engranajes, para que este habilitada para levantar engranajes de mayor diámetro, si bien esta opción resiste menos peso que la primera forma aun así soporta el peso del engranaje inicial el cual estamos evaluando, con un esfuerzo máximo de fluencia 114.9 [Mpa] por lo tanto aun así no excede los 125 [Mpa] como factor de seguridad (45.96% de 250 [Mpa]), su factor de seguridad es de 1.8 ul el cual debe ser mayor a 1 ul y sus desplazamientos máximos varían entre 0 mm hasta 0,3308 [mm].

Como recomendación se puede mencionar, el uso de menos material y de menos dimensión, para que el costo sea menor y así cumpla su función de levantar el peso deseado.

BIBLIOGRAFÍA

1-. Hibbeler, R. C. Prentice Hall, 2000, ingeniería mecánica estática - 7 edición

2. 1 Modelamiento y análisis de esfuerzo introducción. <[EN LÍNEA]. <https://www.youtube.com/watch?v=vC0mKyczNd4&list=PLm39fxge1arfMK4FjhGQdzsFvlV0DN6Ed&index=1>[Consulta:8 de julio 2020]

3-. YOUTUBE Estática: Ejercicio 2.114 Bear And Johnston: Equilibrio de partículas 3D. [EN LÍNEA]. <https://www.youtube.com/watch?v=qI43UDJvdfI>[Consulta:25 de junio 2020]

4-. ESLINGAS DE CADENA INFORMACION GENERAL (UNE-EN 818-2-4-6), PDF.

ANEXOS

ANEXO A: PLANOS

PLANO DE CONJUNTO DE HERRAMIENTA DE EXTRACCIÓN-001
PLANO DE CONJUNTO EXTENSIÓN MAXIMA HERRAMEINTA DE EXTRACIÓN-002

PLANO DE ENSAMBLAJE PERFILES INTERNOS PLACA DE FIJACIÓN-003
PLANO DE ENSAMBLAJE PERFIL INTERNO CUÑA-004
PLANO DE ENSAMBLE PARED-OREJAS-PLACAS DE AUMENTO-005

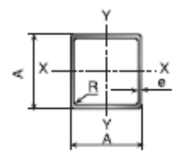
PLANO DE FABRICACIÓN PARED (PLANO_FB_01)
PLANO DE FABRICACIÓN OREJA (PLANO_FB_02)
PLANO DE FABRICACIÓN PLACA DE FIJACÓN (PLANO_FB_03)
PLANO DE FABRICACIÓN PERFIL TUBULAR INTERNO (PLANO_FB_04)
PLANO DE FABRICACIÓN PERFIL TUBULAR INTERNO (PLANO_FB_05)
PLANO DE FABRICACIÓN PLACA DE AUMENTO (PLANO_FB_06)
PLANO DE FABRICACIÓN CUÑA DE ENCAJE (PLANO_FB_07)
PLANO DE FABRICACIÓN PASADOR (PLANO_FB_08)

ANEXOS B: CATALOGOS

Catálogo de perfiles CINTAC
Perfil CUADRADO 50x50x

Perfiles Cuadrados ASTM A500

Especificaciones Generales	
Largo normal:	6 m. Otros largos previa consulta.
Recubrimiento:	Negro.
Extremos:	Lisos de máquina.
Calidades normales:	A270ES • A240ES • SAE 1010 •SAE 1008
Otras dimensiones:	A pedido, previa consulta a CINTAC.



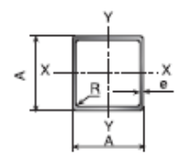
Dimensiones nominales		Peso teórico	Area	Ejes X–X e Y–Y		
A	Espesor		A	I	W	i
mm	mm	Kgf/m	cm²	cm⁴	cm³	cm
15	1,0	0,42	0,53	0,17	0,23	0,56
	1,5	0,59	0,75	0,22	0,29	0,54
20	1,0	0,58	0,73	0,43	0,43	0,77
	1,5	0,83	1,05	0,58	0,58	0,74
	2,0	1,05	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,0	0,73	0,93	0,88	0,71	0,97
	1,5	1,06	1,35	1,21	0,97	0,95
	2,0	1,36	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,0	0,89	1,13	1,57	1,05	1,18
	1,5	1,30	1,65	2,19	1,46	1,15
	2,0	1,68	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,0	1,20	1,53	3,85	1,93	1,59
	1,5	1,77	2,25	5,48	2,74	1,56
	2,0	2,31	2,94	6,93	3,46	1,54
	3,0	3,30	4,21	9,28	4,64	1,48

Dimensiones nominales		Peso teórico	Area	Ejes X–X e Y–Y		
A	Espesor		A	I	W	i
mm	mm	Kgf/m	cm²	cm⁴	cm³	cm
50	1,5	2,24	2,85	11,06	4,42	1,97
	2	2,93	3,74	14,13	5,65	1,94
	3	4,25	5,41	19,41	7,76	1,89
	4	5,45	9,95	23,60	9,44	1,84
	5	6,56	8,36	26,78	10,71	1,79
75	2	4,50	5,74	50,47	13,46	2,97
	3	6,60	8,41	71,54	19,08	2,92
	4	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
	5	10,48	13,36	105,92	28,25	2,82
	6	12,27	15,63	119,48	31,86	2,76
100	2	6,07	7,74	122,99	24,60	3,99
	3	8,96	11,41	176,95	35,39	3,94
	4	11,73	14,95	226,09	45,22	3,89
	5	14,41	18,36	270,57	54,11	3,84
	6	16,98	21,63	310,55	62,11	3,79
135	4	16,13	20,55	581,38	86,13	5,32
	5	19,90	25,36	704,23	104,33	5,27

Catálogo de perfiles CINTAC
Perfil CUADRADO 75x75x5

Perfiles Cuadrados ASTM A500

Especificaciones Generales	
Largo normal:	6 m. Otros largos previa consulta.
Recubrimiento:	Negro.
Extremos:	Lisos de máquina.
Calidades normales:	A270ES • A240ES • SAE 1010 • SAE 1008
Otras dimensiones:	A pedido, previa consulta a CINTAC.



Dimensiones nominales		Peso teórico	Area	Ejes X–X e Y–Y		
A	Espesor		A	I	W	i
mm	mm	Kgf/m	cm^2	cm^4	cm^3	cm
15	1,0	0,42	0,53	0,17	0,23	0,56
	1,5	0,59	0,75	0,22	0,29	0,54
20	1,0	0,58	0,73	0,43	0,43	0,77
	1,5	0,83	1,05	0,58	0,58	0,74
	2,0	1,05	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,0	0,73	0,93	0,88	0,71	0,97
	1,5	1,06	1,35	1,21	0,97	0,95
	2,0	1,36	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,0	0,89	1,13	1,57	1,05	1,18
	1,5	1,30	1,65	2,19	1,46	1,15
	2,0	1,68	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,0	1,20	1,53	3,85	1,93	1,59
	1,5	1,77	2,25	5,48	2,74	1,56
	2,0	2,31	2,94	6,93	3,46	1,54
	3,0	3,30	4,21	9,28	4,64	1,48

Dimensiones nominales		Peso teórico	Area	Ejes X–X e Y–Y		
A	Espesor		A	I	W	i
mm	mm	Kgf/m	cm^2	cm^4	cm^3	cm
50	1,5	2,24	2,85	11,06	4,42	1,97
	2	2,93	3,74	14,13	5,65	1,94
	3	4,25	5,41	19,41	7,76	1,89
	4	5,45	9,95	23,60	9,44	1,84
	5	6,56	8,36	26,78	10,71	1,79
75	2	4,50	5,74	50,47	13,46	2,97
	3	6,60	8,41	71,54	19,08	2,92
	4	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
	5	10,48	13,36	105,92	28,25	2,82
	6	12,27	15,63	119,48	31,86	2,76
100	2	6,07	7,74	122,99	24,60	3,99
	3	8,96	11,41	176,95	35,39	3,94
	4	11,73	14,95	226,09	45,22	3,89
	5	14,41	18,36	270,57	54,11	3,84
	6	16,98	21,63	310,55	62,11	3,79
135	4	16,13	20,55	581,38	86,13	5,32
	5	19,90	25,36	704,23	104,33	5,27